

Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería de Telecomunicación

Diseño para despliegue de red de fibra óptica con tecnología GPON en polígono industrial de Mairena del Alcor.

Autor: Santiago Mauri Isorna

Tutor: Alejandro Carballar Rincón

Departamento de Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicación

Diseño para despliegue de red de fibra óptica con tecnología GPON en polígono industrial de Mairena del Alcor.

Autor:

Santiago Mauri Isorna

Tutor:

Alejandro Carballar Rincón

Profesor titular

Departamento de Ingeniería Electrónica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Proyecto Fin de Carrera: Diseño para despliegue de red de fibra óptica con tecnología GPON en polígono industrial de Mairena del Alcor.

Autor: Santiago Mauri Isorna

Tutor: Alejandro Carballar Rincón

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

A mi familia y a todos los que han estado ahí estos años con la paciencia que la situación requería.

A mis profesores, por todo lo aprendido y por su dedicación.

Agradecimientos

Serían innumerables las personas a las que tendría que nombrar en este apartado, así que en primer lugar quiero dar las gracias a todos aquellos que han estado ahí al pie del cañón desde el primer momento. El camino no ha sido fácil, pero como en todos los momentos difíciles de la vida, a mi alrededor han permanecido los que de verdad importan, los que de verdad se alegran de tus logros.

Quiero dar las gracias en primer lugar a la Delegación de Urbanismo de Mairena del Alcor, con su Delegado Pepe a la cabeza por la sesión de los planos que me han permitido desarrollar este proyecto.

También quiero dar las gracias al equipo de Consulta Teleco de Sandetel, donde tuve mi primera experiencia profesional como ingeniero y donde me di cuenta de que había todo un mundo de oportunidades por delante dentro de la ingeniería, y que estaba preparado para ello. De manera especial agradecerle a Jesús su dedicación y paciencia para inculcar en mí ese gusanillo de la fibra óptica que me ha llevado a realizar este proyecto.

La carrera y las trabas que esta pone en el camino han marcado mi personalidad y mi manera de ser y han hecho que a día de hoy me vea capaz de afrontar cualquier reto que se me ponga por delante.

Por tanto, quiero dar las gracias a los profesores que he tenido a lo largo de la carrera porque de todos ellos he aprendido algo, por encima de la propia asignatura que impartían. En especial quiero dar las gracias a mi tutor en este proyecto por su dedicación en estas semanas que suponen el final a mi etapa académica.

Gracias también a los compañeros que he encontrado por el camino de los que he aprendido casi tanto como de la propia carrera.

Y por supuesto, para finalizar, dar las gracias a mi familia y a las personas más cercanas de mi entorno por haber estado ahí en todo momento y haber tenido la paciencia que esta carrera requiere.

Resumen

El proyecto que se presenta a continuación tiene un doble objetivo y se fundamenta principalmente en el despliegue de la red de distribución de fibra óptica que permite dotar de servicios de banda ancha al polígono industrial de “Gandul” de Mairena del Alcor.

Por un lado, pretende demostrar de una forma justificada, que el uso de tecnología GPON, que se está imponiendo en este tipo de despliegues de fibra, es una elección acertada frente a la posibilidad de realizar el despliegue con una topología punto a punto. Para ello se hace a lo largo del texto una comparativa entre ambas topologías realizando el despliegue completo para ambas.

Por otro lado, trata de hacer un estudio detallado del despliegue tanto con el uso de GPON como P2P. Para ello, a lo largo del proyecto se detallan las características de los elementos a utilizar para llevar a cabo cada una de las soluciones comentadas, un balance económico de cada una de ellas y una comparativa entre ambas.

También ocupa gran parte del volumen de este proyecto el despliegue de la red de distribución de fibra óptica sobre planos, siendo objeto del mismo el estudio de la zona a instalar y el diseño sobre planos del despliegue con la colocación de arquetas, trazado de canalizaciones y señalización de los puntos de conexión para de una forma óptima, lograr el objetivo de dotar de servicios de banda ancha al polígono industrial.

Memoria, planos, pliego de condiciones y presupuestos son las partes principales en las que se divide este texto y que hacen esa doble labor, por un lado, de comparativa entre dos alternativas, y por otro lado, de especificación con detalle del diseño de ambas alternativas.

Abstract

This project has a double aim and it is mainly based on the placement of the optical fibre distribution network, which allows to provide broadband service to ‘Gandul’ industrial state in Mairena del Alcor.

On the one hand, it intends to show and therefore, justify, that the use of the GPON technology, which is being imposed within this type of fibre installation, is an appropriate choice opposite to the Point-to-Point topology. For that purpose, the text offers a comparison between these two topologies carrying out a complete deployment for both of them.

On the other hand, it aims to provide a detailed research about the installation not only with the GPON technology but with P2P too. Therefore, the characteristics of the elements which will be employed in order to achieve all the mentioned solutions; their economic balance and the comparison between them will be specified throughout the project.

The placement of the optical fibre distribution network off plans occupies a large extent of this project too. It is thus required to study the area to be set up as well as the design off plans of the installation including the catch basin arrangement, piping sketch and connection point signposting in order to provide broadband service to the industrial state.

The report, plans, bid specifications and budgets are the main sections of this research project. They deal, on the one hand, with the comparative of two choices and on the other hand, with the detailed specification of both alternative patterns.

Índice

Agradecimientos	IX
Resumen	XI
Abstract	XIII
Índice	XV
Índice de Tablas	XIX
Índice de Figuras	XXI

1. MEMORIA

1.1 Antecedentes y objetivos del proyecto	1
1.2 Fibra óptica	2
1.2.1 Ventajas de la fibra óptica	2
1.2.2 Parámetros y características de la fibra óptica	3
1.2.3 Elección del cable de fibra	7
1.3 Redes de fibra	7
1.3.1 Topologías	7
1.3.1.1 Topología en estrella	7
1.3.1.2 Topología en bus	8
1.3.1.3 Topología en anillo	9
1.3.1.4 Topología en árbol	9
1.3.2 Clasificación de las redes de fibra	10
1.3.3 FTTH (Fiber To The Home)	11
1.3.3.1 Arquitectura punto a punto (P2P)	12
1.3.3.2 Arquitectura punto a multipunto (P2MP)	13
1.3.4 Partes de una red de fibra	13
1.3.4.1 Cabecera de red	13
1.3.4.2 Red de alimentación	13
1.3.4.3 Red de distribución	13
1.3.4.4 Red de dispersión	14
1.3.5 Elementos principales de una red de fibra	14
1.3.5.1 Splitters (Divisores ópticos)	15
1.3.5.2 Cajas de empalme	15

1.3.5.3 Cajas de acceso al edificio y cajas de distribución de planta	16
1.3.5.4 CTO (Caja terminal óptica)	16
1.3.5.5 Roseta óptica	17
1.3.5.6 ONT (Optical Network Terminal)	17
1.3.5.7 OLT (Optical Line Terminal)	18
1.3.5.8 ODF (Optical Fiber Distribution)	19
1.3.5.9 Otros elementos de la red	19
1.4 Alternativas tecnológicas	20
1.4.1 El estándar GPON	20
1.4.1.1 Evolución a estándares 10 GPON	23
1.4.2 Punto a punto	24
1.5 Diseño de la red de distribución para el polígono de “Gandul” de Mairena del Alcor	25
1.5.1 Aspectos principales del diseño	27
1.5.2 Escenario del despliegue	27
1.5.3 Planificación, búsqueda de información y replanteo	29
1.5.4 Programación y plazos de ejecución	29
1.5.5 Instalación de infraestructuras y elementos	30
1.5.5.1 Canalización	30
1.5.5.1.1 Conjunto de subconductos subterráneos	30
1.5.5.1.2 Arquetas	31
1.5.5.2 Instalación de elementos y material en conductos y arquetas	32
1.5.5.2.1 Cableado en conductos y arquetas	32
1.5.5.2.2 Cajas de empalme en arquetas	33
1.5.6 Diseño GPON	33
1.5.7 Diseño punto a punto	36
1.5.8 Puntos a favor y en contra de ambas propuestas	39
1.6 Conclusiones	40
1.7 Anexos a la memoria	42
1.7.1 Bibliografía	42

2. PLANOS

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 Introducción	73
3.2 Riesgos en trabajos con fibra óptica	73
3.3 Condiciones del pliego	74
3.4 Cables de fibra	74
3.5 Empalmes	77
3.6 Despliegue GPON	79
3.6.1 Esquema general del trazado	79

3.6.2	Tabla general de conexiones en cada arqueta	79
3.6.3	Características técnicas de los elementos	79
3.6.3.1	CTO	79
3.6.3.2	Cajas de empalme	81
3.6.3.3	Divisores ópticos	84
3.6.3.4	Armario para CTO	87
3.7	Despliegue P2P	88
3.7.1	Esquema general del trazado	88
3.7.2	Tabla general de conexiones en cada arqueta	88
3.7.3	Características técnicas de los elementos	88
3.7.3.1	Cajas de empalme	88
3.7.3.2	Cajas de derivación en el interior de los armarios	92
3.7.3.3	Conectores SC	93
3.7.3.4	Armario	94
3.8	Condiciones económicas	94
3.9	Condiciones generales	94
3.9.1	Legislación aplicable	94
3.9.2	Seguridad entre instalaciones	95
3.9.3	Accesibilidad	96
3.9.4	Justificación del cumplimiento de ordenanzas	96
3.9.4.1	Justificación del cumplimiento de PGOU	96
3.9.4.2	Justificación del cumplimiento de la Ley GICA	96
3.9.4.3	Maquinaria y procesos productivos	96
3.9.4.4	Materiales empleados, almacenados y producidos	97
3.9.4.5	Riesgos ambientales previsibles y medidas correctoras	97
3.9.4.5.1	Ruidos y vibraciones	97
3.9.4.5.2	Emisiones a la atmósfera	97
3.9.4.5.3	Utilización de agua y vertidos líquidos	97
3.9.4.5.4	Generación, almacenamiento y eliminación de residuos	97
3.9.4.5.5	Almacenamiento de productos	97
3.9.4.6	Medidas de seguimiento y control para garantizar el mantenimiento de la actividad dentro de los límites permitidos	98
3.10	Anexos al pliego de condiciones	98

4. PRESUPUESTOS

4.1	Presupuesto para GPON	112
4.2	Presupuesto para P2P	125
4.3	Comparativa en precio entre ambas alternativas	138

Índice de Tablas

Tabla 1: Comparativa de tipos de fibras	5
Tabla 2: Clasificación estándar GPON	22
Tabla 3: Atenuaciones tipo de los principales elementos de la red	22
Tabla 4: Comparativa de GPON con 10GPON	24
Tabla 5: Distribución de naves en las distintas manzanas del polígono	25
Tabla 6: Parte de la tabla general de conexiones GPON	35
Tabla 7: Parte de la tabla general de conexiones P2P	38
Tabla 8: Características mecánicas	75
Tabla 9: Cables de fibra	75
Tabla 10: Código de identificación de tubos	76
Tabla 11: Código de colores para identificación de fibras	77
Tabla 12: Características caja de abonado	81
Tabla 13: Características Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)	83
Tabla 14: Características Caja estanca torpedo H IP68 (8-16FO)	84
Tabla 15: Características splitter 1:4	85
Tabla 16: Características splitter 1:16	86
Tabla 17: Características Caja estanca torpedo H IP68 (144-288FO)	88
Tabla 18: Características Caja estanca torpedo H IP68 (48-96FO)	89
Tabla 19: Características Caja estanca torpedo H IP68 (72-144FO)	90
Tabla 20: Características Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)	91
Tabla 21: Características caja de derivación 16SC SLX416 IP65	92
Tabla 22: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 1	112
Tabla 23: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 2	112
Tabla 24: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 3.....	113
Tabla 25: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 4	114
Tabla 26: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 5	114
Tabla 27: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 6	115
Tabla 28: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 7	116
Tabla 29: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 8	116
Tabla 30: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 9	117
Tabla 31: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 10	118
Tabla 32: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 11	119
Tabla 33: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 12	119
Tabla 34: Estimación costes de despliegue red de distribución GPON	120

Tabla 35: Resumen estimación costes de despliegue red de distribución GPON	124
Tabla 36: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 1	125
Tabla 37: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 2	125
Tabla 38: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 3	126
Tabla 39: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 4	126
Tabla 40: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 5	127
Tabla 41: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 6	128
Tabla 42: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 7	128
Tabla 43: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 8	129
Tabla 44: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 9	130
Tabla 45: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 10	130
Tabla 46: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 11	131
Tabla 47: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 12	131
Tabla 48: Estimación costes de despliegue red de distribución P2P	132
Tabla 49: Resumen estimación costes de despliegue red de distribución P2P	137
Tabla 50: Comparativa estimación de costes GPON y P2P	138
Tabla 51: Comparativa entre costes de material y mano de obra de ambas alternativas	139

Índice de Figuras

Figura 1: Partes principales de una fibra óptica	3
Figura 2: Ángulo de aceptación y cono de aceptación en una fibra óptica	4
Figura 3: Ventanas de trabajo	4
Figura 4: Ejemplo de cable de estructura ajustada y estructura holgada	6
Figura 5: Esquema topología en estrella	8
Figura 6: Esquema topología en bus	8
Figura 7: Esquema topología en anillo	9
Figura 8: Esquema topología en árbol	10
Figura 9: Tipos de redes de fibra según la cercanía de la fibra al abonado	11
Figura 10: Esquema básico arquitectura P2P	12
Figura 11: Esquema básico arquitectura P2MP	13
Figura 12: Partes de una red de fibra	14
Figura 13: Elementos principales de una red de fibra	14
Figura 14: Ejemplo de splitter 1:16	15
Figura 15: Ejemplo cajas de empalme	16
Figura 16: Ejemplo de CTO	17
Figura 17: Ejemplo de roseta óptica	17
Figura 18: Ejemplo de ONT	18
Figura 19: Ejemplo de OLT	19
Figura 20: Ejemplo de ODF	19
Figura 21: Esquema general GPON	20
Figura 22: Perfil del polígono y distribución de naves	26
Figura 23: Localización de Mairena del Alcor	27
Figura 24: Localización del polígono industrial dentro de Mairena del Alcor	28
Figura 25: Perfil geográfico del polígono	28
Figura 26: Ejemplo de subconductos	30
Figura 27: Arqueta tipo D	31
Figura 28: Arqueta tipo H	32
Figura 29: Símbolo para representar la localización de las arquetas tipo D en los planos	34
Figura 30: Símbolo para representar la localización de las CTO en los planos	34
Figura 31: Símbolo para representar la localización de las arquetas tipo H en los planos	34
Figura 32: Símbolo para representar las líneas de canalización principal en los planos	35
Figura 33: Símbolo para representar las líneas de canalización secundaria en los planos	35

Figura 34: Parte del esquema general del trazado GPON	35
Figura 35: Símbolo para representar la localización de las arquetas tipo D en los planos	37
Figura 36: Símbolo para representar la localización de las CTO en los planos	37
Figura 37: Símbolo para representar la localización de las arquetas tipo H en los planos	37
Figura 38: Símbolo para representar las líneas de canalización principal en los planos	37
Figura 39: Símbolo para representar las líneas de canalización secundaria en los planos	37
Figura 40: Parte del esquema general del trazado P2P.....	38
Figura 41: Comparativa entre costes por material y costes por mano de obra	41
Figura 42: Estimación de costes total para ambas alternativas	41
Figura 43: Cable de fibra	76
Figura 44: Fusionadora	77
Figura 45: CTO	79
Figura 46: Esquema de entrada en CTO	80
Figura 47: Caja de abonado	81
Figura 48: Divicau	82
Figura 49: Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)	83
Figura 50: Caja estanca torpedo H IP68 (8-16FO)	84
Figura 51: Splitter 1:4	85
Figura 52: Splitter 1:16	86
Figura 53: Armario para CTO	87
Figura 54: Caja estanca torpedo H IP68 (144-288FO)	89
Figura 55: Caja estanca torpedo H IP68 (48-96FO)	90
Figura 56: Caja estanca torpedo H IP68 (72-144FO)	91
Figura 57: Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)	92
Figura 58: Caja de derivación 16SC SLX416 IP65	93
Figura 59: Conector SC	93
Figura 60: Comparativa estimación de costes GPON y P2P	139

1- MEMORIA

1.1 Antecedentes y objetivos del proyecto

El ayuntamiento de Mairena del Alcor pretende dotar de servicio de banda ancha al polígono industrial de “Gandul”, de nueva construcción para que cuando los usuarios vayan iniciando su actividad, puedan disfrutar de una buena conexión desde el primer momento.

El objetivo fundamental del presente proyecto, por tanto, consiste en el diseño de una red de fibra óptica para dotar de servicios de banda ancha al polígono industrial de “Gandul” de Mairena del Alcor.

Para ello se hace en primer lugar, dentro de la memoria, una pequeña descripción teórica de las diferentes topologías que podemos encontrar para ofrecer los servicios demandados y las características principales de la fibra óptica, que será el medio físico utilizado para llevar a cabo el diseño. Posteriormente, se plantean dos alternativas de diseño con el objetivo de plantear dos soluciones distintas para un mismo problema a nuestro cliente final, en este caso el Ayuntamiento de Mairena del Alcor, con el fin de elegir una de ellas de forma justificada. Se realiza el planteamiento de las dos alternativas detallando las características principales de cada una. Sobre planos, se realiza el despliegue de la red de fibra, y se complementa con el pliego de condiciones y presupuesto estimado para la instalación en ambos casos.

El polígono industrial de Gandul se encuentra a las afueras de Mairena del Alcor a unos 20 km de Sevilla. Tiene una extensión de 286.169,82 metros cuadrados catalogados como suelo industrial. Tal y como se observa en los planos tendrá una capacidad máxima de 279 naves industriales divididas en 12 manzanas.

La fibra óptica puede abastecer la demanda de servicios de banda ancha que pueda generar la zona a tratar, debido al gran ancho de banda y a la gran velocidad de transmisión en largas distancias. Las soluciones tecnológicas que se proponen consisten en dotar al polígono de una red propia de fibra óptica. En la alternativa 1, esta red de fibra estará basada en la tecnología FTTH GPON con capacidad para ofrecer servicios de calidad de telefonía, internet y televisión, con la previsión de poder ofrecer un ancho de banda suficiente a cada una de las naves que componen el polígono. En la alternativa 2, la propuesta de despliegue es la de instalar una red punto a punto para ofrecer servicios de banda ancha a cada una de las naves que componen el polígono, garantizando así un ancho de banda óptimo para cada una de ellas.

Con esta red de fibra se pretende dar servicios a las necesidades inmediatas del polígono y a las previsibles para un futuro a medio plazo, ya que en la actualidad son muy pocas las parcelas construidas y las obras en el polígono están en proceso de ejecución. Se prevé que en unos años, el polígono tenga una actividad industrial alta con hasta 279 naves en funcionamiento. La red de acceso es muy importante y en este caso se diseñará utilizando fibra en su totalidad para garantizar la máxima velocidad y ancho de banda en el usuario final.

El presente proyecto se centrará en la red de distribución del polígono, no siendo objeto del mismo la red de alimentación que será tratada por el operador que dé servicio al polígono, finalizando con los armarios que permitirán el despliegue de la red de dispersión a medida que las naves del polígono vayan iniciando su actividad.

1.2 Fibra óptica

Hacia 1880, Alexander Graham Bell construyó el fonógrafo que enviaba mensajes vocales a una cierta distancia utilizando la luz. Las ondas de luz son una forma de energía electromagnética y desde hace más de un siglo existe la idea de transmitir información por medio de la luz. Hoy en día la fibra es un tipo de cable muy utilizado en redes de comunicaciones y transmisión de datos. Es cierto, que en redes de telecomunicaciones se pueden emplear otros tipos de cables para implementar el canal físico, como pueden ser el par trenzado o el cable coaxial. La fibra óptica tiene importantes ventajas sobre estos tipos de cables que hacen que en la actualidad nos decantemos por la fibra óptica.

1.2.1 Ventajas de la fibra óptica

- Las redes que quieren ofrecer un servicio de banda ancha con mucha capacidad y amplio despliegue, tienen en la fibra óptica el candidato perfecto para ser el medio de transmisión. La fibra óptica presenta gran cantidad de ventajas frente a otros medios de transmisión utilizados actualmente:
- Permite mayor velocidad de transmisión ya que las señales recorren los cables de fibra a una velocidad cercana a la velocidad de la luz ($c = 10^8$ m/s).
- Mayor capacidad de transmisión. Pueden lograrse velocidades superiores a los 2 Gbps ya que la velocidad de transmisión aumenta con la frecuencia de transmisión.
- Presentan inmunidad frente a interferencias electromagnéticas y no se ve afectada por las radiaciones. Tampoco posee riesgo de cortocircuito o algún tipo de daño de origen eléctrico.
- No existen problemas de retorno a tierra, interferencias cruzadas y reflexiones, como ocurre en las líneas de transmisión eléctricas. Se pueden agrupar varios cables de fibra óptica y crear una manguera que transporte grandes cantidades de tráfico, de forma inmune a las interferencias.
- Permite mayores distancias que otros tipos de cable ya que la atenuación aumenta más lentamente con las distancia. Las bajas pérdidas que presenta una fibra óptica hace que las distancias de transmisión sean mucho mayores que en otros tipos de cables. En las fibras ópticas, las pérdidas son las mismas para cualquier frecuencia de la señal hasta muy altas frecuencias.
- El peso de la fibra es reducido respecto a otros tipos de cables, además de ser más delgado y flexible, lo que es un aliciente más a la hora de realizar un despliegue.
- Los cables de fibra soportan mejor la temperatura que los cables de origen metálico, manteniendo constante sus características para un amplio rango de temperaturas.
- Permiten incrementar la capacidad de transmisión de datos añadiendo nuevos canales que utilicen longitudes de onda distintas a las ya empleadas, mediante técnicas de WDM.
- La fibra óptica presenta mayor resistencia a los ambientes líquidos y corrosivos que los cables eléctricos.
- Se espera que cada vez se reduzca más el coste de fabricación de las fibras de manera que se iguale en precio a los cables metálicos. La materia prima con la que se fabrican es abundante en la naturaleza.
- La vida media operacional y el tiempo medio entre fallos de un cable de fibra óptica, son muy superiores a los de un cable de origen eléctrico.

- Las fibras ópticas tienen un ancho de banda muy elevado, de hasta varios terahercios, que aunque está lejos de ser explotado hoy en día, aportan a la fibra un gran potencial de crecimiento y permite anchos de banda muy superiores a los de un cable coaxial.
- Las fibras ópticas proporcionan gran seguridad de la información ya que es extremadamente difícil intervenir una fibra, y casi imposible realizar una intervención sin ser detectado.

1.2.2 Parámetros y características de la fibra óptica

Aunque no es objetivo de este proyecto hacer un estudio profundo y amplio de la fibra óptica, se dará una pincelada sobre las características y parámetros más importantes a tener en cuenta en las fibras ópticas.

- Composición de las fibras: una fibra óptica está compuesta por dos elementos básicos principalmente, el núcleo y el revestimiento o corteza, cada uno ellos hecho con materiales de distinto índice de refracción. Así cuando nos encontramos ante fibras de 50/125, 62,5/125 o 10/125 mm, debemos tener en cuenta que se refiere a la relación entre los diámetros de núcleo y del recubrimiento.

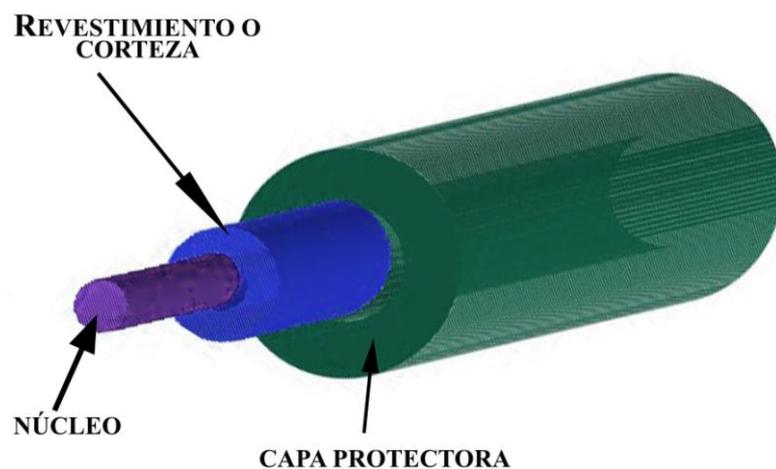


Figura 1: Partes principales de una fibra óptica.

- Apertura numérica: El objetivo de una fibra óptica es poder transmitir los rayos de luz por su interior. La apertura numérica denota el máximo ángulo de incidencia con el cual toda la luz incidente es propagada por el interior de la fibra óptica sin que se produzca refracción. Este ángulo máximo que se relaciona con la apertura numérica es conocido como ángulo de aceptación. Girar el ángulo de aceptación alrededor del eje de la fibra nos da el cono de aceptación de la fibra. Todos los rayos que se pretendan transmitir por la fibra incidirán dentro del cono de aceptación de la fibra.

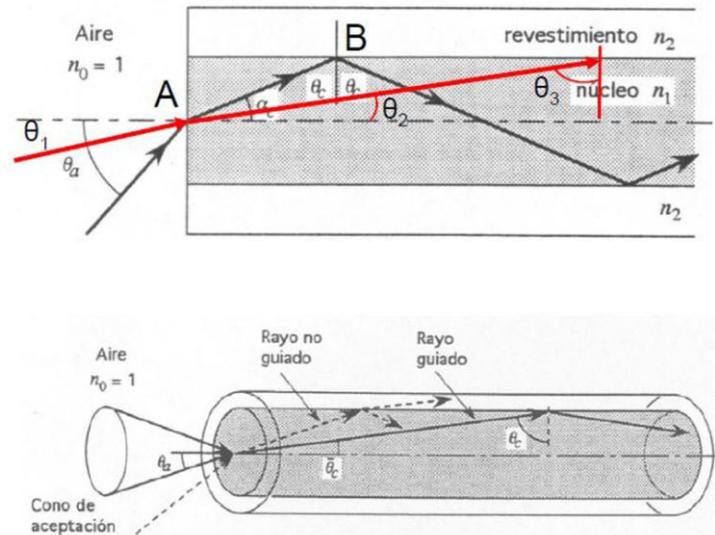


Figura 2: Ángulo de aceptación y cono de aceptación en una fibra óptica.

- Ventanas de trabajo: En una fibra óptica, la ventana de trabajo se refiere a la longitud de onda central de la fuente luminosa que es utilizada para transmitir información por la fibra. La elección de una ventana de trabajo u otra determinará parámetros como la atenuación que sufrirá la señal. Las ventanas de trabajo más comunes en una fibra óptica son primera (850 nm), segunda (1310 nm) y tercera (1550 nm). La atenuación es mayor cuanto mayor sea la longitud de onda en la que trabajamos.

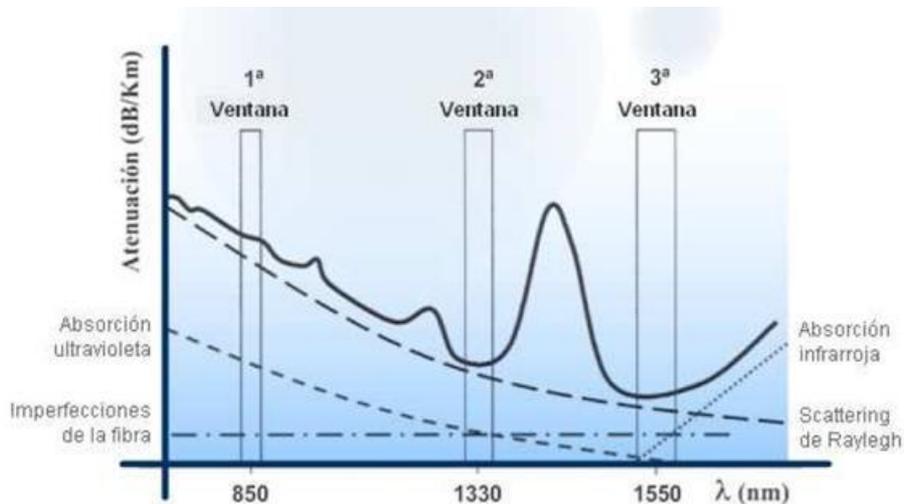


Figura 3: Ventanas de trabajo.

- Atenuación: Es considerado el factor fundamental que limita el rendimiento de una fibra óptica. La atenuación puede ser causada por varios factores, los cuales pueden clasificarse en en dos categorías, intrínsecos y extrínsecos, según si son debidos a algo inherente a la fibra o por mecanismos externos.

Entre los factores intrínsecos tenemos el esparcimiento o dispersión, que es la pérdida de la señal de luz en el núcleo debido a impurezas o cambios en el índice de refracción debido a defectos microscópicos de la fibra, y la absorción, que es debida a las propiedades químicas o impurezas naturales del vidrio. En cuanto a los factores extrínsecos, tenemos el macrodoblado y el microdoblado, que provocan atenuación en la fibra debido a las curvaturas en la superficie de esta.

Tipos de fibra: Monomodo y multimodo.

- **Monomodo:** En este tipo de fibras, el diámetro del núcleo es muy pequeño y solo permite la propagación de un único modo o modo fundamental, que se propaga directamente si reflexión aprovechando al máximo la capacidad de transmisión y ancho de banda de la fibra. Requiere acoplamiento de luz muy confinado y preciso. En este tipo de fibras, la dispersión modal no tiene sentido, aunque por el contrario, al disponer de un ancho de banda tan elevado, la dispersión cromática si es significativa y hay que tenerla en cuenta. El elevado ancho de banda, sus bajas pérdidas y su inexistente dispersión modal convierten a este tipo de fibras en las idóneas para enlaces de larga distancia.

Cabe destacar que este tipo de fibra requiere una minuciosa instalación y mantenimiento ya que su minúsculo diámetro da lugar a un cono de aceptación bastante menor que en las fibras multimodo. Requieren de láseres de elevado coste. Su atenuación típica oscila entre 0.1 y 0.4 dB/Km.

- **Multimodo:** En una fibra multimodo pueden ser guiados muchos rayos o modos por el interior de la fibra dónde cada uno sigue un camino diferente. Su ancho de banda es inferior al de las fibras monomodo pero permite la utilización de dispositivos con un coste inferior y la utilización de un LED como fuente emisora. Se suelen utilizar en para comunicaciones a corta distancia. Poseen una atenuación típica de entre 0.3 y 1 dB/Km. Las fibras multimodo pueden ser de índice gradual o de índice escalonado, según si el índice de refracción del núcleo es constante o varía de forma progresiva al alejarse de eje de la fibra.

El hecho de que transmitan varios modos simultáneamente, hace que este tipo de fibras posean una dispersión particular llamada dispersión intermodal producida a consecuencia de que los haces de luz recorren distancias diferentes y no llegan a su destino al mismo tiempo. Dentro de las fibras multimodo, las de índice gradual poseen menos dispersión intermodal ya que los haces de luz describen direcciones onduladas, de manera que los más cercanos al eje recorren menos distancia pero son más lentos. Una dispersión intermodal más baja permite que este tipo de fibras admitan distancias de propagación mayores que las de salto de índice.

	Monomodo	Multimodo (índice gradual)	Multimodo (índice escalonado)
Fuente luminosa	Láser	LED o láser	LED o láser
Ancho de banda	Muy amplio (3 a 50 GHz/Km)	Amplio (0,2 a 3 GHz/Km)	Amplio (hasta 2 GHz/Km)
Empalme	Difícil	Difícil	Difícil

Aplicación típica	Enlaces de telecomunicaciones de gran longitud	Enlaces de telecomunicaciones de longitud moderada	Enlaces entre computadoras
Costo	Más costoso	Menos costoso que el monomodo	Menor coste
Diámetro del núcleo	2 a 8 μm	50 a 125 μm	50 a 125 μm
Diámetro del recubrimiento	15 a 60 μm	125 a 440 μm	125 a 440 μm

Tabla 1: Comparativa de tipos de fibras.

Estructura de la fibra: Holgada y ajustada.

- Holgada: En el interior de una cubierta que protege a las fibras que vayan por el interior del cable, se introducen varios conductores de fibra óptica no quedando estos totalmente ajustados en el interior, sino con un cierto grado de libertad. Se suele rellenar el espacio entre conductores con un tipo de gel que evita que pueda entrar el agua en el interior. Cada tubo está coloreado, o numerado, y cada fibra individual en el tubo, además, está coloreada para hacer más fácil la identificación. El número de fibras por cable suele ser bastante grande, pudiendo llegar hasta 512 f.o.
- Ajustada: En este caso, el conductor de fibra óptica va en el interior de una vaina o tubito de plástico perfectamente ajustado. Habitualmente contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto de una protección exterior. La protección secundaria proporciona a cada fibra de forma individual una protección adicional frente al entorno, así como un soporte físico permitiéndole a la fibra ser conectada directamente (conector instalado directamente en el cable de fibra). En general, un cable de estructura ajustada es más flexible y posee un radio de curvatura más pequeño que el que el de los cables de estructura holgada. Se usan principalmente para conexiones en interior, instalaciones bajo tubo, montaje de latiguillos ...



Figura 4: Ejemplo de cable de estructura ajustada y estructura holgada.

1.2.3 Elección del cable de fibra

La elección del cable óptico suele corresponder a dos necesidades básicas: si la instalación es interior o exterior, y a las condiciones a las que va a estar sometido debido al entorno.

Si la instalación es exterior se suele utilizar un cable de fibra óptica de estructura holgada con las características anteriormente mencionadas. Se considera instalación exterior tanto la red de alimentación como la red de distribución, quedando las características particulares del cable sujetas a las condiciones del terreno, el entorno y agentes externos que puedan influir sobre él. En cambio, si la instalación es interior, se suelen utilizar cables de fibra óptica de estructura ajustada.

Por otro lado, la elección de la fibra óptica viene determinada por varios parámetros, siendo los más importantes y restrictivos la dispersión y la atenuación óptica. Así, la fibra óptica utilizada habitualmente en despliegues de redes es la fibra óptica monomodo, pues su comportamiento en relación a los parámetros comentados es mucho mejor que el de la fibra multimodo, lo que permite llevar el servicio a distancias considerablemente mayores, transmitiendo elevadas tasas de información.

1.3 Redes de fibra

1.3.1 Topologías

De forma general, en cualquier tipo de red podemos distinguir 4 topologías. Se elegirá una u otra, o combinación de ellas, atendiendo a las características de cada una y a las necesidades del despliegue en cuestión.

1.3.1.1 Topología en estrella

Como se observa en la figura, en esta topología se une la cabecera con cada nodo, siendo la transferencia generalmente punto a punto, aunque también puede ser multipunto. La ventaja principal es la facilidad en la gestión al estar centralizada además de la facilidad para detectar fallos así como la facilidad para agregar nuevos nodos siempre que la capacidad de la cabecera lo permita. Por otro lado, en general esta topología es frágil y su extensión viene limitada por la capacidad de la cabecera. Es costosa ya que requiere más cable que otras topologías.

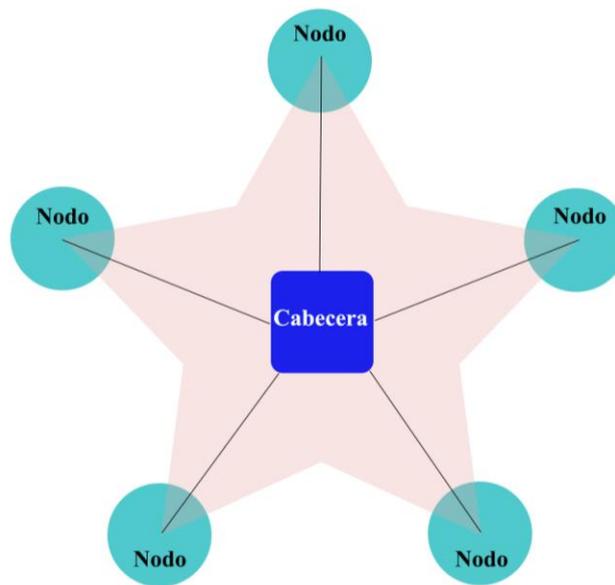


Figura 5: Esquema topología en estrella.

1.3.1.2 Topología en bus

En esta topología, todo el conjunto de nodos que conforma la red están conectados a un enlace físico común. No es una arquitectura costosa y suele ser bastante fiable. Su arquitectura es simple, lo que facilita su implementación y el crecimiento. Por el contrario, en esta topología hay un límite de nodos dependiendo de la calidad de la señal y un fallo en el enlace físico común suele afectar a toda la red. Dentro de esta topología se pueden distinguir dos tipos de buses, unidireccionales y bidireccionales, según si se transmite por el medio físico en una sola dirección o se hace en los dos sentidos.

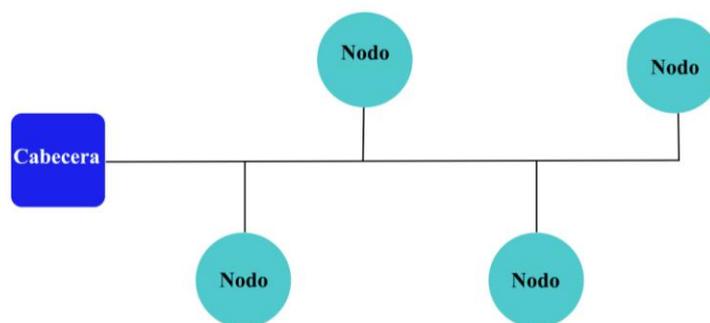


Figura 6: Esquema topología en bus.

1.3.1.3 Topología en anillo

La característica principal de esta topología es que se forma un bucle entre la cabecera y los nodos. La información circula en un sentido, aunque dotando a la red de un doble anillo, es posible tener circulación también en el sentido contrario y dotar a su vez a la red de cierta robustez. Esta topología proporciona una arquitectura sólida con facilidad para la fluidez de datos. Por contra, en ella es difícil de diagnosticar y reparar los problemas que pudieran surgir, y un corte en el anillo afectaría a toda la red.

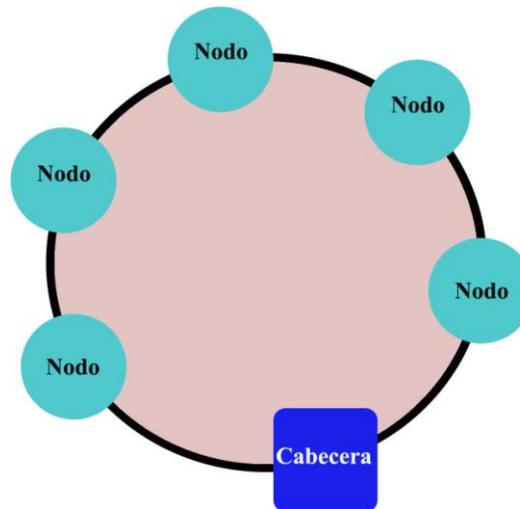


Figura 7: Esquema topología en anillo.

1.3.1.4 Topología en árbol

La principal característica de la topología en árbol es que la red parte de la cabecera y a partir de ella se van dando diversas ramificaciones hasta alcanzar el destino. Se tendría cableado punto a punto para segmentos individuales con facilidad para la resolución de problemas. Por otro lado, todo el árbol depende de que no se produzca una caída en el segmento principal y cada rama depende del buen funcionamiento del nodo superior del que dependen.

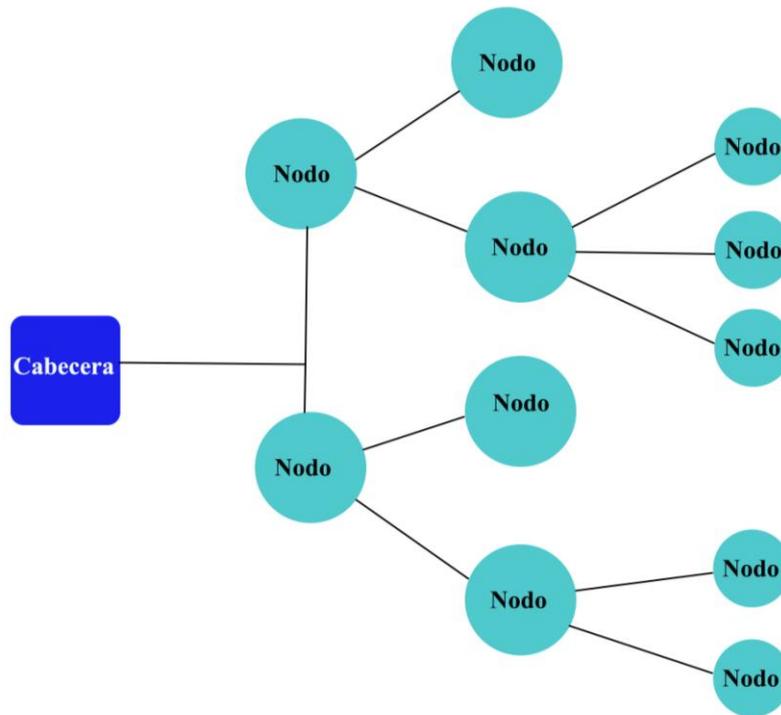


Figura 8: Esquema topología en árbol.

1.3.2 Clasificación de las redes de fibra.

La utilización de la fibra en el nodo de acceso va a permitir disponer de un medio de transmisión de gran ancho de banda para el soporte de servicios de banda ancha. Con el objetivo de categorizar las arquitecturas de red en función del grado de acercamiento de la fibra óptica hasta el usuario final tendremos:

- FTTH (Fiber To The Home): Este tipo de red consiste en llegar con la fibra hasta el hogar del abonado directamente desde el nodo de servicio. Es la alternativa de mayor coste pero también la más directa.
- FTTB (Fiber To The Buildig): En este caso, la red de fibra llega hasta el interior de un edificio, existiendo una red de terminación óptica común para todo el edificio.
- FTTC (Fiber To The Curb): En FTTC, la terminación óptica y el tendido final son compartidos por varios abonados pertenecientes a una manzana de edificios o área urbana de extensión reducida, dando servicio a un mayor número de usuarios. La fibra óptica se extiende desde la central hasta una distancia de entre 100 y 300 metros del edificio.
- FTTCab (Fiber To The Cabinet): similar a la anterior con la diferencia de que la terminación óptica es compartida por un número mayor de usuarios ya que la fibra óptica se extiende desde la central hasta una distancia de entre 500 y 1000 metros.

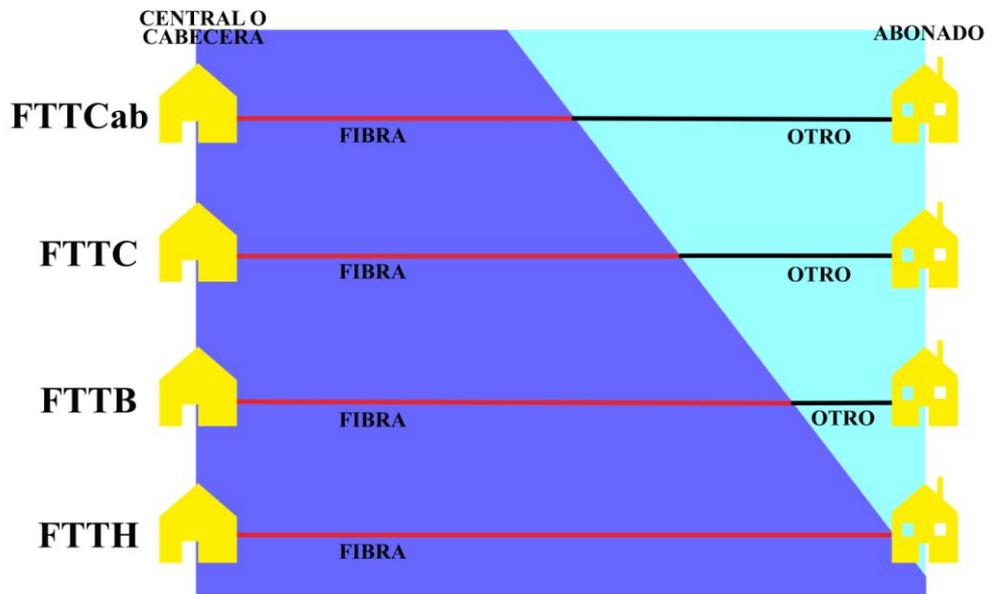


Figura 9: Tipos de redes de fibra según la cercanía de la fibra al abonado.

Dentro de esta familia de tecnologías FTTx es necesario, además, distinguir entre topologías activas (aquellas que contienen elementos que requieren alimentación en planta externa) y topologías pasivas (las cuales no requieren alimentación).

Así, se consideran topologías activas las FTTCab y FTTC correspondientes a Fiber To The Cabinet (fibra hasta el armario) y Fiber To The Curb (fibra hasta la acera) respectivamente. Estas dos topologías también se conocen como Fiber To The Node (FTTN).

Por otro lado, se consideran topologías pasivas las FTTB y FTTH. El hecho de ser una tecnología pasiva (no necesita de ningún tipo de amplificador en planta externa y hace uso de divisores pasivos para optimizar el despliegue) junto con el de llevar la fibra hasta el abonado, hacen que las redes FTTH sean consideradas como aquellas que mejores prestaciones permiten ofrecer al abonado en cuanto a servicios de banda ancha, así como las que poseen mejores características para la mejora del servicio en un futuro.

1.3.3 FTTH (Fiber To The Home)

Teniendo en cuenta que la presencia de medios de transmisión diferentes a la fibra óptica plantea limitaciones relativas a la distancia y al ancho de banda, se pretende conseguir una solución en la que la fibra óptica se acerque el máximo posible al usuario final. Atendiendo a este concepto surgen las soluciones FTTH, sobre las que se trabajará en este documento.

La tecnología FTTH, también conocida como fibra hasta la casa o fibra hasta el hogar, se basa en la utilización de fibra óptica y elementos ópticos compatibles con la topología para distribuir servicios de banda ancha hasta los hogares de los usuarios. La tecnología FTTH realiza el despliegue de la red con fibra óptica de extremo a extremo, llegando hasta la roseta óptica en casa del abonado. Es la alternativa de mayor coste a la hora de proporcionar acceso de banda ancha ya que es necesario cablear fibra de extremo a extremo de la red, aunque también es la más directa.

Para el operador es la tecnología que requiere mayor obra civil aunque tiene numerosas ventajas tanto para los abonados como para el propio operador. Al ser toda la red de fibra óptica, permite el uso de elementos pasivos a lo largo de toda la red que evitan la necesidad de instalar en sus despliegues repetidores o elementos activos. El uso de elementos pasivos reduce los costes en infraestructura y facilita el diseño de la red.

La característica diferenciadora de las redes FTTH es que usa fibra óptica desde la central hasta el domicilio del cliente. Los principales elementos que forman parte de la red FTTH son: OLT (Optical Line Termination) y ONT (Optical Network Termination) unidos mediante divisores ópticos y cables de fibra de diferente capacidad.

La topología básica de este tipo de redes de fibra puede ser de dos tipos: punto a punto (P2P) o multipunto (P2MP). En la primera se tendría una fibra exclusiva dedicada, desde la central al usuario, y en el segundo caso, desde la central parte una fibra óptica común a un conjunto de usuarios realizándose una o varias divisiones de la señal.

1.3.3.1 Arquitectura punto a punto (P2P)

Con este tipo de arquitectura se busca disponer de una red basada en conexiones dedicadas desde la central hasta cada uno de los abonados, de tal modo que cada uno de ellos disponga de un medio de transmisión para ellos mismos, sin tener que compartirlo con ningún otro abonado.

Por tanto las redes P2P ofrecen una serie de ventajas para los usuarios como son:

- Capacidad de transmisión prácticamente ilimitada e independiente para cada usuario
- Solución sencilla, fiable y robusta a la vez que segura ya que no se comparte el canal
- Poca pérdida de potencia

A su vez presentan una serie de inconvenientes como:

- Demasiadas fibras en la red
- Necesidad de gran cantidad de equipos activos en la central para ofrecer el servicio
- Coste muy elevado para desplegar la red
- Consumo elevado de energía

En resumen, se puede decir que los enlaces P2P quedan reservados para aplicaciones concretas o con demandas especiales de tráfico dentro de la red, no siendo su uso habitual para aportar un servicio normal de banda ancha a usuarios comunes.

En la siguiente figura se presenta el esquema básico de una arquitectura punto a punto.



Figura 10: Esquema básico arquitectura P2P.

1.3.3.2 Arquitectura punto a multipunto (P2MP)

La arquitectura punto a multipunto será la más habitual en el despliegue de redes. Suelen ser redes pasivas basadas en divisores ópticos que dividen la señal de entrada de una fibra en varias fibras de salida para poder así con una sola fibra, dar servicio a un mayor número de abonados.

Un esquema simplificado de una arquitectura punto multipunto sería:

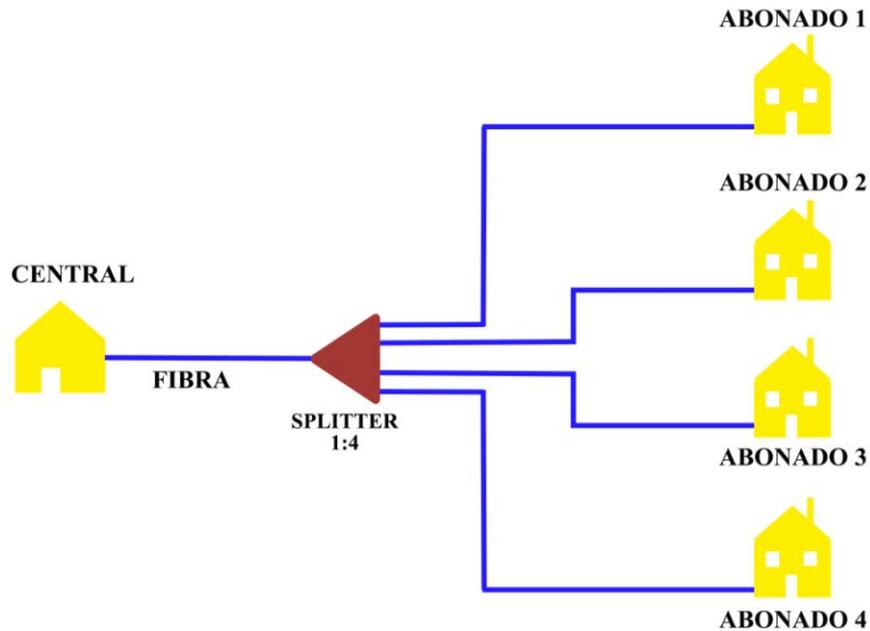


Figura 11: Esquema básico arquitectura P2MP.

1.3.4 Partes de una red de fibra

1.3.4.1 Cabecera de red

La cabecera es la parte de la red encargada de agrupar y tratar los diversos contenidos que se van a transmitir. Está en la central dónde se encuentran los equipos del operador que dan servicio a toda la red. En ella se instalan los equipos necesarios para cubrir la demanda de tráfico y servicios, y se realizan las conexiones de fibra necesarias mediante paneles de conexiones organizando los cables de la red óptica.

1.3.4.2 Red de alimentación

La red de alimentación es el tramo de red existente desde la cabecera de red y los emplazamientos dónde se ubican el primer nivel de reparto, división o interconexión (conocidos como nodos primarios o nodos de distribución). Esta parte de la red suele ir canalizada con la utilización de arquetas o cámaras de registro.

1.3.4.3 Red de distribución

La red de distribución prolonga la red desde los nodos en los que finaliza la red de alimentación hasta las cajas

terminales ópticas (CTO). Este tramo de la red puede ir canalizado o discurrir por tendido aéreo. Las cajas terminales ópticas van a estar ubicadas en cada edificio o en agrupaciones de los mismos para ofrecer el servicio demandado por estos.

1.3.4.4 Red de dispersión

La red de dispersión es el tramo de red entre la caja terminal óptica (CTO) y la roseta óptica situada en cada del abonado. Este tramo variará en función de las características del edificio al que se pretende dar servicio.

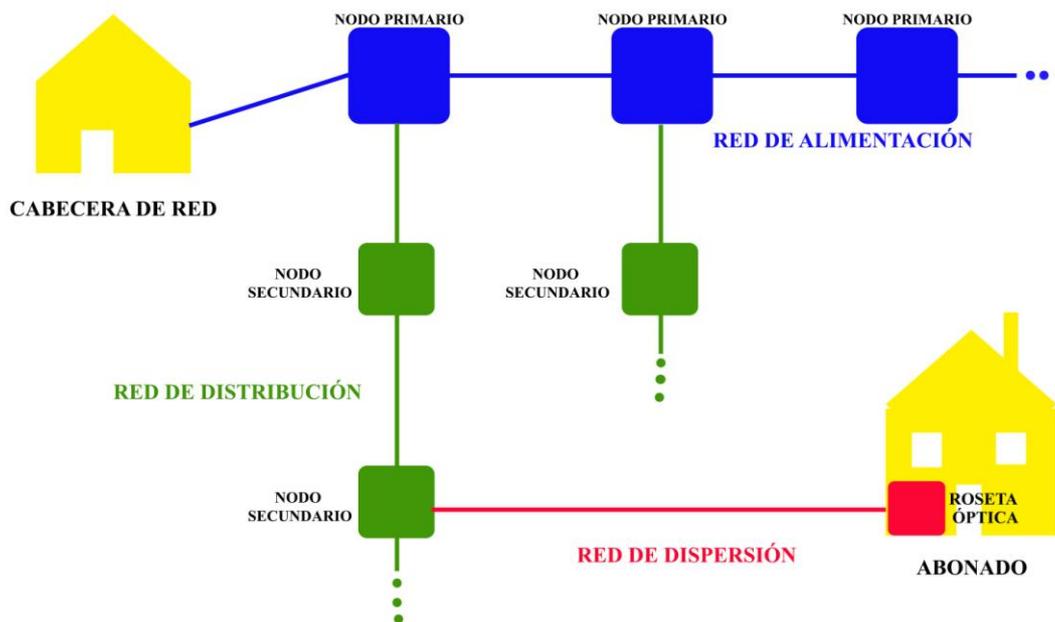


Figura 12: Partes de una red de fibra.

1.3.5 Elementos principales de una red de fibra



Figura 13: Elementos principales de una red de fibra.

1.3.5.1 Splitters (Divisores ópticos)

Un splitter básicamente es un divisor de potencia pasivo que permite dividir la señal óptica que llega por una fibra en múltiples salidas, en una conexión punto a multipunto. Son bidireccionales del tal forma que realizan su función tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente. Una ventaja a destacar de este tipo de dispositivos es que al ser elementos pasivos, pueden funcionar sin necesidad de energía externa, lo que abarata el coste en los despliegues. El principal inconveniente de los splitters es que introducen pérdidas de potencia óptica sobre las señales que pasan a través de ellos.



Figura 14: Ejemplo de splitter 1:16.

1.3.5.2 Cajas de empalme

Se instalan generalmente en arquetas o cámaras de registro a lo largo de la red de distribución o alimentación. Las cajas de empalme proporcionan un medio de protección contra las inclemencias del entorno al segmento de fibra que contiene empalmes o conexiones. En su interior se realizan las diferentes fusiones de fibras y en algunos casos contienen splitters para realizar la división óptica. Suele ser el elemento usado en el punto de intersección entre las redes de alimentación y distribución.

La caja en su interior posee bandejas de empalme que se utilizan para proteger y mantener los empalmes individuales realizados por fusión o de forma mecánica. También albergan los denominados organizadores de fibra. Los parámetros a tener en cuenta a la hora de decantarse por un tipo de caja de empalme u otra son: el número de cables de entrada y de salida, el número de bandejas, el número máximo de fusiones, la posibilidad de sangrado del cable...



Figura 15: Ejemplo cajas de empalme

1.3.5.3 Cajas de acceso al edificio y cajas de distribución de planta

Son cajas de conexión muy similares a las cajas de empalme que suelen ir colocadas justo a la entrada de los edificios o en las plantas para la distribución de la red por los mismos. Estas cajas son el último elemento antes de la roseta óptica que da servicio al abonado.

1.3.5.4 CTO (Cajas terminales ópticas)

Las cajas de terminales ópticas son el punto terminal de los cables multifibra en una red de fibra, en aquellos despliegues en los que los edificios no disponen de ICT. Es desde este elemento de donde parten las acometidas o cables monofibra hacia las rosetas ubicadas en las viviendas de cada nuevo usuario. Dependiendo de su ubicación, poseen un diseño u otro y evidentemente sus características son diferentes, aunque, por norma general, su diseño es similar al de una caja de empalmes con la peculiaridad de que permiten un número elevado de salidas para las acometidas. En muchas ocasiones es en las CTOs dónde se realiza la última etapa de splitting.



Figura 16: Ejemplo de CTO.

1.3.5.5 Roseta óptica

Elemento al que el usuario conecta el ONT para recibir el servicio. Es a la roseta óptica dónde llega el cable de acometida. Se sitúa en el interior de la casa del abonado.

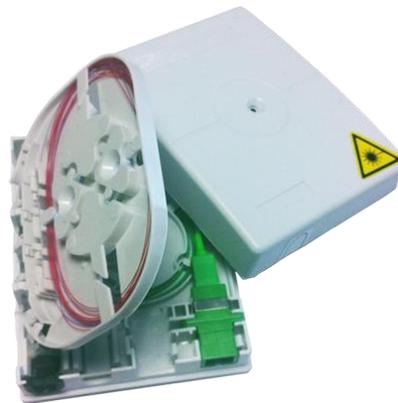


Figura 17: Ejemplo de roseta óptica.

1.3.5.6 ONT (Optical Network Terminal)

El equipo ONT es el elemento situado en casa del usuario que se conecta a la roseta óptica y que ofrece las interfaces al usuario para los distintos servicios. Consiste en un convertor óptico-eléctrico que transforma la señal de luz recibida por la fibra óptica en señal eléctrica. Este equipo se encarga de recibir y filtrar la información procedente del equipo OLT destinada a un usuario determinado. Además, es también el encargado de encapsular la información procedente de un usuario y enviarla en dirección al OLT de cabecera para que éste la redireccione a la red correspondiente.



Figura 18: Ejemplo de ONT.

1.3.5.7 OLT (Optical Line Terminal)

Situado en la central del operador, es el elemento desde el que parte el cable de fibra óptica en dirección a los usuarios. Se encarga de gestionar el tráfico ascendente y descendente proporcionando servicio a una gran cantidad de abonados. Realiza además tareas de control de la red. Estos equipos adquieren datos de diferentes fuentes de información (redes o servidores), actuando como concentrador de todas ellas para poder ofrecer el servicio demandado. La potencia óptica emitida por el OLT no es la misma para todas las ONTs, sino que ésta varía en función de la distancia. Gracias al protocolo de ranging, los OLTs son capaces de calcular la distancia existente entre el usuario final y la central, distribuyendo la potencia adecuada a cada punto de la red.

Encontramos dos tipos principales de OLTs:

- OLTs modulares: Equipos de gran dimensión utilizados para grandes despliegues con un número de abonados elevado. Albergan módulos con canales PON y P2P, además de módulos destinados a la gestión de red y a la conexión con los equipos de agregación de servicios.
- OLTs compactos: Equipos de menos tamaño que contienen un número más limitado de canales PON para despliegues en los que el número de abonados no es excesivamente elevado.



Figura 19: Ejemplo de OLT.

1.3.5.8 ODF (Optical Fiber Distribution)

Equipamiento pasivo consistente en un armario repartidor de fibra óptica que permite y facilita la interconexión de cables de fibra óptica procedentes de planta exterior con equipos activos y otros elementos emplazados en la cabecera de red. El objetivo es centralizar el proceso de interconexión en un solo equipo. En la cabecera suelen ubicarse armarios repartidores de fibra de grandes dimensiones para permitir la conexión de gran cantidad de fibras. Estos armarios permiten una ampliación escalada de su capacidad, completándose con una serie de slots donde se conectan posteriormente las fibras. Existen también ODFs de menor tamaño que son utilizados como armarios en el exterior permitiendo la entrada del cableado por debajo.



Figura 20: Ejemplo de ODF.

1.3.5.9 Otros elementos de la red

Además de los elementos detallados anteriormente, en las redes de fibra óptica son necesarios otra serie de equipos básicos para el funcionamiento de las mismas como son transmisores ópticos de RF, amplificadores EDFA, multiplexores, conectores de diferentes tipos para el conexionado de equipos entre sí, switches, routers,

servidores... que suelen estar contenidos en los armarios de la cabecera y son utilizados por los operadores para dar servicio a las redes.

1.4 Alternativas tecnológicas

1.4.1 El estándar GPON

GPON se define por parte de la ITU-T en el conjunto de recomendaciones G.984.X, donde se describen las técnicas para compartir un medio común (FO) por varios usuarios, encapsular la información y gestionar los elementos de red, entre otros aspectos. El estándar GPON (Gigabit Passive Optical Network) resulta de la mejora de las características de las redes con tecnología PON (Passive Optical Network) que consiste en la implementación de una red de fibra óptica con elementos pasivos, es decir, no requieren de alimentación externa para su funcionamiento, lo que nos lleva a una reducción de costes en los equipos utilizados para llegar hasta el usuario final.

En cuanto a las longitudes de onda que se utilizan en el estándar se tiene que, en el canal ascendente, cada ONT transmite su información hacia la OLT a una longitud de onda de 1310 nm. La OLT a través de TDMA (Time Division Multiple Access) arbitra y controla el acceso. En el canal descendente, la OLT envía señales ópticas hacia las ONTs a una longitud de onda de 1490 nm, que el divisor óptico se encarga de distribuir entre las mismas. Cada ONT solo procesará el tráfico que le corresponde, gracias a las técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Standard). Además, a través del uso de WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), se asigna una tercera longitud de onda (1.550 nm) que está dedicada para el *broadcast* de vídeo RF.

Los sistemas GPON se componen principalmente por un equipo de cabecera o sistema de terminación de línea óptica (OLT) y los equipos terminales de usuario o terminación de red óptica (ONT) con una red de distribución óptica pasiva que las interconecta que sigue una topología en árbol en una arquitectura punto-multipunto. Para la interconexión de la cabecera con el usuario se utilizan divisores pasivos (splitters) en una o varias etapas.

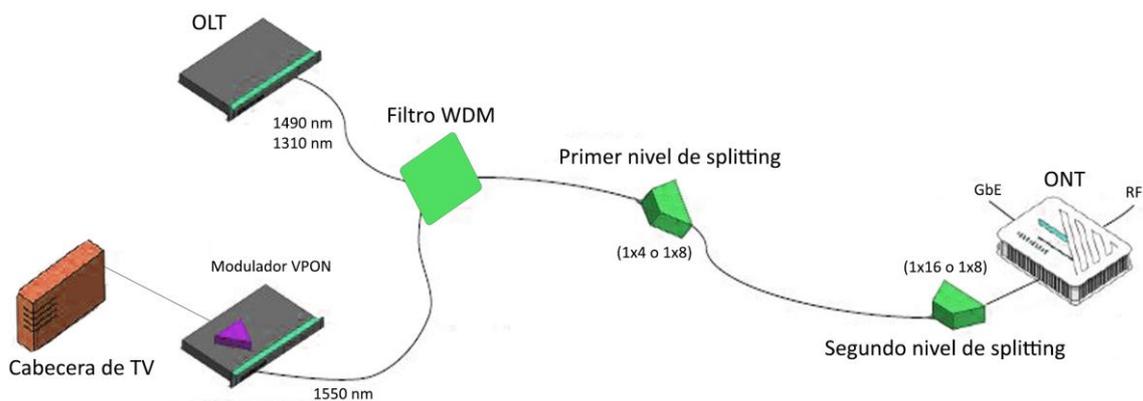


Figura 21: Esquema general GPON.

El uso de GPON proporciona ventajas sobre otro tipo de redes que también utilizan fibra óptica. Algunas de las características de esta tecnología y algunas ventajas a destacar son:

- Se reduce la cantidad de tendido de fibra, tanto entre las distribuidoras como entre los circuitos de llegada al cliente ya que se realiza un despliegue escalado utilizando elementos pasivos.
- Se manejan elevados niveles de ancho de banda para los distintos servicios.
- No exige la necesidad de implementar elementos activos en la red. Gracias al uso de elementos pasivos, se ahorra en costes de operación y mantenimiento.
- El estándar incluye varias velocidades de línea, hasta 2,488 Gbps para el enlace descendente y 1,244 Gbps para el ascendente, compartido por los equipos de usuario que componen la red.
- Las redes GPON admiten un ratio máximo de 128 divisores por OLT, y el estándar define un splitting teórico de hasta 32, aunque comercialmente, los niveles de splitting habituales también contemplan 64 usuarios, por lo que el número máximo de usuarios por OLT sería de 8192.
- Seguridad en el tráfico debido a la operación en modo de radiodifusión para la transmisión en modo descendente heredado del estándar PON.
- Una de las características clave de las redes GPON es ofrecer a los usuarios más tráfico cuando lo necesitan, si algún usuario de la misma red no está empleando todo su ancho de banda disponible. Esto se denomina asignación dinámica del ancho de banda DBA (Dynamic Bandwidth Allocation).
- GPON además de ofrecer mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos que ya tienen instalados en los usuarios finales.
- El rango de alcance de la señal con potencia suficiente es de unos 20 km entre el proveedor y el usuario final, aunque según es estándar se podría llegar hasta los 60 km.
- El método de encapsulado de GPON es GEM (GPON Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio: Ethernet, TDM (Multiplexación por división de tiempo), o ATM (Asynchronous Transfer Mode) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 microsegundos.
- GPON implementa también un alto nivel de funciones de Operación, Administración, Mantenimiento y Suministro OAM&P (Operation, Administration, Maintenance and Provisioning) ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo.
- Uno de los protocolos de mayor relevancia dentro del estándar GPON es el OMCI, (ONT Management and Control Interface). Este protocolo permite la configuración remota de elementos en la red, pudiendo, entre otras tareas, establecer y liberar conexiones en la gestión de puertos físicos en la ONT, solicitar estadísticas de rendimiento e informar de forma automática de problemas o complicaciones en la fibra. Es un protocolo maestro-esclavo que se establece entre el OLT y la ONT durante la fase de arranque de esta última. Se establece un canal de gestión entre OLT y ONT para cada ONT, aunque un único OLT puede controlar múltiples ONTs.

Algunos inconvenientes de la tecnología GPON a tener en cuenta serían:

- Pérdidas en la red por la división que se realiza del medio de transmisión entre varios abonados mediante divisores o splitters. Además estos divisores introducen cierta atenuación en la línea. Por tanto a mayor número de etapas, más pérdidas.
- El hecho de que la información dirigida a varios usuarios diferentes fluya por el mismo medio físico aumenta el riesgo de escuchas lo que obliga a la necesidad de ofrecer un mayor nivel de seguridad

mediante encriptación.

- Las OLTs se convierten en un punto crítico de la red, ya que gran cantidad de ONTs dependen de un mismo OLT, y en caso de fallo en este, una gran parte de la red quedaría ociosa.

Como se podría deducir de todo lo comentando anteriormente, uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de una red de fibra GPON es la atenuación total máxima que puede sufrir la señal en el camino que recorre desde el OLT hasta el ONT para mantener el servicio. Esta atenuación marca el alcance de un equipo. Vendrá dada por la potencia máxima garantizada por el OLT menos la potencia mínima que es capaz de percibir la el ONT.

El estándar GPON define diferentes tipos de láseres y realiza una clasificación según el rango de atenuación óptica (entendiendo rango de atenuación óptica como la diferencia entre la potencia media en el OLT y la sensibilidad mínima en el ONT):

Clase	Rango de atenuación óptica	Recomendación ITU-T
GPON Clase A	5-20dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase B	10-25dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase C	15-30dB	G.984.2 (2003)
GPON Clase B+	13-28dB	G.984.2 Amendment 1 (2006)
GPON Clase C+	17-32dB	G.984.2 Amendment 2 (2008)

Tabla 2: Clasificación estándar GPON.

Los fabricantes se han decantando por la clase B+ por lo que la atenuación máxima para la que se puede asegurar el servicio sería de unos 28 dB. Para la clase B+, las atenuaciones medias de los elementos principales de la red son las siguientes:

Elemento	Atenuación
División óptica 1:2	-3.01 dB
División óptica 1:4	-6.02 dB
División óptica 1:8	-9.03 dB
División óptica 1:16	-12.04 dB
División óptica 1:32	-15.04 dB
División óptica 1:64	-18.07 dB
Fibra óptica 1310 nm (Km)	-0.4 dB
Fibra óptica 1550 nm (Km)	-0.3 dB

Empalme por fusión	-0.1 ~ -0.2 dB
Empalme mecánico	-0.5 dB
Pérdidas inserción (conector)	-0.3 ~ -0.5 dB
Margen de Guarda	2 dB

Tabla 3: Atenuaciones tipo de los principales elementos de la red.

Conociendo estos valores, se podrá calcular la atenuación total de cada tramo del despliegue para garantizar que no sobrepasa el rango de atenuación óptica.

$$\text{Atenuación total} = \left(\text{Atenuación Splitter 1} + \text{Atenuación Splitter 2} \right) + \left(\text{Atenuación fibra/km} * \text{Distancia} \right) + \left(\text{Atenuación empalmes} * n^{\circ} \right) + \left(\text{Atenuación conectores} * n^{\circ} \right)$$

1.4.1.1 Evolución a estándares 10GPON

Las principales organizaciones que han presentado estándares relativos a las redes FTTH (ITU-T e IEEE) han estandarizado también la evolución de sus respectivos estándares hasta los 10Gbps. Por un lado, el IEEE ha presentado el estándar 802.3av, y por otro lado, la ITU-T ha hecho pública la recomendación G987.

Las tecnologías 10G-PON siguen la misma estructura y fundamentos que las tecnologías antecesoras siendo completamente compatibles con ellas, lo que permite el aprovechamiento de las redes y por tanto una evolución tecnológica a un coste relativamente bajo. La única diferencia reside en el reparto del espectro óptico.

El canal descendente en estos estándares se localiza en la banda de los 1575 a 1580 nm, y en el canal ascendente se localiza en la banda de los 1260 a 1280 nm.

La evolución de estos estándares contiene dos fases. Una primera fase en la que se plantea ofrecer soluciones asimétricas (10GPON con 10Gbps downstream/1Gbps upstream y 10GPON con 10Gbps downstream/2.5Gbps upstream) y una segunda fase que plantea soluciones simétricas.

El objetivo que se busca con este escalado es ofrecer una solución intermedia a un precio relativamente asequible, ya que uno de los factores que encarecen enormemente el despliegue son las interfaces 10G. Así, eliminando esta interfaz de la ONT se puede conseguir un abaratamiento considerable.

Todo parece indicar que este estándar será el siguiente paso, a corto plazo, en las tecnologías PON. Aunque aún no existe ningún despliegue comercial que utilice este tipo de estándar, algunas empresas han realizado ya las primeras pruebas comerciales y están listas para el despliegue de esta nueva tecnología.

En la siguiente tabla se realiza una breve comparativa entre el servicio que se ofrece actualmente, GPON, y el que previsiblemente lo sustituirá en el futuro, 10GPON.

Características	GPON	10GPON
Velocidad de transmisión (Mbps)	Bajada: 2.5Gbps Subida: 1.25 Gbps	Bajada: 10Gbps Subida: 2.5 Gbps
Longitudes de onda	Bajada: 1480-1500nm Subida: 1290-1330nm RF: 1550nm	Bajada: 1575-1580nm Subida: 1260-1280nm RF: 1550nm
Nivel de splitting	32/64	Igual o mayor a 64
Distancia máxima entre OLT y ONT	60Km	Igual o mayor a 60Km
Máxima diferencia en distancia entre ONTs	20Km	40Km

Tabla 4: Comparativa de GPON con 10GPON

1.4.2 Punto a punto

Los estándares Ethernet P2P que se utilizan actualmente en redes de acceso se localizan dentro del grupo EFM (Ethernet First Mile) y el estándar IEEE 802.3ah. Dicho estándar define un nuevo medio físico de transmisión con el objetivo de transmitir sobre una única fibra óptica los estándares Ethernet típicos. Es decir, se transmite sobre una misma fibra en ambos sentidos de la comunicación multiplexando en longitud de onda. Esto permite reducir el número de fibras ópticas necesarias para un despliegue, pues, en caso de no usar este estándar, serían necesarias dos fibras por comunicación, una para el enlace ascendente y otra para el descendente.

Las velocidades definidas por el estándar son dos: 100 Mbps y 1 Gbps. En función de las mismas, la longitud de onda utilizada para cada canal en la transmisión puede variar:

- Para los estándares a 100Mbps la transmisión en el canal descendente se hace a 1550nm y en el canal ascendente a 1310nm.
- Para los estándares a 1Gbps la transmisión en el canal descendente se hace a 1490nm y en el canal ascendente a 1310nm.

1.5 Diseño de la red de distribución para el polígono de “Gandul” de Mairena del Alcor

Tal y como se indica en el título del presente apartado, se pretende diseñar una red de fibra óptica para dar servicio de banda ancha al polígono industrial de “Gandul” de Mairena del Alcor.

En el presente proyecto se aborda el diseño de la red de distribución del polígono, no siendo objeto del mismo la red de alimentación, que será responsabilidad del operador que ofrezca el servicio, y la red de dispersión, ya que al encontrarse el polígono en proceso de construcción, no será posible implementar la conexión física de la fibra en el hogar del abonado. A pesar de esto, si se tratarán como objeto del proyecto los subconductos por los que discurrirá la fibra que proporcionará servicio a los usuarios desde los puntos en los que finaliza la red de distribución, quedando así preparado para la conexión de los usuarios a la red de distribución a medida que se vaya iniciando la actividad industrial en las diferentes naves.

Para el diseño de la red de distribución se tratarán dos alternativas de diseño justificando la elección final por una de las dos. Se planteará un diseño de red punto multipunto con elementos pasivos y tecnología GPON y uno alternativo punto a punto con fibra óptica.

Al ser la zona a desplegar un polígono industrial nos encontramos ante la tesitura de que la densidad de población será baja lo que hará que nuestra instalación a pesar de utilizar las líneas básicas de una instalación de FTTH, tenga algunas características diferenciadoras para adaptarlas a la zona en cuestión.

Cabe destacar también que en la actualidad, al encontrarse el polígono en proceso de construcción, es factible realizar la obra civil que fuese necesaria para la colocación de arquetas o canalizaciones subterráneas requeridas para la instalación.

El polígono industrial de Gandul podrá albergar como máximo 279 naves para uso industrial, repartidas en 12 manzanas y cuenta con las siguientes características urbanísticas:

- Extensión de 286.169,82 metros cuadrados con 4 calles principales que cruzan el polígono en vertical y horizontal además de calles que recorren el perímetro del polígono y que interconectan las calles principales entre sí.
- La anchura promedio de las calles de unos 5 metros.
- Las naves están colocadas en 12 manzanas pegadas unas a otras y ordenadas a lo largo de las calles.

La distribución del polígono en cuanto al número de naves que habrá en cada manzana y la distribución de las mismas dentro de cada una, se presenta en los siguientes elementos:

Zona del polígono	Número de naves
Manzana 1 (M1)	45
Manzana 2 (M2)	38
Manzana 3 (M3)	36
Manzana 4 (M4)	36
Manzana 5 (M5)	34
Manzana 6 (M6)	14

Manzana 7 (M7)	15
Manzana 8 (M8)	16
Manzana 9 (M9)	14
Manzana 10 (M10)	16
Manzana 11 (M11)	14
Manzana 12 (M12)	1
Total naves en el polígono	279

Tabla 5: Distribución de naves en las distintas manzanas del polígono.



Figura 22: Perfil del polígono y distribución de naves.

1.5.1 Aspectos principales del diseño

Para el diseño de la red que se presenta en el siguiente proyecto se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Procurar que la demanda del polígono quede perfectamente cubierta para el caso de máxima ocupación del mismo, que como se ha comentado es de 279 naves.
- Diseño escalable que prevea posibles cambios en la tecnología o en aspectos claves en el futuro.
- Intentar que la instalación sea lo más clara posible, procurando que en la medida de lo posible, las canalizaciones de la fibra recorran caminos cortos y coherentes con la forma geométrica del polígono.
- Teniendo en cuenta que la zona en la que se realizará la instalación no es excesivamente extensa, que las distancias que habrá desde la central hasta la nave más alejada del polígono no sobrepasarán en ningún caso los límites marcados para el uso de fibra óptica, la atenuación sufrida por la señal no será un problema relevante a tener en cuenta en nuestro diseño.
- El dimensionado de equipos en la central será competencia del operador que de servicio a la red. Será él quién procurará la utilización de equipos que cubran las exigencias demandadas por la instalación.

1.5.2 Escenario del despliegue

Como se ha comentado, el despliegue se realizará en el polígono industrial de “Gandul” de Mairena del Alcor, municipio situado a unos 20 km de Sevilla.

En las imágenes que se adjuntan a continuación se trata de poner un poco en contexto la localización geográfica del Mairena del Alcor, y del polígono industrial de Gandul, así como hacer una primera inspección del perfil del terreno que será objeto de instalación.

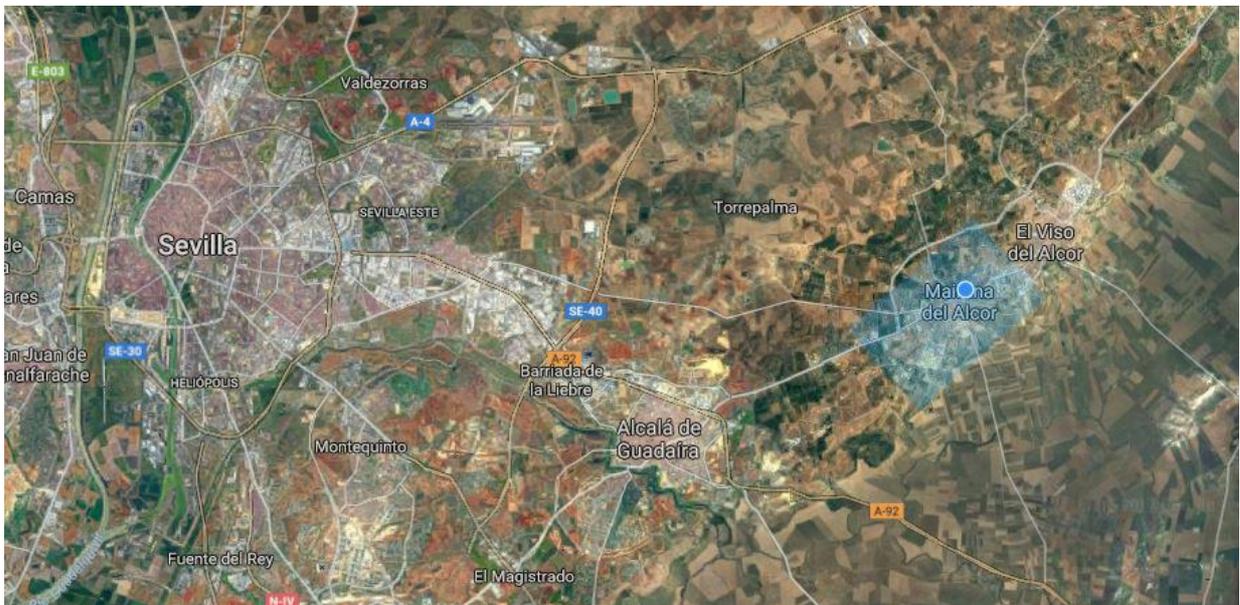


Figura 23: Localización de Mairena del Alcor.



Figura 24: Localización del polígono industrial dentro de Mairena del Alcor.



Figura 25: Perfil geográfico del polígono.

Se trata, como se ha comentado, de una zona en construcción que albergará en un futuro próximo hasta 279 naves industriales para el desarrollo de actividad empresarial.

1.5.3 Planificación, búsqueda de información y replanteo

En la elaboración del proyecto técnico se han elaborado diferentes actividades de replanteo, consumiendo gran cantidad de tiempo, con el objetivo de que la información con la que se trabaja sea lo más ajustada a la realidad posible.

- Los planos del polígono han sido obtenidos directamente de la Gerencia de Urbanismo de Mairena del Alcor. En origen en los planos solo aparecía el perfil del polígono y la división de las parcelas previstas para el momento en el que se aborde su construcción. Se ha tratado de respetar esta parcelación y sobre estos planos se plantea el despliegue de la red de fibra para telecomunicaciones.
- Una vez obtenidos los planos, se han realizado visitas a la zona de despliegue para conseguir una mayor familiarización con el terreno.

Estas dos acciones han permitido conocer con bastante detalle la zona y garantizar que lo que se proyecte sobre planos se ajustará en gran medida a la realidad.

Aunque se ha comentado con anterioridad, se reitera que en la actualidad el polígono está en fase de construcción por lo que el impacto que puedan tener las obras civiles necesarias para la colocación de cámaras de registro o arquetas será asumible, pudiendo realizar un despliegue óptimo a través de canalizaciones subterráneas.

1.5.4 Programación y plazos de ejecución

La programación de las tareas a realizar y los plazos totales de ejecución irán muy marcados por las velocidades a la que avancen las obras civiles que se realizan en el polígono que entre otras tareas, deberán llevar a cabo la colocación de arquetas, cámaras de registro y canalizaciones de subconductos por los que irá la fibra y los distintos elementos que forman el despliegue de red de servicios de banda ancha.

De manera general se distinguirán 4 grandes partes dentro de la planificación de tareas desde que surge la necesidad de la instalación de una red de fibra hasta que está quede lista para su explotación:

- Proyecto técnico.
- Permisos y licencias de obra.
- Obra civil.
- Instalación de fibra y elementos de la red.

Este documento abordaría la primera de estas 4 etapas y tiene una duración estimada de un mes.

La obtención de las licencias y permisos será probablemente el factor que mayor incertidumbre en cuanto a plazos pueda crear ya que constituye un factor ajeno a la empresa instaladora y por tanto los plazos no dependerán de ella.

1.5.5 Instalación de infraestructura y elementos

En este apartado se estudia la composición de las infraestructuras que se colocarán para la instalación de cableado y elementos. Aunque, al ser un proyecto meramente académico, no se ha realizado el procedimiento necesario recogido en la normativa del servicio MARCo para la obtención de la información, se propone un ejemplo de instalación.

1.5.5.1 Canalización

1.5.5.1.1 Conjunto de subconductos subterráneos

Conforman la red que dará estancia a los cables de fibra óptica. Los conductos o tuberías proporcionan al cable protección y un medio para la instalación y eliminación futura de cables.

Conductos PVC de 110 mm para la red de distribución. Solamente uno por recorrido. En su interior existirá una estructura tritubo de 40 mm por la que discurren los cables de la red.

Conductos PVC de 63 mm para la red de dispersión. Solamente uno por recorrido.

Sobre los planos adjuntos en la sección correspondiente se representan las canalizaciones subterráneas por las que se instalarán las fibras que permitirán dotar de servicios de banda ancha al polígono. En ellos se aprecia con detalle los tramos de tubo a instalar tanto para la red de distribución como para la red de dispersión.

Los tramos de tubo de la red de distribución han sido nombrados con las letras Tr seguidas de un número que identifica de forma unívoca al tramo de canalización al que nos referimos dentro de la zona a instalar. Junto al nombre del tramo, tal y como se indica en los planos, se puede apreciar la longitud del mismo.

Para los tramos de tubo que formarán la red de dispersión, se ha optado por numerarlos por manzanas con las letras Sub seguidas de un número que identifica a ese tramo dentro de la manzana en la que estemos trabajando. Junto al nombre del tramo se indica también la longitud del mismo.

Mientras haya tubos libres, se procurará la colocación de un solo cable en cada conducto.



Figura 26: Ejemplo de subconductos.

El material del tubo y su acabado deberán cumplir los siguientes criterios:

- Elasticidad suficientemente alta para permitir radios de curvatura pequeños.

- Elevada resistencia de abrasión.
- Reducido coeficiente de fricción.
- Homogeneidad, libre de poros, grietas y otras imperfecciones.
- Uniformidad de las dimensiones transversales en toda la longitud del tubo.
- Conservación de estas propiedades ante cambios térmicos.

1.5.5.1.2 Arquetas

Se han considerado en este proyecto el uso de las arquetas de telefónica tipo D y tipo H, no contemplando la existencia de cámaras de registro.

Las arquetas son rectangulares y hechas de hormigón. Los conductos terminan en una de las paredes de la arqueta de manera ordenada.

Arquetas tipo D.

Permiten canalizaciones de hasta 4 conductos de 110mm en cada cara. Tiene unas dimensiones de 110 x 90 x 103(cm)

Se adjunta a continuación una imagen con las medidas aproximadas en centímetros:

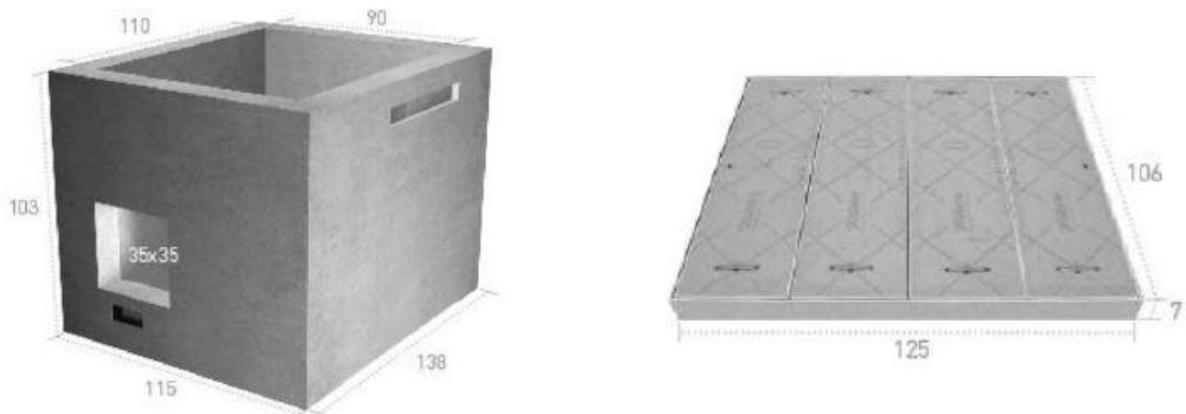


Figura 27: Arqueta tipo D.

Arquetas tipo H.

Permiten canalizaciones hasta 4 conductos con tubos de 63 mm. Tiene una dimensiones de 80x70x97 (cm).

Se adjunta a continuación una imagen con las medidas aproximadas en centímetros:

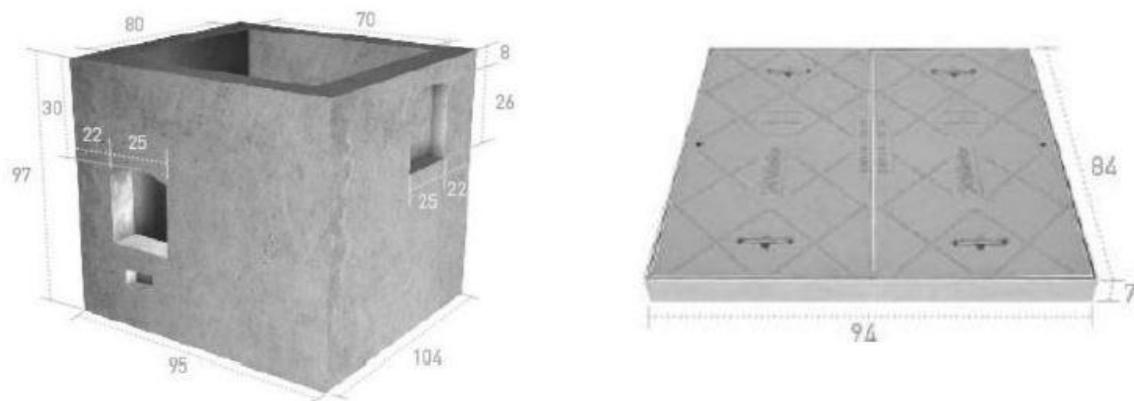


Figura 28: Arqueta tipo H.

1.5.5.2 Instalación de elementos y material en conductos y arquetas

1.5.5.2.1 Cableado en conductos y arquetas

Las propiedades de los cables a utilizar en las instalaciones pueden verse afectadas si se someten a esfuerzos de tensión constantes o mayores de los permitidos, o si se someten a un radio de curvatura demasiado pequeño. Hay que tener mucha precaución en el tendido de cables de fibra óptica y tener en cuenta factores como el agua y los roedores.

Se exponen a continuación una serie de recomendaciones a seguir para el despliegue de cableado en conductos y arquetas.

- Para los conductos de 110 mm: Mientras haya subconductos libres, se colocará un solo cable en cada conducto. Posteriormente, se pasará a aumentar la ocupación de estos subconductos, intentando mantener al máximo la homogeneidad de la ocupación en los conductos. El mismo criterio se seguirá para los conductos de 63 mm.
- Durante el proceso de tracción, se dispondrá en ambos extremos del tubo de medidores de la tensión a la que se está sometiendo al cable, con un sistema de parada automática cuando sobrepasen los límites de tracción máxima permitida.
- La bobina de cableado se colocará junto a la arqueta seleccionada, suspendida sobre gatos o grúa, de forma que pueda girar libremente, y de forma que el cable salga de la bobina por su parte superior.
- Durante la operación de tendido, así como en la instalación definitiva del cable, este no podrá ser sometido en ningún momento a curvaturas excesivas.
- Los operarios en los puntos de, así como el operario responsable de la bobina, tendrán que interconectarse permanentemente con radioteléfonos.
- Las personas que intervengan en la operación de tendido, especialmente las situadas junto con la bobina tendrán que observar atentamente el cable según salga de ella, con objeto de denunciar cualquier tipo de deterioro aparente en este.
- La tracción del cable ha de realizarse en el sentido de su generatriz. En ningún caso podrá doblarse el cable

para obtener mejor apoyo durante su tendido.

- Se utilizarán lubricantes para disminuir el rozamiento del cable durante el tendido.
- Será necesario un exceso de cable, puesto que reservas de cable quedarán sujetos a las paredes de las arquetas por medio de apoyos de sujeción de cables en arqueta. Las reservas de cable se tendrán que gestionar de forma ordenada en el interior de la arqueta, con la ayuda de los apoyos de sujeción de cables.
- El recorrido del cable a través de la arqueta tendrá que transcurrir de manera ordenada y de tal manera que se respete el radio de curvatura límite del mismo.
- Siempre que sea adecuado, se protegerá el cable con un tubo flexible de doble capa a lo largo de su recorrido por el interior de las arquetas.

1.5.5.2.2 Cajas de empalme en arquetas

La caja de empalme se instalará en una de las paredes laterales de la arqueta, en posición horizontal y a la mayor altura posible (siempre que exista espacio) para minimizar los efectos de la existencia de agua en el interior de la arqueta. Por este motivo, se habrá previsto durante la operación de tendido un exceso de cable para facilitar su manipulación. El cable sobrante se fijará a los apoyos para cables existentes a las paredes de la cámara, respetando los radios mínimos de curvatura. Las fusiones de cables de FO se realizarán en el exterior de las arquetas.

1.5.6 Diseño GPON

El diseño irá orientado en dotar de servicios de banda ancha a cada una de estas naves usando la tecnología GPON (ITU G.984) y fibra óptica para toda la red. Como se ha comentado, en este documento se realizará el diseño exhaustivo de la red de distribución, no siendo objeto del mismo la red de alimentación, que será responsabilidad del operador que ofrezca el servicio.

Para el diseño de la red se utilizarán varios nodos, considerando una topología en árbol con dos etapas de división, utilizando divisores 1:4 para la primera etapa de división y divisores 1:16 para la segunda.

Los principales elementos que formarán la red serán:

- Cable de fibra: medio físico por el que se transmitirá la señal óptica.
- Divisores: Elementos pasivos encargados de realizar la división de la señal en para alcanzar a los usuarios con topología en árbol.
- Empalmes mecánicos: Se utilizan para unir extremos de fibra óptica en caso de rotura o en el proceso de instalación.
- Cajas de empalme y distribución: En ellas se suele realizar una doble función. Por un lado el empalme de fibras para la instalación y por otro, alojar los divisores de la primera etapa que le dan forma a la red de distribución.
- Caja terminal óptica (CTO): En este elemento terminará la red de distribución y quedará preparado para que a partir de ella, partan las acometidas que dan servicio al abonado.
- ODF: Armario que albergará a la CTO y la última etapa de de división.

Como se aprecia con detalle en los planos adjuntos, para llevar a cabo el despliegue teniendo en cuenta el

número de naves y la distribución de las mismas, será necesaria la colocación de 25 divisores 1:16 que irán colocados en armarios ODF junto con una CTO, siendo los puntos de finalización de la red de distribución y desde los que partirá la red de dispersión que dará servicio a los distintos abonados.

En una arqueta colocada en el punto del polígono más cercano a la población de Mairena del Alcor, se colocarán los 7 divisores 1:4 que se han estimado necesarios para la primera etapa de splitting de la red GPON. Se opta por la utilización de cables de fibra monomodo PKP y por la instalación de estos mediante canalización subterránea.

La simbología que se presenta a continuación es la utilizada en los planos para señalar la colocación de los distintos elementos que componen el despliegue:

- Arquetas tipo D: En ellas irán colocados los divisores 1:4 anteriormente comentados y las distintas cajas de empalme necesarias para llevar a cabo la distribución de la señal óptica a través de las fibras por el polígono.



Figura 29: Símbolo para representar la localización de las arquetas tipo D en los planos.

- CTO: Caja terminal óptica en las que se colocarán los divisores 1:16 que llevarán a cabo la segunda etapa de división óptica. A partir de aquí, comenzará la red de dispersión, pudiendo dar servicio hasta a 16 usuarios por cada CTO.



Figura 30: Símbolo para representar la localización de las CTO en los planos.

- Arquetas tipo H: Representa el punto más cercano al abonado en que se realizará la conexión del mismo a la red. Desde cada CTO, partirá la red de dispersión que llegará hasta estas arquetas situadas en las proximidades de las fachadas de las distintas naves a través de canalización subterránea. Para optimizar el número de arquetas, se opta por la colocación cercana a fachadas limítrofes entre dos naves para así poder llevar a cabo la conexión de ambas naves con una misma arqueta.

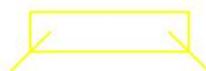


Figura 31: Símbolo para representar la localización de las arquetas tipo H en los planos.

- Canalización subterránea para línea de reparto principal en la red de distribución.

Figura 32: Símbolo para representar las líneas de canalización principal en los planos.

- Canalización subterránea para acometida a parcelas.

Figura 33: Símbolo para representar las líneas de canalización secundaria en los planos.

A continuación, se explica la nomenclatura empleada en el esquema general del trazado que se adjunta en el presente proyecto para el despliegue GPON, así como en la tabla general de conexiones en cada arqueta. A modo de ejemplo, se explican algunas partes de las mismas para su correcta interpretación:



Figura 34: Parte del esquema general del trazado GPON.

El tramo de fibra que llegaría hasta esta CTO, sería el tramo 23. El nombre asignado a esta CTO (M1CTO2) indica que se encuentra en la manzana 1, es la CTO número 2 dentro de las 25 que componen el despliegue y contiene un divisor. Dicho divisor se conecta con una fibra proveniente de la salida número 2 del divisor 401, que tiene asignado el nombre 1602, y es un divisor 1:16.

Arqueta	Caja de empalme	Tramo entrante	Tipo de cable	Fibras sangradas	Tramo saliente	Tipo de cable	Fibras a las que se conecta
E41511	E41511-1	Tr1	32PKP	1	Tr22	8PKP	1
		Tr1	32PKP	2-4	Tr7	8PKP	1-3
		Tr1	32PKP	-	Tr2	32PKP	-

Tabla 6: Parte de la tabla general de conexiones GPON.

En la arqueta nombrada como E41511, se situaría una caja de empalme (E41511-1). El tramo de fibra que llega

hasta esta arqueta sería el tramo 1, en el que va instalada un cable de fibra de 32PKP. De estas 32 fibras, la fibra 1 sería sangrada y empalmada con la fibra 1 del cable 8PKP de fibra que discurre por el tramo 22. Las fibras 2, 3 y 4, serían sagradas del cable principal y se conectarían con las fibras 1, 2 y 3 del tramo 7, por el que discurrirá un cable de 8 PKP. El resto de fibras que componen el cable de 32PKP de este tramo, continuarían sin ningún tipo de empalme por el tramo 2.

En el apartado de planos se puede encontrar el plano general del polígono con el despliegue de fibra propuesto y los planos en detalle de las distintas manzanas. En el pliego de condiciones se incluyen de manera completa el esquema general del trazado, comentado anteriormente, y la tabla general de conexiones en las distintas arquetas que componen el despliegue.

1.5.7 Diseño punto a punto

El diseño irá orientado a dotar de servicios de banda ancha a cada una de estas naves usando una configuración punto a punto y fibra óptica para toda la red, de modo que cada uno de los usuarios tendrá una fibra dedicada con la que realizar la explotación de servicios. Las fibras ópticas de la red P2P van, sin pasar por ningún divisor óptico, desde la cabecera a los abonados. Al igual que el caso anterior, en este documento se realizará el diseño exhaustivo de la red de distribución, no siendo objeto del mismo la red de alimentación, que será responsabilidad del operador que ofrezca el servicio.

Los principales elementos que formarán la red serán:

- Cable de fibra: medio físico por el que se transmitirá la señal óptica.
- Empalmes mecánicos: Se utilizan para unir extremos de fibra óptica en caso de rotura o en el proceso de instalación.
- Cajas de empalme: En ellas se realizarán los empalmes necesarios para la distribución de los cables de fibra por el polígono.
- Caja terminal óptica (CTO): En este elemento terminará la red de distribución y quedará preparado para que a partir de ella, partan las acometidas que dan servicio al abonado.
- ODF: Armario que albergará a la CTO en el final de la red de distribución.

Como se aprecia con detalle en los planos adjuntos, para llevar a cabo el despliegue teniendo en cuenta que la ocupación máxima del polígono serán 279 naves, el número mínimo de fibras ópticas que partirán del operador y que llegarán hasta los distintos usuarios será de 279.

En una arqueta colocada en el punto del polígono más cercano a la población de Mairena del Alcor, se colocarán las cajas de empalme desde las que partirá la red de distribución y en las que el operador realizará las distintas conexiones para las fibras ópticas instaladas. Se opta por la utilización de cables de fibra monomodo PKP y por la instalación de estos mediante canalización subterránea.

La simbología que se presenta a continuación es la utilizada en los planos para señalar la colocación de los distintos elementos que componen el despliegue:

- Arquetas tipo D: En ellas irán colocadas las distintas cajas de empalme necesarias para llevar a cabo la distribución de la señal óptica a través de las fibras por el polígono.

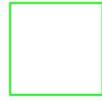


Figura 35: Símbolo para representar la localización de las arquetas tipo D en los planos.

- CTO: Caja terminal óptica en la que comenzará la red de dispersión. En cada una de ellas se prepararán las conexiones de fibra necesarias para poder dar servicio a los usuarios que dependan de ella.



Figura 36: Símbolo para representar la localización de las CTO en los planos.

- Arquetas tipo H: Representa el punto más cercano al abonado en que se realizará la conexión del mismo a la red. Desde cada CTO, partirá la red de dispersión que llegará hasta estas arquetas situadas en las proximidades de las fachadas de las distintas naves a través de canalización subterránea. Para optimizar el número de arquetas, se opta por la colocación cercana a fachadas limítrofes entre dos naves para así poder llevar a cabo la conexión de ambas naves con una misma arqueta.



Figura 37: Símbolo para representar la localización de las arquetas tipo H en los planos.

- Canalización subterránea para línea de reparto principal en la red de distribución.

Figura 38: Símbolo para representar las líneas de canalización principal en los planos.

- Canalización subterránea para acometida a parcelas.

Figura 39: Símbolo para representar las líneas de canalización secundaria en los planos.

A continuación, se explica la nomenclatura empleada en el esquema general del trazado que se adjunta en el presente proyecto para el despliegue punto a punto, así como en la tabla general de conexiones en cada

arqueta. A modo de ejemplo, se explican algunas partes de las mismas para su correcta interpretación:

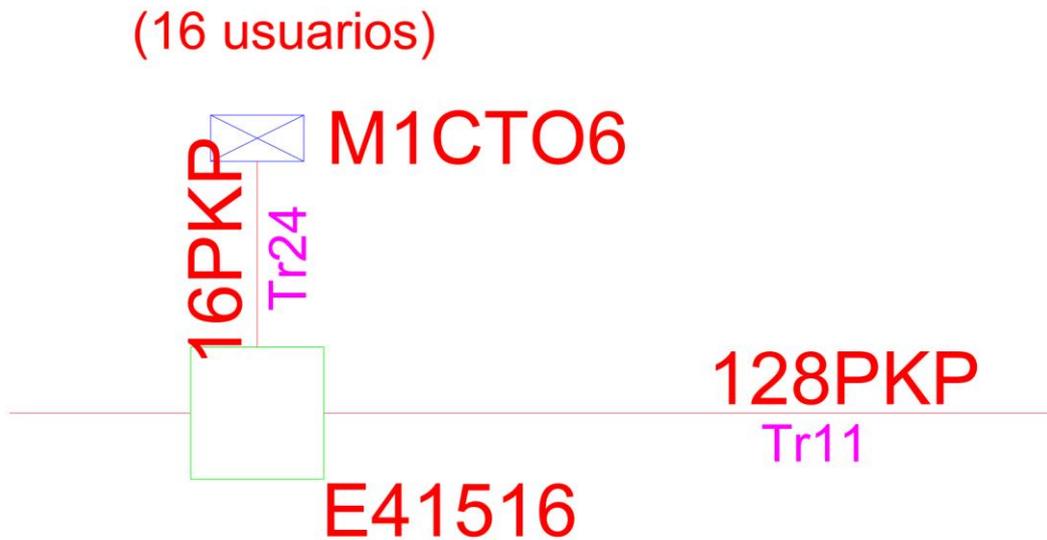


Figura 40: Parte del esquema general del trazado P2P.

De la arqueta E41516, saldrían los tramos de fibra 11, con un cable 128PKP, y 24, con un cable 16PKP. La caja terminal óptica representada estaría en la manzana 1 y sería la número 6 dentro del despliegue. A esa caja terminal óptica se conectarían 16 usuarios. En la arqueta E41516 habría una caja de empalme en la que se sangrarían las fibras necesarias para las conexiones del tramo 24 y se daría continuidad al cable de 128 PKP hacia la siguiente arqueta o elemento del diseño.

Arqueta	Caja de empalme	Tramo entrante	Tipo de cable	Fibras sangradas	Tramo saliente	Tipo de cable	Fibras a las que se conecta
		Tr8	32PKP	1-14	Tr23	16PKP	1-14
E41513	E41513-1	Tr8	32PKP	15-21	Tr24	8PKP	1-7
		Tr8	32PKP	-	Tr9	32PKP	-

Tabla 7: Parte de la tabla general de conexiones P2P.

En la arqueta nombrada como E41513, se situaría una caja de empalme (E41513-1). El tramo de fibra que llega hasta la arqueta sería el tramo 8, en el que va instalada una fibra de 32PKP. De estas 32 fibras, las fibras de la 1 a la 14 serían sangradas y empalmadas con las fibras 1 a 14 del cable 16 PKP que va instalado por el tramo de fibra 23. Las fibras 15 a 21 del cable de fibra de 32PKP que va instalado por el tramo 8, serían sangradas y conectadas con las fibras 1 a 7 del cable 8PKP que va por el tramo 24. El resto de fibras que componen el cable de 32PKP de este tramo, continuarían sin ningún tipo de empalme por el tramo 9.

Las canalizaciones en los planos son similares a las consideradas para el despliegue GPON.

En el pliego de condiciones se incluyen de manera completa el esquema general del trazado, comentado anteriormente, y la tabla general de conexiones en las distintas arquetas que componen este despliegue.

1.5.8 Puntos a favor y en contra de ambas propuestas

Haciendo una pequeña comparativa entre ambas propuestas, cabría destacar que el uso de una topología punto multipunto con el estándar GPON permite emplear un número mucho menor de fibras ópticas debido a la compartición de una fibra entre varios usuarios. En nuestro caso, cada fibra procedente del operador sería compartida por un máximo de 64 usuarios.

Esta compartición de fibras tiene el inconveniente de que el ancho de banda procedente del operador llegará al usuario compartido entre todos los usuarios activos en ese momento pertenecientes a las divisiones de una misma fibra, lo que provocará que en los casos de alta ocupación, el ancho de banda final sea bastante menor al que la fibra tiene en su origen.

Por otro lado, para el caso de despliegue punto a punto, el número de fibras necesarias será bastante elevado, al menos una fibra por usuario final, lo que aumenta considerablemente el número de cables de fibra que habría que tener entre el operador y el usuario final.

Por contra, la exclusividad en el uso de una fibra por cada usuario permite que cada abonado pueda alcanzar el máximo ancho de banda que le sea ofrecido por el operador independientemente de la ocupación o del número de usuarios conectados en ese momento. Cada usuario final tendrá una fibra dedicada para la obtención de los servicios de banda ancha.

En cuanto a la cantidad de equipos necesarios para llevar a cabo el despliegue, cabe destacar que mediante la topología de punto multipunto GPON, serán necesarios un número determinado de divisores ópticos, cajas ópticas y cajas de empalme que ayuden a la mencionada compartición de fibra en el despliegue. En cambio, con el uso de topología punto a punto, no serían necesarios estos divisores, aunque sí serían necesarias varias cajas de empalme para conducir cada fibra hasta el abonado. De manera general, las cajas de empalme necesarias para el despliegue punto a punto tendrán un coste mayor ya que tendrán que albergar una mayor número de fibras y empalmes.

Por tanto, podría parecer a priori que el uso de una topología punto a punto podría ser la elección óptima para este despliegue al ser más simple que la tecnología GPON y aportar mejores anchos de banda. En el siguiente apartado veremos que esto no es cierto, y que una vez contemplados los apartados de pliego de condiciones y presupuestos para ambas alternativas, el coste tanto por material como por mano de obra que supone el despliegue punto a punto no compensa frente a un despliegue GPON.

1.6 Conclusiones

En vista de los resultados obtenidos a lo largo de la realización del presente proyecto, podemos ver que el uso extendido de despliegues GPON para ofrecer servicios de banda ancha en entornos empresariales o zonas urbanas está más que justificado atendiendo a varios factores.

Por un lado, atendiendo al factor económico, vemos que al ser necesaria menor cantidad de fibras para dar cobertura a todos los usuarios, debido a los niveles de splitting utilizados en el proyecto, un despliegue con tecnología GPON tiene un coste reducido en comparación con un despliegue punto a punto. A la vista de los resultados, con el uso de GPON podemos resolver la problemática planteada de dar servicio de banda ancha al polígono con un coste de un 60% menor. Además gracias a las evoluciones a 10GPON y superiores que a día de hoy están en pleno proceso de expansión, fortalecemos la idea de realizar los despliegues de fibra de esta forma.

Si tenemos en cuenta al operador que nos ofrecerá el servicio, el número de fibras que será necesario proporcionar será mucho menor, siendo necesarias, tal y como se ha comentado a lo largo del proyecto, al menos 279 fibras para llevar a cabo el despliegue P2P frente a las solo 7 fibras necesarias para el despliegue GPON.

Es cierto, que el despliegue punto a punto asegura un canal dedicado para cada usuario mientras que GPON comparte el canal. Rara vez el cien por cien de los usuarios estarán demandando servicios de banda ancha al mismo tiempo y por tanto resulta innecesario el que tengan un canal dedicado. Usando GPON, se garantiza un ancho de banda mínimo en caso de que todos los usuarios demanden a la vez servicios de banda ancha, que para el peor de los casos, y considerando que todas las salidas de los splitters 1:16 colocados a lo largo del diseño estén ocupados (cosa que no ocurre), sería del ancho de banda de GPON dividido entre 64 usuarios que es el máximo número de usuarios soportado por cada fibra proveniente del operador para el diseño considerado.

Merece un análisis también la diferencia que se observa en los presupuestos en cuanto al montante de la mano de obra para cada una de las alternativas. Se observa como en el caso del despliegue P2P, supone un incremento en costes del 235% frente a la alternativa que ofrece GPON. Este incremento en costes viene determinado por un aumento en el número de tareas que son necesarias llevar a cabo para la instalación, lo que supone un considerable aumento también en tiempo de ejecución.

Por tanto, GPON nos ofrece mejores condiciones económicas, menor gasto en material y reducción considerable de la mano de obra necesaria y de las actuaciones a llevar a cabo para la instalación, que se traducen en una reducción en cuánto a plazos de ejecución.

En la actualidad se suele reservar el uso de P2P para el despliegue en zonas con características muy concretas que no puedan ser cubiertas con GPON, siendo habitual ofrecer servicios punto a punto a algunos usuarios concretos dentro de una red desplegada mediante GPON.

Por último se adjuntan dos gráficos que permiten comparar ambas alternativas en cuánto a costes. En el primero de ellos se hace una comparativa entre el coste sin IVA de la mano de obra y del material para ambas alternativas. En el segundo se realiza una comparativa del montante total que supondría llevar a cabo el despliegue.

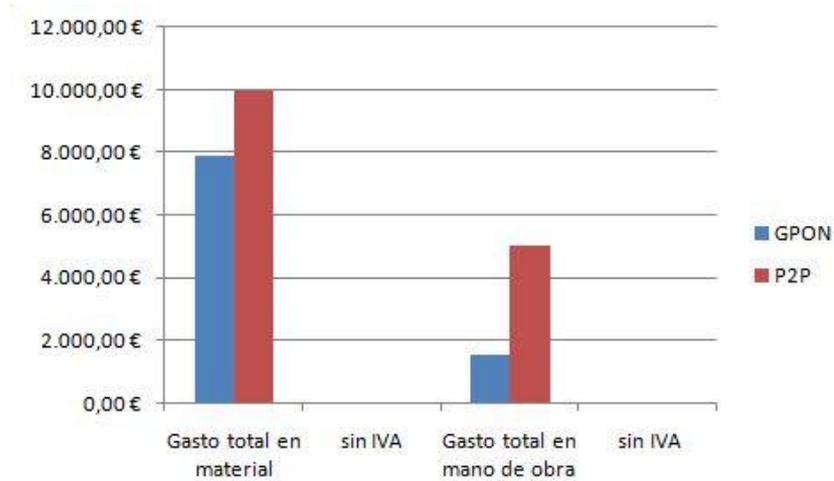


Figura 41: Comparativa entre costes por material y costes por mano de obra

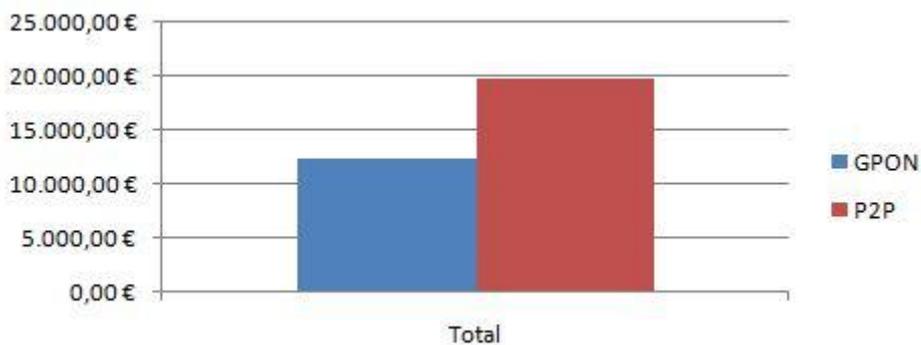


Figura 42: Estimación de costes total para ambas alternativas

En el punto 4.3 de los presupuestos, se hace una comparativa más detallada en cuánto a los costes de ambas alternativas. Teniendo en cuenta que el despliegue que nos ocupa en este texto corresponde a un polígono de una extensión media, podemos afirmar que la diferencia en cuanto a costes entre ambas alternativas se dispararía exponencialmente a medida que la zona objeto de despliegue sea mayor, decantando aún más la balanza en favor del uso de GPON como alternativa óptima para dotar de servicios de banda ancha a este tipo de zonas.

1.7 Anexos a la memoria

1.7.1 Bibliografía

- [1] Capmany, J., & Ortega Tamarit, B. (2006). *Redes ópticas*. Valencia: Editorial UPV.
- [2] CHOMYCZ, B. (2000). *Instalaciones de fibra óptica: Fundamentos, técnicas y aplicaciones* (J. A. Joseba Zubia Trans.). (1ª ed.). Aravaca (Madrid): McGrawHill.
- [3] Prat, J. (2008). *Next-generation FTTH passive optical networks (1st ed)*. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.
- [4] R. Ramaswami. (2002). *Optical networks: A practical perspective* (2nd ed.). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- [5] VOZMEDIANO TORRES, Juan Manuel. *Apuntes asignatura Conmutación. – Ingeniería de Telecomunicación (Plan 1998)*. Universidad de Sevilla.
- [6] PÉREZ RODRÍGUEZ, Daniel. *Conmutación, apuntes de la asignatura*. Universidad de Sevilla. Sevilla, 2012.
- [7] ORIA ORIA, Ana Cinta. GRANADO ROMERO, Joaquín. *Apuntes asignatura Comunicaciones Ópticas – Ingeniería de Telecomunicación (Plan 1998)*. Universidad de Sevilla.
- [8] JANER JIMÉNEZ, Carlos. *Dispositivos activos y componentes pasivos para sistemas DWDM*. Universidad de Sevilla. Sevilla, 2009.
- [9] ABREU, Marcelo. CASTAGNA, Aldo. CRISTIANI, Pablo. ZUNINO, Pedro. ROLDÓS, Enrique. SANDLER, Gustavo. *Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar*. Memoria de trabajos de difusión científica y técnica, num. 7. 2009.
- [10] PLAZA VÁZQUEZ, Carlos. *Estudio de Seguridad y Salud: Despliegue de la Red de Distribución en la Zona de Valencia*. Jazztel. Valencia, 2013.
- [11] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Serie G.984 *Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*. En línea]. Disponible en:
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>
- [12] MILAN TEJEDOR, R. (2011). *Tecnologías de banda ancha por fibra óptica*. En: Manual formativo nº55, ACTA. [En línea]. Disponible en:

<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/bandaanchafibraoptica.php>

[13] Boletín Oficial del Estado (10/5/2014). *Ley 9/2014, de 9 de mayo, de Telecomunicaciones*.

[En línea]. Archivo pdf. Disponible en:

<https://www.boe.es/boe/dias/2014/05/10/pdfs/BOE-A-2014-4950.pdf>

[14] CMATIC(2017). Referencia de cajas de acceso al edificio. [En línea]. Disponible en:

<http://www.cmatic.net/>

[15] FIBERCOM(2017). Referencia de cajas de empalme y acceso al edificio. [En línea]. Disponible en:

<http://www.tienda.fibercom.es/>

[16] SILEXFIBER(2017). Referencia de cajas de empalme y acceso al edificio. [En línea]. Disponible en:

<http://www.silexfiber.com/inicio/>

[17] CABLESCOM(2017). Referencia de cables. [En línea]. Disponible en:

http://cablescom.com/wp-content/uploads/2015/11/HP_EE5102A_e.pdf

[18] Google(2014). [En línea]. Disponible en:

<http://www.google.es>

[19] Wikipedia(2014). [En línea]. Disponible en:

<http://www.wikipedia.es>

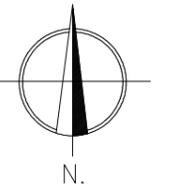
2- PLANOS

En este apartado se adjuntan los planos correspondientes al despliegue de la red de distribución de fibra óptica. La notación y simbología utilizada en los mismos ha sido explicada con anterioridad en la memoria del proyecto. Cabe destacar aquí que a pesar de que dentro de este texto se está realizando tanto el despliegue GPON como P2P, los planos, las canalizaciones y los elementos señalados sobre los mismos serán comunes a ambas alternativas. Serán los cables que se instalen por los distintos subconductos y los elementos que se coloquen en las distintas arquetas y puntos terminales los que marquen cuál de las dos alternativas estamos tratando.

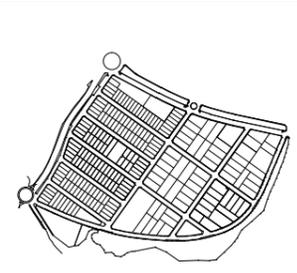
Se ha procurado que esto sea así para garantizar que la diferencia en costes que se pretende mostrar en el apartado de presupuestos, para ambas alternativas, sea influenciada solamente por las características de los elementos y formas de conectarlos entre sí y no por la diferencia en el recorrido que los cables tendrían que hacer por las distintas canalizaciones y que podría suponer una variación importante en cuánto a la cantidad de metros de cable a emplear.

A continuación se detallan los siguientes planos:

- Plano 1: Plano en conjunto de toda la zona a desplegar.
- Plano 2: Plano en detalle de la manzana 1.
- Plano 3: Plano en detalle de la manzana 2.
- Plano 4: Plano en detalle de la manzana 3.
- Plano 5: Plano en detalle de la manzana 4.
- Plano 6: Plano en detalle de la manzana 5.
- Plano 7: Plano en detalle de la manzana 6.
- Plano 8: Plano en detalle de la manzana 7.
- Plano 9: Plano en detalle de la manzana 8.
- Plano 10: Plano en detalle de la manzana 9.
- Plano 11: Plano en detalle de la manzana 10.
- Plano 12: Plano en detalle de la manzana 11.
- Plano 13: Plano en detalle de la manzana 12.

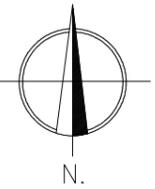


SIMBOLOGÍA	
	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas



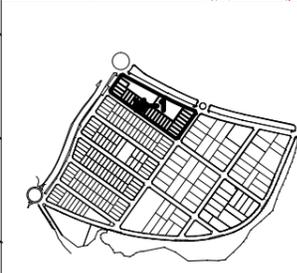
PLANO:
1
FECHA:
JULIO 2017
ESCALA:
S/E

GENERAL
PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
Santiago Mauri Isorna



SIMBOLOGÍA

	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Líneas de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas



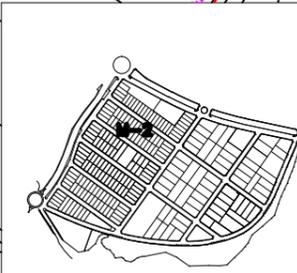
PLANO:
2
FECHA:
JULIO 2017
ESCALA:
S/E

MANZANA M-1
PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
Santiago Mauri Isorna



SIMBOLOGÍA

	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas



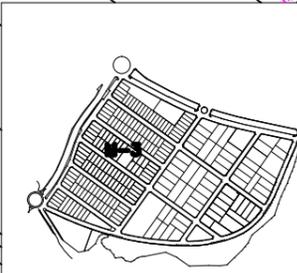
PLANO:	3
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-2
 PROYECTO FIN DE CARRERA
 INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
 Santiago Mauri Isorna



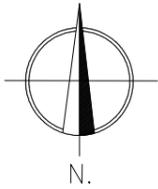
SIMBOLOGÍA

	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas

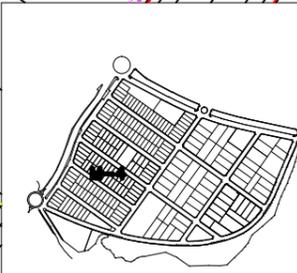


PLANO:	4
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-3
PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
Santiago Mauri Isorna

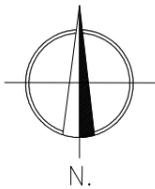


SIMBOLOGÍA	
	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas

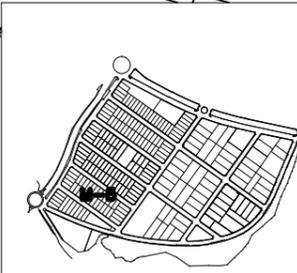


PLANO:	5
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-4
PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
Santiago Mauri Isorna

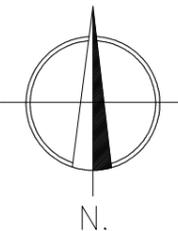


SIMBOLOGÍA	
	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas

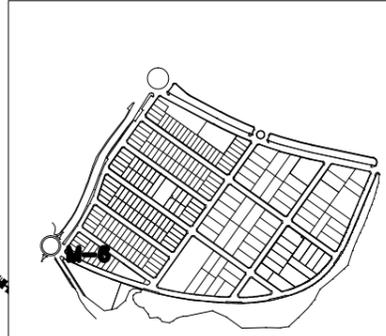


PLANO:	6
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-5
PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
Santiago Mauri Isorna

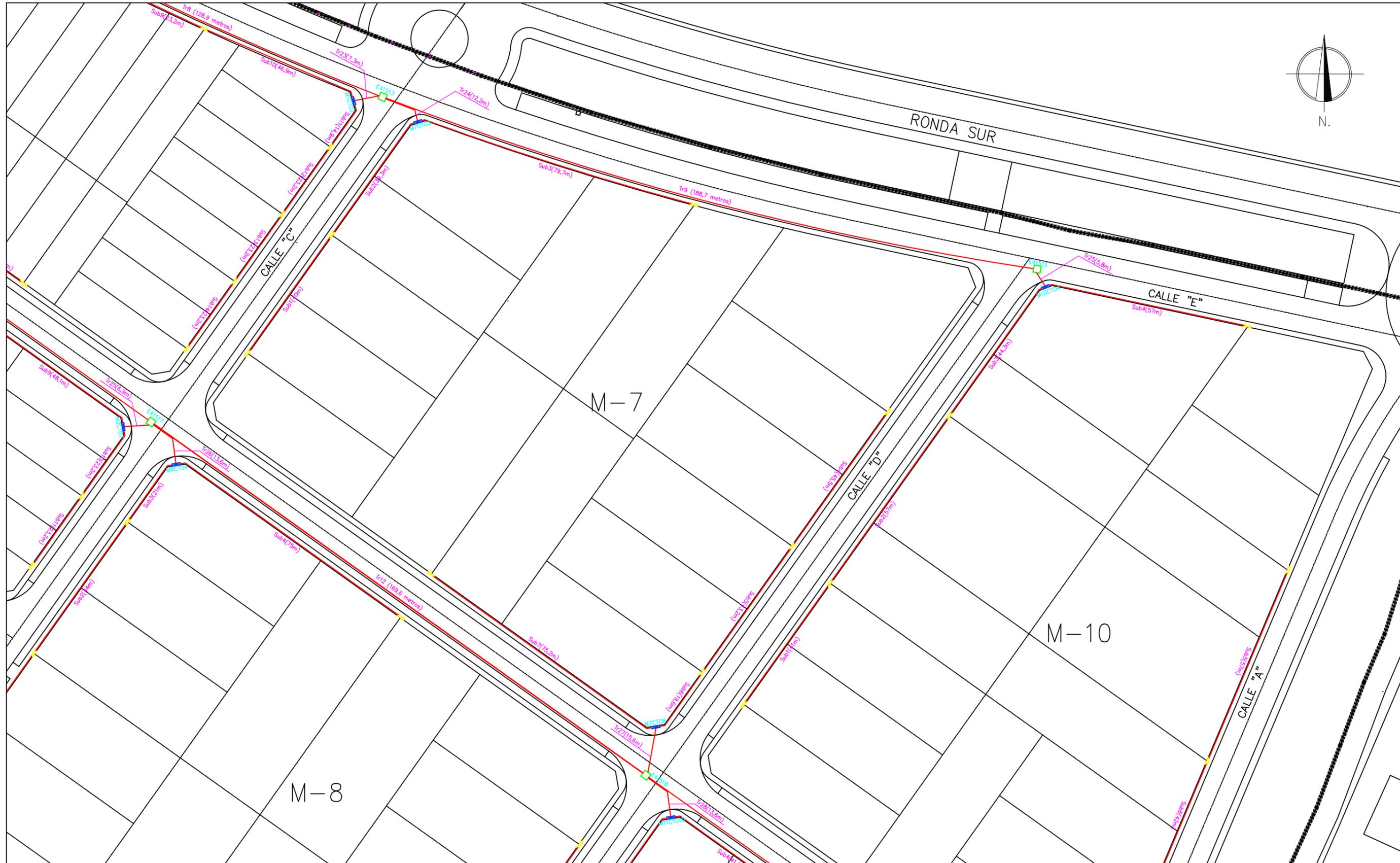
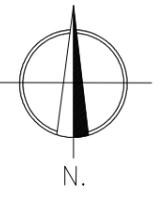


SIMBOLOGÍA	
	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas

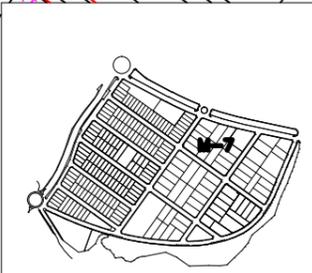


PLANO:
7
FECHA:
JULIO 2017
ESCALA:
S/E

MANZANA M-6
PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
Santiago Mauri Isorna

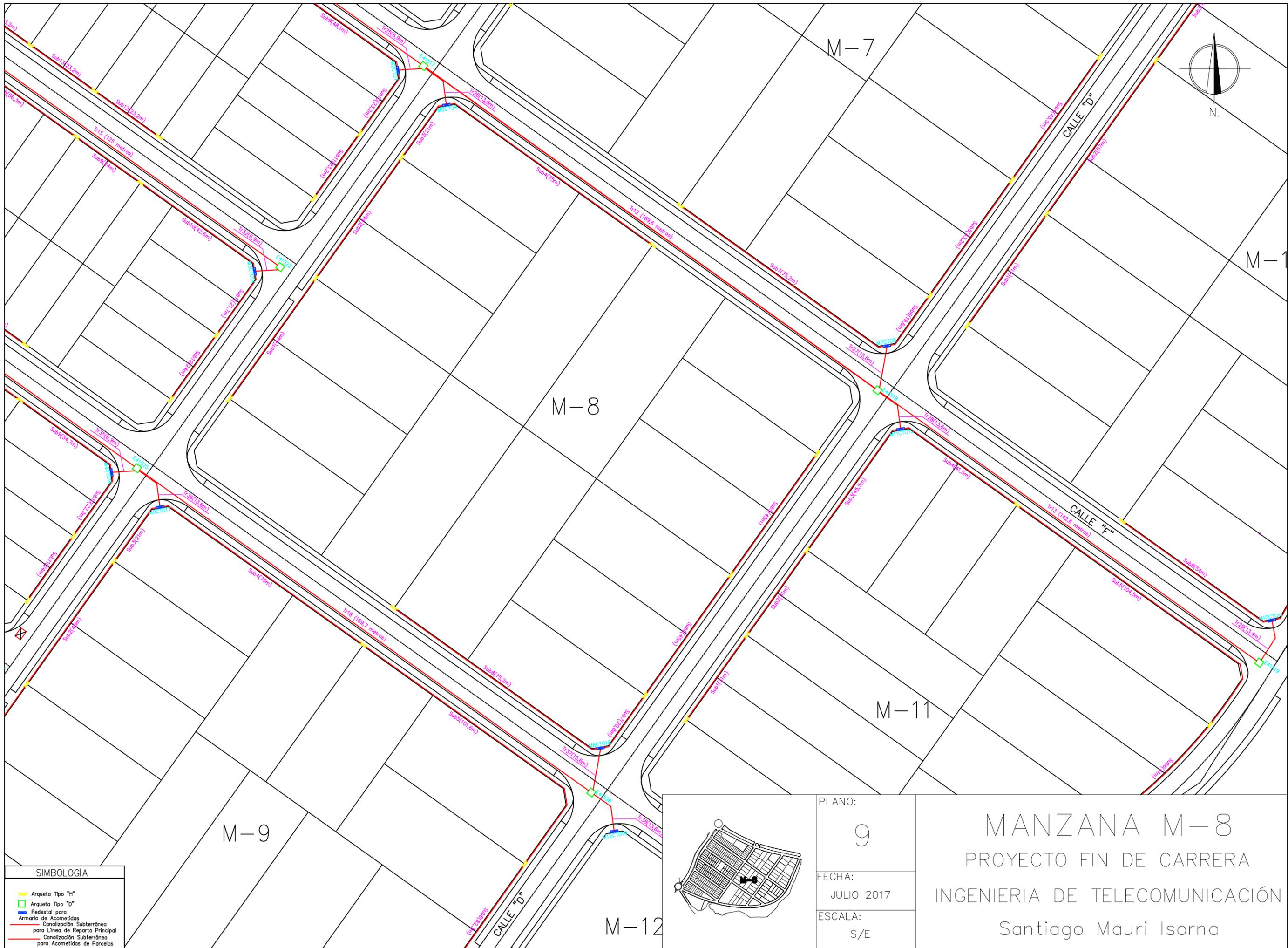


SIMBOLOGÍA	
	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas

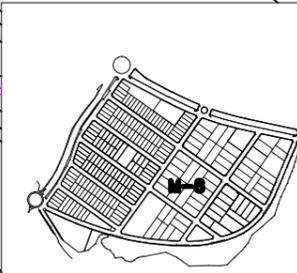


PLANO:	8
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-7
PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
Santiago Mauri Isorna



SIMBOLOGÍA	
	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas



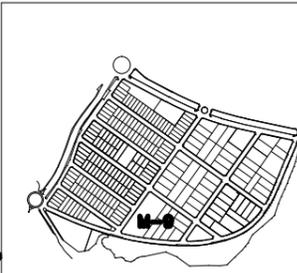
PLANO:	9
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-8
 PROYECTO FIN DE CARRERA
 INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
 Santiago Mauri Isorna



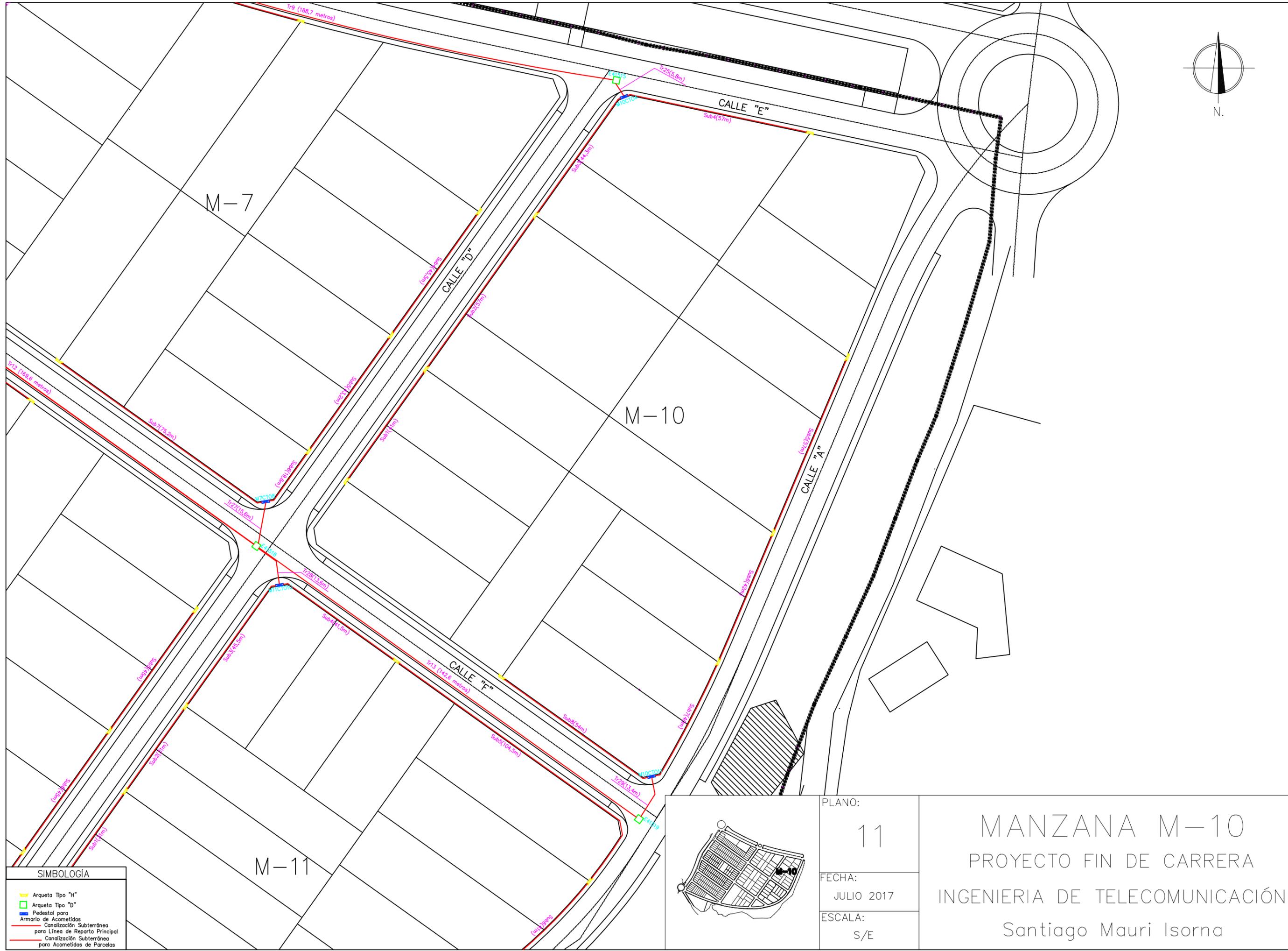
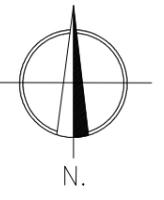
SIMBOLOGÍA

	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas

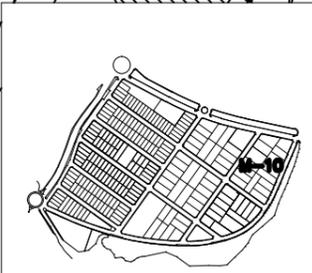


PLANO:	10
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-9
 PROYECTO FIN DE CARRERA
 INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
 Santiago Mauri Isorna

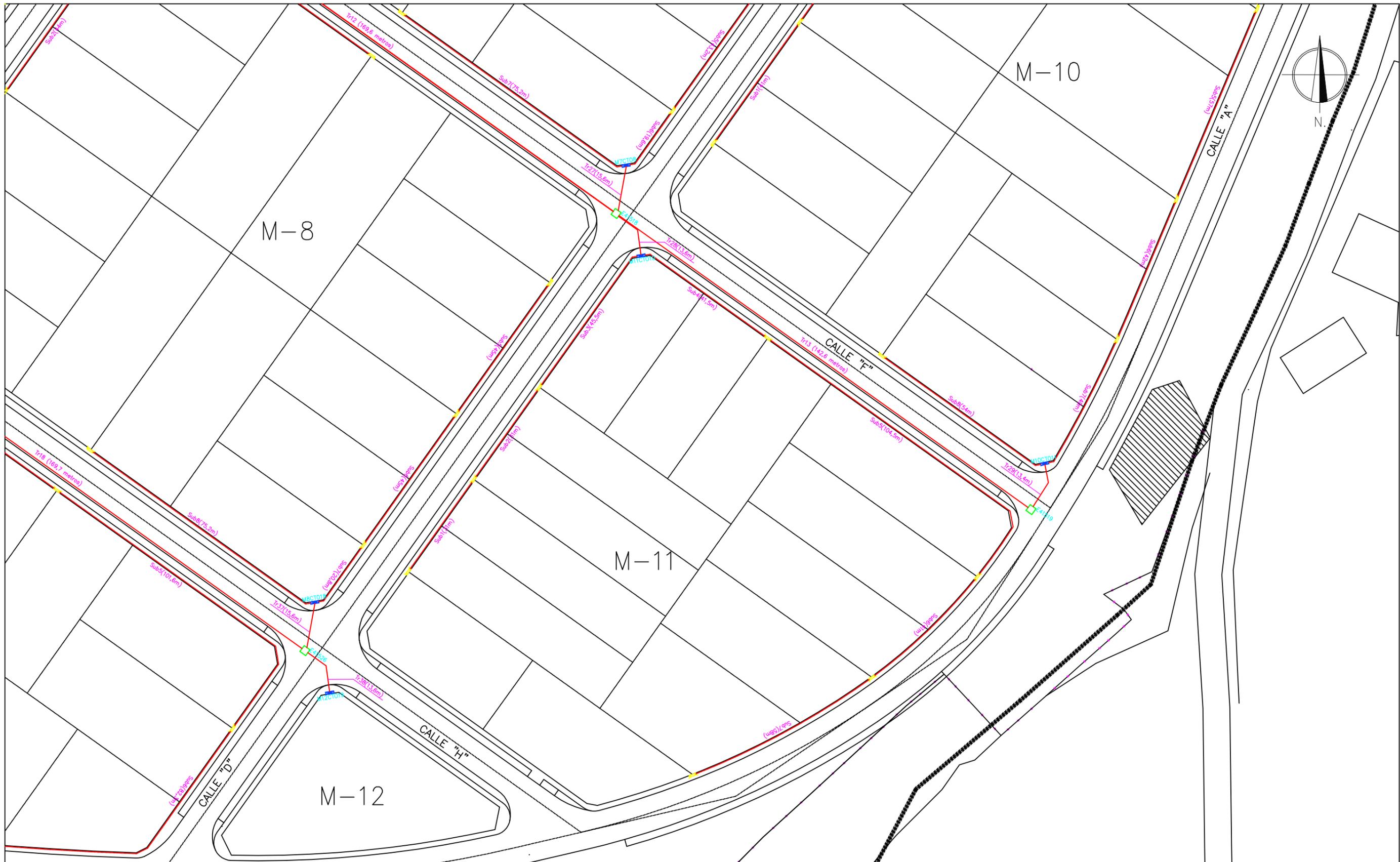


SIMBOLOGÍA	
	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas

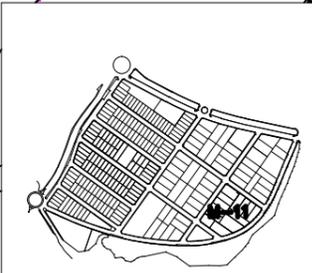


PLANO:	11
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-10
PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
Santiago Mauri Isorna

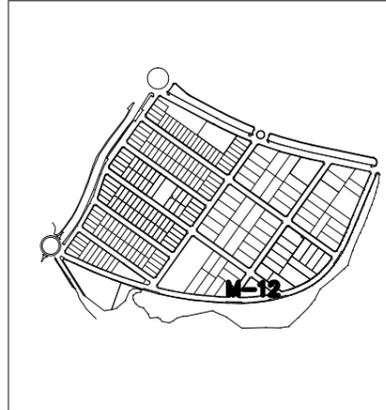
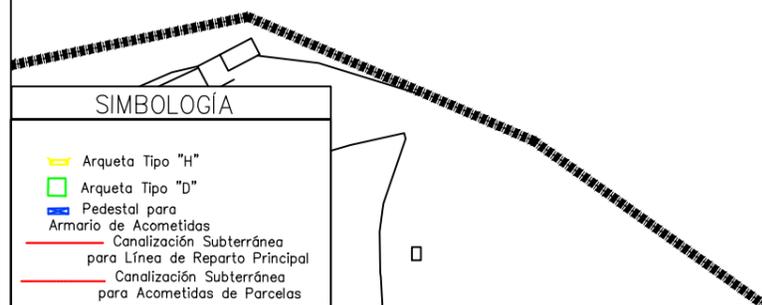
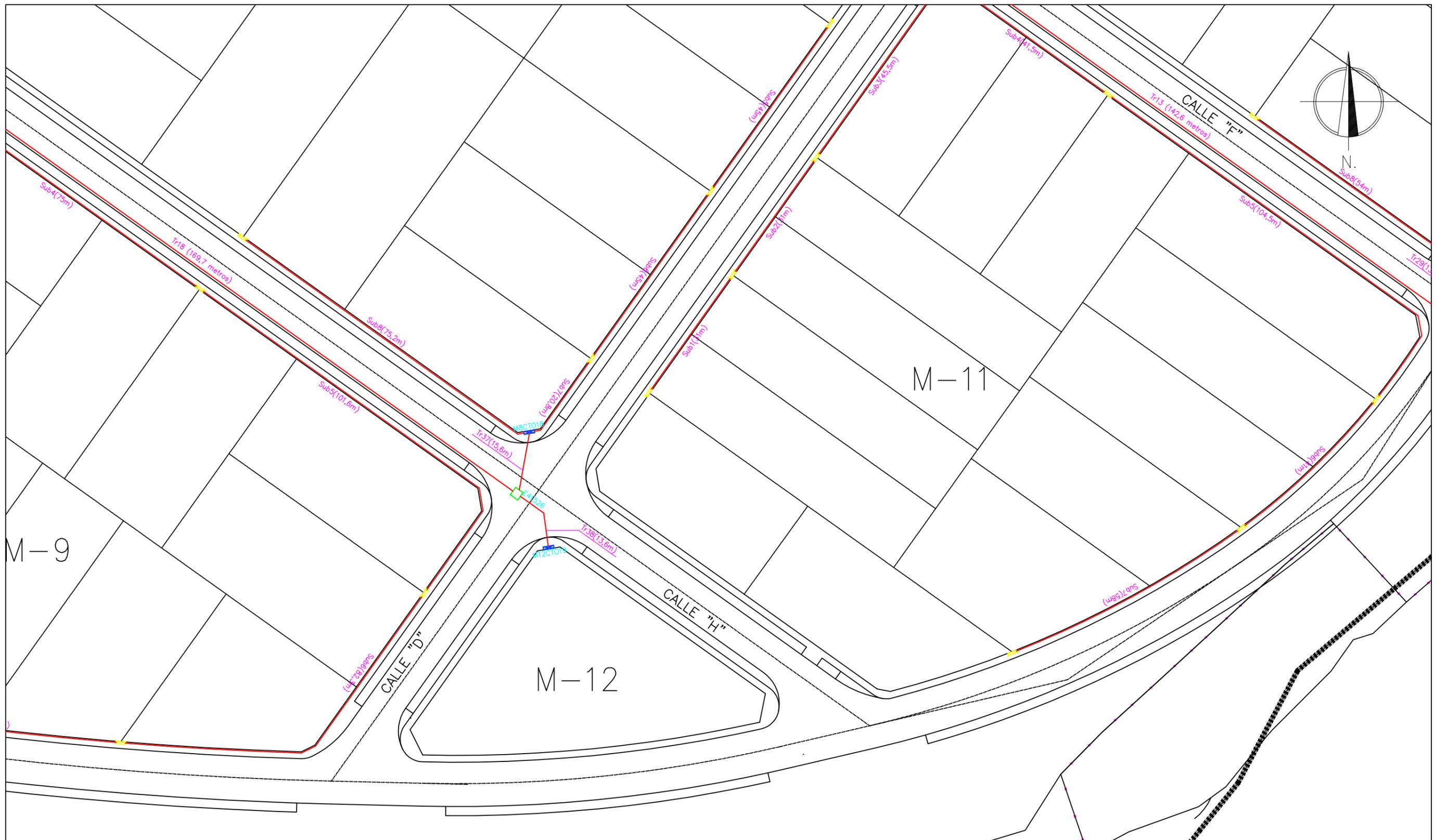


SIMBOLOGÍA	
	Arqueta Tipo "H"
	Arqueta Tipo "D"
	Pedestal para Armario de Acometidas
	Canalización Subterránea para Línea de Reparto Principal
	Canalización Subterránea para Acometidas de Parcelas



PLANO:	12
FECHA:	JULIO 2017
ESCALA:	S/E

MANZANA M-11
 PROYECTO FIN DE CARRERA
 INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN
 Santiago Mauri Isorna



PLANO:
13

FECHA:
JULIO 2017

ESCALA:
S/E

MANZANA M-12

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERIA DE TELECOMUNICACIÓN

Santiago Mauri Isorna

3- PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 Introducción

El objetivo de este Pliego de Condiciones es la enumeración de las características particulares y generales del material, control y ejecución a las que se han de ajustar las diversas unidades de la obra para garantizar una correcta ejecución del proyecto.

En este apartado hablaremos de las medidas de seguridad que obligatoriamente han de existir en redes de fibra, distinguiendo dos conceptos: Seguridad y privacidad.

Se entiende por privacidad la capacidad del sistema para proteger los datos que un usuario transmite por la red, permitiendo que sólo sea “entendible” por el destinatario y no por cualquiera que esté interceptando el tráfico. Una medida para garantizar la privacidad es hacer uso de encriptación.

Se entiende por seguridad la capacidad que tiene el sistema de resistir ataques de un usuario (interno o externo al sistema) que le permitan acceder a servicios o a recursos a los que no se le está permitido. Por ejemplo, un usuario puede tener permisos para utilizar la red local pero no se le permite la conexión a Internet. Los mecanismos de seguridad son los que controlan que este usuario no pueda hacerlo.

3.2 Riesgos en trabajos con fibra óptica

La utilización de la luz como portadora de información a través de la fibra óptica, está ocupando un primer plano en las comunicaciones introduciendo una serie de modificaciones en los actuales sistemas.

El fundamento básico de un sistema de transmisión por F.O., es el paso de una determinada longitud de onda por encima de los 700 nm a través de la fibra. Como la sensibilidad de la retina del ojo percibe sólo longitudes comprendidas entre 300 y 700 nm, al ser superior no se percibe de ella; lo que no quiere decir que no la reciba, con la consiguiente peligrosidad de quemaduras que se pueden producir por efecto JOULE, si no se adoptan las precauciones que más adelante se indican.

En cuanto a trabajos cabe distinguir los de nueva instalación y los de conservación. En el primer caso, sólo pueden estimarse riesgos con ocasión de la realización de medidas para establecer la calidad de la instalación. En cuanto a conservación, los trabajos pueden realizarse en cámaras de registro, arquetas, cajas de empalme y repartidores. En estos casos, los trabajos se centran en operaciones de conexión y desconexión de terminales y pruebas con aparatos de medida.

Los sistemas DWDM, cuya máxima potencia (cuando el sistema está equipado a máxima capacidad) en la línea puede superar los niveles que se consideren previsiblemente seguros, llevarán incorporado un mecanismo de protección óptico ello establecido por la normativa internacional G-664 de la ITU de 1999.

Este sistema de seguridad óptica puede estar habilitado o deshabilitado. En condiciones normales de funcionamiento y servicio debe estar siempre habilitado (se debe operar siempre con el mecanismo de seguridad

óptica). No obstante los sistemas ofrecen la posibilidad de ser deshabilitados, por ejemplo, para hacer pruebas con los equipos. La deshabilitación es una operación no accesible a cualquiera, se necesita manipular un software determinado al que sólo puede acceder personal autorizado como los administradores de red.

3.3 Condiciones del pliego

En el presente pliego de condiciones, se detallan los aspectos técnicos más relevantes que han de cumplir los diferentes elementos que componen la red para llevar a cabo el despliegue de fibra del proyecto en cuestión. Debido a la finalidad académica del presente documento, y a que a lo largo del mismo se desarrolla tanto el despliegue GPON como P2P, se dividirá en dos partes para separar ambos diseños. Al principio se detallarán las características de las fibras a utilizar y de los elementos comunes a ambos diseños. Los elementos que habiendo sido detallados en la primera parte, en la que se describirán los elementos correspondientes al diseño GPON, serán solamente nombrados en la segunda parte en la que se trate el despliegue punto a punto, entendiéndose que sus características son similares. Además en cada una de las partes del presente pliego, se adjuntará un esquema básico del despliegue de la red que complementa a los planos con la finalidad de aclarar los mismos y resumir las principales canalizaciones a llevar a cabo. También se adjuntará una tabla en la que se describen de forma detallada las conexiones de fibra que habría que realizar a lo largo del despliegue en cada una de las arquetas y en cada uno de las cajas de empalme que componen el proyecto. La forma de interpretar el esquema y la tabla para cada topología se ha detallado previamente mediante un ejemplo en la memoria de este proyecto.

A lo largo del presente pliego se hará una descripción en cuanto a las características necesarias para los elementos intentando no hacer referencia a ningún fabricante concreto dejando libertad de elección siempre que se tenga en cuenta el cumplimiento de unas determinadas características.

3.4 Cables de fibra

Las fibras ópticas empleadas serán monomodo G652.D con una relación núcleo/cubierta de 10/125, adecuada para transmisiones en segunda y tercera ventana con una atenuación máxima de 0,37 dB/Km en segunda ventana y con una atenuación máxima de 0,24 dB/Km en tercera ventana. El perfil del índice de refracción será del tipo salto de índice.

Sus principales características técnicas serán:

- Atenuación mediana en 2ª ventana a 1310nm < 0,37 dB/Km.
- Atenuación mediana en 3ª ventana a 1550nm < 0,24 dB/Km.
- Dispersión cromática en 2ª ventana a 1285nm – 1330nm < 2,8 ps/nm*km.
- Dispersión cromática en 3ª ventana a 1550nm < 18 ps/nm*km.
- Dispersión a 1285nm < 17 ps/nm*km.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	Norma	Condiciones de ensayo
Ensayo de tracción ($\Delta\epsilon_f=0\%$, $\Delta\alpha<0.05$ dB)	EN 187000 Mét. 501	4200 N (8,16,24 y 48 fo) 4600 N (32 y 64 fo) 4800 N (128 fo)
Resistencia al aplastamiento	EN 187000 Mét. 504	3000 N
Resistencia al impacto	EN 187000 Mét. 505	5 J, radio impactante = 10 mm
Curvaturas repetidas	EN 187000 Mét. 507	$r = 15 \times \varnothing$ cable; 100 ciclos
Curvado del cable	EN 187000 Mét. 513	$r = 15 \times \varnothing$ cable; $r \geq 250$ mm
Ciclo térmico en operación	EN 187000 Mét. 601	-25°C / 70°C
Penetración de agua	EN 187000 Mét. 605B	$L_{\text{página}} \leq 1$ m (14 días)

Tabla 8: Características mecánicas.

Se utilizarán cables de 8 a 128 fibras monomodo, totalmente dieléctricos con cubierta PKP para instalación en exterior en conductos subterráneos.

En la siguiente tabla se recogen las dimensiones y pesos de los diferentes cables en función del número de fibras.

Nº de fibras	Diámetro (mm)	Peso nominal (kg/km)
8	14,3	155
16	14,3	155
24	14,3	155
32	16,2	190
48	14,3	155
64	16,0	190
128	16,4	200

Tabla 9: Cables de fibra.

Construcción del cable.

- **Elementos central:** Elemento central de refuerzo dieléctrico compuesto de fibra de vidrio. Reducido peso por unidad de longitud. Flexibilidad suficiente que permita al cable adaptarse a las curvaturas requeridas en las canalizaciones.
- **Tubos:** Tubos holgados de PBT con fibras ópticas y compuesto hidrófugo en su interior. Varillas de relleno opcionales según geometría del núcleo. El código de colores irá según las tablas que se adjuntan más adelante.
- **Cableado:** Tubos cableados en SZ alrededor del elemento central. Cordones y cintas auttohinchables para evitar la propagación de agua.
- **Cubierta interior:** Cubierta interior de polietileno.
- **Refuerzos:** Hiladuras de arámda como elementos de refuerzo resistente a la tracción.
- **Cubierta exterior:** Cubierta exterior de polietileno de color negro. Debido a que en este diseño, la canalización de los cables de fibra será subterránea, se recomienda que la cubierta disponga de protección anti-roedores.

- **Marcas de cubierta:** Los cables presentarán en el exterior de la cubierta la inscripción que se detalla a continuación.

Nombre del fabricante/Año de fabricación/Número de fibras/Tipo de fibra/Tipo de cubierta/Metraje/Orden de fabricación



Figura 43: Cable de fibra.

Colores de las fibras.

Las fibras ópticas se recubrirán con una capa de pintura para identificarlas. Esta pintura se depositará sobre el recubrimiento primario, su espesor no superará 6mm. Se dispondrá, como mínimo, de 16 colores, o combinación de forma y color, diferentes y distinguibles.

El código de identificación de los tubos mediante el código de colores será el siguiente:

		Número de fibras							
		8	16	24	32	48	64	128	
1ª Capa	Nº Tubo	1	Blanco						
	2	Rojo	Rojo	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	
	3	Negro	Negro	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	
	4	Azul	Azul	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	
	5	Verde	Verde	Azul	Azul	Azul	Azul	Azul	
	6	Negro	Negro	Azul	Azul	Azul	Azul	Azul	
	7				Verde		Verde	Verde	
	8				Verde		Verde	Verde	
Fibras por tubo		2	4	4	4	8	8	16	

**Nota: los tubos negros son elementos pasivos (sin fibra óptica).*

Tabla 10: Código de identificación de tubos.

El código de colores para la identificación de las fibras ópticas dentro del tubo será el siguiente:

Fibra	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
Abrev.	V	R	Az	Am	G	Vi	M	Nr	Bl	N	Rs	Tq
Fibra	13	14	15	16								
Color	Blanco*	Amarillo*	Naranja*	Rosa*								
Abrev.	Bl	Am	Nr	Rs								

(*): Las fibras 13 a 16 serán marcadas con anillos negros separados un máximo de 50 mm entre sí.

Tabla 11: Código de colores para identificación de fibras.

3.5 Empalmes



Figura 44: Fusionadora.

El sistema de empalme de fibras permite la unión de dos cables o tramos de cable de F.O., con el mínimo efecto de atenuación producida por la unión. Los empalmes se realizarán en los puntos indicados por los esquemas de los planos, utilizando en cada tramo la bobina cuya longitud más se aproxime a la longitud del tramo a tender, a fin de minimizar la cantidad de fibra sobrante.

Se utilizará el método de fusión por arco eléctrico, que consiste en el calentamiento local de los extremos de la fibra prealineados hasta que se derriten y funden uno con otro.

De modo previo a la realización de las fusiones hay que disponer de las fibras a empalmar. Se diferencia si se empalman todas las fibras o si se realiza una segregación.

Si se empalman todas las fibras:

- Se cortan los extremos de los cables a empalmar a la longitud adecuada en función de la situación del empalme óptico, reservando al menos 10m en cada extremo de los cables.
- Posteriormente, se pela la cubierta de la manguera en una longitud de 3m y se realiza una trenza con las fibras de aramida que posteriormente se sujeta en la caja de empalme en el lugar apropiado para ello.
- Los tubos holgados se pelan a una longitud de 1,5m de modo que quede 1,5m de fibras desnudas a cada lado del empalme. Este excedente se almacena en las cassettes de empalme.

Si se va a realizar una segregación:

- Hacer dos marcas separadas 0,8 m en la zona central del cable a sangrar.
- Hacer sendos cortes circulares en las marcas anteriores.
- Eliminar la cubierta exterior haciendo uso de la herramienta de sangrado.
- Cortar el Kevlar, el hilo de rasgado y la cubierta en la parte central.
- Realizar las mismas operaciones con la cubierta interior.
- Con los tubos ya al descubierto, localizar el punto de cambio del sentido de paso y medir desde aquí 0,6 m para cada lado, marcando ambos puntos.
- Eliminar las dos cubiertas hasta las marcas realizadas, teniendo cuidado de dejar la cubierta interior 60 mm más larga que la exterior.
- Formar sendas lengüetas, en cada extremo del corte, de 6 x 10 mm con la pantalla.
- Cortar las fibras de aramida a 250 mm de los extremos y formar sendas trenzas encintando el extremo.
- Eliminar elementos resistentes, ligaduras y envolturas al borde de la cubierta.
- Obturar la zona entre cubiertas mediante cinta autovulcanizable, dando dos vueltas sobre cubierta interior y otras dos sobre la exterior (sin cortar la cinta), protegiendo el conjunto con una cinta adhesiva.

Sujetar el cable en la caja de empalme.

Preparados los cables, la ejecución de las fusiones conlleva los siguientes pasos:

- Los extremos de las fibras a empalmar se han de cortar perpendicularmente, de modo que el corte cumpla con el siguiente criterio.
- El empalme de las fibras se realiza mediante máquina automática de fusión por arco eléctrico, debiendo quedar numerado cada empalme. Cada empalme monofibra va protegido con un manguito termo retráctil que contiene un elemento resistente de acero, el cual se aloja en el lugar apropiado dentro de la caja de empalme. La fibra sobrante queda almacenada en la bandeja realizando los bucles necesarios.
- Las fibras a empalmar se distribuyen en las correspondientes bandejas del empalme óptico numerando los tubos con material adecuado, según código de colores correspondiente. Los tubos se cortan a la medida adecuada, y se sujetan a la bandeja colocando las fibras (ya con protección primaria únicamente) en la zona de almacenamiento de la bandeja. El procedimiento se repite con el total de las bandejas.
- Terminado el empalme de todas las fibras en todas las bandejas, se cierra la caja de empalmes, según indicaciones del fabricante, y se sujeta correctamente según proceda.

3.6 Despliegue GPON

3.6.1 Esquema general del trazado

Ver esquema adjunto en el anexo 1.

3.6.2 Tabla general de conexiones en cada arqueta

Ver tabla adjunta en el anexo 2.

3.6.3 Características técnicas de los elementos

3.6.3.1 CTO

A lo largo del desarrollo de este texto, y de manera especial en el esquema general de conexiones, se observa que la red de distribución diseñada para el polígono termina en unos elementos nombrados como CTO (caja terminal óptica). Tal y como se observa en la siguiente figura, estas CTO consistirán en un armario exterior que quedará colocado sobre un pedestal de hormigón justo delante de las fachadas y que ofrecerá la posibilidad de conexión de hasta 16 abonados para recibir servicios de banda ancha de la red.



Figura 45: CTO.

Al ser la canalización subterránea, los cables de fibra entrarán en los armarios por debajo y se realizarán las conexiones necesarias en cada armario. A partir de la caja de abonado instalada en el armario, volverán a salir por debajo, para ser guiados por los tubos de subconductos hasta las distintas naves.

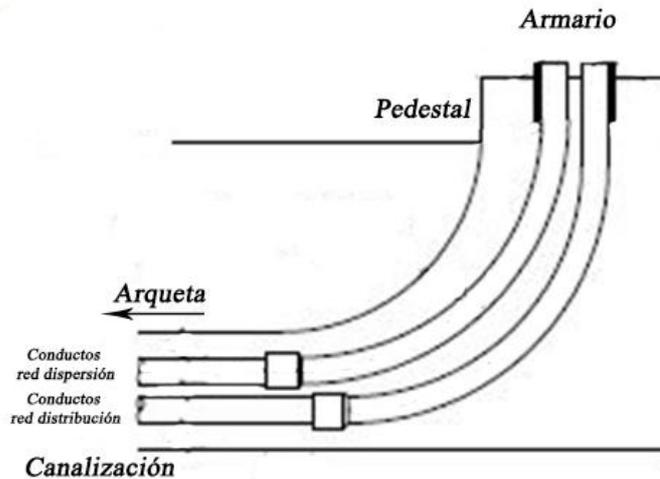


Figura 46: Esquema de entrada en CTO.

Caja de abonado.

Tal y como se ha comentado, los armarios nombrados como CTO en el presente proyecto, llevan alojados en su interior una caja de abonados en la que se realiza la última etapa de splitting de la red.

Las Cajas de Abonado serán Cajas tipo torpedo estancas verticales con 16 salidas. En algunos casos se empleará también como caja de acceso al edificio. Se instalará adosada en la pared frontal del armario. Deben permitir alojar en su interior, en compartimentos diferenciados, los acopladores y empalmes correspondientes hasta 16 conexiones y un splitter 1x16, que son los usados en este proyecto.

Torpedo Caja Estanca Vertical 16 salidas 48fo S1948IPH

Usado principalmente como CTO, caja de terminación para acometidas de abonado y distribución en redes FTTx, admite empalme y la división de fibra.

Se caracteriza por:

- Facilidad de conexión gracias a los conectores estancos MINI SC IP que permiten conectar y desconectar usuarios sin necesidad de abrir la caja.
- Cierre totalmente hermético.
- Alta protección ultravioleta, anti-humedad y anti-envejecimiento.
- Comodidad gracias a las bandejas abatibles.
- Permite funciones de distribución, almacenamiento, derivación, empalmes y otras.
- Versatilidad ya que está preparada para instalación en poste, pared, arqueta ...

Características	
Número de puertos de entrada salida	2 puertos: Cada puerto para 1 cable con un máximo de 17,5 mm. 16 puertos provista con adaptadores “Express” rápidos tipo MINI SC IP
Bandejas de empalme	4 bandejas (cada una admite hasta 24 empalmes) Puede albergar Splitter 1×8 SC/APC Puede albergar Splitter 1×16 SC/APC
Dimensiones (largo, ancho y fondo)	328 x 242 x 128 mm
Temperatura de trabajo	-40°C a 85°C
Humedad relativa	Menor o igual al 85%
Presión atmosférica	70KPa a 106KPa

Tabla 12: Características caja de abonado.

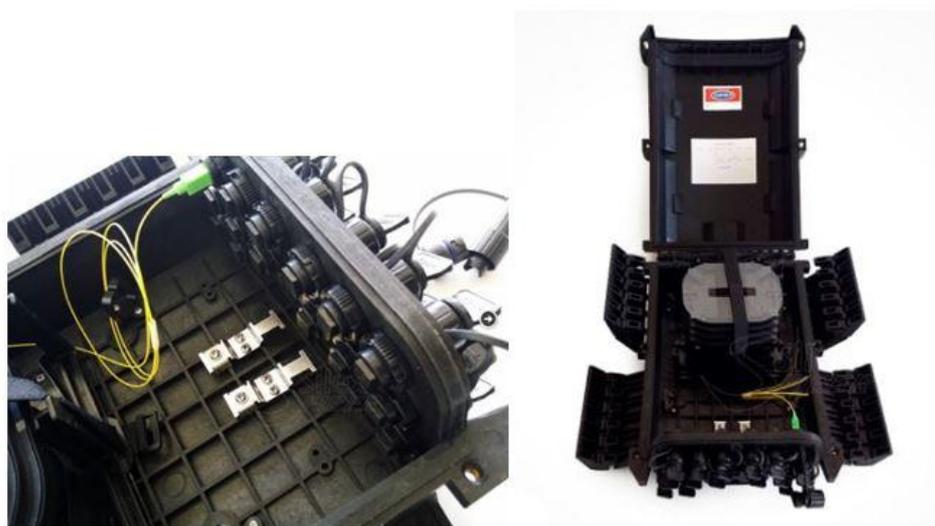


Figura 47: Caja de abonado.

3.6.3.2 Cajas de empalme

Se utilizarán en las arquetas, siempre y cuando sea necesario, para el sangrado y empalme de fibras ópticas. Debido a las dimensiones del polígono, el número de abonados máximo estimado y las características del diseño realizado, las cajas de empalme que se utilizarán en este despliegue serán de tamaño pequeño, siendo suficiente con cajas de empalme con capacidad para 32 u 8 empalmes dependiendo de la arqueta en la que se instale. Para la arqueta desde la que se inicia el despliegue de la red de distribución será necesaria la colocación de una caja de

empalme que permita la utilización de 7 divisores 1:4 para llevar a cabo el primer nivel de splitting de la red.

Arqueta E41510

En esta arqueta tendremos la peculiaridad de que necesitamos colocar 7 divisores 1:4 para llevar a cabo la primera etapa de splitting de la red y por tanto, pesar de que el número de fibras a tratar será de cómo máximo 32, se elegirá la caja de empalme atendiendo al criterio de que debe tener al menos 7 bandejas para colocar los divisores y teniendo en cuenta que es el punto crítico de la red a partir del cuál parten las demás ramas del despliegue. Por tanto para este punto se optará por la instalación de una caja estanca horizontal conocida como DIVICAU.

Esta caja de empalmes y divisores de fibra óptica posee un nivel de sellado que permite su instalación en cualquier lugar de la red de planta exterior. En su diseño se ha cuidado la facilidad de instalación. La cubierta y la base se cierran exclusivamente mediante broches de presión que facilita la apertura y cierre de una manera rápida a la vez que confieren un elevado grado de hermeticidad. La caja dispone de cuatro puertos de entrada de cables, con obturadores dobles para 2 entradas por cada puerto. Los puertos se enumeran del 1 al 4 empezando por el lado izquierdo de la caja, hacia el lado derecho. Dispone de una zona para almacenamiento del cable de alimentación en paso. Cuenta con entradas de cable selladas. En el guiado de los tubos holgados se mantiene en todo momento el radio de curvatura. La fijación de los cables es rápida y sencilla. Dispone de un sistema de acceso a las bandejas cómodo y de rápida instalación, absorbiendo las variaciones de longitud de los tubos holgados por efectos térmicos. Cuenta con bandejas específicas para la instalación de divisores con carcasas removibles de anclaje rápido. Las bandejas de empalme y divisores se encuentran instaladas sobre una base giratoria que permite de una manera cómoda el acceso a la parte posterior para el guiado de fibras entre las bandejas de alimentación, distribución y las de divisores. A su vez, bajo el conjunto de bandejas cuenta con bandejas para mantenimiento de cables en caso de rotura.

En cuanto a su capacidad, puede tener 10 divisores 1:4 o 2 divisores de 1:2 + 4 divisores 1:32. En nuestro caso se utilizarán 7 divisores 1:4 alojados en bandejas consecutivas de la caja.



Figura 48: Divicau.

Arquetas E41511, E41514, E41520, E41523, E41527 y E415130.

En estas arquetas será necesaria la colocación de una caja de empalme con capacidad para al menos 32 fibras. Para ello se utilizarán cajas de empalme estancas para exteriores. Podrán usarse tanto en empalmes de continuidad como en derivaciones. Incluirán cinta de sellado, bandeja, elementos de fijación, híbridas de Nylon, y accesorios de montaje. Entre los componentes adicionales, incorporará conjunto de puesta a tierra, válvula de presurización,

arandela hexagonal, cable armadura y tubo protector. Diseñada para uso exterior con cerradura

Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)

Cajas de protección para empalmes de cables de fibra óptica con buena sujeción de cable y espacio suficiente para almacenamiento de tubo de búfer, también se puede instalar con cualquier cubierta de cable y es ideal para aplicaciones subterráneas, aéreas y arquetas. El cuerpo de la caja consiste en dos cubiertas realizadas en plástico con un alto grado de protección contra el agua y el polvo para resistir todas las inclemencias meteorológicas. El cierre de la caja queda sellada con junta de silicona.

Características técnicas	
Dimensiones (largo, ancho y fondo)	292 x 195 x 95 mm
Diámetro de cable	Hasta 17 mm
Puertos	6
Casetes	2
Fibras que puede albergar	De 24 a 48 fibras

Tabla 13: Características Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO).



Figura 49: Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO).

Arquetas E41513, E41516, E41517, E41518, E41521, E41524, E41525, E41526 y E41528.

En estas arquetas se instalarán cajas estancas horizontales con capacidad para al menos 8 fibras ópticas. Se eligen por tanto cajas de empalme estancas de 8 a 16 fibras ópticas.

Caja estanca torpedo H IP68 (8-16FO)

Cajas de protección para empalmes de cables de fibra óptica con buena sujeción de cable y espacio suficiente para almacenamiento de tubo de búfer, también se puede instalar con cualquier cubierta de cable y es ideal para aplicaciones subterráneas, aéreas y arquetas. El cuerpo de la caja consiste en dos cubiertas realizadas en plástico

con un alto grado de protección contra el agua y el polvo para resistir todas las inclemencias meteorológicas. El cierre de la caja queda sellada con junta de silicona.

Características técnicas	
Dimensiones (largo, ancho y fondo)	200 x 175 x 80 mm
Diámetro de cable	Hasta 10 mm
Puertos	4
Casetes	1
Fibras que puede albergar	De 8 a 16 fibras

Tabla 14: Características Caja estanca torpedo H IP68 (8-16FO)



Figura 50: Caja estanca torpedo H IP68 (8-16FO)

3.6.3.3 Divisores ópticos

Los splitter son dispositivos ópticos pasivos diseñados para la gestión de la potencia óptica dentro de las redes de fibra óptica. Se fabrican utilizando la tecnología de guía de onda óptica de sílice. En nuestro despliegue se situarán en dos puntos.

Por un lado, los splitter 1:4 se situarán en las bandejas de caja DIVICAU colocada en la arqueta E41510.

Se opta por la utilización de splitters tipo PLC sin conectores, para realizar los empalmes correspondientes por fusión dentro del divicau.



Figura 51: Splitter 1:4.

Divisor Fibra Optica Splitter PLC planar 1x4 Libre Fusión 1,5mts.

Características	
Longitud de onda (nm)	1260-1650
Pérdidas de inserción (Db) Max (P/S)	7,3/7,0
Uniformidad (dB) Max. (P/S)	0,6
Pérdida de retorno (dB) Min. (P/S)	50/55
PDL Sensibilidad a polarización (dB) Max. (P/S)	0,2
Directividad (dB)	55
Pérdidas en función de la longitud de onda (dB)	0,3
Sensibilidad a la temperatura (dB)	0,5
Temperatura de trabajo	-40°C a 85°C

Tabla 15: Características splitter 1:4

Por otro lado, los splitter 1:16 se situarán en las CTO (cajas terminales ópticas) en las cajas de abonado situadas en los armarios realizando la última etapa de división óptica. En este caso se opta por splitter preconectorizados con la intención de dejar preparada la instalación en la caja de abonado para la futura conexión de las fibras que formen la red de dispersión.

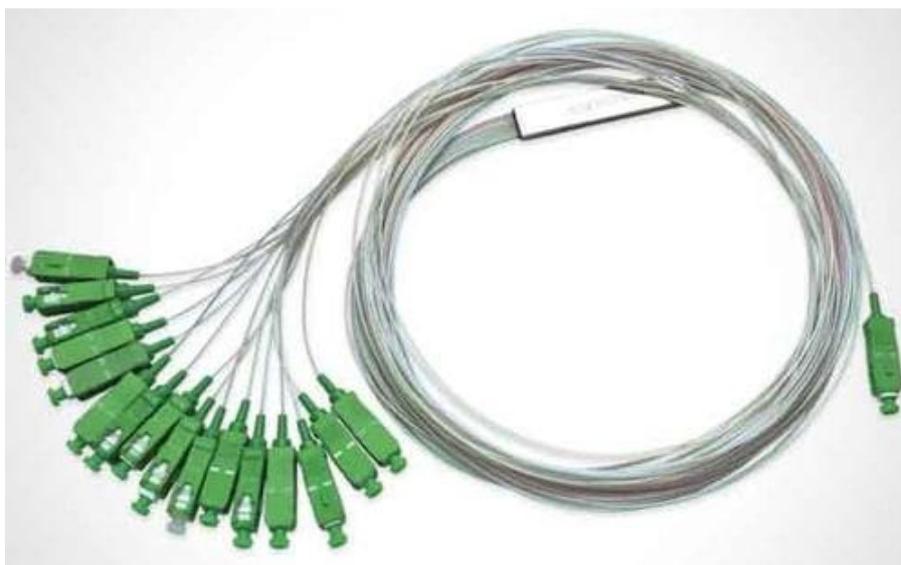


Figura 52: Splitter 1:16

Divisor Fibra Optica Splitter PLC planar 1x16 SC/PC 1,5mts.

Características	
Longitud de onda (nm)	1260-1650
Pérdidas de inserción (Db) Max (P/S)	14/13,5
Uniformidad (dB) Max. (P/S)	1,2
Pérdida de retorno (dB) Min. (P/S)	50/55
PDL Sensibilidad a polarización (dB) Max. (P/S)	0,3
Directividad (dB)	55
Pérdidas en función de la longitud de onda (dB)	0,5
Sensibilidad a la temperatura (dB)	0,5
Temperatura de trabajo	-40°C a 85°C

Tabla 16: Características splitter 1:16

3.6.3.4 Armario para CTO

Armarios tipo mural con orificios en la parte inferior para permitir el acceso a los subconductos y orificios en la parte trasera para permitir la instalación de fibra. Puerta opaca con cerradura y visagras con apertura superior a 90 grados. Las dimensiones del armario no serán un factor clave en el despliegue pudiendo admitirse armarios de un tamaño diferente siempre que cumpla con la función de albergar la caja terminal óptica.

Especificaciones

- Tamaño (alto x ancho x fondo): 700 x 500 x 160 mm.
- Caja de distribución fabricada en acero de grosor 1.2mm.
- Pintada en color beige.
- Dispone de un cierre de cuarto de vuelta.
- Chapa de acero galvanizado de 2mm de grosor, para el montaje de los componentes.
- Perforación de 130x50mm para el paso de cables.
- Junta de goma en todo el perfil de la puerta para garantizar la estanqueidad.
- Protección ambiental IP65, contra humedad y agua.



Figura 53: Armario para CTO

3.7 Despliegue P2P

3.7.1 Esquema general del trazado

Ver esquema adjunto en el anexo 3.

3.7.2 Tabla general de conexiones en cada arqueta

Ver tabla adjunta en el anexo 4.

3.7.3 Características técnicas de los elementos

3.7.3.1 Cajas de empalme

Se utilizarán en las arquetas, siempre y cuando sea necesario, para el sangrado y empalme de fibras ópticas. Se procurará la instalación de cajas de empalme estancas con capacidad suficiente para albergar los cables de fibra sobre los que hay a que operar en las diferentes arquetas. A continuación se hará una descripción de las arquetas y el tipo de cajas o cajas que se instalará en cada una de ellas.

Arqueta E41510

En esta arqueta, desde la que comienza el despliegue será necesaria la colocación de cajas de empalme con capacidad para al menos 279 fibras, que será el número mínimo necesaria de estas para dar servicio a las 279 naves que tendrá el polígono en su máxima ocupación. Para ello se opta por la colocación dos cajas en esta arqueta, una de ellas con una capacidad desde 144 hasta 288 fibras ópticas (E41510-1) y otra con capacidad desde 48 a 96 fibras ópticas (E41510-2).

Caja estanca torpedo H IP68 (144-288FO)

Cajas de protección para empalmes de cables de fibra óptica. Posee buena sujeción de cable y espacio suficiente para almacenamiento de tubo de búfer, también se puede instalar con cualquier cubierta de cable y es ideal para aplicaciones subterráneas, aéreas y arquetas. El cuerpo de la caja consiste en dos cubiertas realizadas en plástico con un alto grado de protección contra el agua y el polvo para resistir todas las inclemencias meteorológicas. El cierre de la caja queda sellada con junta de silicona.

Características técnicas	
Dimensiones (largo, ancho y fondo)	510 x 230 x 110 mm
Diámetro de cable	Hasta 19 mm
Puertos	6
Casetes	6
Fibras que puede albergar	De 144 a 288 fibras

Tabla 17: Características Caja estanca torpedo H IP68 (144-288FO)



Figura 54: Caja estanca torpedo H IP68 (144-288FO)

Caja estanca torpedo H IP68 (48-96FO)

Caja estanca Torpedo Horizontal con 4 Puertos para fibra óptica con Diámetro 10-24mm hasta 96 Fibras. Versatilidad gracias al reducido tamaño para colocación aérea, subterránea o en pared. Posee cierre hermético con un sistema basado en un sellado elástico colocado en la base del torpedo. La cubierta se fija en la base y cierra el torpedo. Resistente a condiciones ambientales severas con temperaturas desde los $- 30^{\circ}$ C hasta los 70° C. Resistente a la radiación UV, la humedad y daños ocasionados por golpes.

Características técnicas	
Dimensiones (largo, ancho y fondo)	432 x 186 x 100 mm
Diámetro de cable	Hasta 24 mm
Puertos	4
Casetes	6
Fibras que puede albergar	De 48 a 96 fibras

Tabla 18: Características Caja estanca torpedo H IP68 (48-96FO)



Figura 55: Caja estanca torpedo H IP68 (48-96FO)

Arquetas E41511, E41524, E41525 y E41526

En estas arquetas se instalarán cajas del tipo Caja estanca torpedo H IP68 (48-96FO), como las descritas anteriormente.

Arquetas E41514, E41516, E41517, E41518, E41520, E41527 y E41530.

En estas arquetas se instalarán cajas estancas horizontales con capacidad para al menos 128 fibras ópticas. Se eligen por tanto cajas de empalme estancas de 72 a 144 fibras ópticas.

Caja estanca torpedo H IP68 (72-144FO)

Cajas de protección para empalmes de cables de fibra óptica con buena sujeción de cable y espacio suficiente para almacenamiento de tubo de búfer, también se puede instalar con cualquier cubierta de cable y es ideal para aplicaciones subterráneas, aéreas y arquetas. El cuerpo de la caja consiste en dos cubiertas realizadas en plástico con un alto grado de protección contra el agua y el polvo para resistir todas las inclemencias meteorológicas. El cierre de la caja queda sellada con junta de silicona.

Características técnicas	
Dimensiones (largo, ancho y fondo)	503 x 230 x 110 mm
Diámetro de cable	Hasta 19 mm
Puertos	6
Casetes	3
Fibras que puede albergar	De 72 a 144 fibras

Tabla 19: Características Caja estanca torpedo H IP68 (72-144FO)



Figura 56: Caja estanca torpedo H IP68 (72-144FO)

Arquetas E41513, E41515, E41521 y E41528

En estas arquetas se instalarán cajas estancas horizontales con capacidad para al menos 32 fibras ópticas. Se eligen por tanto cajas de empalme estancas de 24 a 48 fibras ópticas.

Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)

Cajas de protección para empalmes de cables de fibra óptica con buena sujeción de cable y espacio suficiente para almacenamiento de tubo de búfer, también se puede instalar con cualquier cubierta de cable y es ideal para aplicaciones subterráneas, aéreas y arquetas. El cuerpo de la caja consiste en dos cubiertas realizadas en plástico con un alto grado de protección contra el agua y el polvo para resistir todas las inclemencias meteorológicas. El cierre de la caja queda sellada con junta de silicona.

Características técnicas	
Dimensiones (largo, ancho y fondo)	292 x 195 x 95 mm
Diámetro de cable	Hasta 17 mm
Puertos	6
Casetes	2
Fibras que puede albergar	De 24 a 48 fibras

Tabla 20: Características Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)



Figura 57: Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)

Arqueta E41523

En esta arqueta será necesaria la instalación de dos cajas del empalme del tipo Caja estanca torpedo H IP68 (144-288FO) como la descrita anteriormente. Estas cajas serán la E41523-1 y la E41523-2.

3.7.3.2 Cajas de derivación en el interior de los armarios

En los planos se indican los puntos en los que irán colocados los armarios exteriores para telecomunicaciones. En el interior de cada uno de estos armarios irá alojada una caja de derivación con fibras preconectorizadas que servirá de punto de conexión, de las distintas naves que dependan de dicho armario, con la red de distribución.

Para ello se emplearán cajas de derivación 16SC SLX416 IP65. Esta caja puede ser utilizada para diferentes usos y servicios, para trabajar en distribuciones o derivaciones de fibra óptica o como caja de terminación. Es de alta resistencia a las radiaciones ultravioletas y a la lluvia, adecuada para instalación en poster o en pared. Dispone de 18 puertos y permite la alojar 16 adaptadores SC y fusionar fibras. En el presente proyecto de instalarán cajas con adaptadores SC preinstalados.

Características técnicas	
Dimensiones (largo, ancho y fondo)	315 x 236 x 100 mm
Número de puertos	16
Diámetro de cable	4 mm
Bandejas	1

Tabla 21: Características caja de derivación 16SC SLX416 IP65



Figura 58: Caja de derivación 16SC SLX416 IP65

3.7.3.3 Conectores SC

El conector SC es un conector de broche, también con una férula de 2.5 mm con pulido angular convexo a 8° con altas pérdidas de retorno. Además de sus óptimas características ópticas, está diseñado para cumplir la normas CECC-86265-805 e I-ETS 300 671, en cuanto a test de repetibilidad, impacto, tracción, etc... Este conector permite una alta densidad de conexión en repartidores frente a otros estándares, siendo empleados para interconexión en planta por compañías operadoras de todo el mundo en aplicaciones de CATV, telefonía..., donde se requiera un excelente comportamiento de la conexión óptica.

Principales características

- Pérdida de Inserción: SM $PC \leq 0,3$ dB = 0, UPC $\leq 0,2$ dB, APC $\leq 0,2$ dB, PC MM $\leq 0,3$ dB
- Pérdida de retorno: SM $PC > = 45$ dB, UPC $> = 50$ dB, APC $> = 65$ dB, PC MM $> = 38$ dB
- capacidad de repetición: $\leq 0,1$ dB
- capacidad de cambio: $\leq 0,2$ dB
- Temperatura de funcionamiento: -30 °C a 75°C
- Temperatura de almacenaje: -40 °C a 85 °C

Estructura:

- Ferrule, generalmente de cerámica con un diámetro exterior de 2,5 mm, siendo el orificio interior de 127 um para las FMM y 125,5 para las FSM.
- Cuerpo, de plástico con un sistema de acople “Push Pull” que impide la desconexión si se tira del cable, también bloquea posibles rotaciones indeseadas del conector.
- Anillo de crimpado
- Manguito, imprescindible para dar rigidez mecánica al conjunto y evitar la rotura de la fibra.



Figura 59: Conector SC.

3.7.3.4 Armario

Los armarios utilizados en este despliegue serán similares a los utilizados en el despliegue GPON.

3.8 Condiciones económicas

Para la elaboración de los presupuestos en el siguiente apartado, se han tomado precios medios de mercado para los distintos elementos detallados en este pliego de condiciones, con el objetivo de no hacer referencia a ningún fabricante concreto y dar así libertad a la empresa instaladora para elegir sus propios fabricantes dentro de las características que debe cumplir cada uno de los elementos detallados previamente.

En los mismos no se han incluido los trabajos relacionados con la obra civil ni con los materiales necesarios para esta, como pueden ser las arquetas tipo D y H y los subconductos por los que discurrirán los cables de fibra por las canalizaciones. Por un lado, tanto para el despliegue GPON como para el despliegue punto a punto, las canalizaciones y arquetas empleadas serán las mismas, y ya que uno de los objetivos del proyecto es la comparativa entre ambas alternativas, no supondrá ningún inconveniente el no considerar estos materiales en los presupuestos de ninguna de las alternativas.

Por otro lado, debido al carácter académico de este proyecto, la simulación de costes y mano de obra para el despliegue de la obra civil comentada que permitirá la instalación en el polígono, puede quedar poco ajustada a la realidad disparando además los costes de ambas alternativas.

Por último, destacar que se ha tenido en cuenta en los presupuestos la mano de obra de instalación añadiéndola al mismo por importes de ejecución de tareas pequeñas concretas como pueden ser empalmes, instalación de cajas de empalme, sangrado de fibras... con la idea de acercar en la medida de lo posible el balance económico de este proyecto a la realidad.

3.9 Condiciones generales

3.9.1 Legislación aplicable

- Ley 31/1987 de Ordenación de las telecomunicaciones.
- Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.
- REAL DECRETO-LEY 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación.
- REAL DECRETO 401/2003, de 4 de abril, 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.
- REAL DECRETO 1066/2001 del 28 de Septiembre sobre Emisiones Radioeléctricas.
- ORDEN CTE/1296/2003, de 14 de mayo, por la que se desarrolla el Reglamento de las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, aprobado por el Real Decreto 401/2003, de 4 de abril
- REAL DECRETO 1066/1989 Reglamento de desarrollo de la Ley 31/1987 de 18.12.87 en relación con los equipos, aparatos, dispositivos y sistemas a que se refiere su artículo 29.
- REAL DECRETO 2304/1994 Especificaciones técnicas del punto de terminación de la red telefónica conmutada

(RTC) y requisitos mínimos de conexión de las instalaciones privadas de abonado

- Ley 42/1995 de Telecomunicaciones por cable
- Orden 25.09.07. Requisitos necesarios para el diseño e implementación de infraestructuras cableadas de red local en la Administración Pública de la Junta de Andalucía
- REAL DECRETO 842/2002 Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones técnicas complementarias ITC BT
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- NORMAS TECNOLÓGICAS ESPAÑOLAS (NTE)
- IEP Puesta a tierra de edificios REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN, aprobado por el Real Decreto 842. 2002, de 2 de agosto, e instrucciones técnicas complementarias.
- NORMAS MEDIOAMBIENTALES
- LEY 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- DECRETO 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada, se establece el régimen de organización y funcionamiento del registro de autorizaciones de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental, de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y de las instalaciones que emiten compuestos orgánicos volátiles, y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

3.9.2 Seguridad entre instalaciones

Como norma general, se procurará la máxima independencia entre las instalaciones de telecomunicación y las del resto de servicios. Los requisitos mínimos de seguridad entre instalaciones serán los siguientes:

La separación entre una canalización de telecomunicación y las de otros servicios será, como mínimo, de 10 cm. para trazados paralelos y de 3 cm. para cruces.

Los cruces con otros servicios se realizarán preferentemente pasando las conducciones de telecomunicación por encima de las de otro tipo.

En caso de proximidad con conductos de calefacción, aire caliente, o de humo, las canalizaciones de telecomunicación se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o pantallas caloríficas.

Las canalizaciones para los servicios de telecomunicación, no se situarán paralelamente por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, etc, a menos que se tomen las precauciones para protegerlas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones de telecomunicaciones estarán convenientemente protegidas contra los posibles peligros que pueda presentar su proximidad a canalizaciones y especialmente se tendrá en cuenta:

- La elevación de la temperatura, debida a la proximidad con una conducción de fluido caliente.
- La condensación.
- La inundación, por avería en una conducción de líquidos; en este caso se tomarán todas las disposiciones convenientes para asegurar la evacuación de éstos.

- La corrosión, por avería en una conducción que contenga un fluido corrosivo.
- La explosión, por avería en una conducción que contenga un fluido inflamable.

3.9.3 Accesibilidad

Las canalizaciones de telecomunicación se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegado el caso, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.

3.9.4 Justificación del cumplimiento de ordenanzas

No existe información técnica específica para este tipo de instalaciones, si bien se velará en todo momento por el cumplimiento de de las siguientes normas locales:

- Normas urbanísticas de Mairena del Alcor.
- Ordenanzas fiscales en vigor.

3.9.4.1 Justificación del cumplimiento del PGOU

No existen especificaciones técnicas para este tipo de instalaciones descritas del PGOU en vigor. En cualquier caso se realizará la instalación de acuerdo a los requerimientos propios del municipio en cuestión de infraestructuras de telecomunicaciones.

3.9.4.2 Justificación del cumplimiento de la Ley GICA

Según se indica en el Anexo I del Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada, se establece el régimen de organización y funcionamiento del registro de autorizaciones de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental, de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y de las instalaciones que emiten compuestos orgánicos volátiles, y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, en particular en su punto 13.57, las Infraestructuras de Telecomunicaciones han de ser sometidas al instrumento denominado calificación ambiental.

Los edificios en los que se instalarán los equipos serán naves industriales. Los únicos equipos activos a instalar serán los que el operador coloque en la central o cabecera de red. Dichos equipos son los susceptibles de aplicación de calificación ambiental ya que el resto del material es completamente pasivo.

3.9.4.3 Maquinaria y procesos productivos

No existe proceso productivo.

No existe maquinaria pesada una vez concluida la obra civil.

La pequeña maquinaria a utilizar será material para transporte de equipos o pequeñas herramientas para la instalación de equipamiento.

3.9.4.4 Materiales empleados, almacenados y producidos

La actividad objeto del proyecto no requiere la producción de materiales.

El equipamiento empleado se describe en los apartados correspondientes, contando en todo caso con su marcado CE y asegurando su adquisición de proveedores que cumplan la legislación en materia de medios ambiente.

El equipamiento almacenado será tratado de manera similar.

3.9.4.5 Riesgos ambientales previsibles y medidas correctoras

En este apartado se describen los riesgos ambientales previsibles y medidas correctoras propuestas. También se indica el resultado final previsto en situaciones de funcionamiento normal y en caso de producirse anomalías o accidentes.

3.9.4.5.1 Ruidos y vibraciones

Los equipos instalados no emiten ruidos ni vibraciones apreciables ya que se tratan de equipos electrónicos de pequeño tamaño o elementos pasivos.

3.9.4.5.2 Emisiones a la atmósfera

No procede.

3.9.4.5.3 Utilización del agua y vertidos líquidos

No procede.

3.9.4.5.4 Generación, almacenamiento y eliminación de residuos

No procede.

3.9.4.5.5 Almacenamiento de productos

No procede.

3.9.4.6 Medidas de seguimiento y control para garantizar el mantenimiento de la actividad dentro de los límites permisibles

Medidas organizativas:

-Las zonas donde se ubican los equipos de cabecera son de acceso a personal autorizado, encontrándose todas

ellas en propiedad privada y siendo responsabilidad del operador que ofrece el servicio.

-En el caso de no existir averías se realizan labores correctivas y preventivas trimestralmente.

-De acuerdo a la Orden Ministerial del 14 de Octubre de 1999 del Ministerio de Fomento se requieren los datos en una base trimestral y se ofrecerán datos de la localidad.

-Trimestralmente, se analizarán los resultados obtenidos, estudiando las causas de las desviaciones de funcionamiento de los equipos, si las hubiera, o proponiendo mejoras y adoptando soluciones de las que se responsabilizarán las personas concretas del mismo.

-Se designará un responsable de la implantación de cada acción decidida, para que la aplique e informe de su evolución.

3.10 Anexos al pliego de condiciones

En este apartado se incluyen los documentos a los que se hace referencia a lo largo de este pliego de condiciones para cada una de las alternativas de despliegue planteadas en este texto. Los documentos incluidos se detallan a continuación:

ANEXO 1 – Esquema general del trazado para despliegue GPON.

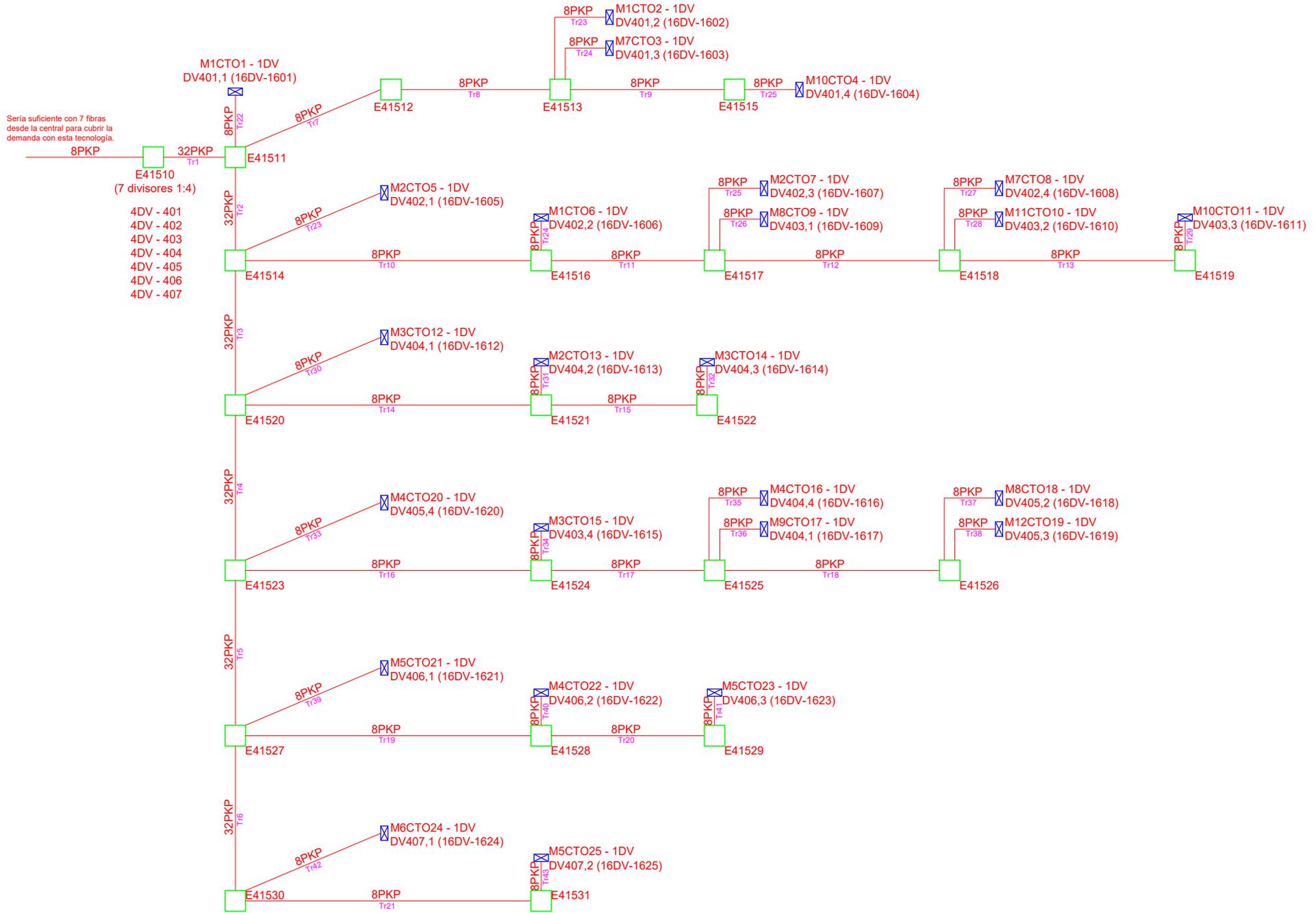
ANEXO 2 – Tabla general de conexiones para despliegue GPON.

ANEXO 3 - Esquema general del trazado para despliegue punto a punto.

ANEXO 4 - Tabla general de conexiones para despliegue punto a punto.

ANEXO 1: ESQUEMA GENERAL DEL TRAZADO PARA GPON

Sería suficiente con 7 fibras desde la central para cubrir la demanda con esta tecnología.



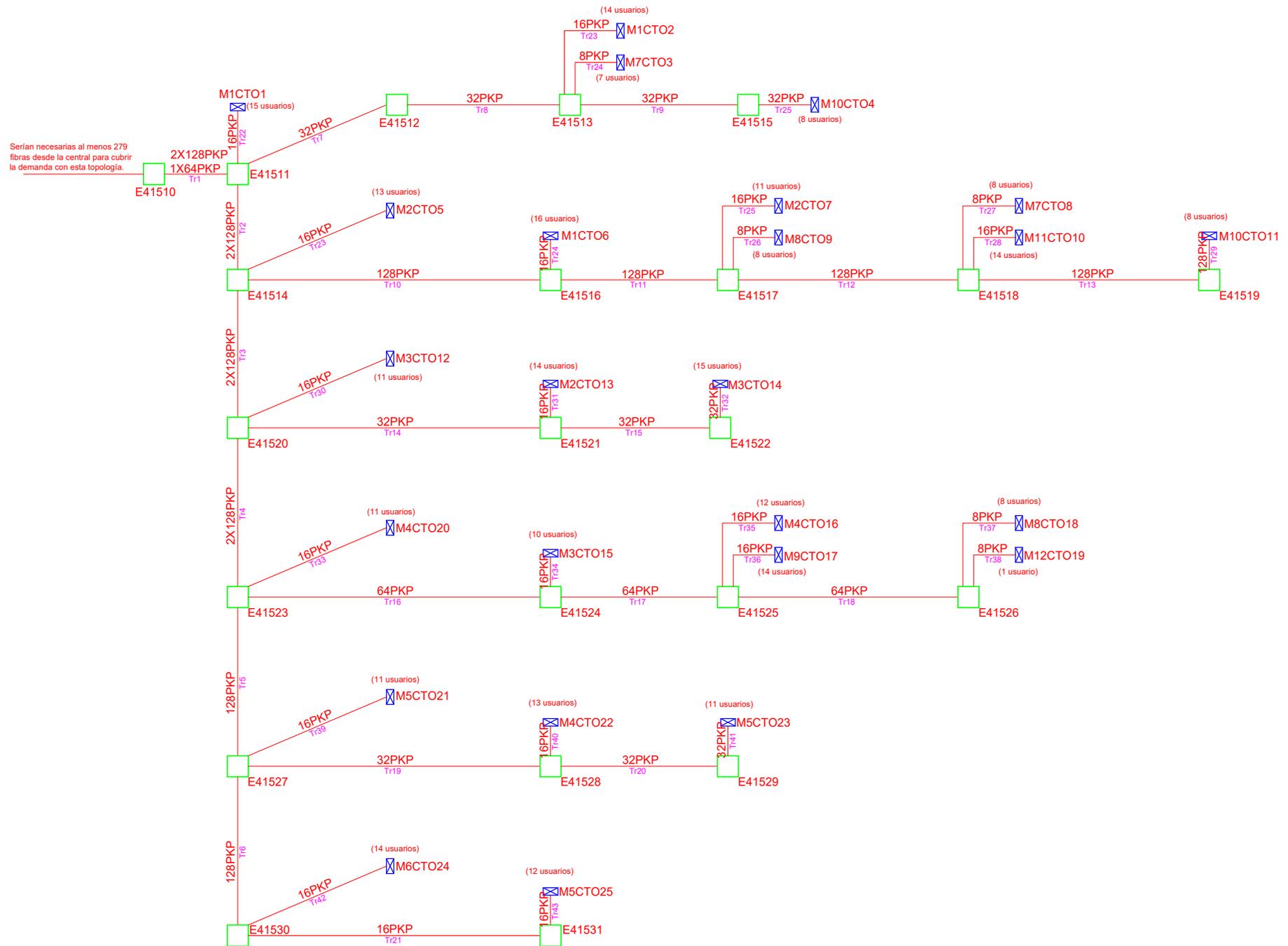
ANEXO 2: TABLA GENERAL DE CONEXIONES (GPON)

<i>Arqueta</i>	<i>Caja de empalme</i>	<i>Tramo entrante</i>	<i>Tipo de cable</i>	<i>Fibras sangradas</i>	<i>Tramo saliente</i>	<i>Tipo de cable</i>	<i>Fibras a las que se conecta</i>	<i>Observaciones y aclaraciones</i>
E41510	E41510-1	Fibra del operador	-	-	Tr1	32PKP	1-28	
E41511	E41511-1	Tr1	32PKP	1	Tr22	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M1CTO1
		Tr1	32PKP	2-4	Tr7	8PKP	1-3	
		Tr1	32PKP	-	Tr2	32PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41512	-	Tr7	8PKP	-	Tr8	8PKP	-	El cable continua sin sangrar
E41513	E41513-1	Tr8	8PKP	1	Tr23	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M1CTO2
		Tr8	8PKP	2	Tr24	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M7CTO3
		Tr8	8PKP	-	Tr9	8PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41515	-	Tr9	8PKP	-	Tr25	8PKP	-	La fibra 3 de este cable conectará con el 16DV de la M10CTO4
E41514	E41514-1	Tr2	32PKP	5	Tr23	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M2CTO5
		Tr2	32PKP	6-11	Tr10	8PKP	1-6	
		Tr2	32PKP	-	Tr3	32PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41516	E41516-1	Tr10	8PKP	-	Tr11	8PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
		Tr10	8PKP	1	Tr24	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M1CTO6
E41517	E41517-1	Tr11	8PKP	2	Tr25	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará

								con el 16DV de la M2CTO7
		Tr11	8PKP	3	Tr26	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M8CTO9
		Tr11	8PKP	-	Tr12	8PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41518	E41518-1	Tr12	8PKP	4	Tr27	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M7CTO8
		Tr12	8PKP	5	Tr28	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M11CTO10
		Tr12	8PKP	-	Tr13	8PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41519	-	Tr13	8PKP	-	Tr29	8PKP	-	La fibra 6 de este cable conectará con el 16DV de la M10CTO11
E41520	E41520-1	Tr3	32PKP	12	Tr30	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M3CTO12
		Tr3	32PKP	13-14	Tr14	8PKP	1-2	
		Tr3	32PKP	-	Tr4	32PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41521	E41521-1	Tr14	8PKP	1	Tr31	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M2CTO13
		Tr14	8PKP	-	Tr15	8PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41522	-	Tr15	8PKP	-	Tr32	8PKP	-	La fibra 2 de este cable conectará con el 16DV de la M3CTO14
E41523	E41523-1	Tr4	32PKP	15	Tr33	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M4CTO20
		Tr4	32PKP	16-20	Tr16	8PKP	1-5	
		Tr4	32PKP	-	Tr5	32PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41524	E41524-1	Tr16	8PKP	1	Tr34	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M3CTO15
		Tr16	8PKP	-	Tr17	8PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar

E41525	E41525-1	Tr17	8PKP	2	Tr35	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M4CTO16
		Tr17	8PKP	3	Tr36	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M9CTO17
		Tr17	8PKP	-	Tr18	8PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41526	E41526-1	Tr18	8PKP	4	Tr37	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M8CTO18
		Tr18	8PKP	5	Tr38	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M12CTO19
E41527	E41527-1	Tr5	32PKP	21	Tr39	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M5CTO21
		Tr5	32PKP	22-23	Tr19	8PKP	1-2	
		Tr5	32PKP	-	Tr6	32PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41528	E41528-1	Tr19	8PKP	1	Tr40	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M4CTO22
		Tr19	8PKP	-	Tr20	8PKP	-	El resto del cable continua sin sangrar
E41529	-	Tr20	8PKP	-	Tr41	8PKP	-	La fibra 2 de este cable conectará con el 16DV de la M5CTO23
E41530	E41530-1	Tr6	32PKP	24	Tr42	8PKP	1	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M6CTO24
		Tr6	32PKP	25	Tr21	8PKP	1	
E41531	-	Tr21	8PKP	-	Tr43	8PKP	-	La fibra 1 de este cable conectará con el 16DV de la M5CTO25

ANEXO 3: ESQUEMA GENERAL DEL TRAZADO PARA PUNTO A PUNTO



ANEXO 4: TABLA GENERAL DE CONEXIONES (PUNTO A PUNTO)

Arqueta	Caja de empalme	Tramo entrante	Tipo de cable	Fibras sangradas	Tramo saliente	Tipo de cable	Fibras a las que se conecta	Observaciones y aclaraciones
E41510	E41510-1 E41510-2	Fibra del operador	-	-	Tr1	128PKP(1) 128PKP(2) 64PKP	1-128 1-107 1-44	
E41511	E41511-1	Tr1	128PKP(1) 128PKP(2) 64PKP	1-15	Tr22	16PKP	1-15	Las fibras de la 1 a la 15 de este cable darán servicio a los 15 usuarios que se conectarán a M1CTO1
		Tr1	128PKP(1) 128PKP(2) 64PKP	16-44	Tr7	32PKP	1-29	
		Tr1	128PKP(1) 128PKP(2) 64PKP	-	Tr2	128PKP(1) 128PKP(2)	-	Ambos cables de 128 PKP continúan hasta la siguiente arqueta.
E41512	-	Tr7	32PKP	-	Tr8	32PKP	-	El cable continúa por la arqueta sin ser manipulado.
E41513	E41513-1	Tr8	32PKP	1-14	Tr23	16PKP	1-14	Las fibras de la 1 a la 14 de este cable darán servicio a los 14 usuarios que se conectarán a M1CTO2
		Tr8	32PKP	15-21	Tr24	8PKP	1-7	Las fibras de la 1 a la 7 de este cable darán servicio a los 7 usuarios que se conectarán a M7CTO3
		Tr8	32PKP	-	Tr9	32PKP	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas
E41515	-	Tr9	32PKP	-	Tr25	32PKP	-	Las fibras de la 22 a la 29 de este cable darán servicio a los 8 usuarios que se conectarán a M10CTO4.
E41514	E41514-1	Tr2	128PKP(1) 128PKP(2)	1-13	Tr23	16PKP	1-13	Las fibras de la 1 a la 13 de este cable darán servicio a los 13 usuarios que se conectarán a M2CTO5.
		Tr2	128PKP(1) 128PKP(2)	14-78	Tr10	128PKP	1-65	
		Tr2	128PKP(1) 128PKP(2)	-	Tr3	128PKP(1) 128PKP(2)	-	El resto de fibras de los cables continúan sin ser manipuladas.
E41516	E41516-1	Tr10	128PKP	1-16	Tr11	16PKP	1-16	Las fibras de la 1 a la 16 de este cable darán servicio a los 16 usuarios que se conectarán a M1CTO6.

		Tr10	128PKP	-	Tr24	128PKP	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41517	E41517-1	Tr11	128PKP	17-27	Tr25	16PKP	1-11	Las fibras de la 1 a la 11 de este cable darán servicio a los 11 usuarios que se conectarán a M2CTO7.
		Tr11	128PKP	28-35	Tr26	8PKP	1-8	Las fibras de la 1 a la 8 de este cable darán servicio a los 8 usuarios que se conectarán a M8CTO9.
		Tr11	128PKP	-	Tr12	128PKP	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41518	E41518-1	Tr12	128PKP	36-43	Tr27	8PKP	1-8	Las fibras de la 1 a la 8 de este cable darán servicio a los 8 usuarios que se conectarán a M7CTO8.
		Tr12	128PKP	44-57	Tr28	16PKP	1-14	Las fibras de la 1 a la 14 de este cable darán servicio a los 14 usuarios que se conectarán a M11CTO10.
		Tr12	128PKP	-	Tr13	128PKP	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41519	-	Tr13	128PKP	-	Tr29	128PKP	-	Las fibras de la 58 a la 65 de este cable darán servicio a los 8 usuarios que se conectarán a M10CTO11.
E41520	E41520-1	Tr3	128PKP(1) 128PKP(2)	79-89	Tr30	16PKP	1-11	Las fibras de la 1 a la 11 de este cable darán servicio a los 11 usuarios que se conectarán a M3CTO12.
		Tr3	128PKP(1) 128PKP(2)	90-118	Tr14	32PKP	1-29	
		Tr3	128PKP(1) 128PKP(2)	-	Tr4	128PKP(1) 128PKP(2)	-	El resto de fibras de los cables continúan sin ser manipuladas.
E41521	E41521-1	Tr14	32PKP	1-14	Tr31	16PKP	1-14	Las fibras de la 1 a la 14 de este cable darán servicio a los 14 usuarios que se conectarán a M2CTO13.
		Tr14	32PKP	-	Tr15	32PKP	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41522	-	Tr15	32PKP	-	Tr32	32PKP	-	Las fibras de la 15 a la 29 de este cable darán servicio a los 15 usuarios que se conectarán a M3CTO14.
E41523	E41523-1 E41523-2	Tr14	128PKP(1) 128PKP(2)	119-128 1	Tr33	16PKP	1-10 11	Las fibras de la 1 a la 11 de este cable darán servicio a los 11 usuarios que se conectarán a M4CTO20. En esta arqueta habrá 2 cajas de empalme ya que habrá que sangrar 10 fibras del cable de 128PKP que veníamos utilizando hasta ahora, y 1 fibra más del otro cable 128PKP que venía hasta ahora sin manipular.

								A partir de esta arqueta solo irá un cable de 128PKP.
	E41523-2	Tr14	128PKP(1) 128PKP(2)	2-46	Tr16	64PKP	1-45	
		Tr14	128PKP(1) 128PKP(2)	-	Tr5	128PKP(2)	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41524	E41524-1	Tr16	64PKP	1-10	Tr34	16PKP	1-10	Las fibras de la 1 a la 10 de este cable darán servicio a los 10 usuarios que se conectarán a M3CTO15.
		Tr16	64PKP	-	Tr17	64PKP	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41525	E41525-1	Tr17	64PKP	11-22	Tr35	16PKP	1-12	Las fibras de la 1 a la 12 de este cable darán servicio a los 12 usuarios que se conectarán a M4CTO16.
		Tr17	64PKP	23-36	Tr36	16PKP	1-14	Las fibras de la 1 a la 14 de este cable darán servicio a los 14 usuarios que se conectarán a M9CTO17.
		Tr17	64PKP	-	Tr18	64PKP	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41526	E41526-1	Tr18	64PKP	37-44	Tr37	8PKP	1-8	Las fibras de la 1 a la 8 de este cable darán servicio a los 8 usuarios que se conectarán a M8CTO18.
		Tr18	64PKP	45	Tr38	8PKP	1	Las fibra 1 de este cable dará servicio al único usuario que se conectará a M12CTO19.
E41527	E41527-1	Tr5	128PKP(2)	47-57	Tr39	16PKP	1-11	Las fibras de la 1 a la 11 de este cable darán servicio a los 11 usuarios que se conectarán a M5CTO21.
		Tr5	128PKP(2)	58-82	Tr19	32PKP	1-24	
		Tr5	128PKP(2)	-	Tr6	128PKP(2)	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41528	E41528-1	Tr19	32PKP	1-13	Tr40	16PKP	1-13	Las fibras de la 1 a la 13 de este cable darán servicio a los 13 usuarios que se conectarán a M4CTO22.
		Tr19	32PKP	-	Tr20	32PKP	-	El resto de fibras del cable continúan sin ser manipuladas.
E41529	-	Tr20	32PKP	-	Tr41	32PKP	-	Las fibras de la 14 a la 24 de este cable darán servicio a los 11 usuarios que se conectarán a M5CTO23.
E41530	E41530-1	Tr6	128PKP(2)	83-96	Tr42	16PKP	1-14	Las fibras de la 1 a la 14 de este cable darán servicio a los 14 usuarios que se conectarán a M6CTO24.
		Tr6	128PKP(2)	97-108	Tr21	16PKP	1-12	
E41531	-	Tr21	16PKP	-	Tr43	16PKP	-	Las fibras de la 1 a la 12 de este cable darán servicio a los 12 usuarios que se conectarán a M5CTO25.

4- PRESUPUESTOS

En este apartado del proyecto, se especificarán de forma detallada los costes del despliegue de cada una de las alternativas tratadas a lo largo del presente texto para llevar a cabo el diseño de la red de distribución del polígono industrial de Mairena del Alcor.

En los presupuestos que a continuación se detallan se han tenido en cuenta varios factores:

- En la imputación en los presupuestos de los metros de cable de fibra óptica de cada tipo, se ha añadido un 15% más de material para preveer, por un lado, los posibles errores en las fusiones que requieran cortar un trozo de cable o posibles desperfectos en algún tramo de cable que se pudiera ocasionar, y por otro lado, los metros de cable de fibra que como práctica habitual en este tipo de despliegue se dejan enrollados en las distintas arquetas para paliar futuras deficiencias en algún tramo.
- La imputación de la mano de obra en los presupuestos, ha sido detallada por pequeñas partidas de tareas a llevar a cabo para la instalación de la red. Es una práctica habitual en este tipo de proyectos el desglosar los costes de instalación con pequeñas instalaciones o actuaciones que se van llevando a cabo en el proyecto como pueden ser instalación de cajas de empalme, costes por fusión o empalmes ...
- Los presupuestos para ambas alternativas se presentan desglosados en varias partes. Por un lado se desglosa el coste por instalación de cada manzana, y por otro lado los costes de las instalaciones a llevar a cabo en arquetas y canalizaciones principales. Dentro de cada una de estas partes se dividen los costes en material, y mano de obra mediante pequeñas actuaciones, como se ha comentado anteriormente.
- Al coste total de cada alternativa, se añade un sobre coste del 10%, reflejado como gastos generales, en los que se trata de preveer posibles gastos asociados al despliegue que no hayan sido contemplados a priori en los presupuestos o posibles deficiencias que durante el despliegue se puedan ocasionar y requieran de un aumento de gasto para su subsanación.

En la última parte de este apartado se hace una breve comparativa entre los presupuestos obtenidos para ambas alternativas con la idea de obtener argumentos económicos para la elección de una alternativa frente a la otra.

4.1 Presupuesto para GPON

Coste Manzana 1

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,4€
Divisores 1:16	3	50,45€	151,3€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	3	46,50€	139,5€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	3	1,33€	3,99€
Instalación divisor óptico	3	0,26€	0,78€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	48	0,70€	33,60€
Total Material			419,20€
Total Mano de obra			56,73€
Total Manzana 1			475,93€

Tabla 22: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 1

Coste Manzana 2

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,4€
Divisores 1:16	3	50,45€	151,3€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	3	46,50€	139,5€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	3	1,26€	3,78€

Preparar extremo cable de fibra	3	1,33€	3,99€
Instalación divisor óptico	3	0,26€	0,78€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	48	0,70€	33,60€
Total Material			419,20€
Total Mano de obra			56,73€
Total Manzana 2			475,93€

Tabla 23: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 2

Coste Manzana 3

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,4€
Divisores 1:16	3	50,45€	151,3€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	3	46,50€	139,5€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	3	1,33€	3,99€
Instalación divisor óptico	3	0,26€	0,78€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	48	0,70€	33,60€
Total Material			419,20€
Total Mano de obra			56,73€

Total Manzana 3	475,93€
------------------------	----------------

Tabla 24: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 3

Coste Manzana 4

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,4€
Divisores 1:16	3	50,45€	151,3€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	3	46,50€	139,5€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	3	1,33€	3,99€
Instalación divisor óptico	3	0,26€	0,78€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	48	0,70€	33,60€
Total Material			419,20€
Total Mano de obra			56,73€
Total Manzana 4			475,93€

Tabla 25: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 4

Coste Manzana 5

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,4€
Divisores 1:16	3	50,45€	151,3€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	3	46,50€	139,5€

<i>Mano de obra</i>			
Instalación caja terminal óptica	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	3	1,33€	3,99€
Instalación divisor óptico	3	0,26€	0,78€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	48	0,70€	33,60€
<i>Total Material</i>			<i>419,20€</i>
<i>Total Mano de obra</i>			<i>56,73€</i>
Total Manzana 5			475,93€

Tabla 26: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 5

Coste Manzana 6

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
<i>Material</i>			
Armarios de exterior	1	42,80€	42,80€
Divisores 1:16	1	50,45€	50,45€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	1	46,50€	46,50€
<i>Mano de obra</i>			
Instalación caja terminal óptica	1	1,26€	1,26€
Preparar extremo cable de fibra	1	1,33€	1,33€
Instalación divisor óptico	1	0,26€	0,26€
Instalación armario	1	4,86€	4,86€
Prueba confiabilidad	16	0,70€	11,20€
<i>Total Material</i>			<i>139,75€</i>

Total Mano de obra	18,91€
Total Manzana 6	158,66€

Tabla 27: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 6

Coste Manzana 7

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	2	42,80€	85,60€
Divisores 1:16	2	50,45€	100,90€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	2	46,50€	93,00€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	2	1,26€	2,52€
Preparar extremo cable de fibra	2	1,33€	2,66€
Instalación divisor óptico	2	0,26€	0,52€
Instalación armario	2	4,86€	9,72€
Prueba confiabilidad	32	0,70€	22,40€
Total Material			279,50€
Total Mano de obra			37,82€
Total Manzana 7			317,72€

Tabla 28: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 7

Coste Manzana 8

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			

Armarios de exterior	2	42,80€	85,60€
Divisores 1:16	2	50,45€	100,90€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	2	46,50€	93,00€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	2	1,26€	2,52€
Preparar extremo cable de fibra	2	1,33€	2,66€
Instalación divisor óptico	2	0,26€	0,52€
Instalación armario	2	4,86€	9,72€
Prueba confiabilidad	32	0,70€	22,40€
Total Material			279,50€
Total Mano de obra			37,82€
Total Manzana 8			317,72€

Tabla 29: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 8

Coste Manzana 9

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	1	42,80€	42,80€
Divisores 1:16	1	50,45€	50,45€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	1	46,50€	46,50€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	1	1,26€	1,26€
Preparar extremo cable de fibra	1	1,33€	1,33€
Instalación divisor óptico	1	0,26€	0,26€
Instalación armario	1	4,86€	4,86€

Prueba confiabilidad	16	0,70€	11,20€
Total Material			139,75€
Total Mano de obra			18,91€
Total Manzana 9			158,66€

Tabla 30: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 9

Coste Manzana 10

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	2	42,80€	85,60€
Divisores 1:16	2	50,45€	100,90€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	2	46,50€	93,00€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	2	1,26€	2,52€
Preparar extremo cable de fibra	2	1,33€	2,66€
Instalación divisor óptico	2	0,26€	0,52€
Instalación armario	2	4,86€	9,72€
Prueba confiabilidad	32	0,70€	22,40€
Total Material			279,50€
Total Mano de obra			37,82€
Total Manzana 10			317,72€

Tabla 31: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 10

Coste Manzana 11

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	1	42,80€	42,80€
Divisores 1:16	1	50,45€	50,45€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	1	46,50€	46,50€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	1	1,26€	1,26€
Preparar extremo cable de fibra	1	1,33€	1,33€
Instalación divisor óptico	1	0,26€	0,26€
Instalación armario	1	4,86€	4,86€
Prueba confiabilidad	16	0,70€	11,20€
Total Material			139,75€
Total Mano de obra			18,91€
Total Manzana 11			158,66€

Tabla 32: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 11

Coste Manzana 12

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	1	42,80€	42,80€
Divisores 1:16	1	50,45€	50,45€
Torpedo Caja Estanca S1948IPH	1	46,50€	46,50€
Mano de obra			
Instalación caja terminal óptica	1	1,26€	1,26€
Preparar extremo cable de fibra	1	1,33€	1,33€

Instalación divisor óptico	1	0,26€	0,26€
Instalación armario	1	4,86€	4,86€
Prueba confiabilidad	16	0,70€	11,20€
Total Material			139,75€
Total Mano de obra			18,91€
Total Manzana 12			158,66€

Tabla 33: Estimación costes de despliegue GPON en la Manzana 12

Coste despliegue distribución

<i>Elemento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
DIVICAU	1	133,03€	133,03€
Divisores 1:4	7	11,70€	81,90€
Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)	6	108,95€	653,70€
Caja estanca torpedo H IP68 (8-16FO)	9	66,32€	596,88€
Cable de fibra 8 PKP	470,1m	0,81€/m	380,78€
Cable de fibra 32 PKP	2223,87m	1,14€/m	2535,22€
Mano de obra			
Instalación cable de fibra 8PKP	470,1m	0,22€/m	103,43€
Instalación cable de fibra 32PKP	2223,87m	0,25€/m	555,97€
E41510			
Instalación Divicau	1	4,86€	4,86€
Instalación divisor óptico	7	0,26€	1,82€
Empalme	35	0,52€	18,20€
Preparar extremo cable de fibra	35	1,33€	46,55€

E41511			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	4	2,26€	9,04€
Empalme	4	0,52€	2,08€
Preparar extremo cable de fibra	8	1,33€	10,64€
E41513			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	2	2,26€	4,52€
Empalme	2	0,52€	1,04€
Preparar extremo cable de fibra	4	1,33€	5,32€
E41514			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	7	2,26€	15,82€
Empalme	7	0,52€	3,64€
Preparar extremo cable de fibra	14	1,33€	18,62€
E41516			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	1	2,26€	2,26€
Empalme	1	0,52€	0,52€
Preparar extremo cable de fibra	2	1,33€	2,66€
E41517			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	2	2,26€	4,52€
Empalme	2	0,52€	1,04€
Preparar extremo cable de fibra	4	1,33€	5,32€
E41518			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	2	2,26€	4,52€

Empalme	2	0,52€	1,04€
Preparar extremo cable de fibra	4	1,33€	5,32€
E41520			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	3	2,26€	6,78€
Empalme	3	0,52€	1,56€
Preparar extremo cable de fibra	6	1,33€	7,98€
E41521			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	1	2,26€	2,26€
Empalme	1	0,52€	0,52€
Preparar extremo cable de fibra	2	1,33€	2,66€
E41523			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	7	2,26€	15,82€
Empalme	7	0,52€	3,64€
Preparar extremo cable de fibra	14	1,33€	18,62€
E41524			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	1	2,26€	2,26€
Empalme	1	0,52€	0,52€
Preparar extremo cable de fibra	2	1,33€	2,66€
E41525			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	2	2,26€	4,52€
Empalme	2	0,52€	1,04€
Preparar extremo cable de fibra	4	1,33€	5,32€
E41526			

Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	2	2,26€	4,52€
Empalme	2	0,52€	1,04€
Preparar extremo cable de fibra	4	1,33€	5,32€
E41527			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	3	2,26€	6,78€
Empalme	3	0,52€	1,56€
Preparar extremo cable de fibra	6	1,33€	7,98€
E41528			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	1	2,26€	2,26€
Empalme	1	0,52€	0,52€
Preparar extremo cable de fibra	2	1,33€	2,66€
E41530			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	2	2,26€	4,52€
Empalme	2	0,52€	1,04€
Preparar extremo cable de fibra	4	1,33€	5,32€
Total Material			4381,41€
Total Mano de obra			1021,33€
Total despliegue distribución			5402,74€

Tabla 34: Estimación costes de despliegue red de distribución GPON.

Coste total GPON

Partida	Coste
Total Manzana 1	475,93€
Total Manzana 2	475,93€
Total Manzana 3	475,93€
Total Manzana 4	475,93€
Total Manzana 5	475,93€
Total Manzana 6	158,66€
Total Manzana 7	317,72€
Total Manzana 8	317,72€
Total Manzana 9	158,66€
Total Manzana 10	317,72€
Total Manzana 11	158,66€
Total Manzana 12	158,66€
Total despliegue distribución	5402,74€
Subtotal	9370,19€
Gastos generales (10%)	937,02€
Total sin IVA	10307,21€
IVA (21%)	2164,52€
Total	12471,73€

Tabla 35: Resumen estimación costes de despliegue red de distribución GPON

4.2 Presupuesto para P2P

Coste Manzana 1

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,40€
Caja de derivación preconectorizada	3	39,90€	119,70€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	45	1,33€	59,85€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	45	0,70€	31,50€
Total Material			248,10€
Total Mano de obra			109,71€
Total Manzana 1			357,81€

Tabla 36: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 1

Coste Manzana 2

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,40€
Caja de derivación preconectorizada	3	39,90€	119,70€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	38	1,33€	50,54€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	38	0,70€	26,60€

Total Material	248,10€
Total Mano de obra	95,50€
Total Manzana 2	343,60€

Tabla 37: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 2

Coste Manzana 3

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,40€
Caja de derivación preconectorizada	3	39,90€	119,70€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	36	1,33€	47,88€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	36	0,70€	25,20€
Total Material			248,10€
Total Mano de obra			91,44€
Total Manzana 3			339,54€

Tabla 38: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 3

Coste Manzana 4

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			

Armarios de exterior	3	42,80€	128,40€
Caja de derivación preconectorizada	3	39,90€	119,70€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	36	1,33€	47,88€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	36	0,70€	25,20€
Total Material			248,10€
Total Mano de obra			91,44€
Total Manzana 4			339,54€

Tabla 39: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 4

Coste Manzana 5

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	3	42,80€	128,40€
Caja de derivación preconectorizada	3	39,90€	119,70€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	3	1,26€	3,78€
Preparar extremo cable de fibra	34	1,33€	45,22€
Instalación armario	3	4,86€	14,58€
Prueba confiabilidad	34	0,70€	23,80€
Total Material			248,10€
Total Mano de obra			87,38€

Total Manzana 5	335,48€

Tabla 40: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 5

Coste Manzana 6

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
<i>Material</i>			
Armarios de exterior	1	42,80€	42,80€
Caja de derivación preconectorizada	1	39,90€	39,90€
<i>Mano de obra</i>			
Instalación caja derivación	1	1,26€	1,26€
Preparar extremo cable de fibra	14	1,33€	18,60€
Instalación armario	1	4,86€	4,86€
Prueba confiabilidad	14	0,70€	9,80€
<i>Total Material</i>			82,70€
<i>Total Mano de obra</i>			34,52€
Total Manzana 6			117,22€

Tabla 41: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 6

Coste Manzana 7

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
<i>Material</i>			
Armarios de exterior	2	42,80€	85,60€
Caja de derivación preconectorizada	2	39,90€	79,80€
<i>Mano de obra</i>			

Instalación caja derivación	2	1,26€	2,52€
Preparar extremo cable de fibra	15	1,33€	19,95€
Instalación armario	2	4,86€	9,72€
Prueba confiabilidad	15	0,70€	10,50€
Total Material			165,40€
Total Mano de obra			42,69€
Total Manzana 7			208,09€

Tabla 42: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 7

Coste Manzana 8

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	2	42,80€	85,60€
Caja de derivación preconectorizada	2	39,90€	79,80€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	2	1,26€	2,52€
Preparar extremo cable de fibra	16	1,33€	21,28€
Instalación armario	2	4,86€	9,72€
Prueba confiabilidad	16	0,70€	11,20€
Total Material			165,40€
Total Mano de obra			44,72€
Total Manzana 8			210,12€

Tabla 43: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 8

Coste Manzana 9

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	1	42,80€	42,80€
Caja de derivación preconectorizada	1	39,90€	39,90€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	1	1,26€	1,26€
Preparar extremo cable de fibra	14	1,33€	18,62€
Instalación armario	1	4,86€	4,86€
Prueba confiabilidad	14	0,70€	9,80€
Total Material			82,70€
Total Mano de obra			34,54€
Total Manzana 9			117,24€

Tabla 44: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 9

Coste Manzana 10

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	2	42,80€	85,60€
Caja de derivación preconectorizada	2	39,90€	79,80€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	2	1,26€	2,52€
Preparar extremo cable de fibra	16	1,33€	21,28€
Instalación armario	2	4,86€	9,72€
Prueba confiabilidad	16	0,70€	11,20€

Total Material	165,40€
Total Mano de obra	44,72€
Total Manzana 10	210,12€

Tabla 45: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 10

Coste Manzana 11

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	1	42,80€	42,80€
Caja de derivación preconectorizada	1	39,90€	39,90€
Mano de obra			
Instalación caja derivación	1	1,26€	1,26€
Preparar extremo cable de fibra	14	1,33€	18,62€
Instalación armario	1	4,86€	4,86€
Prueba confiabilidad	14	0,70€	9,80€
Total Material			82,70€
Total Mano de obra			34,54€
Total Manzana 11			117,24€

Tabla 46: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 11

Coste Manzana 12

<i>Elemento o actuación</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
Material			
Armarios de exterior	1	42,80€	42,80€

Caja de derivación preconectorizada	1	39,90€	39,90€
<i>Mano de obra</i>			
Instalación caja derivación	1	1,26€	1,26€
Preparar extremo cable de fibra	1	1,33€	1,33€
Instalación armario	1	4,86€	4,86€
Prueba confiabilidad	1	0,70€	0,70€
<i>Total Material</i>			82,70€
<i>Total Mano de obra</i>			8,15€
Total Manzana 12			90,85€

Tabla 47: Estimación costes de despliegue P2P en la Manzana 12

Coste despliegue distribución

<i>Elemento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>
<i>Material</i>			
Caja estanca torpedo H IP68 (144-288FO)	1	181,58€	181,58€
Caja estanca torpedo H IP68 (48-96FO)	5	124,74€	623,74€
Caja estanca torpedo H IP68 (72-144FO)	9	162,63€	1463,67€
Caja estanca torpedo H IP68 (24-48FO)	4	108,95€	435,80€
Cable de fibra 8 PKP	81,20 m	0,81€/m	65,77€
Cable de fibra 16 PKP	293,71 m	0,88€/m	258,47€
Cable de fibra 32 PKP	966,58 m	1,14€/m	1101,90€
Cable de fibra 64 PKP	568,56 m	1,35€/m	767,56€
Cable de fibra 128 PKP	1425,54 m	2,09€/m	2979,38€
<i>Mano de obra</i>			
Instalación cable de fibra 8PKP	81,20 m	0,22€/m	17,85€

Instalación cable de fibra 16PKP	293,71 m	0,23€/m	67,56€
Instalación cable de fibra 32PKP	966,58 m	0,25€/m	241,65€
Instalación cable de fibra 64PKP	568,56 m	0,29€/m	164,89€
Instalación cable de fibra 128PKP	1425,54 m	0,34€/m	484,68€
E41510			
Instalación caja de empalme	2	4,86€	9,72€
Empalme	279	0,52€	145,08€
Preparar extremo cable de fibra	558	1,33€	742,14€
E41511			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	44	2,26€	99,44€
Empalme	44	0,52€	22,88€
Preparar extremo cable de fibra	88	1,33€	117,04€
E41513			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	21	2,26€	47,46€
Empalme	21	0,52€	10,92€
Preparar extremo cable de fibra	42	1,33€	55,86€
E41514			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	78	2,26€	176,28€
Empalme	78	0,52€	40,56€
Preparar extremo cable de fibra	156	1,33€	207,48€
E41516			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	16	2,26€	36,16€
Empalme	16	0,52€	8,32€
Preparar extremo cable de fibra	32	1,33€	42,56€

E41517			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	19	2,26€	42,94€
Empalme	19	0,52€	9,88€
Preparar extremo cable de fibra	38	1,33€	50,54€
E41518			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	22	2,26€	49,72€
Empalme	22	0,52€	11,44€
Preparar extremo cable de fibra	44	1,33€	58,52€
E41520			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	40	2,26€	90,40€
Empalme	40	0,52€	20,80€
Preparar extremo cable de fibra	80	1,33€	106,4€
E41521			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	14	2,26€	31,64€
Empalme	14	0,52€	7,28€
Preparar extremo cable de fibra	28	1,33€	37,24€
E41523			
Instalación caja de empalme	2	4,86€	9,72€
Sangrado	56	2,26€	126,56€
Empalme	56	0,52€	29,12€
Preparar extremo cable de fibra	112	1,33€	148,96€
E41524			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	10	2,26€	22,6€

Empalme	10	0,52€	5,20€
Preparar extremo cable de fibra	20	1,33€	26,60€
E41525			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	26	2,26€	58,76€
Empalme	26	0,52€	13,52€
Preparar extremo cable de fibra	52	1,33€	69,16€
E41526			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	9	2,26€	20,34€
Empalme	9	0,52€	4,68€
Preparar extremo cable de fibra	18	1,33€	23,94€
E41527			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	35	2,26€	79,10€
Empalme	35	0,52€	18,20€
Preparar extremo cable de fibra	70	1,33€	93,10€
E41528			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	13	2,26€	29,38€
Empalme	13	0,52€	6,76€
Preparar extremo cable de fibra	26	1,33€	34,58€
E41530			
Instalación caja de empalme	1	4,86€	4,86€
Sangrado	26	2,26€	58,76€
Empalme	26	0,52€	13,52€
Preparar extremo cable de fibra	52	1,33€	69,16€

<i>Total Material</i>	<i>7877,87€</i>
<i>Total Mano de obra</i>	<i>4285,09€</i>
Total despliegue distribución	12162,96€

Tabla 48: Estimación costes de despliegue red de distribución P2P.

Coste total P2P

Partida	Coste
Total Manzana 1	357,81€
Total Manzana 2	343,60€
Total Manzana 3	339,54€
Total Manzana 4	339,54€
Total Manzana 5	335,48€
Total Manzana 6	117,22€
Total Manzana 7	208,09€
Total Manzana 8	210,12€
Total Manzana 9	117,24€
Total Manzana 10	210,12€
Total Manzana 11	117,24€
Total Manzana 12	90,85€
Total despliegue distribución	12162,96€
Subtotal	14949,81 €
Gastos generales (10%)	1494,98€
Total sin IVA	16444,80€
IVA (21%)	3453,41€
Total	19898,21€

Tabla 49: Resumen estimación costes de despliegue red de distribución P2P

4.3 Comparativa en precio entre ambas alternativas

	GPON	P2P
Total Manzana 1	475,93€	357,81€
Total Manzana 2	475,93€	343,60€
Total Manzana 3	475,93€	339,54€
Total Manzana 4	475,93€	339,54€
Total Manzana 5	475,93€	335,48€
Total Manzana 6	158,66€	117,22€
Total Manzana 7	317,72€	208,09€
Total Manzana 8	317,72€	210,12€
Total Manzana 9	158,66€	117,24€
Total Manzana 10	317,72€	210,12€
Total Manzana 11	158,66€	117,24€
Total Manzana 12	158,66€	90,85€
Total despliegue distribución	5402,74€	12162,96€
Subtotal	9370,19€	14949,81 €
Gastos generales (10%)	937,02€	1494,98€
Total sin IVA	10307,21€	16444,80€
IVA (21%)	2164,52€	3453,41€
Total	12471,73€	19898,21€

Tabla 50: Comparativa estimación de costes GPON y P2P

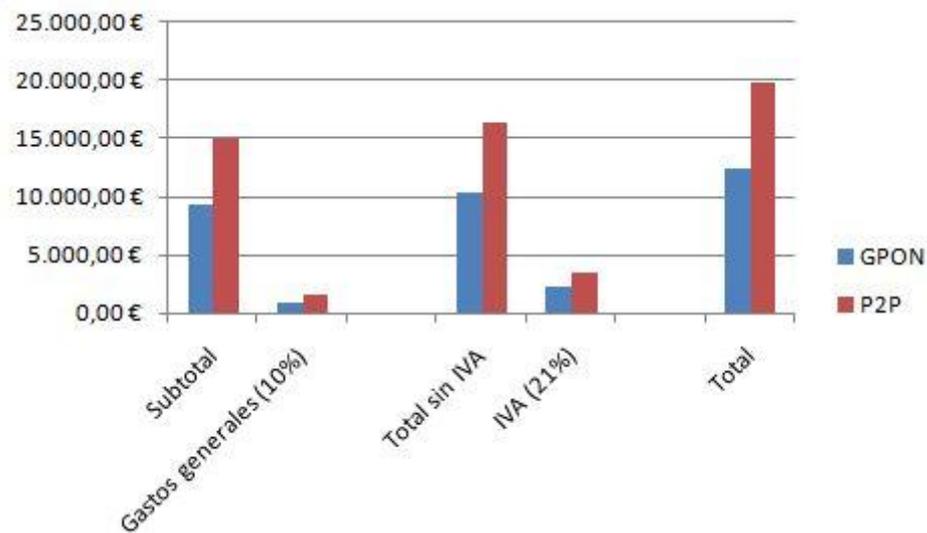


Figura 60: Comparativa estimación de costes GPON y P2P

En la tabla y figura anterior se puede observar un resumen de los costes que implicaría llevar a cabo cada una de las alternativas planteadas a lo largo del presente texto. Como se puede observar, y como era de esperar, el despliegue P2P supondría un coste superior al GPON. Concretamente, para la zona tratada en el presente texto, la alternativa P2P supone un incremento del 60% respecto al coste que supondría optar por la alternativa GPON. En el caso del presente proyecto, la zona a desplegar no es excesivamente grande, lo que supone un argumento más en favor de la elección de GPON ya que, para despliegues en zonas de mayores dimensiones y con mayor número de usuarios potenciales, esta diferencia se incrementaría, pudiendo llegar a duplicar o triplicar el coste del proyecto la elección de una u otra alternativa.

En la siguiente tabla se han extraído de todo el balance económico, los gastos en material y en mano de obra para ambas alternativas sin repercutir sobre ellos ningún tipo de impuestos, ni márgenes de beneficio o sobrecostes. Como se puede observar y debido a que las dimensiones de nuestra zona de despliegue no son excesivamente grandes, los gastos en material no muestran una diferencia significativa, siendo un 26% superior en la alternativa P2P.

Es en el análisis de los costes por mano de obra donde se aprecian mayores diferencias. En el caso que nos ocupa, el coste en cuanto a mano de obra para la alternativa P2P es del 235% superior a la de la alternativa GPON. Esto es debido, tal y como se puede ver a lo largo del texto y concretamente en el esquema y tabla de conexiones, a que la alternativa P2P requiere el empleo de un número de fibras mucho mayor, lo que conlleva mayor manipulación de las mismas y mayores costes en cuanto a la mano de obra para llevar a cabo el proceso.

	GPON	P2P
Gasto total en material sin IVA	7874,91€	9945,37€
Gasto total en mano de obra sin IVA	1495,28€	5004,44€

Tabla 51: Comparativa entre costes de material y mano de obra de ambas alternativas

Para finalizar este apartado, cabe volver a destacar que si nos enfrentamos a un despliegue en una zona mucho más extensa y con mayor número de usuarios potenciales, los costes de la alternativa P2P se dispararían en relación con los que requeriría un despliegue GPON. De ahí que la alternativa P2P se reserve de manera general para ofrecer servicios a usuarios que requieren unas características muy concretas en cuanto a ancho de banda o que suponen puntos de especial relevancia dentro de las redes, tratándose todo lo demás como una alternativa punto multipunto con el empleo de GPON.