



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Diseño y despliegue de una red FTTH en Xirivella

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e  
Imagen

AUTOR/A: Colubi Martínez, Milagros

Tutor/a: Part Escriva, María Consuelo

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ing. Sist. de Telecom., Sonido e Imagen

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

# “Diseño y despliegue de una red FTTH en Xirivella”

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

Autor/a:  
**Milagros Colubi Martínez**

Tutor/a:  
**M<sup>a</sup> Consuelo Part Escrivà**

**GANDIA, 2023**

---

## RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado, en adelante TFG, se centra en la tecnología de Telecomunicaciones FTTH (Fiber To The Home) comúnmente conocida como Fibra Hasta el Hogar y tiene como objetivo principal mostrar de manera detallada el proceso de diseño y despliegue de una red FTTH en la localidad de Xirivella, provincia de Valencia, donde actualmente el servicio de comunicaciones electrónicas se está dispensando por cable de cobre tradicional.

La implantación de redes FTTH, que en España está en su punto álgido, se basa principalmente en el despliegue de fibra óptica desde la central hasta el hogar del usuario final, por lo que todo el recorrido de la red de acceso se realiza con fibra óptica.

La fibra óptica es un medio para transmitir señales en formas de ondas de luz y, actualmente, es el medio que ofrece mejores prestaciones en cuanto a velocidad y distancia de transmisión, lo que permite prestar servicios de voz, datos y vídeo que exigen un gran ancho de banda. Además, su fabricación ha mejorado considerablemente en los últimos tiempos y tiende a fabricarse a costes reducidos.

Entre los estándares activos en la actualidad, el estándar GPON es la solución óptima para un despliegue de una red FTTH, permitiendo, en sus últimas versiones, velocidades de hasta 10 Gbps y distancias de 60Km. Por todo esto, la tecnología FTTH ha llegado a ser tan importante, convirtiendo a otras tecnologías, punteras en su momento, en obsoletas y caducas.

---

## **ABSTRACT**

This Final Degree Project, hereinafter TFG, focuses on FTTH (Fiber To The Home) Telecommunications technology commonly known as Fiber to the Home and its main objective is to show in detail the process of designing and deploying a network. FTTH in the town of Xirivella, province of Valencia, where the electronic communications service is currently being provided by traditional copper cable.

The implementation of FTTH networks, which in Spain is at its peak, is mainly based on the deployment of fiber optics from the plant to the end user's home, so that the entire access network route is carried out with fiber optics.

Fiber optics is a medium for transmitting signals in the form of light waves and, currently, it is the medium that offers the best performance in terms of transmission speed and distance, which makes it possible to provide voice, data and video services that require a great deal of bandwidth. In addition, its manufacture has improved considerably in recent times and tends to be manufactured at reduced costs.

Among the currently active standards, the GPON standard is the optimal solution for deploying a FTTH network, allowing, in its latest versions, speeds of up to 10 Gbps and distances of 460Km. For all this, FTTH technology has become so important, making other technologies, cutting-edge at the time, obsolete and outdated.

---

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2. ARQUITECTURA DE UNA RED FTTH</b>	<b>6</b>
2.1 – PROTOCOLOS DE UNA RED PON	6
2.2- FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON	7
2.3- VENTAJAS DE UNA RED PON	9
<b>3. CONTEXTUALIZACIÓN DE LAS REDES FTTH</b>	<b>10</b>
<b>4. RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE UNA RED FTTH</b>	<b>11</b>
<b>4.1- PLANIFICACIÓN DE UNA RED FTTH</b>	<b>11</b>
4.1.1- ANÁLISIS DEMOGRÁFICO Y GEOGRÁFICO DE LA ZONA	11
4.1.1.1- REDES FTTH URBANAS	11
4.1.1.2- REDES FTTH SUBURBANAS	15
4.1.1.3 - REDES FTTH RURALES	16
4.1.2- CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA	17
4.1.3- PERMISOS	17
<b>4.2- DISEÑO DE UNA RED FTTH</b>	<b>18</b>
4.2.1- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED DE PLANTA EXTERNA	18
4.2.2- RED DE ALIMENTACIÓN	19
4.2.3- RED DE DISTRIBUCIÓN	19
4.2.4- RED DE DISPERSIÓN	20
4.2.5- CRITERIOS DE DISEÑO DE UNA RED FTTH	21
4.2.6- ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN EL DISEÑO DE UNA RED FTTH	22
4.2.6.1- FIBRA ÓPTICA	22
4.2.6.2- SPLITTER	26
4.2.6.3- ELEMENTOS DE CONEXIÓN	26
4.2.6.4- DISPOSITIVOS EN CASA DEL ABONADO	29
4.2.6.5- TÉCNICAS DE CONEXIÓN DE FIBRA ÓPTICA	30
4.2.6.6- EQUIPOS DE AGREGACIÓN DE SERVICIOS	33
<b>5. DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA RED FTTH EN XIRIVELLA</b>	<b>34</b>
5.1- ESCENARIO DE ACTUACIÓN	34
5.2- PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED FTTH	35
5.3 PLANOS	38
5.4- CÁLCULO ÓPTICO DE LA RED	40
5.4.1- MARGEN DE POTENCIA MÁXIMA	40
5.5- EQUIPOS Y MATERIAL NECESARIO	42
5.5.1- EQUIPO DE CABECERA	42
5.5.2- FIBRA ÓPTICA	43

Diseño y despliegue de una red FTTH en Xirivella.	4
<hr/>	
5.5.3- SPLITTERS	47
5.5.4- ELEMENTOS DE CONEXIÓN	48
5.5.5- DISPOSITIVOS EN CASA DEL ABONADO	52
5.5.6- EQUIPOS DE AGREGACIÓN DE SERVICIOS	53
<b>6. PRESUPUESTO</b>	<b>54</b>
<b>7. CONCLUSIÓN</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA/WEBGRAFÍA</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO</b>	<b>62</b>

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Este TFG se basa principalmente en el estudio, la descripción y el diseño de una red FTTH en una zona de Xirivella, en Valencia, y los objetivos fundamentales que pretenden conseguir son los siguientes:

- Explicar los fundamentos de la tecnología FTTH.
- Argumentar las ventajas de diseñar la red de acceso sobre fibra óptica.
- Detallar el procedimiento necesario para llevar a cabo el diseño y despliegue de una red FTTH.
- Realizar el diseño de despliegue de una red FTTH.
- Presentar el presupuesto con el coste total del proyecto.

El documento se organiza en distintos apartados, comienza con este capítulo introductorio en el que se detallan los objetivos que se persiguen en este proyecto y la estructura que presenta el TFG. El segundo apartado, describe la arquitectura de una red FTTH, los protocolos, las ventajas y el funcionamiento de una red PON. El tercer apartado consiste en una contextualización básica de dicha tecnología haciendo un breve recorrido por sus antecesores más destacados. Durante el cuarto apartado se definen los criterios para el diseño de las distintas partes que componen una red FTTH, así como las recomendaciones a seguir en función de las características de la zona. Este apartado es completamente teórico e incluye las técnicas de diseño, planificación, solicitud de permisos y todo el procedimiento necesario para llevar a cabo el diseño y despliegue de una red genérica. Además, se hace hincapié en la importancia del medio de transmisión y se determina qué tipo de fibra óptica es la más adecuada para realizar un diseño de este tipo de redes y cuáles son sus elementos básicos. El quinto apartado es el objeto principal de este documento y consiste en un caso práctico en el que se desarrolla el proyecto técnico de diseño e instalación de una red FTTH en una zona de Xirivella haciendo uso del estándar GPON, poniendo en práctica los conceptos teóricos vistos en los capítulos anteriores. Es necesario comentar que, al no conocer la distribución ni los datos relativos a la estructura interna de cada uno de los edificios de la zona, no se ha podido desarrollar detalladamente el diseño y despliegue del último tramo de la red, la red de dispersión, aunque se ha concretado todo lo posible. En este apartado es necesario hacer un balance óptico de potencia que permita asegurar que la red funciona como se espera. El sexto apartado muestra un presupuesto detallado y desglosado con el coste total del proyecto y el séptimo y último apartado contiene las conclusiones fundamentales obtenidas a partir de la realización del proyecto. Además, al final del documento, se adjunta un anexo con los planos esquemáticos y los informes del proyecto técnico.

Es oportuno comentar que el presente documento es un proyecto meramente académico y aunque se ha intentado realizar de la manera más eficiente y con la mayor cantidad de detalles posible, se ha llevado a cabo sin experiencia previa en el sector, por lo que no puede asegurarse que esta solución sea la óptima, ni que esté exenta de errores.

## 2. ARQUITECTURA DE UNA RED FTTH

La tecnología FTTH se caracteriza por la utilización de fibra óptica hasta el propio hogar del abonado de manera que permite prestar una serie de servicios avanzados, como el Triple Play: datos, voz y vídeos a alta velocidad.

- **PASIVE OPTIC NETWORK (PON):** La Red Óptica Pasiva está compuesta principalmente de un Terminal de Línea Óptica (OLT) en la cabecera o central FTTH y de una Unidad de Red Óptica (ONT) en el extremo del usuario. Es una red punto a multipunto; solo se necesita instalar un divisor óptico en el punto de bifurcación óptica, por lo que tiene las ventajas de ahorrar recursos de cable óptico, compartir ancho de banda, ahorrar costes en salas de equipos... Esta red es la más habitual en las redes FTTH y será objeto de este Trabajo Fin de Grado.
- **ACTIVE OPTIC NETWORK (AON):** En una Red Óptica Activa el equipo de transmisión de fibra óptica es un dispositivo activo y a diferencia de la red PON, la señal recibida por la ONT es la señal después de la conversión óptica-eléctrica-óptica del equipo activo. Esta tecnología tiene un coste de implementación más alto que el de la red óptica pasiva.

### 2.1 – PROTOCOLOS DE UNA RED PON

En función de los siguientes distintos protocolos o estándares, existen varios tipos de redes PON:

- **ASYNCHRONOUS PASSIVE OPTICAL NETWORK (APON):** es un estándar que se encuentra actualmente en desuso. Fue definido por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) a finales de 1990 y utilizaba el modo de transferencia asíncrono ATM para la comunicación de paquetes.
- **BROADBAND PASSIVE OPTICAL NETWORK (BPON):** es una evolución del estándar APON, estipulada por la UIT, que incluye mejoras en el ancho de banda, protección y otras funciones. Proporciona velocidades simétricas y asimétricas de 155 y 622 Mbps, y asimétrica de 1.25 Gbps y permite un máximo de 32 usuarios hasta distancias de 20 km.

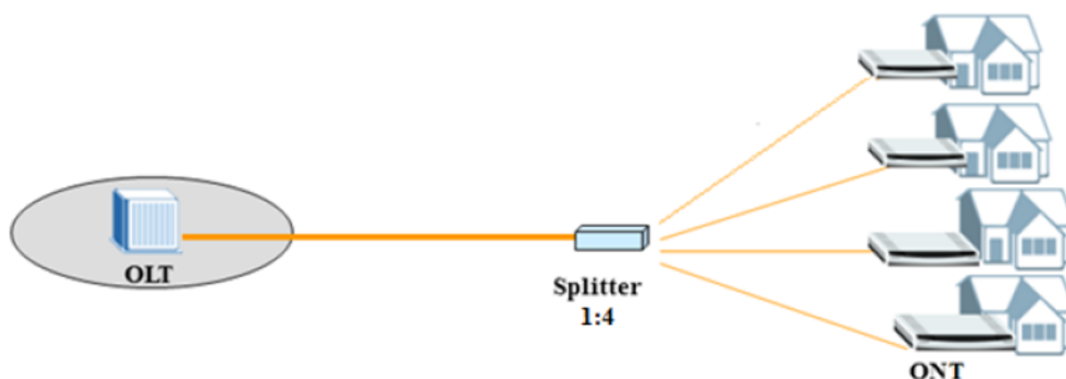


- 10 GIGABIT ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK (10G-EPON): El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) lanzó el estándar IEEE 802.3av para 10G EPON. en 2009, Este estándar es la mejora más rentable y rápida de la tecnología BPON. Hay dos configuraciones compatibles con esta versión: una es simétrica, que opera a una velocidad de datos de 10 Gbps en ambas direcciones, y la otra es asimétrica y opera a 10 Gbps en la dirección descendente y a 1 Gbps en sentido ascendente. Permite un máximo de 32 usuarios hasta 40 Km.
- 10 GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (10G-GPON), también conocida como XG-PON, es la versión más avanzada promovida por el Departamento de Estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) capaz de transmitir mayor ancho de banda y a mayor número de usuarios, sin embargo, sigue siendo de elevado coste. 10G-GPON permite velocidades de 10 Gbps en el enlace descendente y de 2.5 Gbps en el enlace de subida e incluye mejoras respecto a EPON como mayor eficiencia en el ancho de banda, QoS, seguridad y una gran flexibilidad. Soporta hasta 64 usuarios en cada red con un alcance máximo de 60 Km.

Actualmente, GPON y EPON son las tecnologías más utilizadas, la elección de una y otra dependerá en cada caso de los requisitos que se necesiten o los criterios que se sigan en la planificación y en el diseño de la red.

## 2.2- FUNCIONAMIENTO DE UNA RED PON

Una red PON es una red óptica completamente pasiva con una arquitectura de punto a multipunto que utiliza componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos o splitters) sustituyendo los elementos activos entre el equipo origen (OLT) y el equipo final de usuario (ONT) con el principal objetivo de reducir considerablemente los costes.



*Imagen 1: Esquema básico de la arquitectura PON*  
*Fuente figura: Prat, J. (2008). Next-generation FTTH passive optical networks (1st ed). Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.*

La imagen 1 presenta el esquema básico de la arquitectura PON en el que se puede observar como desde una OLT situada en la central del operador se puede llegar a varias ONTs situadas en las viviendas de los abonados. El número de viviendas a las que se puede llegar desde un puerto de una OLT dependerá del nivel de división que se elija durante la planificación y el diseño de la red.

La **OLT** se ubica comúnmente en la cabecera de la red y el cableado de fibra óptica se divide, utilizando un **splitter**, o varios, en múltiples fibras que alcanzan los receptores **ONT** del usuario final.

La ONT que se instala en la vivienda del usuario final, recibe y convierte la señal óptica que le llega del OLT en señales eléctricas y permite a los clientes conectarse a sus redes de área local existentes. Es interesante destacar que la ONT utiliza un láser Fabry-Perot de espectro ancho, mientras que la OLT utiliza un láser DFB de espectro estrecho para la transmisión de voz y datos.

La OLT es el equipo principal que recibe todos los servicios, presenta varios puertos y cada uno de ellos soporta hasta 64 ONTs. Para conectar la OLT con la ONT, se utiliza fibra óptica monomodo, tal y como se explicará apartados posteriores. El tráfico que se origine en la OLT se distribuye mediante un divisor óptico a las diferentes ONTs, en una o varias etapas de división.

Un splitter es un dispositivo pasivo bidireccional que presenta un puerto de entrada y múltiples puertos de salida. Los diferentes niveles de división se pueden conseguir combinando distintos tipos de divisores ópticos. Por lo general no interesa utilizar demasiadas etapas de división, ya que se necesitarían varios splitters, pero con una única etapa de división es muy difícil diseñar una red FTTH. En la actualidad, lo más habitual en España, es diseñar una red FTTH GPON con dos etapas de división con un factor de división de 1:64.

Las redes FTTH presentan dos canales de transmisión, uno descendente (de bajada) y otro ascendente (de subida). En el canal descendente viaja la información de la OLT hasta las diferentes ONTs, como si se tratase de una red punto a multipunto, en cambio en el canal ascendente la información enviada por el usuario viaja de la ONT a la OLT, como una red punto a punto. Para ello, FTTH usa técnicas de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) y así evita que colisionen los datos, ya que la conexión del divisor con la ONT se realiza mediante una sola fibra óptica, por tanto, el mismo canal se utiliza tanto para transmisión como para recepción, asignando a cada conexión una longitud de onda determinada.

---

En el canal descendente, la voz y los datos se transmiten en 1490nm, mientras que el video se transmite en 1550nm, sin embargo, en el canal ascendente, tanto la voz como los datos, se transmiten 1310nm.

En definitiva, en el canal descendente el splitter comparte la potencia con todas las salidas mientras que en el canal ascendente combina las señales procedentes de las ONTs en una única fibra, compartiendo así ancho de banda.

Es imprescindible realizar un balance de pérdidas que especifique las pérdidas máximas permitidas entre la OLT y una ONT de manera que se asegure un buen funcionamiento de la red. En este balance se debe tener en cuenta tanto la atenuación de la red óptica que se refiere a las pérdidas de absorción en una fibra óptica, es decir la pérdida de potencia óptica que se pierde a lo largo de toda la red, como la dispersión, que determina la calidad de la red, es decir, el mantenimiento de las características de la señal generada en el transmisor a través de la fibra.

Del mismo modo, en el balance de pérdidas se deben tener en cuenta las pérdidas intrínsecas del propio material y las debidas a impurezas, las pérdidas de inserción introducidas por cada componente (splitters, conectores y empalmes) y/o las pérdidas por dispersión intermodal, cromática, por la guíaonda... De todo esto se profundizará en el apartado correspondiente.

### 2.3- VENTAJAS DE UNA RED PON

Las ventajas de tener un bucle de abonado de fibra óptica con respecto a otros medios de transmisión son muchas: permite mayores anchos de banda y mayores distancias desde la central hasta el abonado, presenta menor atenuación y degradación de la señal, proporciona una mayor seguridad y calidad del servicio, reduce los costes de instalación, de gestión y mantenimiento, permite la escalabilidad de la red, etc.

Tal y como se ha explicado en el apartado anterior, GPON utiliza WDM permitiendo transmitir sobre una misma fibra múltiples servicios avanzados de banda ancha a múltiples usuarios. La voz y los datos del enlace ascendente se transportan en la longitud de onda de 1310 nm para evitar colisiones con el canal descendente de 1490 nm y son añadidos en el mismo splitter.

En definitiva, los principales beneficios de las redes GPON son:

- Son más baratas de implementar en comparación con la mayoría de las tecnologías de banda ancha alternativas.

- No requieren de equipos activos, alimentados eléctricamente para funcionar.
- Pueden utilizar fibra óptica existente.
- Suponen un gran ahorro en costes de operación y mantenimiento.
- Se consideran una tecnología de banda ancha bastante segura.
- Permiten transportar información a distancias relativamente largas, como 20 kilómetros.

### 3. CONTEXTUALIZACIÓN DE LAS REDES FTTH

De todas las tecnologías de la familia FTTx, FTTH es la que ofrece mejores prestaciones. Es por ello por lo que se considera oportuno mostrar una contextualización de los orígenes de dicha tecnología.

Las redes FTTx son redes de banda ancha basadas en fibra óptica que permiten transmitir gran cantidad de información a velocidades muy elevadas. La diferencia entre las diferentes tecnologías de la familia FTTx es el grado de acercamiento de la fibra al usuario final. En la siguiente imagen se muestran las más comunes:

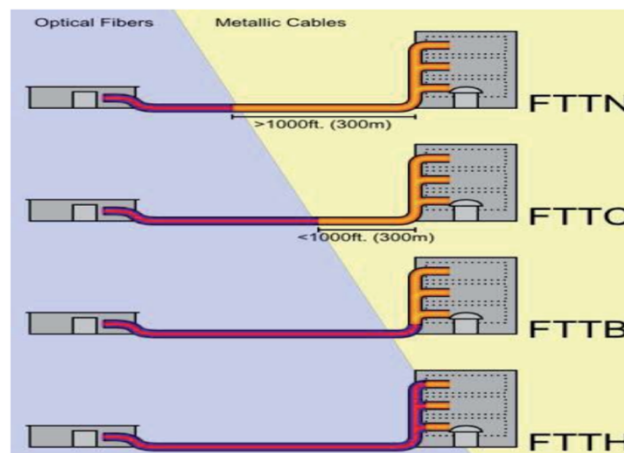


Imagen 2: Tipos de redes FTTx estandarizados

Fuente: "FTTx." Wikipedia, La enciclopedia libre. 15 jun 2022. 1 feb 2023.

<https://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>

- FTTN (Fiber To The Node): Esta tecnología se basa en el uso de fibra desde la central FTTH hasta un nodo, que se encuentra a distancias superior a 300 metros del edificio e inferior a 3 Km. Desde el nodo se tiende cable coaxial hasta el edificio del cliente. El diseño de la red de acceso usando esta tecnología permite conectar entre 200 y 500 viviendas por fibra, proporcionando servicios de hasta 30 Mbps.
- FTTC (Fiber To The Curb): Utilizando esta tecnología el tendido de fibra se realiza desde la central FTTH hasta una distancia menor de 300 metros del edificio (siempre fuera del mismo). Desde este punto se llega al edificio por trenzado de cobre. En este caso se puede dar servicio a entre 10 y 100 viviendas por fibra y proporcionar servicios de hasta 50 Mbps.

- FTTB (Fiber To The Building). En este caso el tendido de fibra se realiza desde la central hasta el recinto de instalaciones de telecomunicación inferior (RITI) del edificio. Desde el RITI, el tendido por interior es por cobre. De esta manera se puede proporcionar servicio a 32 usuarios por fibra y a velocidades de 100 Mbps.
- FTTH (Fiber To The Home). Esta tecnología en concreto es la que ofrece mejores prestaciones, ya que todo el recorrido de la red de acceso se realiza con fibra óptica. En este caso se tiende fibra desde la central hasta las viviendas de los usuarios finales. De esta manera se da servicio a 1 hogar por fibra, es decir, a cada hogar de cada usuario le llegará un cable de fibra que será enteramente suyo. Con esta solución se consigue dar servicios de más de Gbps

## 4. RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE UNA RED FTTH

En los apartados siguientes se detallan los procesos de planificación y diseño para poder realizar la instalación y el despliegue de una red FTTH de manera efectiva.

### 4.1- PLANIFICACIÓN DE UNA RED FTTH

Es necesario que se realice una minuciosa planificación del diseño de la red que incluya la búsqueda de la información relativa a la zona (tipología de los edificios, número de oficinas, locales y/o viviendas por edificio, existencia de infraestructuras existentes) y una gran labor de investigación y de trabajo de campo para demostrar la viabilidad del proyecto.

#### 4.1.1- ANÁLISIS DEMOGRÁFICO Y GEOGRÁFICO DE LA ZONA

Para poder conocer las características de la zona se necesitan conocer los datos geográficos y demográficos de ésta. La mejor forma de comprender las opciones de diseño de redes FTTH es conocer los diferentes tipos de redes que existen dependiendo de la densidad de abonados y las características técnicas de la zona, que influyen directamente en las decisiones que se deben tomar.

##### 4.1.1.1- REDES FTTH URBANAS

Las redes FTTH urbanas presentan una elevada densidad de suscriptores y necesitan menos fibra porque tienen que cubrir distancias más cortas, pero, en cambio requieren más divisores y dispositivos electrónicos en la cabecera de red para dar servicio a los múltiples abonados.

---

En una ciudad, la parte más complicada del diseño de la red es la instalación de los cables necesarios para ir desde la cabecera de red hasta la vivienda del usuario final. A menudo, los conductos en las ciudades están congestionados y el hecho de tender más cables supone un gran problema, por este motivo, en lugar de excavar las calles se pueden utilizar las microzanjas.

La microzanja es una zanja de reducidas dimensiones que suelen oscilar entre los 30 cm de profundidad y 2,5 y 6 cm de ancho, cuyo objetivo principal es reducir los costes en obra civil y permitir así, la viabilidad de muchos proyectos que se paralizaban por falta de fondos.

Un inconveniente bastante frecuente en este tipo de escenarios es elegir un espacio para colocar los splitters. Si se trata de un edificio pequeño, se pueden instalar en la entrada, pero en edificios más grandes, se pueden conectar en cascada, colocando un splitter en cada planta y tendiendo cables cortos a cada vivienda.

La red FTTH urbana es el escenario más frecuente en el cual las redes tanto de alimentación como de distribución suelen ir canalizadas en conductos de manera subterránea. Este tipo de instalaciones suele presentar:

- Conductos, subconductos y microductos:

Los conductos son básicamente unos tubos para realizar despliegues de fibra óptica que suponen una reducción considerable en los costes de la instalación. Se instalan mediante canalización subterránea y transportan los cables de fibra de las redes de alimentación y distribución.

Los subconductos son divisiones de los conductos creadas con unas telas de nailon, de manera que son pequeños conductos que permiten separar y así optimizar el espacio en los conductos. Los más comunes son los conductos de PVC de 63 mm de diámetro para la red de distribución y de 110 mm para la red de alimentación.

Los microductos son tubos de menor dimensión que los conductos convencionales, que van lubricados para permitir con mayor facilidad el soplado de la fibra. Se fabrican con polietileno de alta densidad, por lo que presentan una mayor flexibilidad y resistencia frente a los conductos convencionales.

Estas canalizaciones son seccionadas a lo largo de su recorrido por registros, es decir, los registros que normalmente se encuentran en las esquinas se utilizan para realizar cambios de dirección en las canalizaciones.



*Imagen 3. Ejemplo de canalización subterránea*

*Fuente: A. Cortés. Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Prisma tecnológico. 2016; Vol (7 no1): 20-25.*

- Arquetas y cámaras de registro:

Los registros están formados de cámaras de registro y de arquetas.

Las cámaras de registro se componen de dos módulos de hormigón armado. Ambos están atornillados y unidos en horizontal mediante una junta que asegura su estanqueidad y facilita su montaje. La parte superior de la cámara se acopla a unos buzones. Existen buzones de diferentes alturas para poder acoplarse entre sí y de esta manera conseguir la cota que requiera la obra.

Las cámaras pueden ser de tres tipos: G-ABPF, G-BRF, G-BRF-C y básicamente se diferencian en su tamaño, peso y en el número de orificios que disponen para el paso de cables.

Las arquetas se construyen en hormigón armado y poseen el número de huecos para los cables que indiquen las especificaciones técnicas. Según las homologaciones de Telefónica, existen tres tipos de arquetas: DF, HF y MF. Las arquetas se cierran con tapas especiales, en concreto, tanto el modelo HF como el DF presentan un dispositivo de cierre de seguridad para garantizar una excelente hermeticidad.

En líneas generales, las arquetas y las cámaras de registro son registros de planta rectangular que se diferencian principalmente en que las cámaras son de mayores dimensiones, por lo que puede acceder una persona a su interior, y que se sitúan a mayor profundidad.



*Imagen 4. Ejemplo de arqueta tipo DF*

*Fuente: A. Cortés. Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Prisma tecnológico. 2016; Vol (7 no1): 20-25.*

- **Armarios de comunicaciones:**

Los armarios repartidores de fibra óptica (ODF) son pequeños armarios de distribución que permiten la interconexión entre los cables de fibra óptica de la red con los procedentes de los equipos de central. Se instalan en las centrales FTTH y se utilizan para facilitar el acceso al personal técnico y ahorrar espacio en las arquetas y cámaras de registro, optimizando la gestión y el mantenimiento de la red.



*Imagen 5. Ejemplo de armario repartidor*

*Fuente: A. Cortés. Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Prisma tecnológico. 2016; Vol (7 no1): 20-25.*



---

#### 4.1.1.2- REDES FTTH SUBURBANAS

Las redes suburbanas se caracterizan por ser menos densas que las urbanas por lo que la instalación de cables nuevos es mucho más sencilla. Asimismo, en algunas zonas cuentan con infraestructura aérea, en este caso la instalación es más fácil y menos costosa y se pueden colocar hubs de fibra con splitters en postes. Además, las caídas aéreas son más sencillas para casas, sin embargo, si los cables se deben instalar bajo tierra y no hay espacio disponible para conductos, las microzanjas vistas en el apartado anterior pueden simplificar la instalación.

Se debe tender una fibra desde la ubicación en el interior de la vivienda hasta la ubicación de la ONT por lo que una inspección del hogar para ubicar por dónde los cables (teléfono y CATV o satélite) ingresan al edificio, ayuda a ubicar la ruta que sigue el cable de fibra FTTH de una manera más sencilla.

En el caso de zonas industriales, como se ha mencionado anteriormente, el principal inconveniente es la distancia entre los abonados. Si la región está muy alejada y no tiene canalizaciones, se utiliza la microzanja. El coste en este caso es un tercio de lo que supondría una canalización normal.

El uso de la microzanja está principalmente concebido para el tendido en redes de fibra óptica, aunque en la actualidad esta técnica se usa en múltiples aplicaciones y proyectos como, por ejemplo: instalaciones de agua, creación de circuitos cerrados de TV... Hoy en día, los trabajos de microzanja se realizan con máquinas de corte en seco, por lo que son más rápidas y limpias. El corte de la microzanja en seco se puede realizar tanto en asfalto como en hormigón y siempre que sea posible se realizará en la calzada y no en las aceras, ya que puede generar inconvenientes de movilidad y/o por riesgo de rotura de otros servicios ya existentes.

Las ventajas de la microzanja frente a las zanjas convencionales son principalmente la reducción de costes y de tiempos de instalación, la menor alteración del tráfico y el menor impacto ambiental.

En la siguiente imagen se puede observar un ejemplo de despliegue en usando la microzanja.



*Imagen 6. Ejemplo de despliegue usando la microzanja.*

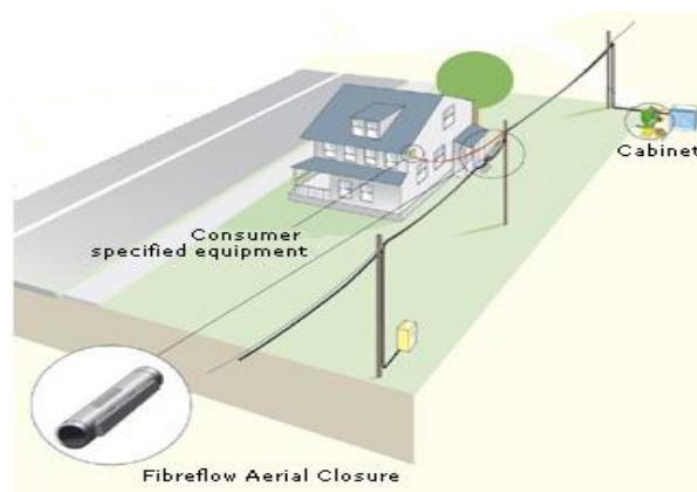
*Fuente: A. Cortés. Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Prisma tecnológico. 2016; Vol (7 no1): 20-25.*

#### 4.1.1.3 - REDES FTTH RURALES

El despliegue de FTTH en una zona rural suele ser el más caro. Los proveedores de servicios, si es posible, suelen utilizar caídas inalámbricas ya que el gran inconveniente en las zonas rurales es la distancia y de esta manera evitan el tendido de fibras largas, lo que conlleva también a una reducción de costes de cableado e instalación.

Muchas empresas de servicios de comunicaciones ya tienen fibras instaladas, si se tienen pocas fibras libres, es interesante, como se ha comentado con anterioridad, utilizar WDM y aumentar la capacidad de estas.

Las zonas rurales tienen un bajo número de edificaciones, por lo que las redes de alimentación y de distribución se suelen instalar por la fachada de los edificios o en los postes, tal y como se puede observar en la siguiente imagen:



*Imagen 7. Despliegue aéreo de FTTH.*

*Fuente: Prat, J. (2008). Next-generation FTTH passive optical networks (1st ed). Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.*

Cabe señalar, que las CTOs en este tipo de circunstancias son típicamente mucho más pequeñas, ya que los usuarios están normalmente más separados unos de otros.

En cualquiera de los escenarios vistos anteriormente, es de suma importancia tener una estimación del número de usuarios y de su distribución en la zona. Para obtener esta información, se suele realizar un estudio sociocultural estadístico de la zona donde se va a realizar el despliegue de la red para obtener dicha información.

#### 4.1.2- CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

Tal y como se acaba de indicar, es imprescindible obtener datos sobre las características de la zona y las infraestructuras existentes en las proximidades, ya que sólo con una información total sobre la zona será posible llegar a una conclusión correcta para poder llevar a cabo el diseño y la instalación de la red FTTH. Las variables que más afectan en el diseño de la red FTTH son:

- Tipología y concentración de la zona: es imprescindible saber si hay un alto volumen de población o más bien se trata de una zona rural con poca densidad de población. Además, es importante obtener datos sobre el tipo de vivienda (si son locales comerciales, bloques de apartamentos, viviendas multifamiliares o unifamiliares, etc.). La red debe ser estimada de manera ideal y efectiva, de manera que se llegue al usuario final utilizando el número adecuado de fibras.
- Infraestructuras existentes en las viviendas: es importante conocer las infraestructuras que ya existen en el interior de las viviendas, para poder decidir el tipo de diseño e instalación más adecuado a ejecutar en cada una de ellas.
- Distribución de Infraestructuras de Telecomunicaciones en el exterior: dependiendo de la red a transportar y de las infraestructuras ya presentes en el exterior, se puede optar por hacer un despliegue aéreo o realizar canalizaciones subterráneas.
- Presencia de una central de telecomunicaciones cercana: la presencia de una central de telecomunicaciones de difusión en las proximidades permite que puedan compartir su espacio y es un factor muy importante que considerar.

#### 4.1.3- PERMISOS

Adquirir los permisos o licencias es de esencial importancia, ya que es quizás el componente externo a la instalación de la red que más retrasa el trabajo. Los permisos más destacables son los siguientes:

- Permiso de los ocupantes de la vivienda o de la comunidad de vecinos para proceder a la instalación en interior.
- Licencias de construcción de obra civil nueva y de ocupación de la vía pública concedidos por la administración pública o el ayuntamiento.

## 4.2- DISEÑO DE UNA RED FTTH

La red FTTH tiene su origen en la central FTTH donde se sitúa la OLT y termina en la roseta de la vivienda del usuario final, donde se conecta la ONT.

En este apartado se detallan las características principales de la red de planta externa, de la red de alimentación, de la red de distribución y de la red de dispersión, se exponen los principales criterios de diseño de una red FTTH y se indican los elementos fundamentales que se necesitan para poder llevar a cabo la instalación.

### 4.2.1- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA RED DE PLANTA EXTERNA

En telecomunicaciones, planta externa se refiere a todo el cableado físico y la infraestructura de soporte (como conductos, zanjas, torres o postes) y cualquier hardware asociado (como repetidores) ubicado entre un punto de una instalación de conmutación y un punto en otro centro de conmutación o en las instalaciones del cliente.

El cableado de la planta externa generalmente se instala con cable aéreo entre postes y en un sistema de conductos subterráneos. En instalaciones grandes más antiguas, el cableado está protegido por sistemas de presión de aire diseñados para evitar la infiltración de agua. El cableado utilizado en la planta exterior también debe estar protegido de perturbaciones eléctricas causadas por rayos o sobretensiones debido a cortocircuitos o inducción eléctrica.

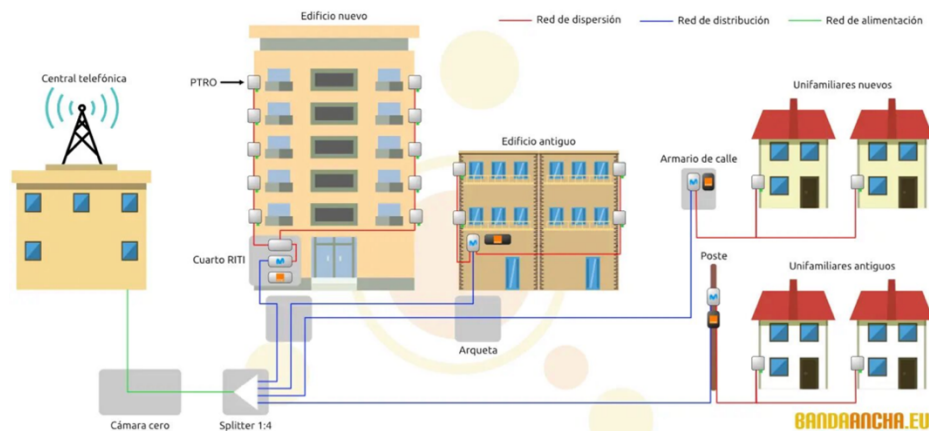


Imagen 8. Esquema de una red FTTH.

Fuente: Josh. (2023). Cómo es el despliegue de la red de fibra FTTH GPON.  
<https://bandaancha.eu/articulos/como-despliegue-red-fibra-ftth-gpon-9852>

---

En la imagen anterior se puede observar las partes en las que se divide una red FTTH. Por norma general, la cabecera o central FTTH se debe situar lo más central posible para minimizar la longitud de los cables. Es oportuno recordar que cada puerto de la OLT atiende hasta 32 ó 64 usuarios. Además, el diseño debe permitir una expansión futura.

La cabecera contiene cables de fibra óptica entrantes procedentes de la conexión a Internet y cables salientes a la OLT por lo que se necesita que exista suficiente espacio en el panel de conexión. Además, se debe tener en cuenta que exista espacio para la interfaz del router, para que se conecte a la OLT y permita y controle las conexiones a Internet.

La OLT controla la información que se transmite tanto en el canal descendente como en el ascendente a través de la ODN (Optical Distribution Network). La red de distribución óptica, ODN, es el conjunto de elementos que conectan la OLT con la ONT, es decir, todas las fibras, empalmes, conectores, divisores... que componen la red pasiva.

Dado que se debe prestar servicio a los usuarios las 24 horas del día, los 7 días de la semana, los 365 días del año, todos los equipos precisan de energía que sea suministrada por una fuente de alimentación ininterrumpida y que permita su funcionamiento durante al menos 8 horas en el caso de producirse un corte de energía.

#### 4.2.2- RED DE ALIMENTACIÓN

La red de alimentación es básicamente el tramo de la red de acceso que se extiende desde la OLT situada en la cabecera hasta el divisor de primer nivel, también conocido como nodo primario. El divisor de primer nivel está situado en una cámara de registro.

El cable de alimentación suele estar conectado en topología de anillo empezando en un puerto GPON y terminando en otro puerto GPON y suele ser un cable de muy alta capacidad.

#### 4.2.3- RED DE DISTRIBUCION

La red de distribución es, del mismo modo, el tramo de la red de acceso que se extiende desde el primer nivel de división hasta el divisor de segundo nivel. El divisor de segundo nivel se encuentra ubicado en la CTO y ésta, a su vez, puede estar situada en la fachada del edificio o en el RITI.

El cableado de la red de distribución es de menor capacidad que el cableado de la red de alimentación.

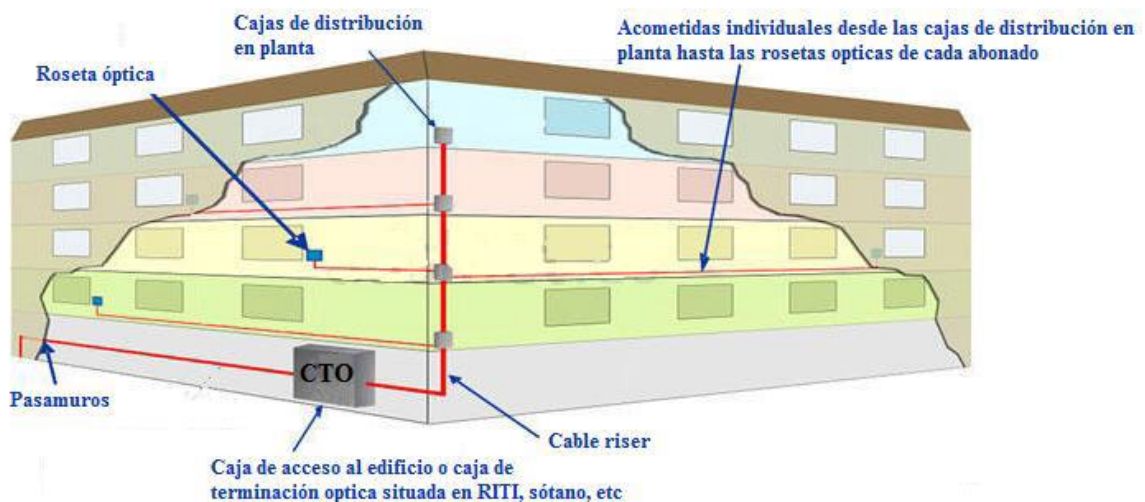
#### 4.2.4- RED DE DISPERSIÓN

A su vez, la red de dispersión es el tramo de la red de acceso que se extiende desde la CTO hasta la ONT o roseta óptica situada en la vivienda del abonado.

El cableado y los componentes que conforman este tramo de red dependerá de las instalaciones que tenga el edificio, ya que las CTO podrán ubicarse en el exterior (garaje, fachada, azotea, patio...) o en el interior (RITI).

Suponiendo que el edificio cuente con una ICT, la red de dispersión se instala por los conductos de la ICT, introduciendo la caja de entrada a la estructura en el RITI.

En esta caja se sitúa el segundo splitter. Desde esta caja parte un cable multifibra que va a las cajas de distribución en cada piso. De la misma manera, de estas cajas partirán las acometidas de manera individual hacia cada vivienda del usuario final, tal y como se muestra en la figura siguiente:



*Imagen 9. Red de dispersión en un edificio que tiene ICT*

*Fuente: Prat, J. (2008). Next-generation FTTH passive optical networks (1st ed). Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.*

Si el edificio no tiene ICT, pero dispone de otro tipo de canalización, ya sea sótano o garaje, la caja de acceso se puede ubicar ahí.

En cualquier otro caso, el despliegue se realiza en la fachada o azotea, colocando la CTO en un lugar adecuado con el objetivo de que el acceso a las rosetas ópticas de cada abonado sea sencillo.

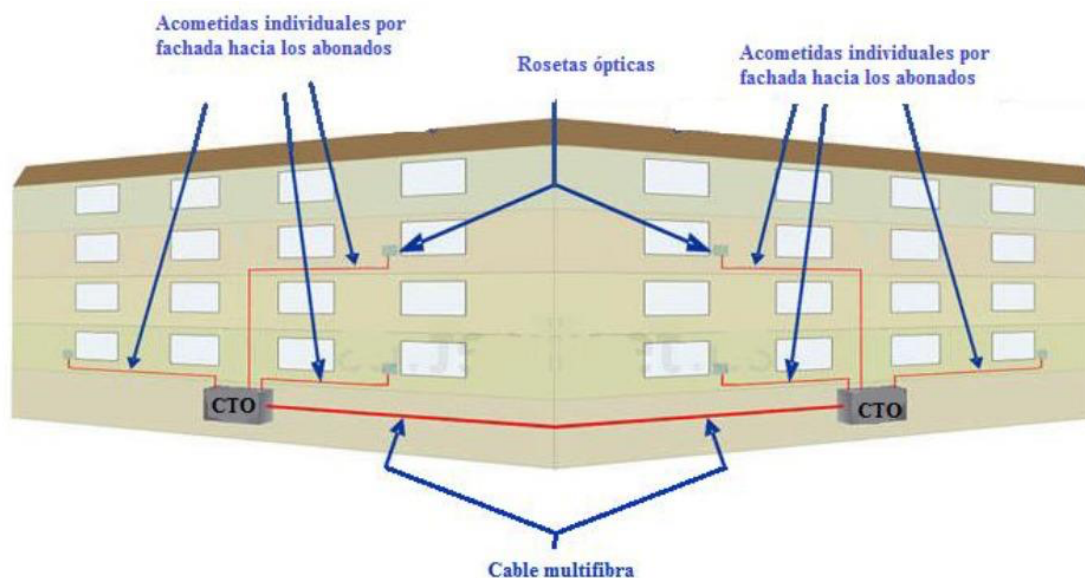


Imagen 10. Red dispersión por fachada en edificio.

Fuente: Prat, J. (2008). *Next-generation FTTH passive optical networks (1st ed)*. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.

Es oportuno recordar que la instalación tanto de la acometida como de la roseta óptica en la vivienda del usuario se realiza una vez se contrata y se ha dado el alta del servicio.

#### 4.2.5- CRITERIOS DE DISEÑO DE UNA RED FTTH

Para poder desplegar fibra óptica en cualquier zona, se ha de cubrir como mínimo el 25% de la zona. Este porcentaje se conoce como índice de penetración y es el que se le aconseja seguir a nuevo operador. Esto no implica que la red de la fibra sea sólo para ese porcentaje.

El diseño de la red debe cubrir la zona al 100%, de hecho, es conveniente dejar algunas fibras ópticas de repuesto en el despliegue, por si amplía el servicio en un futuro. Por consiguiente, el índice de penetración hace referencia a la cantidad de fibras, que se activan en la central FTTH, así como a los elementos activos y pasivos que se necesitan para poder dar servicio a ese porcentaje, no al despliegue de fibra óptica que sí que debe cubrir el 100% de las viviendas del diseño de la red.

Para facilitar este diseño, el área de cobertura se divide en módulos (zonas) más pequeños que son cubiertos en la red de alimentación por el mismo cable, cada módulo, a su vez, se divide en entidades más pequeñas llamadas sectores. Un sector comprende todos los hogares a los que se da servicio desde una segregación de la troncal, suele agrupar entre 300 y 500 hogares. Por último, los sectores se dividen en clústeres y comprenden todos los hogares a los que se da servicio desde un mismo divisor de segundo nivel.

Las dimensiones de los clústeres suelen variar entre los 20 y 130 hogares y normalmente suelen dar servicio a un único edificio.

El número de módulos, sectores y clústeres dependerá de la distribución de las viviendas, de los cables que se dispongan en la cabecera y del índice de penetración que se haya establecido.

#### 4.2.6- ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN EL DISEÑO DE UNA RED FTTH

En este apartado se presentan los diferentes componentes que son esenciales para un óptimo diseño de una red FTTH. En la imagen siguiente se puede observar un gráfico de conexión de los casos más habituales.

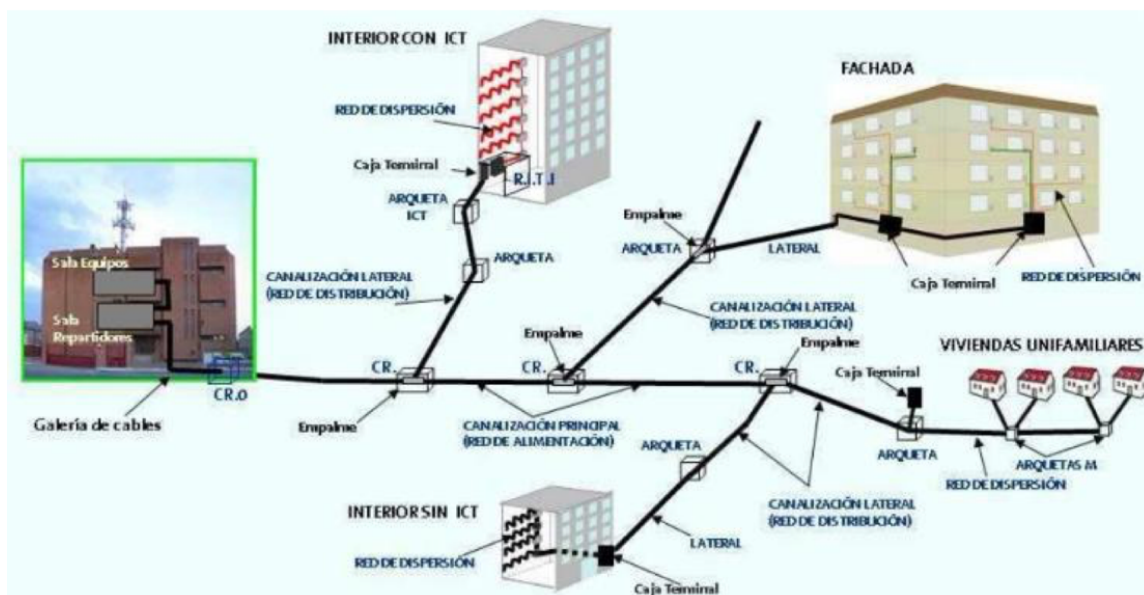


Imagen 11. Elementos fundamentales en una red FTTH

Fuente: Josh. (2023). Cómo es el despliegue de la red de fibra FTTH GPON  
<https://bandaancha.eu/foros/via-libre-despliegues-alternativos-ftth-1724459>

##### 4.2.6.1- FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica se basa en un hilo muy fino de vidrio transparente o de plástico, revestido por una sustancia que protege directamente la fibra y un segundo revestimiento que le proporciona rigidez. Se caracteriza principalmente por ser capaz de transmitir más datos mediante impulsos electromagnéticos a distancias más largas y más rápido que cualquier otro medio de transmisión existente.

La fibra óptica, aunque se ha empezado a utilizar en mayor medida recientemente, es una tecnología bastante antigua. Se fabrica mayoritariamente con sílice, y al ser un material muy abundante, actualmente es de los más baratos. Las fibras ópticas se utilizan solas o en grupos para la transmisión de datos y también para la iluminación de objetos.



---

La principal condición para que se transmita la luz en una fibra óptica por reflexión interna es que la fibra transmisora debe estar recubierta con un material con un índice de refracción menor (material de revestimiento) que el material del núcleo de la fibra.

Los tipos de fibra se clasifican en dos en función de los modos en los que puede viajar la luz en una determinada longitud de onda incidente: monomodo y multimodo.

La fibra óptica monomodo (SM) presentan un diámetro muy pequeño, de unos 9  $\mu\text{m}$ , por lo que emite un haz de luz en una trayectoria única permitiendo un modo de transmisión. Puede transportar la señal a velocidades superiores y a mayores distancias. La fibra óptica monomodo es ideal para interconectar equipos de red a largas distancias sin apenas atenuación. Asimismo, permite la descarga y subida de datos en un mismo cable, mediante la multiplexación por división de onda, de manera que se dispone de una longitud de onda específica para la descarga y otra para la subida. En este caso el emisor que se utiliza para este tipo de fibra es un láser por lo que este tipo de fibra es más cara que la multimodo.

Por otra parte, la fibra óptica multimodo (MM) tiene un diámetro mayor, generalmente oscila entre 50 y 63  $\mu\text{m}$ , por lo que se pueden emitir varios haces de luz con diferentes trayectorias, permitiendo así varios modos de propagación. Se suele utilizar en distancias cortas, el emisor que se utiliza para este tipo de fibra es el diodo LED, por tanto, es más económica. La fibra multimodo, además, también permite multiplexación por división de onda y proporciona Full-Dúplex (transmisión y recepción de datos simultáneamente).

Para la elección de una fibra óptica u otra, es determinante tener en cuenta la dispersión y la atenuación. En este Trabajo Fin de Grado se va a utilizar la fibra monomodo, ya que permite dar servicio a distancias mayores con una elevada velocidad de transmisión.

Los cables deben estar claramente marcados, coloreados o numerados para que se puedan identificar durante el despliegue de la red. La elección del cable depende de dos necesidades esenciales: si la instalación se va a realizar en el exterior o en el interior y las circunstancias a las que se verá sometido a causa del clima. Además, hay que tener en cuenta que, según su diseño, los cables de fibra óptica pueden ser de estructura holgada o de estructura ajustada.

Los cables de fibra óptica con estructura holgada se pueden utilizar tanto en interiores como en exteriores de edificios. El cable de fibra está compuesto por varios tubos de dimensiones muy reducidas, entre los 3mm de diámetro que presentan varias fibras en su interior. Los tubos pueden estar vacíos o, lo que es más normal, rellenos de un gel impermeable e hidrófugo que no permite que el agua entre en la fibra y la protege de las fuerzas mecánicas externas. Además, el núcleo del cable presenta un elemento de refuerzo para proporcionar robustez a la fibra.

Este tipo de cable se utiliza tanto en la red de alimentación como en la de distribución y dependiendo de donde se ubique puede precisar de unas características adicionales u otras.

El número de fibras por cable suele ser bastante elevado, pudiendo tener incluso 512 fibras. En la figura siguiente se observa un esquema básico de este cable.

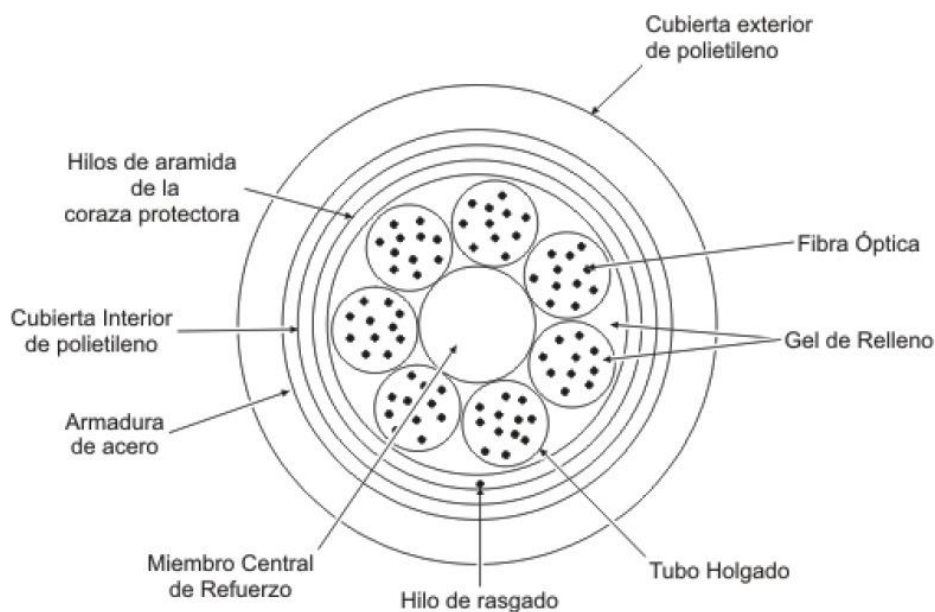


Imagen 12. Estructura genérica del cable de fibra óptica de estructura holgada.

Fuente: <https://sillexfiber.com/portfolio/fibra-optica-holgada/>

Los cables de fibra óptica con estructura ajustada se usan generalmente en los interiores de edificios. Este tipo de cable se compone por una o más fibras y cada una de ellas presenta un recubrimiento propio. Todas ellas están integradas en un dieléctrico con una cubierta de fibras de aramida que, a su vez, además presenta una protección plástica exterior que le proporciona una mayor robustez. Sin embargo, este tipo de cable se caracteriza por ser más flexible y tener un radio de curvatura menor que la fibra óptica de estructura holgada.

En la figura siguiente se muestra un esquema básico de este cable.

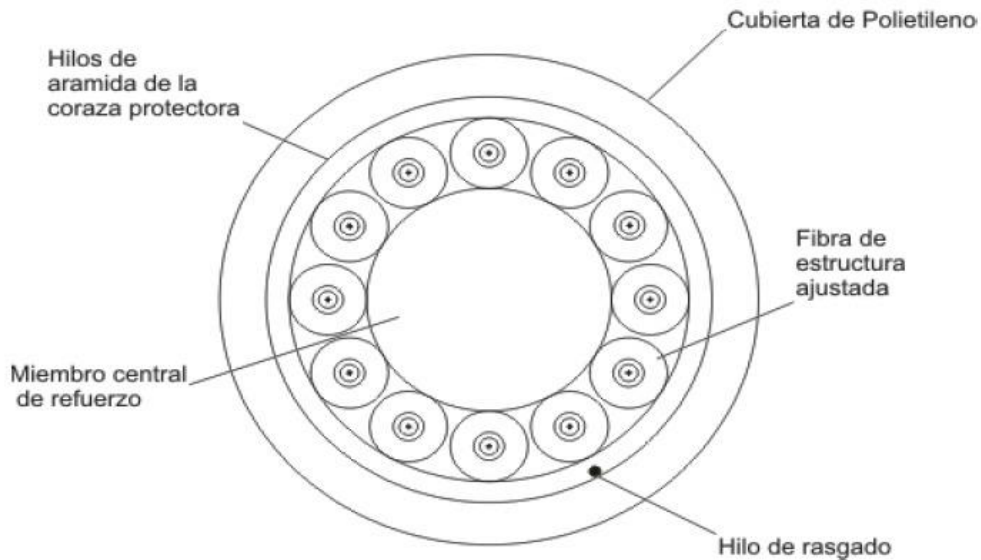


Imagen 13. Estructura genérica de cable de fibra óptica de estructura ajustada.

Fuente: <https://silexfiber.com/portfolio/fibra-optica-ajustada/>

Es interesante mencionar en este apartado que existen otros tipos de cable que se utilizan en instalación de interior tales como el cable RISER y el cable monofibra o de acometida.

El cable RISER es el cable de interior menos costoso por el momento, generalmente se utiliza para cableado vertical en el interior de los edificios que dispongan de ICT y se instala en conductos pasando de una planta a otra dando servicio a todo el edificio.

Estos cables deben tener un diámetro bastante reducido, ya que puede que las canalizaciones verticales de una ICT estén ocupadas para otros servicios. Además, el cable RISER tiene un radio de curvatura muy bajo, es muy flexible y tiene una enorme protección frente a los incendios.

Por otra parte, los cables monofibra o de acometida también permiten la distribución de la señal óptica en el interior de los edificios y se suelen instalar entre la CTO y la roseta, en el hogar del usuario final. Este tipo de cable también presenta una mayor flexibilidad para facilitar su instalación en el interior de las viviendas.

#### 4.2.6.2- SPLITTER

Un splitter, divisor óptico o divisor de haz, es un divisor de potencia pasivo bidireccional con un puerto de entrada y múltiples puertos de salida, capaz de dividir un haz luminoso incidente en dos o más haces luminosos. La relación de estos divisores es generalmente una potencia de 2: 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, y así sucesivamente.

La atenuación en el splitter es la misma, tanto en el canal ascendente como en el descendente, y se obtiene multiplicando el valor de 3 dB por cada múltiplo de 2 del número de salidas que tenga.

Dado que el splitter es un componente pasivo y no requiere energía hace que sea un componente ampliamente utilizado en la mayoría de las redes de FTTH convirtiéndolo en el elemento esencial al permitir que múltiples suscriptores compartan una única interfaz.



*Imagen 14. Ejemplo de splitter*

*Fuente: R. Javier Salvatierra Zambrano (2008). Diseño y Cuantificación de una red de Planta Externa con Gpon-Fth.*

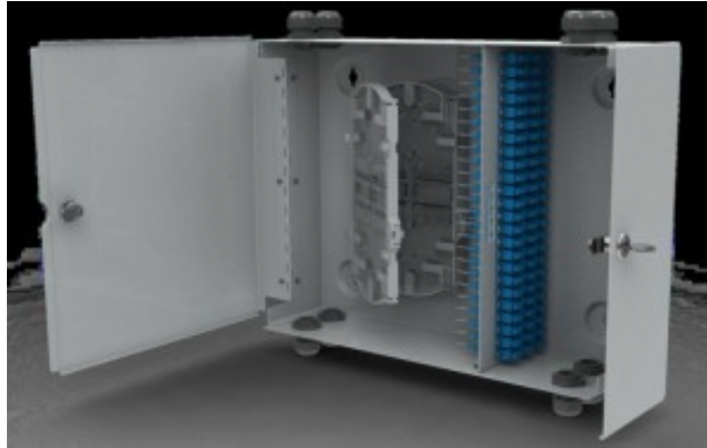
#### 4.2.6.3- ELEMENTOS DE CONEXIÓN

Los elementos de conexión son elementos de soporte que unen unas fibras ópticas con otras. Entre los más importantes, se encuentran los distribuidores de fibra, las cajas de acceso al edificio, las cajas de distribución en planta, las cajas de empalme y las cajas terminales ópticas.

- **Distribuidores/repartidores de fibra óptica exterior (ODF).**

El ODF, tal y como hemos visto en el apartado anterior, es el distribuidor de fibra óptica más utilizado ya que reduce considerablemente los costes y permite una sencilla manipulación facilitando así su posterior mantenimiento.

Un ODF consiste básicamente en una especie de armario donde se realiza el interconexión de cables entre las instalaciones de comunicación. El ODF puede integrar en su interior conectores de fibra óptica, empalmes, adaptadores y conexiones de cables y proporciona una protección frente a daños exteriores.



*Imagen 15. Ejemplo de ODF de montaje en pared.*

*Fuente: A. Cortés. Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Prisma tecnológico. 2016; Vol (7 no1): 20-25.*

- **Cajas de empalme**

Se ubican en el exterior de la red de FTTH, por lo general en las arquetas o cámaras de registro y contienen las distintas fusiones de fibra óptica y los divisores de potencia. Normalmente son el punto de unión entre las redes de alimentación y de distribución y su diseño permite instalarlas en canalizaciones subterráneas o sobre cable aéreo.

Es importante conocer la cantidad de cables de entrada y cables de salida, el número de fusiones, las bandejas... para elegir la caja adecuada.



*Imagen 16. Caja de empalme*

*Fuente: R. Javier Salvatierra Zambrano (2008). Diseño y Cuantificación de una red de Planta Externa con Gpon-Ftth.*

- **Cajas de acceso al edificio y cajas de distribución en planta**

Son cajas estancas de conexión, como las cajas de empalme vistas en el apartado anterior que normalmente se colocan en el RITI.

Se encargan del almacenamiento, fusión y distribución de la fibra óptica y ofrecen mayor resistencia, practicidad y economía de tiempo de instalación.

A partir de las cajas de acceso comienza el despliegue por el interior del edificio, ya que las cajas de distribución en planta se colocan en cada uno de los pisos del edificio y se distribuyen hasta la roseta en la vivienda del abonado.



Imagen 17. Caja de acceso al edificio y caja de distribución por planta.

Fuente: R. Javier Salvatierra Zambrano (2008). *Diseño y Cuantificación de una red de Planta Externa con Gpon-Ftth.*

- **CTOs (Cajas Terminales Ópticas)**

Las cajas de terminales ópticas suelen instalarse en el exterior del edificio o próximo de éste. A partir de este elemento parten los cables monofibra (o de acometida) hacia la roseta en la vivienda del abonado.

En el supuesto de que en un edificio exista un elevado número de vecinos, el CTO puede actuar también como punto de compartición.



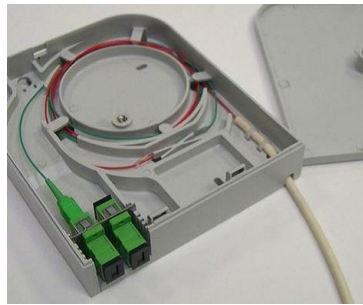
Imagen 18. Caja de Terminal Óptica

Fuente: R. Javier Salvatierra Zambrano (2008). *Diseño y Cuantificación de una red de Planta Externa con Gpon-Ftth.*

#### 4.2.6.4- DISPOSITIVOS EN CASA DEL ABONADO

##### ▪ Roseta óptica

Una roseta permite la terminación del cable de acometida que llega a la vivienda del usuario final en uno o varios conectores en los que se conectará el equipo ONT. Se encarga de proteger a la fibra y facilitar su mantenimiento y reparación en caso de ser necesario.



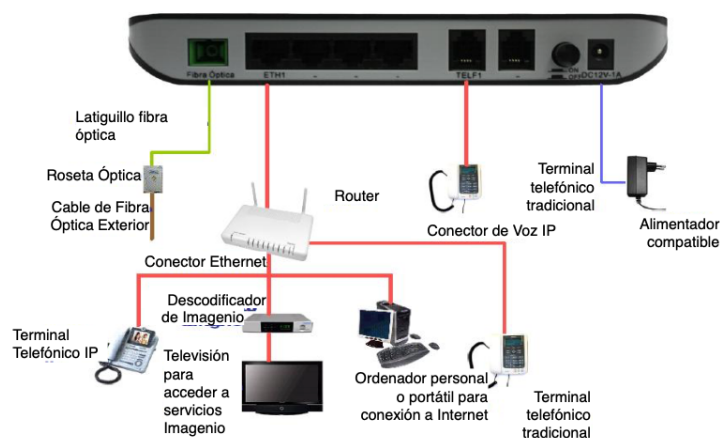
*Imagen 19. Roseta óptica abierta*

*Fuente: R. Javier Salvatierra Zambrano (2008). Diseño y Cuantificación de una red de Planta Externa con Gpon-Ftth.*

##### ▪ ONT

La ONT se instala en la roseta óptica de la vivienda del usuario final y se encarga de recibir y convertir la señal óptica que recibe de la OLT en señales eléctricas facilitando a los clientes conectarse a sus redes de área local.

Además, encapsula los datos de un cliente y los envía a la OLT para que sean redireccionados a la red correspondiente. Para ello dispone de diferentes interfaces. En la imagen siguiente se muestra un esquema de las conexiones de la ONT más habituales:



*Imagen 20. Esquema de conexiones de una ONT*

*Fuente: A. Cortés. Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Prisma tecnológico. 2016; Vol (7 no1): 20-25.*

#### 4.2.6.5- TÉCNICAS DE CONEXIÓN DE FIBRA ÓPTICA

Se pueden utilizar tres métodos distintos para unir fibra óptica: empalme por fusión, empalme mecánico o mediante conectores.

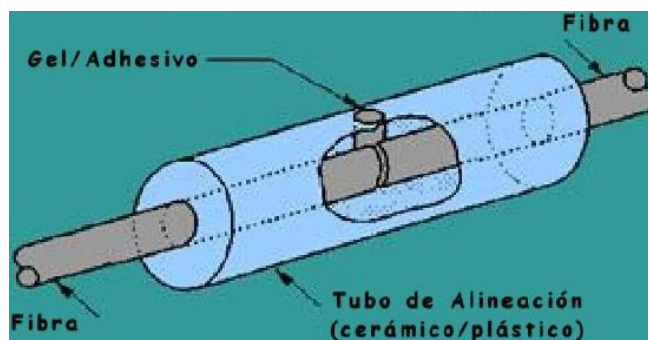
- Los empalmes por fusión son uniones permanentes entre fibras ópticas, se realizan con una máquina, denominada fusionadora, que funde las puntas de las fibras al acércalas a su interior. Presenta unas pérdidas y reflexiones mínimas por lo que es considerado el mejor método respecto a transmisión, fiabilidad y atenuación.



*Imagen 21. Fusionadora de fibras.*

*Fuente: R. Javier Salvatierra Zambrano (2008). Diseño y Cuantificación de una red de Planta Externa con Gpon-Ftth.*

- Los empalmes mecánicos son también uniones permanentes como las fusiones, pero se basan en el uso de unas guías mecánicas para unir las fibras ópticas. Son una alternativa intermedia con respecto a las pérdidas y reflexiones. La ventaja respecto a las fusiones es que no se precisa de máquina para unir las fibras.



*Imagen 22. Composición empalme mecánico.*

*Fuente: A. Cortés. Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Prisma tecnológico. 2016; Vol (7 no1): 20-25.*



- Los conectores son muy variados y su uso es la manera más simple y sencilla de conectar dos fibras ópticas, sin embargo, utilizando conectores las pérdidas y las reflexiones son superiores.

Los diferentes tipos de conectores de fibra óptica que podemos encontrar y sus características aparecen en la tabla siguiente:

	Conexión	Sistema
	ST	Anclaje en giro
	FC	Rosca
	SC	Presión
	LC	Anclaje con pestaña
	MU	Presión
	MT-RJ	Anclaje con pestaña
	MPO	Presión

*Tabla 1. Tipos de conectores empleados para fibra.*

Cabe destacar que dentro de esta clasificación los más habituales son:

- El conector SC (Suscriptor Connector) fue creado por Nippon Telegraph and Telephone y actualmente es el conector de menor coste. Se ajusta a presión, es bastante compacto y es compatible tanto con la fibra monomodo como con la fibra multimodo. Se usa en telefonía y en sistemas de TV por cable y tiene una pérdida de inserción de unos 0.25dB.
- El conector LC (Lucent Connector) fue creado por Lucent Technologies y es el tipo de conector que más se utiliza en sistemas de alta densidad, en la distribución en edificios, en sistemas de TV por cable, en redes FTTH y en redes de Área Local (LAN) gracias a su reducido tamaño. Se ajusta de manera similar al conector RJ-45, es decir, de anclaje con pestaña. Presenta mejoras frente al conector SC, ya que también es compatible con la fibra monomodo y la fibra multimodo, presenta una pérdida de inserción de 0.10dB y es más seguro y compacto.

- El conector FC (Ferrule Connector) fue creado por Nippon Telegraph and Telephone y actualmente está siendo sustituido por los conectores LC y SC. Este conector se ajusta con rosca por lo que proporciona una fijación muy resistente a vibraciones. Es compatible con fibra monomodo y multimodo, pero se suele utilizar en aplicaciones mayoritariamente monomodo y en redes de alta velocidad y tiene una pérdida de inserción de 0.30dB.
- El conector ST (Straight Tip) fue creado por American Telephone & Telegraph, es similar al conector FC y se utiliza en entornos profesionales y redes militares. Se ajusta de manera similar a un conector BNC, es decir, de anclaje por bayoneta. Se utiliza particularmente en fibras multimodo y tiene unas pérdidas de inserción de 0.25dB.

En la siguiente figura se muestra un esquema simple de un conector SC genérico. Cabe señalar que todos los conectores están integrados por una férula mediante un mecanismo de acoplamiento, encargada de sujetar, alinear y proteger a la fibra óptica y que mantiene sujeto el conector en su posición cuando se conecta a otro dispositivo.

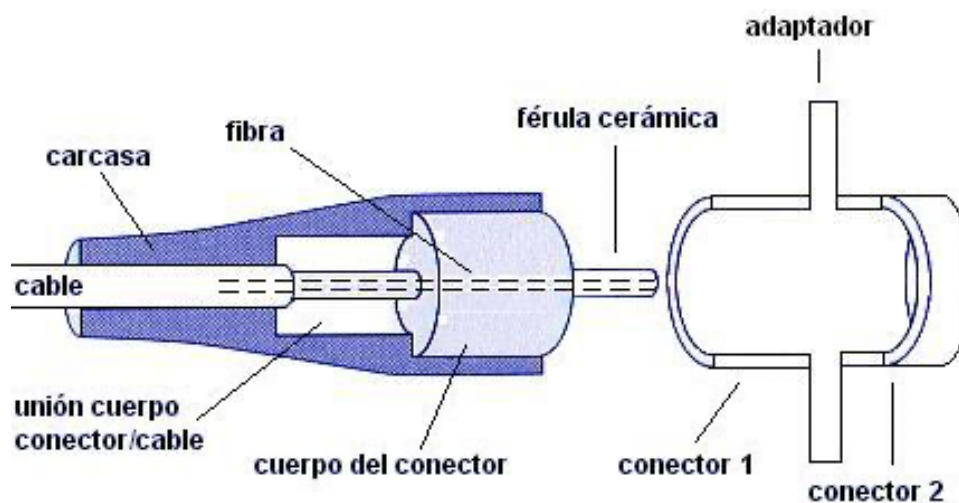


Imagen 23. Estructura básica de un conector SC.

Fuente: <http://www.fibresplitter.com/news/fiber-sfp-module-compatibility-with-apc-upc-24260379.html>

En el conector, el extremo final de la fibra se extiende al final de la férula cerámica. La férula debe ser pulida para su posterior conexión, ya que este pulido determinará la pérdida de retorno de la fibra, es decir, la energía que se pierde cuando la luz se devuelve de la fibra óptica a la fuente de luz.

El pulido de las férulas puede ser de varias maneras dependiendo de cómo se enfrentan las fibras los conectores se clasifican en:

- **PC** (Physical Contact): Los conectores de fibra PC son los más habituales, presentan una ligera curvatura eliminando el espacio entre las férulas y presentan unas pérdidas de retorno entre -30 dB y -40 dB.
- **UPC** (Ultra Physical Contact): Los conectores UPC son una mejora de los conectores PC, ya que tras un pulido prolongado presentan un mejor acabado y una curvatura más pronunciada. Sus pérdidas de retorno oscilan entre los -55 dB, de manera que se consideran ideales para transmitir señales de TV y datos.
- **APC** (Angled Physical Contact): Sus férulas tienen un ángulo de 8° por lo que las conexiones estén mucho más unidas y, por tanto, ofrecen un mejor comportamiento en reflexión. Las pérdidas de retorno oscilan entre los -60dB.

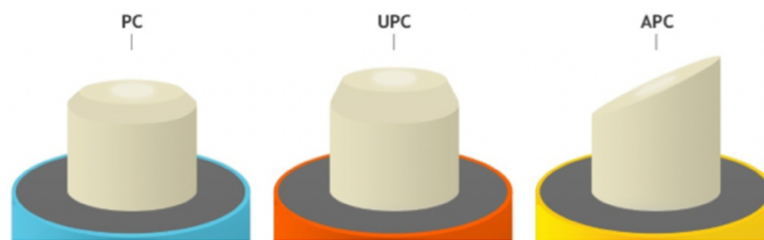


Imagen 24. Tipos de pulidos férula en conexión de fibra

Fuente: <http://www.fibersplitter.com/news/fiber-sfp-module-compatibility-with-apc-upc-24260379.html>

#### 4.2.6.6- EQUIPOS DE AGREGACION DE SERVICIOS

En este subapartado se explican los elementos responsables de la interconexión en una red FTTH.

- **Switches**

Un switch es un dispositivo que se encarga de la transmisión de datos entre un servidor y los aparatos de almacenamiento externos, de una manera rápida y fluida, ya que se caracteriza principalmente por tener un pequeño margen de error en la transmisión y una latencia muy reducida. Los switches conectan las OLTs con los diferentes servidores, del mismo modo que con el router para permitir las conexiones a Internet.

Entre las marcas más conocidas se encuentran Netgear, Tp-Link, Cisco y Hewlett-Packard.

- **Routers**

El router es un dispositivo que suele incorporar un módem (o una ONT) y principalmente se encarga de conectar la red de fibra óptica con Internet. De esta manera puede ofrecer a los abonados servicios de autenticación, DNS, direccionamiento IP...

---

Entre las marcas más conocidas se encuentran Netgear, Tp-Link, Cisco y Asus.

- **Servidores**

Para que el acceso a los datos de los servidores sea rápido y sencillo, es necesario disponer de un buen servidor dedicado.

Un servidor dedicado es un tipo especial de servidores que trabaja exclusivamente para un solo cliente, de esta manera sus recursos (ancho de banda, memoria, almacenamiento...) estarán únicamente disponibles para el cliente en concreto.

## 5. DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA RED FTTH EN XIRIVELLA

Este apartado incluye el objeto principal del proyecto, es decir, el despliegue de fibra óptica en una zona de viviendas multifamiliares ubicada en Xirivella, por lo que engloba toda la planificación, búsqueda de información y su necesario replanteo. A partir de toda la información obtenida, se diseñan las dos partes fundamentales de una red de fibra FTTH: la red de planta externa y la cabecera de red (o central FTTH) siguiendo el estándar GPON, ya que, como hemos visto en los apartados anteriores, es el que mejor se adecua a este tipo de redes. Por último, es necesario hacer un balance óptico de potencia para poder garantizar un correcto y eficiente funcionamiento de la red en el que se tengan en cuenta todas las pérdidas existentes en el sistema.

### 5.1- ESCENARIO DE ACTUACIÓN

Una vez conocidos los criterios de diseño, se debe estudiar en profundidad el área de actuación para poder desarrollar la planificación, el diseño y la instalación de la red.

Actualmente, el servicio de telecomunicaciones en esta zona se realiza por cable de cobre tradicional, no teniendo acceso a los servicios avanzados que sí se encuentran disponibles con tecnología de fibra.

El despliegue de la red FTTH se va a realizar en una manzana de edificios multifamiliares en Xirivella que está delimitada por las siguientes calles:

- Calle José Vicente Casaban Sena.
- Calle Ovidi Montllor.
- Calle Manuel Sanchis Guarner.
- Avenida Camí Nou.



*Imagen 25. Plano de situación de la zona de despliegue.*

## 5.2- PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED FTTH

Como se ha explicado en el punto anterior, se deben realizar actividades de replanteo y de búsqueda de información, tales como: búsqueda de información en la Oficina Virtual de Catastros y en Google Maps, visitas a la zona de despliegue... para obtener gran cantidad de información sobre las características geográficas y demográficas de la zona, las características constructivas y la distribución de las infraestructuras existentes y llevar a cabo despliegue de la red con eficacia y precisión.

En este caso, la zona de actuación está compuesta por 9 edificios multifamiliares de varios pisos que en total suman 106 viviendas, 12 locales y 5 bajos indeterminados.

Cabe señalar que para el cálculo del número de abonados se considera, a efectos prácticos de despliegue, una vivienda y un local como un potencial abonado de la red, es decir, como hogares objetivos.

En este Trabajo Fin de Grado, al tratarse de un trabajo teórico-práctico meramente académico y no conocer la distribución en el interior de los edificios, no se profundiza en la red de dispersión, sino que se centra en el diseño de la red de alimentación y la de distribución.

No obstante, se proponen las siguientes opciones de implementación dependiendo de las características de cada edificio:

- La mayoría de los edificios poseen Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT) por lo que los equipos se instalarán en el RITI.

- En el caso particular de los edificios multifamiliares situados en la Avenida Camí Nou y en la Calle Ovidi Montllor carecen de ICT, pero disponen de garaje por lo que probablemente se instalarán ahí los equipos.

Uno de los criterios de despliegue fundamentales es el de minimizar la obra civil nueva a realizar, lo que se consigue maximizando el uso de canalizaciones existentes. Tras el estudio, se determina que existen canalizaciones e infraestructuras de Telefónica, en concreto arquetas de tipo D y H, por lo que compartirlas supondrá un ahorro importante en los costes y principalmente en tiempo.

Al respecto del uso compartido de estas infraestructuras, es necesario conocer el Servicio MARCo, que ofrece por Telefónica.

En la sección de Servicios Regulados de la web de Movistar, se puede encontrar la siguiente definición:

*“El Servicio Mayorista de Acceso a Registros y Conductos (MARCo) facilita a los operadores adheridos al servicio el acceso al uso compartido de las infraestructuras de obra civil de Telefónica de España. De esta forma, los operadores podrán realizar sus propios despliegues de redes de acceso de nueva generación.”*

En definitiva, se podrá hacer uso de la infraestructura de Telefónica necesaria facilitando el despliegue de la fibra, reduciendo el tiempo de instalación y abaratando los costes. Para obtener más información relativa a la contratación de este servicio se puede consultar la web de Movistar en la que se detalla el procedimiento necesario para realizar una solicitud de uso compartido (SUC) a Telefónica, fundamental en cualquier diseño de FTTH que se realice en España.

Es importante matizar que cualquier instalación debe seguir las normas de seguridad y salud aplicables a la obra que precisa el Estudio Básico de Seguridad y Salud, en el caso de obra civil, que el cableado debe cumplir una legislación específica en cuanto a seguridad y de compartición de conductos (normativa ICT: Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones) y que en todo momento se deben cumplir las actuales Normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y demás Normativa Vigente.

Una vez solicitada la SUC y obtenidas las licencias necesarias se procederá a realizar el diseño de la red de acceso. Teniendo en cuenta que la red de acceso (bucle de abonado o última milla) es la parte de la red de telecomunicaciones con mayor impacto sobre el usuario final, se debe realizar un diseño detallado de cada parte de manera individual:

- Diseño de la central: engloba el dimensionado de los elementos a colocar en la central (número de tarjetas GPON, número de bastidores...)
- Diseño de la red de distribución: engloba el dimensionado de los cables de fibra y la determinación de las etapas de división y número de divisores.
- Diseño de la red de dispersión: engloba el dimensionado de los cables que conforman la vertical del edificio, así como el número de derivadores a utilizar.

En este supuesto se supone que existe espacio libre en las canalizaciones de Telefónica, por tanto, para ocupar el mínimo número de conductos y de arquetas posible, se seguirán los siguientes criterios:

- En la red de alimentación, se usará un conducto PVC con un diámetro de 110mm dividido en un subconducto de 40 mm.
- En la red de distribución, se usará un conducto con un diámetro de 63mm.

En este caso el operador ha establecido un índice de penetración al 40% pero con un dimensionamiento de la estructura al 100% por si en un futuro el 100% quisieran darse de alta se pudiera añadir los splitters necesarios y fusionar más fibras, tal y como se ha explicado con anterioridad.

Teniendo en cuenta que el índice de penetración está relacionado con el nivel de división entre la cabecera y el usuario final, la red se estructura en dos niveles de división:

- Un divisor de primer nivel que normalmente se coloca en el repartidor de fibra óptica (ODF) de la cabecera y que separa la red de alimentación de la de distribución de manera que cada sector debe estar servido por un único divisor de primer nivel.
- Un divisor de segundo nivel que se suele ubicar en la caja de terminación óptica (CTO) de cada finca y que separa la red de distribución de la de dispersión de manera que cada edificio debe estar servido por un único divisor de segundo nivel.

Finalmente, y teniendo en cuenta la planificación anterior, cada usuario potencial (vivienda o local objetivo) recibirá el servicio de la red GPON y podrá disfrutar de un servicio de banda ancha con velocidades en el enlace de bajada de 2.5 Gbps y de subida de 1.25 Gbps a un precio asequible.

### 5.3 PLANOS

La imagen 26 muestra el despliegue de la fibra, donde se presenta la red de alimentación en color azul y la red de distribución en verde para cableado interior y en rosa para exterior. En el ODF se instala un splitter 1:4, representado con un círculo rojo y los equipos que se instalarán están representados con en naranja.

En el anexo se presentan los planos de la red de distribución de cada edificio. Hay que tener en cuenta que la Normativa MARCo, vista en el apartado anterior, se establece un número máximo de cables que se pueden instalar en un conducto, tomando como referencia que la suma de las secciones de todos los cables no puede superar el 40% de la sección útil del conducto.

La red de alimentación, por tanto, se compone de cables de 64 fibras. Teniendo en cuenta la sección de los conductos, para no ocupar más del 40% de la sección del conducto, solo podrán contener como máximo 2 cables de 48 fibras.

Al respecto de los splitters o divisores, se utilizan splitters con relación 1:4 y con relación 1:16.

- Los splitters con relación 1:4 (de primer nivel) se colocan en el ODF de la cabecera.
- Los splitters con relación 1:16 (de segundo nivel) se colocan en las cajas de acceso de cada finca.

Es oportuno recordar que los armarios distribuidores o repartidores de fibra óptica (ODFs) se consideran nodo primario, a partir del cual se despliega la red de distribución hacia cada subzona. Además, los ODFs pueden tener hasta 576 conexiones (suficiente en el despliegue a realizar). Del mismo modo, las cajas de acceso al edificio son el punto de terminación de la red de distribución a partir del cual se despliega la red de dispersión hacia los diferentes hogares de cada edificio y son consideradas como nodo secundario.



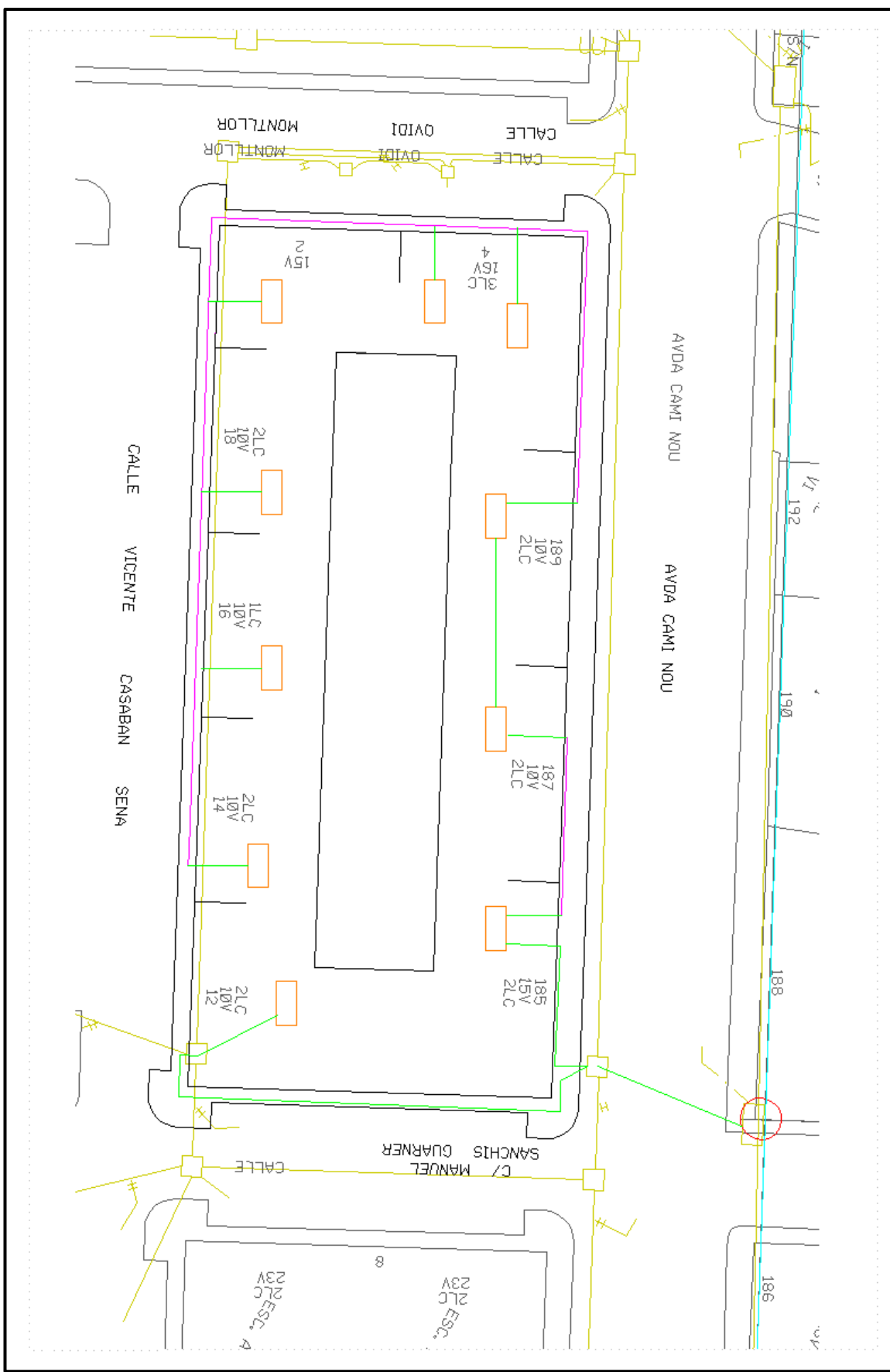


Imagen 26. Plano despliegue de la fibra

## 5.4- CÁLCULO ÓPTICO DE LA RED

Por último, pero no por ello menos importante, es necesario comprobar la integridad de la red y verificar el buen funcionamiento de la red. Para ello es necesario realizar un balance óptico de potencia en el que se deben tener en cuenta todas las pérdidas existentes en el sistema, desde el transmisor al receptor, e incluso se debe dejar un pequeño margen de seguridad por si surgen en un futuro atenuaciones debido al envejecimiento de la red, a las conexiones y/o a problemas de diversa índole.

Cabe señalar que en cuanto al transmisor se debe valorar la potencia de transmisión del láser y que el receptor debe recibir la potencia mínima necesaria para su funcionamiento, lo que se conoce como sensibilidad.

### 5.4.1- MARGEN DE POTENCIA MÁXIMA

Los láseres se clasifican, según el estándar GPON ITU-T G.984, en base a las potencias del transmisor OLT y la sensibilidad mínima del receptor ONT.

Actualmente, los fabricantes se decantan por los láseres B+, por consiguiente, el nivel de salida de la OLT se considera de 1 dB, mientras que la sensibilidad de la ONT se considera de -27 dB, de esta manera se obtiene, para un correcto funcionamiento de la red, una atenuación máxima de 28 dB.

TIPO DE LÁSER	POTENCIA MEDIA MIN. OLT (dBm)	SENS. MIN. OLT (dBm)
CLASE A	-4	-25
CLASE B+	1	-27
CLASE C	5	-26

*Tabla 2. Potencia y sensibilidad mínima dependiendo del tipo de láser.*

Tenemos que distinguir entre las pérdidas dependientes de la longitud de onda y de las que son independientes.

En el primer caso, para obtener los valores de las pérdidas de la fibra óptica que dependen de la longitud de onda, se deben tener en cuenta los datos aportados por el fabricante que siguen la normativa G.652D y que dependen de la ventana de transmisión, en este caso, al tratarse de un despliegue monofibra y transmitir varios servicios, cada uno en una longitud de onda diferente por el mismo cable, se tiene en cuenta el valor más desfavorable, es decir, 0.37 dB.

LONGITUD DE ONDA (nm)	PÉRDIDAS (dB/Km)
1310	0.37
1490	0.3
1550	0.24

*Tabla 3. Pérdidas en la fibra G.652.D dependiendo de la longitud de onda.*

En el segundo caso, para obtener los valores de las pérdidas que no dependen de la longitud de onda tenemos lo siguiente:

Respecto a los conectores, se utilizan los conectores del tipo APC (Angled Physical Contact), estos presentan entre las fibras un ángulo de 8 grados y son los que consiguen un enlace óptico de mayor calidad reduciendo las pérdidas de retorno hasta los -60 dB. Un conector APC tiene 0.3 dB de pérdidas por inserción mientras que la conexión por empalme de fusión presenta unas pérdidas menores de 0.1 dB, pero tiene mayor coste.

Al respecto del splitter se conoce que tiene la misma pérdida tanto en el enlace de subida como en el de bajada. Este valor viene determinado por el número de salidas que presente el divisor tal y como se ha explicado anteriormente.

Como se puede observar en la tabla siguiente, la pérdida por división es la más importante de la red.

ELEMENTO	PÉRDIDAS (dB)
FUSIÓN	0.1
CONECTOR APC	0.3
SPLITTER 1:4	6
SPLITTER 1:16	12.04

*Tabla 4. Pérdidas en la red independientes de la longitud de onda.*

## 5.5- EQUIPOS Y MATERIAL NECESARIO

En este apartado se especifican los equipos y el material que conforman la red de FTTH en base a los requisitos del diseño anterior.

### 5.5.1- EQUIPO DE CABECERA

La OLT es el equipo activo esencial de la red y se instala en la central FTTH. En este caso se utiliza una OLT modular del proveedor Aurora Networks, concretamente, el Terminal de Línea Óptico Trident7.

Este modelo en particular permite ampliar la capacidad de la red, ofrece conectividad IP de punta a punta e incorpora medidas de seguridad a un bajo coste. Sus características principales se detallan en la tabla siguiente:



Imagen 27. OLT Trident7 Aurora Networks.  
Fuente: <https://www.auroranetworks.net>

Características básicas	
Interfases de red	6 x IEEE 802.3ae 10 Gigabit Ethernet via XFP
Control	T7 Element Management Suite
	Flow-Through Provisioning
	Strong QoS & SLA Enforcement Tools
	GUI & Cisco-based CLI
	SNMP
Requerimientos de alimentación	Dual Inputs, -40.5 VDC to -60 VDC
	560 W nominal, 700 W maximo
Disponibilidad	>0.99999 a 40°
Temperatura de operación	0° C a +50° C
Humedad	10% a 90% de humedad relativa
Seguridad	ANSI / UL60950-2000 with UL50
	FCC FDA CFR21, Part 1040
	IEC 60950
Dimensiones	17.5" W x 24.5" H x 12" D
	44.45cm W x 62.23cm H x 30.48cm D
	Montaje en rack de 19"

Tabla 5. Características del OLT Trident7 Aurora Networks.

### 5.5.2- FIBRA ÓPTICA

El tipo de cable de fibra óptica que se utiliza es la fibra monomodo G.652.D de la empresa TELNET REDES INTELIGENTES. Esta fibra presenta un núcleo compuesto por dióxido de silicio dopado que está recubierto por dióxido de silicio.

La fibra G.652 es la fibra más utilizada a nivel mundial y la categoría G.652.D es la versión más reciente. Se elige este tipo de fibra principalmente porque se puede utilizar en segunda y tercera ventana de transmisión (1310 nm y 1550 nm) y admite multiplexación WDM. Además, permite velocidades de transmisión de 10 Gbps hasta 3000 Km y de 40 Gbps hasta distancias de 80 Km y presenta una baja dispersión cromática y baja atenuación.

Las características principales de este tipo de fibra se detallan en la tabla siguiente:

Parámetros ópticos	Fibra no cableada	Fibra cableada
Atenuación a 1310 nm	$\leq 0,35$ dB/Km	$\leq 0,37$ dB/Km
Atenuación a 1383 nm	$\leq 0,35$ dB/Km	$\leq 0,37$ dB/Km
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/Km	$\leq 0,24$ dB/Km
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,23$ dB/Km	
Atenuación en 1285-1625 nm	$\leq 0,40$ dB/Km	
Punto de discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm	$\leq 0,05$ dB	
Longitud de onda de corte	1100 - 1320 nm	$\leq 1260$ nm
Punto de dispersión cero	1300-1324 nm	
Pendiente de dispersión cero	$\leq 0,090$ ps/nm <sup>2</sup> .Km	
Dispersión cromática en 1285 –1330 nm	$\leq 3,5$ ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1550 nm	$\leq 18,0$ ps/nm.Km	
Dispersión cromática en 1625 nm	$\leq 22,0$ ps/nm.Km	
PMD fibra individual	$\leq 0,15$ ps/ $\sqrt{\text{Km}}$	
PMDq (Q=0,01%, N=20)	$\leq 0,08$ ps/ $\sqrt{\text{Km}}$	

Tabla 6.1 Características la fibra óptica G.652.D de TELNET.

Parámetros geométricos	
Diámetro de campo modal 1310 nm	9,20 ± 0,40 µm
Diámetro de campo modal 1550 nm	10,40 ± 0,50 µm
Error concentricidad núcleo/cladding	≤ 0,4 µm
Diámetro cladding	125,0 ± 0,50 µm
Error concentricidad coating/cladding	≤ 12 µm
No circularidad coating	≤ 10 %
Diámetro coating (coloreado)	250 ± 15 µm
Características mecánicas	
Radio de curvatura mínimo	30 mm
Atenuación inducida por macrocurvatura:	
1 vuelta sobre 32 mm a 1550 nm	≤ 0,50 dB
100 vueltas sobre 50 mm a 1310 nm	≤ 0,05 dB
100 vuelta sobre 50 mm a 1550 nm	≤ 0,10 dB
100 vuelta sobre 60 mm a 1625 nm	≤ 0,50 dB
Índice de refracción de grupo efectivo	
1310 / 1383 nm	1,466
1550 nm	1,467

Tabla 6.2 Características la fibra óptica G.652.D de TELNET.

Al respecto del cableado exterior, teniendo en cuenta que produce el despliegue del cableado en los conductos ya existentes de Telefónica, el tipo de cable que se recomienda es un cable multifibra de estructura holgada, ya que es aconsejable que sea resistente a la humedad, que sea flexible y ligero y que se deslice lo mejor posible a través de las canalizaciones. Por lo tanto, el cable utilizado es un cable de fibra óptica de vidrio y doble cubierta polietileno PFVP de TELNET, cuyas características aparecen en las tablas siguientes:

- 1.- Elemento central de refuerzo dieléctrico compuesto de fibra de vidrio.
- 2.- Tubos Activos Holgados de PBT, conteniendo f.o. y tubos pasivos cableados en S-Z en torno al E.C.R. y recubiertos con material bloqueante del agua.
- 3.- Primera cubierta de polietileno.
- 4.- Cabos de fibra de vidrio como elemento de protección anti roedores y de refuerzo resistente a la tracción.
- 5.- Segunda cubierta de polietileno.



Imagen 28. Estructura del cable multifibra PFVP de TELNET  
Fuente: <http://www.telnet-ri.es>

Fibras ópticas por cable	Número de tubos activos – Número de tubos pasivos	Número de fibras por tubo	Diámetro nominal (mm)	Peso nominal (Kg/Km)
12	2—4	6	14,5	165
24	2—4	12	14,5	165
96	8—0	12	16,5	205

Tabla 7. Composición del cable multifibra PFVP de TELNET.

Otras	
Tracción máxima	3000N
Resistencia al aplastamiento	30N/mm
Resistencia al impacto	5J
Curvatura	15 x diámetro del cable

Tabla 8. Características del cable multifibra PFVP de TELNET.

En este proyecto, se considera que los edificios, o bien presentan ICT o disponen de garaje o sótano y aunque no se profundice en el interior de los edificios, es oportuno señalar que un candidato de cableado interior sería el cable multifibra Flexit Cable Riser de TELNET, por ser un cable muy flexible, de fácil pelado y manipulación, cuyas características aparecen en las tablas siguientes:

- 1.- Micromódulos que contienen las fibras ópticas.
- 2 -. Cuerdas de aramida como un refuerzo a la tracción.
- 3 -. Retardante de la llama.



Imagen 29. Estructura del Flexit Cable Riser de TELNET

Fuente: <http://www.telnet-ri.es>

Fibras ópticas por cable	Número de tubos activos – Número de tubos pasivos	Número de fibras por tubo	Diámetro nominal (mm)	Peso nominal (Kg/Km)
16	4-0	4	7,6	45
24	6-0	4	7,6	45
32	8-0	4	7,6	47
48	6-0	8	7,6	49

Tabla 9. Composición del cable multifibra Flexit Cable Riser de TELNET.

Otras	
Tracción máxima	3000N
Resistencia al aplastamiento	25N/mm
Resistencia al impacto	5J
Curvatura	10 x diámetro del cable

Tabla 10. Características del cable multifibra Flexit Cable Riser de TELNET.

Los cables de acometida (monofibra) interconectan las cajas de distribución en planta con la roseta óptica del usuario final. El modelo que se utiliza en este caso es el cable KT-Arámda, holgado totalmente dieléctrico para acometida horizontal interior. Está compuesto de fibra de vidrio, con cubierta de termoplástico retardante de llama, de baja emisión de humos y cero halógenos de TELNET, con 1 fibra, cuyas características aparecen en las tablas siguientes:

- 1.- Tubo central holgado que contiene las fibras ópticas.
- 2.- Cabos de arámda como elemento de refuerzo a la tracción.
- 3.- Cubierta de material termoplástico ignífugo libre de halógenos.

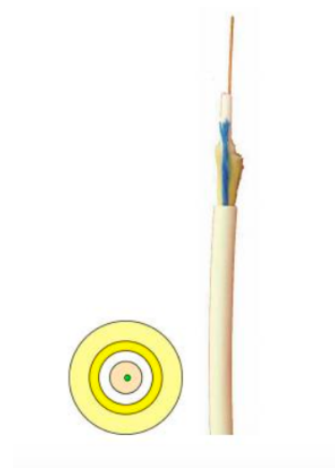


Imagen 30. Estructura del cable KT de acometida de TELNET.

Fuente: <http://www.telnet-ri.es>



Fibras ópticas por cable	Diámetro nominal (mm)	Peso nominal (Kg/Km)
1	4,2	17

Tabla 11. Composición del Cable KT de acometida de TELNET.

Otras	
Tracción máxima	800N
Resistencia al aplastamiento	8N/mm
Resistencia al impacto	2J
Curvatura	10 x diámetro del cable

Tabla 12. Características del Cable KT de acometida de TELNET.

### 5.5.3- SPLITTERS

Los splitters que se utilizan son del tipo Divisor Splitter Optico PLC planar SC APC también de TELNET. La elección del tipo de splitter se realiza en función de la distancia que se quiera cubrir y de la densidad de usuarios. En este caso, se utilizan splitters con relación 1:16 y 1:4. Cabe recordar que, con un nivel de división menor, a igualdad de elementos activos, se obtiene una distancia de cobertura mayor, ya que la señal se divide menos, sin embargo, si **se utiliza un** nivel de división mayor se puede dar cobertura a áreas de mayor densidad.

Presentación	Dimensiones (mm)	Tipo splitter	Terminación	Detalle
Bandeja / Rack	438 x 44 x 222 mm	1x4, 1x8, 1x16 y 1x32 (1 unidad de altura)	Adaptadores (FC/APC, SC/APC)	
	438 x 88 x 222mm	1x64 (2 unidades de altura)		
Módulo conectores SC/APC	115 x 75 x 8,5 mm	1x2	Cordón 2 mm	
		1x4		
		1x16		
		1x32		
	115 x 75 x 15 mm	1x64		

Imagen 31. Splitters y módulos de TELNET  
Fuente: <http://www.telnet-ri.es>

El splitter PLC se caracteriza por trabajar en un amplio rango de temperaturas y en varias longitudes de onda, es de tamaño reducido y presenta una alta confiabilidad. La imagen siguiente contiene una tabla con las principales características de los splitters PLC de TELNET.

Tipo	1×2	1×4	1×8	1×16	1×32	1×64
Longitud de onda (nm)	1260-1650					
Pérdida de inserción (dB) Máx. (P/S)	3.8/4.0	7.2/7.4	10,5/10,7	13.5/13,7	16,5/16,9	20.5/21
Uniformidad (dB) Máx. (P/S)	0,6	0,6	0,8	1,2	1,7	2,5
Pérdida de retorno (dB) Mín. (P/S)	50/55					
PDL Sensibilidad a polarización (dB) Máx (P/S)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
Directividad (dB)	55					
Longitud de fibra (m)	1 (±0,1) Otras longitudes bajo demanda					
Tipo de fibra	G657A (Otras fibras bajo demanda)					
Pérdidas en función de longitud de onda (dB)	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8
Sensibilidad a la temperatura (dB)	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	1
Temperatura de funcionamiento	-40 a +85 °C					
Temperatura de trabajo	-40 a +85 °C					
Dimensiones mm	4x4x40	4x7x50	4x7x50	4x7x50	4x7x60	4x7x60

*Imagen 32. Características del Divisor Splitter Optico PLC planar SC APC de TELNET*

#### 5.5.4- ELEMENTOS DE CONEXIÓN

- Armario distribuidor o repartidor de fibra óptica (ODF).

Se utiliza un repartidor de fibra (ODF) del fabricante TruGlo TFO. Cabe señalar que se usa un repartidor de fibra de gran tamaño que se ubica en la cabecera y otros de dimensiones más reducidas en diferentes puntos de la planta externa.



Imagen 33. ODF modular de TruGlo TFO.  
<http://www.tfosolutions.com>

- Cajas de empalme.

En las arquetas se utilizan cajas de empalme que contienen las diferentes fusiones de fibra y los divisores de potencia. Cabe recordar que son el punto de unión entre la red de alimentación y la red de distribución.

Las cajas de empalme que se usan son del fabricante TruGlo TFO y se distinguen dos modelos dependiendo de su tamaño:

- SAM-2: se utilizan en las arquetas que tienen suficientes empalmes.



Imagen 34. Caja TruGlo TFO tipo SAM2  
<http://www.tfosolutions.com>

Características básicas	
Nº máximo de fusiones	24 empalmes
Bandejas de empalmes	1 bandejas de 24
Capacidad	4 entradas
Diámetro cables entrada	8-15mm
Dimensiones	270x80x160mm

Tabla 13. Características de la caja de empalmes TruGlo TFO tipo SAM2

- SAM-4: se utilizan en las arquetas que tienen pocos empalmes.

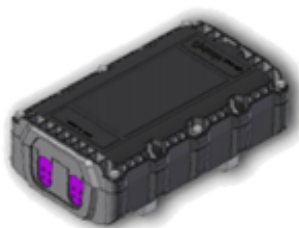


Imagen 35. Caja TruGlo TFO tipo SAM4.  
<http://www.tfsolutions.com>

Características básicas	
Nº máximo de fusiones	48 empalmes
Bandejas de empalmes	4 bandejas de 12
Capacidad	6 entradas
Diámetro cables entrada	8-24mm
Dimensiones	522x174x211mm

Tabla 14. Características de la caja de empalmes TruGlo TFO tipo SAM4

- Caja de acceso al edificio.

En cada edificio se coloca una caja de acceso a partir de las cuales se despliega la red de dispersión, formada por los cables Riser y monofibra, por el interior del edificio hacia las rosetas de todos los hogares de la red.

Cabe recordar que las cajas de acceso se encargan del almacenamiento, fusión y distribución de la fibra óptica y ofrecen mayor resistencia, practicidad y economía de tiempo de instalación.

Un ejemplo de caja de acceso sería la caja estanca del fabricante TruGlo TFO, ya que permite combinar conectores APC con fusiones y presenta múltiples capacidades.

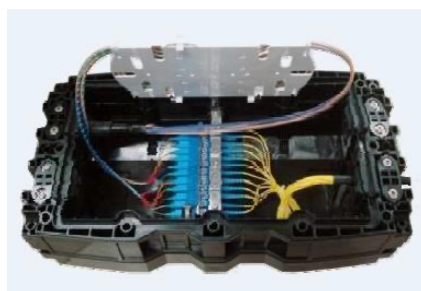


Imagen 36. Caja de acceso TruGlo TFO al edificio  
<http://www.tfsolutions.com>

- Caja de distribución de planta.

A la caja de distribución le llega el cable RISER procedente de la caja de acceso anterior y de ella parten los cables de acometida hacia los usuarios finales. Una posible opción sería la caja de planta también del fabricante TruGlo TFO, ya que garantiza la seguridad y permite la distribución tanto con fusiones como con conectores.



Imagen 37. Caja de distribución por planta TruGlo TFO.  
<http://www.tfosolutions.com>

- Latiguillos. y conectores

Los latiguillos se utilizan para interconectar los equipos de cabecera y se terminan en dos conectores, uno en cada extremo. Como se ha visto con anterioridad, los conectores son diferentes dependiendo de los elementos a conectar.

Para el suministro tanto de latiguillos como de conectores se ha elegido también la empresa TELNET, cuyas características aparecen en la tabla siguiente:

Características básicas
Vida útil > 1000 conexiones
Fijación mediante clips metálicos
Pérdidas de inserción como máximo de 0,30dB
Rango de temperatura de operación entre -20°C y 80°C

Tabla 15. Características de los conectores TELNET.

### 5.5.5- DISPOSITIVOS EN CASA DEL ABONADO

- Roseta óptica.

La roseta se considera el punto de conexión de terminación de red. En este supuesto, las rosetas utilizadas son rosetas para montaje en pared también de la empresa TELNET que está formada por tres elementos: la base (3), la bandeja de empalme (2) y la tapa (1). Es muy fácil de instalar, ligera, versátil e inmune a interferencias eléctricas.

Sus principales características son que disponen de 2 puertos, tienen una capacidad máxima de 2 fibras y que permiten cables de 5mm de diámetro.

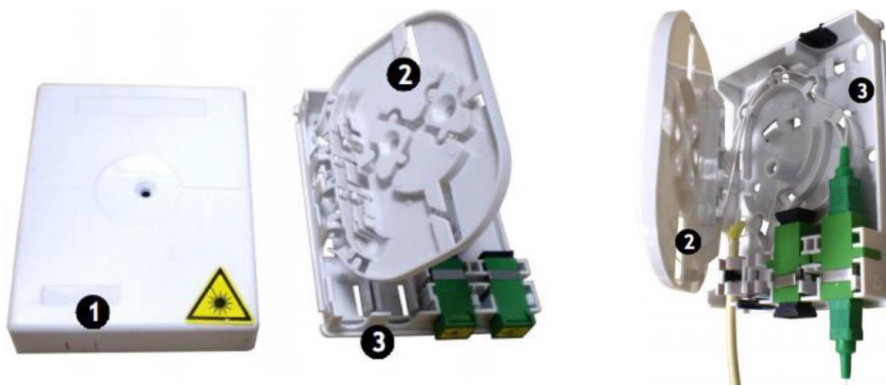


Imagen 38. Composición de la roseta óptica TELNET.  
Fuente: <http://www.telnet-ri.es>

- ONT

La ONT es el equipo que se ubica en la vivienda del abonado. El modelo seleccionado es GPON-ONT WaveAccess 4532 TELNET, ya que maximiza las posibilidades de la red GPON. Presenta 4 puertos Ethernet, 1 puerto de RF que permite la conexión directa a un monitor y 2 puertos para POTS.

Este equipo cumple con el ITU-T G.984 e integra funcionalidades de Gateway residencial, para ofrecer servicios de triple play y WiFi para acceso a red y sus principales características se muestran en la tabla siguiente:



Imagen 39. Parte trasera del WaveAccess 4532  
Fuente: <http://www.telnet-ri.es>

Características principales
Downstream 2.5G y 1.25G Upstream
4×10/100/1000 Base-TX Ethernet
2×POTS RJ-11 interfaz telefónica para el servicio de VoIP
1×coaxial RF Overlay
Totalmente compatible con todas las OLTs del mercado.

Tabla 16. Características del ONT TELNET.

#### 5.5.6- EQUIPOS DE AGREGACION DE SERVICIOS

En cuanto a la elección del switch, se utiliza un switch Layer 3 CISCO capaz de funcionar como router y como conmutador. En concreto, se usa el ME-3600X-24TS-M de la empresa CISCO, cuyas características se detallan en la tabla siguiente.



Imagen 40. Switch Layer3 3600X-24TS-M de CISCO  
<http://www.cisco.com>

Características básicas	
<b>Puertos</b>	24xGbEthernet 2 x 10GbEthernet
<b>Consumo</b>	192 W
<b>Unidades de Rack ocupadas</b>	1 unidad
<b>Memoria RAM</b>	1 GB
<b>Memoria Flash</b>	64MB
<b>Buffer de paquetes</b>	44MB
<b>Capacidad de switching</b>	44 Gbps
<b>Niveles OSI</b>	Layer 2 y Layer 3
<b>Protocolos destacados</b>	EnrutamientoIPv4 e IPv6 estático MPLS, IS-IS,OSPF, BGP, EIGRP, DVMRP, MI-SM, IGMPv3, SSM, GRE. IEEE 802.1Q VLAN SNMP STP (802.1d) y MSTP (802.1w) Agrupación de puertos (802.3ad) Muchos otros

Tabla 17.1. Características del Switch Layer3 3600X-24TS-M de CISCO

<b>Seguridad</b>	802.1X: RADIUS, DHCP PPPoE Protocolo Secure Shell (SSH) Protección de raíz de STP Secure Core Technology (SCT) Datos confidenciales seguros (SSD) Seguridad de puertos Control de tormentas Prevención de denegación de servicio (DoS) Prevención de congestión ACL
------------------	--

Tabla 17.2. Características del Switch Layer3 3600X-24TS-M de CISCO

Al respecto del servidor de gestión, se utiliza el PowerEdge R815 de la empresa DELL, ideal por su alto rendimiento y alta fiabilidad. Sus principales características se muestran en la tabla siguiente.



Imagen 41. Servidor PowerEdge R815 Dell  
<http://www.dell.com>

Características básicas	
<b>Procesador</b>	AMD Opteron serie 6100
<b>Memoria</b>	Hasta 1 TB (32 ranuras DIMM): 1, 2, 4, 8, 16 o 32 GB
<b>Almacenamiento interno máximo</b>	Hasta 6 TB
<b>Compartimentos para unidades</b>	Chasis de 6 discos duros
<b>Controlador de red</b>	Dos NIC Gigabit Broadcom 5709C de dos puertos
<b>Comunicaciones</b>	Permite 10GBase-T
<b>Consumo</b>	570W
<b>Tamaño</b>	2 unidades de rack

Tabla 18. Características del Servidor PowerEdge R815 Dell

## 6. PRESUPUESTO

En este apartado se detallan el presupuesto de la obra y las características principales de los equipos y del material fundamental que se necesita para realizar el despliegue de la red.



EQUIPOS OLT					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
OLT-001	Chasis OLT Trident7	ud	1	2850	2850
OLT-002	Módulo PSM02 para chasis Trident7	ud	1	2000	2000
OLT-003	Módulo PMM01 para chasis Trident7	ud	1	2500	2500
OLT-004	Módulo PIM-GPON para chasis Trident7	ud	1	3000	3000
OLT-005	Módulo PIM-P2P para chasis Trident7	ud	1	3000	3000
OLT-006	5 años de garantía para OLT	ud	1	500	500
OLT-007	RACK 42 ud 19"	ud	1	540	540
EQUIPOS VIDEO_RF					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
VRF-001	Cabecera para CATV+TVSAT	ud	1	2500	2500
VRF-002	Transmisor óptico a 1550nm	ud	1	9000	9000
VRF-003	Splitter óptico modular 1 a 8 para instalación en subrack	ud	1	142	142
VRF-004	EDFA+WDM	ud	1	1200	1200
VRF-005	NEC-E o Elemento para el control de gestión	ud	1	1000	1000
VRF-006	Subracks y material similar	ud			300
EQUIPOS AGREGACIÓN Y ENRUTADO					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
AGGENR-001	Switch de agregación con funciones de capa 3	ud	1	2000	2000
VRFAGGENR-001	RACK 42 ud 19"	ud	1	540	540
SERVIDORES Y AGREGACION PLANTA EXTERNA					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
SERV-001	Servidor de gestión de planta externa (EMS)	ud	1	3000	3000
SERV-002	Switch agregación planta externa	ud	1	1250	1250
SERV-003	Servidor IPTV+VOD	ud	1	11000	11000
SERV-004	Softswitch Cisco	ud	1	2000	2000
SERV-005	RACK 42 ud	ud	1	540	540
SOFTWARE					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
SOFT-001	Trident7 EMS Software y garantía un año	ud	1	2000	2000
EQUIPAMIENTO ALIMENTACIÓN					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
AL-001	Equipamiento de alimentación (SAIs, rectificador, generador y cables)	ud	1	8700	8700
EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD Y ACONDICIONAMIENTO					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
SEG-001	Equipamiento de seguridad (Antiincendios, antiintrusos,etc)	Ud	1	3400	3400
<b>TOTAL EQUIPOS ACTIVOS, ALIMENTACIÓN, SEGURIDAD Y ACOND. (€)</b>					<b>62,962</b>

Presupuesto 1 -Material necesario en la cabecera de red. Equipos activos.

ODF					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
ODF-001	Armario ODF para cabecera 42U	ud	1	450	450
ODF-002	Repartidor Modular DOBEX-4U	ud	5	20	100
ODF-003	Slots SMT interconexión de fibras	ud	50	10	500
ODF-004	Slots Splitters preconectorizados 1 a 4	ud	10	97,3	973
CONECTORES Y LATIGUILLOS					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
CNLAT-001	SC/APC - SC/APC simplex SM 5m	ud	45	9,18	413,10
CNLAT-002	SC/UPC - SC/UPC simplex SM 5m	ud	45	9,18	413,10
CNLAT-003	LC-LC duplex MM 5m	ud	2	9,18	18,36
CNLAT-004	UTP cat.6 10m	ud	3	7,35	22,05

<b>TOTAL EQUIPOS PASIVOS (€)</b>	<b>2.889.61</b>
----------------------------------	-----------------

<b>TOTAL MATERIAL NECESARIO EN CABECERA DE RED (€)</b>	<b>65,851.61</b>
--	------------------

Presupuesto 2- Material necesario en la cabecera de red. Equipos pasivos.

CABLES FIBRA OPTICA					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
CFO-001	Cable PFVP planta externa 96 FO	km	1	1559	1559
CFO-004	Cable riser 16 FO	km	10	1303	13.030
CFO-005	Cable de acometida	km	53	298	15.794
DISPOSITIVOS PASIVOS					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
DP-007	Slot Splitter preconectorizado 1 a 4	ud	1	97,3	97,3
DP-008	Slot Splitter preconectorizado 1 a 8	ud	23	115	2645
DP-013	Caja de terminación óptica (CTO)	ud	10	40	400
DP-010	Caja de empalme SAM4	ud	1	70	70
DP-011	Caja de reparto por planta	ud	23	26,7	614,1
DISPOSITIVOS USUARIO					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
U-001	Roseta óptica	ud	123	25	3075
U-002	ONT	ud	123	65	7995
<b>TOTAL MATERIAL NECESARIO PLANTA EXTERNA (€)</b>				<b>45,279.4</b>	
<b>TOTAL MATERIAL (€)</b>				<b>111,131.01</b>	

*Presupuesto 3 - Material necesario en la planta externa*

EQUIPOS OLT					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOOLT-001	Instalación Chasis OLT Trident7	ud	1	500	500
MOOLT-002	Instalación de módulos	ud	4	35	140
EQUIPOS VIDEO_RF					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOVRF-001	Instalación cabecera para CATV+TVSAT	ud	1	500	500
MOVRF-002	Instalación transmisor óptico a 1550nm	ud	1	500	500
MOVRF-003	Instalación Splitter óptico modular en subrack	ud	1	20	20
MOVRF-004	Instalación de los EDFA+WDM	ud	1	83	83
MOVRF-005	Instalación NEC-E o Elemento para el control de gestión	ud	1	40	40
EQUIPOS AGREGACIÓN Y ENRUTADO					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOAGGENR-001	Instalación Switch de agregación con funciones de capa 3	ud	1	500	500
SERVIDORES Y AGREGACIÓN PLANTA EXTERNA					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOSERV-001	Instalación Servidor de gestión de planta externa (EMS)	ud	1	500	500
MOSERV-002	Instalación Switch agregación planta externa	ud	1	200	200
MOSERV-003	Instalación Servidor IPTV+VOD	ud	1	500	500
MOSERV-004	Instalación Softswitch Cisco	ud	1	500	500
SOFTWARE					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOSOFT-001	Instalación software EMS	ud	1	300	300
EQUIPAMIENTO ALIMENTACIÓN					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOAL-001	Instalación equipamiento de alimentación (SAIs, rectificador, generador y cables)	ud	1	1000	1000
EQUIPAMIENTO SEGURIDAD Y ACONDICIONAMIENTO					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOSEG-001	Instalación quipamiento de seguridad (Antiincendios, antiintrusos,etc)	ud	1	2490	2490
<b>TOTAL INSTALACIÓN EQUIPOS ACTIVOS , ALIMENTACIÓN, SEGURIDAD Y ACOND. (€)</b>				<b>7,773</b>	

*Presupuesto 4 - Mano de obra en la instalación de elementos emplazados en la cabecera de red. Instalación equipos activos.*

ODF					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOODF-001	Instalación armario ODF para cabeza 42U	ud	1	235	235
MOODF-002	Instalación repartidor Modular DOBEX-4U	ud	5	15	75
MOODF-003	Instalación Slot SMT interconexión de fibras	ud	50	7	350
MOODF-003	Instalación Slot Splitters preconectorizado 1 a 4	ud	10	20	200
CONECTORES Y LATIGUILLOS					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOCNLAT-001	Instalación SC/APC - SC/APC simplex SM 5m	ud	45	1,25	56,25
MOCNLAT-002	Instalación SC/UPC - SC/UPC simplex SM 5m	ud	45	1,25	56,25
MOCNLAT-003	Instalación LC-LC duplex MM 5m	ud	2	1,25	2,5
MOCNLAT-004	Instalación UTP cat.6 10m	ud	3	1,25	3,75
<b>TOTAL INSTALACIÓN EQUIPOS PASIVOS (€)</b>				<b>978.75</b>	
<b>TOTAL INSTALACIÓN MATERIAL EN CABECERA DE RED (€)</b>				<b>8751.75</b>	

Presupuesto 5 - Mano de obra en la instalación de elementos emplazados en la cabecera de red. Instalación equipos pasivos.

CABLES FIBRA OPTICA					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOCFO-004	Fusión menor o igual de 48FO. por fusión.	ud	134	11	1,474
MOCFO-005	Fusión mayor o igual de 48FO. por fusión.	ud	0	9,5	0
MOCFO-006	Tendido por el interior de edificaciones	ml	10	3,2	32
MOCFO-007	Tendido grapado de cable FO por galería o fachada	ml	10	2,15	21,5
DISPOSITIVOS PASIVOS					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MODP-002	Instalación repartidor Modular DOBEX-4U	ud	5	15	75
MODP-003	Instalación Slot SMT interconexión de fibras	ud	50	7	350
MODP-010	Instalación Caja de empalme SAM4 en arqueta	ud	1	20	20
MODP-007	Instalación Slot Splitters preconectorizados 1 a 4	ud	1	12	12
MODP-008	Instalación Slot Splitters preconectorizados 1 a 8	ud	23	18	414
MODP-013	Instalación CTO	ud	10	20	200
MODP-012	Instalación Caja de reparto por planta	ud	23	15	345
DISPOSITIVOS POR USUARIO					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MOU-001	Instalación Roseta óptica	ud	123	7	861
<b>TOTAL INSTALACIÓN MATERIAL EN PLANTA EXTERNA (€)</b>				<b>3,804.5</b>	
<b>TOTAL MANO DE OBRA (€)</b>				<b>12,556.25</b>	

Presupuesto 6 - Mano de obra en la instalación de elementos en planta externa.

SOLICITUD DE INFORMACIÓN, REPLANTEO Y ALTA					
Referencia	Elemento	U	Cantidad	Precio Unitario(€)	Subtotal(€)
MARC-001	Solicitud de Información de Vacantes	ud	1	31,57	31,57
MARC-002	Análisis de Solicitudes Previo a la Visita - Replanteo	ud	1	52,5	52,5
MARC-003	Actividad de Visita - Replanteo	ud	1	154	154
MARC-006	Precio de alta tras replanteo	ud	1	31,5	31,5
MARC-005	Apertura Arqueta	ud	2	15,41	30,82
<b>TOTAL SERVICIO MARCO (€)</b>				<b>300.39</b>	

Presupuesto 7 - CLÁUSULAS SERVICIO MARCO

## RESUMEN DEL PRESUPUESTO

<b>MATERIAL</b>	
MATERIAL NECESARIO EN CABECERA DE RED	
Equipos activos, alimentación, seguridad y acondicionamiento	<b>62,962</b>
Equipos pasivos	<b>2,889.61</b>
<b>TOTAL MATERIAL NECESARIO EN CABECERA DE RED</b>	<b>65,851.61</b>
MATERIAL NECESARIO EN PLANTA EXTERNA	<b>45,279.4</b>
<b>TOTAL MATERIAL</b>	<b>111,131.01</b>
<b>MANO DE OBRA</b>	
MANO DE OBRA EN LA INSTALACIÓN DE ELEMENTOS EMPLAZADOS EN LA CABECERA DE RED	
Instalación equipos activos, alimentación, seguridad y acondicionamiento	<b>7,773</b>
Instalación equipos pasivos	<b>978.75</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA INSTALACIÓN DE ELEMENTOS EMPLAZADOS EN LA CABECERA DE RED</b>	<b>8,751.75</b>
MANO DE OBRA EN LA INSTALACIÓN DE ELEMENTOS EMPLAZADOS EN PLANTA EXTERNA	<b>3,804.5</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>12,556.25</b>
<b>CLÁUSULAS SERVICIO MARCO</b>	
<b>TOTAL CLÁUSULAS SERVICIO MARCO</b>	<b>300.39</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>123,987.65</b>

*Presupuesto 8 – Resumen del presupuesto*

## 7. CONCLUSIÓN

La demanda de servicios de telecomunicaciones está en auge, sobre todo desde que comenzó la pandemia de COVID-19, tanto por motivos de continuidad comercial como personal.

El número de personas que ahora trabajan desde casa ha aumentado considerablemente. Hoy en día, la mayoría de las interacciones sociales, si no todas, ocurren a través de redes móviles e Internet incluso la educación y los servicios de atención médica son en línea. Es por ello por lo que se conocen los servicios de telecomunicaciones como un servicio esencial.

La red que se ha diseñado en este Trabajo de Fin de Grado es una red FTTH pasiva y con conexiones punto a multipunto que gracias a la multiplexación WDM permite transmitir sobre una misma fibra múltiples servicios avanzados de banda ancha.

En nuestra sociedad acelerada, nuestra nueva normalidad es poder cargar videos, archivos y hacer llamadas telefónicas mientras descargamos contenido simultáneamente. La fibra óptica proporciona un elevadísimo ancho de banda y mayor ancho de banda significa mayor velocidad. Además, su bajo coste y su gran aislamiento electromagnético (inmune a las interferencias) hace que sea el medio de transmisión idóneo en las redes FTTH.

---

Las fibras ópticas más adecuadas para el despliegue de FTTH son las fibras monomodo de dispersión aplanada. La elección de este tipo de fibra se debe a que las fibras monomodo permiten distancias de transmisión mayores que las multimodo, mientras que la técnica de dispersión aplanada permite que las diferentes longitudes de onda que se transmiten por la fibra sufran la misma dispersión.

La fibra presenta muy bajas pérdidas de atenuación, lo que implica menos repetidores y en comparación con los cables de cobre, los cables de fibra óptica son más delgados y livianos. La fibra puede soportar más presión de tracción que el cobre y es menos propensa a sufrir daños y roturas. A su vez, la fibra es flexible, se puede doblar con facilidad y resiste la mayoría de los elementos corrosivos que suelen atacar a los cables de cobre.

Es importante recordar que los cables de fibra óptica no conducen corrientes eléctricas, lo que hace que las conexiones de datos de fibra sean totalmente resistentes a las interferencias electromagnéticas, los rayos o las señales de radio.

Las redes de fibra óptica tampoco son susceptibles a las inclemencias del tiempo, que pueden interferir o detener la transmisión de datos a través del cableado de cobre. Además, eliminan muchos de los problemas de latencia y vulnerabilidad que experimentan los usuarios en Internet por cable, especialmente cuando descargan o cargan un video o consumen contenido de alta definición.

En definitiva, FTTH es la tecnología de banda ancha más rápida, ecológica y ampliamente implementada. Y su futuro también parece brillante. América del Norte y Japón registran la mayor cuota de mercado mundial de fibra hasta el hogar. Europa está al borde de la era dorada de la fibra óptica. La fibra está en todas partes, por lo que se puede usar para conectarlo todo: hogares, negocios, industria 4.0, ciudades inteligentes, 5G... Todo en la misma infraestructura de fibra. Bienvenidos y bienvenidas al futuro Fiber for Everything.

---

## BIBLIOGRAFIA/WEBGRAFÍA

### Libros y artículos:

- [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] Alejandro Lozano Blanco (2014). Estudio de las redes FTTH y despliegue de una red FTTH en el barrio de los Bermejales, Sevilla. Editorial Universidad de Sevilla.
- [4] Prat, J. (2008). Next-generation FTTH passive optical networks (1st ed). Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.
- [5] R. Ramaswami. (2002). Optical networks: A practical perspective (2nd ed.). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- [6] A. Cortés. Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios. Prisma tecnológico. 2016; Vol (7 no1): 20-25.
- [7] R. Javier Salvatierra Zambrano (2008). Diseño y Cuantificación de una red de Planta Externa con Gpon-Ftth.

### Material alojado en sitios web y contribuciones básicas:

- [8] International Telecommunication Union. Redes ópticas pasivas de capacidad Gigabit PON: Características generales. Recomendación UIT-T G.984.1(3/2008). <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>
- [9] The Institute of Electrical and Electronics Engineers. Ethernet in the First Mile Task Force. Recomendación IEEE 802.3ah (6/2004). <http://www.ieee802.org/3/efm/>
- [10] International Telecommunication Union. Características de las fibras y cables ópticos monomodo. Recomendación UIT-T G.652.(06/2005). <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>

---

[11] Servicio MARCo Telefónica 2013. Sitio web del Servicio Regulado. [https://www.movistar.es/operadores/ServiciosRegulados/ficha/PRO\\_MARCO](https://www.movistar.es/operadores/ServiciosRegulados/ficha/PRO_MARCO)

[12] Servicio MARCo Telefónica 2013. Normativa técnica de compartición de infraestructuras para Servicio MARCo.

<https://www.movistar.es/rpmm/estaticos/operadoras/servicios-regulados/oferta-acceso-registros-y-conductos-marco/01-normativatecnica.pdf?bys=037>

[13] Compatibilidad del módulo de fibra SFP con APC, UPC, PC

<http://www.fibresplitter.com/news/fiber-sfp-module-compatibility-with-apc-upc-24260379.html>

### **Páginas web referentes a la elección de equipos:**

[14] AURORA Networks. Referencia de equipos OLTs y software EMS. Disponible en: <https://www.auroranetworks.net>

[15] TELNET Redes Inteligentes. Referencia de cables de fibra óptica, splitters, ONTs y otros. Disponible en: <http://www.telnet-ri.es>

[16] TFO SOLUTIONS. Referencia de material pasivo (ODF, cajas de conexión, etc). [En línea]. Disponible en: <http://www.tfosolutions.com>

[17] SILEX FIBER. Referencia de equipos de video RF (transmisores, EDFAs, etc). [En línea]. Disponible en: <https://silexfiber.com>

[18] CISCO Systems. Referencia de equipos de agregación y enrutado, y Softswitch. [En línea]. Disponible en: <http://www.cisco.com>

[19] DELL. Referencia de equipos servidores. [En línea]. Disponible en: <http://www.dell.com>

[20] APC. Referencia de equipos de alimentación. [En línea]. Disponible en: <http://www.apc.com/home/es/es/>

# ANEXO

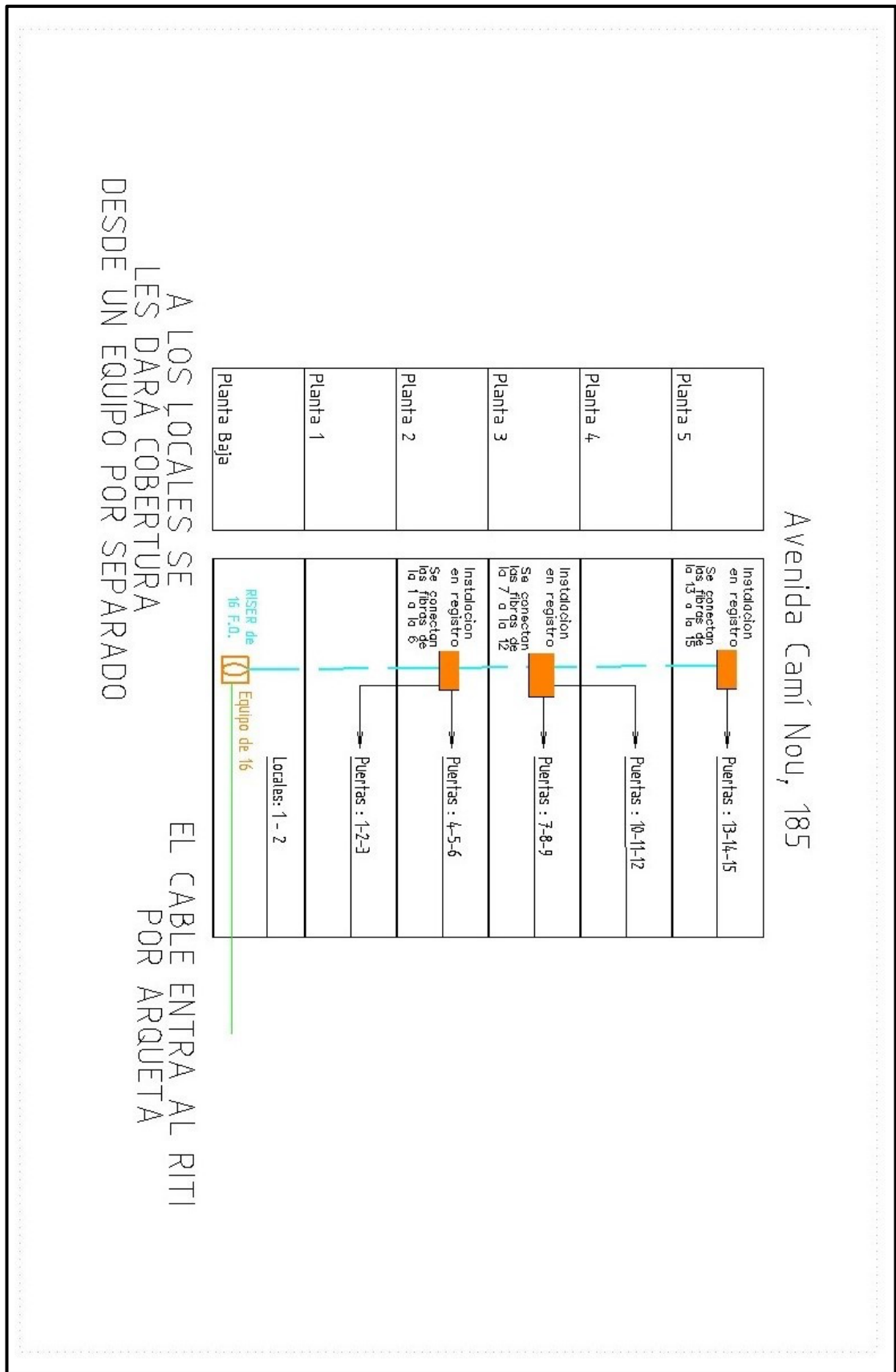


Imagen 42. Plano Camí Nou, 185





Imagen 43. Plano Camí Nou, 187

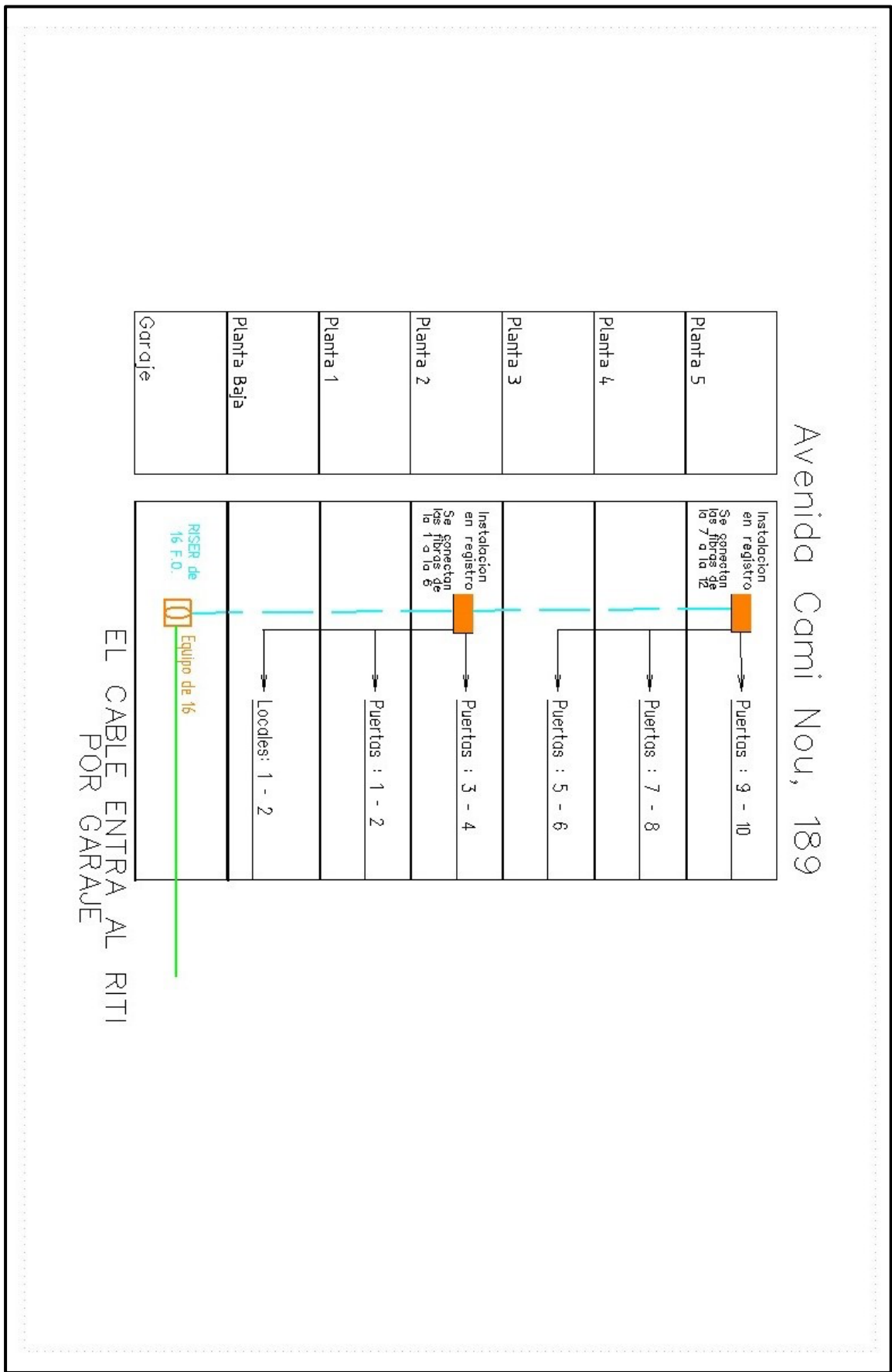


Imagen 44. Plano Camí Nou, 189

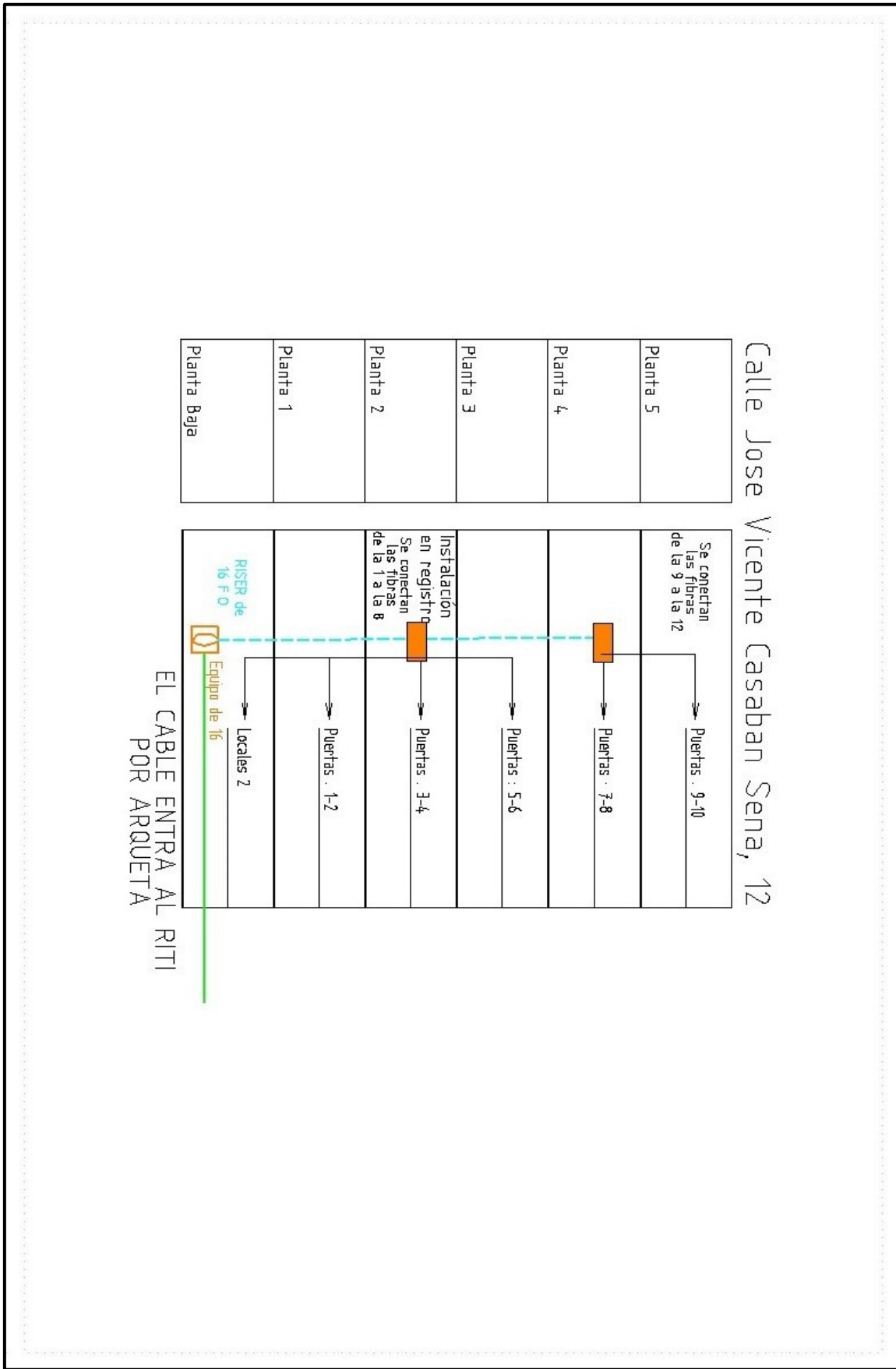


Imagen 45. Plano Jose Vicente Casaban Sena, 12

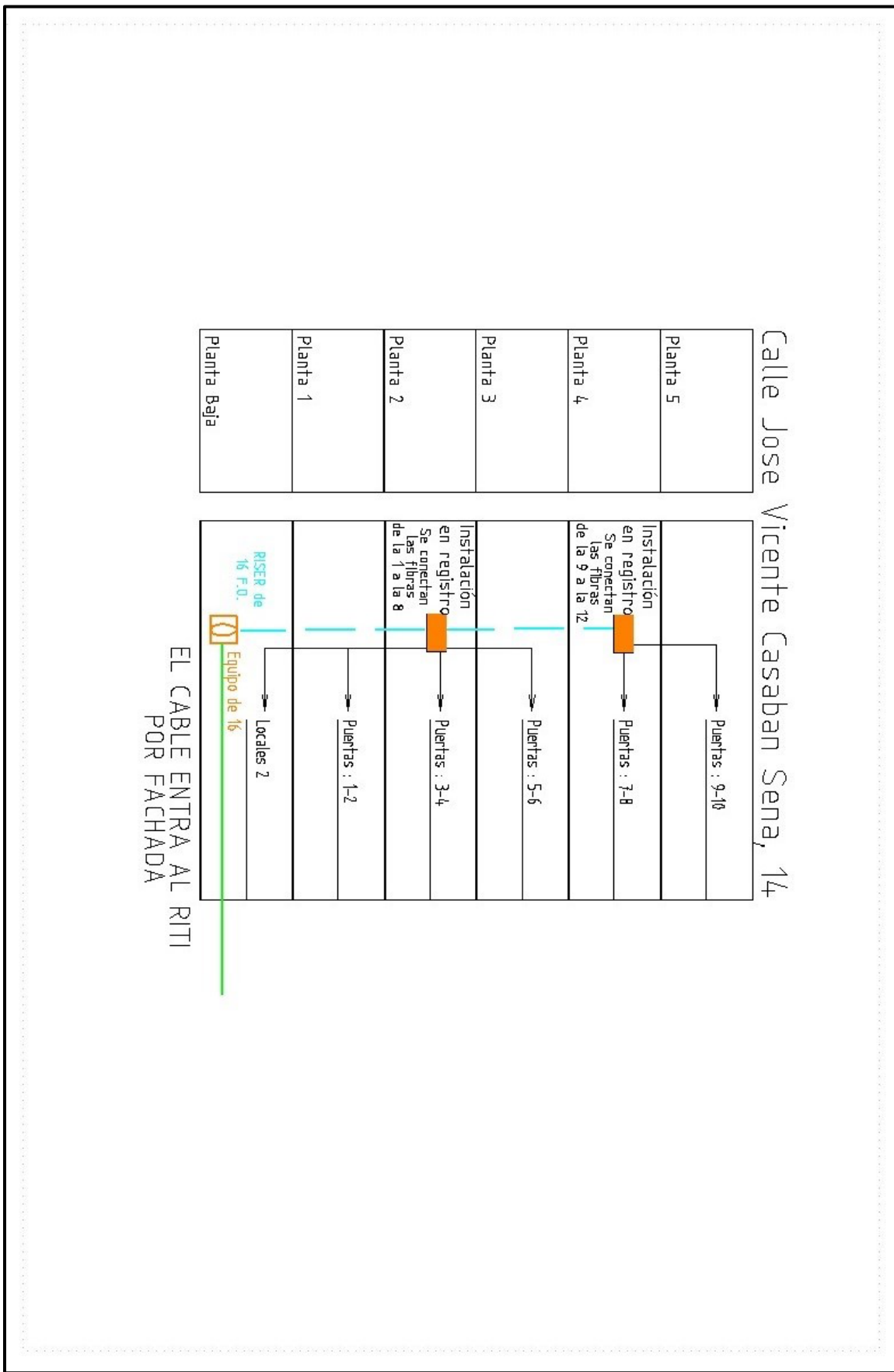


Imagen 46. Plano Jose Vicente Casaban Sena, 14

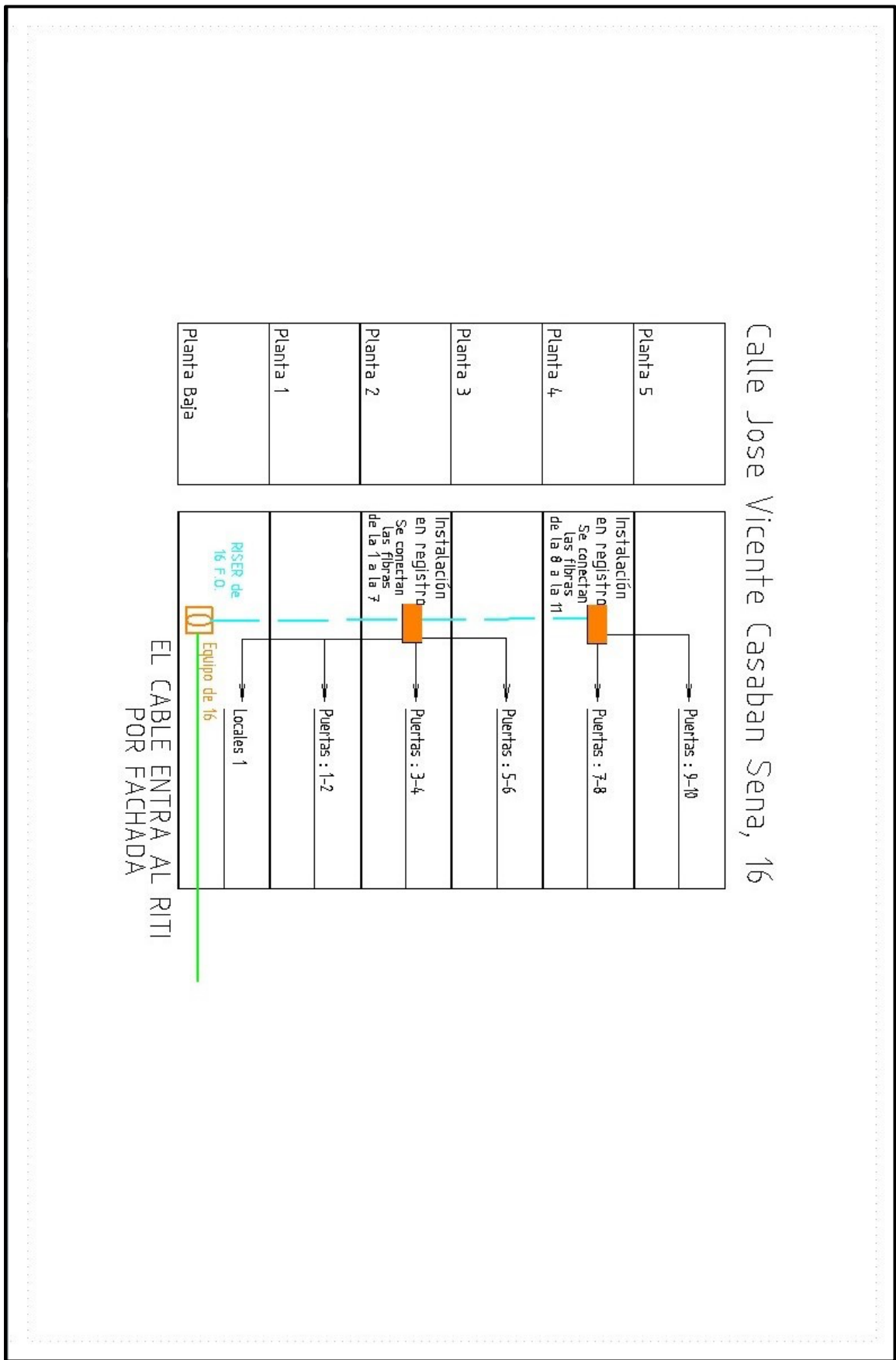


Imagen 47. Plano Jose Vicente Casaban Sena, 16

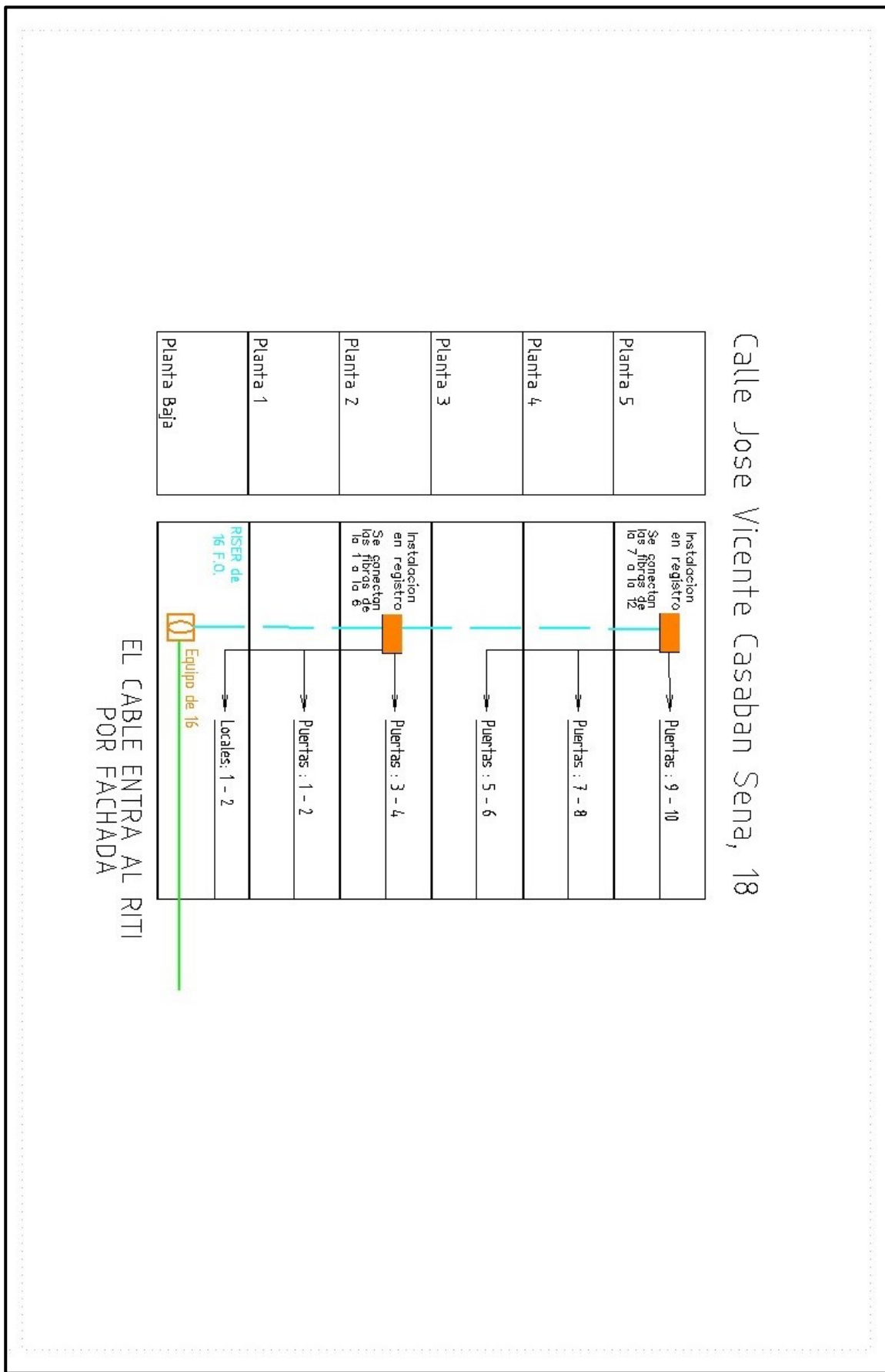


Imagen 48. Plano Jose Vicente Casaban Sena, 18

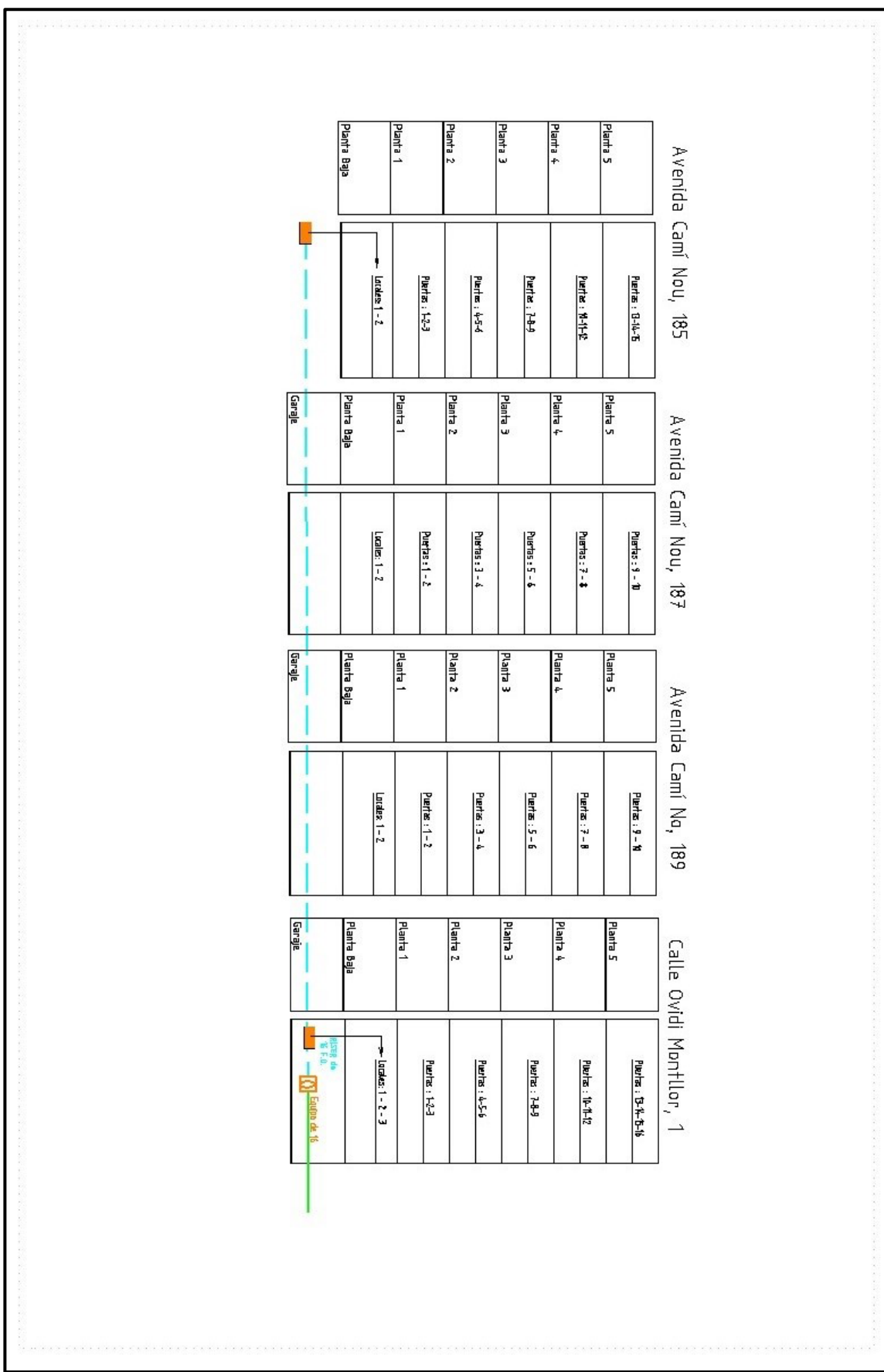


Imagen 49. Plano Ovidi Montllor y Camí Nou

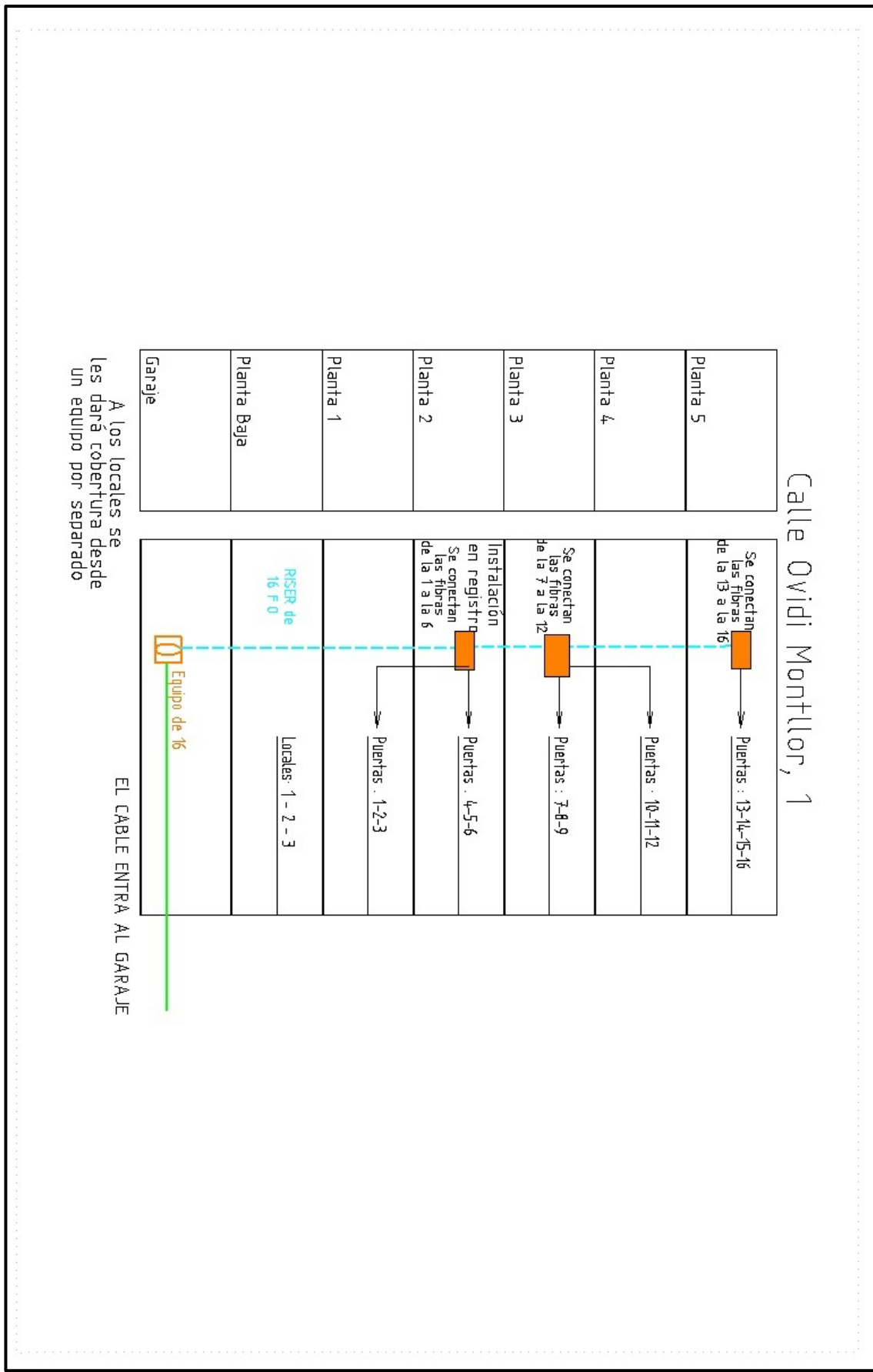


Imagen 50. Plano Ovidi Montllor, 1



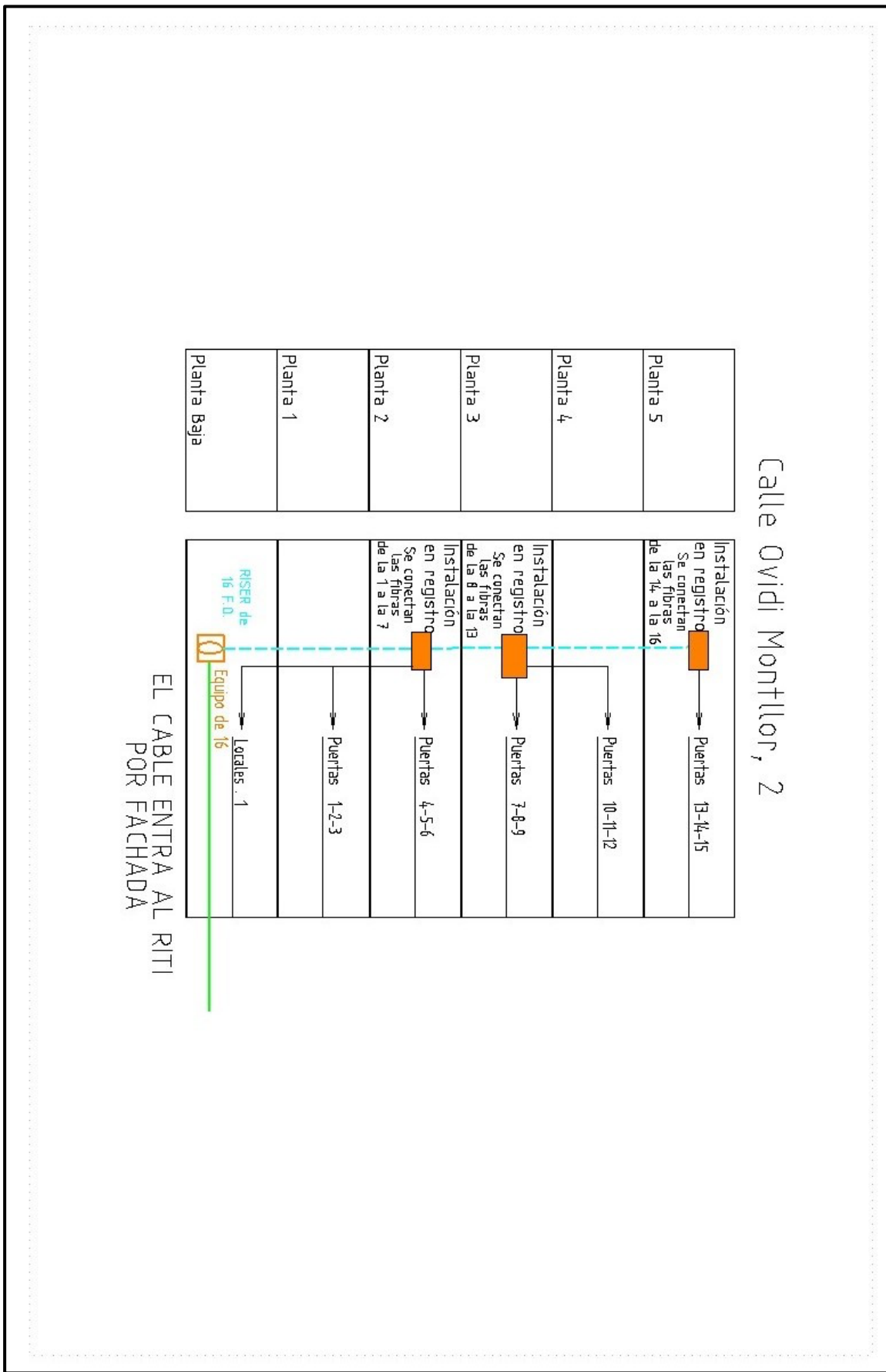


Imagen 51. Plano Ovidi Montllor, 2