

# **Diseño de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas**

Autora: Irene Navidad Peñalba

Tutora: Laia Nadal Reixats

Profesor: José Antonio Morán Moreno

Máster en Ingeniería de Telecomunicaciones

Comunicaciones Ópticas

12/06/20

# Créditos/Copyright



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

Copyright © 2020 Irene Navidad Peñalba

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

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

## FICHA DEL TRABAJO FINAL

<b>Título del trabajo:</b>	<i>Diseño de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas</i>
<b>Nombre del autor:</b>	<i>Irene Navidad Peñalba</i>
<b>Nombre del colaborador/a docente:</b>	<i>Laia Nadal Reixats</i>
<b>Nombre del PRA:</b>	<i>José Antonio Morán Moreno</i>
<b>Fecha de entrega (mm/aaaa):</b>	<i>06/2020</i>
<b>Titulación o programa:</b>	<i>Máster en Ingeniería de Telecomunicación</i>
<b>Área del Trabajo Final:</b>	<i>Comunicaciones ópticas</i>
<b>Idioma del trabajo:</b>	<i>Español</i>
<b>Palabras clave</b>	<i>Cableado, estructurado, fibra óptica, cobre. Structured, Cabling, Optical fiber, cooper, UTP, backbone.</i>
<b>Resumen del Trabajo:</b>	
<p>A lo largo de los años se van desarrollando diferentes técnicas que hacen que la tecnología evolucione y que se puedan crear nuevos materiales y componentes que permiten alcanzar una mayor capacidad de comunicación. En este proyecto, se van a estudiar los diferentes estándares de cableado que existen actualmente y los distintos materiales que se pueden utilizar con el objetivo de realizar el diseño de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas.</p> <p>Un Sistema de Cableado Estructurado (SCE) es un método que se utiliza para crear un sistema organizado de cableado de manera universal de forma que lo pueda entender todo el mundo y con el propósito de que se puedan utilizar múltiples aplicaciones como voz, datos o videovigilancia.</p> <p>En este proyecto primero se definirán las distintas topologías, estructuras y arquitecturas de red que se pueden encontrar, después se hará un repaso de los medios de transmisión que hay actualmente en el mercado, para más adelante explicar los subsistemas y elementos que componen un SCE.</p> <p>Por último, se realizará un diseño técnico-económico de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas, donde primero se establecerán los requerimientos del proyecto, como pueden ser número de empleados en cada sede, utilidad que se le va a dar al cableado (voz, datos, etc.), para poder definir la arquitectura y topología de red necesaria. Después se hará una medición de los materiales necesarios para por último poder realizar una estimación económica del proyecto.</p>	

**Abstract:**

Throughout the years different techniques have been developed promoting technology evolution and enabling the creation of new materials and components and higher communication capacity. In this project, we will study the different cabling methods that currently exist and different materials that can be used to design a structured cabling system for an office environment.

A Structured Cabling System (SCS) is a method that is used to create an universal organized cabling system so everybody is capable to understand it and multiple applications such as voice, data or video can be used.

First action in this project will be defining the different topologies, structures and network architectures that can be found in the literature. Next, a review of the transmission media currently on the market will be provided. Later on, we will explain the subsystems that make up an SCS and the elements which are made of.

Finally, a technical-economic design of a structured cabling system for an office environment will be performed, where project requirements will first be established, such as the number of employees in each campus, wiring usage (voice, data, etc.), in order to define the necessary network architecture and topology. Afterwards, material measurement will be made to provide an economic estimation of the project.

*Si no estás cometiendo ningún error,  
no estás innovando.  
Si estás cometiendo los mismos errores,  
no estás aprendiendo.  
~Rick Warren~*

# Agradecimientos

A mis padres, por apoyarme incondicionalmente en todas mis decisiones y por animarme a conseguir todo lo que me propongo. En especial a mi madre, mi luz e inspiración.

A Laia, mi tutora, por su tiempo, dedicación y por guiarme cuando lo he necesitado.

A mis compañeras del máster, por las largas tardes de estudio, el esfuerzo y el sacrificio. Porque fue una enorme casualidad conocernos, pero sin duda lo mejor que me ha podido pasar para conseguir superar este reto.

A Luis, por aguantar mis días buenos y también los malos, por sus ánimos, su comprensión, su apoyo y su cariño.

A mis amigos, por los ánimos que me han dado y por todos los planes que he tenido que dejar de lado para alcanzar esta meta.

Gracias a todos, de corazón.

# Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Contexto del trabajo.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Objetivos generales .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3. Planificación del trabajo .....</b>	<b>13</b>
<b>1.4. Estructura del documento.....</b>	<b>14</b>
<b>2. Estado del arte .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Antecedentes del cableado estructurado .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Definición .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3. Organismos y principales estándares.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4. Topologías, estructuras y arquitecturas dentro de un complejo.....</b>	<b>22</b>
2.4.1. Topologías de red.....	22
2.4.2. Estructuras de red .....	23
2.4.3. Arquitecturas de red.....	24
<b>2.5. Medios de transmisión .....</b>	<b>25</b>
2.5.1. Cobre.....	26
2.5.2. Fibra.....	31
2.5.3. Fibra vs Cobre.....	33
<b>2.6. Elementos de un sistema de cableado estructurado.....</b>	<b>34</b>
2.6.1. Subsistema Administración.....	35
2.6.2. Subsistema Campus.....	36
2.6.3. Subsistema Vertical .....	37
2.6.4. Subsistema Horizontal.....	37
2.6.5. Subsistema Puesto de Trabajo .....	39
<b>2.7. Infraestructura de cableado .....</b>	<b>40</b>
2.7.1. Instalaciones de entrada de operadoras (RITI) .....	41
2.7.2. Salas de equipos .....	41
2.7.3. Distribución central de cableado.....	42
2.7.4. Salas de Telecomunicaciones.....	42
2.7.5. Distribución horizontal .....	43

2.7.6. Áreas de trabajo .....	43
<b>2.8. Fabricantes en el mercado .....</b>	<b>44</b>
<b>3. Diseño de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1. Definición de requerimientos del proyecto .....</b>	<b>46</b>
3.1.1. Sede 1 .....	46
3.1.2. Sede 2 .....	47
<b>3.2. Diseño de sistema de cableado estructurado .....</b>	<b>48</b>
3.2.1. Estudio de cobertura WiFi.....	49
3.2.2. Subsistema Puesto de trabajo.....	54
3.2.3. Subsistema Horizontal.....	56
3.2.4. Subsistema Vertical .....	60
3.2.5. Subsistema Campus.....	63
3.2.6. Subsistema Administración.....	63
3.2.7. Esquemas Electrónica de Red .....	74
<b>3.3. Mediciones de cableado .....</b>	<b>75</b>
<b>3.4. Estimación económica del proyecto.....</b>	<b>79</b>
<b>4. Conclusiones y líneas futuras.....</b>	<b>84</b>
4.1. Conclusiones .....	84
4.2. Líneas futuras .....	84
<b>Glosario .....</b>	<b>86</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>88</b>



# Figuras y tablas

## Índice de figuras

Figura 1: Escala de tiempo de las fases del trabajo.....	13
Figura 2: Diagrama de Gantt del trabajo.....	14
Figura 3: Evolución del cableado estructurado.....	16
Figura 4: Organismos estándares internacionales.....	18
Figura 5: Euro Clases en cables [10].....	21
Figura 6: Topología en BUS [11].....	22
Figura 7: Topología en Anillo [11].....	22
Figura 8: Topología en Estrella [11].....	22
Figura 9: Topología en Malla [11].....	23
Figura 10: Topología en Árbol [11].....	23
Figura 11: Tipos de estructuras de red.....	24
Figura 12: Estructura jerárquica cableado estructurado [13].....	24
Figura 13: Arquitectura de red distribuida [14].....	25
Figura 14: Arquitectura de red centralizada [14].....	25
Figura 15: Conectores para cables de par trenzado [16].....	26
Figura 16: Tipos de cable de par trenzado [17].....	27
Figura 17: Topología de interconexión [19].....	30
Figura 18: Topología de conexión cruzada [19].....	30
Figura 19: Construcción cable categoría 8 [19].....	30
Figura 20: Conectores Cat 8 [19].....	31
Figura 21: Transmisión Óptica [20].....	31
Figura 22: Emisor de luz LED [21].....	31
Figura 23: Emisor de luz láser [21].....	31
Figura 24: Fibra multimodo [22].....	32
Figura 25: Fibra monomodo [22].....	32
Figura 26: Diámetros núcleo fibras monomodo y multimodo [22].....	32
Figura 27: Conectores de fibra óptica [24].....	33
Figura 28: Subsistemas cableado estructurado [26].....	34
Figura 29: Subsistema Administración [27].....	35
Figura 30: Ubicación componentes activos y pasivos en subsistema administración [27].....	35
Figura 31: Subsistema Campus con arquitectura distribuida [28].....	36
Figura 32: Subsistema Campus con arquitectura centralizada [28].....	36
Figura 33: Subsistema Vertical [30].....	37
Figura 34: Subsistema Horizontal [30].....	38
Figura 35: Subsistema Horizontal [4].....	39
Figura 36: Caja Modular de Superficie [26].....	39
Figura 37: Separación virtual de redes [31].....	40
Figura 38: RITI [34].....	41

Figura 39: Sala de equipos [35] .....	41
Figura 40: Bandejas canalizaciones Backbone [37].....	42
Figura 41: Canalización distribución horizontal [38].....	43
Figura 42: Mercado fabricantes cableado estructurado [47] .....	45
Figura 43: Plano Sede 1 [48] .....	47
Figura 44: Plano Sede 2 [48] .....	48
Figura 45: Parámetros de configuración en EkahauPro [51].....	50
Figura 46: Requerimiento de cobertura WiFi en EkahauPro [51].....	51
Figura 47: Estudio teórico de cobertura WiFi Sede 1 [51].....	51
Figura 48: Mapas de intensidad de señal Sede 1. Izq.: banda 2,4 GHz. Dcha.: Banda 5 GHz [51].....	52
Figura 49: Estudio teórico de cobertura WiFi Sede 2 [51].....	52
Figura 50: Mapas de intensidad de señal Sede 2. Arriba: banda 2,4 GHz. Abajo: Banda 5 GHz [51] .....	53
Figura 51: Puesto de trabajo con doble cableado Sede 1.....	55
Figura 52: Puesto de trabajo con cableado único Sede 1.....	56
Figura 53: Cálculo cableado horizontal Sede 1.....	57
Figura 54: Cálculo cableado horizontal Sede 2.....	59
Figura 55: Cálculo cableado vertical Sede 1 .....	61
Figura 56: Cálculo cableado vertical Sede 2.....	62
Figura 57: Cálculo cableado campus .....	63
Figura 58: Sede 1 - Diseño Repartidor Principal Planta -1.....	66
Figura 59: Sede 1 - Diseño Repartidor Secundario1 Planta Baja .....	67
Figura 60: Sede 1 - Diseño Repartidor Secundario2 Planta1 .....	68
Figura 61: Sede 1 - Diseño Repartidor Secundario3 Planta2 .....	69
Figura 62: Sede 1 - Diseño Repartidor Secundario4 Planta3 .....	70
Figura 63: Sede 2 - Diseño Repartidor Principal Planta Baja.....	72
Figura 64: Sede 2 - Diseño Repartidores Secundarios (x5).....	73
Figura 65: Esquema electrónica de red sede 1.....	74
Figura 66: Esquema electrónica de red sede 2.....	75
Figura 67: Mediciones de cableado .....	76

## Índice de tablas

Tabla 1: Principales normas internacionales.....	19
Tabla 2: Comparación estándares internacionales .....	20
Tabla 3: Euro Clases según norma UNE-EN 13501-1 [10].....	21
Tabla 4: Categorías de cable de cobre [18] .....	28
Tabla 5: Normas de la Cat 8 [19] .....	29
Tabla 6: Tipos de fibra multimodo [23].....	32
Tabla 7: Sede 1 - Elementos Repartidor Principal Planta -1 .....	66
Tabla 8: Sede 1 - Elementos Repartidor Secundario1 Planta Baja.....	67
Tabla 9: Sede 1 - Elementos Repartidor Secundario2 Planta1 .....	68
Tabla 10: Sede 1 - Elementos Repartidor Secundario3 Planta2.....	69
Tabla 11: Sede 1 - Elementos Repartidor Secundario4 Planta3.....	70
Tabla 12: Sede 2 - Elementos Repartidor Principal Planta Baja .....	71
Tabla 13: Sede 2 - Elementos Repartidores Secundarios (x5) .....	73
Tabla 14: Mediciones Subsistema Puesto de Trabajo .....	76
Tabla 15: Mediciones Subsistema Horizontal .....	76
Tabla 16: Mediciones Subsistema Vertical .....	77
Tabla 17: Mediciones Subsistema Campus .....	77
Tabla 18: Mediciones Subsistema Administración .....	79
Tabla 19: Presupuesto del proyecto.....	83

# 1.Introducción

## 1.1. Contexto del trabajo

Con el paso de los años, la tecnología ha evolucionado significativamente y, por tanto, las necesidades de las empresas y sus empleados también. Junto a la tecnología, se han mejorado los materiales que la componen, lo que ha permitido que también evolucionen los sistemas de cableado.

Hasta finales de los años 80, no existía ningún comité que estableciera los estándares del cableado estructurado y por esa época únicamente existían dos tipos de cableado que se dividían en función de su aplicación: redes de cableado de datos, que solían tener configuraciones en anillo o bus y redes de cableado de voz, cuyas topologías eran en árbol o estrella.

Actualmente, los sistemas de cableado estructurado tienen el objetivo de proporcionar un ancho de banda mayor para poder integrar diferentes servicios por el mismo cable, aumentando la productividad, eficiencia y permitiendo el ahorro significativo de costes, tanto en materiales, como en espacio físico y mano de obra. Todo esto se puede conseguir gracias a la integración de los distintos medios de transmisión, al diseño de una buena topología de red y a la elección correcta de los materiales y equipos de transmisión.

De esta manera, un Sistema de Cableado Estructurado (SCE) se puede definir como una instalación que permite la transferencia de diversas aplicaciones como pueden ser voz, datos, video, imágenes, etc. Su diseño se basa en una arquitectura integral, flexible, con posibilidad de crecimiento y soporte de nuevas tecnologías. Dentro de un sistema de cableado estructurado existen diversas topologías y arquitecturas que se escogerán dependiendo de cada caso particular.

## 1.2. Objetivos generales

El objetivo del presente trabajo es el diseño de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas, donde se definirá una buena estructura a nivel de cableado para poder implementar diferentes servicios como son los datos o la voz. También se presentará un estudio técnico-económico de la solución propuesta.

Para ello se plantean los siguientes puntos:

- Investigación sobre los antecedentes y los principales estándares de cableado.
- Estudio de las principales características de los medios de transmisión actuales: cobre y fibra.
- Estudio de los elementos principales de un sistema de cableado estructurado y sus topologías.
- Análisis de los principales fabricantes de cableado estructurado en el mercado.
- Realización de un caso práctico donde se diseñe técnicamente el cableado estructurado para un edificio de entorno empresarial.
- Análisis económico del caso práctico diseñado.

### 1.3. Planificación del trabajo

El primer paso para la planificación de este trabajo ha sido establecer el tema para después determinar el alcance. Una vez se ha determinado el alcance del trabajo, se han establecido diferentes fases según las necesidades del trabajo. En este caso concreto, se han determinado 7 fases de trabajo, como se muestra a continuación:



Figura 1: Escala de tiempo de las fases del trabajo

En una primera fase, se ha definido el plan de trabajo con la ayuda de la elaboración de un diagrama de Gantt donde se ha determinado la planificación del resto de fases del proyecto. Además, se ha elaborado el esquema del índice del trabajo y el tiempo que ocuparía cada apartado.

Después, en una segunda fase llamada “Introducción”, se ha desarrollado una pequeña introducción y se han establecido los objetivos y el contexto del trabajo.

A continuación, la tercera fase se ha denominado “Desarrollo de proyecto teórico”, e incluye una búsqueda intensiva del estado del arte a nivel de materia teórica que servirá para poder hacer el desarrollo del estado del arte del proyecto, donde se incluirá toda la base teórica que ayude a entender y realizar el caso práctico.

La cuarta fase consiste en el diseño técnico-económico del caso práctico, que incluirá definición de requisitos, mediciones de cableado, diseño técnico de los armarios de comunicaciones, esquema de red y una estimación económica del proyecto.

En la quinta fase, denominada como “Entrega de la memoria del TFM”, se escribirán las conclusiones del proyecto y las líneas futuras, así como se hará una buena corrección y maquetación de la memoria.

En la sexta fase, se preparará la presentación para realizar la defensa del trabajo, recopilando las herramientas y materiales necesarios para poder prepararlo.

La séptima y última fase, consistirá en la defensa del trabajo, documentando y contestando las preguntas que realice el tribunal asignado.

A continuación, se adjunta el diagrama de Gantt elaborado que muestra las fechas de la planificación del trabajo:

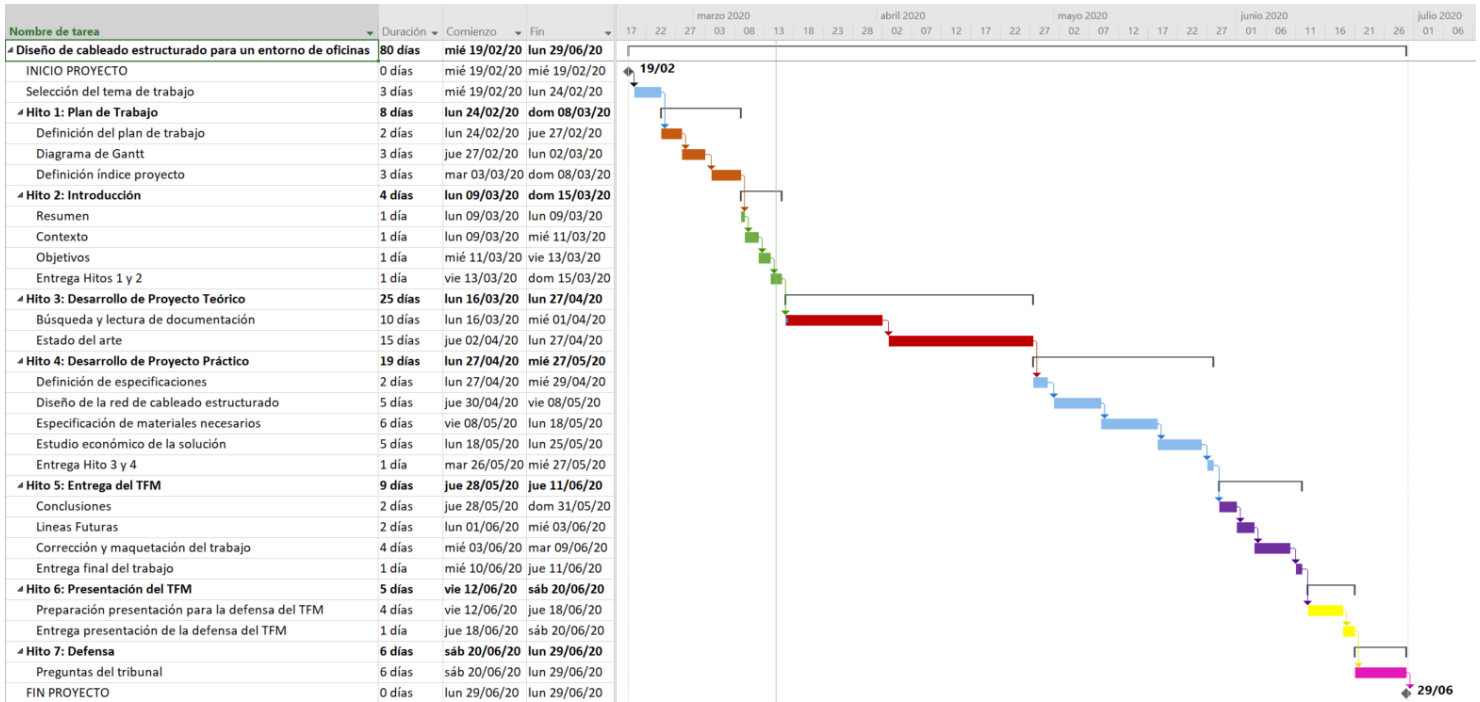


Figura 2: Diagrama de Gantt del trabajo

## 1.4. Estructura del documento

La memoria de este trabajo se divide principalmente en dos apartados, el estado del arte y el diseño técnico-económico de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas.

En el apartado 2 se desarrolla el estado del arte del proyecto, donde se dará un repaso teórico de todos los conceptos necesarios para hacer un buen diseño de cableado. En los apartados 2.1., 2.2. y 2.3. se hace una breve descripción de lo que es un sistema de cableado estructurado, cómo ha evolucionado hasta la fecha y las actuales normativas que existen en relación con este tema. En el apartado 2.4. se explican las diferentes topologías y estructuras de red que se pueden encontrar y las distintas arquitecturas que se pueden diseñar. En el apartado 2.5. se hace un repaso de los medios de transmisión de fibra y/o cobre que se pueden usar. Más adelante, en el apartado 2.6. se describen los diferentes subsistemas que conforman un sistema de cableado estructurado y los elementos que los componen. En el apartado 2.7 se explican las infraestructuras que se pueden encontrar en cualquier entorno de oficinas. Y, para finalizar, en el apartado 2.8. se hace una comparativa de algunos de los fabricantes de materiales de cableado que se pueden encontrar en el mercado.

En el apartado 3 es donde se realiza el diseño técnico-económico de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas. En el apartado 3.1. es donde se van a establecer los requerimientos del proyecto, como pueden ser número de empleados en cada sede, utilidad que se le va a dar al cableado (voz, datos, videovigilancia, etc.). Después, en el apartado 3.2. se definirán los componentes necesarios para cada subsistema de cableado y se realizará un esquema de red con la

solución propuesta, donde se incluirá un diseño de los elementos que tendrán que instalarse en los repartidores de comunicaciones. Más adelante, en los apartados 3.3. y 3.4. se harán las mediciones de los materiales necesarios para la propuesta para después, poder realizar una estimación económica del proyecto.

Para finalizar, en el apartado 4 se presentan las conclusiones del proyecto y se hace referencia a posibles líneas futuras.

## 2.Estado del arte

### 2.1. Antecedentes del cableado estructurado

Hasta mediados de la década de 1980 no existía ningún estándar para el cableado de edificios empresariales, lo que implicaba que cada fabricante tuviera una propuesta de elementos de cableado propietaria, que normalmente sólo se podía utilizar con los equipos y sistemas que él mismo comercializaba. Esto implicaba que cada empresa tuviera una instalación muy distinta que complicaba la localización de errores en caso de un fallo técnico, lo que podía suponer dejar sin servicio una oficina o edificio durante varios días. Además, solían diseñarse topologías en anillo, por lo que, ante un fallo, tenía que agregarse un cable nuevo e insertarlo en el anillo, algo bastante complejo. Por aquel entonces, en una misma instalación podían encontrarse una gran variedad de tipos de cables no estructurados para diferentes servicios como son: cable coaxial para la red de ordenadores y para el Circuito Cerrado de TV (CCTV), cable "Twin-axial" para los terminales de servidores y cables de par trenzado para el servicio telefónico.

Por esta razón, a mediados de los años 80, se organizaron comités para desarrollar estándares técnicos de cableado de telecomunicaciones. Sin embargo, no fue hasta 1991 cuando se definieron totalmente las normas de cableado estructurado. En 1995 se realiza un reemplazo de los estándares y se introduce una nueva categoría de cable, la Categoría 5 (Cat 5). En 2001 se vuelve a realizar un cambio en los estándares y se introduce el cableado de Cat 5e que incorpora los cables Unshielded twisted pair (UTP) que mejoraban la velocidad de transmisión de 100Mb a 1Gb. Es en 2002 cuando se introduce la Cat 6 de cableado y se crea el estándar para la administración de infraestructura de telecomunicaciones en edificios comerciales. Ya en 2006 se cambia la categoría de cable de la Cat 6 a la Cat 6A que permitía velocidades de transmisión de hasta 10Gb y más adelante, en 2010, se publican las especificaciones para componentes de Cat 7A. En el año 2014 es cuando se crean los estándares internacionales [1]. Por último, en 2017 sale al mercado la última especificación de cableado de cobre UTP, la Cat 8, cuyas características se explicarán más adelante.

A continuación, se muestra un esquema con la evolución del cableado estructurado:

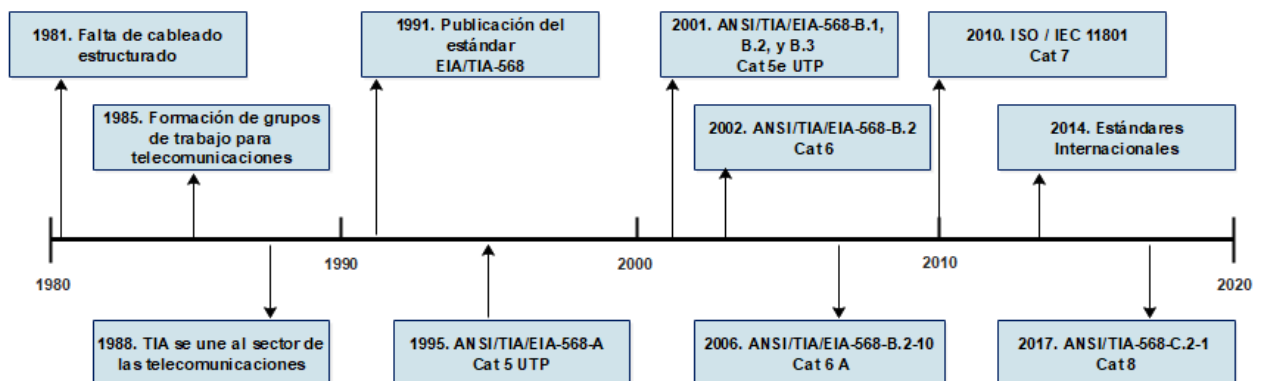


Figura 3: Evolución del cableado estructurado



## 2.2. Definición

Se define el cableado estructurado como un medio de comunicación físico y pasivo para las redes LAN (Local Area Network) de cualquier edificio empresarial. Se trata de un método que se utiliza para crear un sistema organizado de cableado de forma que lo pueda entender cualquier instalador, técnico o administrador de red y que permita un medio de transmisión independiente de la aplicación que se le quiera dar, es decir, que sea flexible para cualquier protocolo de transmisión que se utilice ya sea Ethernet, Voz, RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), Vídeo, ATM (Asynchronous Transfer Mode), etc. [2].

El cableado estructurado es una red física que permite transportar, dentro de un edificio o recinto, las señales que provienen de un emisor hasta su correspondiente receptor. Esta red puede combinar, entre otros elementos, cables de cobre, cables de fibra, bloques de conexión y adaptadores [3].

Como puede soportar diversas aplicaciones de telecomunicaciones, es posible instalar o modificar el cableado estructurado sin necesidad de tener conocimiento previo sobre los productos que se utilizarán sobre él. Sin embargo, cuando se vaya a realizar el tendido de cableado, será necesario tener en cuenta las posibles interferencias electromagnéticas, la extensión del cableado y la segmentación del tráfico que se vaya a tener de cara a poder hacer un buen diseño.

Cuando se diseña un sistema de cableado estructurado hay que tener en cuenta los estándares que especifican los requerimientos de un sistema integral de cableado para garantizar que se pueda adaptar a los cambios tecnológicos o a los equipos de comunicación y asegurando que permita independencia de proveedor y protocolo, la flexibilidad de instalación, la capacidad de crecimiento y la facilidad de administración [4] [5].

Por lo general, el ciclo de vida útil del cableado estructurado es de unos 10-15 años como término medio y suele representar tan sólo el 5% de la inversión en Red de una empresa.

Los beneficios que se pueden obtener en el uso del cableado estructurado son:

- Simplifica la administración y el mantenimiento del sistema.
- Permite la ampliación del cableado de una forma sencilla.
- Supone una gran inversión al inicio, pero se recuperará a lo largo de la vida útil del cableado, siempre que se haya montado con buenos materiales que cumplan las normas y un buen diseño.
- Proporciona una gran seguridad, tanto personal como a nivel de datos.
- Permite disponer de una única conectividad centralizada que proporcionará altas velocidades de transmisión para obtener un gran rendimiento.

### 2.3. Organismos y principales estándares

Actualmente, existen diversos organismos implicados en la elaboración de los diferentes estándares de cableado estructurado. Estos organismos son [6]:

- **TIA (Telecommunications Industry Association)**, se fundó en 1985 después de la separación del monopolio de AT&T. Se encarga de desarrollar normas de cableado industrial para varios productos de las telecomunicaciones.
- **ANSI (American National Standards Institute)**, se trata de una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. ANSI es miembro de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). **ANSI/TIA** desarrollan en conjunto los estándares para EE. UU.
- **EIA (Electronic Industries Alliance)**, es una organización compuesta por la asociación de las compañías electrónicas y de alta tecnología de los EE. UU. cuya misión es promover el desarrollo de mercado y la competitividad de la industria de alta tecnología.
- **ISO (International Standards Organization)** es una organización no gubernamental a nivel mundial. Se encarga de desarrollar los estándares internacionales y tiene una red de representantes de estándares nacionales. Los estándares nacionales son miembros de ISO y representan a ISO en sus países.
- **IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica)**, es una asociación de ingenieros a nivel mundial que se dedica a establecer normativas con relación a áreas técnicas.
- **CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica)**. Desarrolla los estándares a nivel europeo.

En la siguiente imagen, se puede observar el ámbito de actuación de los diferentes organismos anteriormente descritos:

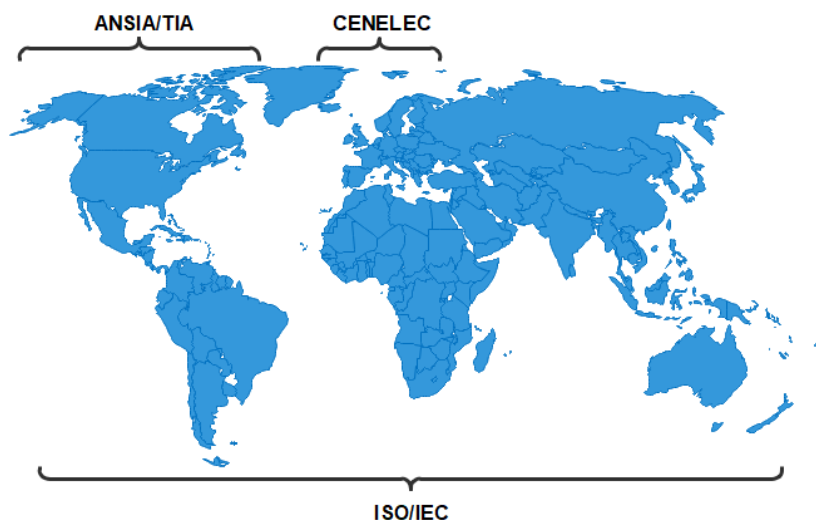


Figura 4: Organismos estándares internacionales

Las principales normas actuales de cableado estructurado para un entorno de oficinas son [7]:

Organismo	Norma General	Normas Secundarias
	<p><b>ANSI/TIA/EIA-568-B</b> Cableado de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales sobre cómo instalar el Cableado. 1991.</p>	<p><b>TIA/EIA 568-B1</b> Requerimientos generales.</p>
		<p><b>TIA/EIA 568-B2</b> Componentes de cableado mediante par trenzado balanceado.</p>
		<p><b>TIA/EIA 568-B3</b> Componentes de cableado, Fibra óptica.</p>
	<p><b>ISO/IEC 11801</b> Tecnología de la información: cableado genérico para las instalaciones del cliente. 1995.</p>	-
	<p><b>EN50173</b> Normativa europea para sistemas de cableado genérico / estructurado. 1996.</p>	-

Tabla 1: Principales normas internacionales

Otros estándares en el ámbito ANSI/TIA/EIA también relacionados con el cableado estructurado, pero para otros entornos son [7]:

- **ANSI/TIA/EIA-569-A:** Normas de Recorridos y Espacios de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales sobre cómo enrutar el cableado.
- **ANSI/TIA/EIA-570-A:** Normas de Infraestructura Residencial de Telecomunicaciones.
- **ANSI/TIA/EIA-606-A:** Normas de Administración de Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.
- **ANSI/TIA/EIA-607:** Requerimientos para instalaciones de sistemas de puesta a tierra de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.
- **ANSI/TIA/EIA-758:** Norma Cliente-Propietario de cableado de Planta Externa de Telecomunicaciones.

Los organismos tienen diferentes nomenclaturas de cableado para diferenciar los estándares según el ancho de banda del sistema. A continuación, se muestra una tabla con esta comparativa:


Ancho de banda del sistema			
10 MHz	Class C	Class C	Cat 3
100 MHz	Class D	Class D	Cat 5e
250 MHz	Class E	Class E	Cat 6
500 MHz	Class EA	Class EA	Cat 6A
600 MHz	Class F	Cat 7/Class F	-
1000 MHz	Class FA	Cat 7A/Class FA	-
2000 MHz	Cat 8	Cat 8	Cat 8

Tabla 2: Comparación estándares internacionales

Como se puede observar en la tabla 2, a partir de los 2000 MHz todos los estándares internacionales se unifican y reconocen esta categoría como Cat 8.

Además de las normas generales y secundarias, existen otras normativas relacionadas con la seguridad en los entornos de construcción, como la normativa CPR (Construction Products Regulation).

### **Normativa CPR**

En particular, la normativa CPR es una nueva legislación que se aplica a todos los miembros de la CEE y que afecta a todos los productos de construcción, ya sean puertas, ventanas, o cables, que es el material que nos incumbe [8].

Esta normativa es de obligado cumplimiento por todos los grupos afectados: administraciones públicas, fabricantes, distribuidores, usuarios, etc., es decir, toda la legislación y normativa existente en la Unión Europea debe adaptarse a las especificaciones técnicas que se indican [9]. Esta regulación afecta a los cables eléctricos y de comunicaciones, por lo que, dentro de un sistema de cableado estructurado, regula las propiedades de comportamiento contra el fuego de los cables de cobre y fibra. Esta normativa sustituye la actual legislación LSZH (Low Smoke Zero Halogen) HF1, HF3, derivada de las normas IEC 60332-1 y 60332-3, por una nueva nomenclatura más sencilla y fácil de interpretar.

El reglamento CPR define como producto de la construcción a todos aquellos elementos que se incorporan de forma permanente a las obras de construcción, es decir, no solamente edificios sino también obras de ingeniería civil. Los cables son los únicos productos eléctricos considerados producto de la construcción, por lo que se incluyen los cables de energía, los de comunicaciones, los de datos y los de control. Sin embargo, están excluidos aquellos cables destinados a la conexión de aparatos o de cableado interno de equipos o aparatos eléctricos; también están excluidos los cables destinados a ascensores y montacargas.

Para la aplicación de la CPR es necesario definir las especificaciones a cumplir por el cable para una determinada utilización respecto a la reacción al fuego. Antes de comercializar el producto, el fabricante debe demostrar el cumplimiento con estas especificaciones, mediante aplicación del sistema de evaluación y verificación de la constancia de la prestación (EVCP), emisión de la Declaración de Prestaciones (DoP) y colocación del marcado CE.

Para distinguir las características de todos los productos afectados por esta normativa se establece una clasificación por letras llamadas Euro Clases [10], tal y como se muestra en la tabla 3:

Clase	Interpretación
<b>A1</b>	No combustible. Sin contribución al fuego.
<b>A2</b>	Combustible. Sin contribución al fuego.
<b>B</b>	Combustible. Contribución muy limitada al fuego.
<b>C</b>	Combustible. Contribución limitada al fuego.
<b>D</b>	Combustible. Contribución media al fuego.
<b>E</b>	Combustible. Contribución alta al fuego.
<b>F</b>	Sin clasificar. Sin comportamiento determinado.
<b>Indicadores adicionales de opacidad de humo</b>	
<b>s1</b>	Producción baja de humos
<b>s2</b>	Producción media de humos
<b>s3</b>	Producción alta de humos
<b>Indicadores adicionales de caída de gotas / partículas</b>	
<b>d0</b>	No se producen gotas / partículas
<b>d1</b>	Caída de gotas / partículas no inflamadas
<b>d2</b>	Caída de gotas / partículas inflamadas

Tabla 3: Euro Clases según norma UNE-EN 13501-1 [10]

Cuando esta Euro Clasificación aplica a los cables lleva el subíndice ca, por ejemplo: B1ca, B2ca, Cca, etc... quedando de la siguiente manera:



Figura 5: Euro Clases en cables [10]

En España, la clasificación mínima adoptada para los cables de energía, control y comunicaciones es la **Cca**, es decir, que tengan una reacción baja.

## 2.4. Topologías, estructuras y arquitecturas dentro de un complejo

Por lo general, un sistema de cableado estructurado se diseña con una **topología física en estrella** y una **estructura jerárquica**, que permite formar una **mallita entre los centros de administración**. A continuación, se describen en detalle estas características y las distintas opciones que se pueden implementar.

### 2.4.1. Topologías de red

La topología de red define la manera de conectar electrónicamente los puntos de dicha red. Los diferentes tipos de topologías son: bus, anillo, estrella, malla, árbol y sus posibles combinaciones [11].

- **Topología en Bus:** todos los nodos de la red están conectados a lo largo de un cable que utilizan para comunicarse entre ellos:

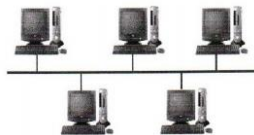


Figura 6: Topología en BUS [11]

- **Topología en Anillo:** Los nodos de la red se conectan formando un anillo (o doble anillo), pero ningún nodo controla el acceso a la red:

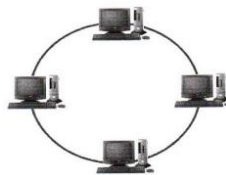


Figura 7: Topología en Anillo [11]

- **Topología en Estrella:** Los nodos se conectan a un nodo central (conmutador), que será el que controle el acceso de toda la red y el que distribuya la información al resto de los nodos cuando sea necesario:



Figura 8: Topología en Estrella [11]

- **Topología en Malla:** en este tipo de topología, cada nodo se une directamente con los demás nodos.



Figura 9: Topología en Malla [11]

- **Topología en Árbol:** Es una combinación de topología en estrella y topología en bus.



Figura 10: Topología en Árbol [11]

Para decidir el tipo de topología más adecuada, se deben tener en cuenta los siguientes factores [12]:

- **Aplicación.** Según el uso que se vaya a dar a la red, se decidirá qué topología es la más adecuada.
- **Vulnerabilidad.** La sensibilidad de la topología ante fallos o averías.
- **Expansión.** Las posibilidades de la red para ser ampliada y poder añadir elementos intermedios para cubrir distancias largas.
- **Complejidad.** Se evalúa de cara a realizar la instalación y el mantenimiento del cableado.
- **Respuesta.** El tráfico que puede soportar el sistema según la topología escogida debido a los elementos intermedios que se vayan a poner, como pueden ser switches.

Tal y como se ha comentado, un sistema de cableado estructurado suele diseñarse con una **topología física en estrella**.

## 2.4.2. Estructuras de red

Una red se caracteriza porque no tiene un centro determinado, sino múltiples centros enlazados los unos con los otros. Los elementos que conforman la red son: nodos y enlaces. Los diferentes tipos de estructuras de red pueden ser:

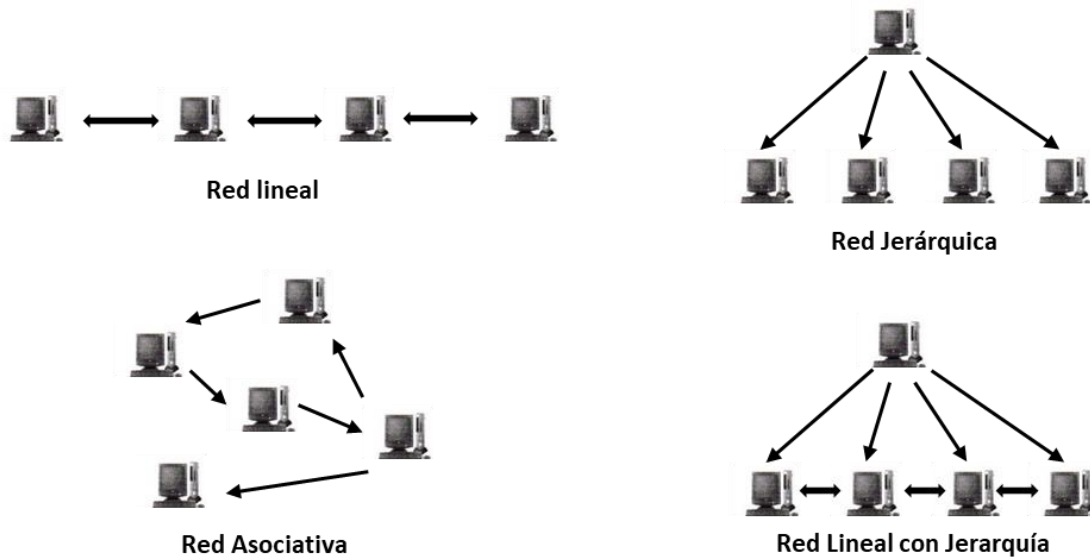


Figura 11: Tipos de estructuras de red

Tal y como se ha comentado al inicio de la sección, un sistema de cableado estructurado se diseña con una **estructura jerárquica** como la que se muestra a continuación:

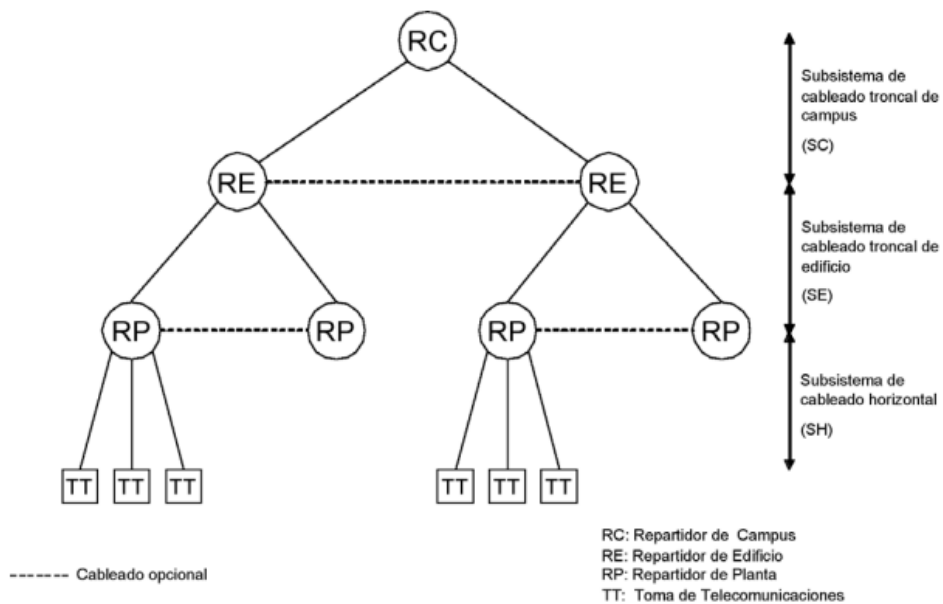


Figura 12: Estructura jerárquica cableado estructurado [13]

### 2.4.3. Arquitecturas de red

En un sistema de cableado estructurado, se pueden diferenciar dos tipos de arquitectura [14]:

- **Arquitectura de red distribuida.** En este tipo de arquitectura, se dispone de un cuarto de comunicaciones con un nodo principal desde el que se distribuye al resto de nodos que generalmente se sitúan uno en cada planta. La electrónica de red en este caso será de mayor



capacidad en el punto central, denominándose “core” o distribución y en el resto de los nodos se dispondrá de equipamiento de acceso desde el que se distribuirá al resto de puntos de red de esa misma planta. Este tipo de arquitecturas representan una topología de tipo árbol.

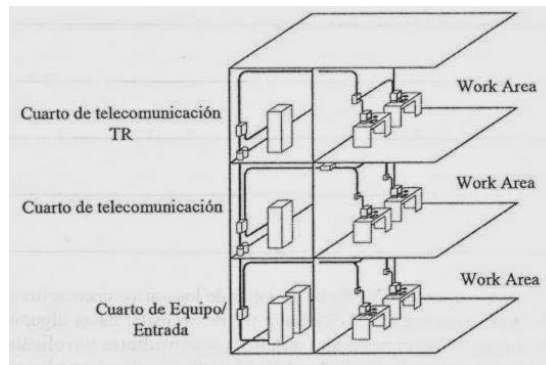


Figura 13: Arquitectura de red distribuida [14]

- **Arquitectura de red centralizada.** En este tipo de arquitectura, se dispone de un cuarto de comunicaciones con un nodo principal desde el que se distribuye con un cable directo o un empalme o con la ayuda de un distribuidor a todos los puntos de red del edificio. En este caso, la electrónica de red del punto central tiene que ser de gran capacidad para distribuir la conectividad hacia todos los usuarios finales. Este tipo de arquitecturas representan una topología de tipo estrella.

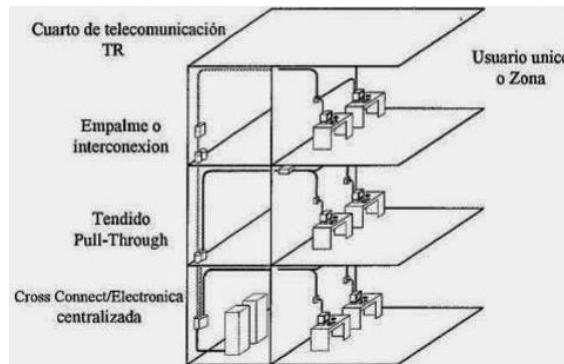


Figura 14: Arquitectura de red centralizada [14]

## 2.5. Medios de transmisión

Los cables son un medio de transmisión por el que viaja la información desde un punto transmisor hasta un punto receptor. En un sistema de cableado estructurado los cables pueden ser de cobre o de fibra, donde el cable de cobre utiliza señales eléctricas y la fibra óptica utiliza la luz, pero se le puede dar la misma utilidad en ambos casos. También existen los cables coaxiales, pero no se recomienda su instalación en nuevos entornos, a no ser que sea para una red de televisión.

Las diferencias entre los cables de cobre y de fibra se basan principalmente en su rendimiento que dependerá de:

- Ancho de banda disponible que proporcionará el rendimiento máximo de transmisión.
- Inmunidad a las interferencias.
- Atenuación: la relación entre la pérdida de señal y la distancia de cable recorrida.

A continuación, se describen los principales cables de cobre y fibra que se pueden encontrar a la hora de realizar un diseño de un sistema de cableado estructurado.

### 2.5.1. Cobre

Los cables de cobre también se denominan cables de par trenzado, ya que disponen de dos conductores eléctricos que están aislados y entrelazados entre sí para anular las interferencias de fuentes externas y la posible diafonía que se genere con los cables adyacentes [15].

Este tipo de cables son los que más se utilizan en redes de área local (LAN) para instalaciones sencillas, pero tiene varias limitaciones:

- No se pueden utilizar para distancias de más de 100m, puesto que las pérdidas que se introducen a partir de esta distancia son demasiado grandes.
- Su velocidad de transmisión está limitada, dependiendo del tipo de categoría que se utilice su ancho de banda puede ser de 1Gb, 10Gb o 40-100Gbps.
- No disponen de un gran nivel de seguridad.

Los cables de par trenzado necesitan unos conectores para su correcta instalación que se colocan en los extremos del cable. Hay dos tipos de conectores: RJ45, con ocho conexiones de cables (son los más usados) y los RJ11 que tienen cuatro conexiones de cables [16].



Figura 15: Conectores para cables de par trenzado [16]

Dependiendo del recubrimiento que tenga el cable en el exterior, se pueden diferenciar tres tipos de cables de par trenzado:

- **Cable de par trenzado no apantallado** (UTP – “Unshielded Twisted Pairs”):
  - **U/UTP:** “Unshielded / Unshielded Twisted Pairs”. Cable no apantallado por fuera y tampoco apantallado entre los cables.
- **Cable de par trenzado apantallado** (STP – “Shielded Twisted Pairs”)
- **Cable de par trenzado con pantalla global** (FTP – “Foiled Twisted Pairs”):

- **F/UTP**: “Foil / Unshielded Twisted Pairs”. Cable apantallado por fuera, pero no apantallado entre cables.
- **U/FTP**: “Unshielded / Foil Twisted Pairs”. Cable no apantallado por fuera, pero apantallado entre cables.
- **F/FTP**: “Foil / Foil Twisted Pairs”. Cable apantallado por fuera y también entre cables.
- **S/FTP**: “Screen (Braid) / Foil Twisted Pairs”. Cable con pantalla global por fuera y completamente apantallado por fuera y entre cables.

A continuación, en la figura 16, se muestra la diferenciación de cada uno de estos tipos:




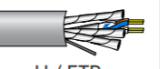







								
		U / UTP	U / UTP	F / UTP	U / FTP	F / FTP	SF / UTP	S / FTP
Descripción física	Cable	No blindado	No blindado con envoltura de aislamiento	Blindado en foil con hilo de drenaje	No blindado	Blindado en foil con hilo de drenaje	Foil y blindado con malla	Blindado con malla
	Pares	No blindado	No blindado	No blindado	En foil blindado	En foil blindado	No blindado	En foil blindado

Figura 16: Tipos de cable de par trenzado [17]

Además, los cables también se pueden diferenciar por categorías, que se diferencian principalmente por su ancho de banda, su aplicación y su velocidad de transmisión. En la tabla 4 se pueden observar los distintos tipos de categoría que existen:

CATEGORIA	ANCHO DE BANDA	APLICACION	VELOCIDAD DE TRANSMISION	EJEMPLO
<b>Cat 1</b>	1 MHz	No se usa para datos	1 Mbps	
<b>Cat 2</b>	10 MHz	Token Ring	4 Mbps	
<b>Cat 3</b>	16 MHz	10BaseT	10 Mbps	
<b>Cat 4</b>	20 MHz	Token Ring	20 Mbps	



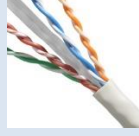



<b>Cat 5</b>	100 MHz	100BaseT	100 Mbps	
<b>Cat 5e</b>	100 MHz	1000BaseT	1000 Mbps	
<b>Cat 6</b>	250 MHz	1000BaseT	1000 Mbps	
<b>Cat 6A</b>	500 MHz	10GBaseT	10 Gbps	
<b>Cat 7</b>	600 MHz	10GBaseT	10 Gbps	
<b>Cat 7A</b>	1000 MHz			
<b>Cat 8</b>	2000 MHz	25GBaseT 40GBaseT	25-40 Gbps	

Tabla 4: Categorías de cable de cobre [18]

Como se puede observar en la tabla 4, conforme las categorías y clases van aumentando en número, también lo hacen en frecuencia. Sin embargo, no todos los saltos de frecuencia conllevan una velocidad de transmisión de datos superior. La Cat 5e comienza en 100 MHz y admite una velocidad de transmisión de datos de 1 gigabit por segundo. Después, la Cat 6 funciona a una frecuencia de 250 MHz, pero sigue admitiendo una velocidad de transmisión de datos de 1G. La Cat 6A salta hasta 500 MHz, pero admite 10 gigabits por segundos, lo que supone un aumento 10 veces superior respecto a Cat 6. Más tarde, la Cat 7A, que solo está reconocida por ISO y no por TIA, funciona a una frecuencia de 1GHz, pero también admite una velocidad de transmisión de datos de tan solo 10G. Cuando se usa cable Cat 7A suele ir acoplado a conectores y latiguillos Cat 6A, lo que ofrece una solución 10G “de alto rendimiento” que puede que proporcione mayor protección frente a interferencias externas. Por último, la Cat 8 funciona a una frecuencia de 2GHz, que es cuatro veces la frecuencia de Cat 6A.

## **Categoría 8**

La última generación de cableado de cobre que ha salido al mercado es la Cat 8. Esta categoría se ha diseñado para dar cabida a velocidades de transmisión de datos de 25G y 40G sobre cableado de cobre de par trenzado equilibrado. La Cat 8 está pensada para mejorar las conexiones de servidor en el extremo del centro de datos.

Todos los organismos internacionales han completado y publicado todas las normas relativas a la Cat 8, tal y como se muestra a continuación en la tabla 5:

Organismo	Norma
	IEEE 802.3bq
	ANSI/TIA-568-C.2-1
	ISO/IEC 11803-1

Tabla 5: Normas de la Cat 8 [19]

Las mejoras que introduce la Cat 8 con respecto a las categorías anteriores son [19]:

- **Frecuencia.** La Cat 8 funciona a 2 GHz, lo que es más de 4 veces la Cat 6A.
- **Longitud del canal.** Los canales de categoría 8 están limitados a 30 metros mientras que los canales de las Cat 5e a Cat 7A tienen una distancia máxima de 100 metros. El límite de 30 m se debe a la optimización entre la distancia y el consumo energético para los equipos activos. Aunque esto es demasiado corto para muchas aplicaciones de edificios, funciona bien para líneas de centros de datos. De hecho, IEEE calcula que el 80 % de los enlaces en un centro de datos es de 30 m o inferior. Si se supera el límite, puede que no se alcance la velocidad de transmisión de datos de 25G.
- **Número de conexiones.** Los canales Cat 8 también tienen un límite de dos conexiones. En lo que respecta a la infraestructura de cableado, una “conexión” es cuando un conector y un enchufe se unen o cuando dos cables se conectan, como ocurre en un punto de consolidación. Los canales tradicionales permiten hasta cuatro conexiones, pero cada conexión presenta una pérdida de señal. Para garantizar una fuerza de señal suficiente a 2 GHz (para 25 GB/s), los canales deben limitarse a dos conexiones y 30 metros. El límite del conector es importante porque con solo dos conexiones, Cat 8 se ve limitada a topologías de interconexión.
  - Las **topologías de interconexión** son habituales cuando el cableado es estable y cuenta con pocos cambios de conexión.



Figura 17: Topología de interconexión [19]

- Una **topología de conexión cruzada** requiere un mínimo de tres conexiones (cuatro con el punto de consolidación opcional). Estas topologías son habituales cuando se producen movimientos, adiciones y cambios frecuentes, lo que podría suceder en un edificio comercial.

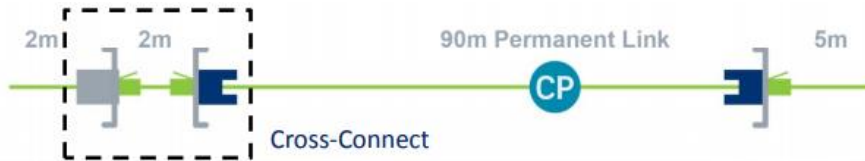


Figura 18: Topología de conexión cruzada [19]

- **Construcción del cable.** El cable de Cat 8 está apantallado con conductores 22 AWG (American Wire Gauge) [19]:
  - La frecuencia de 2 GHz genera gran cantidad de energía eléctrica, por lo que requiere un nivel elevado de apantallado.
  - Aunque las normas solo especifican que se use cableado apantallado, la mayoría de los cables Cat 8 tienen construcción S/FTP, que cuenta con pares en hoja metálica con un trenzado general.
  - Todas las soluciones Cat 8 requerirán paneles de conexión apantallados adecuadamente conectados a la infraestructura de comunicaciones básica.



Figura 19: Construcción cable categoría 8 [19]

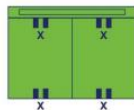
- **Opciones del conector.** Existen cuatro posibles opciones de conector para el cableado de Cat 8, sin embargo, las normas TIA solo reconocen el conector 8.1 que es el RJ45, simplemente por el hecho de que es compatible con versiones anteriores. El conector RJ-45 lo usarán los equipos activos. Se trata de un aspecto importante ya que, debido al límite de dos conexiones para Cat 8, eso implica que al menos un extremo de cada latiguillo tenga que ser RJ-45.

**Cat 8.1 / Class I**

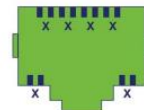


**RJ-45**  
TIA 568-C.2-1  
ISO/IEC 11801-1

**Cat 8.2 / Class II (Cat 7A interface)**



**Tera®**  
IEC 61076-3-104



**GG45**  
IEC 60603-7-71



**ARJ**  
IEC 61076-3-110

Figura 20: Conectores Cat 8 [19]

### 2.5.2. Fibra

La fibra óptica es el medio de transmisión a través del cual los datos se transmiten gracias a un haz de luz de naturaleza óptica que permite ofrecer un gran rendimiento y una calidad de transmisión mejor que otros medios de transmisión.

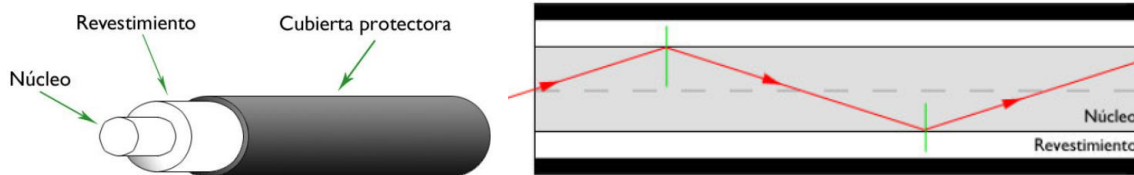


Figura 21: Transmisión Óptica [20]

La fuente de luz puede ser un diodo emisor de luz LED o un láser. La luz es encendida y apagada de manera pulsada, y un receptor sensible a la luz al otro lado del cable convierte los pulsos en los unos y ceros digitales de la señal original [21].

Los LEDs generan luz normal no coherente, es decir, cada pulso de luz genera múltiples rayos de luz que se propagan en diferentes modos y provocan mucha dispersión, por lo que no se puede usar en grandes distancias y se utilizan con fibras multimodo.



Figura 22: Emisor de luz LED [21]

Los láseres emiten luz coherente, es decir, emiten un único rayo de luz, lo que provoca que cada pulso de luz se propague a través de la fibra en un solo modo, sin dispersión en grandes distancias, y se utilizan con fibras monomodo.

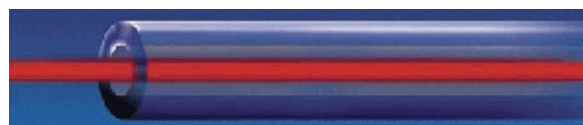


Figura 23: Emisor de luz láser [21]

Como se acaba de nombrar, la principal clasificación de los distintos tipos de fibra óptica es [22]:

- **Fibra Multimodo (OM):** tiene un núcleo mayor con relación al diámetro del revestimiento. 50/62.5  $\mu\text{m}$  son los diámetros típicos del núcleo que están centrados en un revestimiento de 125/250  $\mu\text{m}$ . Se emplean normalmente en aplicaciones de datos de cortas distancias, típicamente hasta 2Km.

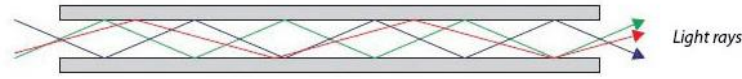


Figura 24: Fibra multimodo [22]

- **Fibra Monomodo (OS):** tiene un núcleo más pequeño con respecto al diámetro del revestimiento. 8-9  $\mu\text{m}$  es el diámetro típico del núcleo que está centrado en un revestimiento de 125  $\mu\text{m}$ . Se utilizan normalmente en aplicaciones de telecomunicación de larga distancia.

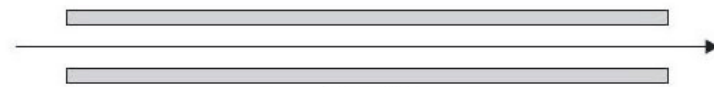


Figura 25: Fibra monomodo [22]

Tal y como se ha comentado, los diámetros de los núcleos de cada tipo de fibra son diferentes:

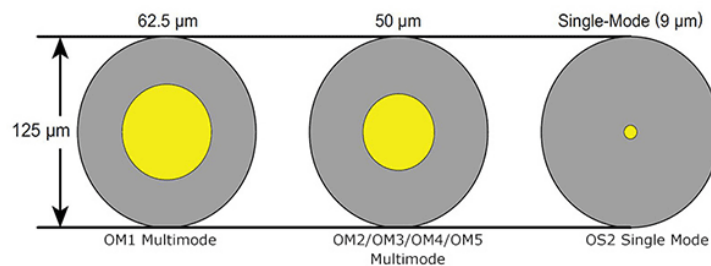


Figura 26: Diámetros núcleo fibras monomodo y multimodo [22]

Según la norma ISO 11801 se pueden clasificar las fibras multimodo según su ancho de banda:

Clase Óptica	Tipo de Fibra	Velocidad	Emisor
<b>OM1</b>	62.5/125 $\mu\text{m}$	1 Gbit/s	LED
<b>OM2</b>	50/125 $\mu\text{m}$	1 Gbit/s	LED
<b>OM3</b>	50/125 $\mu\text{m}$	10 Gbit/s	Láser
<b>OM4</b>	50/125 $\mu\text{m}$	100 Gbit/s	Láser

Tabla 6: Tipos de fibra multimodo [23]

Aunque el cable de fibra óptica resulta más económico que el cable de cobre (una longitud equivalente de cable de cobre cuesta menos por metro, pero no en capacidad), los conectores de fibra y el equipamiento necesario para su instalación son más caros que los necesarios en una instalación de cobre.



Los conectores de fibra son los elementos que se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Existen diferentes tipos de conectores de fibra [23]:

- **LC (Lucent Connector):** Se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- **SC (Subscriber Connector) y SC-Dúplex:** Se utilizan para la transmisión de datos en aplicaciones de redes. Principalmente se usan en fibras monomodo.
- **ST (Straight Tip):** Se usan en redes de edificios, especialmente en fibras multimodo, y en sistemas de seguridad, para aplicaciones de redes.
- **FC (Ferule Connector):** Se usan para equipos de medición como OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).
- **MT (Mechanical Transfer) – RJ45 (Registered Jack):** Conector dúplex con ambas fibras en una sola férula de polímero, principalmente para cableados preconectorizados.
- **SMA (Sub Miniature A):** Se utiliza en dispositivos electrónicos con algunos acoplamientos ópticos. Suele ser de uso militar.

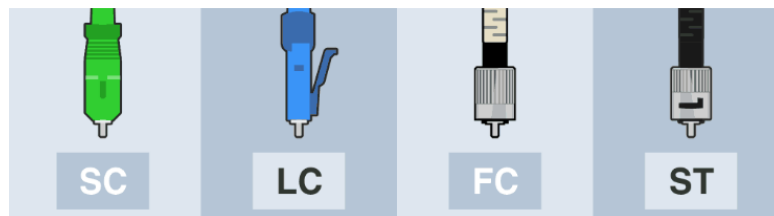


Figura 27: Conectores de fibra óptica [24]

### 2.5.3. Fibra vs Cobre

A continuación, se muestran las principales ventajas de la fibra óptica con respecto al cable de cobre de par trenzado [25]:

- **Instalación:** permite una instalación más rápida ya que se necesitan menos conectores. El cable de fibra óptica, al ser muy delgado y flexible es mucho más ligero y ocupa menos espacio que el cable coaxial y el cable de cobre de par trenzado.
- **Seguridad en la transmisión:** Dado que la fibra óptica no emite energía electromagnética, resulta totalmente imposible interceptar las transmisiones de manera remota.
- **Ancho de Banda:** La fibra óptica tiene mucha más capacidad que el cobre y puede transferir los datos a una distancia mayor. Además, permite reproducir vídeo y sonido en tiempo real.
- **Distancia de transmisión:** Los sistemas ópticos tienen una atenuación mucho menor que los sistemas de cobre, lo que permite transmitir las señales a una distancia mayor.
- **Sin riesgo de interferencias electromagnéticas (IEM):** Los cables de fibra óptica están compuestos fundamentalmente de vidrio y no hay riesgo alguno de interferencias con frecuencias electromagnéticas o de radio. Además, la fibra es resistente al calor, frío y a la corrosión y no sufre recalentamiento eléctrico.

- **Tamaño reducido:** Una manguera de fibra tiene un diámetro menor que una manguera de cobre.
- **Peso:** La fibra óptica está compuesta por unos materiales mucho menos pesados que los cables de cobre.

Aunque la conclusión es que la fibra óptica tiene mayores beneficios que el cable de cobre, la Cat 8 de par trenzado también es una buena opción para cubrir altas velocidades de transmisión de datos hasta 25Gb, lo que podría ser la competencia de la fibra óptica OM3. La Cat 8 tiene diversas ventajas con respecto a la fibra óptica OM3: tiene menor coste y únicamente necesita un latiguillo. Mientras que Cat 8 usa un conector RJ45, la fibra OM3 requiere transceptores para que interactúen con los equipos activos. Además, Cat 8 ofrece compatibilidad con versiones anteriores de Cat 6A y Cat 6. El inconveniente es que la Cat 8 no soporta distancias superiores a 30m, mientras que la fibra óptica sí.

## 2.6. Elementos de un sistema de cableado estructurado

Los sistemas de cableado estructurado se dividen en varios subsistemas que deben estar interconectados entre ellos. Estos subsistemas son:

- Subsistema Administración
- Subsistema Campus
- Subsistema Vertical
- Subsistema Horizontal
- Subsistema Puesto de Trabajo

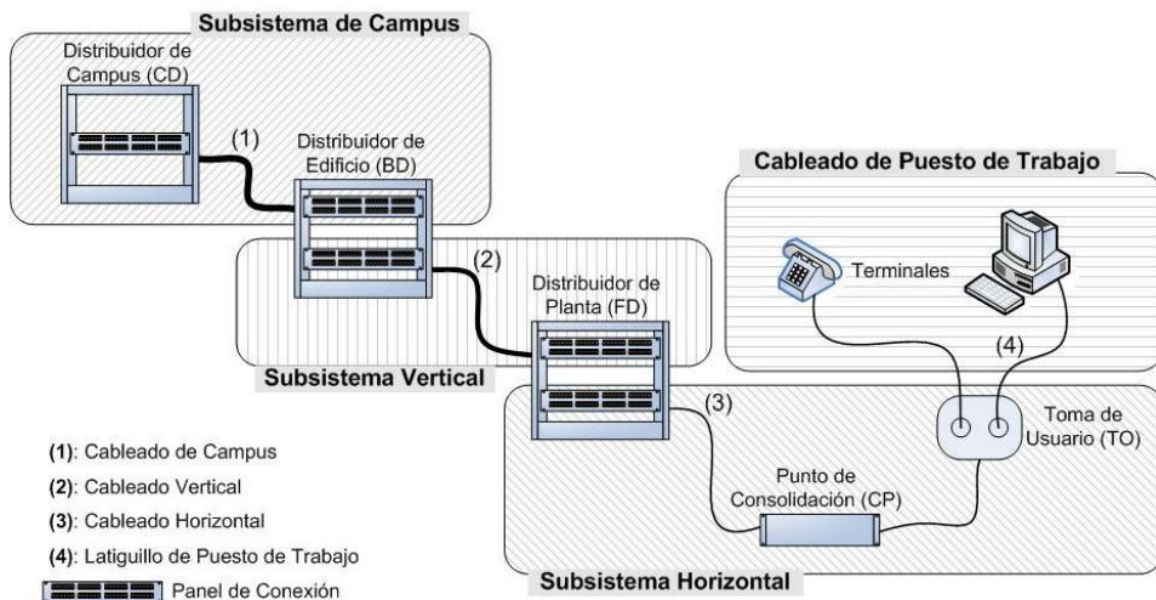


Figura 28: Subsistemas cableado estructurado [26]

A continuación, se describe cada uno de estos subsistemas.

### 2.6.1. Subsistema Administración

Este subsistema se encarga de unir todos los subsistemas y está compuesto por elementos pasivos de conexión, debidamente etiquetados, como son los paneles de terminación de los cables de cobre y de fibra y sus correspondientes latiguillos que se usan para la asignación de servicios. Todos estos elementos se sitúan en bastidores de cableado o armarios racks que se alojarán dentro de algún cuarto de comunicación. Por lo general, existirá un centro de administración principal (CAP) en una de las plantas y en el caso de que se disponga de una arquitectura de red distribuida, se ubicará un centro de administración secundario (CAS) en cada planta del edificio. En estos cuartos de comunicaciones también se alojará la electrónica de red que permitirá ofrecer diferentes servicios en cada planta [27][29].



Figura 29: Subsistema Administración [27]

Las normativas establecen una convención de colores para identificar el tipo de señal o servicio que se encuentra conectado en un bloque o panel. Cada posición en los bloques o paneles de conexión, así como los latiguillos, se debe rotular e identificar con un número único.

Además, por lo general, los componentes activos y los componentes pasivos se ubican en racks diferenciados, como se muestra en la siguiente imagen:

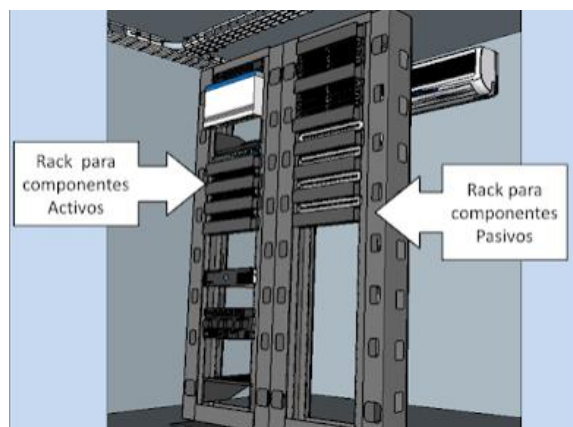


Figura 30: Ubicación componentes activos y pasivos en subsistema administración [27]

## 2.6.2. Subsistema Campus

El subsistema campus está formado por los medios de transmisión necesarios que se encargan de conectar y comunicar todos los edificios que forman parte de un campus empresarial y que disponen de cableado estructurado. Los elementos que forman parte de este subsistema son los cables, las interfaces, los postes metálicos, las tuberías, los adaptadores y las protecciones, que pueden ser de armadura metálica, gel antihumedad o con protección contra roedores [27].

Los cables que puede contemplar este subsistema pueden ser de diversos tipos: cable cobre de par trenzado o fibra óptica (monomodo con índice gradual 9/125  $\mu\text{m}$  o multimodo con índice gradual 50/125).

Por lo general, los edificios que forman parte de un campus se suelen unir con fibra. Si los edificios se encuentran cerca, a menos de 2 Km, se podrán unir con fibra multimodo; y si se encuentran a una distancia mayor de 2 Km se tendrán que unir con fibra monomodo.

Dependiendo de cómo se conecten los edificios entre sí, podemos tener una arquitectura centralizada o distribuida, según se muestra en las figuras 31 y 32:

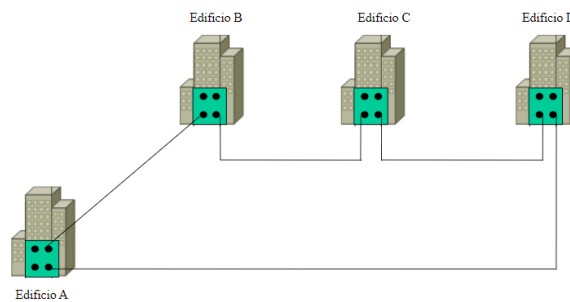


Figura 31: Subsistema Campus con arquitectura distribuida [28]

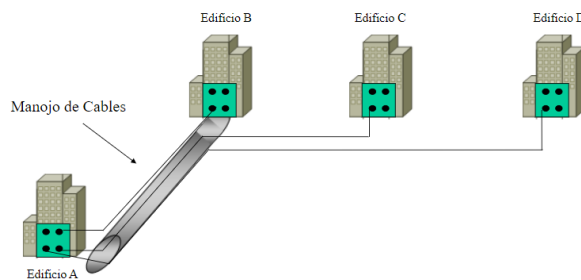


Figura 32: Subsistema Campus con arquitectura centralizada [28]

### 2.6.3. Subsistema Vertical

El subsistema vertical es el encargado de enlazar el centro de administración principal (CAP) con los centros de administración secundarios (CAS) que se encuentran en el resto de las plantas del edificio [29]. Los enlaces se realizan conectando los armarios de cada planta con los cables necesarios para cada aplicación. En este caso, es recomendable realizar instalaciones independientes para cada una de las aplicaciones, ya que en caso de fallo la reparación sería menos costosa y no implicaría corte de todos los servicios. Las distintas aplicaciones que puede haber son:

- Aplicaciones de voz: cable de cobre de par trenzado.
- Aplicaciones de datos: cables de fibra óptica (generalmente multimodo) y cable de cobre de par trenzado.
- Aplicaciones de vídeo y/o seguridad: cables de fibra óptica (generalmente multimodo) y cable de cobre de par trenzado.

Dentro de este subsistema también se encuentran las canalizaciones y espacios físicos que debe tener el edificio para poder realizar la distribución de los cables, así como las bandejas, las escalerillas metálicas y las tuberías. De la misma forma que en el resto de los subsistemas, existen normativas que definen las reglas que se deben seguir para hacer este tipo de instalaciones.

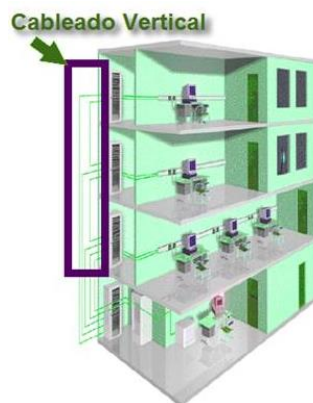


Figura 33: Subsistema Vertical [30]

### 2.6.4. Subsistema Horizontal

El subsistema horizontal conecta el subsistema puesto de trabajo con el subsistema de administración de esa planta (puede ser el principal o uno de los secundarios). Esta unión suele realizarse a través del cable de cobre UTP de distribución horizontal o a través de fibra óptica si las distancias son más de 100 m. Este subsistema es el que implica un análisis más detallado en el diseño del cableado estructurado ya que depende de la arquitectura del edificio y del espacio físico que se necesite cablear. Hay que hacer un estudio para ubicar las canalizaciones por las que se va a distribuir el cableado a lo largo de la planta del edificio, pudiendo respetar las distancias máximas que establecen las normativas

de cableado para cada aplicación y siempre con el objetivo de que no afecte visualmente en la estructura de la planta [29].

Es importante dimensionar bien el espacio del subsistema de cableado horizontal de cara a crecimientos futuros, además de elegir correctamente los elementos que se van a utilizar para transportar los cables de manera confiable y segura.

Algunos de los tipos de medios de transporte que conforman este subsistema son las bandejas de aluminio o de lámina, zócalos de divisiones o de ventanas y muebles, tuberías metálicas, ductos metálicos o en mampostería, canaletas perimetrales o por cielo raso, escalerillas, etc. Además, también forman parte de este subsistema los paneles de parcheo de cableado y los cables. En la figura 34 se pueden identificar todos estos elementos:

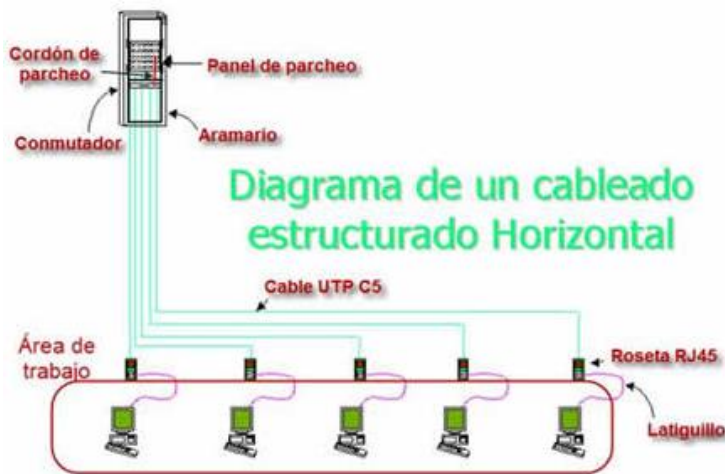


Figura 34: Subsistema Horizontal [30]

Para garantizar la correcta instalación de estos elementos hay que cumplir las respectivas normas que establecen los organismos regulatorios, prestando principal interés en la capacidad de estos elementos, los materiales de los cuales están compuestos (asegurando que cumplen la normativa CPR), el número de cajas de paso, etc.

Es importante dejar una longitud de cable suficiente en el cuarto de administración de la planta para poder realizar las conexiones dentro de él de forma holgada. En este subsistema es muy importante identificar los cables correctamente a lo largo de toda su distribución, pudiéndose diferenciar por colores o por paquetes.

En la figura 35 se puede observar un ejemplo de las distancias máximas que establecen las normas para el cable de cobre UTP, que especifican que la máxima distancia de instalación son 100 metros, donde puede haber máximo 90 metros de cable UTP, más 3 metros desde la caja de superficie hasta el puesto de trabajo. El resto de los metros están destinados a los parcheos dentro del armario de comunicaciones, lo que se conoce como "cross connect".

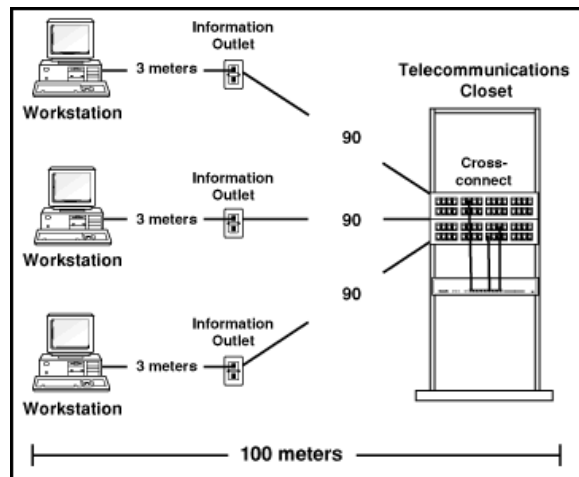


Figura 35: Subsistema Horizontal [4]

### 2.6.5. Subsistema Puesto de Trabajo

Es el subsistema que conecta los diferentes equipos terminales de cada puesto de trabajo a las tomas de datos del puesto de trabajo de cada usuario. Este subsistema comprende los siguientes elementos:

- Caja modular de superficie.
- Adaptadores para cada tipo de aplicación o módulos de conexión: servicio de datos, servidores de comunicaciones, impresoras, televisión, cámaras de seguridad (CCTV), sensores, equipos de sonido, etc.
- Latiguillos y/o cables que conectan la salida de la caja modular con el equipo terminal.

En la caja modular de superficie de cada puesto de trabajo se deben habilitar tantas salidas como servicios haya que dar al usuario. En la figura 36 se puede ver un ejemplo de una caja de superficie. Cada salida de información se tiene que numerar e identificar con un rótulo de manera que sea único en todo el sistema.



Figura 36: Caja Modular de Superficie [26]

Dependiendo de la arquitectura de red que defina cada empresa para sus oficinas, se pueden tener diferentes modelos. A continuación, se pueden ver dos ejemplos diferenciados:

- Si la empresa decide tener separada físicamente la red de voz de la red de datos, se tendrá una infraestructura de doble cableado y cada usuario tendrá dos salidas RJ45 en su caja de superficie, donde en una conectará el cable de datos y en la otra el cable del teléfono IP.
- Sin embargo, en la actualidad muchas empresas deciden ahorrar costes de infraestructura teniendo un único cableado para la voz y los datos, por lo que únicamente necesitarán una toma RJ45 donde conectarán el cable del teléfono IP.



Los teléfonos IP de última generación tienen un mini “switch” integrado que permitirá conectar el cable de datos del ordenador al teléfono para tener conexión de red. Estas redes no se separarán físicamente, pero sí virtualmente, donde se creará una red LAN virtual (VLAN) para voz y otra para datos. En la figura 43 se puede ver un ejemplo de esto:

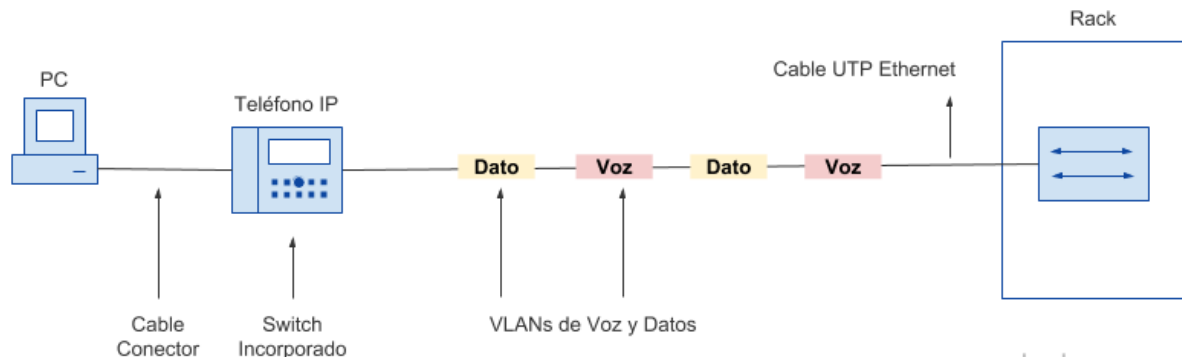


Figura 37: Separación virtual de redes [31]

Para entornos de oficina, las normas recomiendan un puesto de trabajo por cada 10 m<sup>2</sup> de superficie. Además, los latiguillos tendrán que ser suministrados directamente por el fabricante, ya que no se permite su fabricación en campo y no podrán tener una longitud superior a 3 metros.

## 2.7. Infraestructura de cableado

En este apartado se va a ver en detalle las especificaciones necesarias para el diseño de un sistema de cableado de telecomunicaciones en lo referente a los espacios, canalizaciones y salas técnicas de los edificios [32]. Esta información se basa en el estándar ANSI/TIA-568-AB que describe las infraestructuras típicas en edificios comerciales e indica que en una infraestructura de cableado se pueden identificar 6 componentes:

- Instalaciones de entrada de operadoras (RITI)
- Salas de equipos (repartidor de edificio, CPD...)
- Distribución central de cableado (Back Bone)
- Salas de telecomunicaciones (repartidores de planta)
- Distribución Horizontal de Cableado
- Áreas de trabajo

Aunque en el apartado 2.6 se ha hablado de algunos de estos componentes, a continuación, se describen cada uno de ellos más en detalle [33].



### 2.7.1. Instalaciones de entrada de operadoras (RITI)

El RITI (Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior) es el punto donde se recogen los servicios de operadores de telecomunicaciones que entran a un edificio, por lo que debe ubicarse cerca de las canalizaciones troncales de este. En este espacio se sitúan las interfaces de acceso a la red pública y los equipos de telecomunicaciones. En el caso de que existan enlaces privados entre edificios, los extremos de dichos enlaces deben terminar en esta sala. El RITI también se conoce como punto de demarcación o “demarc” [32].

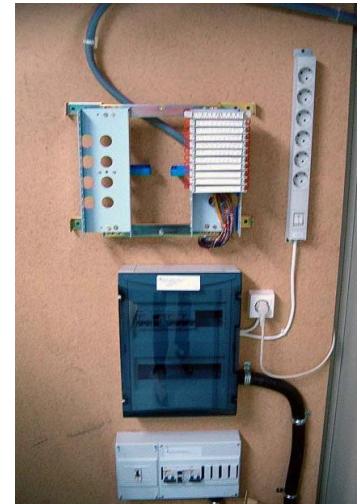


Figura 38: RITI [34]

### 2.7.2. Salas de equipos

Una vez que las comunicaciones del operador han entrado al edificio por el RITI, existe una sala de equipamiento que será el punto central de comunicaciones de las redes de voz y datos y que se conoce como repartidor del edificio. Esta sala suele coincidir con el Centro de Administración Principal (CAP) del edificio, donde se ubicarán los equipos principales como pueden ser los servidores centrales, routers, switches, centralita telefónica PBX (Private Branch Exchange), receptores satelitales y equipos de acceso a internet de alta velocidad, entre otros. Únicamente se admiten equipos directamente relacionados con los sistemas de telecomunicaciones. Es en esta sala donde se suele ubicar el CPD (Centro de Procesamiento de Datos) de la empresa.

Se recomienda que el tamaño de esta sala sea de al menos 15 m<sup>2</sup>, ya que su diseño debe prever el espacio suficiente para los equipos actuales y un futuro crecimiento. Si en un edificio hay múltiples empresas, la sala de equipos puede ser compartida [30].



Figura 39: Sala de equipos [35]

### 2.7.3. Distribución central de cableado

La distribución central de cableado del edificio se conoce como backbone y su función es proporcionar interconexiones entre armarios de telecomunicaciones, salas de equipos e instalaciones de entrada en la estructura del sistema de cableado de telecomunicaciones. Este cableado forma parte del subsistema vertical de cableado ya que incluye la conexión vertical entre las plantas de un edificio. El backbone incluye los medios de transmisión, los puntos principales e intermedios de interconexión y las terminaciones mecánicas.

Por lo general, el backbone se distribuye con una topología en estrella, donde se ubica el equipamiento más potente en el centro de la estrella para después distribuir al resto de las plantas del edificio [30]. El backbone se puede implementar con cables UTP o con fibra óptica para voz y datos. La elección del tipo de cable y la cantidad de pares que se utilicen dependerá de los servicios que se quieran dar y de los que se tengan previsto dar en un futuro. Por lo general, los servicios de datos no requieren de pares de cobre desde la sala de equipos, ya que estos servicios pueden soportarse mediante el tendido de fibra óptica.

Además, el cableado backbone incluye el cableado entre edificios, que puede ser “interbuilding” e “intrabuilding”, ya que su unión se considera de cables troncales.

- El cable troncal “interbuilding” se ocupa del tráfico entre edificios, lo que correspondería al subsistema campus. Las canalizaciones entre edificios enlazan los RITIs de cada uno de ellos. Estas canalizaciones pueden ser subterráneas, por arquetas o cajas de registro, se pueden enterrar directamente o ser aéreas, incluso se pueden hacer dentro de túneles o galerías.
- El cable troncal “intrabuilding” controla el tráfico entre los distribuidores internos de un edificio. Estas canalizaciones que van dentro del edificio se encargan de unir el RITI con la sala de equipos y a su vez la sala de equipos con las salas de telecomunicaciones. Estas canalizaciones pueden ser verticales y horizontales, a base de ductos o bandejas, enlazan salas del mismo o diferentes pisos, no pueden utilizarse en huecos de ascensores. Además, la cantidad y el tamaño de las canalizaciones deben ser suficientes para alojar todo el cableado necesario y las futuras ampliaciones.



Figura 40: Bandejas canalizaciones Backbone [37]

### 2.7.4. Salas de Telecomunicaciones

Estas salas también se conocen como repartidores de planta y es el espacio donde se ubican los centros de administración secundarios de cada una de las plantas del edificio. Estas salas son el punto

de transición entre el backbone y la distribución horizontal. Estas salas tienen que estar bien ubicadas, de forma que se pueda distribuir el cableado horizontal para cubrir la mayor área posible. Como ya se ha comentado en el apartado 2.6.4., la distancia horizontal de cableado desde la sala de telecomunicaciones al área de trabajo no puede exceder en ningún caso los 90 m para cableado UTP. Si se decide tener una arquitectura distribuida dentro del edificio, en cada una de las plantas se ubicará un centro de administración secundario. Se recomienda poner una sala de telecomunicaciones por cada 1.000 m<sup>2</sup> de área utilizable [30].

### 2.7.5. Distribución horizontal

La distribución horizontal es la parte del cableado de telecomunicaciones que conecta las áreas de trabajo con los distribuidores o repartidores horizontales de cada planta, ubicados en la sala de telecomunicaciones [38]. La distribución horizontal incluye:

- Cables de distribución horizontal, normalmente de 4 pares de Cobre UTP.
- Conectores de telecomunicaciones en las áreas de trabajo (dónde se terminan los cables de distribución horizontal).
- Latiguillos de interconexión (“Patch-cords”) en paneles de interconexión del Armario y en el Puesto de Trabajo

En la distribución horizontal las canalizaciones que se pueden encontrar suelen ser de bandeja metálica bajo suelo o de tubo o canal de PVC (Policloruro de vinilo) perimetral. El radio de curvatura de los tubos debe ser como mínimo 6 veces el diámetro de la canalización para cobre y 10 veces para fibra.

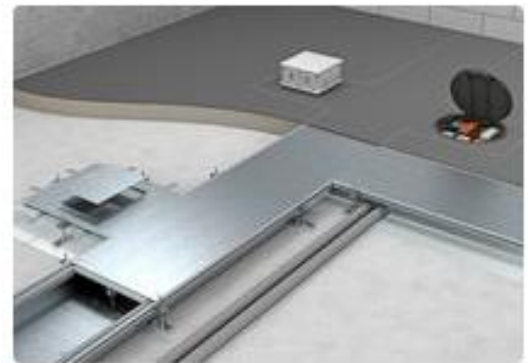


Figura 41: Canalización distribución horizontal [38]

### 2.7.6. Áreas de trabajo

Son los espacios donde se ubica el mobiliario habitual de trabajo o sitios que requieran equipamiento de telecomunicaciones para conectarse a la red como pueden ser ordenadores, teléfonos IP, impresoras, cámaras de video, sistemas de alarmas, relojes de personal, etc. Por lo general, se recomienda asignar, al menos, dos tomas de conexión a cada área de trabajo.

Se recomienda establecer un área de trabajo cada 10 m<sup>2</sup> de área utilizable del edificio, aunque se pueden tener otras dimensiones. La longitud del cable que conecta un dispositivo del área de trabajo a la toma de red no puede superar los 5m [38].

## 2.8. Fabricantes en el mercado

El mercado del cableado estructurado cuenta con múltiples fabricantes, donde cada uno de ellos tiene un posicionamiento específico. A continuación, se va a hacer un pequeño análisis de los fabricantes con más presencia en el mercado de acuerdo con varios criterios, como son: ingresos por ventas, suministro de sistemas de cableado estructurado de cobre y fibra, y aceptación en el mercado [39].

- **Leviton:** empresa con sede en EE. UU. especializada en soluciones de red, control de iluminación y hogares inteligentes. Leviton proporciona sistemas de cobre y fibra para las soluciones de red. Se encargan de fabricar cables, soluciones de gestión de cables, hardware de conexión, unidades de distribución de energía y placas de pared. Leviton se considera una marca de alta gama con una reputación de productos de excelente calidad. Además, Leviton adquirió Brand-Rex en diciembre de 2015, fusionando así dos empresas líderes de conectividad de red y cable y ampliando su porfolio [40].
- **Commscope:** es una compañía multinacional de infraestructura de red con base en EE. UU., que proporciona la línea completa de soluciones de cableado estructurado de cobre y fibra. Sus productos van desde cables de par trenzado, cables de cobre, salidas y paneles hasta cables de fibra, cables de conexión de fibra y estantes y paneles de fibra. Commscope fabrica componentes de las marcas Uniprise y Systemax, que se posiciona como una marca de alta gama con buena calidad y rendimiento [41].
- **Panduit:** es una empresa estadounidense que invierte mucho dinero en investigación y desarrollo con más de 2000 patentes en su cartera. Tienen una amplia gama de productos, tanto de cobre como de fibra, administración térmica, bastidores, armarios de telecomunicaciones, hardware de conexión, enrutamiento y administración de cables. Uno de sus principales puntos fuertes es que son socios tecnológicos de Cisco, uno de los principales fabricantes de electrónica de red [42].
- **Belden:** es una empresa con sede en EE. UU. especializada en sistemas de cableado estructurado, tanto de cobre como de fibra, con productos que van desde alambres, cables, conectores, latiguillos y paneles de conexión, bastidores y armarios. También han incluido a su porfolio productos del campo de las redes industriales como son conmutadores industriales, firewalls y puntos de acceso. Se considera un fabricante de nivel medio, con productos rentables [43].
- **Legrand:** es una empresa francesa que inicialmente se dedicaba a fabricar cableado eléctrico. Ingresó en el mercado del cableado estructurado después de adquirir Ortronics en 1998, un fabricante líder de sistemas de cableado estructurado con sede en EE. UU. Desde entonces, Legrand ha estado proporcionando una línea completa de productos que incluyen paneles de conexión, armarios, hardware de conexión, enchufes y conectores. Se posicionan como un proveedor de nivel medio con buena calidad y productos rentables [44].
- **Excel Networking:** es una empresa inglesa que dispone de una solución completa de infraestructura en cobre y fibra óptica. Dispone una amplia gama de armarios de

telecomunicaciones, accesorios de cobre y fibra y elementos de alimentación eléctrica. Excel se posiciona como un fabricante de alta calidad con precios asequibles [45].

- **Siemon Company:** se trata de una empresa estadounidense que abrió en 1903. Se encarga de diseñar y fabricar soluciones y servicios de infraestructura de TI para centros de datos, redes de área local y edificios inteligentes. Siemon ofrece sistemas de cableado de cobre y fibra óptica, armarios racks, administración de cables, sistemas de alimentación y refrigeración del centro de datos. Esta compañía no está muy bien posicionada en el mercado, sin embargo, cuenta con unos productos rentables [46].

A continuación, se muestra una figura que compara el porfolio de cables de cobre y fibra que tienen los principales fabricantes de cableado estructurado del mercado y que incluyen los fabricantes que se han mencionado anteriormente [47]:

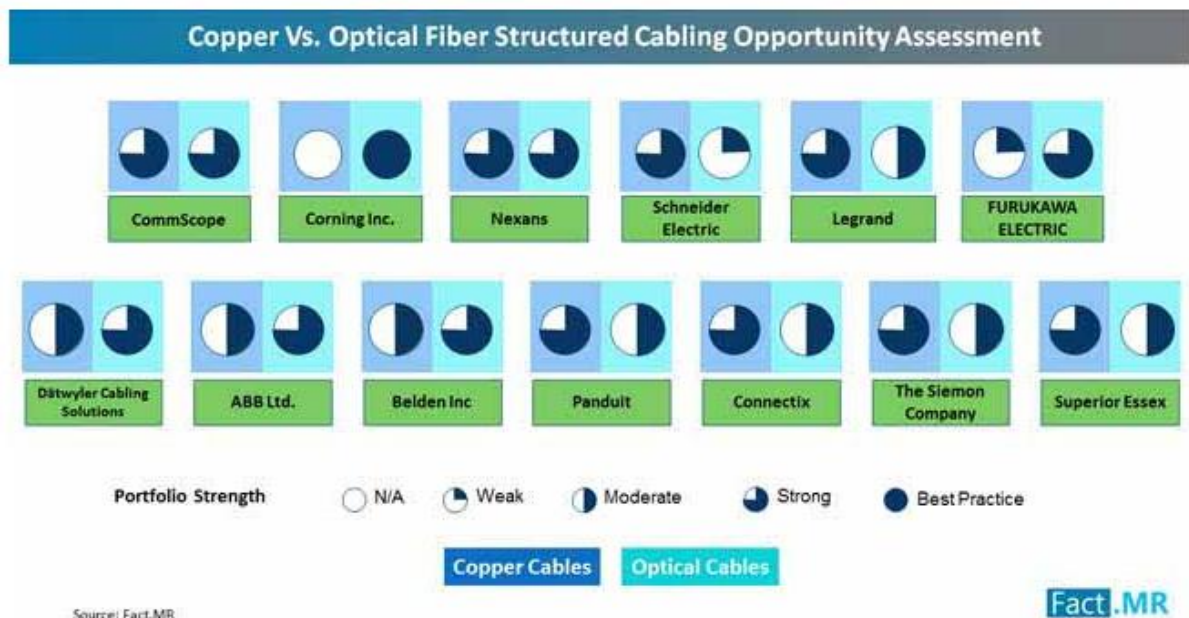


Figura 42: Mercado fabricantes cableado estructurado [47]

## 3. Diseño de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas

A partir de los conceptos explicados en el capítulo anterior, este tercer capítulo explica los pasos que hay que seguir y las consideraciones que hay que tener en cuenta para realizar un buen diseño de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas. Se pretende establecer una guía de diseño para los elementos de cobre y fibra que son necesarios para un sistema de cableado estructurado en un entorno de oficinas.

### 3.1. Definición de requerimientos del proyecto

En este caso, se va a realizar el diseño del cableado estructurado sobre un escenario lo más ajustado posible a la realidad, que podría servir de referencia para realizar otros proyectos similares. Los principales objetivos son:

- Definir el cableado estructurado desde la entrada de comunicaciones del edificio hasta los puestos de trabajo.
- Ubicar los repartidores principales y secundarios de cada edificio y unirlos con enlaces redundados.
- Hacer el diseño de los repartidores principales y secundarios para cubrir las necesidades de cada edificio.
- Estudiar la cobertura WiFi de todas las plantas de los edificios y definir el número de equipos necesarios de electrónica de red y WiFi, aunque estos equipos no entrarán en el presupuesto.
- Realizar los esquemas de red.

Se parte de la premisa de que una empresa tiene dos edificios de su propiedad separados entre ellos una distancia de 3 km, que tendrán que unirse mediante fibra propietaria.

A continuación, se describen los requisitos de cada una de las dos sedes de la empresa:

#### 3.1.1. Sede 1

- Es la sede principal, en ella se encuentra el Centro de Procesamiento de Datos (CPD) de la empresa.
- Tiene 5 plantas. La altura de las plantas es de 4m.
- Capacidad para un total de 625 usuarios, distribuidos por las plantas de la siguiente forma:
  - Planta -1: sala CPD donde tiene ubicados 20 servidores corporativos con interfaces de cobre a 10G.
  - Planta Baja: 150 usuarios

- Planta 1: 200 usuarios
- Planta 2: 150 usuarios
- Planta 3: 125 usuarios
- Hay que tener en cuenta un posible crecimiento de personal del 10%.
- Será necesario dotar cada puesto de trabajo de dos tomas de cableado, una para datos y otra para telefonía IP (VoIP). Es decir, quieren diferenciar la red de voz de la red de datos, por lo que van a necesitar una infraestructura de doble cableado.
- En cada planta hay ubicada una impresora en red.
- Será necesario cubrir de cobertura wifi todas las plantas excepto la -1.
- Las dimensiones de cada planta son 80 x 60 metros.
- Se adjunta plano de una de las plantas del edificio como referencia para estudio de cobertura wifi, teniendo en cuenta que todas las plantas son simétricas.

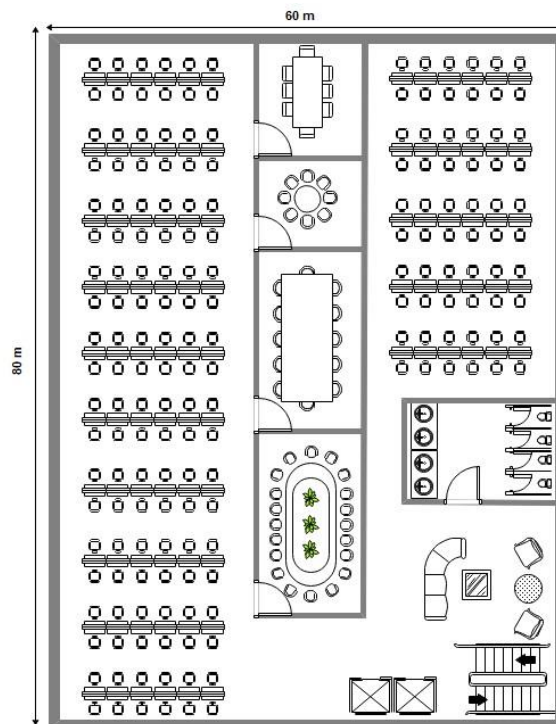


Figura 43: Plano Sede 1 [48]

### 3.1.2. Sede 2

- Tiene 3 plantas con 360 usuarios repartidos uniformemente por todas las plantas, es decir, 120 usuarios por planta, con un crecimiento previsto del 5%. La altura de las plantas es de 5m.
- Será necesario dotar cada puesto de trabajo con una toma de cableado para datos que soporte telefonía IP (VoIP). Es decir, no van a diferenciar la red de voz de la red de datos, necesitan una infraestructura de cableado único.



- En cada planta hay ubicada una impresora en red.
- Será necesario cubrir de cobertura wifi todas las plantas.
- Las dimensiones de cada planta son 150 x 30 metros.
- Se adjunta plano de una de las plantas del edificio como referencia para estudio de cobertura wifi, teniendo en cuenta que todas las plantas son simétricas.

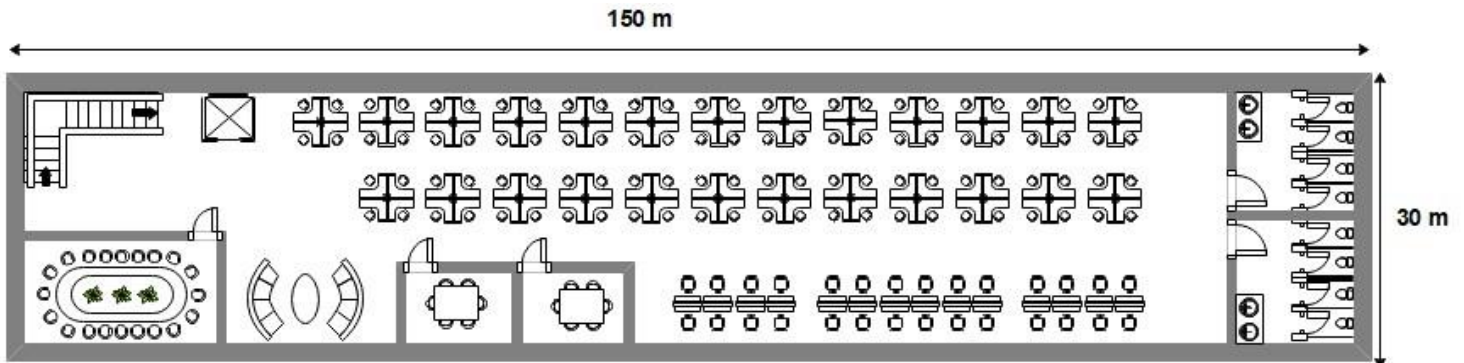


Figura 44: Plano Sede 2 [48]

### 3.2. Diseño de sistema de cableado estructurado

Para diseñar un buen sistema de cableado estructurado es importante tener varias cosas en cuenta [32]:

- El principal objetivo es diseñar un proyecto que garantice la efectividad y la eficiencia del sistema de cableado estructurado.
- Hay que buscar una solución óptima que garantice una completa conectividad y que no genere cuellos de botella.
- El sistema tiene que seguir las normas establecidas por los organismos internacionales que se explicaban en el apartado 2.3., con el objetivo de que sea comprendido universalmente y que cualquier instalador, administrador de red u otro técnico pueda trabajar con él. Además, esto permitirá garantizar el rendimiento y la confiabilidad del sistema a largo plazo.
- El diseño del sistema debe tener en cuenta el crecimiento futuro de la empresa y de la red. De esta forma, hay que estudiar las soluciones actuales del mercado y escoger la que pueda garantizar las necesidades futuras. Habrá que elegir correctamente el tipo de fibra y categoría de cable de cobre adecuados.
- Hay que escoger bien al fabricante de cableado, asegurando que sus productos estén certificados. Muchos fabricantes tienen soluciones propietarias que al principio pueden resultar más económicas, pero a la larga puede resultar complejo realizar modificaciones, ampliaciones o traslados, incluso puede suponer un incremento económico con respecto al presupuesto inicial.
- El objetivo es que la instalación de la capa física dure al menos 10 años.



Para hacer el diseño de la red de cableado estructurado de la empresa objetivo, lo primero que se va a realizar es el estudio de cobertura wifi para conocer cuántos puntos de red se necesitan para la correcta instalación de los puntos de acceso wifi [49][50].

### 3.2.1. Estudio de cobertura WiFi

Para conocer el número de puntos de acceso necesario en cada una de las sedes, se va a realizar un estudio de cobertura teórico con la herramienta líder en el mercado “Ekahau Pro” [51]. Esta herramienta permite hacer estudios de cobertura WiFi según los requerimientos que se tengan, donde se puede indicar qué tipo de aplicación se quiere dar a través de la WiFi, la capacidad que se quiere tener, a qué altura se van a instalar los puntos de acceso, se puede escoger el modelo del fabricante que se quiere utilizar, en qué banda se quiere dar cobertura (2,4GHz o 5GHz), cuántos SSIDs (Service Set Identifier) se quieren radiar, el número máximo de usuarios que se van a conectar o la potencia con la que va a radiar el punto de acceso. Después de realizar el estudio teórico de cobertura WiFi, se podrá obtener un informe con la información que se necesite en cada caso, como puede ser: intensidad de señal en cada una de las bandas, relación señal a ruido, interferencia de los canales, ruido, número de puntos de acceso, conectividad, interferencias, espectro, etc.

Para poder realizar el estudio teórico de cobertura wifi se recomienda seguir los siguientes pasos:

- El primer paso es cargar los planos de la sede en la herramienta. En este caso, solo se han proporcionado los planos de una de las plantas de cada edificio, indicándonos que todas las plantas son simétricas, por lo que se ubicarán el mismo número de puntos de acceso en todas las plantas que se indican.
- Después, se indicarán qué tipos de paredes exteriores e interiores tiene el edificio. En este caso, el edificio en su exterior está construido con ladrillo por lo que se ha definido una atenuación de 12dB en sus paredes exteriores y una atenuación de 3dB en su interior ya que todas las paredes son de pladur.
- Se han indicado los puntos donde hay ubicadas puertas o ventanas, que suponen una atenuación de 2-4dB.
- También se han indicado las ubicaciones de los ascensores, con una atenuación de 17 dB y de los lugares donde se sitúan los puestos de trabajo, que también introducirán una atenuación de unos 3-5dB, por todo el equipamiento que hay en cada puesto (ordenador, pantalla, teclado, silla, etc.).
- Una vez definidos los elementos que suponen algún tipo de atenuación de la señal, se han definido las zonas donde se quiere tener cobertura WiFi. Se han excluido las zonas de escaleras y ascensores y se ha prestado especial atención a las salas de reuniones.
- Después, se ha definido el tipo de aplicación que se quiere proporcionar con cobertura wifi, en este caso, voz y datos.

- Se ha establecido la altura de instalación de los puntos de acceso. Como las oficinas son de una altura normal, de menos de 5 m, se ha indicado que la altura de instalación será 2,4 m.
- También se ha indicado que únicamente se van a radiar 2 SSIDs en las dos bandas de cobertura wifi (2,4GHz y 5GHz), uno para empleados y otro para invitados. El resto de los parámetros se ha dejado por defecto, puesto que no se han indicado requerimientos.
- Y, por último, habría que decidir el modelo y fabricante de los puntos de acceso. Como aún no se tiene esta información, se ha escogido un modelo genérico.

A continuación, se puede observar un ejemplo de la configuración que se ha determinado para realizar el estudio:

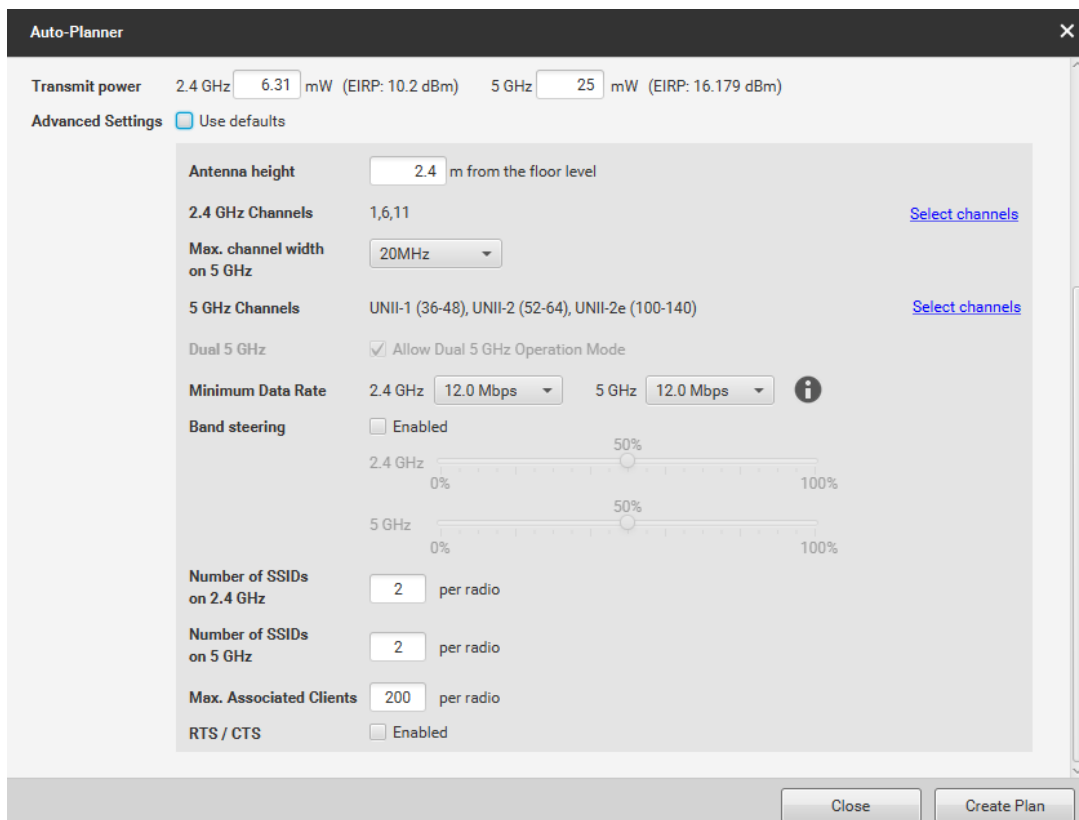


Figura 45: Parámetros de configuración en EkahauPro [51]

De toda la información que se puede extraer del estudio, se va a prestar especial atención a la intensidad de la señal, a veces denominada cobertura, ya que es el requisito más básico para una red inalámbrica. Como pauta general, la baja intensidad de la señal significa conexiones poco confiables y bajo rendimiento de datos.

En la propia herramienta se pueden definir los requisitos de cobertura que se quieren imponer dependiendo del tipo de aplicación requerida, en este caso, voz y datos.

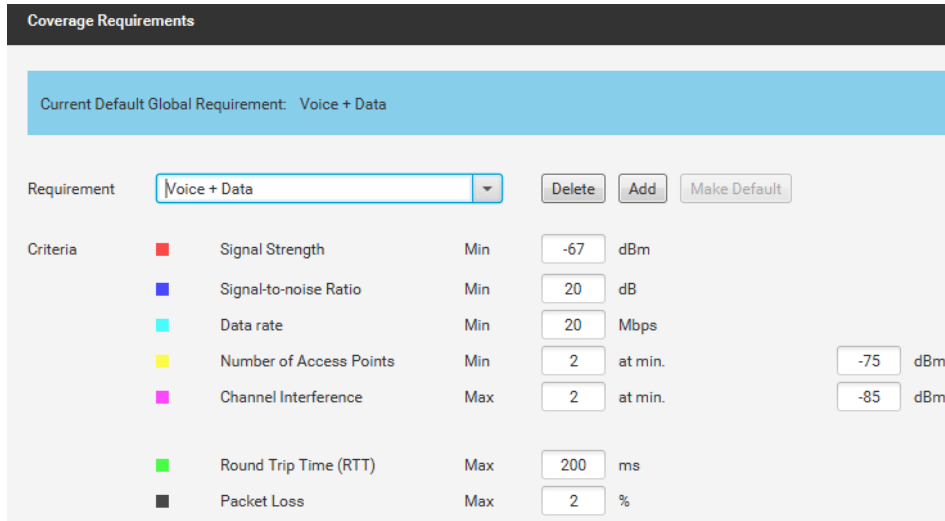


Figura 46: Requerimiento de cobertura WiFi en EkahauPro [51]

En la figura anterior, se puede observar que, para poder tener voz y datos a través de una señal WiFi, la intensidad de la señal no debe ser inferior a -67 dBm.

Con esta información, se ha podido obtener el estudio teórico de cobertura WiFi para cada una de las sedes, tal y como se muestra a continuación.

### SEDE 1

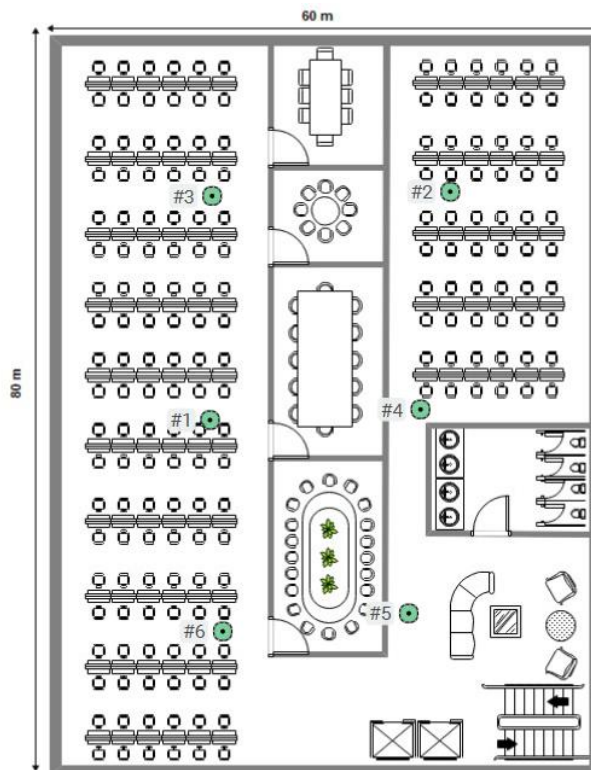


Figura 47: Estudio teórico de cobertura WiFi Sede 1 [51]

A continuación, se muestran los mapas de intensidad de señal para cada banda de señal WiFi:



Figura 48: Mapas de intensidad de señal Sede 1. Izq.: banda 2,4 GHz. Dcha.: Banda 5 GHz [51]

En la sede 1 se ha determinado que se necesitan 6 puntos de acceso por planta tal y como se muestra en la figura 47. Por tanto, como se quiere dar cobertura WiFi en 4 de las plantas de este edificio se necesitarán:

$$AP_{Sede1} = 4 \cdot 6 = \mathbf{24 APs}$$

## SEDE 2

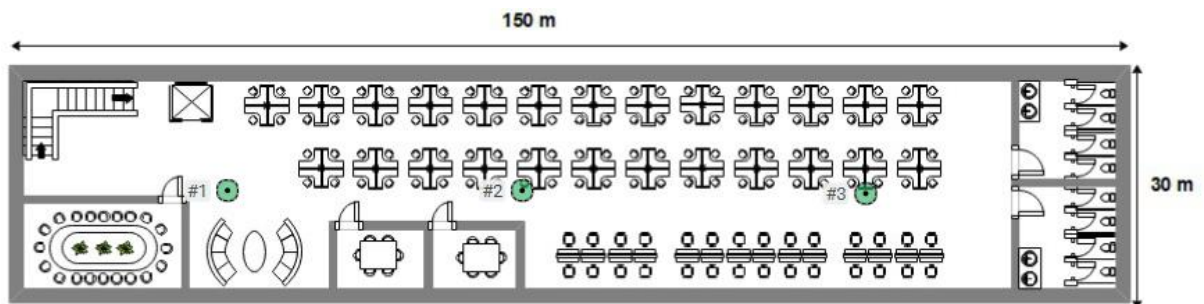


Figura 49: Estudio teórico de cobertura WiFi Sede 2 [51]

A continuación, se muestran los mapas de intensidad de señal para cada banda de señal WiFi:



Figura 50: Mapas de intensidad de señal Sede 2. Arriba: banda 2,4 GHz. Abajo: Banda 5 GHz [51]

En la sede 2 se ha determinado que se necesitan 3 puntos de acceso por planta. Por tanto, como se quiere dar cobertura WiFi en las 3 plantas de este edificio se necesitarán:

$$AP_{Sede2} = 3 \cdot 3 = \mathbf{9 APs}$$

A continuación, se van a ir definiendo cada uno de los subsistemas que se han descrito en el apartado 2.6. del estado del arte.

### 3.2.2. Subsistema Puesto de trabajo

Tal y como se ha comentado en el apartado 2.6.5., este subsistema conecta los equipos terminales de cada puesto de trabajo con los módulos de conexión RJ45. En este subsistema hay que tener en cuenta los siguientes elementos:

- **Caja modular:** tantas como puestos de trabajo haya en cada planta.
- **Módulos de conexión RJ45:** dependiendo de si en la sede se necesita un único o doble cableado, se necesitarán uno o dos módulos de conexión RJ45 por cada puesto de trabajo. Para las impresoras y puntos de acceso se necesita un único módulo de conexión independientemente de si se tiene un único o doble cableado, ya que solo necesitan conectividad de datos, no de voz.
- **Latiguillos para puestos de trabajo:** tantos como módulos de conexión RJ45 haya.

#### SEDE 1

Según los requerimientos de diseño, la sede 1 de la empresa tiene un total de 625 usuarios, distribuidos por las plantas de forma desigual y tienen previsto un incremento del personal de un 10%. Además, en esta sede quieren disponer de doble cableado para voz y datos.

De esta manera, se calculan los elementos que se necesitan por planta:

- **Planta -1:** En esta planta únicamente estará ubicado el repartidor principal y el CPD, por lo que no será necesario instalar elementos de puesto de trabajo.
- **Planta Baja:** 150 usuarios + 10% = 165 usuarios + 6 Puntos de Acceso + 1 Impresora
  - Caja modular: 172
  - Módulos de conexión RJ45:  $(2 \cdot 165) + 6 + 1 = 337$
  - Latiguillos para puesto de trabajo: 337
- **Planta 1:** 200 usuarios + 10% = 220 usuarios + 6 Puntos de Acceso + 1 Impresora
  - Caja modular: 227
  - Módulos de conexión RJ45:  $(2 \cdot 220) + 6 + 1 = 447$
  - Latiguillos para puesto de trabajo: 447
- **Planta 2:** 150 usuarios + 10% = 165 usuarios + 6 Puntos de Acceso + 1 Impresora
  - Caja modular: 172
  - Módulos de conexión RJ45:  $(2 \cdot 165) + 6 + 1 = 337$
  - Latiguillos para puesto de trabajo: 337
- **Planta 3:** 125 usuarios + 10% = 138 usuarios + 6 Puntos de Acceso + 1 Impresora
  - Caja modular: 145
  - Módulos de conexión RJ45:  $(2 \cdot 138) + 6 + 1 = 283$
  - Latiguillos para puesto de trabajo: 283

A continuación, en la figura 51, se puede observar un ejemplo de los elementos de puesto de trabajo necesarios para disponer de una infraestructura de doble cableado en la sede 1.

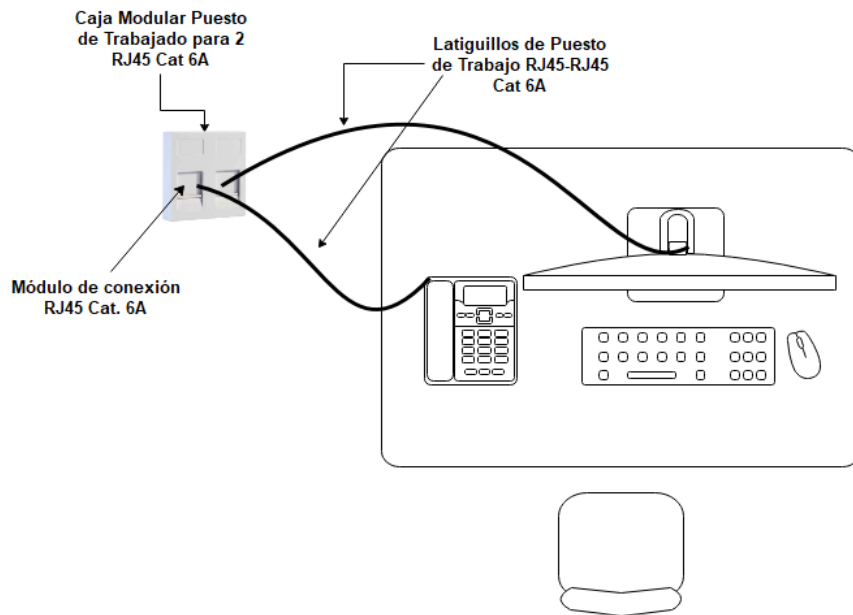


Figura 51: Puesto de trabajo con doble cableado Sede 1

## **SEDE 2**

Según los requerimientos de diseño, la sede 2 de la empresa está formada por 3 plantas con 360 usuarios repartidos uniformemente por todas las plantas, es decir, 120 usuarios por planta, con un crecimiento previsto del 5%. Además, para ahorrar costes han decidido disponer de un único cableado para voz y datos, por lo que únicamente será necesario disponer de una toma de red por cada puesto de trabajo.

De esta manera, se calculan los elementos que se necesitan por planta:

- **Planta Baja:** 120 usuarios + 5% = 126 usuarios + 3 Puntos de Acceso + 1 Impresora
  - Caja modular: 130
  - Módulos de conexión RJ45: 130
  - Latiguillos para puesto de trabajo: 130
- **Planta 1:** 120 usuarios + 5% = 126 usuarios + 3 Puntos de Acceso + 1 Impresora
  - Caja modular: 130
  - Módulos de conexión RJ45: 130
  - Latiguillos para puesto de trabajo: 130
- **Planta 2:** 120 usuarios + 5% = 126 usuarios + 3 Puntos de Acceso + 1 Impresora
  - Caja modular: 130
  - Módulos de conexión RJ45: 130
  - Latiguillos para puesto de trabajo: 130

A continuación, en la figura 52, se puede observar un ejemplo de los elementos de puesto de trabajo necesarios para disponer de una infraestructura de único cableado. Como se puede observar, en la caja modular únicamente se necesita un módulo de conexión, en el que se conectará el latiguillo que provenga del teléfono de voz IP. A su vez, el teléfono tendrá que disponer integrado un mini switch de 10G (para que no se produzcan cuellos de botella) y a él se conectará el latiguillo que provenga del PC. En la figura 37 del apartado 2.6.5. del estado del arte se puede observar esta separación virtual de redes.

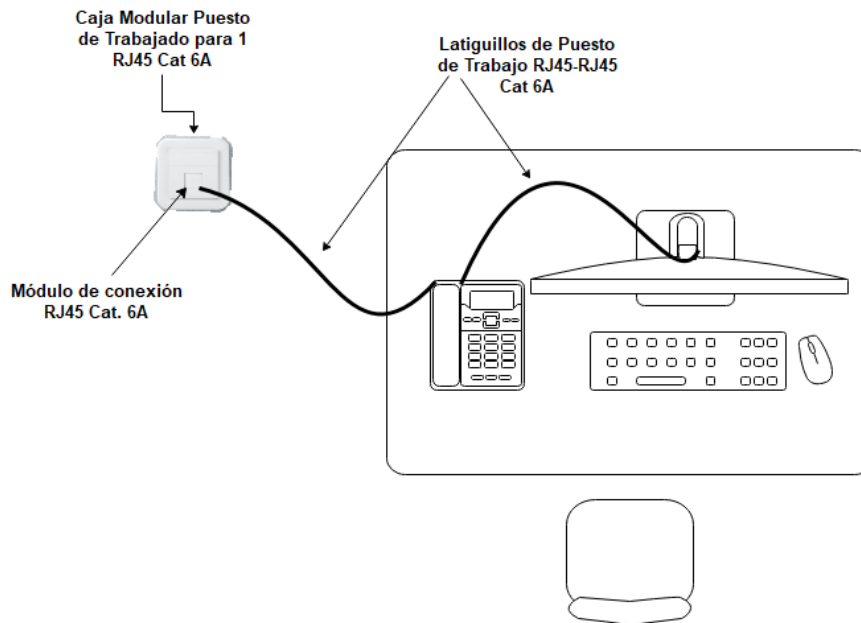


Figura 52: Puesto de trabajo con cableado único Sede 1

### 3.2.3. Subsistema Horizontal

Para la correcta definición de este subsistema, es necesario conocer las dimensiones de las plantas del edificio. Para calcular los metros de cable de cobre necesarios, se va a hacer una estimación calculando la media de las distancias que puede haber entre el repartidor de la planta y cada puesto de trabajo. Para ello, se va a calcular la distancia más larga y la más corta en cada planta y se dividirá el resultado entre 2. Después, se multiplicará esta distancia resultante por el número de tomas de red que se necesitan en cada planta, dependiendo de si requieren un único o doble cableado para voz y datos. En este caso, se ha escogido realizar esta instalación con cable de cobre UTP 4pares Cat. 6A, es decir, a cada puesto de trabajo le va a llegar una capacidad de 10G. Por otra parte, de acuerdo con las normativas de prevención de riesgos, estos cables cumplirán con la normativa CPR (detallada en el apartado 2.3.), cumpliendo con la clasificación adoptada para los cables de energía, control y comunicaciones en España, que es la Cca, es decir, que tengan una reacción baja.



Además, será necesario añadir los mismos metros de canaleta por la que se distribuirán los cables horizontales hasta los puestos de trabajo.

### **SEDE 1**

Para la sede 1, se indica que cada planta tiene unas dimensiones de 80 x 60 metros. Como el repartidor de cada planta se ubicará en el centro, la distancia más larga no excederá los 90 m que tiene de limitación el cableado de cobre. Además, también se indica que en esta sede se necesita doble cableado para voz y datos. Las impresoras y los puntos de acceso WiFi no necesitan doble cableado, puesto que únicamente necesitan cableado de datos.

En la figura 53, se puede observar cómo se calculan las distancias desde el rack hasta los puntos más cercanos y alejados de cada una de las plantas de la sede 1.

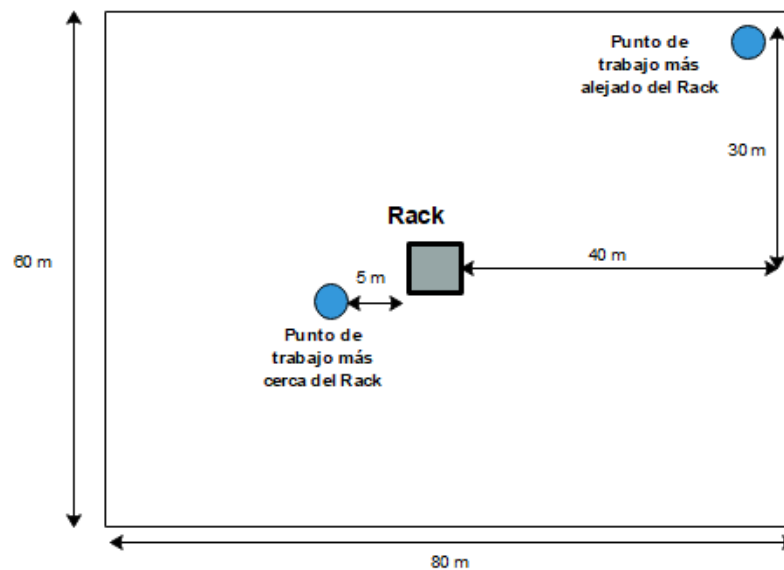


Figura 53: Cálculo cableado horizontal Sede 1

Por tanto, la distancia media para cada una de las plantas de la sede 1 es:

$$Distancia_{max} = 40\text{ m} + 30\text{ m} = 70\text{ m}$$

$$Distancia_{min} = 5\text{ m}$$

$$Distancia_{media} = \frac{70\text{ m} + 5\text{ m}}{2} = 37,5\text{ m}$$

$$Metros\ de\ cable = n^{\circ}\ \text{puestos de trabajo en planta} \cdot Distancia_{media}$$

Como en esta sede se requiere disponer de doble cableado, será necesario multiplicar los metros de cable de cobre por dos.

De esta manera, se calculan los metros de cable de cobre UTP de 4 pares Cat. 6A que se necesitan por planta:

- **Planta -1:** En esta planta, la sala CPD se encuentra ubicada a 20 metros del repartidor principal, y en los requerimientos se indican que estos enlaces se tienen que hacer con interfaces de cobre a 10G, por lo que también hay que usar cables de Cat. 6A. Entonces, se calculan los metros de cable que necesitamos en la planta -1:

$$\text{Metros de cable} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo en planta} \cdot \text{Distancia}_{\text{media}} = 20 \text{ servidores} \cdot 20 \text{ m} = 400 \text{ m}$$

- **Planta Baja:** 165 usuarios + 6 Puntos de Acceso + 1 Impresora  

$$\text{Metros de cable PB} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo} \cdot \text{Distancia}_{\text{media}} = [2 \cdot (165 \cdot 37,5)] + (7 \cdot 37,5)$$

$$\cong 12.638 \text{ m}$$
- **Planta 1:** 220 usuarios + 6 Puntos de Acceso + 1 Impresora  

$$\text{Metros de cable P1} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo} \cdot \text{Distancia}_{\text{media}} = [2 \cdot (220 \cdot 37,5)] + (7 \cdot 37,5)$$

$$\cong 16.763 \text{ m}$$
- **Planta 2:** 165 usuarios + 6 Puntos de Acceso + 1 Impresora  

$$\text{Metros de cable P2} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo} \cdot \text{Distancia}_{\text{media}} = [2 \cdot (165 \cdot 37,5)] + (7 \cdot 37,5)$$

$$\cong 12.638 \text{ m}$$
- **Planta 3:** 138 usuarios + 6 Puntos de Acceso + 1 Impresora  

$$\text{Metros de cable P3} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo} \cdot \text{Distancia}_{\text{media}} = [2 \cdot (138 \cdot 37,5)] + (7 \cdot 37,5)$$

$$\cong 10.613 \text{ m}$$

En total se necesitan:

$$\text{Metros de cable UTP Cat 6A Sede 1} = 400 + 12.638 + 16.763 + 12.638 + 10.613 = 53.052 \text{ m}$$

$$\text{Metros de canaleta horizontal} = 53.052 \text{ m}$$

## **SEDE 2**

Para la sede 2, se indica que cada planta tiene unas dimensiones de 150 x 30 metros. Como las distancias exceden los 90 m que tiene de limitación el cableado de cobre, se van a ubicar dos repartidores secundarios por planta, de forma que no se supere esta limitación. De esta manera, ya se puede realizar esta instalación con cable de cobre UTP 4 pares Cat. 6A, es decir, a cada puesto de trabajo le va a llegar una capacidad de 10G. Además, se indica que en esta sede necesitan un único cableado para voz y datos.

A continuación, en la figura 54 se puede observar cómo se calculan las distancias desde cada uno de los armarios rack hasta los puntos más cercanos y alejados de la planta.

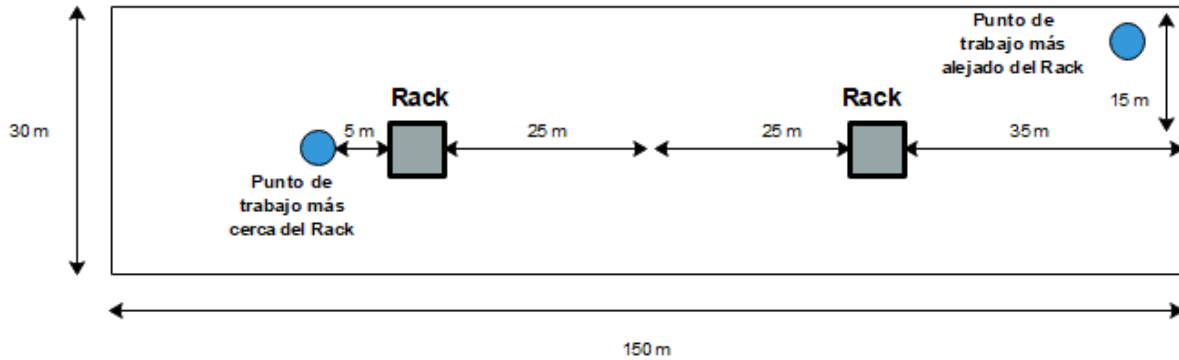


Figura 54: Cálculo cableado horizontal Sede 2

Por tanto, la distancia media para cada una de las plantas de la sede 2 es:

$$Distancia_{max} = 35 \text{ m} + 15 \text{ m} = 50 \text{ m}$$

$$Distancia_{min} = 5 \text{ m}$$

$$Distancia_{media} = \frac{50 \text{ m} + 5 \text{ m}}{2} = 27,5 \text{ m}$$

$$\text{Metros de cable} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo en planta} \cdot Distancia_{media}$$

Como en esta sede se requiere disponer de un único cableado, no será necesario multiplicar los metros de cable de cobre por dos.

De esta manera, se calculan los metros de cable de cobre UTP de 4 pares Cat. 6A que se necesitan por planta:

- **Planta Baja:** 126 usuarios + 3 Puntos de Acceso + 1 Impresora

$$\text{Metros de cable PB} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo} \cdot Distancia_{media} = 130 \cdot 27,5 = 3.575 \text{ m}$$

- **Planta 1:** 126 usuarios + 3 Puntos de Acceso + 1 Impresora

$$\text{Metros de cable P1} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo} \cdot Distancia_{media} = 130 \cdot 27,5 = 3.575 \text{ m}$$

- **Planta 2:** 126 usuarios + 3 Puntos de Acceso + 1 Impresora

$$\text{Metros de cable P2} = n^{\circ} \text{ puestos de trabajo} \cdot Distancia_{media} = 130 \cdot 27,5 = 3.575 \text{ m}$$

En total se necesitan:

$$\text{Metros de cable UTP Cat 6A Sede 1} = 3 \cdot 3.575 \text{ m} = 10.725 \text{ m}$$

$$\text{Metros de canaleta horizontal} = 10.725 \text{ m}$$

### 3.2.4. Subsistema Vertical

Como ya se ha comentado en el apartado 2.6.3., el subsistema vertical es el encargado de unir el repartidor principal con los repartidores secundarios que estarán ubicados en cada una de las plantas del edificio. Un buen diseño implica que los repartidores se encuentren ubicados en el mismo punto verticalmente hablando, es decir, unos encima de otros. Además, se debe disponer de un patinillo de telecomunicaciones, que forma parte del backbone, cercano a la ubicación de los repartidores, a través del cual se distribuirán los cables de fibra.

Como se ha determinado una arquitectura distribuida, se va a realizar el cableado vertical con fibra óptica interior multimodo OM4 para no limitar la capacidad de ninguna de las plantas, ya que es la que mayor capacidad dispone en el mercado y además permite dejar preparada la instalación para posibles ampliaciones futuras. Además, de acuerdo con las normativas de prevención de riesgos, esta fibra cumplirá con la normativa CPR, cumpliendo con la clasificación adoptada para los cables de energía, control y comunicaciones en España, que es la Cca, es decir, que tengan una reacción baja.

El cable de fibra óptica se debe seleccionar teniendo en cuenta el número de fibras (“pelos” o “hilos”) que se necesiten. Para un enlace de fibra se necesitan 2 “pelos” o “hilos” de fibras (TX-RX). Según esto, el cable será de, al menos, el doble de fibras de los enlaces que se necesiten. Se recomienda seleccionar un cable con más fibras de las que se necesiten para tenerlas como reserva o backup. Además, se ha decidido que los enlaces van a ser redundados por seguridad, por tanto, se van a instalar mangueras de 2x12 fibras, para que cada planta pueda disponer de varios servicios simultáneos.

Para calcular los metros de fibra óptica (FO) multimodo (MM) OM4 que necesitamos, se van a calcular los metros necesarios por cada enlace. Para ello hay que tener en cuenta que cada planta del edificio tendrá que estar unida directamente con la planta baja y que esta unión se realizará por el patinillo de telecomunicaciones que se situará a una distancia de x metros (depende de la sede) en horizontal de los cuartos de comunicaciones. Es decir, los metros de fibra óptica que se necesitan, teniendo en cuenta que los enlaces estarán redundados, son:

$$\text{Metros de FO MM por enlace} = 2 \cdot (\text{DistanciaHorizontal} + \text{AlturaPlanta} + \text{DistanciaHorizontal})$$

Además, también será necesario incluir el mismo número de metros de canaleta o bandeja por la que se distribuirán los cables de fibra.

#### **SEDE 1**

La sede 1 de la empresa dispone de 4 plantas, además de la planta -1 donde estará ubicado el CPD y el repartidor principal del edificio. En esta sede, se indica que la altura de las plantas es de 4 metros y que el patinillo de telecomunicaciones se situará a 15 metros en horizontal de los cuartos de comunicaciones, tal y como se muestra en la figura 55.

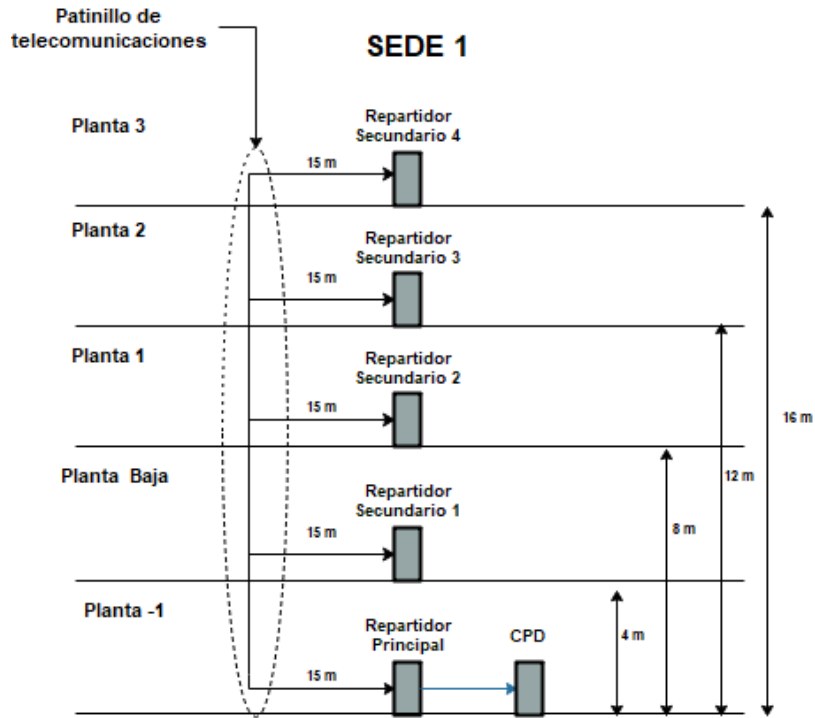


Figura 55: Cálculo cableado vertical Sede 1

Si se calculan los metros por cada enlace redundado se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Metros de FO MM Enlace } P_{-1} - PB &= 2 \cdot (15m + 4m + 15m) = 68m \\ \text{Metros de FO MM Enlace } P_{-1} - P1 &= 2 \cdot (15m + 8m + 15m) = 76m \\ \text{Metros de FO MM Enlace } P_{-1} - P2 &= 2 \cdot (15m + 12m + 15m) = 84m \\ \text{Metros de FO MM Enlace } P_{-1} - P3 &= 2 \cdot (15m + 16m + 15m) = 92m \end{aligned}$$

Por tanto, los metros totales de fibra óptica multimodo OM4 que se necesitan para los enlaces verticales redundados en la sede 1 son:

$$\begin{aligned} \text{Metros de FO MM OM4 Sede1} &= 68m + 76m + 84m + 92m = 310m \\ \text{Metros de canaleta vertical} &= 310m \end{aligned}$$

## SEDE 2

La sede 2 de la empresa dispone de 3 plantas. En esta sede, se indica que la altura de las plantas es de 5 metros y que el patinillo de telecomunicaciones se situará a 25 metros en horizontal de los cuartos de comunicaciones, tal y como se muestra en la figura 56.

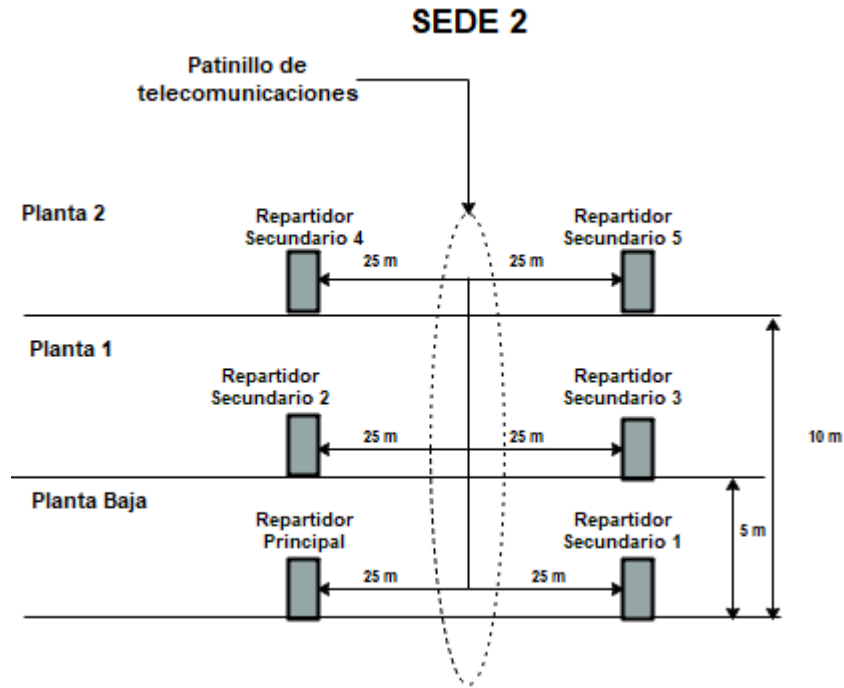


Figura 56: Cálculo cableado vertical Sede 2

Si se calculan los metros por cada enlace redundado se obtiene:

$$\text{Metros de FO MM Enlace PB - PB} = 2 \cdot (25 + 25) = 100\text{m}$$

$$\text{Metros de FO MM Enlace PB - P1} = 2 \cdot [(25 + 5 + 25) + (25 + 5 + 25)] = 220\text{m}$$

$$\text{Metros de FO MM Enlace PB - P2} = 2 \cdot [(25 + 10 + 25) + (25 + 10 + 25)] = 240\text{m}$$

Por tanto, los metros totales de fibra óptica multimodo OM4 que se necesitan para los enlaces verticales redundados en la sede 2 son:

$$\text{Metros de FO MM OM4 Sede2} = 100\text{m} + 220\text{m} + 240\text{m} = 560\text{m}$$

$$\text{Metros de canaleta vertical} = 560\text{ m}$$

### 3.2.5. Subsistema Campus

Tal y como se indica en los requerimientos del proyecto, la empresa sobre la que se está diseñando el cableado estructurado está formada por dos sedes separadas una distancia de 3 km. Como se ha comentado en el apartado 2.5.2., la fibra óptica se puede clasificar principalmente en dos tipos de fibra: la fibra multimodo que se puede utilizar para distancias cortas, hasta 2 km, y la fibra monomodo que se puede utilizar para distancias más largas. Como las sedes de esta empresa están separadas una distancia de 3 km, en este caso se utilizará un enlace de fibra monomodo para unirlos. Es necesario dimensionar bien el número de fibras que va a haber en el enlace para poder transmitir todos los servicios que tiene la empresa y diseñar un enlace redundado, para evitar posibles fallos.

En este caso, según lo que se acaba de comentar, se ha decidido usar 3000 metros de cable exterior multipar de fibra óptica de 24 fibras monomodo para enlace redundado entre edificios. Es decir, 2 x 24FO SM OS2. Además, también será necesario incluir 3000 metros de canalización para distribuir la fibra entre los dos edificios.

Por otra parte, de acuerdo con las normativas de prevención de riesgos, esta fibra cumplirá con la normativa CPR, cumpliendo con la clasificación adoptada para los cables de energía, control y comunicaciones en España, que es la Cca, es decir, que tengan una reacción baja.

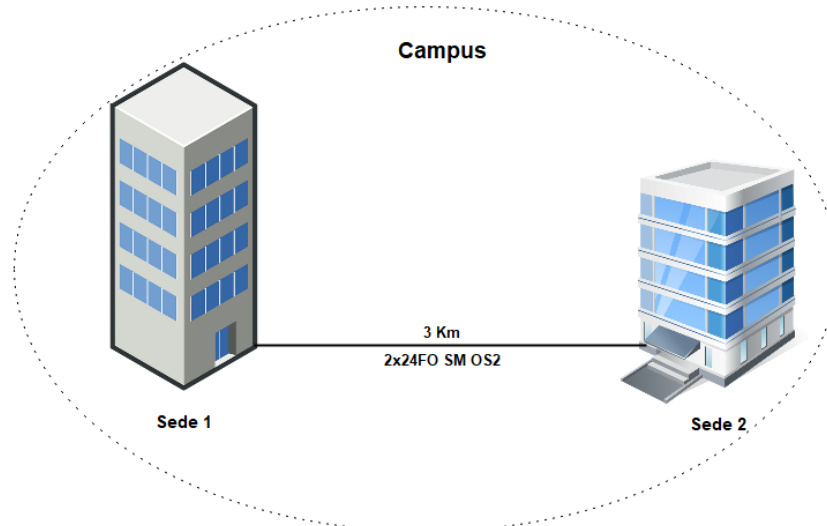


Figura 57: Cálculo cableado campus

### 3.2.6. Subsistema Administración

Para este subsistema se tiene que escoger la planta del edificio donde se va a ubicar el repartidor principal del edificio. Si se quiere una arquitectura centralizada, este será el único repartidor del edificio. Sin embargo, las buenas prácticas del diseño de cableado estructurado indican que es mejor tener una arquitectura distribuida ya que mejora la capacidad y escalabilidad de los sistemas. Si se elige una arquitectura distribuida, se ubicará un repartidor principal en la planta que se decida y en el resto de

las plantas del edificio se ubicarán uno o varios repartidores secundarios, siguiendo una topología en estrella.

En este subsistema hay que definir los elementos necesarios de cobre y fibra para construir los repartidores principales y secundarios. Estos repartidores tienen varios elementos en común que tendrán que definirse según la utilidad que se le vaya a dar a cada uno:

- **Armario Rack:** Dependiendo del número de elementos que se vayan a instalar en él, se podrá elegir un tamaño u otro. Pueden ser de una anchura de 19" o 23". Las dimensiones de los armarios rack vienen determinados por el número de Us que contienen. Una U es una unidad de rack y es la medida que se utiliza para describir la altura del equipamiento que se instala en un rack. Además, para aumentar la seguridad de estos armarios, se pueden provisionar con puerta de cristal y cerradura con llave.
- **Regletas de Enchufe:** Por lo general, se suele instalar una única regleta para racks de hasta 9Us de altura. Si el rack tiene más altura, lo recomendable es instalar dos regletas de enchufes.
- **Paneles de Fibra:** El número de paneles de fibra se determina según el número de fibras ("pelos" o "hilos") del cable de fibra y el tipo de enlace (multimodo o monomodo). Por lo general, los paneles incluyen los adaptadores de fibra. Por cada enlace de fibra se necesitarán 2 paneles, uno en el armario de origen y otro en el armario de destino.
- **Paneles Pasahilos:** Hay que incluir tantos como paneles de fibra haya.
- **Pigtails de Fibra:** Serán del mismo tipo que los adaptadores de los paneles y del mismo modo que el cable de fibra, es decir, se diferenciarán si son multimodo y/o monomodo. Se conectarán a la fibra óptica mediante fusión para evitar pérdidas. Habrá que suministrar tantos pigtails de fibra como fibras tenga el cable de fibra óptica.
- **Latiguillos Bifibra:** Hay que incluir tantos como elementos ópticos de electrónica de red haya. Los conectores serán del mismo tipo y del mismo modo que los pigtails de los paneles de fibra.
- **Paneles de Cobre:** Se pueden calcular dividiendo el número de puestos de trabajo en esa planta entre 24 y redondeando al número entero superior.
- **Paneles Pasahilos:** Hay que incluir tantos como paneles de cobre haya.
- **Latiguillos Asignación:** Hay que incluir tantos como módulos de conexión RJ45 haya.

Para el diseño de los repartidores o armarios de comunicaciones, se recomienda situar en lo más alto del rack los paneles de conexión de fibra y cobre, de forma que los cables se puedan sacar de una manera cómoda y sencilla por el pasahilos, para después distribuirlos. En la parte media-baja del rack se puede situar la electrónica de red necesaria en esa planta, de forma que se encuentre a una distancia media de los paneles de conexión de fibra y de cobre y de las regletas de enchufes, que se ubicarán en la parte más baja del rack.

A continuación, se van a definir los elementos que se necesitan para los repartidores principales y secundarios de cada una de las sedes:



## **SEDE 1**

Se trata de la sede principal de la empresa, ya que tiene el CPD ubicado en sus instalaciones. Dado que la sala del CPD se encuentra en la planta -1 de este edificio, es en esta planta donde se va a ubicar el repartidor principal del edificio. Además, tal y como se ha definido en el subsistema vertical, se va a ubicar un repartidor secundario en cada una de las otras plantas.

- **Repartidor principal:**

- **Armario Rack de 19”.** En este caso, como es el armario principal del edificio, se va a elegir un armario grande de 42U. Además, este rack se provisionará con puerta de cristal y cerradura con llave para aumentar su seguridad.
- **Regletas de Enchufe:** Como el rack tiene más de 9Us de altura, será necesario instalar dos regletas de enchufe.
- **Paneles de Fibra:** En este caso, se tienen que provisionar dos tipos de paneles:
  - **Panel de fibra monomodo**, para el enlace de campus. Como ya se ha indicado en el subsistema campus, este enlace se hará redundado con 24 fibras. Por tanto, se necesitan 2 paneles de 24 conexiones cada uno.
  - **Panel de fibra multimodo**, para los enlaces verticales con los repartidores secundarios del edificio. En este caso, como ya se ha indicado en el subsistema vertical, los enlaces serán redundados y se harán con 12 fibras. Por tanto, se necesitan 4 paneles (uno por planta) de 24 conexiones cada uno.
- **Paneles Pasahilos:** Tantos como paneles de fibra. Es decir, se necesitan 6 paneles pasahilos, 2 monomodo y 4 multimodo.
- **Pigtails de Fibra:** Serán del mismo tipo que los adaptadores de los paneles y del mismo modo que el cable de fibra, es decir, se necesitarán 2x24 pigtails de fibra monomodo y 4x24 pigtails de fibra multimodo.
- **Latiguillos Bifibra:** Tantos como elementos ópticos de electrónica de red. Como habrá 2 switches de CORE, es decir, de distribución de la fibra entre plantas, se necesitarán 2 latiguillos bifibra por planta, en total 8 para datos y 8 para voz.
- **Paneles de Cobre:** En esta planta únicamente se necesitan 20 conexiones para los servidores, por lo que será suficiente con 1 panel de cobre.
- **Paneles Pasahilos:** Tantos como paneles de cobre, es decir, uno.
- **Latiguillos Asignación:** Tantos como módulos de conexión RJ45, es decir, 20.

En la tabla 7 se puede encontrar un resumen de los elementos necesarios para el repartidor principal de la sede 1, mientras que en la figura 58 se puede observar su diseño.

SEDE 1 - REPARTIDOR PRINCIPAL PLANTA -1	
Elemento	Unidades
Armario Rack 19"	1 x 42U
Regletas de Enchufe	2
Paneles de Fibra	Monomodo 2 x 24 Enlace Campus Multimodo 4 x (2 x 12) Enlace Vertical
Paneles Pasahilos Fibra	2 x monomodo 4 x multimodo
Pigtails de Fibra	Monomodo 2 x 24 Multimodo 4 x 24
Latiguillos Bifibra	16
Paneles de Cobre	1 x RJ45 Cat. 6A
Paneles Pasahilos Cobre	1
Latiguillos Asignación	20

Tabla 7: Sede 1 - Elementos Repartidor Principal Planta -1

**Sede 1 - Repartidor Principal**

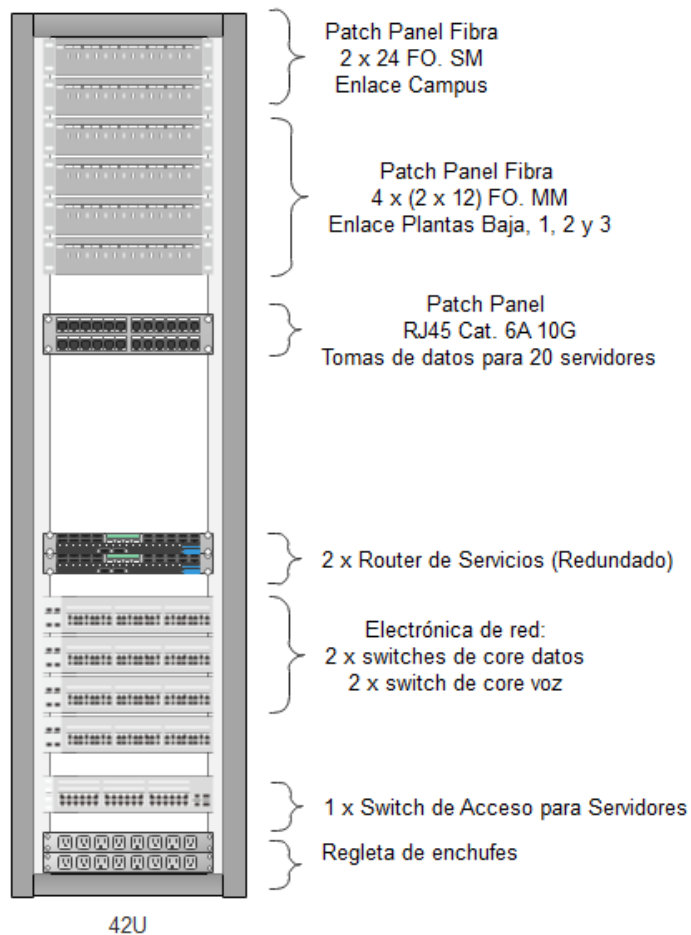


Figura 58: Sede 1 - Diseño Repartidor Principal Planta -1

• Repartidor Secundario 1 – Planta Baja

SEDE 1 – REPARTIDOR SECUNDARIO PLANTA BAJA	
Elemento	Unidades
Armario Rack 19"	1 x 42U + 1 x 24U
Regletas de Enchufe	2
Paneles de Fibra	Multimodo 1x 24 Enlace Vertical
Paneles Pasahilos Fibra	1 multimodo
Pigtails de Fibra	Multimodo 24
Latiguillos Bifibra	4
Paneles de Cobre	8 x RJ45 Cat. 6 Datos 8 x RJ45 Cat. 6 Voz
Paneles Pasahilos Cobre	16
Latiguillos Asignación	172 Datos 168 Voz

Tabla 8: Sede 1 - Elementos Repartidor Secundario1 Planta Baja

En este caso, como se necesitan muchos elementos, se van a instalar dos armarios, donde tal y como se explicaba en la figura 30 del apartado 2.6.1., en un armario se van a colocar los elementos pasivos y en el otro los elementos activos.

Sede 1 - Repartidor Secundario Planta Baja

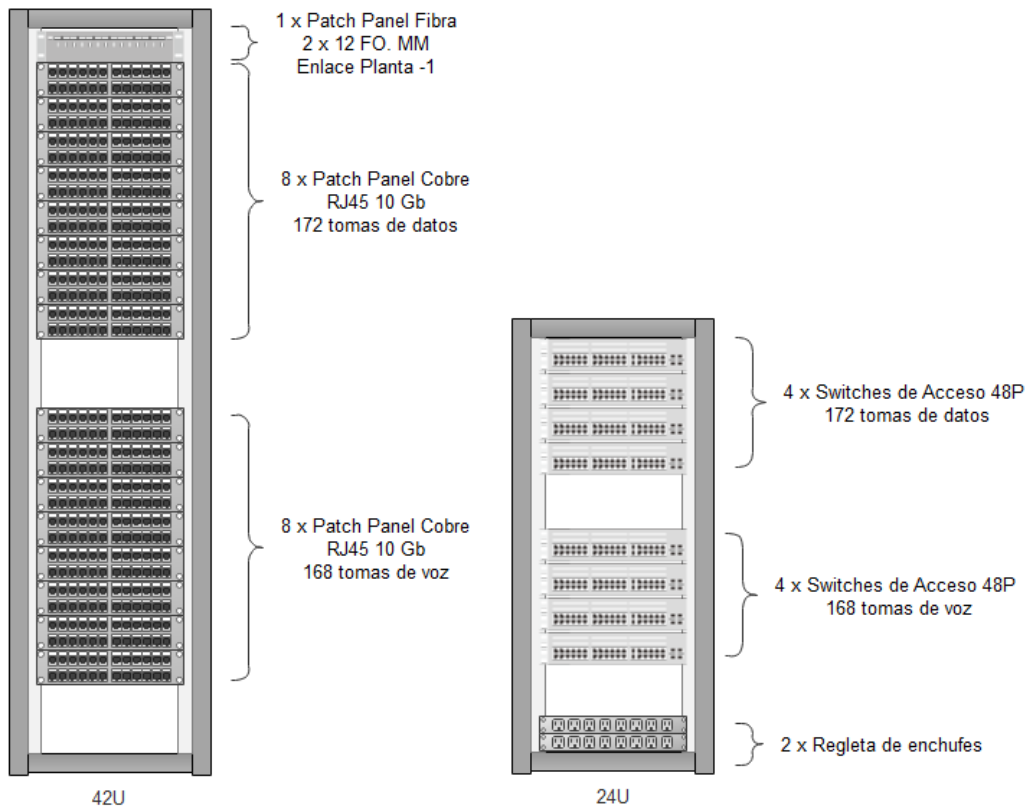


Figura 59: Sede 1 - Diseño Repartidor Secundario1 Planta Baja

• Repartidor Secundario 2 – Planta 1

SEDE 1 – REPARTIDOR SECUNDARIO PLANTA 1	
Elemento	Unidades
Armario Rack 19"	2 x 42U
Regletas de Enchufe	2
Paneles de Fibra	Multimodo 1 x 24 Enlace Vertical
Paneles Pasahilos Fibra	1 multimodo
Pigtails de Fibra	Multimodo 24
Latiguillos Bifibra	4
Paneles de Cobre	10 x RJ45 Cat. 6 Datos 10 x RJ45 Cat. 6 Voz
Paneles Pasahilos Cobre	20
Latiguillos Asignación	227 Datos 220 Voz

Tabla 9: Sede 1 - Elementos Repartidor Secundario2 Planta1

Sede 1 - Repartidor Secundario Planta 1

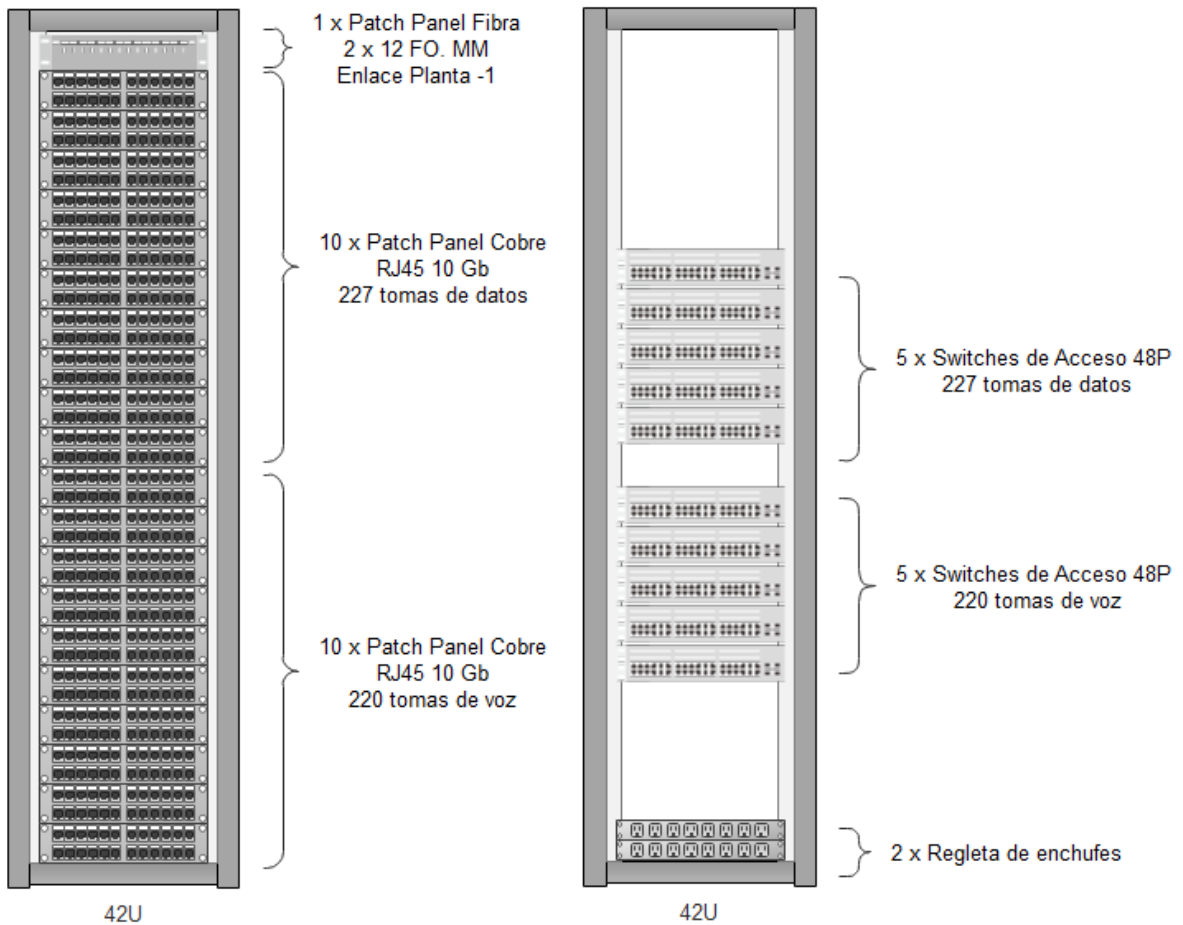


Figura 60: Sede 1 - Diseño Repartidor Secundario2 Planta1

• Repartidor Secundario 3 – Planta 2

SEDE 1 – REPARTIDOR SECUNDARIO PLANTA 2	
Elemento	Unidades
Armario Rack 19"	1 x 42U + 1 x 24U
Regletas de Enchufe	2
Paneles de Fibra	Multimodo 1 x 24 Enlace Vertical
Paneles Pasahilos Fibra	1 multimodo
Pigtails de Fibra	Multimodo 24
Latiguillos Bifibra	4
Paneles de Cobre	8 x RJ45 Cat. 6 Datos 8 x RJ45 Cat. 6 Voz
Paneles Pasahilos Cobre	16
Latiguillos Asignación	172 Datos 168 Voz

Tabla 10: Sede 1 - Elementos Repartidor Secundario3 Planta2

Sede 1 - Repartidor Secundario Planta 2

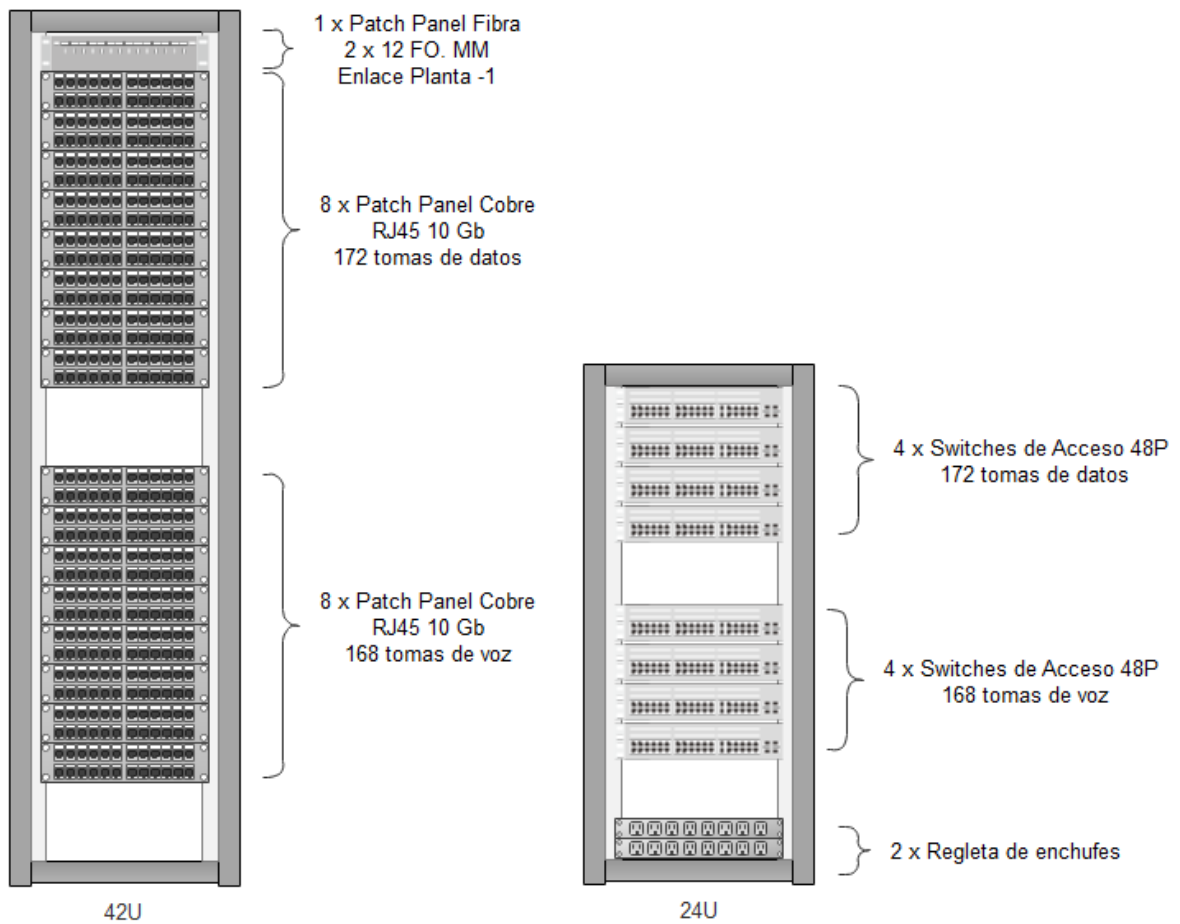


Figura 61: Sede 1 - Diseño Repartidor Secundario3 Planta2

• Repartidor Secundario 4 – Planta 3

SEDE 1 – REPARTIDOR SECUNDARIO PLANTA 3	
Elemento	Unidades
Armario Rack 19"	1 x 42U + 1 x 24U
Regletas de Enchufe	2
Paneles de Fibra	Multimodo 2 x 12 Enlace Vertical
Paneles Pasahilos Fibra	1 multimodo
Pigtails de Fibra	Multimodo 24
Latiguillos Bifibra	4
Paneles de Cobre	7 x RJ45 Cat. 6 Datos 6 x RJ45 Cat. 6 Voz
Paneles Pasahilos Cobre	13
Latiguillos Asignación	145 Datos 138 Voz

Tabla 11: Sede 1 - Elementos Repartidor Secundario4 Planta3

Sede 1 - Repartidor Secundario Planta 3

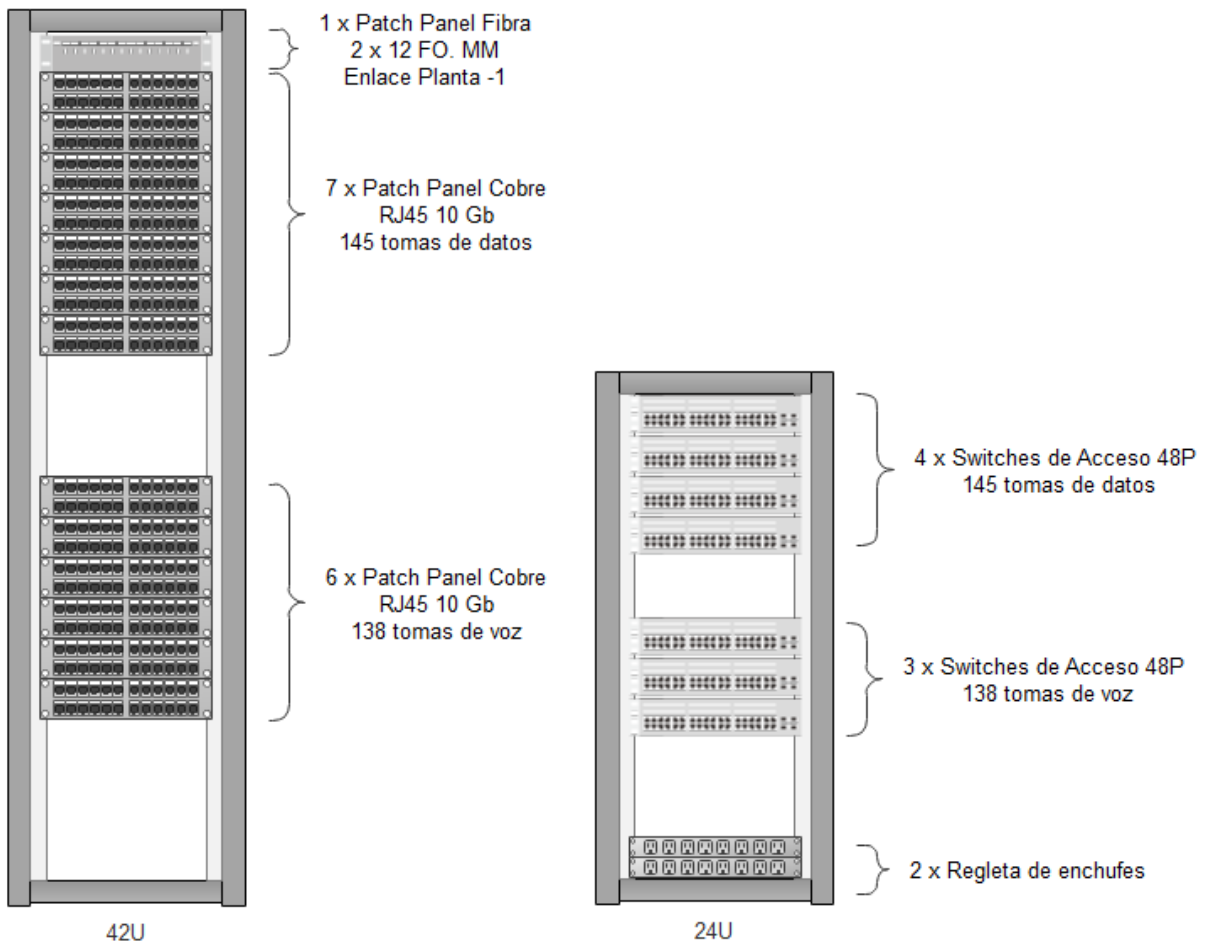


Figura 62: Sede 1 - Diseño Repartidor Secundario4 Planta3

**SEDE 2**

Se trata de la sede secundaria de la empresa y se conecta a la sede principal mediante el enlace campus que se ha definido en el apartado 3.2.5. En este caso, ya que el edificio no tiene muchas plantas, ni mucha altura, se va a ubicar el repartidor principal en la planta baja. Además, tal y como se ha definido en el subsistema vertical, en el apartado 3.2.4., se van a ubicar dos repartidores secundarios en cada una de las otras plantas.

A continuación, se van a definir cada uno de los repartidores:

- **Repartidor Principal:**

<b>SEDE 2 – REPARTIDOR PRINCIPAL PLANTA BAJA</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Unidades</b>
<b>Armario Rack 19"</b>	1 x 42U
<b>Regletas de Enchufe</b>	2
<b>Paneles de Fibra</b>	Monomodo 2 x 24 Enlace Campus Multimodo 5 x (2 x 12) Enlace Vertical
<b>Paneles Pasahilos Fibra</b>	2 x monomodo 5 x multimodo
<b>Pigtails de Fibra</b>	Monomodo 2 x 24 Multimodo 5 x 24
<b>Latiguillos Bifibra</b>	4
<b>Paneles de Cobre</b>	3 x RJ45 Cat. 6 Voz + Datos
<b>Paneles Pasahilos Cobre</b>	3
<b>Latiguillos Asignación</b>	65 Voz + Datos

Tabla 12: Sede 2 - Elementos Repartidor Principal Planta Baja

**Sede 2 - Repartidor Principal**

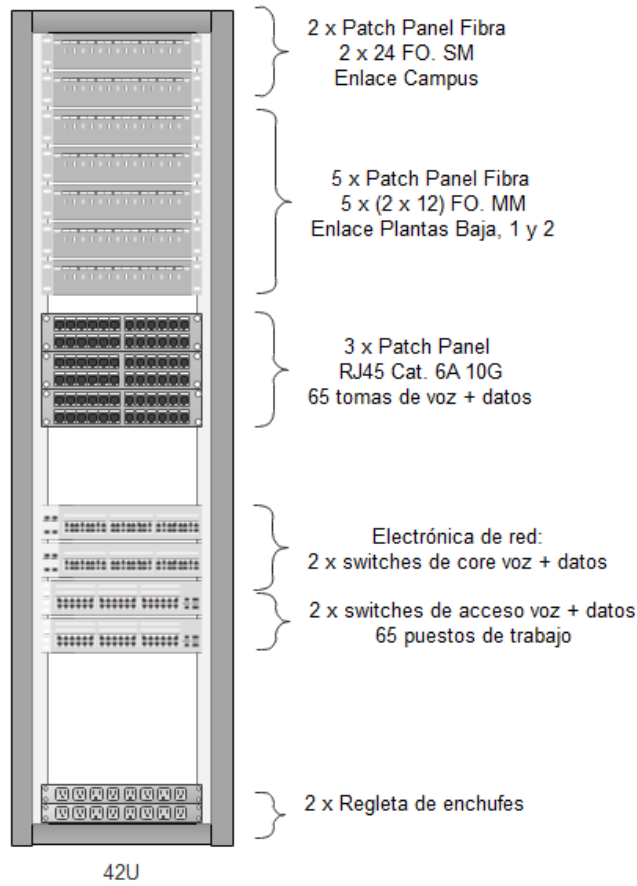


Figura 63: Sede 2 - Diseño Repartidor Principal Planta Baja

Dado que las plantas de esta sede son simétricas y en todas las plantas se ubicará el mismo número de empleados y, por tanto, el mismo número de puestos de trabajo, todos los repartidores secundarios tendrán que contener el mismo número de elementos y equipamiento. Es decir, los repartidores secundarios 1, 2, 3, 4 y 5 deberán tener los siguientes componentes:



- **Repartidores Secundarios (x5):**

SEDE 2 – REPARTIDORES SECUNDARIOS (x5)	
Elemento	Unidades
Armario Rack 19"	1 x 24U
Regletas de Enchufe	2
Paneles de Fibra	Multimodo 1 x 24 Enlace Vertical
Paneles Pasahilos Fibra	1 x multimodo
Pigtails de Fibra	Multimodo 1 x 24
Latiguillos Bifibra	2
Paneles de Cobre	3 x RJ45 Cat. 6 Voz + Datos
Paneles Pasahilos Cobre	3
Latiguillos Asignación	65 Voz + Datos

Tabla 13: Sede 2 - Elementos Repartidores Secundarios (x5)

**Sede 2 - 5 x Repartidores Secundarios**

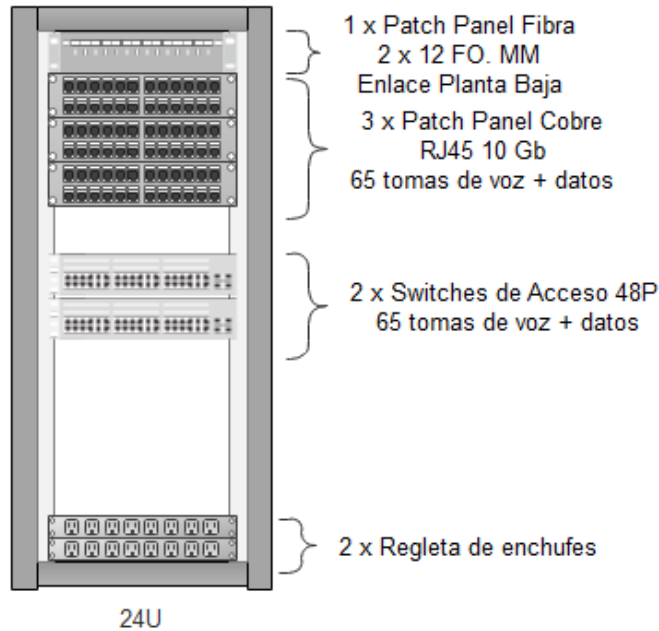


Figura 64: Sede 2 - Diseño Repartidores Secundarios (x5)

### 3.2.7. Esquemas Electrónica de Red

Tal y como se ha comentado en la definición de los subsistemas, se ha optado por una topología en estrella para la distribución de la electrónica de red por las diferentes plantas de los edificios. El esquema completo de ambas sedes sería el siguiente:

#### Sede 1:

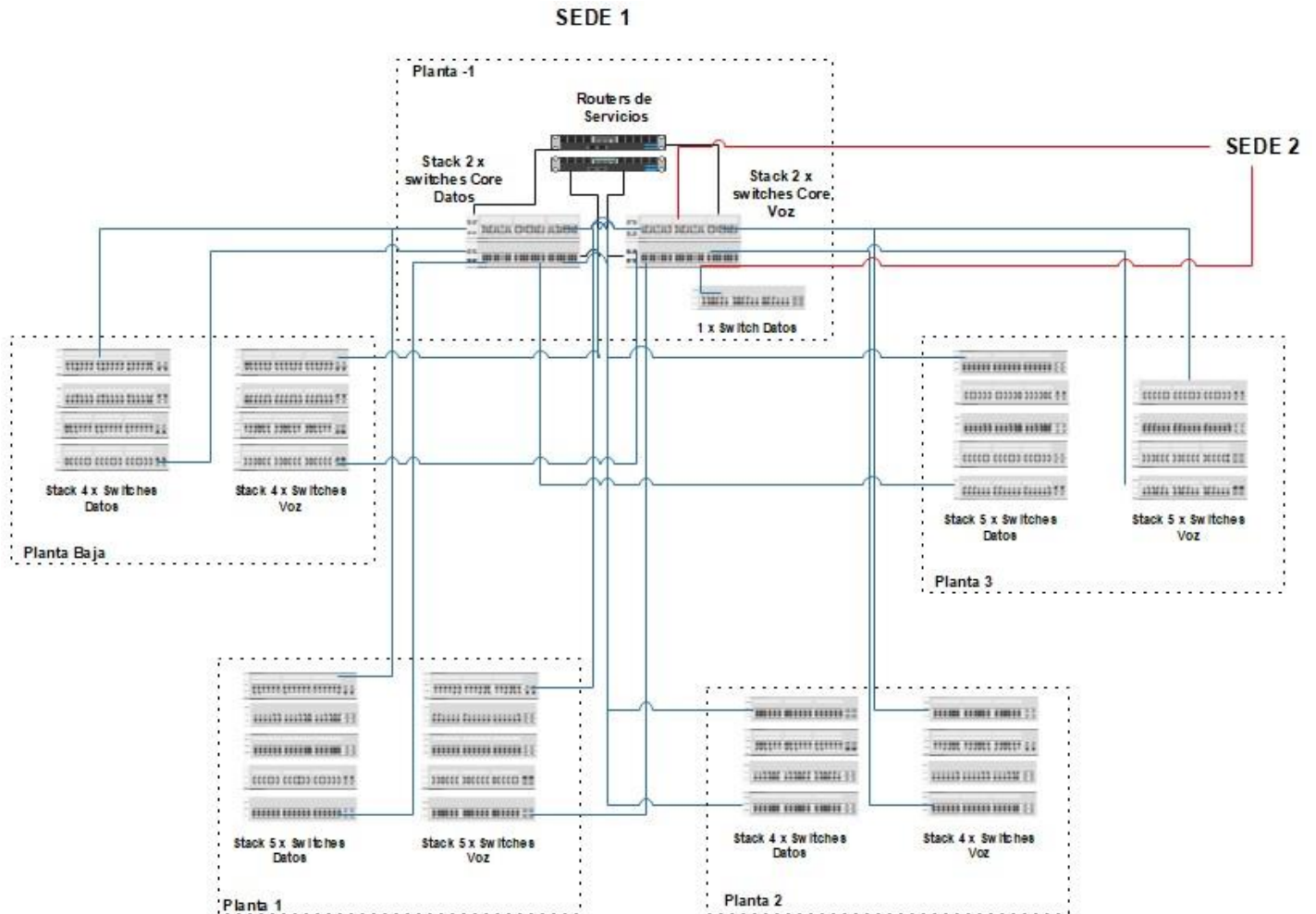


Figura 65: Esquema electrónica de red sede 1

**SEDE 2:**

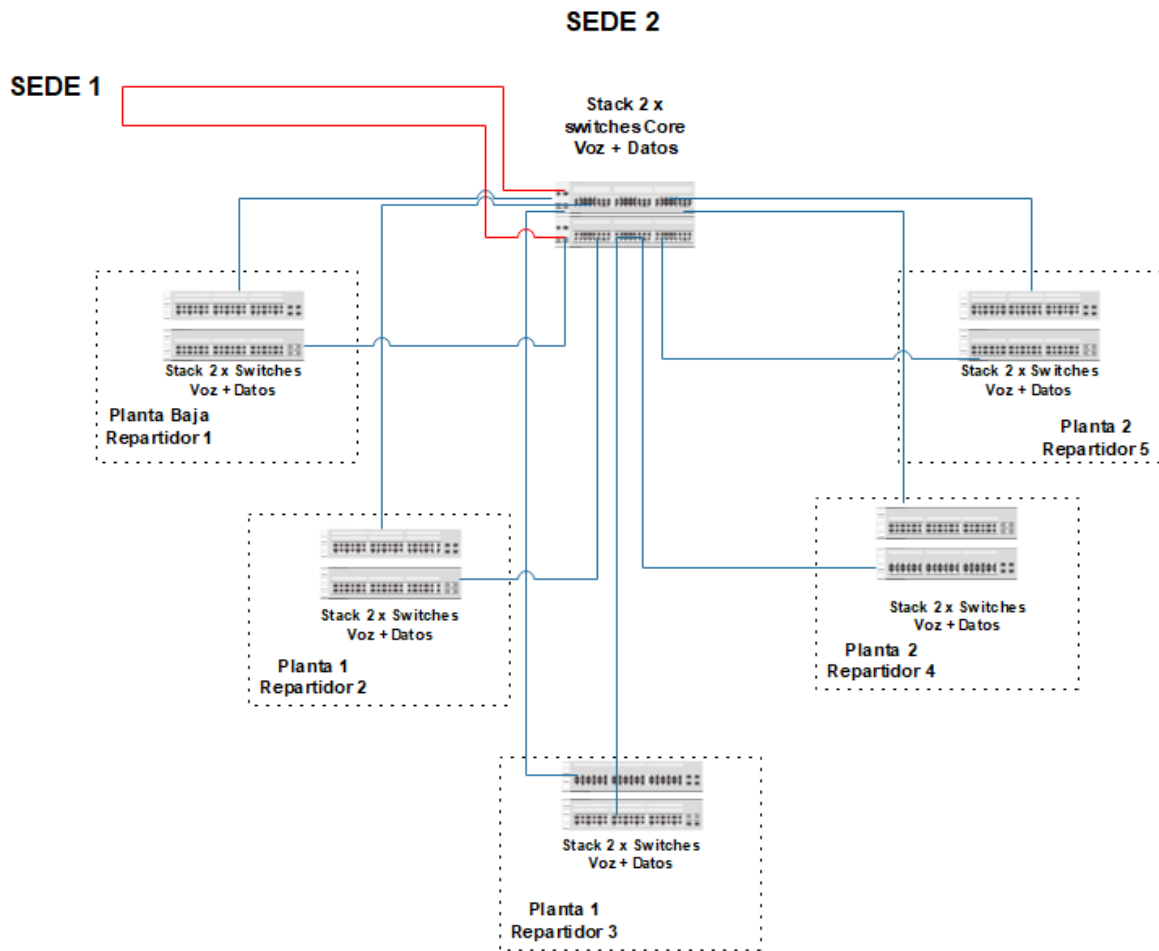


Figura 66: Esquema electrónica de red sede 2

**3.3. Mediciones de cableado**

Una vez definidos todos los subsistemas de cableado estructurado, queda recopilar los elementos necesarios para después poder elaborar un presupuesto.

A continuación, en la figura 67, se muestra un resumen gráfico de los elementos que hay que contemplar para el conjunto de todos los subsistemas del sistema de cableado estructurado.

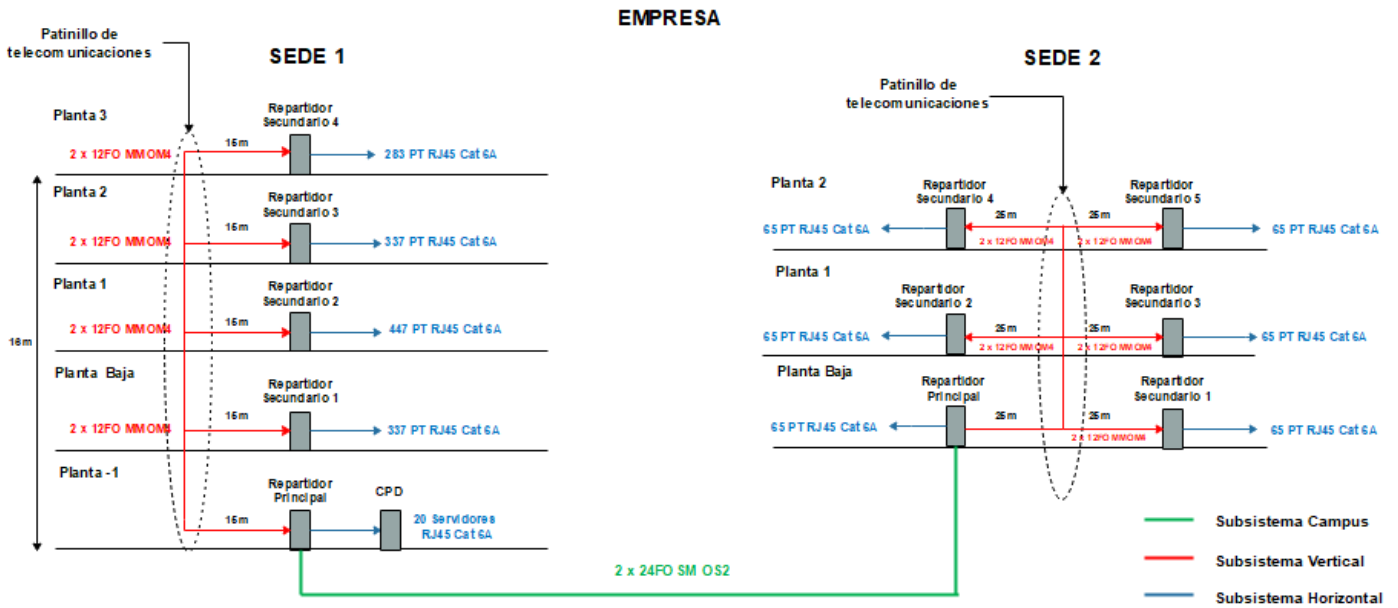


Figura 67: Mediciones de cableado

A continuación, se muestra el desglose de los elementos necesarios para cada subsistema:

Subsistema Puesto de Trabajo	Unidades
<b>Sede 1</b>	
Caja Modular de superficie	716
Módulo de Conexión RJ45 de Categoría 6A apantallado	1.404
Latiguillo RJ45-RJ45 de Categoría 6A para Puesto de Trabajo 3m apantallado	1.404
<b>Sede 2</b>	
Caja Modular de superficie	390
Módulo de Conexión RJ45 de Categoría 6A apantallado	390
Latiguillo RJ45-RJ45 de Categoría 6A para Puesto de Trabajo 3m apantallado	390

Tabla 14: Mediciones Subsistema Puesto de Trabajo

Subsistema Horizontal	Metros
<b>Sede 1</b>	
Cable U/FTP de Cobre de 4 pares, de Categoría 6A CPR Cca	53.052
Canaleta PVC 20x50	53.052
<b>Sede 2</b>	
Cable U/FTP de Cobre de 4 pares, de Categoría 6A CPR Cca	10.725
Canaleta PVC 20x50	10.725

Tabla 15: Mediciones Subsistema Horizontal

Subsistema Vertical		Metros
<b>Sede 1</b>		
Cable de Fibra de interior Multimodo de 12 fibras MM OM4 CPR Cca		310
Bandeja de rejilla 300x60 Zincada		310
<b>Sede 2</b>		
Cable de Fibra de interior Multimodo de 12 fibras MM OM4 CPR Cca		560
Bandeja de rejilla 300x60 Zincada		560

Tabla 16: Mediciones Subsistema Vertical

Subsistema Campus		Metros
<b>Sede 1 – Sede 2</b>		
Cable Multipar de Fibra de exterior Monomodo de 24 fibras, SM OS2, CPR Cca		3.000
Tubo de PVC corrugado M50		3.000

Tabla 17: Mediciones Subsistema Campus

Subsistema Administración		Unidades
<b>Sede 1</b>		
<b>Repartidor Principal</b>		
Armario Rack de 19" 42 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave		1
Regleta de enchufes 19" con 8 tomas tipo Schuko s/i		2
Unidad de ventilación bajo techo de 800x800/600x600 con 4 ventiladores y termostato digital		1
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Monomodo)		2
Pigtail de F.O. Tipo LC Monomodo (conectorizado por fusión)		2
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Multimodo)		4
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4 (conectorizado por fusión)		4
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas		6
Latiguillos bifibra LC-LC Multimodo LSZH de 2 m OM4 50/125		16
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A		1
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas		1
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A apantallados de 2 m. para asignación de servicios		20
<b>Repartidor Secundario 1</b>		
Armario Rack de 19" 42 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave		1
Armario Rack de 19" 24 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave		1
Regleta de enchufes 19" con 8 tomas tipo Schuko s/i		2
Unidad de ventilación bajo techo de 800x800/600x600 con 4 ventiladores y termostato digital		1
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Multimodo)		1

Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4 (conectorizado por fusión)	1
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	1
Latiguillos bifibra LC-LC Multimodo LSZH de 2 m OM4 50/125	4
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	16
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	16
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A apantallados de 2 m. para asignación de servicios	340
<b>Repartidor Secundario 2</b>	
Armario Rack de 19" 42 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave	2
Regleta de enchufes 19" con 8 tomas tipo Schuko s/i	2
Unidad de ventilación bajo techo de 800x800/600x600 con 4 ventiladores y termostato digital	1
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Multimodo)	1
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4 (conectorizado por fusión)	1
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	1
Latiguillos bifibra LC-LC Multimodo LSZH de 2 m OM4 50/125	4
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	20
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	20
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A apantallados de 2 m. para asignación de servicios	447
<b>Repartidor Secundario 3</b>	
Armario Rack de 19" 42 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave	1
Armario Rack de 19" 24 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave	1
Regleta de enchufes 19" con 8 tomas tipo Schuko s/i	2
Unidad de ventilación bajo techo de 800x800/600x600 con 4 ventiladores y termostato digital	1
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Multimodo)	1
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4 (conectorizado por fusión)	1
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	1
Latiguillos bifibra LC-LC Multimodo LSZH de 2 m OM4 50/125	4
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	16
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	16
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A apantallados de 2 m. para asignación de servicios	340
<b>Repartidor Secundario 4</b>	
Armario Rack de 19" 42 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave	1
Armario Rack de 19" 24 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave	1
Regleta de enchufes 19" con 8 tomas tipo Schuko s/i	2
Unidad de ventilación bajo techo de 800x800/600x600 con 4 ventiladores y termostato digital	1
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Multimodo)	1
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4 (conectorizado por fusión)	1
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	1

Latiguillos bifibra LC-LC Multimodo LSZH de 2 m OM4 50/125	4
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	13
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	13
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A apantallados de 2 m. para asignación de servicios	283
<b>Sede 2</b>	
<b>Repartidor Principal</b>	
Armario Rack de 19" 42 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave	1
Regleta de enchufes 19" con 8 tomas tipo Schuko s/i	2
Unidad de ventilación bajo techo de 800x800/600x600 con 4 ventiladores y termostato digital	1
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Monomodo)	2
Pigtail de F.O. Tipo LC Monomodo (conectorizado por fusión)	2
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Multimodo)	5
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4 (conectorizado por fusión)	5
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	7
Latiguillos bifibra LC-LC Multimodo LSZH de 2 m OM4 50/125	4
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	3
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	3
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A apantallados de 2 m. para asignación de servicios	65
<b>Repartidores Secundarios (x5)</b>	
Armario Rack de 19" 24 UA de altura con puerta de cristal y cerradura con llave	1
Regleta de enchufes 19" con 8 tomas tipo Schuko s/i	2
Unidad de ventilación bajo techo de 800x800/600x600 con 4 ventiladores y termostato digital	1
Paneles de fibra de 24 F.O. para Rack 19" 1UA completa (incluyendo adaptadores de F.O. Tipo LC Multimodo)	1
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4 (conectorizado por fusión)	1
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	1
Latiguillos bifibra LC-LC Multimodo LSZH de 2 m OM4 50/125	2
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	3
Panel 19" 1U guiacables horizontal, de anillas metálicas	3
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A apantallados de 2 m. para asignación de servicios	65

Tabla 18: Mediciones Subsistema Administración

### 3.4. Estimación económica del proyecto

A continuación, se muestra una estimación económica del proyecto teniendo en cuenta las mediciones de cableado obtenidas en el apartado 3.6. En el presupuesto se incluyen los precios de los materiales y su instalación, el precio de los elementos necesarios para toda la instalación, también se incluye el precio de la dirección del proyecto y la documentación final.

Elemento	Uds. / Metro	Precio Unidad / Metro Material	Precio Unidad / Metro Instalación	Precio Total Material	Precio Total Instalación
<b>Subsistema Puesto de Trabajo</b>					
<b>SEDE1</b>	<b>Uds.</b>				
Caja Modular de superficie	716	5,00 €	1,00 €	3.580,00 €	716,00 €
Módulo de Conexión RJ45 de Categoría 6A	1.404	5,00 €	1,00 €	7.020,00 €	1.404,00 €
Latiguillo RJ45-RJ45 de Categoría 6A	1.404	3,00 €	1,00 €	4.212,00 €	1.404,00 €
<b>SEDE2</b>	<b>Uds.</b>				
Caja Modular de superficie	390	5,00 €	1,00 €	1.950,00 €	390,00 €
Módulo de Conexión RJ45 de Categoría 6A	390	5,00 €	1,00 €	1.950,00 €	390,00 €
Latiguillo RJ45-RJ45 de Categoría 6A	390	3,00 €	1,00 €	1.170,00 €	390,00 €
<b>Subsistema Horizontal</b>					
<b>SEDE1</b>	<b>Metros</b>				
Cable U/FTP de Cobre de 4p Cat. 6A CPR Cca	53.052	1,50 €	0,20 €	79.578,00 €	10.610,40 €
Canaleta PVC 20x50	53.052	0,75 €	0,10 €	39.789,00 €	5.305,20 €
<b>SEDE2</b>	<b>Metros</b>				
Cable U/FTP de Cobre de 4p Cat. 6A CPR Cca	10.725	1,50 €	0,20 €	16.087,50 €	2.145,00 €
Canaleta PVC 20x50	10.725	0,75 €	0,10 €	8.043,75 €	1.072,50 €
<b>Subsistema Vertical</b>					
<b>SEDE1</b>	<b>Metros</b>				
Cable de Fibra int. MM 12 FO OM4 CPR Cca	310	3,50 €	0,50 €	1.085,00 €	155,00 €
Bandeja de rejilla 300x60 Zincada	310	1,00 €	0,30 €	310,00 €	93,00 €
<b>SEDE2</b>	<b>Metros</b>				
Cable de Fibra int. MM 12 FO OM4 CPR Cca	560	3,50 €	0,50 €	1.960,00 €	280,00 €
Bandeja de rejilla 300x60 Zincada	560	1,00 €	0,30 €	560,00 €	168,00 €
<b>Subsistema Campus</b>					
<b>SEDE1 – SEDE2</b>	<b>Metros</b>				
Cable Multipar FO ext. 24 FO SM OS2 CPR Cca	3.000	3,00 €	0,50 €	9.000,00 €	1.500,00 €
Tubo de PVC corrugado M50	3.000	0,80 €	0,30 €	2.400,00 €	900,00 €
<b>Subsistema Administración</b>					
<b>SEDE1</b>					
<b>Repartidor Principal</b>	<b>Uds.</b>				
Armario Rack 19" 42 U puerta cristal y cerradura	1	350,00 €	19,00 €	350,00 €	19,00 €
Regleta enchufes 19" con 8 tomas Schuko s/i	2	15,00 €	1,00 €	30,00 €	2,00 €
Unidad ventilación 800x800/600x600 4 vent.	1	80,00 €	2,00 €	80,00 €	2,00 €



Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC SM)	2	60,00 €	2,00 €	120,00 €	4,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Monomodo	2	2,00 €	1,00 €	4,00 €	2,00 €
Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC MM)	4	60,00 €	2,00 €	240,00 €	8,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4	4	2,00 €	1,00 €	8,00 €	4,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	6	7,00 €	1,00 €	42,00 €	6,00 €
Latiguillos bifibra LC-LC MM LSZH 2m OM4	16	6,00 €	1,00 €	96,00 €	16,00 €
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	1	80,00 €	2,00 €	80,00 €	2,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	1	7,00 €	1,00 €	7,00 €	1,00 €
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A 2 m.	20	5,00 €	1,00 €	100,00 €	20,00 €

### Repartidor Secundario 1

Uds.

Armario Rack 19" 42 U puerta cristal y cerradura	1	350,00 €	19,00 €	350,00 €	19,00 €
Armario Rack 19" 24 U puerta cristal y cerradura	1	250,00 €	19,00 €	250,00 €	19,00 €
Regleta enchufes 19" con 8 tomas Schuko s/i	2	15,00 €	1,00 €	30,00 €	2,00 €
Unidad ventilación 800x800/600x600 4 vent.	1	80,00 €	2,00 €	80,00 €	2,00 €
Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC MM)	1	60,00 €	2,00 €	60,00 €	2,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4	1	2,00 €	1,00 €	2,00 €	1,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	1	7,00 €	1,00 €	7,00 €	1,00 €
Latiguillos bifibra LC-LC MM LSZH 2m OM4	4	6,00 €	1,00 €	24,00 €	4,00 €
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	16	80,00 €	2,00 €	1.280,00 €	32,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	16	7,00 €	1,00 €	112,00 €	16,00 €
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A 2 m.	340	5,00 €	1,00 €	1.700,00 €	340,00 €

### Repartidor Secundario 2

Uds.

Armario Rack 19" 42 U puerta cristal y cerradura	2	350,00 €	19,00 €	700,00 €	38,00 €
Regleta enchufes 19" con 8 tomas Schuko s/i	2	15,00 €	1,00 €	30,00 €	2,00 €
Unidad ventilación 800x800/600x600 4 vent.	1	80,00 €	2,00 €	80,00 €	2,00 €
Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC MM)	1	60,00 €	2,00 €	60,00 €	2,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4	1	2,00 €	1,00 €	2,00 €	1,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	1	7,00 €	1,00 €	7,00 €	1,00 €
Latiguillos bifibra LC-LC MM LSZH 2m OM4	4	6,00 €	1,00 €	24,00 €	4,00 €
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	20	80,00 €	2,00 €	1.600,00 €	40,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	20	7,00 €	1,00 €	140,00 €	20,00 €
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A 2 m.	447	5,00 €	1,00 €	2.235,00 €	447,00 €

### Repartidor Secundario 3

Uds.

Armario Rack 19" 42 U puerta cristal y cerradura	1	350,00 €	19,00 €	350,00 €	19,00 €
Armario Rack 19" 24 U puerta cristal y cerradura	1	250,00 €	19,00 €	250,00 €	19,00 €
Regleta enchufes 19" con 8 tomas Schuko s/i	2	15,00 €	1,00 €	30,00 €	2,00 €
Unidad ventilación 800x800/600x600 4 vent.	1	80,00 €	2,00 €	80,00 €	2,00 €
Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC MM)	1	60,00 €	2,00 €	60,00 €	2,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4	1	2,00 €	1,00 €	2,00 €	1,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	1	7,00 €	1,00 €	7,00 €	1,00 €
Latiguillos bifibra LC-LC MM LSZH 2m OM4	4	6,00 €	1,00 €	24,00 €	4,00 €

Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	16	80,00 €	2,00 €	1.280,00 €	32,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	16	7,00 €	1,00 €	112,00 €	16,00 €
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A 2 m.	340	5,00 €	1,00 €	1.700,00 €	340,00 €
<b>Repartidor Secundario 4</b>					
	<b>Uds.</b>				
Armario Rack 19" 42 U puerta cristal y cerradura	1	350,00 €	19,00 €	350,00 €	19,00 €
Armario Rack 19" 24 U puerta cristal y cerradura	1	250,00 €	19,00 €	250,00 €	19,00 €
Regleta enchufes 19" con 8 tomas Schuko s/i	2	15,00 €	1,00 €	30,00 €	2,00 €
Unidad ventilación 800x800/600x600 4 vent.	1	80,00 €	2,00 €	80,00 €	2,00 €
Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC MM)	1	60,00 €	2,00 €	60,00 €	2,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4	1	2,00 €	1,00 €	2,00 €	1,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	1	7,00 €	1,00 €	7,00 €	1,00 €
Latiguillos bifibra LC-LC MM LSZH 2m OM4	4	6,00 €	1,00 €	24,00 €	4,00 €
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	13	80,00 €	2,00 €	1.040,00 €	26,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	13	7,00 €	1,00 €	91,00 €	13,00 €
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A 2 m.	283	5,00 €	1,00 €	1.415,00 €	283,00 €

## SEDE2

<b>Repartidor Principal</b>					
	<b>Uds.</b>				
Armario Rack 19" 42 U puerta cristal y cerradura	1	350,00 €	19,00 €	350,00 €	19,00 €
Regleta enchufes 19" con 8 tomas Schuko s/i	2	15,00 €	1,00 €	30,00 €	2,00 €
Unidad ventilación 800x800/600x600 4 vent.	1	80,00 €	2,00 €	80,00 €	2,00 €
Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC SM)	2	60,00 €	2,00 €	120,00 €	4,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Monomodo	2	2,00 €	1,00 €	4,00 €	2,00 €
Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC MM)	5	60,00 €	2,00 €	300,00 €	10,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4	5	2,00 €	1,00 €	10,00 €	5,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	7	7,00 €	1,00 €	49,00 €	7,00 €
Latiguillos bifibra LC-LC MM LSZH 2m OM4	4	6,00 €	1,00 €	24,00 €	4,00 €
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	3	80,00 €	2,00 €	240,00 €	6,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	3	7,00 €	1,00 €	21,00 €	3,00 €
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A 2 m.	65	5,00 €	1,00 €	325,00 €	65,00 €

<b>Repartidores Secundarios (x5)</b>					
	<b>Uds.</b>				
Armario Rack 19" 42 U puerta cristal y cerradura	1	250,00 €	19,00 €	250,00 €	19,00 €
Regleta enchufes 19" con 8 tomas Schuko s/i	2	15,00 €	1,00 €	30,00 €	2,00 €
Unidad ventilación 800x800/600x600 4 vent.	1	80,00 €	2,00 €	80,00 €	2,00 €
Paneles 24 F.O. Rack 19" 1UA (Adapt. LC MM)	1	60,00 €	2,00 €	60,00 €	2,00 €
Pigtail de F.O. Tipo LC Multimodo OM4	1	2,00 €	1,00 €	2,00 €	1,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	1	7,00 €	1,00 €	7,00 €	1,00 €
Latiguillos bifibra LC-LC MM LSZH 2m OM4	2	6,00 €	1,00 €	12,00 €	2,00 €
Paneles 19" 1U 24 RJ45 Cat. 6A	3	80,00 €	2,00 €	240,00 €	6,00 €
Panel 19" 1U guiacables horizontal	3	7,00 €	1,00 €	21,00 €	3,00 €
Latiguillos RJ45-RJ45 4p. Cat. 6A 2 m.	65	5,00 €	1,00 €	325,00 €	65,00 €

<b>Otros Conceptos</b>					
<b>Plataforma Elevadora para Instalación altura</b>	1	350,00 €	-	350,00 €	-
<b>Dirección de Proyecto</b>	1	1.000,0 €	-	1.000,0 €	-
<b>Documentación y Planos</b>	1	500,00 €	-	500,00 €	-
<b>Prevención de Riesgos Laborales</b>	1	1.000,0 €	-	1.000,0 €	-
<b>Presupuesto Total</b>					
<b>Total Subsistema Puesto de Trabajo</b>				24.576,00 €	
<b>Total Subsistema Horizontal</b>				162.631,35 €	
<b>Total Subsistema Vertical</b>				4.611,00 €	
<b>Total Subsistema Campus</b>				13.800,00 €	
<b>Total Subsistema Administración</b>				26.397,00 €	
<b>Total Otros Conceptos</b>				2.850,00 €	
<b>TOTAL Materiales</b>				<b>202.557,25 €</b>	
<b>TOTAL Instalación</b>				<b>32.308,10 €</b>	
<b>TOTAL (Sin IVA)</b>				<b>234.865,35 €</b>	
<b>IVA (21%)</b>				<b>49.321,72 €</b>	
<b>TOTAL</b>				<b>284.187,07 €</b>	

Tabla 19: Presupuesto del proyecto

## 4. Conclusiones y líneas futuras

### 4.1. Conclusiones

Una vez se ha realizado el diseño del sistema de cableado estructurado con sus mediciones y el presupuesto del proyecto, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Una de las principales ventajas del cableado estructurado es que permite realizar la instalación de cableado sin necesidad de conocer con anterioridad los equipos de comunicación de datos que se van a utilizar, ya que soporta diferentes aplicaciones por el mismo cable (voz, datos, vídeo, etc.).
- Diseñar un sistema de cableado estructurado con cableado diferenciado para cada aplicación proporciona más robustez y más escalabilidad que un cableado único, sin embargo, también es menos económico, puesto que se necesitan el doble de metros de cable de cobre UTP.
- El subsistema horizontal es para el que se necesita un mayor presupuesto, puesto que contempla muchos metros de cable UTP. Si escogemos una modalidad de cableado único para las aplicaciones de voz y datos, el presupuesto se vería reducido significativamente.
- Permite que un empleado se pueda reubicar en cualquier puesto de trabajo de la sede, puesto que solo habría que cambiar el parcheo en el subsistema de administración para que siga teniendo acceso a las mismas aplicaciones o reconfigurar su toma de datos.
- Hay que tener claros todos los subsistemas que hay que diseñar y todos los componentes que incluyen cada uno, de forma que se puedan interconectar entre ellos.
- El cableado estructurado permite independencia de los fabricantes. Es importante escoger un fabricante de cableado que esté certificado y que cumpla todos los estándares nacionales. Esto permitirá que sea entendido por cualquier técnico y asegurará una larga duración.
- Aunque los proyectos de cableado estructurado requieren un estudio previo y una inversión inicial elevada, está previsto que puedan soportar evoluciones tecnológicas durante al menos 10 años.

### 4.2. Líneas futuras

Este proyecto se ha enfocado en el diseño de un sistema de cableado estructurado para un entorno de oficinas, pero hay muchos otros entornos donde se pueden realizar proyectos de cableado estructurado. A continuación, se exponen diferentes variaciones que podrían seguir la línea de este proyecto:

- Una posible línea de estudio sería el diseño de un sistema de cableado estructurado en un entorno hotelero. Este tipo de entornos tiene unas necesidades más concretas, como son el dotar de conectividad todas las habitaciones y zonas comunes del hotel. Aquí no es suficiente con que llegue un cable que proporcione conectividad de voz y datos a cada una de las habitaciones, sino que es necesario proporcionar también una red de televisión, IoT (Internet

de las cosas) cámaras y sensores, etc. La solución a esto sería implantar una red GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network), que es una red distribuida de fibra óptica por la que, a través de un solo hilo, se pueden llevar todos los servicios de comunicaciones a cualquier dependencia de un establecimiento; habitaciones, zonas comunes, salones de eventos, etc. [53].

- Los entornos hospitalarios serían un caso similar al entorno hotelero, donde es necesario que cada habitación tenga conectividad para la red de TV y también para todo el sistema de monitorización de pacientes.
- Otra posible línea de estudio sería el diseño de cableado en un entorno residencial. Este tipo de entornos no tiene tantas necesidades como pueden tener los entornos de oficinas o el hotelero, ya que los hogares no hacen diferenciación de servicios, sino que tanto la voz, la televisión y los datos van por el mismo cable de red. Además, el entorno residencial tiene sus propias normativas, tal y como se ha comentado en el apartado 2.3. del estado del arte.
- Una cuarta línea de estudio podrían ser los edificios comerciales. Estos entornos son muy similares al entorno de oficinas, ya que están compuestos por los mismos subsistemas de administración, vertical, horizontal y puesto de trabajo. Sin embargo, estos entornos también tienen sus propias normativas.

## Glosario

- ANSI:** American National Standards Institute (Instituto Americano de Estándares Nacionales)
- ATM:** Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)
- AT&T:** American Telephone and Telegraph (Compañía Americana de Teléfonos y Telégrafos)
- AWG:** American Wire Gauge (Calibre de alambre americano)
- CAP:** Centro de Administración Principal
- CAS:** Centro de Administración Secundario
- CCTV:** Circuito Cerrado de Televisión
- CEE:** Comunidad Económica Europea
- GENELEC:** Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
- CPD:** Centro de Procesamiento de Datos
- CPR:** Construction Products Regulation (Reglamento de productos de construcción)
- DoP:** Declaración de Prestaciones
- EIA:** Electronic Industries Alliance (Alianza de industrias electrónicas)
- EVCP:** Evaluación y Verificación de la Constancia de la Prestación
- FC:** Fiber Channel (Canal de fibra)
- FTP:** Foiled Twisted Pairs (Pares Trenzados Apantallados)
- GPON:** Gigabit-capable Passive Optical Network (Red óptica pasiva con capacidad Gigabit)
- IEC:** International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional)
- IEEE:** Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica
- IEM:** Interferencia Electromagnética
- IoT:** Internet of Things (Internet de las cosas)
- ISO:** International Standards Organization (Organización de Estándares Internacionales)
- IP:** Internet Protocol (Protocolo de Internet)
- LAN:** Local Area Network (Red de área local)
- LC:** Local Connector (Conector Local)
- LED:** Light-Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)
- LSZH:** Low Smoke Zero Halogen (Bajo Humo, Cero Halógenos)
- MT:** Mechanical Transfer (Transferencia Mecánica)
- OM:** Optical Multi-mode (Óptica Multimodo)
- OTDR:** Optical Time Domain Reflectometer (Dominio de Tiempo óptico Reflectómetro)
- PBX:** Private Branch Exchange (Centralita privada)
- PVC:** Policloruro de vinilo
- RDSI:** Red Digital de Servicios Integrados
- RITI:** Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior
- SC:** Standard Connector (Conector Estándar)
- SCE:** Sistema Cableado Estructurado

**SM:** Optical Single-mode (Óptica Monomodo)

**SMA:** Sub Miniature A

**SSID:** Service Set Identifier (Identificador de conjunto de servicios)

**ST:** Straight Tip (Punta recta)

**STP:** Shielded Twisted Pairs (Pares trenzados blindados)

**TIA:** Telecommunications Industry Association (Asociación de la industria de telecomunicaciones)

**UTP:** Unshielded twisted pair (Pares Trenzados No Apantallados)

**VLAN:** Virtual Local Area Network (Red de área local virtual)

**VoIP:** Voz IP

**VPN:** Virtual Private Network (Red privada virtual)

# Bibliografía

- [1]. Sutori website, consultado el 3 de mayo de 2020:  
<https://www.sutori.com/story/evolucion-del-cableado-estructurado--pGCixKc5hy1SViS91Hvz6nZh>
- [2]. Z. De La Cruz y A.A. Casalins. 2004. *Estudio y diseño del cableado estructurado para las oficinas y talleres de "COTECMAR"*.
- [3]. Noite.pl. *Structured cabling systems: Network Basic*. AL0-006.
- [4]. DIT Website, *Introduction to structured cabling*, consultado el 10 de mayo de 2020:  
<https://www.dit.gov.bt/sites/default/files/cablingstandard.pdf>
- [5]. Asanmon Webcindario Website, consultado el 10 de mayo de 2020:  
[http://asanmon.webcindario.com/Archivos\(2\)/Cableado%20PDS.pdf](http://asanmon.webcindario.com/Archivos(2)/Cableado%20PDS.pdf)
- [6]. Barry J. Elliot. *Designing a Structured Cabling System to ISO 11801 2nd Edition*.
- [7]. Unitel Website, consultado el 3 de mayo de 2020:  
<https://unitel-tc.com/normas-sobre-cableado-estructurado/>
- [8]. Prysmian Group Website, consultado el 3 de mayo de 2020:  
<http://www.prysmianclub.es/cprblog/cpr-seguridad-en-caso-de-incendio-y-seguridad-ambiental/>
- [9]. Cables RCT Website, consultado el 3 de mayo de 2020:  
<https://www.cablesrct.com/reglamento-cpr/1-que-es-el-cpr-a-quien-afecta>
- [10]. Metecno España S.A.U. Website, consultado el 3 de mayo de 2020:  
<https://metecno.es/es/noticias/conoces-la-clasificacion-euroclases-de-reaccion-al-fuego>
- [11]. M.R. Morales Batz. (Guatemala, junio de 2005). *El cableado estructurado: una más de las instalaciones especiales dentro del Desarrollo sistemático de la arquitectura moderna*.
- [12]. Rackonline Website, consultado el 3 de mayo de 2020:  
<https://www.rackonline.es/content/que-es-un-sistema-de-cableado-estructurado>
- [13]. Boja núm. 215, consultado el 3 de mayo de 2020:  
[https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/cic/documentos/normativa/nacional-internacional/junta\\_de\\_andaluciacableado\\_estructurado.pdf](https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/cic/documentos/normativa/nacional-internacional/junta_de_andaluciacableado_estructurado.pdf)
- [14]. CableadoYRed Blogspot Website, consultado el 3 de mayo de 2020:  
<http://cableadoyred.blogspot.com/2014/08/arquitecturas-de-red.html>
- [15]. Wikipedia Website, consultado el 27 de marzo de 2020:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_par\\_trenzado](https://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_par_trenzado)
- [16]. Instrumentic Website, consultado el 28 de marzo de 2020:  
<http://www.instrumentic.info/es/rj11-rj45-es.html>
- [17]. Leviton Website, consultado el 9 de mayo de 2020:  
[https://www.leviton.com/en/docs/Leviton\\_Cat6AReferenceGuide-LATAM-Esp.pdf](https://www.leviton.com/en/docs/Leviton_Cat6AReferenceGuide-LATAM-Esp.pdf)
- [18]. Computernetworkingnotes Website, consultado el 9 de mayo de 2020:  
<https://www.computernetworkingnotes.com/networking-tutorials/network-cable-types-and-specifications.html>
- [19]. Bicsi Website, consultado el 9 de mayo de 2020:  
[https://www.bicsi.org/docs/default-source/conference-presentations/2018-winter/anticipating-cat-8.pdf?sfvrsn=84697bd8\\_2](https://www.bicsi.org/docs/default-source/conference-presentations/2018-winter/anticipating-cat-8.pdf?sfvrsn=84697bd8_2)



- [20]. Xatakamovil Website, consultado el 9 de mayo de 2020:  
<https://www.xatakamovil.com/conectividad/especial-comunicaciones-opticas-ii-que-es-una-fibra-optica-y-como-funciona>
- [21]. Conectronica Website, consultado el 9 de mayo de 2020:  
<https://www.conectronica.com/fibra-optica/cables-de-fibra-optica/los-caminos-de-la-luz-tecnica-de-la-fibra-multimodal-optimizada-para-laser>
- [22]. Blackbox Shop Website, consultado el 2 de abril de 2020:  
<https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/28535/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo>
- [23]. Openup Website, consultado el 9 de mayo de 2020:  
<https://www.openup.es/diferentes-tipos-fibra-optica/>
- [24]. Promax Website, consultado el 9 de mayo de 2020:  
<https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>
- [25]. Telecocable Website, consultado el 9 de mayo de 2020:  
<https://www.telecocable.com/blog/comparativa-fibra-optica-cobre/1185>
- [26]. McGraw-Hill Website, consultado el 10 de mayo de 2020:  
[https://www.mhe.es/ci/c\\_electricidadelectronica/8448199766/archivos/unidad7\\_presentacion1.pdf](https://www.mhe.es/ci/c_electricidadelectronica/8448199766/archivos/unidad7_presentacion1.pdf)
- [27]. PedroVallejo Blogspot Website, consultado el 29 de marzo de 2020:  
<http://pedrovallejo.blogspot.com/2016/04/un-cuarto-de-telecomunicaciones-optimo.html>
- [28]. Cisco Press and Priscilla Oppenheimer (2014) *"Diseño de Redes Corporativas Una metodología descendente Capítulo Diez Selección de Tecnologías y Dispositivos para las Redes de Campus"*.
- [29]. MySce Blogspot Website, consultado el 28 de marzo de 2020:  
<http://my-sce.blogspot.com/>
- [30]. Ikastaroak Website, consultado el 4 de abril de 2020.  
[https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV10/es\\_IEA ICTV10 Contenidos/website\\_2 montaje de redes de rea local en edificios.html#](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV10/es_IEA ICTV10 Contenidos/website_2 montaje de redes de rea local en edificios.html#)
- [31]. CCNAdesdezero Website, consultado el 10 de mayo de 2020:  
<https://ccnadesdezero.com/cursos/vlan-voz/>
- [32]. Suplemento sobre cableado estructurado. Programa De La Academia De Networking De Cisco CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1. consultado el 22 de marzo de 2020.  
[https://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/2201\\_SMX/SMX\\_2201\\_M05/web/html/WebContent/u2/media/cablejat\\_estructurat\\_ccna1.pdf](https://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/2201_SMX/SMX_2201_M05/web/html/WebContent/u2/media/cablejat_estructurat_ccna1.pdf)
- [33]. Safe and Sound Security Website, consultado el 10 de mayo de 2020:  
<https://c7f4k7e7.rocketcdn.me/wp-content/uploads/2019/11/getsafeandsound-blog-structured-cabling-installation-the-ultimate-guide.pdf>
- [34]. Escuela técnica superior de ingeniería y sistemas de telecomunicación, consultado el 6 de abril de 2020:  
<https://www.etsist.upm.es/estaticos/catedra-coitt/web ICT/PistolCT/pages/riti.jpg.htm>
- [35]. "A un tip de las TIC" Website, consultado el 10 de mayo de 2020:  
<https://auntipdelastic.wordpress.com/2012/11/07/cpd-cdg-tic/>

- [36]. SCE Características Blogspot Website, consultado el 10 de mayo de 2020:  
<http://scecaracteristicas.blogspot.com/2011/10/elementos-de-un-sce.html>
- [37]. Twentenergy Website, consultado el 15 de mayo de 2020:  
<https://twentenergy.wordpress.com/2012/07/19/bandejas-para-cables/>
- [38]. CableadoEstructurado Wordpress Website, consultado el 20 de mayo de 2020:  
<https://cableadoestructuradofob2.wordpress.com/tag/canalizaciones/>
- [39]. LowCurrent Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.lowcurrent.com/knowledge-base/who-are-the-4-top-manufacturers-of-structured-cabling-systems/>
- [40]. Leviton Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.leviton.com/es>,
- [41]. Commscope Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.commscope.com/>
- [42]. Panduit Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
[http://www.panduit.com/wcs/Satellite?pagename=PG\\_Wrapper&friendlyurl=/Spanish](http://www.panduit.com/wcs/Satellite?pagename=PG_Wrapper&friendlyurl=/Spanish),
- [43]. Belden Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.belden.com/>
- [44]. Legrand Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.legrand.es/>
- [45]. Excel Networking Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://es.excel-networking.com/>
- [46]. Siemon Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.siemon.com/es/>
- [47]. Factmr Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.factmr.com/report/1030/structured-cabling-market>
- [48]. Edrawsoft Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.edrawsoft.com/es/>
- [49]. Sskies Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
[https://www.sskies.org/images/uploads/subpage/TSA\\_Structured\\_Cabling\\_Guidelines\\_-\\_4-24-18.pdf](https://www.sskies.org/images/uploads/subpage/TSA_Structured_Cabling_Guidelines_-_4-24-18.pdf)
- [50]. Netqmedia Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
[http://netqmedia.com/wp-content/uploads/2018/03/Simplified\\_Guide\\_to\\_Structured\\_Cabling.pdf](http://netqmedia.com/wp-content/uploads/2018/03/Simplified_Guide_to_Structured_Cabling.pdf)
- [51]. Ekahau Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://www.ekahau.com/products/ekahau-site-survey/overview/>
- [52]. Pixabay Website, consultado el 16 de mayo de 2020:  
<https://pixabay.com/nl/>
- [53]. Cibersuite Website, consultado el 26 de mayo de 2020:  
<https://cibersuite.com/productos/instalaciones-redes-gpon/>