



Escola Politècnica Superior
de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO DE FIN DE CARRERA

TÍTULO DEL TFC: Diseño de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones e implantación de las TIC en el CEIP “Plaça dels Països Catalans” de Lleida

TITULACIÓN: Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad Sistemas de Telecomunicación

AUTOR: M^a Teresa Domínguez Sagra

DIRECTOR: Jordi Berenguer i Sau

FECHA: 14 de junio de 2010

Título: Diseño de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones e implantación de las TIC en el CEIP “Plaça dels Països Catalans” de Lleida

Autor: M^a Teresa Domínguez Sagra

Director: Jordi Berenguer i Sau

Fecha: 14 de junio de 2010

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo la realización de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones para el colegio CEIP Plaça dels Països Catalans, así como la implantación de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) en el centro educativo.

En la primera parte del proyecto se llevará a cabo la Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT) del centro educativo basado en el Real Decreto 401/2003 del 4 de abril del 2003, aunque no es de obligado cumplimiento ya que no se trata de un edificio de viviendas.

Se instalará una infraestructura para la captación y distribución de radiofusión sonora y televisión, terrestre y satélite, instalando tomas en prácticamente todas las aulas y dependencias del colegio. También se instalarán tomas de reserva, previendo posibles averías y una posible ampliación del servicio en un futuro.

Independientemente, se implementará un servicio de cableado estructurado (SCS) para hacer llegar la banda ancha a todos los espacios docentes del colegio, mediante una combinación de tecnología de comunicación por cable y comunicación inalámbrica (wifi). Además, mediante el SCS, se implementará telefonía VoIP. El cableado estructurado se ha llevado a cabo siguiendo las directrices del Projecte Heura, llevado a cabo por el Gobierno de Cataluña.

En la segunda parte del proyecto se llevará a cabo el estudio sobre la implantación de las TIC como herramienta educativa. En función de los niveles educativos se incluirán unos dispositivos u otros, así como nuevas e innovadoras aplicaciones diseñadas y adecuadas a cada perfil educativo. La pizarra digital, los eBooks o el escritorio virtual son algunos de los recursos que aportan las TIC a la educación.

Title: Diseño de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones e implantación de las TIC en el CEIP “Plaça dels Països Catalans” de Lleida

Author: M^a Teresa Domínguez Sagra

Director: Jordi Berenguer i Sau

Date: June, 14th 2010

Overview

This project aims the set up of a common telecommunications infrastructure for an elementary school CEIP Plaça dels Països Catalans, as well as the application of the information and communication technologies in the teaching activities.

The first part of this project is devoted to the development of the Common Telecommunications Infrastructure according to the Spanish regulation based on the RD 401/2003 of 4th of April, although is not mandatory except for residential buildings.

This infrastructure provides the acquisition and distribution network of the broadcast terrestrial and satellite radio and TV signals, in order to provide a socket connection at each classroom and dependences, providing reserve lines for troubleshooting purposes, or future expansions.

Regardless, a structured cabling (SCS) service has been implemented to bring broadband services to all educational rooms of the school, through a combined of wired and wireless technologies. In addition, the SCS, deploy VoIP telephony. It has been developed according to the guidelines of the “Heura project” provided by the Government of Catalonia.

The second part of the project is devoted to the analysis of technologies and tools suitable for its use in the teaching activities. Digital whiteboard, the eBooks or virtual desktop interfaces are some of the resources of major impact in the education activities.

Dedicado a mis padres, a mis hermanos,
y a mis amigos, por su ayuda y por su apoyo.

También a mi tutor, por su ayuda.

Gracias a todos!!

ÍNDICE

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Descripción del edificio CEIP Plaça dels Països Catalans	1
Capítulo 2. La ICT española	3
2.1. Definición.....	3
2.2. Finalidad de las Infraestructuras comunes de Telecomunicaciones (ICT).....	3
2.3. Normativa	3
Capítulo 3. Canalización e infraestructura de distribución	6
3.1. Consideraciones sobre el esquema general del edificio.....	6
3.2. Cuadro resumen de los elementos de la ICT	6
Capítulo 4. CAPTACIÓN Y DSITRIBUCIÓN DE Radiofusión sonora y televisión terrESTRE.....	8
4.1. El servicio de radiodifusión sonora y televisión terrenales	8
4.1.1. Televisión Digital Terrestre (TDT)	8
4.1.2. Radio analógica FM.....	9
4.1.3. Radio digital DAB	9
4.2. Emplazamiento del colegio.....	10
4.3. Canales a distribuir	10
4.3.1. TDT.....	10
4.3.2. Radio FM.....	11
4.3.3. Radio DAB	12
4.4. Selección del emplazamiento y parámetros de las antenas receptoras	12
4.5. Cálculo de los soportes para las antenas.....	13
4.6. Plan de frecuencias.....	14
4.7. Número de tomas.....	15
4.8. Cálculo de la atenuación máxima y mínima	15
4.9. Niveles de señal	17
4.9.1. Nivel de señal a la entrada de la cabecera	17
4.9.2. Niveles de señal a la salida de la cabecera	18
4.9.3. Ganancia de los amplificadores.....	19
4.9.4. Niveles de señal en las tomas de usuario	20
4.10. Relación señal a ruido.....	20
4.11. Relación de intermodulación.....	23
4.12. Respuesta amplitud-frecuencia en banda	23

4.13.	Elementos de captación y distribución de RTV.....	24
4.13.1.	Cabecera de RTV terrestre.....	24
4.13.2.	Red de distribución de RTV terrestre	25
Capítulo 5. CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE Radiofusión sonora y televisión por satélite		28
5.1.	El servicio de radiodifusión sonora y televisión por satélite	28
5.1.1.	Zona de cobertura del satélite.....	28
5.1.2.	Bandas de frecuencia y polarizaciones.....	28
5.1.3.	Televisión digital vía satélite.....	29
5.2.	Recepción y distribución de señales de satélite	30
5.2.1.	Distribución en FI	30
5.2.2.	El LNC	31
5.2.3.	Cabecera de RTV satélite	32
5.3.	Selección del emplazamiento y parámetros de las antenas receptoras de la señal de satélite.....	33
5.3.1.	Cálculo del diámetro de la antena parabólica	34
5.4.	Cálculo de la atenuación máxima y mínima	39
5.5.	Niveles de señal	39
5.5.1.	Nivel de señal a la entrada del amplificador FI.....	40
5.5.2.	Nivel de señal a la salida del amplificador FI	41
5.5.3.	Ganancia del amplificador FI	41
5.5.4.	Nivel de señal máximo y mínimo en las tomas de usuario.....	42
5.6.	Relación señal a ruido.....	42
5.7.	Relación de intermodulación.....	43
5.8.	Respuesta amplitud-frecuencia en banda	43
Capítulo 6. Servicio de telefonía		44
6.1.	Servicio de telefonía	44
6.2.	Telefonía por IP (VoIP)	44
6.2.1.	Introducción.....	44
6.2.2.	Estándares	45
6.2.3.	Arquitectura VoIP	46
6.2.4.	Red VoIP implementada en el colegio.....	47
6.2.5.	Interconexión de redes: alternativas.....	49
6.2.5.1.	Gateway	49
6.2.5.2.	Proveedor de servicios	50

Capítulo 7. Servicio de datos.....	51
7.1. Servicio de datos.....	51
7.2. Red de área local (LAN).....	51
7.2.1. Tipología de la red y elementos de la LAN.....	52
7.2.2. Direccionamiento IP de la LAN	53
7.2.2.1. Gestión de la electrónica de red	54
7.2.3. Número de tomas.....	55
7.3. Red inalámbrica (WLAN).....	55
7.3.1. Tipología de la red y elementos de la WLAN	55
7.3.2. Direccionamiento IP de la WLAN.....	57
7.4. Cálculo del backplane	58
7.5. Esquema físico de la instalación	58
Capítulo 8. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación	61
8.1. Introducción.....	61
8.2. Funciones de las TIC en el ámbito educativo.....	61
8.3. Dispositivos y aplicaciones TIC para la educación	62
8.3.1. La pizarra digital interactiva (PDI).....	62
8.3.1.1. Objetivo de la integración de la PDI	62
8.3.1.2. Funcionalidades de la PDI	63
8.3.1.3. eBeam educativo.....	63
8.3.1.4. Elementos que lo componen	63
8.3.1.5. Funcionamiento	65
8.3.2. Proyector	66
8.3.3. Otros dispositivos	66
8.3.4. Escritorio virtual.....	68
8.3.4.1. Beneficios y ventajas	68
8.3.4.2. Definición del proyecto	68
8.3.4.3. Costes	70
8.3.4.4. Casos de éxito.....	71
8.3.5. Portal de información	71
8.3.6. Software educativo.....	71
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFÍA.....	74

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

Los objetivos que se persiguen en este proyecto es llevar a cabo el diseño de una infraestructura común de telecomunicaciones adaptada a un Centro de Educación Infantil y Primaria que se está construyendo en Lleida.

El proyecto tratará de ver la solución idónea para un entorno educativo en el que los estudiantes van a disponer de ordenador portátil en el aula.

Además, se incluirá exploración de las tecnologías y dispositivos existentes en el mercado susceptibles de utilización en entornos educativos: pizarras electrónicas, e-books, notebooks, etc.

1.2. Descripción del edificio CEIP Plaça dels Països Catalans

El edificio del CEIP Plaça dels Països Catalans se trata de una nueva construcción situado en la calle Nou s/n, en el municipio de Lleida (Segrià).

El edificio tiene una superficie útil de 2912 m², de los cuales 2240 m² son de superficie útil de espacios y el resto está distribuida entre los almacenes y los pasillos. El edificio consta de tres plantas, además de un edificio para el comedor y la biblioteca, otro para el gimnasio y otro los vestuarios.

La planta baja está destinada a los alumnos de Educación Infantil. Dispone de una superficie de 734,51 m² distribuidos en 6 aulas, 1 aula de pequeños grupos, 1 aula de tutoría y un aula de psicomotricidad, además de lavabos y almacenes.

La segunda planta es un área destinada a los alumnos de Educación Primaria. Dispone de una superficie de 812,48 m² repartidos entre 4 aulas, 3 aulas de pequeños grupos, un aula complementaria, una sala de profesores, 3 aulas de tutoría, conserjería, jefe de estudios, secretaría y dirección, además de almacenes y pasillos.

La tercera planta también está destinada para los alumnos de Educación Primaria. Dispone de una superficie de 824,87 m² distribuida entre 8 aulas, 1 aula de plástica, 1 aula de informática, 1 aula de música, 1 aula de pequeños grupos y 1 aula para el técnico informático, además de pasillos y recintos para el servicio de limpieza.

El edificio comedor-biblioteca tiene una superficie total de 344,89 m² distribuida entre el aula de AMPA, la biblioteca, el comedor y la cocina, además de almacenes y otras instalaciones.

El edificio del gimnasio tiene una superficie de 258,37 m² distribuidos entre el gimnasio y otros compartimentos.

El edificio de los vestuarios dispone de una superficie de 84,14 m² distribuidos entre dos vestuarios y lavabos.

CAPÍTULO 2. LA ICT ESPAÑOLA

2.1. Definición

Las **infraestructuras comunes de telecomunicaciones (ICT)** son las instalaciones necesarias (como arquetas, canalizaciones, recintos, cables, receptores, etc.) para que todos los habitantes de un inmueble puedan disfrutar de todos los servicios de telecomunicación de forma integrada usando la misma infraestructura, sin necesidad de acudir a soluciones individuales.

2.2. Finalidad de las Infraestructuras comunes de Telecomunicaciones (ICT)

Las finalidades de la ICT son:

- Facilitar al usuario el acceso en condiciones de calidad a los diferentes servicios de telecomunicaciones, agrupados en:
 - o **Servicios de radiofusión.** Captación, adaptación y distribución a todas las viviendas y locales de las señales de radiodifusión sonora y de televisión terrestre y por satélite.
 - o **Servicios de telefonía.** Acceso al servicio de telefonía de los diferentes proveedores.
 - o **Servicios de telecomunicaciones por cable.** Permitir el acceso al servicio de banda ancha.
- Incorporar las telecomunicaciones como una infraestructura más del edificio.
- Integrar la instalación de servicios que se hacían de forma dispersa y anárquica (telefonía, televisión), en una infraestructura ordenada e integrada del edificio.
- Considerar el acceso a los servicios de telecomunicaciones un derecho de los usuarios.

2.3. Normativa

El 27 de febrero de 1998 se publica el **Real Decreto-ley 1/1998**, en el que se estableció el régimen jurídico de las infraestructuras comunes de acceso a los servicios de telecomunicaciones en el interior de los edificios.

El 22 de febrero de 1999 se publica el **Real Decreto-ley 279/1999** en el que se aprueba el reglamento regulador de las ICT para el acceso a los servicios de

telecomunicaciones en el interior de los edificios. Además, se especifican las normas técnicas que deben cumplir las ICT.

El 26 de octubre de 1998 se publica la **Orden Ministerial**, en la cual se desarrolla el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios, Además, se establece el contenido y la estructura del proyecto técnico necesario para la ejecución de las ICT, los modelos de certificado y de boletín de instalación, como comprobantes de su correcta ejecución y los requisitos que deben cumplir los instaladores de los servicios de telecomunicaciones. Tras la evolución de los sistemas de telecomunicaciones, el 4 de abril del 2003 se publica el **Real Decreto 401/2003**, en el cual se actualizaron las disposiciones que regulaban y desarrollaban los aspectos legales y técnicos correspondientes al proyecto, instalación y certificación de dichas infraestructuras y definió al Ingeniero y al ingeniero técnico de Telecomunicación como técnico titulado competente en esta materia.

El 14 de mayo de 2003 se publica la Orden CTE/1296/2003 que desarrolla el anterior Real Decreto donde establece las condiciones para la ejecución y tramitación de los Proyectos, Boletines de Instalación, Protocolos de Pruebas y Certificaciones de Fin de Obra de las ICT.

Este proyecto del colegio, aunque no es de aplicación ya que no se trata de un edificio de viviendas está basado en este último Decreto y Orden Ministerial, aún sabiendo que puede cambiar en los próximos meses debido al apagón analógico. Entre otros términos, ha aparecido el llamado "dividendo digital" ("digital dividend"), el cual hace referencia a la gestión del espectro radioeléctrico y los posibles usos que se darán y los beneficios que se obtendrán de las frecuencias que se liberen con el cese de las emisiones analógicas.

La normativa ICT engloba aspectos como los que se describen a continuación:

- El proyecto ICT aplica a los edificios de viviendas de nueva construcción y a edificios preexistentes.
- Establece lo que es del dominio público, del dominio de la comunidad y del usuario.
- Engloba cuatro aspectos básicos: los servicios de radiodifusión, servicios de telefonía, los servicios de telecomunicaciones por cable y los recintos, los registros y las canalizaciones del edificio reservados a la ICT.
- Define unos niveles mínimos y máximos de la infraestructura: número de tomas, señales a distribuir, canalizaciones, etc.
- La frontera entre la parte comunitaria y la parte privada la define el Punto de Acceso al Usuario (PAU); en este punto se interconectan las tres redes previstas en la ICT: radiodifusión, telefonía y telecomunicaciones por cable.

En el anexo correspondiente se pueden consultar las normas técnicas para los diferentes servicios de telecomunicaciones, RTV terrenal y por satélite, telefonía y banda ancha.

CAPÍTULO 3. CANALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN

3.1. Consideraciones sobre el esquema general del edificio

La normativa explicada en los apartados anteriores es específica para edificios y conjunto de viviendas. En el caso de un centro educativo se diseñará una red interna donde no será necesaria la instalación de puntos de acceso al usuario (PAU), puesto que no es necesaria la delimitación de responsabilidades en cuanto a averías. Por tanto, en la realización de la ICT del colegio no es necesario seguir y cumplir todas las especificaciones que se incluyen en la normativa.

La instalación de banda ancha y telefonía tendrán una infraestructura independiente a la de radiofusión sonora y televisión terrestre y satélite, ya que estos dos servicios se llevarán a cabo mediante cableado estructurado

Al no ser necesarios los puntos de acceso al usuario, la distribución de radiofusión sonora y televisión se llevará a cabo mediante un repartidor empotrado en la pared de cada aula y dependencia del colegio equipada con servicio de RTV. De este dispositivo partirán los cables que se conectarán a las distintas tomas de usuario. Por tanto, el repartidor llevará a cabo la unión entre la red de dispersión y la red interior de usuario.

Para calcular las dimensiones de cada uno de los elementos que conforman la infraestructura de RTV del colegio se han seguido las indicaciones del punto 5 del anexo IV del Real Decreto. Las dimensiones de algunos elementos dependen del número de PAU de la ICT, en este proyecto se ha tenido en cuenta el número de repartidores.

En el siguiente apartado se muestra una tabla resumen con los elementos que conforman la infraestructura de distribución de RTV, así como sus medidas. En el anexo correspondiente se describen detalladamente todos los elementos y canalizaciones que conforman esta infraestructura.

3.2. Cuadro resumen de los elementos de la ICT

En la tabla que se muestra a continuación aparece un resumen de los elementos que conformarán la ICT del colegio y las dimensiones de los mismos.

Elemento	Dimensiones (mm)
Arqueta de entrada	600 x 600 x 800 mm
Canalización externa	5 conductos de 63 mm de ϕ
Registro de enlace inferior	400 x 400 x 400 mm
Canalización de enlace inferior	5 conductos de 50 mm ϕ
Recinto inferior de instalaciones de telecomunicaciones	2300 x 2000 x 500 mm
Recinto superior de instalaciones de telecomunicaciones	2300 x 2000 x 500 mm
Canalización principal	5 tubos de 50 mm ϕ
Registros secundarios	550 x 1000 x 150 mm
Canalización secundaria	2 tubos de 40 mm ϕ
Registros de paso	Tipo A: 360 x 360 x 120 mm
Canalización interior de usuario	2 tubos de 20 mm ϕ
Registros de toma	64 x 64 x 42 mm

Tabla 3.1 Cuadro resumen de los elementos que conforman la ICT¹

¹ Φ =diámetro del tubo

CAPÍTULO 4. CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RADIOFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN TERRESTRE

4.1. El servicio de radiodifusión sonora y televisión terrestres

Al colegio se le dotará de servicio de radiodifusión sonora y televisión terrestre (RTV) en prácticamente todas las aulas (consultar plano 1.8), instalando en todas ellas dos tomas. Además, se dispondrá de una toma de reserva en cada una de estas aulas.

La ICT para la captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora y de televisión procedentes de emisiones terrestres estará formada por los elementos de **elementos de captación de señales** (antenas UHF, FM y DAB), **equipamiento de cabecera** (ubicado en el RITS) y la **red de distribución**.

La red del colegio estará formada por un conjunto de elementos encargados de recibir señales de radiodifusión sonora y televisión procedentes de emisiones terrestres. Para la red diseñada no será necesaria la instalación de Puntos de Acceso de Usuario (PAU) al no existir dominio privado, pues la **red** será **interna**. De esta forma, se unifica la red de dispersión y la red de interior de usuario.

Por tanto, la red se estructurará en dos tramos:

- **Red de distribución:** enlazará el equipo de cabecera con la red interior de usuario. Comenzará a la salida de la cabecera y finalizará en los derivadores que permitirán la segregación de las señales a la red interior de cada aula y estancia del colegio. La señal llegará a las tomas mediante un repartidor dispuesto en cada aula al que le llega la señal que sale del derivador.
- **Red interior de usuario:** enlazará la red de distribución con las tomas de usuario, permitiendo la distribución de las señales en el interior de las aulas.

El servicio de radiodifusión sonora y de televisión terrestre permite recibir las señales de radio y de televisión en los edificios de forma digital. Hasta hace poco también se podía recibir las señales de forma analógica, pero debido al "apagón analógico" producido recientemente esto ya no es posible.

Los servicios difundidos a través del medio terrestre que se incluirán en la ICT del colegio son: TDT, radio analógica FM y radio digital DAB.

4.1.1. Televisión Digital Terrestre (TDT)

La **Televisión Digital Terrestre** (TDT) utiliza el formato de compresión MPEG-2 con un tipo de modulación COFDM según el estándar DVB-T (Digital Video

Broadcasting-Terrestrial). La modulación COFDM ofrece una señal robusta, así como también proporciona protección contra los ecos producidos por los múltiples caminos que toma la señal en su propagación, permitiendo reutilizar las mismas frecuencias en antenas vecinas.

En TDT, las frecuencias utilizadas van desde los 470 a los 862 MHz. Cada frecuencia utilizada para la transmisión de canales viene identificada con un número de canal.

A diferencia de la tecnología de televisión analógica, la TDT permite que en el ancho de banda disponible en un canal UHF (8 MHz) se puedan transmitir varios programas de calidad digital similar a la de un DVD (normalmente son cuatro canales aunque actualmente pueden llegar a ser hasta cinco, con menor calidad, o 2 en alta definición).

4.1.2. Radio analógica FM

La **Radio analógica FM** utiliza una modulación en frecuencia. Emite en la banda II de VHF (en las frecuencias 87,5 a 108 MHz) con un ancho de banda de 300 KHz.

La señal FM transporta una señal estereofónica, es decir, transmite una señal con dos canales, mediante el uso de multiplexación y demultiplexión. Los canales se identifican por su frecuencia portadora central y por el número de canal.

4.1.3. Radio digital DAB

La **Radio Digital DAB** (Digital Audio Broadcasting) emite en VHF en la banda III (195 a 223 MHz).

Técnicamente, esta forma de difusión se configura en bloques, que contienen varios canales estéreo y múltiples servicios, con un ancho de banda inferior a 1,5MHz. Los bloques de frecuencias en la banda 195 a 216 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito territorial provincial. Por otro lado, los bloques correspondientes a la banda 216 a 223 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito nacional y autonómico.

Funcionan combinando dos tecnologías para producir un sistema de transmisión eficiente y solvente. La primera es el sistema de compresión Musicam-mpg, que es un sistema de codificación que funciona descartando los sonidos que no serán percibidos por el oído humano. La segunda es la modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Deviation Multiplex), que es una codificación que introduce redundancia para poder detectar los errores de transmisión y corregirlos. La calidad que proporciona es similar a un cd. Mediante multiplexación emite una señal de hasta 6 canales de audio estéreo.

4.2. Emplazamiento del colegio

El colegio recibirá las señales CODFM-TV, DAB Radio y FM Radio desde la torre de Alpicat. En la siguiente figura se muestra la situación en el mapa del colegio y de dicha torre. La separación entre ambos puntos es, aproximadamente, de 80 Km en línea recta y sin obstáculos.

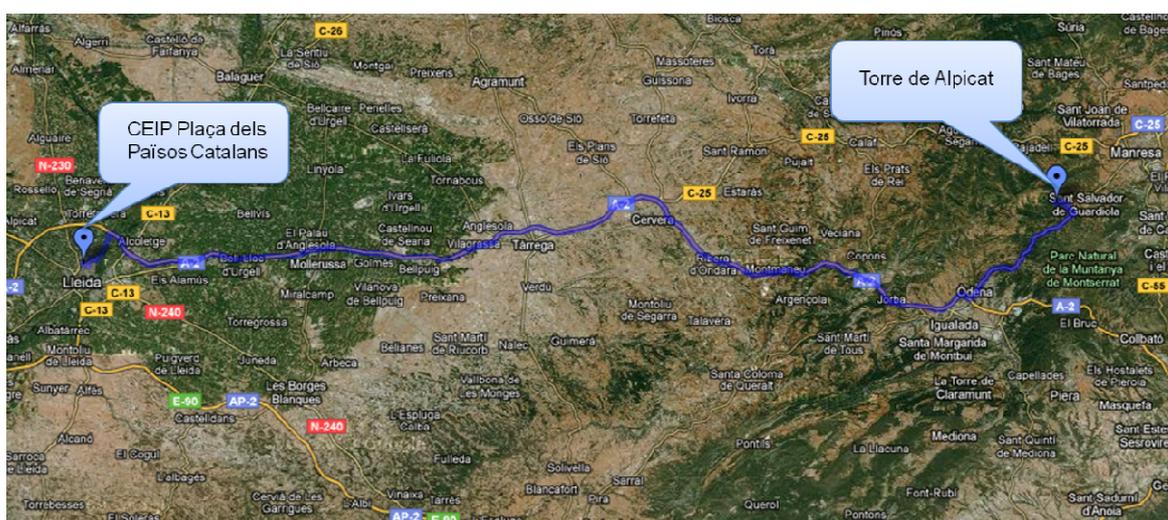


Fig. 4.1 Emplazamiento del colegio y de la torre de Alpicat

4.3. Canales a distribuir

4.3.1. TDT

Con la televisión analógica cada frecuencia equivalía a un programa de TV. Con la TDT, cada frecuencia se denomina múltiplex o "canal múltiple digital" y tiene asociados a cada canal de radiofrecuencia dos, cuatro o más programas de TV. Además, algunos múltiplex llevan asociados, como servicios adicionales, canales digitales de audio que corresponden a emisoras de radio que emiten en FM, con la cual cosa es posible disfrutar de una oferta radiofónica con calidad digital desde el televisor.

Los canales que se pueden ver en la comarca de Segrià son los que se muestran en la siguiente figura:

Canal	Títular	Oferta de TV				Ràdio	MUX
42	Televisió de Catalunya (TVC)			Disponible per a nous canals de TVC	Disponible per a nous canals de TVC	Catalunya Música iCATfm	642 MHz
50	Prensa Lleidana Canal Audiovisual Lleida Canal Català Consorci Públic				Disponible per a canal local públic	Segre Ràdio Segre Èxits FM	706 MHz
53	Emissions Digitals de Catalunya (EDC)					Rac105 Rac1	730 MHz
58	Televisió de Catalunya (TVC)					Catalunya Ràdio Catalunya Cultura	770 MHz
64	Televisió Espanyola (TVE)					RNE	818 MHz
66	TVE VEO Net TV					Intereconomía Radio Marca	834 MHz
67	Sogetable La Sexta					Ser 40 Principales Cadena Dial	842 MHz
68	Tele5 Net TV						850 MHz
69	Antena3 La Sexta					Onda Cero Europa FM Onda Melodia	858 MHz

Fig. 4.2 Canales disponibles de TDT en la comarca de Segrià (Fuente: www.gencat.cat y www.tdt1.com)

4.3.2. Radio FM

Los canales de radio FM que se pueden escuchar en la comarca de Segrià son los que se muestran en la siguiente figura:

Canales Radio FM-Lleida			
40 Principales Llérida	92.6 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 3 Llérida	97.8 Mhz
Alpicat Radio	107.9 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 3 Llérida	104.4 Mhz
Cadena 100 Llérida	96 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 3 Llérida	105.2 Mhz
Cadena Dial Llérida	101.3 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 3 Llérida	106.4 Mhz
Catalunya Radio	88.7 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 4 Llérida	87.9 Mhz
Catalunya Radio	89.7 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 4 Llérida	90.6 Mhz
Catalunya Radio	89.7 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 4 Llérida	93.3 Mhz
Catalunya Radio	100.7 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 4 Llérida	93.7 Mhz
Catalunya Radio	103 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 4 Llérida	102.3 Mhz
COMRàdio Lleida	95.2 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 4 Llérida	102.6 Mhz
Cope Llérida	99.7 Mhz	Radio Nacional de España - Radio 5 Llérida	1152 Khz
Cope Llérida	1224 Khz	Radio Nacional de España - Radio Clásica Llérida	87.7 Mhz
Europa FM Catalunya	102.7 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Clásica Llérida	89.2 Mhz
Flaix FM Lleida	104.1 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Clásica Llérida	96.2 Mhz
Gum Fm	93.9 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Clásica Llérida	100.5 Mhz
Ona Lleida	99.2 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Clásica Llérida	103.6 Mhz
Onda Cero Radio Llérida	94.1 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Nacional Llérida	89 Mhz
Onda Rambla Lleida	100.2 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Nacional Llérida	90 Mhz
Pròxima Fm	103.6 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Nacional Llérida	92.2 Mhz
Rac1 Lleida	90.3 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Nacional Llérida	94.4 Mhz
Ràdio Arbeca	107.8 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Nacional Llérida	94.6 Mhz
Radio FlaixBac Lleida	105.2 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Nacional Llérida	99.9 Mhz
Radio Lleida	104.5 Mhz	Radio Nacional de España - Radio Nacional Llérida	612 Khz
Radio Lleida	1287 Khz	Radio Tele Taxi Lleida	89.8 Mhz
Radio Nacional de España - Radio 3 Llérida	89 Mhz	Radio Tele Taxi Sort	90.1 Mhz
		Segre Ràdio	93.4 Mhz

Fig. 4.3 Canales disponibles de Radio FM en la población de Lleida

4.3.3. Radio DAB

En radio digital existen operadores a nivel nacional, a nivel autonómico y a nivel local. El operador que tenga una licencia nacional podría ser escuchado en cualquier lugar del país con cobertura de radio.

Hay tres múltiplex de ámbito estatal y seis programas por múltiplex, dos de ellos con posibilidad de desconexión provincial.

La **red FU-E** (Frecuencia única-España) permite programas nacionales sin desconexiones territoriales. De los seis programas de este multiplexor se han asignado cuatro a Radio Nacional de España (Radio 1, Radio Clásica, Radio 3 y Radio 5) y los otros dos programas salieron a concurso público (Vocento y M80 Radio). En Lleida, el bloque de frecuencias 11B es el destinado a la red FU-E.

Además, existen dos redes globales de cobertura nacional cuyos programas tienen la capacidad de efectuar desconexiones territoriales, la **red MF-I** y la **red MF-II**. En el multiplexor MF-I se han reservado dos programas para RNE. Los otros cuatro programas, más los seis programas del multiplexor MF-II fueron asignados por el entonces Ministerio de Fomento a diez concesionarios privados. Los bloques destinados para la provincia de Lleida en las redes red MF-I y red MF-II son 10D y 8B, respectivamente.

Existe también un múltiplex regional sin desconexión y otro con desconexión provincial para cada Comunidad Autónoma, que se denomina FU y MF, respectivamente y las siglas de cada autonomía (en el caso de Cataluña, FU-CAT y MF-CAT). Hay hasta tres programas en cada uno de los múltiplex regionales. El bloque de frecuencia que se destina a la cobertura territorial autonómica de Cataluña en la red de frecuencia única es el 11D (red FU-CAT). El bloque de frecuencia 10B es el que se destina para efectuar desconexiones territoriales dentro de la banda FU-CAT desde la provincia de LLeida.

El Plan Técnico Nacional de la Radio Difusión Sonora Digital establece diferentes fases de introducción del DAB en España. Ya se han cumplido la primera y la segunda fase. La tercera fase, que se ha planificado implementar hasta el 31 de diciembre de 2011, consiste en emitir cubriendo el 80% de las poblaciones del país. En esta tercera fase se encuentra la provincia de Lleida, por lo que la población leridana tendrá que esperar para tener implantado el DAB.

4.4. Selección del emplazamiento y parámetros de las antenas receptoras

Las antenas para la recepción de las señales de los servicios de radiodifusión terrestre se instalarán sobre el tejado del edificio del colegio, tal como se indica en el plano 1.6 del anexo correspondiente.

La correcta recepción de las señales, en este caso, requiere elevar las antenas al menos 3 metros sobre el nivel del tejado. Con el fin de poder colocar los elementos captadores en la posición adecuada, se utilizará un soporte formado por un mástil de 3 metros que soportará las antenas de FM, UHF y DAB. Se utilizarán antenas de Televés, cuyos parámetros básicos se indican a continuación:

Antena	Servicio de RTV terrestre		
	TDT	Radio FM	Radio DAB
Modelo	1097 Televés	1201 Televés	1050 Televés
Tipo	Directiva	Omnidireccional	Directiva
Ganancia	19 dB	1dB	8 dB
Carga al viento	144 N/m ²	27 N/m ²	36,5 N/m ²

Tabla 4.1 Parámetros básicos de las antenas de radiodifusión terrestre

4.5. Cálculo de los soportes para las antenas

En el apartado 4.2.1 del Anexo 1 del Real Decreto 40172003, de 4 de abril, considera el factor del viento un elemento a tener en cuenta a la hora de elegir los soportes de las antenas. Así, las antenas y elementos del sistema captador de señales deberán soportar las siguientes velocidades de viento:

- Para sistemas situados a menos de 20 m del suelo: 130 Km/h.
- Para sistemas situados a más de 20 m del suelo: 150 Km/h.

Teniendo en cuenta que el sistema del proyecto que tratamos estará situado a menos de 20 metros del suelo, los cálculos para definir el mismo se han realizado para velocidades de viento de 130 Km/h.

Esta estructura estará apoyada en una pieza de hormigón que tendrá unas dimensiones y composición, a definir por el arquitecto, capaz de soportar los esfuerzos y momentos indicados a continuación.

Las características de las sujeciones de las antenas, así como las del mástil y sus anclajes, se especifican en el Pliego de Condiciones (punto 7.1.1.2).

Se recomienda poner las antenas de mayor carga al viento lo más cerca posible de la base, por lo que la antena de UHF será la que esté colocada más ceca a la base y la antena FM la que esté más alejada.

Para este proyecto se ha utilizado un mástil de Televés (ref.3010) de 3 metros de longitud y 45 mm de diámetro.

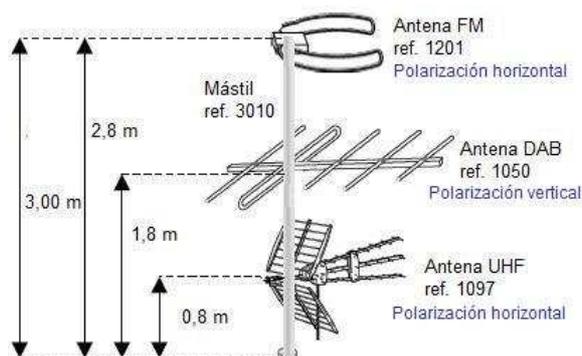


Fig. 4.4 Esquema de los elementos captación de RTV terrestre

La carga al viento que ejerce cada antena para una velocidad de viento determinada la facilita el fabricante en sus especificaciones. Además, hay que tener en cuenta la carga del viento que soporta el mástil. En la siguiente tabla se muestra el momento flector en la base del mástil, así como el momento parcial que soporta cada elemento del sistema (los cálculos completos están en el anexo correspondiente).

Elemento	Carga al viento (N)	Distancia a la base del mástil (m)	Momento flector (Nxm)
Antena FM	27	2,8	75,6
Antena DAB	71	1,8	127,8
Antena UHF	144	0,8	115,2
Mástil	129,6	1,5	194,4
Momento flector total			513 Nxm

Tabla 4.2 Momento flector en la base del mástil

El momento flector resultante es menor al que el mástil puede soportar, que es de 656,7 Nxm.

4.6. Plan de frecuencias

Se establece un plan de frecuencias a partir de las frecuencias utilizadas por las señales que se reciben en el emplazamiento de las antenas, sean útiles o interferentes:

	Banda III	Banda IV	Banda V
Canales ocupados	8, 9, 10, 11	No utilizada	42, 50, 53,58, 64, 66, 67, 68 y 69
Canales interferentes	No hay		No hay

Tabla 4.3 Plan de frecuencias a partir de las frecuencias utilizadas

Con las restricciones técnicas a que está sujeta la distribución de canales, resulta el siguiente cuadro de plan de frecuencias:

Banda	Canales utilizados	Canales utilizables	Servicio recomendado
Banda I	No utilizada		
Banda II			FM-Radio
Banda S (alta y baja)		Todos menos S1	TVSAT A/D
Banda III	8, 9, 10, 11	5, 6, 7 y 12	TVSAT A/D Radio D terrestre
Hiperbanda		Todos	TVSAT A/D
Banda IV			TV A/D terrestre
Banda V	42, 50, 53,58, 64, 66, 67, 68 y 69	Todos menos 42, 50, 53,58, 64, 66, 67, 68 y 69	TV A/D terrestre
950 - 1.446 MHz		Todos	TVSAT A/D (FI)
1.452 - 1.492 MHz		Todos	Radio D satélite
1.494 - 2.150 MHz		Todos	TVSAT A/D (FI)

Tabla 4.4 Plan de frecuencias teniendo en cuenta las restricciones técnicas

4.7. Número de tomas

Se instalarán tomas de radiodifusión sonora y televisión, tanto terrestre como por satélite, en prácticamente todas las aulas y estancias (como estancia puede entenderse el gimnasio o la cocina) del colegio (consultar en el plano correspondiente).

	Número de aulas/estancias	Número de tomas
Segunda Planta	13	24
Primera Planta	16	20
Planta Baja	9	16
Edificio Biblioteca-Comedor	4	4
Edificio Gimnasio	1	2
Vestuarios	2	0
Total Tomas	66	

Tabla 4.5 Número de tomas de radiodifusión sonora y televisión

4.8. Cálculo de la atenuación máxima y mínima

Con el fin de que todas las tomas de usuario reúnan los niveles de calidad para los servicios de radiodifusión sonora y de televisión terrestres, especificados en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003 de 4 de abril, se han

calculado las atenuaciones en la peor y en la mejor toma del colegio. Con los datos obtenidos se seleccionarán los elementos necesarios que conformarán la ICT para el cumplimiento de la normativa. Los niveles de las señales de radiodifusión sonora y de televisión terrestres distribuidas a cada toma de usuario deberán reunir las siguientes características:

	Niveles de las señales distribuidas a la toma de usuario (dB μ V)		
	TDT	Radio FM	Radio DAB
Nivel mínimo	45 dB μ V	40 dB μ V	30 dB μ V
Nivel máximo	70 dB μ V	70 dB μ V	70 dB μ V

Tabla 4.6 Niveles mínimos y máximos de señal en las tomas de usuario

Para el cálculo de la atenuación desde la salida de los amplificadores de cabecera a las tomas de usuario se tendrán en cuenta las atenuaciones introducidas por los elementos que forman la red de distribución e interior de usuario. Además, los cálculos se harán con la frecuencia mínima y máxima correspondientes a cada servicio (especificadas en el punto 4.1). Sin embargo, para la TDT se han tenido en cuenta las frecuencias correspondientes a dos de los canales que llegan al colegio desde la torre de Alpicat (642 MHz del canal 42 será la frecuencia mínima y 858 Mhz del canal 69 será la máxima).

Toma con máxima atenuación

La toma más perjudicada será la toma más lejana a la cabecera. En el colegio la toma con mayor atenuación es una de las tomas del gimnasio, situado en un edificio colindante al colegio. El nivel máximo de atenuación en la peor toma se calculará de la siguiente manera:

$At_{Peor\ Toma} (dB) = \text{Pérdidas de inserción de los derivadores} + \text{Pérdidas de derivación del derivador de planta} + \text{Pérdidas de inserción del repartidor} + \text{Atenuación del BAT} + \text{Atenuación del cable coaxial}$

Debido a la alta atenuación en la toma más alejada de la cabecera, se ha decidido que el último elemento de distribución de la red de RTV sea, en lugar de un derivador, un repartidor de 3 salidas. Además, el repartidor instalado en el gimnasio será de 2 salidas.

Toma con menos atenuación

La toma menos perjudicada será la toma más cercana a la cabecera. En el colegio la toma con menor atenuación será la toma del Aula 6 de la segunda planta. El nivel mínimo de atenuación en la mejor toma se calculará de la siguiente manera:

$At_{Peor\ Toma} (dB) = \text{Pérdidas de derivación del derivador} + \text{Pérdidas de inserción del repartidor} + \text{Atenuación del BAT} + \text{Atenuación del cable coaxial}$

En la siguiente tabla se muestra la atenuación que introduce cada elemento de la red de distribución de radiodifusión terrestre en la peor y en la mejor toma, así como la atenuación mínima y máxima total en dichas tomas (los cálculos completos se pueden encontrar en el anexo correspondiente).

		Frecuencia (MHz)	Atenuaciones máximas y mínimas (dB)				Atenuación Total
			Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable	
TDT	Peor toma	858 MHz	26,8	4,5	4,5	14,55	50,35
	Mejor toma	642 MHz	20	7,5	4,5	2,08	34,08
Radio FM	Peor toma	108 MHz	26,8	4,5	4,5	5,73	41,53
	Mejor toma	87,5 MHz	20	7,5	4,5	0,928	32,928
Radio DAB	Peor toma	223 MHz	26,8	4,5	4,5	7,14	42,94
	Mejor toma	196 MHz	20	7,5	4,5	1,22	33,22

Tabla 4.7 Atenuaciones mínima y máximas de la red de distribución de RTV terrestre

4.9. Niveles de señal

4.9.1. Nivel de señal a la entrada de la cabecera

El procedimiento habitual para determinar los niveles de señal en el edificio consiste en la medida in situ mediante una antena calibrada y un medidor de campo. En este caso, al no haber sido posible hacerlo, se ha calculado el nivel de señal a partir de la PIRE del centro transmisor de Alpicat. Al ser un cálculo estimado, los resultados de los niveles de señal obtenidos parecen demasiado altos, aunque todos están dentro de los márgenes marcados por la normativa.

Sabiendo que la PIRE con la que transmite la torre de Alpicat para televisión digital terrestre es de 46,119 dBW y para radio FM y DAB 36,98 dBW, se calcula la potencia recibida en la antena receptora.

Para calcularla la potencia recibida se aplica la siguiente fórmula:

$$P_R = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi D^2} \cdot A_{ef} = \frac{PIRE}{4\pi D^2} \cdot A_{ef} = \frac{PIRE}{4\pi D^2} \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_R = PIRE \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)^2 \cdot G_R \quad (4.1)$$

Pasándolo de lineal a logaritmo, queda:

$$P_R (dB) = PIRE (dBW) + G_R (dB) + 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right) \quad (4.2)$$

Dónde,

- P_R=Potencia recibida por la antena receptora

- P_T =Potencia transmitida por la antena transmisora
- G_T =Ganancia de la antena transmisora
- A_{ef} =área efectiva de la antena
- PIRE=Potencia isotrópica radiada equivalente ($PIRE= P_T \cdot G_T$)
- D =Distancia entre el satélite y la antena receptora
- G_R =Ganancia de la antena receptora
- λ =Longitud de onda de la señal recibida

El resultado obtenido, en dBW, se pasará a tensión (dB μ V) aplicando las fórmulas 4.3 y 4.4:

$$V_R (v) = \sqrt{P_R (W) \cdot 75 \Omega} \quad (4.3)$$

$$V_R (dB\mu V) = 20 \log(P_R (\mu V)) \quad (4.4)$$

Para calcular la longitud de onda para ambas frecuencias se aplicará la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4.5)$$

Dónde,

λ =longitud de onda en metros
 c =velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s)
 f =frecuencia en Hz

En la siguiente tabla se muestra la tabla de resultados obtenidos.

		Frecuencia (MHz)	Señal a la entrada de la cabecera (dB μ V)
TDT	Peor toma	858 MHz	74,68
	Mejor toma	642 MHz	77,209
Radio FM	Peor toma	108 MHz	65,53
	Mejor toma	87,5 MHz	67,38
Radio DAB	Peor toma	223 MHz	66,26
	Mejor toma	196 MHz	67,38

Tabla 4.8 Señal mínima y máxima a la entrada de la cabecera de RTV terrestre calculada para cada antena a partir de la PIRE del transmisor.

4.9.2. Niveles de señal a la salida de la cabecera

Sabiendo los niveles mínimo y máximo que debe llegar a las tomas de usuario y las atenuaciones que llegarán a las tomas, se calcula el nivel mínimo y

máximo que debe salir de la cabecera para cumplir con las especificaciones. Para ello, se aplican las siguientes fórmulas:

$$C_{ampli_min} = Af_{max} + C_{min_toma} \quad (4.6)$$

$$C_{ampli_max} = Af_{min} + C_{mas_toma} \quad (4.7)$$

Con los datos obtenidos se calculará el nivel medio a la salida de cada amplificador de la cabecera.

En la siguiente tabla aparece un resumen de los resultados obtenidos para cada servicio.

	Frecuencia (MHz)	Señal a la salida de la cabecera (dBμV)	Nivel fijado a la salida de la cabecera (dBμV)
Peor toma	858 MHz	95,35	100
Mejor toma	642 MHz	104,08	
Peor toma	108 MHz	81,53	93
Mejor toma	87,5 MHz	102,92	
Peor toma	223 MHz	72,94	89
Mejor toma	196 MHz	103,22	

Tabla 4.9 Señal mínima y máxima y nivel fijado a la salida de cada amplificador de la cabecera RTV terrestre.

4.9.3. Ganancia de los amplificadores

Sabiendo el nivel de salida del amplificador y el nivel de señal a su entrada se obtiene la ganancia que deben tener los amplificadores de la cabecera (aplicando las fórmulas 4.8 y 4.9 para el mejor y el peor caso, respectivamente). De los valores obtenidos, se ha escogido el nivel medio.

$$G_{TDT_min} = C_{ampli_min} - P_{R_min} \quad (4.8)$$

$$G_{TDT_max} = C_{ampli_max} - P_{R_max} \quad (4.9)$$

Con los datos obtenidos se calculará la ganancia media que tendrá que tener cada amplificador de la cabecera.

		Frecuencia (MHz)	Ganancia del amplificador (dB)	Nivel fijado de ganancia del amplificador (dB)
TDT	Peor toma	858 MHz	20,67	24
	Mejor toma	642 MHz	26,87	
Radio FM	Peor toma	108 MHz	16,003	26
	Mejor toma	87,5 MHz	35,54	
Radio DAB	Peor toma	223 MHz	6,68	22
	Mejor toma	196 MHz	35,84	

Tabla 4.10 Ganancia mínima y máxima y nivel fijado de los amplificadores de la cabecera RTV terrestre.

4.9.4. Niveles de señal en las tomas de usuario

Para calcular los niveles de señal en las tomas de usuario se tendrá en cuenta el nivel de señal que saldrá de la cabecera y la atenuación que sufrirá cada toma en la red de distribución. Así, y siguiendo las fórmulas 4.10 y 4.11, se observa cómo las señales que llegan a las tomas de usuario cumplen con la normativa (ver tabla 4.6):

$$C_{toma_min} = C_{ampli} - At_{mas} \quad (4.10)$$

$$C_{toma_max} = C_{ampli} - At_{min} \quad (4.11)$$

En la siguiente tabla aparece un resumen de los resultados obtenidos para cada servicio.

		Frecuencia (MHz)	Señal recibida en las tomas (dBμV)
TDT	Peor toma	858 MHz	49,64
	Mejor toma	642 MHz	65,91
Radio FM	Peor toma	108 MHz	51,46
	Mejor toma	87,5 MHz	60,07
Radio DAB	Peor toma	223 MHz	46,05
	Mejor toma	196 MHz	55,77

Tabla 4.11 Señal mínima y máxima recibida en las tomas de usuario

4.10. Relación señal a ruido

La relación señal-ruido (SNR) define el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Por tanto, para

realizar este cálculo hay que tener en cuenta la potencia de señal que llega a la antena receptora y la potencia de ruido introducida por el sistema. El esquema del sistema de RTV terrestre se puede simplificar tal y como aparece en la figura 4.5.

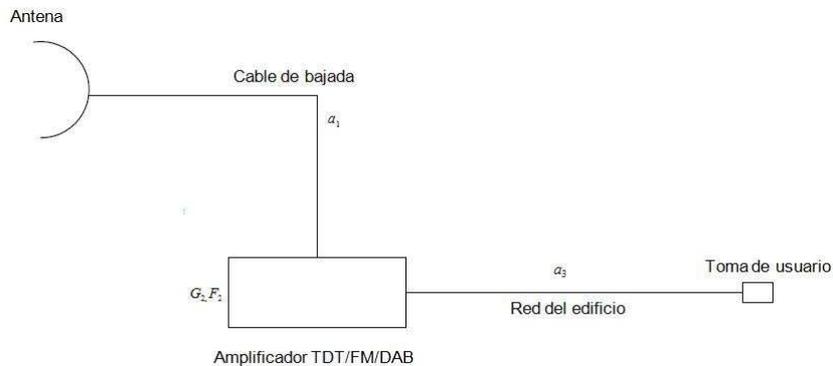


Fig. 4.5 Esquema del sistema de radiodifusión sonora y televisión terrestre

En el apartado 4.9.1 ya se han calculado los valores de potencia mínima y máxima recibida en cada una de las antenas receptoras (ver tabla 4.3).

Mediante la fórmula de Friis, se calcula el factor de ruido introducido por el sistema de captación siguiendo el esquema de la figura 4.4. Además, hay que añadir la potencia de ruido térmico. Con estos datos, se calcula la relación señal-ruido de cada uno de los servicios.

En el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, se especifica el nivel de SNR mínimo que deben tener las señales al llegar a las tomas.

Relación señal-ruido (dB)		
TDT	Radio FM	Radio DAB
25	38	18

Tabla 4.12 Nivel de SNR mínimo de las tomas de usuario de RTV terrestre

Para realizar el cálculo del ruido térmico se aplica la siguiente fórmula:

$$N = k \cdot T_{eq} \cdot B \tag{4.12}$$

Dónde,

- N=Potencia del ruido a la salida de la antena
- K=Constante de Boltzman ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K)
- B=Ancho de banda del canal
- Teq=Temperatura equivalente del sistema

En este caso, la temperatura equivalente del sistema será la temperatura de la antena, cuyo valor será el de la temperatura ambiente ($T_a = 293\text{K}$).

El factor de ruido del sistema de captación viene determinado por la fórmula de Friis:

$$F_{sis} = a_1 + ((F_2 - 1) \cdot a_1) + \left(\frac{(a_3 - 1) \cdot a_1}{G_2} \right) \quad (4.13)$$

Dónde,

- a_1 =atenuación del cable de bajada desde la antena hasta el amplificador monocanal
- F_2 =factor de ruido del amplificador monocanal
- G_2 =Ganancia del amplificador monocanal
- a_3 = atenuación de la red de distribución (potencia disipada)

Finalmente, para calcular la relación señal a ruido se aplicará la siguiente fórmula:

$$SNR(dB) = P_R(dBW) - N(dB) - F_{sis}(dB) \quad (4.14)$$

Dónde,

P_R =potencia recibida por la antena receptora

N = Potencia de ruido a la salida de la antena

F_{sis} =factor de ruido del sistema

En la siguiente tabla se muestra la tabla de resultados obtenidos. Tan sólo se han recogido los niveles mínimos porque son los que realmente interesan, ya que la norma se rige por el nivel mínimo establecido, por lo que los niveles mayores a este límite serán válidos.

		Frecuencia (MHz)	Relación señal-ruido (dB)
TDT	Peor toma	858 MHz	43,58
Radio FM	Peor toma	108 MHz	59,22
Radio DAB	Peor toma	223 MHz	48,06

Tabla 4.13 SNR mínima en las tomas de usuario de RTV terrestre

Se observa cómo el valor obtenido para los tres servicios de radiodifusión sonora y televisión terrestres cumple con los requisitos mínimos (ver tabla 4.12).

4.11. Relación de intermodulación

La intermodulación es otro tipo de interferencia que hay que tener en cuenta dentro de la banda de recepción de los canales. Se debe a la no linealidad de los amplificadores cuando trabajan próximos a la zona de saturación (máximo nivel de salida del amplificador).

En televisión terrenal analógica se define la intermodulación simple, cuando la cabecera está formada por amplificadores monocanales, como la relación en dB entre el nivel de la portadora de un canal (la de video), y el nivel de los productos de intermodulación de tercer orden provocados por las tres portadoras presentes en el canal (video, audio y color). Esta relación viene dada por la expresión (4.15):

$$(C/I)_{toma} (dB) = (C/I)_{ampli} + 2 \cdot (V_{out_max} - V_{out_real}) \quad (4.15)$$

Dónde,

$(C/I)_{ampli}$ = relación en dB entre el nivel de la portadora de un canal y el nivel de señal interferente dentro del canal. Es un valor facilitado por el fabricante.

V_{out_max} = nivel de señal máximo permitido a la salida del amplificador. Para los amplificadores monocanales de UHF este valor es de 118 dB μ V para canales de 8 MHz de ancho de banda.

V_{out_real} = nivel de señal máximo a la salida del amplificador (valor calculado).

Siguiendo la norma EN50083-5 la distancia de intermodulación $(C/I)_{ampli}$ para los amplificadores monocanales es de 54 dB.

$$(C/I)_{toma} (dB) = 54 dB + 2 \cdot (118 dB\mu V - 100 dB\mu V) \Rightarrow (C/I)_{toma} = 90 dB$$

De esta forma, el valor obtenido cumple con las especificaciones del apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, en el que se especifica una relación de intermodulación mínima de 30 dB para las señales CODFM-TV.

4.12. Respuesta amplitud-frecuencia en banda

Este parámetro indica la variación máxima de la atenuación dentro de la banda 15-862 MHz.

Para la mejor y la peor toma de usuario se calculará la siguiente relación:

$$A/f (dB) = At_{máxima} (dB) - At_{mínima} (dB) \quad (4.16)$$

Dónde,

$A_{t_{m\acute{a}xima}}$ = atenuación total máxima en la toma.

$A_{t_{m\acute{i}nima}}$ = atenuación total mínima en la toma.

En el anexo se puede consultar la tabla en la que se recogen los resultados obtenidos en el cálculo de la atenuación mínima y máxima de todas las tomas de usuario del colegio en la banda 15-862 MHz.

En la tabla siguiente se resumen los cálculos de atenuación y de respuesta amplitud-frecuencia para la mejor y la peor toma de usuario.

	Frecuencia mínima (MHz)	Atenuación máxima (dB)	Frecuencia máxima (MHz)	Atenuación mínima (dB)	A/f (dB)
Mejor toma	15MHz	34,56	862 MHz	32,15	2,41
Peor toma	15MHz	50,44	862 MHz	38,68	11,76

Tabla 4.14 Respuesta amplitud-frecuencia en la banda 15-862 MHz

El valor obtenido en ambos casos no supera el valor máximo de 16 dB establecido en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril.

4.13. Elementos de captación y distribución de RTV

Los elementos de captación es un conjunto de elementos encargados de recibir señales RTV terrestre y satélite. A continuación, se describen los elementos de captación que conformarán la instalación de RTV terrestre del proyecto.

4.13.1. Cabecera de RTV terrestre

El equipamiento de cabecera es el conjunto de elementos encargados de recibir las señales que proviene de los diferentes conjuntos captadores de señales de radiodifusión sonora y televisión terrestre para adecuarlas para su distribución al usuario en las condiciones de calidad deseadas. La cabecera de RTV terrestre de la red del colegio estará formada por los siguientes elementos:

- 6 amplificadores para TV digital con una ganancia de 24 dB, 5 de los cuales serán monocanales de 8 MHz de ancho de banda (para los canales C42, C50, C53, C58 y C64) y uno con 4 canales adyacentes de 32 MHz de ancho de banda (para los canales C66, C67, C68 y C69), todos alimentados con 24 V y 95 mA.
- 1 Amplificador FM regulado a 26 dB de ganancia con 20,5MHz de ancho de banda, alimentado con 24 V y 65 mA.

- 1 Amplificador DAB regulado a 22 dB de ganancia con 37 MHz de ancho de banda, alimentado con 24 V y 95 mA.
- Fuente de alimentación con una tensión de salida de 24 V, 2,5 A de corriente máxima y una potencia de salida máxima de 60 W.
- 4 cargas de 75 Ω .²
- 13 puentes de acoplo.

Estos amplificadores forman parte del sistema de amplificación T03 de Televés. Están dotados del sistema Z de autoseparación de entrada y automezcla de salida. La conexión entre módulos para su alimentación se hace por el frontal mediante puentes de hilo. Una única fuente es la alimentación del sistema. A la salida de la cabecera estarán mezcladas la señal de RTV terrestre (MATV) y RTV satélite (FI).

El equipamiento de cabecera estará situado en el RITS.

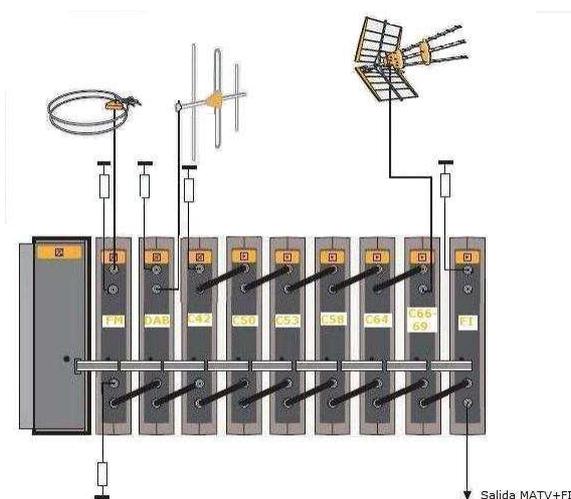


Fig. 4.6 Cabecera de RTV terrestre³

4.13.2. Red de distribución de RTV terrestre

Es el conjunto de elementos necesarios para asegurar la distribución de señales desde el equipo de cabecera hasta las tomas de usuario.

La red del colegio estará formada por los siguientes elementos: 3 derivadores 8D, 1 derivador 4D, 1 derivador 2D, 1 repartidor 3D, 32 repartidores 4 D, 1 repartidor 2D y 66 BAT's.

² La quinta carga que aparece en la figura 4.3 es la del amplificador FI, de la red de RTV satélite.

³ Figura modificada sobre una imagen extraída del catálogo de 2010 de Televés.

En la figura 4.7 se representa de forma esquemática la red de distribución de RTV terrestre.

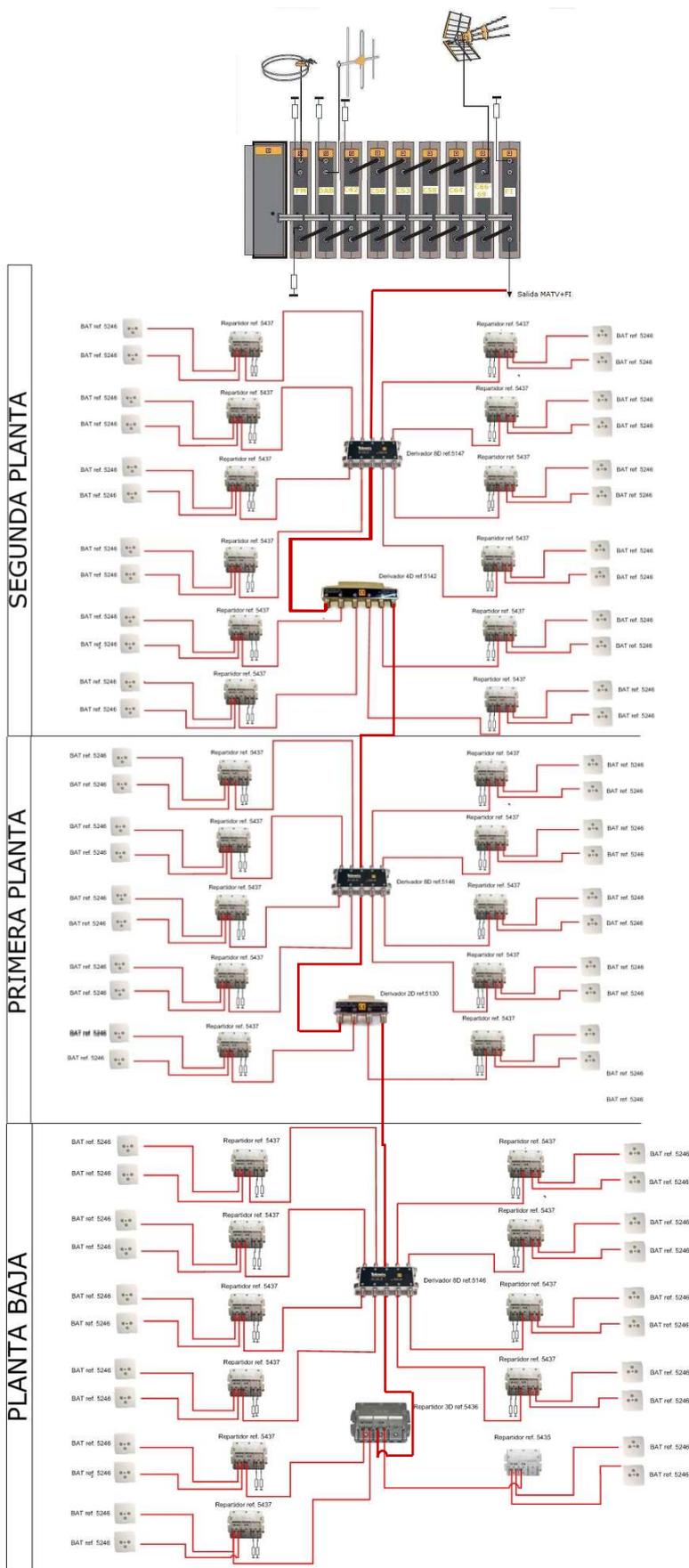


Fig. 4.7 Red de distribución de RTV

CAPÍTULO 5. CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RADIOFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN POR SATÉLITE

5.1. El servicio de radiodifusión sonora y televisión por satélite

Al colegio se incorporará la captación y distribución de las señales de **radiofusión sonora y televisión por satélite**. El servicio de radiofusión sonora y televisión por satélite permite básicamente recibir señales de televisión desde un satélite espacial. El objetivo principal será la distribución a prácticamente todas las aulas del colegio (ver plano 1.8), de las señales procedentes del satélite **Hispasat**.

Los satélites utilizados para señales de televisión se encuentran situados en una **órbita geoestacionaria**, a 35.786 Km sobre el ecuador terrestre. La altura que tiene dicha órbita, y la velocidad del satélite son tales, que se igualan la fuerza centrífuga del satélite y la fuerza de atracción de la tierra sobre él, de modo que se alcanza un equilibrio que mantiene al satélite girando de forma síncrona con la tierra, por lo que para un observador terrestre el satélite se encuentra fijo. Hay que tener en cuenta que el número de satélites que puede haber en una órbita geoestacionaria es limitado, siendo competencia de la UIT la asignación de posiciones orbitales.

5.1.1. Zona de cobertura del satélite

La **zona de cobertura** de los satélites es la superficie de la Tierra delimitada por un contorno de PIRE constante, que permite obtener la calidad deseada de recepción en ausencia de interferencias. La zona de cobertura se representa en los mapas como "**huella de potencia**" del satélite, la cual viene determinada por el diagrama de radiación de las antenas del satélite.

5.1.2. Bandas de frecuencia y polarizaciones

Actualmente, el enlace descendente de los satélites con cobertura Europea utiliza la banda Ku (10,7-12,75 GHz) para transmitir señales de radio y televisión. En esta banda existen dos bandas diferentes:

- FSS, de polarización lineal: compuesta por la FSS baja (10,7-11,7 GHz) y la FSS alta (12,5-12,75 GHz)
- DBS, de polarización circular (11,7-12,5 GHz)

A fin de aumentar la eficiencia de la transmisión, los satélites emiten señales de la misma frecuencia con polarizaciones ortogonales, lineal o circular.

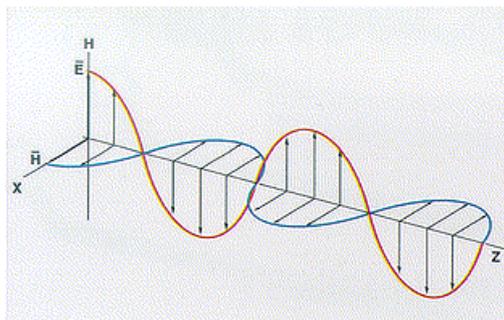


Fig. 5.1 Polarización producida en la señal enviada por un sistema de televisión por satélite

5.1.3. Televisión digital vía satélite

La **Televisión Digital vía Satélite** es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego transmitirla a una amplia zona geográfica por medio de satélites de comunicaciones.

La transmisión de Televisión Digital vía Satélite se divide en dos tramos claramente diferenciados:

- El **enlace ascendente** o *uplink*, mediante el cual el centro emisor envía las señales de televisión al satélite utilizando grandes antenas parabólicas (de 9 a 12 metros de diámetro).
- Y el **enlace descendente**, o *downlink*, por medio del cual el satélite retransmite la señal de televisión recibida hacia su zona de cobertura sobre la superficie de la tierra, utilizando una banda de frecuencias diferente a la del enlace ascendente, para evitar interferencias.

El estándar utilizado en España para la transmisión de Televisión Digital vía Satélite, adoptado por la ITU-T, es el **DVB-S** (*Digital Video Broadcasting by Satellite*).

El estándar **DVB-S** parte de la trama de transporte proporcionada por el **MPEG-2**, introduciendo distintas capas de protección a la señal para adecuarla a las características del canal por el que debe transmitirse. Utiliza la modulación **QPSK** e introduce codificación **FEC** (Forward Error Correction) que permite detectar y corregir errores.

A principios de 2005 el ETSI (Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones) ratificó formalmente el estándar **DVB-S2**, que constituye una evolución del estándar DVB-S. Las principales ventajas de DVB-S2 son una eficacia un 30% mayor que con DVB-S (es decir, se puede transmitir un 30% más de información), una mayor gama de aplicaciones tanto para uso doméstico como profesional, técnicas como la adaptación de codificación para maximizar el valor de uso de los recursos del satélite y retrocompatibilidad

hacia la generación anterior, DVB-S. Incluye la corrección contra errores LDPC (Low Density Parity Check).. Además, para aumentar la flexibilidad y permitir diversos servicios con diferentes velocidades binarias utiliza varios esquemas de modulación (QPSK, 8PSK, 16APSK y 32 APSK).

5.2. Recepción y distribución de señales de satélite

Los componentes del sistema para la recepción de señales vía satélite son:

- **Sistema captador** formado por una parabólica fija, un alimentador y un convertor FI (un LNB universal). La antena es el elemento encargado de recibir las señales que se transmiten del satélite y las dirige al LNB, el cual las transmitirá al receptor.
- **Equipo de cabecera** formado por un amplificador FI y una fuente de alimentación⁴.
- **Red de distribución** formada por los distintos derivadores, repartidores, tomas de usuario y cable coaxial.
- **Unidad interior** formada por un receptor de satélite y un televisor.

En los apartados siguientes se explicarán más detalladamente las características más importantes de estos elementos.

5.2.1. Distribución en FI

La distribución de señales de televisión vía satélite se llevará a cabo en la primera frecuencia intermedia (FI). Consiste en distribuir las señales procedentes del satélite en la banda de FI, que se encuentra entre los 950 MHz y 2150 MHz.

El método de distribución en FI consiste en distribuir una polaridad por cada cable (tal como rige la normativa ICT para inmuebles). Éstas pueden proceder de uno o dos satélites y serán las de máximo interés en el edificio. En el caso del colegio, tan sólo se distribuirá una polaridad procedente del satélite Hispasat por una banda con frecuencias de 950 MHz a 2150 MHz, ya que no será necesaria la transmisión de un gran número de canales.

El principio básico de un sistema de distribución para transmisiones digitales es el de permitir que cada espectador seleccione el canal que desee ver en la polarización y banda necesarias, a través de un solo cable. En un edificio de viviendas, el acceso a todos los canales de satélite se logra a través de un conmutador ubicado en la PAU, en cual se selecciona la conexión de la red interior de usuario al cable deseado.

⁴ La fuente de alimentación será la misma que para la cabecera de RTV terrestre.

Los canales de satélite seleccionados se mezclarán en la frecuencia intermedia con los canales de radiodifusión terrestres y se transmitirán por el mismo cable.

5.2.2. El LNC

El **LNC** es un dispositivo situado en el foco del reflector de la parabólica. Está compuesto por los dispositivos encargados de recoger la señal de la antena y distribuirla a la cabecera del satélite. Es decir, constará de: alimentador primario, discriminador de polarización, y LNB.

El LNC, consiste en un amplificador de muy bajo ruido y un down-converter que convierte la señal de microondas procedente del satélite (10,7 a 12,75 GHz) en una banda de frecuencias más baja que se pueda distribuir por el cable coaxial de las redes de los edificios, esta banda se denomina FI (frecuencia intermedia).

La banda FI elegida está comprendida entre 950 MHz y 2150 MHz. La banda de servicio del satélite de 10,7 a 12,75 GHz (2,05 GHz de ancho de banda) no se puede convertir a la banda de 950 a 2150 MHz (1,2 GHz), por lo que la banda se divide en dos bandas, la Banda Baja (10,7 a 11,7 GHz) y la Banda Alta (11,7 a 12,75 GHz).

Además, el LNB incorpora un selector de polaridad en la entrada (polaridad H-horizontal y V-vertical). Para realizar la selección de polaridad se estandarizó un cambio en la tensión de alimentación (10 a 15 V para la vertical y de 16 a 20 V para la horizontal) y para conmutar el cambio de banda, se añadió una segunda variable a la tensión de alimentación que fue superponer o no un tono de 22 KHz.

Enlace descendente			Conversor LNB		Banda FI
Banda	Polarización	Frecuencia (GHz)	Selección señal		Frecuencia MHz)
			Voltaje (V)	Tono (KHz)	
Baja	V	10,7 - 11,7	10 - 14	0	950-1950
	H			22	
Alta	V	11,7 - 12,75	16 - 20	0	1100-2150
	H			22	

Tabla 5.1 Selección de polaridad y banda en el LNB

Para la red del colegio se utilizará un conversor LNB universal, que dispone de una sola salida. Selecciona la polaridad con el cambio de la tensión de alimentación (13 para la polarización vertical y 18 para la horizontal) y selecciona las dos bandas de satélite con la superposición o no del tono de 22 KHz en la alimentación.

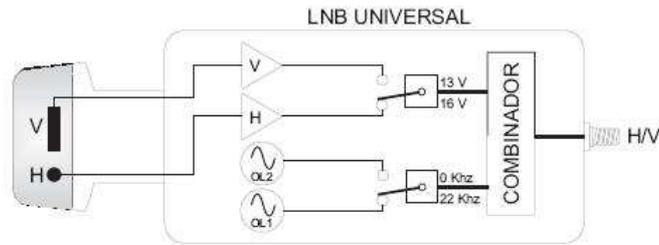


Fig. 5.2 Esquema del LNB Universal

5.2.3. Cabecera de RTV satélite

La cabecera de satélite del sistema del colegio estará formada por los siguientes elementos:

- Un amplificador de FI regulado a 30 dB, alimentado a 15V y 150 mA.
- Fuente de alimentación con una tensión de salida de 15 V, 4,2 A de corriente máxima y una potencia de salida máxima de 63 W.
- 1 procesador FI con un consumo máximo de 50mA alimentado a 15V.
- 3 cargas de 75 Ω

El nivel máximo a la salida de la cabecera será de 124 db μ V.

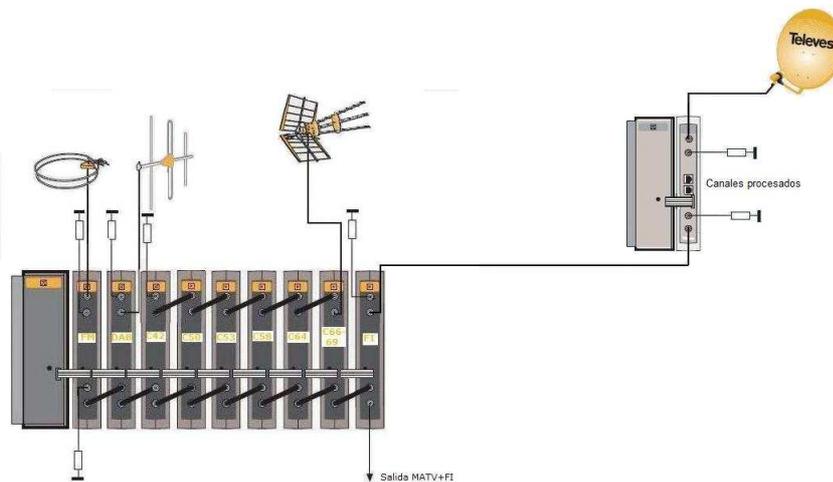


Fig. 5.3 Cabecera de RTV satélite ⁵

⁵ Figura modificada sobre una imagen extraída del catálogo de 2010 de Televes.

5.3. Selección del emplazamiento y parámetros de las antenas receptoras de la señal de satélite

La antena para la recepción de las señales de los servicios de radiodifusión vía satélite (en este caso la antena de Hispasat) se instalará sobre el tejado del edificio del colegio, tal como se indica en el plano 1.7 del correspondiente anexo. Se situará sobre un soporte anclado al suelo.

La dirección a la que esté orientada la antena deberá estar libre de obstáculos que se interpongan entre el correspondiente satélite y la antena receptora.

Para orientar la antena parabólica hacia el satélite se necesitan tres datos fundamentales: azimut, elevación y polarización del LNB. El valor de azimut (medido en grados) indica el punto exacto en el que se debe fijar la antena en el plano horizontal, el ángulo de elevación (medido en grados) indicará la inclinación que se le debe dar a la antena con respecto al plano vertical para orientarla hacia el satélite y el ángulo del plano de polarización (medido en grados) se ajusta girando el conversor LNB, respecto a la vertical del suelo en el sentido de las agujas del reloj.

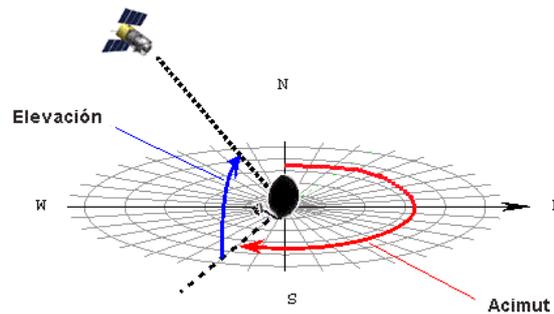


Fig. 5.4 Datos necesarios para la orientación de la antena parabólica

Orientación de la parabólica de Hispasat

Desde el punto de vista de la instalación de la antena receptora y para el caso de los satélites geoestacionarios, para poder establecer una correcta recepción se tienen que determinar los ángulos de elevación (ψ) y de azimut (Φ), con los que se orientará la antena.

$$\psi = \arctan \left[\frac{\cos(\alpha) - 0,151269}{\sin(\alpha)} \right] \quad (5.1)$$

$$\phi = \arctan \left[\frac{\tan(L_{gs} - L_g)}{\sin(L_t)} \right] \quad (5.2)$$

Dónde,

$$\alpha = \arccos[\cos(L_t) \cdot \cos(L_{gs} - L_g)] \quad (5.3)$$

Como se ha comentado en la descripción del proyecto, el colegio está situado en la población de Lleida. Sabiendo la latitud (42° 0' 0" N) y la longitud (1° 0' 0" O) de la ciudad se pueden obtener los parámetros necesarios para la orientación de la antena:

- Azimut: 221,34°
- Elevación: 33,57°

El satélite **Hispasat** se mueve en una órbita geoestacionaria, y la altura de ésta y la velocidad del satélite son tales que se alcanza un equilibrio que mantiene al satélite en su posición, es decir, da la sensación de que no está en movimiento. En el caso que centra este proyecto, la longitud del satélite será de 30° O.

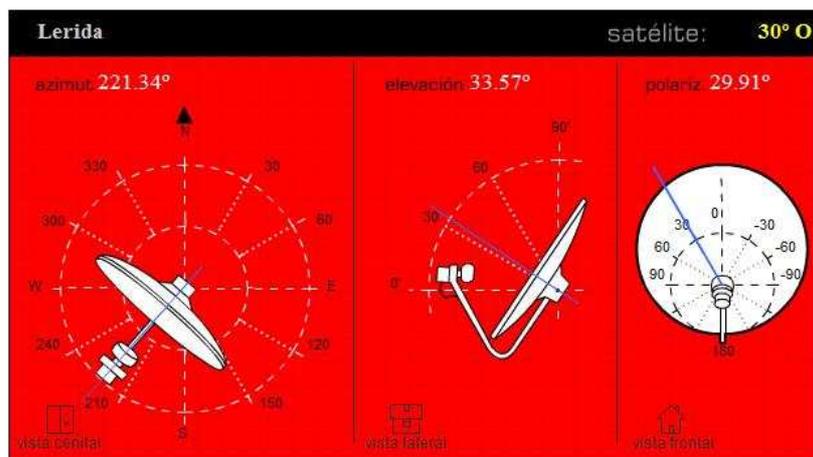


Fig. 5.5 Parámetros de azimut, elevación y polarización de la antena (Fuente: www.diesl.com)

5.3.1. Cálculo del diámetro de la antena parabólica

La antena seleccionada será la de mayor ganancia, la necesaria para la correcta recepción de la señal satélite. Se debe calcular el diámetro mínimo de la antena receptora para conseguir una buena recepción de la señal.

En el Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, se especifica una relación señal-ruido (SRN) mínima de 11 dB para las señales de radiofusión sonora y televisión por satélite moduladas en QPSK. Normalmente, se añade un margen de seguridad de unos 6 o 7 dB sobre el valor mínimo, con el fin de compensar las pérdidas producidas por la red, agentes atmosféricos (lluvia, granizo, nieve, etc.), desajustes de la orientación, etc. De esta forma, el nivel de la relación señal-ruido mínimo en las tomas de usuarios será de 18 dB.

El valor tomado de eficiencia de la antena es del 74%, que corresponde con la mayoría de las antenas comerciales disponibles en el mercado.

Para calcular el diámetro mínimo de la antena se tiene que tener en cuenta la potencia de señal recibida por la antena y la potencia de ruido a la entrada del sistema, desde la salida de la antena parabólica hasta la toma de usuario. Para calcular la potencia recibida en la antena se aplicará la fórmula 5.4 y para el cálculo del ruido se aplicará la fórmula 5.5.

$$P_R = \left(\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi D^2} \right) \cdot A_{ef} = \left(\frac{PIRE}{4\pi D^2} \right) \cdot \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_R \right) \quad (5.4)$$

$$N = k \cdot T_{eq} \cdot B \quad (5.5)$$

Dónde,

- P_R =Potencia recibida por la antena receptora
- P_T =Potencia transmitida
- G_T =Ganancia de la antena transmisora
- A_{ef} =área efectiva de la antena
- $PIRE$ =Potencia isotrópica radiada equivalente
- D =Distancia entre el satélite y la antena receptora
- G_R =Ganancia de la antena receptora
- λ =Longitud de onda de la señal recibida
- N =Potencia del ruido a la salida de la antena
- K =Constante de Boltzman $1,38 \cdot 10^{-23} J / K$
- B =Ancho de banda del canal con modulación QPSK-TV (36 MHz)

Mediante la fórmula 5.3 y haciendo los cálculos para la frecuencia más alta (12,75 GHz) se calcula el valor de la longitud de onda:

$$\lambda = \left(\frac{c}{f} \right) \quad (5.6)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{12,75 \text{ GHz}} = 23,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

La temperatura equivalente del sistema (T_{eq}) viene dada por la siguiente fórmula:

$$T_{eq} = T_{ant} + T_o \cdot (F_{sis} - 1) \quad (5.7)$$

Debido a la alta ganancia del LNB y del amplificador FI, el ruido del sistema se puede considerar equivalente al ruido del LNB (ver fórmula 5.10).

$$F_{sis} \approx F_{LNB}$$

Por tanto,

$$T_{eq} = T_{ant} + T_{LNB} \quad (5.8)$$

$$T_{LNB} = T_o \cdot (F_{LNB} - 1) \quad (5.9)$$

Dónde,

- T_{ant} =temperatura de ruido de la antena, depende del ángulo de elevación de la antena
- T_o =temperatura de referencia (293K)
- F_{sis} =factor de ruido del sistema de captación satélite
- F_{LNB} =factor de ruido del LNB

El factor de ruido del sistema de captación viene determinado por la fórmula de Friis:

$$F_{sis} = F_{LNB} + \left(\frac{a_2 - 1}{G_{LNB}} \right) + \left(\frac{(F_{FI} - 1) \cdot a_2}{G_{LNB}} \right) + \left(\frac{(a_4 - 1) \cdot a_2}{G_{LNB} \cdot G_{FI}} \right) \quad (5.10)$$

Dónde,

- F_{LNB} =factor de ruido del LNB
- a_2 =atenuación del cable de bajada desde del LNB hasta el amplificador FI
- F_{FI} =factor de ruido del amplificador de FI
- a_4 =atenuación de la red de distribución
- G_{LNB} =ganancia del LNB
- G_{FI} =ganancia del amplificador FI

En la fórmula 5.10 se pueden despreciar los últimos términos, ya que el valor de sus denominadores son muy altos (el LNB tiene una ganancia de 57 dB y el amplificador de entre 40 y 50 dB).

Por tanto, $F_{sis}=F_{LNB}$.

Mediante las fórmulas 5.11 y 5.12 se obtiene la relación señal-ruido (SNR) en lineal y en logarítmica, respectivamente:

$$SNR = \frac{P_a}{N} = \frac{\left(\frac{PIRE}{4\pi D^2}\right) \cdot \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_R\right)}{N} \tag{5.11}$$

Pasándola de lineal a logarítmica se obtiene:

$$SNR(dB) = PIRE + G_R - 10 \log(k \cdot T_{eq} \cdot B) + 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right) \tag{5.12}$$

La ganancia de la antena (G_R) receptora se obtiene mediante la fórmula 5.13, a partir de la cual se calculará el diámetro de la misma:

$$G_R = A_{ef} \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} = A_{física} \cdot \eta \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} = \pi \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 \cdot \eta \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} \tag{5.13}$$

Dónde,

- Φ =diámetro de la antena receptora
- η =rendimiento de la antena receptora

En la instalación del colegio se ha optado por un LNB (ref. 7611 de Televés) con un factor de ruido de 0,7 dB. Pasándolo a lineal se obtiene:

$$F_{LNB(lineal)} = 10^{\frac{0,7}{10}} = 1,1748$$

La temperatura de ruido de la antena depende de las características de la propia antena, del lugar de emplazamiento y de su elevación sobre el terreno. Para calcular este valor se ha tomado el valor proporcionado por la gráfica que se muestra a continuación, en la cual se calcula la temperatura de ruido en función del ángulo de elevación y del diámetro de la antena, particularizada para una frecuencia de 12 GHz.

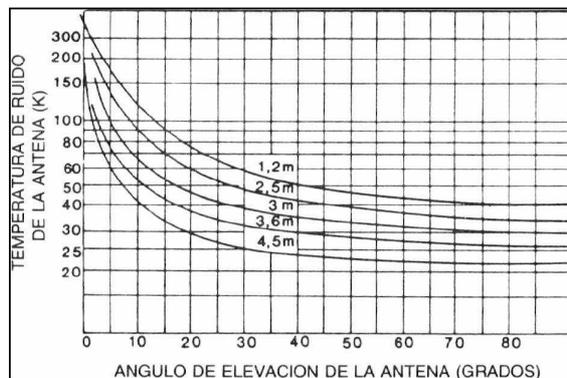


Fig. 5.6 Temperatura de la antena en función de su ángulo de elevación (Fuente: www.terra.es)

Diámetro de la antena parabólica de Hispasat

En las antenas offset hay que tener en cuenta que el offset indica un ángulo de inclinación que ya dispone la antena, por tanto, al ángulo de elevación de la antena hay que restarle este offset. En España, el ángulo de offset de las antenas suele ser de unos 25°, y éste es un dato suministrado por el fabricante. Como se ha comentado anteriormente, el rendimiento de este tipo de antena suele ser del 74%.

Para el proyecto se ha cogido como referencia una antena de 1,2 metros de diámetro. Sabiendo que el ángulo de elevación de la antena de Hispasat es de 33° y que a este ángulo hay que restarle los 25° de inclinación que ya tiene este tipo de antena, se obtiene un ángulo de 8°. De esta forma, y mediante la gráfica de la figura 5.5, se observa que para un ángulo de 8° la temperatura de la antena es de 135K.

Otros datos ya conocidos son:

SNR=18 dB

PIRE=54 dBW

$F_{LNB}=0,7 \text{ dB}=1,1748$

$$T_{LNB} = T_o \cdot (F_{LNB} - 1) = 290^\circ K \cdot (1,1748 - 1) = 50,692^\circ K$$

$$T_{eq} = T_{ant} + T_{LNB} = 135^\circ K + 50,692^\circ K = 185,692^\circ K$$

De la ecuación 5.12 se obtiene la ganancia de la antena receptora:

$$G_R(dB) = SNR(dB) - PIRE(dB) + 10 \log(k \cdot T_{eq} \cdot B) - 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)$$

$$G_R = 18 - 54 + 10 \log(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 185,692 K \cdot 36 \cdot 10^6) - 20 \log\left(\frac{23,5 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 35783 \cdot 10^3}\right)$$

$$G_R = 39,28 dB$$

Pasando la ganancia a lineal, se obtiene:

$$G_{R(lineal)} = 8485,448$$

Ya se tienen todos los datos necesarios para poder calcular el diámetro de la antena aplicando la fórmula 5.13.

$$G_R = A_{ef} \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} = A_{fisica} \cdot \eta \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} = \pi \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 \cdot \eta \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2}$$

$$\phi = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \left(\frac{G_{R(\text{lineal})}}{\mu} \right) \quad (5.14)$$

$$\phi = \frac{23,5 \cdot 10^{-3}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{8485,448}{0,74}} \Rightarrow \phi = 0,8m$$

Por tanto, la antena receptora deberá tener un diámetro de 0,8 m.

5.4. Cálculo de la atenuación máxima y mínima

Con el fin de que todas las tomas de usuario reúnan los niveles de calidad para los servicios de radiodifusión sonora y de televisión, especificados en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, se han calculado las atenuaciones máximas y mínimas, en la peor y en la mejor toma del colegio, respectivamente. Para ello, se han tenido en cuenta las atenuaciones dentro de la banda de 950 a 2150 MHz correspondientes a las redes de distribución y usuario. Según los requisitos exigidos, el nivel mínimo de señal que debe llegar a las tomas es de 47 dB μ V y el nivel máximo es de 77 dB μ V.

Las atenuaciones correspondientes a los componentes de las redes de distribución y usuario, para la mejor y peor tomas son:

	Frecuencia (MHz)	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable	Atenuación Total
Peor toma	2140 MHz	32	5	1,5	23,81	62,31
Mejor toma	950MHz	20	9,5	1,5	2,55	33,55

Tabla 5.2 Atenuaciones mínimas y máximas de la red de distribución para RTV satélite

5.5. Niveles de señal

Para que el nivel de señal sea el adecuado en todas las tomas de usuario, y cumplan con las especificaciones correspondientes, la ganancia del amplificador FI (950-2150 MHz) de la cabecera deberá ser ajustado, teniendo en cuenta que el convertidor Lnb tiene ya una ganancia fija de 51 dB. Estos cálculos se harán sobre el sistema representado en la siguiente figura:

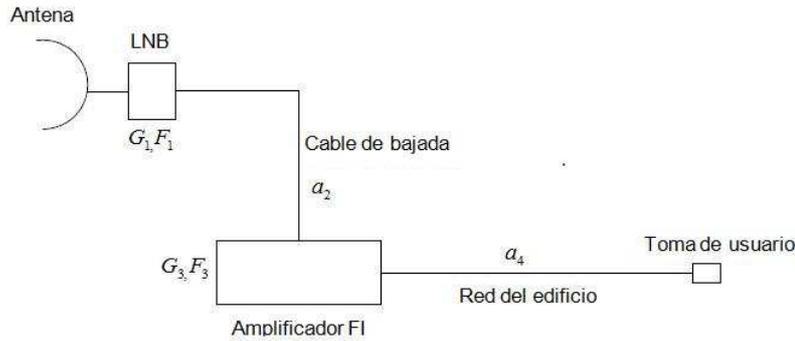


Fig. 5.7 Esquema del sistema de RTV vía satélite

5.5.1. Nivel de señal a la entrada del amplificador FI

A continuación, se calcularán los valores mínimo y máximo del nivel de señal a la entrada de la cabecera, a 10,7 GHz y a 12,75 GHz, respectivamente, partiendo de la potencia recibida en la antena.

$$P_R (dB) = PIRE + G_R + 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right) \quad (5.15)$$

La potencia de señal, mínima y máxima, a la salida del LNB será:

$$C_{LNB} = P_R + G_{LNB} \quad (5.16)$$

Se deben tener en cuenta las pérdidas del cable desde el LNB hasta la entrada del amplificador FI. De esta manera, a la potencia recibida a la salida del LNB se le tendrá que restar la atenuación producida por el cable coaxial, sabiendo que éste tiene una longitud de 5 metros y que su atenuación a 2150 MHz es de 0,27 dB/m. El resultado obtenido será la potencia de la señal a la entrada del procesador de canales FI.

$$C_{LNBOut_min} = C_{LNB_min} - At_{cable_LNB} \quad (5.17)$$

$$C_{LNBOut_max} = C_{LNB_max} - At_{cable_LNB} \quad (5.18)$$

El procesador de canales FI también introduce unas pérdidas de paso a la entrada, de 1,5 dB, y a la salida, también de 1,5 dB. Por tanto, a la potencia que se recibe a la salida del LNB hay que restarle las pérdidas que produce el procesador, obteniendo la potencia de la señal a la entrada del amplificador FI:

$$C_{ampli_min} = C_{LNBOut} - At_{procesador} \quad (5.19)$$

Mediante las fórmulas 5.20 y 5.21 se pasa el valor obtenido a tensión normalizado a 75Ω de impedancia y se obtiene la potencia de señal a la entrada del amplificador FI en $\text{dB}\mu\text{V}$, respectivamente.

$$V_{\text{ampli}}(v) = \sqrt{C_{\text{ampli}}(w) \cdot 75\Omega} \quad (5.20)$$

$$V_{\text{in_ampli}}(\text{dB}\mu\text{V}) = 20 \log(V_{\text{ampli}}(\mu\text{V})) \quad (5.21)$$

Para el satélite Hispasat se ha escogido la antena parabólica 7536 de Televés, con una ganancia de 39 dB. El LNB escogido ha sido el 7611 de Televés, con una ganancia de 57 dB.

Así, los márgenes inferior y superior de la señal a la entrada del amplificador FI serán:

$$78,76\text{dB}\mu\text{V} < V_{\text{ampli}} < 80,29\text{dB}\mu\text{V}$$

5.5.2. Nivel de señal a la salida del amplificador FI

Sabiendo los niveles mínimo y máximo que debe llegar a las tomas de usuario y las atenuaciones mínima y máxima que llegarán a las tomas, se calcula el nivel mínimo y máximo a la salida del amplificador FI para cumplir con las especificaciones. Para ello, se aplican las siguientes fórmulas:

$$C_{\text{ampli_min}} = At_{\text{max}} + C_{\text{min_toma}} \quad (5.22)$$

$$C_{\text{ampli_mas}} = At_{\text{min}} + C_{\text{max_toma}} \quad (5.23)$$

Los niveles de señal a la salida del amplificador FI serán:

$$109,31\text{dB}\mu\text{V} < C_{\text{ampli}} < 110,55\text{dB}\mu\text{V}$$

El amplificador FI se ajustará a un nivel de salida de 110 $\text{dB}\mu\text{V}$, ya que es el nivel medio de los márgenes mínimo y máximo obtenidos.

5.5.3. Ganancia del amplificador FI

Sabiendo el nivel de salida del amplificador FI y calculado el nivel de señal a su entrada se obtienen los márgenes de ganancia que debe tener el amplificador FI:

$$G_{\text{FI_min}} = C_{\text{out_min}} - C_{\text{ampli_min}} \quad (5.24)$$

$$G_{\text{FI_max}} = C_{\text{out_max}} - C_{\text{ampli_max}} \quad (5.25)$$

Los márgenes de ganancia que debe tener el amplificador FI son:

$$29,05dB < C_{FI} < 30,25dB$$

El amplificador FI deberá ser ajustado a 30 dB de ganancia mediante el atenuador del mismo.

5.5.4. Nivel de señal máximo y mínimo en las tomas de usuario

A partir del nivel de salida del amplificador FI y las atenuaciones que sufren las tomas se pueden determinar los niveles en las mismas dentro de la banda de TV satélite (de 950 a 2150 MHz) mediante las fórmulas 5.26 y 5.27.

$$C_{toma_min} = C_{ampli} - At_{max} \quad (5.26)$$

$$C_{toma_max} = C_{ampli} - At_{min} \quad (5.27)$$

Los niveles de señal que llegarán a las tomas de usuario son:

$$47,68dB\mu V < C_{toma} < 76,45dB\mu V$$

Se observa que los valores obtenidos están dentro de los márgenes requeridos en el Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, ya que el margen de señal de radiodifusión sonora y televisión vía satélite que llega a las tomas de usuario está entre $47dB\mu V < C_{toma} < 77dB\mu V$.

5.6. Relación señal a ruido

La relación señal-ruido en la toma de usuario viene determinada por la expresión 5.28.

$$SNR(dB) = PIRE(dBW) + G_R(dB) + 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right) - N(dB) - F(dB) \quad (5.28)$$

La relación señal-ruido estará comprendida entre los siguientes valores:

$$17,01dB < SNR < 18,62dB$$

El resultado obtenido cumple con los requisitos de calidad que se especifican en Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, en el que se exige una relación señal a ruido mínima de 11dB.

5.7. Relación de intermodulación

Siguiendo el mismo procedimiento que en televisión digital terrestre (fórmula 4.15), se calcula la relación de intermodulación para radiodifusión vía satélite:

Siguiendo la norma EN50083-5, la distancia de intermodulación $(C/I)_{\text{ampli}}$ para el amplificador FI es de 54 dB. Además, el nivel de señal máximo permitido a la salida del amplificador FI ($V_{\text{out_max}}$) es de 124dB μ V dB.

$$(C/I)_{\text{ioma}}(\text{dB}) = 35\text{dB} + 2 \cdot (124\text{dB}\mu\text{V} - 110\text{dB}\mu\text{V}) \Rightarrow (C/I)_{\text{ioma}} = 63\text{dB}$$

De esta forma, el valor obtenido cumple con las especificaciones del apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, en el que se especifica una relación de intermodulación mínima de 18 dB para las señales QPSK-TV.

5.8. Respuesta amplitud-frecuencia en banda

Este parámetro indica la variación máxima de la atenuación dentro de la banda 950-2150 MHz.

El procedimiento será el mismo que para RTV terrestre (fórmula 4.16).

En el anexo se puede consultar la tabla en la que se recogen los resultados obtenidos en el cálculo de la atenuación mínima y máxima de todas las tomas de usuario del colegio en la banda 950-2150 MHz.

En la tabla siguiente se resumen los cálculos de atenuación y de respuesta amplitud-frecuencia para la mejor y la peor toma de usuario.

	Frecuencia mínima (MHz)	Atenuación máxima (dB)	Frecuencia máxima (MHz)	Atenuación mínima (dB)	A/f (dB)
Mejor toma	950MHz	35,17	2150 MHz	33,55	1,62
Peor toma	950MHz	62,31	2150 MHz	53,05	9,26

Tabla 4.14 Respuesta amplitud-frecuencia en la banda 15-862 MHz

El valor obtenido en ambos casos no supera el valor máximo de 20 dB establecido en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril.

CAPÍTULO 6. SERVICIO DE TELEFONÍA

6.1. Servicio de telefonía

Para el servicio de telefonía se ha optado por implementar voz sobre IP (**VoIP**), ya que es una tecnología madura que va a reemplazar en los próximos años a la red telefónica conmutada.

6.2. Telefonía por IP (VoIP)

6.2.1. Introducción

La **voz sobre IP (VoIP, Voice over IP)** es una tecnología que hace posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP en forma de paquetes de datos. Es decir, se envía la señal de voz en forma digital a través de circuitos utilizables sólo para telefonía. Con esta tecnología pueden prestarse servicios de Telefonía o Videoconferencia, entre otros.

La telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología, de forma que permite la realización de llamadas telefónicas sobre redes IP u otras redes de paquetes utilizando un PC, gateways y teléfonos estándares.

La transmisión de voz sobre IP (VoIP) puede facilitar muchos procesos y servicios que normalmente son muy difíciles y costosos de implementar usando la tradicional red de voz PSTN (Public Switched Telephone Network). Algunas de las ventajas con las que cuenta la VoIP son:

- Ahorro de costes de comunicaciones, pues las llamadas entre las distintas aulas y departamentos del colegio saldrían gratis.
- Se puede transmitir más de una llamada sobre la misma línea telefónica. De esta manera, la transmisión de voz sobre IP facilita el proceso de aumentar líneas telefónicas.
- Funcionalidades como identificación de la persona que llama, transferencia de llamadas o remarcado automático son fáciles de implementar con la tecnología de voz sobre IP y sin ningún coste.
- Permite la integración de otros servicios disponibles en la red de internet como video, mensajes instantáneos, etc. y la unificación de estructura.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una red con conexión de centralitas a routers Cisco que disponen de soporte VoIP.

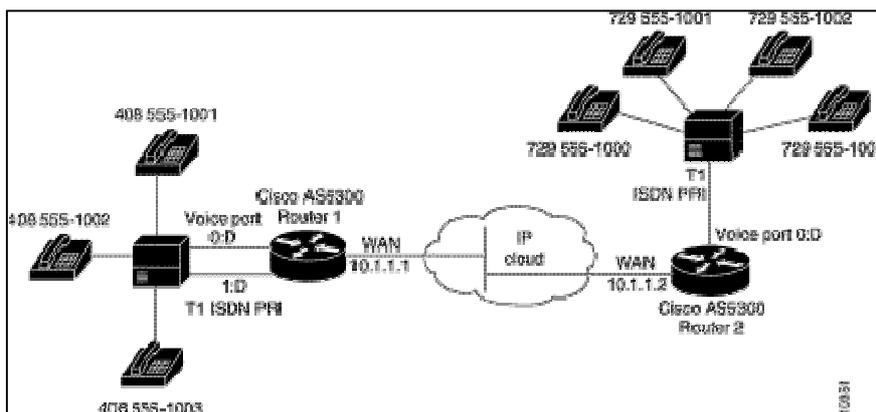


Fig. 6.1. Ejemplo de red con conexión de centralitas a routers Cisco que disponen de soporte VoIP

6.2.2. Estándares

El protocolo VoIP es el lenguaje que utilizarán los distintos dispositivos VoIP para su conexión. Es una parte importante, ya que de ella dependerá la eficacia y la complejidad de la comunicación.

En la actualidad los protocolos más usados en VoIP son el H.323, SIP y el IAX2.

H.323 es un estándar de la ITU-T que provee especificaciones para ordenadores, sistemas y servicios multimedia por redes que no proveen QoS (calidad de servicio). H.323 es utilizado comúnmente para voz sobre IP y para videoconferencia basada en IP. Sin embargo, no garantiza una calidad de servicio, el transporte de datos puede, o no, ser fiable y en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Como principales características de H.323 tenemos:

- Implementa QoS de forma interna.
- Control de conferencias

IAX2 (Inter Asterisk eXchange) es un protocolo creado y estandarizado por Asterisk, programa que proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX). Unas de sus principales características son: datos y señalización viajan en el mismo flujo de datos. Como principales características destacan:

- Soporta Trunking , de forma que es posible enviar varias conversaciones por el mismo flujo, lo cual supone un importante ahorro de ancho de banda.
- Cifrado de datos

SIP (Session Initiation Protocol) es un protocolo de control y señalización desarrollado por el grupo de trabajo MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) de IETF (Internet Engineering Task Force). Dicho protocolo permite

crear, modificar y finalizar sesiones multimedia con uno o más participantes y sus mayores ventajas recaen en su simplicidad y consistencia. El protocolo SIP permite el establecimiento de sesiones multimedia entre dos o más usuarios mediante el intercambio de mensajes entre las partes que quieren comunicarse.

Aspectos importantes referentes a dicho protocolo cómo los que se describen a continuación hacen de SIP un protocolo cada día más sólido:

- El control de llamadas es *stateless* o sin estado (los servidores no guardan información del estado), y proporciona escalabilidad entre los dispositivos telefónicos y los servidores.
- Necesita menos ciclos de CPU para generar mensajes de señalización de forma que un servidor podrá manejar más transacciones.
- Una llamada SIP es independiente de la existencia de una conexión en la capa de transporte.
- Soporta autenticación de llamadas entradas y salientes mediante mecanismos HTTP.
- Ppuede usar cualquier capa de transporte o cualquier mecanismo de seguridad de HTTP, como SSH o S-HTTP.

Los equipos VoIP implementados en la centralita del colegio seguirán el protocolo SIP.

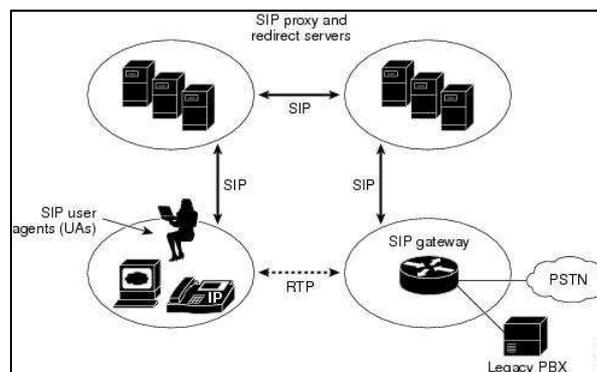


Fig. 6.2. Arquitectura SIP Cisco

6.2.3. Arquitectura VoIP

Se definen tres elementos fundamentales es la estructura VoIP:

- **Terminales:** se pueden implementar tanto en software como en hardware. Es un terminal que tiene soporte VoIP y puede conectarse directamente a una red IP.

- **Servidor:** provee el manejo y funciones administrativas para soportar el enrutamiento de llamadas a través de la red. Gestiona y controla los recursos de la red, de manera que no se produzcan situaciones de saturación de la misma. En un sistema basado en H.323, el servidor es conocido como un Gatekeeper. Sin embargo, en un sistema SIP, este elemento se denomina Servidor SIP.
- **Gateway** o pasarela VoIP: elemento esencial en la mayoría de las redes, pues su misión es la de enlazar la red VoIP con la red telefónica analógica o RDSI (red tradicional), actuando de forma transparente para el usuario. De esta forma, la VoIP permite recibir y realizar llamadas en la red normal telefónica. Otra opción de interconectar la red VoIP con la red telefónica pública conmutada es mediante un proveedor de servicios VoIP.

La red IP provee conectividad entre todos los terminales. Dicha red puede ser una red IP privada, una intranet o Internet.

En la siguiente figura se pueden ver representados los principales elementos de una red VoIP:

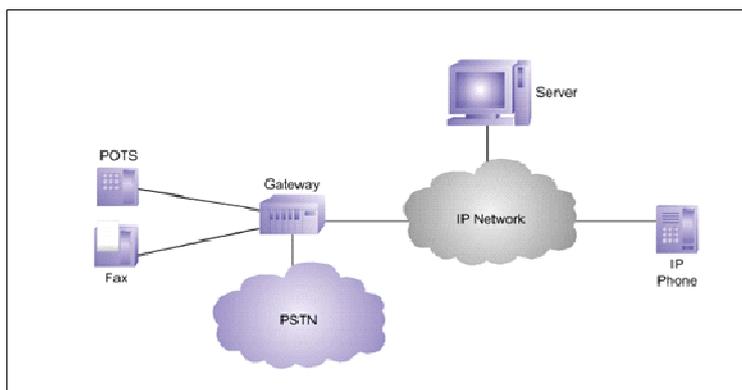


Fig. 6.3. Elementos fundamentales de una red VoIP

Los distintos elementos pueden residir en plataformas físicas separadas, aunque también se pueden encontrar varios elementos conviviendo en la misma plataforma. De este modo, es bastante habitual encontrar juntos el gatekeeper y el gateway. Las funciones de gateway se pueden implementar en el router (como se puede ver en la figura 6.2), en el servidor o bien las puede llevar a cabo un proveedor de servicios de VoIP. Las distintas formas de enlazar la red VoIP con la red telefónica analógica se estudiarán en el siguiente apartado.

6.2.4. Red VoIP implementada en el colegio

La infraestructura VoIP se realizará mediante el Sistema de Cableado Estructurado (SCS) que se implantará en el colegio. En el anexo

correspondiente se puede encontrar una explicación detallada del SCS que se implementará en el centro.

El colegio se dotará de una plataforma VoIP corporativa basada en VoIP. Este servicio se ofrecerá al personal docente del centro, a los alumnos y a los departamentos de gestión y administración, dando la posibilidad de comunicarse (llamar y recibir llamadas) tanto internamente como con terminales externos. Se instalará un teléfono IP corporativo en cada aula, despacho y estancia del colegio, por lo que tendrán una extensión de centralita. La distribución de los terminales se puede ver en los planos del 1.9 al 1.13 del correspondiente anexo.

Las tomas instaladas en el colegio serán rosetas de voz. Todas las aulas y dependencias del colegio (a excepción de los vestuarios) dispondrán de dos rosetas de voz.

La estructura VoIP que se propone implementar en el colegio es la que se describe a continuación:

La **plataforma VoIP** estará formada por:

- **Servidor de centralitas IP.** Con el servidor de centralita IP los clientes SIP, bien se trate de teléfonos virtuales o de teléfonos basados en hardware, se registran en el servidor de la centralita IP y cuando deseen realizar una llamada, le solicitan a la centralita IP que establezca la conexión. La centralita IP posee un directorio de todos los teléfonos/usuarios y su correspondiente dirección SIP y por ello puede conectar una llamada interna o encaminar una llamada externa a través de una pasarela VoIP o un prestador de servicios VoIP.

Para el colegio se ha escogido la centralita modelo *SAM office 4*, de la marca *Samip*, basada en el protocolo SIP y con capacidad de hasta 128 extensiones. Además, dispone de todos los interfaces necesarios en su módulo *Samip Gateway* para permitir su interconexión con las redes de telecomunicaciones existentes tanto a nivel RTB/RDSI como a nivel IP mediante SIP o H.323.

- **43 teléfonos IP**, distribuidos por las distintas aulas y dependencias del colegio (cada aula dispondrá de un terminal). El teléfono que se instalará en el colegio es el modelo **IPNetfon 200**. Algunas de sus características son que acepta protocolo SIP, dispone de dos puertos Ethernet (Ethernet + PC) y disponen de alimentación a través de Ethernet (Power over Ethernet, PoE), por lo que puede ser alimentado sin necesidad de fuente de alimentación adicional.
- **Gateway** (pasarela VoIP) o **proveedor de servicios VoIP**. Son las dos opciones de interconectar la red VoIP con la red telefónica pública conmutada, las cuáles se explicaran más detalladamente en el siguiente apartado.

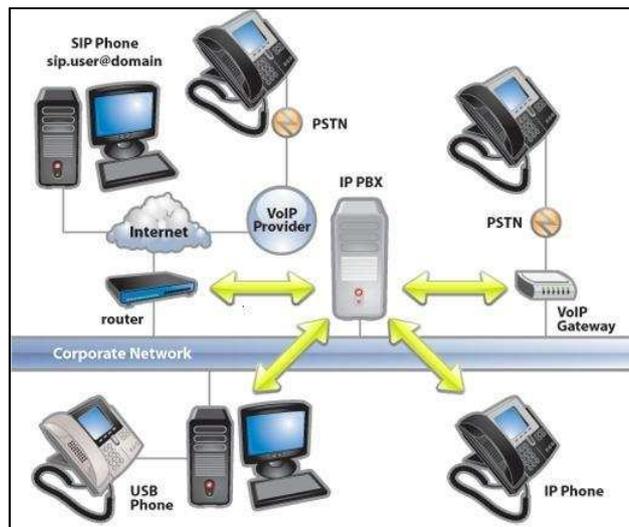


Fig. 6.4. Interconexión de la red VoIP con la red telefónica pública conmutada

6.2.5. Interconexión de redes: alternativas

En este apartado se llevará a cabo el estudio de las dos formas que existen de unir la red VoIP con la red telefónica analógica: mediante la inserción de un gateway o a través de la contratación de un proveedor de servicios VoIP.

6.2.5.1. Gateway

La función del **gateway** es la de enlazar la red VoIP con la red telefónica analógica o RDSI. Se puede considerar al gateway como una caja que por un lado tiene una interface LAN y por el otro dispone de una o varias interfaces, como FXO. Como se ha comentado anteriormente, para la red del colegio no será necesaria la instalación de un gateway, ya que el servidor que se utilizará tiene incorporadas funcionalidades integradas de Gateway VoIP.

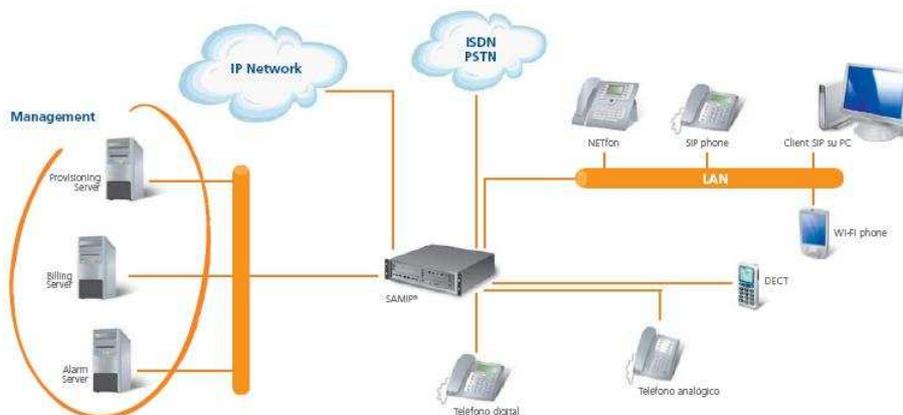


Fig. 6.5. Plataforma VoIP de Samip

6.2.5.2. Proveedor de servicios

El **servicio de VoIP** es el que hace de puente entre Internet y la red tradicional de telefonía, llegando la llamada al destinatario como si fuese una llamada normal a través de su teléfono.

Se ha llevado a cabo a cabo una comparativa entre los proveedores de telefonía IP existentes, como Altecom, Azulcom, Cosmovoice, Voztelecom o Adiptel y finalmente, se ha escogido **Adiptel** como proveedor de los servicios de VoIP del colegio. Esta elección se debe a que ofrecen un servicio de telefonía con la más avanzada tecnología de voz, un servicio inteligente que permite suministrar fiabilidad, calidad y reducción de costes. Además, este proveedor es el que ofrece las tarifas más bajas. Las características más importantes de este servicio para todas las contrataciones son: no hay establecimiento de llamada, la tarificación es por segundos desde el primer segundo en todos los destinos, incluso a teléfonos móviles, llamadas gratis entre clientes Adiptel y posibilidad de llamar a cualquier teléfono fijo y móvil del mundo.

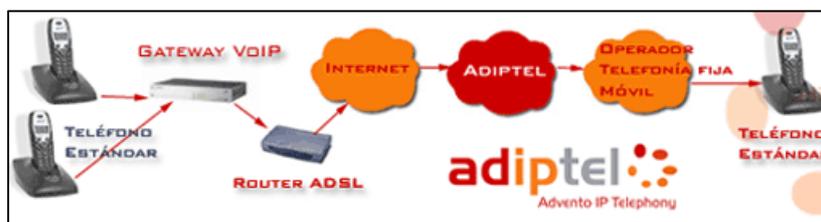


Fig. 6.6. Red VoIP con proveedor de servicios

CAPÍTULO 7. SERVICIO DE DATOS

7.1. Servicio de datos

Se ha optado por la introducción de una red de datos mediante cableado estructurado y acceso inalámbrico, como alternativa al sistema de red de cable de la norma ICT.

El cableado estructurado, resultado de la combinación e integración de los segmentos cableado e inalámbrico (wifi), proporcionará conectividad a la totalidad de los espacios de trabajo del centro. En el anexo correspondiente se puede encontrar una explicación detallada del sistema de cableado estructurado que se implementará en el colegio.

El servicio de datos es imprescindible en un centro educativo para establecer las comunicaciones externas e internas del colegio, ya que facilita la comunicación entre el profesorado, el alumnado y las familias. También es necesario para la integración de las TIC en el ámbito educativo. Además, permitirá la conexión de cualquier ordenador interno y externo al centro y de otros terminales portátiles.

7.2. Red de área local (LAN)

Una **red de área local (LAN)** es un tipo de red informática caracterizada por su carácter 'local' o de corta distancia, con una extensión limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros. Su aplicación más extendida es la interconexión de varios ordenadores y periféricos que permite compartir información.

Para la realización de la red de servicio de datos se seguirá el **Proyecto Heura**, instaurado por el Gobierno de Cataluña, mediante los Departamentos de Educación y Universidades y de Presidencia, donde también están adscritos el Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CIIT). En el anexo hay incluida una copia del Proyecto Heura.

El objetivo del proyecto Heura es suministrar las infraestructuras necesarias para hacer llegar la banda ancha a todos los espacios docentes de los centros mediante una combinación de tecnología de comunicación por cable de fibra óptica y comunicación inalámbrica (wifi) con una garantía de cobertura mínima de 36 Mbps.

La red del colegio se ha diseñado con el estándar IEEE 802.3ab, conocido también como 1000 BASE-T. Es un estándar para redes de área local del tipo Gigabit Ethernet sobre cable de cobre trenzado sin apantallamiento. Puede funcionar sobre cables del tipo UTP de categoría 5e o superior, en la red del colegio se utilizará el de categoría 6.

La Red de Área Local del colegio también permitirá compartir recursos como impresoras, unidades de red o el acceso a documentación. En cada planta habrá disponible una impresora/fotocopiadora conectada en red.

Como se ha explicado en el capítulo anterior, la red también permitirá la telefonía mediante VoIP.

7.2.1. Tipología de la red y elementos de la LAN

En el diseño de la red se utilizará tipología en árbol que, desde una visión topológica, es parecida a un serie de redes en estrella interconectadas. La red estará centralizada en la sala del servidor, situada en el Recinto de Comunicaciones (en el almacén de la planta baja). En este recinto estará situado el armario racks principal, en cuyo interior se alojará el equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones (como el router, los switches, el servidor o los diferentes patch panels desde donde se distribuirá el cableado a los diferentes puntos de colegio).

En el caso de que existan puntos en los que se supere la longitud máxima permitida por segmento de cable, que es de 100 metros, se utilizarán hubs para alargar los metros de cable del segmento.

Los elementos que componen la red son:

- **Router:** Es el dispositivo de capa 3 que permite la conexión de la red XTEC a Internet.
- **Switch Tipo 1:** será el switch principal. Este dispositivo es un switch de capa 3 (routing), el cual trabaja en la capa de red y tiene la capacidad de leer la dirección IP de un paquete y enrutarlo hacia la dirección de destino (función propia de un router).
- **Switch Tipo 2:** será un switch secundario y desarrollará funciones de capa 2 (switching), el cual aprende las direcciones MAC de cada paquete para enviarlo a su destino, siempre dentro de la misma red (o subred), pues no tiene capacidad de enrutamiento.
- **Access Point:** dispositivo que permite la conexión inalámbrica de los usuarios.
- **Servidor de almacenamiento:** ordenador para el almacenamiento de archivos, así como de correo electrónico.

Además, se instalará 1 switch redundante para el switch Tipo 1 (switch principal), para asegurar el servicio si este switch falla. De la misma forma, se dispondrá de 1 router redundante.

En el apartado 7.5 se puede ver el esquema detallado de la red con todos los elementos que la componen.

7.2.2. Direccionamiento IP de la LAN

Una **VLAN** (acrónimo de Virtual LAN, ‘red de área local virtual’) es un método de crear redes lógicamente independientes dentro de una red física. Diversas VLAN pueden coexistir en un único conmutador físico (switch) o en una única red física. Son útiles para reducir el tráfico en la red y ayudan en la administración separando segmentos lógicos de una red de área local (como departamentos de un centro educativo) que no tendrían que intercambiar datos usando la red local general.

Según el Proyecto Heura la red educativa del centro debe estar estructurada en 6 subredes o VLAN diferentes:

- **VLAN 2.** Red cableada docente
- **VLAN 3.** Red inalámbrica docente
- **VLAN 4.** Red para la gestión de los conmutadores (switches) y puntos de acceso
- **VLAN 5.** Red inalámbrica eduroam para invitados
- **VLAN 6.** Red reservada para vídeo y telefonía IP
- **VLAN 10.** Red para Gestión/Administración

El rango de IP establecido para cada VLAN se muestra en la siguiente tabla:

Rango de IP para cada VLAN	
VLAN 2 - Red cableada docente	192.168.0.0, 192.168.1.0, 192.168.2.0, 192.168.3.0, etc. (red actual)
VLAN 3 - Red inalámbrica docente	192.168.130.0, 192.168.131.0
VLAN 4 - Red para la gestión de los conmutadores (switches) y puntos de acceso	192.168.140.0
VLAN 5 - Red inalámbrica eduroam para invitados	192.168.150.0
VLAN 6 - Red reservada para vídeo y telefonía IP	192.168.160.0
VLAN 10 - Red para Gestión/Administración	192.168.110.0

Tabla 7.1. Rango de IP para cada VLAN

Todas las VLAN tendrán una máscara de subred de 255.255.255.0 y siempre que se necesiten más direcciones de red por VLAN se utilizará el rango siguiente en la VLAN correspondiente.

En la tabla 7.1 se puede observar que el rango de direcciones IP asignado a cada VLAN son de direcciones privadas, de tal forma que los terminales sólo pueden comunicarse con terminales de la misma red local o entre redes pero no tienen acceso a Internet. Para permitir que los terminales puedan acceder a Internet es necesario traducir la dirección IP privada a una pública, lo cual se consigue con NAT. En el router fronterizo entre la red local e Internet es donde hay que configurar NAT, ya sea de forma estática o dinámica. Si se configura estáticamente una dirección privada concreta siempre tendrá la misma

dirección pública para salir a Internet. Sin embargo, si se hace dinámicamente se asigna un pool de direcciones públicas para asignar de forma dinámica a los terminales que quieran salir a Internet, dirección que vuelve a estar disponible cuando el terminal acaba la conexión.

Se tendrán que configurar los switches para tener las 6 VLAN bien definidas y con las visualizaciones adecuadas entre ellas.

Visibilidad entre las VLAN							
	VLAN 2	VLAN 3	VLAN 4	VLAN 5	VLAN 6	VLAN 10	Router
VLAN 2	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	SÍ
VLAN 3	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	SÍ
VLAN 4	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	SÍ
VLAN 5	NO	NO	NO	SÍ	NO	NO	SÍ
VLAN 6	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO	SÍ
VLAN 10	NO	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ

Tabla 7.2. Visibilidad entre las VLAN

Tal y como se observa en la tabla anterior las VLAN 2, 3 y 4 serán visibles entre sí, mientras que las VLAN 5, 6 y 10 no podrán ser vistas con ninguna otra VLAN.

En la siguiente figura se puede observar el diagrama de la instalación para cada VLAN y el direccionamiento IP de los dispositivos de la red según a la VLAN a la que pertenecen:

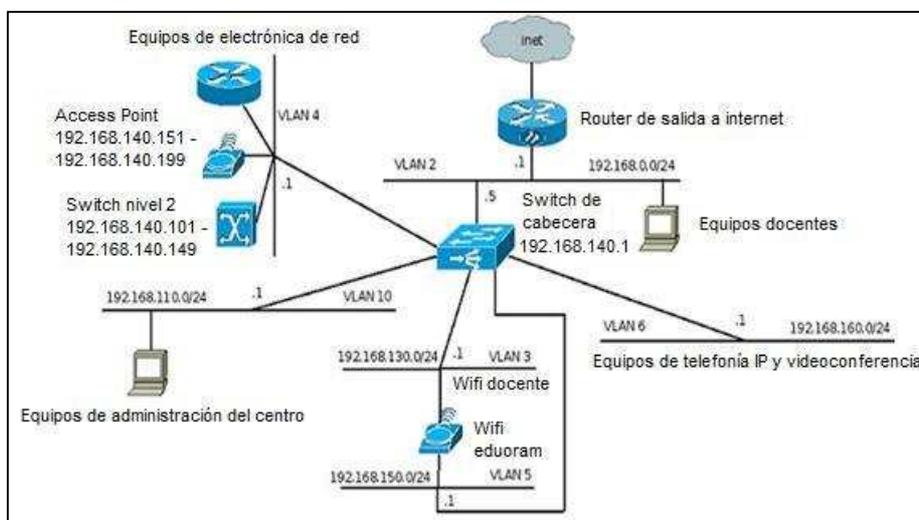


Fig. 7.1. Esquema lógico de la LAN

7.2.2.1. Gestión de la electrónica de red

También se tiene que determinar las IP correspondientes a los switch y los puntos de acceso, correspondientes a la Gestión de la electrónica de la red

(VLAN 4). En la siguiente tabla se muestran los rangos de IP de estos dispositivos:

Equipamiento	Rango de IP utilizable
Switch principal	192.168.140.1
Switch secundarios	192.168.140.101 - 192.168.140.149
Puntos de acceso	192.168.140.151 - 192.168.140.199

Tabla 7.3. Rango IP de los switch y de los Access Point

7.2.3. Número de tomas

Las tomas instaladas en el colegio serán rosetas de datos. Todas las aulas y dependencias del colegio (a excepción de los vestuarios) dispondrán de rosetas de datos. El número instalado dependerá del tipo de dependencia que sea, diferenciando entre espacios de alta densidad, que dispondrán de 2 rosetas doble de datos tanto para la zona del profesor como para la de los alumnos, y de baja densidad, que tendrán una roseta doble de datos. En el apartado de cableado estructurado del anexo se encuentra todo perfectamente detallado

7.3. Red inalámbrica (WLAN)

La red inalámbrica del colegio se ha implementado mediante el protocolo IEEE 802.11g, que trabaja en la banda de frecuencias de 2,4 GHz y tiene una velocidad de 54 Mbps. En esta banda de frecuencias se definieron 11 canales utilizables por equipos wifi, que se pueden configurar de acuerdo a necesidades particulares. Sin embargo, los 11 canales no son completamente independientes, es decir, canales contiguos se superponen y se producen interferencias. El ancho de banda de la señal (22MHz) es superior a la separación entre canales consecutivos (5MHz), por eso se hace necesaria una separación de al menos 5 canales con el fin de evitar interferencias entre celdas adyacentes. En dominios europeos se ha determinado que el uso de los canales 1, 5, 9 y 13 no es perjudicial para el rendimiento de la red.

La WLAN se implementará de tal forma que llegue a todos los puntos del colegio y garantizando una cobertura mínima de 36 Mbps.

El acceso a la red inalámbrica se hará a través de puntos de acceso (Access point) que se conectarán en los switches de capa 2.

7.3.1. Tipología de la red y elementos de la WLAN

La tipología de celda utilizada para la red del colegio será la denominada **celda extendida** o **ESS** (Extended Service Set). Esta tipología está caracterizada por estar formada por dos o más BSS (conjunto de estaciones asociadas

lógicamente) mediante un sistema de distribución o DS (Distribution System). Por tanto, para dar cobertura a todos los usuarios se instalarán varios Access Point.

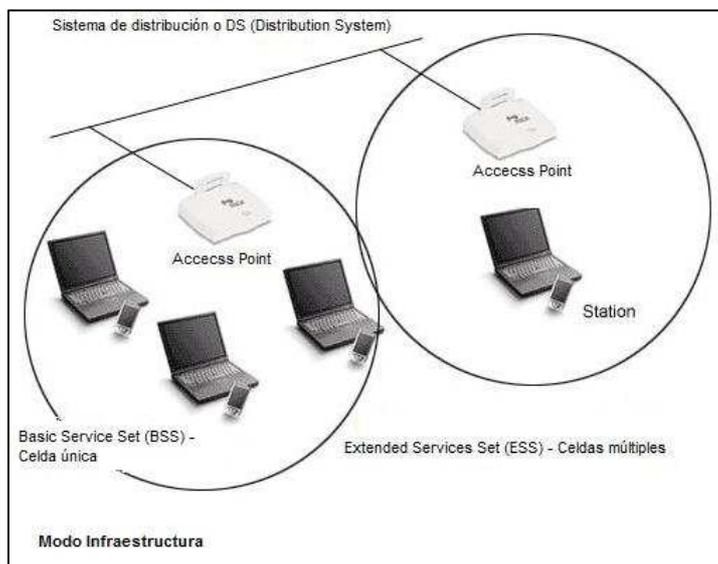


Fig. 7.2 Tipología Extended Service Set (ESS)

Para dar cobertura a todo el centro será necesario instalar 12 Access Point distribuidos de tal manera que se pueda cubrir la superficie necesaria con las celdas de cobertura que proporciona cada punto de acceso. Los 12 Access Point estarán distribuidos tal y como se describe en la siguiente tabla:

Planta	Nº Access Point
Planta Baja	3
Planta 1	3
Planta 2	3
Edificio Biblioteca-Comedor	2
Gimnasio	1

Tabla 7.4. Distribución de los Access Point

Las celdas de los Access Point estarán ligeramente solapadas para permitir el paso de una celda a otra sin perder la comunicación.

La distribución de los Access Point se muestra en los planos del 1.14 al 1.18 del anexo correspondiente.

La implementación de la WLAN se llevará a cabo mediante la instalación de Access Point del modelo *DWL-3200AP*, de la marca *D-Link*. Estos puntos de acceso disponen de alimentación a través de Ethernet (Power over Ethernet,

PoE), por lo que no necesitarán alimentación externa y se alimentará a través de la conexión con los switches de capa 2.

Otras de las características más importantes de este dispositivo son que soporta el estándar IEEE 802.11g y provee opciones avanzadas de seguridad para los administradores de red, permitiéndoles desplegar una administración muy robusta en redes wireless.

Como se puede observar en la siguiente tabla los access point se deberán situar a una distancia de 39 metros aproximadamente entre ellos para poder garantizar una cobertura mínima de 36 Mbps. Sin embargo, considerando que algunos factores presentes en el entorno puedan afectar adversamente los rangos de cobertura, la separación entre los access point será menor (ver los planos correspondientes a la ubicación de los access point) .

Rangos de cobertura	
Velocidad (Mbps)	Rango (espacios interiores)
54 Mbps	30 m
48 Mbps	34 m
36 Mbps	39 m
24 Mbps	47 m
18 Mbps	56 m
12 Mbps	66 m
9 Mbps	79 m
6 Mbps	99 m

Tabla 7.5. Rango según la cobertura en IEEE 802.11g

7.3.2. Direccionamiento IP de la WLAN

Los Access Point del centro, según el Proyecto Heura, permiten el acceso inalámbrico a dos subredes o VLAN's mediante dos SSID diferentes. Será necesario configurar las VLAN's de la siguiente manera:

- VLAN 3 (Red inalámbrica docente): Una red propia del centro con SSID (Service Set Identifier) **docente** encriptada con WPA/PSK.
- VLAN 5 (Red inalámbrica eduroam para invitados): Una red que se configurará con SSID **eduroam**. Esta red hará la validación RADIUS en un servidor de RADIUS del Departament d' Educació. La identificación tiene que ser con usuario y contraseña de la XTEC y el servidor RADIUS del Departament comprobará la autenticación en LDAP (Lightweight Directory Access Protocol, Protocolo Ligero de Acceso a Directorios).
- Los datos de configuración de los puntos de acceso para validarse a la red eduroam serán:

- IP del servidor de RADIUS: 213.176.161.14
- Puerto: 1814
- Contraseña: wificentres

La asignación de las direcciones IP en la VLAN 3 se hará de forma manual por parte del centro en el rango de IP perteneciente a 192.168.130.0/24. Sin embargo, en la VLAN 5 esta asignación se hará de forma automática mediante el servidor DHCP en el rango de IP 192.168.150.0/24.

7.4. Cálculo del backplane

El diseño de la red está orientado para que los dispositivos conectados tengan suficiente capacidad para abastecer los diferentes servicios.

La capacidad mínima que necesita el switch para abastecer los requisitos de la red se define como backplane.

A la hora de hacer los cálculos del backplane se ha considerado que cada usuario dispondrá de 10 Mbps de banda ancha (se han tenido en cuenta todas las roscas de datos instaladas). En cada planta habrá una impresora conectada en red, la cual estará conectada al switch de capa 2 de la planta correspondiente mediante un cable 10BaseT. A la hora de calcular el backplane también se han tenido en cuenta las rosetas de voz instaladas, considerando que cada teléfono se conectará mediante un cable 10BaseT. Además, se ha añadido un sobredimensionamiento del 10% sobre la capacidad total para futuras implementaciones y no sea necesario hacer modificaciones en la red.

En la siguiente tabla aparece el backplane total de cada dispositivo de la red:

Blackplane			
Planta Baja		Primera Planta	Segunda planta
Switch principal	Switch 2	Switch 3	Switch 4
6,5 Gbps	1913 Mbps	1891 Mbps	2322 Mbps

Tabla 7.6 Backplane de los dispositivos de la red

7.5. Esquema físico de la instalación

En la figura 7.3 se muestra el esquema físico detallado de la instalación de la LAN y la WLAN del colegio.

- El router se conecta al switch principal a través de 7 latiguillos UTP de categoría 6 a 1Gbps cada uno.

- Los switches de capa 2 se conectan al switch principal a través de latiguillos UTP de categoría 6 a 1Gbps o a 100 Mbps. En este caso, al utilizar los switches de cada planta en modo apilamiento se utilizarán los puertos Gigabit de uno de los switches para conectar todos al switch principal.
 - Planta Baja: los switches de conectan al switch principal a través de dos cables UTP de categoría 6 a 1 Gbps.
 - Primera Planta: los switches de conectan al switch principal a través de dos cables UTP de categoría 6 a 1 Gbps.
 - Segunda Planta/Edificio Biblioteca-Comedor/Gimnasio: los switches de conectan al switch principal a través de dos cables UTP de categoría 6 a 1 Gbps y de cuatro a 100 Mbps.
- Los hosts y los Access point se conectan a los switches de capa 2 a través latiguillos UTP de categoría 6 a 10 Mbps.

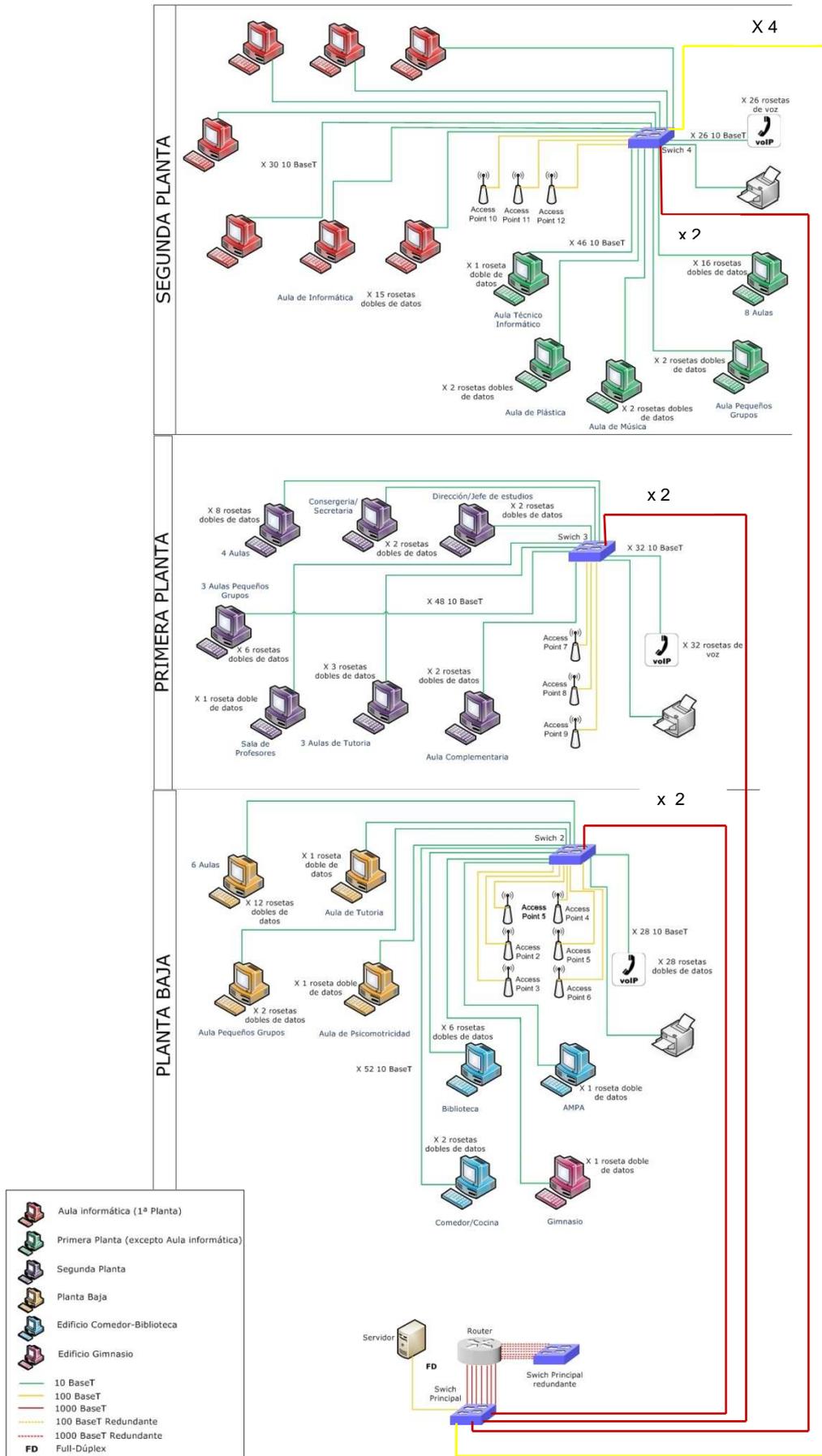


Fig. 7.3 Diagrama físico de la Red de Área Local

CAPÍTULO 8. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC) EN LA EDUCACIÓN

8.1. Introducción

El uso de las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) viene en aumento en los últimos años en nuestro país. Esto ha propiciado el desarrollo y difusión de nuevas tecnologías que, desde el punto de vista educativo, abren un abanico de nuevas posibilidades y recursos para el aprendizaje.

El aporte de las nuevas tecnologías en educación va más allá de ser un instrumento para que los estudiantes adquieran un nivel mínimo de conocimientos informáticos; su mayor contribución es la oportunidad que brindan para acceder a información y, a su vez, a enriquecer la labor educativa.

8.2. Funciones de las TIC en el ámbito educativo

La integración de las TIC en la educación significa su utilización en los procesos de enseñanza y aprendizaje que se realizan en el aula y fuera de ella para lograr los objetivos educativos previstos. Las principales funcionalidades de las TIC en el ámbito educativo son:

- Integrar las últimas tecnologías como apoyo al aprendizaje, ya que permiten abrir nuevas posibilidades en el ámbito pedagógico.
- Contribuir a la modernización del sistema educativo, sabiendo de la gran influencia que las nuevas tecnologías tienen sobre la sociedad.
- Potenciar el aprendizaje interactivo y la educación a distancia.

Algunas de las ventajas de las TIC desde la perspectiva del aprendizaje son:

- Accesibilidad a información variada.
- Proporcionan herramientas y materiales que facilitan el aprendizaje y el desarrollo de habilidades.
- Posibilita la relación entre profesores y alumnos de diferentes centros educativos, lo cual permitirá compartir recursos o compartir información.
- Facilita la integración educativa de los niños con discapacidad o necesidades educativas especiales.

8.3. Dispositivos y aplicaciones TIC para la educación

Actualmente existen una serie de modelos que orientan el uso didáctico de las TIC y son aplicables a casi todos los niveles educativos. A partir de estos modelos, cada centro educativo puede incluir los dispositivos TIC que considere más adecuados y cada profesor puede diseñar y desarrollar actividades de enseñanza adecuadas a su contexto: alumnos, objetivos educativos que se pretenden, etc. En los siguientes apartados se explicarán los dispositivos TIC con los que podrá disponer el colegio en el que se basa este proyecto.

8.3.1. La pizarra digital interactiva (PDI)

La **pizarra digital interactiva (PDI)** es un sistema tecnológico, generalmente integrado por un **ordenador** (normalmente conectado a Internet), un **videoprojector** que proyecta lo que muestra el ordenador sobre una pizarra blanca y un **dispositivo** (fijo o móvil) **controlador de un puntero** que funciona como ratón y lápiz sobre ella, que permite proyectar en una superficie interactiva contenidos digitales en un formato idóneo para la visualización en grupo. Se puede interactuar directamente sobre la superficie de proyección, permitiendo escribir directamente sobre ella y controlar los programas informáticos con el puntero (a veces incluso con los dedos si la PDI es táctil)".

La superficie de proyección suele ser una pizarra blanca que incluye en su interior el "dispositivo de control de puntero" o una pizarra blanca normal y un dispositivo PDI portable capaz de adherirse a cualquier pizarra blanca (en este caso la PDI se denominará Pizarra digital interactiva portable).

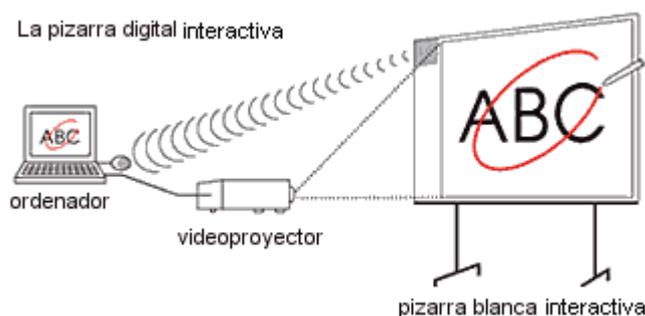


Fig. 8.1 Esquema del funcionamiento de la Pizarra digital interactiva (PDI)

8.3.1.1. Objetivo de la integración de la PDI

Los objetivos de integrar la pizarra digital interactiva en las aulas del colegio es poder sacar partido a las múltiples ventajas que ésta ofrece. Los principales objetivos de la PDI son:

- Aumentar la participación de los alumnos.

- Ofrecer recursos multimedia con el fin de contribuir a realizar una aportación relevante al proceso de aprendizaje.
- Ayudar en Educación Especial. Pueden ayudar a compensar problemas de visión, audición o coordinación psicomotriz.
- Permitir al profesor preparar clases mucho más atractivas y documentadas. Además, los materiales que se vayan creando se pueden adaptar y reutilizar cada año.

8.3.1.2. Funcionalidades de la PDI

Las **funcionalidades** básicas que aportan las PDI son las siguientes:

- Proyectar en la pizarra cualquier tipo de información procedente del ordenador o de cualquier otro dispositivo analógico o digital conectado al sistema.
- Mediante un puntero a modo de ratón, desde la pizarra interactiva se puede controlar el ordenador y se pueden hacer anotaciones sobre ella (después podrán almacenarse).
- El software que incorporan las pizarras digitales proporcionan fondos de pizarra, bancos de imágenes y recursos didácticos interactivos o programas editores que permiten la elaboración de presentaciones multimedia.

8.3.1.3. eBeam educativo

Cómo se ha comentado anteriormente, existen unos modelos que orientan el uso didáctico de las TIC y, a partir de éstos, cada centro educativo los adecúa conforme a sus necesidades y objetivos.

Para el colegio que centra este proyecto se ha decidido incluir, como solución a la pizarra digital, un dispositivo llamado **eBeam**.

El sistema **eBeam** crea sobre cualquier superficie, mejor si es una pizarra blanca, un espacio interactivo de forma muy rápida y sencilla. Existen tres modelos de eBeam: eBeam Projection, eBeam Whiteboard y eBeam Complete (es la combinación de los dos anteriores). Para el colegio se ha decidido instalar el **eBeam Complete**.

8.3.1.4. Elementos que lo componen

EL sistema eBeam Complete está compuesto, como se ha comentado anteriormente, por los sistemas eBeam Projection y eBeam Whiteboard. En la

tabla que se muestra a continuación aparecen las características de ambos sistemas.

eBeam Projection	eBeam Whiteboard
Crea una superficie de trabajo interactiva en la que se pueden hacer presentaciones, compartir clases y crear contenidos de forma rápida y sencilla.	Convierte cualquier pizarra convencional en una superficie digital que permite guardar, imprimir o compartir sus anotaciones en cualquier lugar del mundo.
El receptor portátil se coloca en cualquier esquina de la pizarra y alcanza una superficie de proyección de hasta 100" (2,5 m).	El receptor eBeam captura cualquier anotación escrita en la pizarra.
Incluye un lápiz digital .	Incorpora 4 rotuladores de tinta de 4 colores diferentes.
Software eBeam Interact : paleta de herramientas circular.	Software eBeam Capture : grabará cada vez que el usuario escriba sobre la pizarra.
Permite a los profesores compartir sus clases con estudiantes y profesores en cualquier parte del mundo, así como compartir imágenes, archivos, capturas de pantalla e incluso puede grabar voz en sus presentaciones.	Permite a los profesores transmitir las clases a cualquier persona en tiempo real mediante los servidores gratuitos que ofrece eBeam.

Tabla 8.1. Características de los sistemas eBeam Projection y eBeam Whiteboard

El sistema **eBeam Complete** es la combinación entre una pizarra digital interactiva y un escáner de última generación. El receptor eBeam es un receptor de infrarrojos y ultrasonido de apenas 185 gr. de peso y de 11 x 19 cm en forma de esquinero, que se puede transportar cómodamente. El lápiz electrónico permite controlar al usuario su ordenador desde la propia pizarra. Se puede utilizar cualquiera de los 4 rotuladores electrónicos de tinta en 4 colores diferentes para capturar cualquier anotación realizada en la pizarra. El software eBeam Interact y Capture trabajan de forma conjunta y precisa para asegurar que todo el trabajo quede guardado. El software eBeam Interact se abre automáticamente con el lápiz electrónico, al igual que el eBeam Capture con los rotuladores.

Por tanto, el sistema eBeam Complete se compone de un receptor eBeam Projection con su lápiz interactivo y el eBeam Whiteboard con sus cuatro rotuladores y fundas con el software de ambos. Además, será necesario instalar un proyector (sus características se especifican más adelante), el cual interactúa de una forma notoria con el eBeam.



Fig. 8.2 Sistema eBeam Complete

8.3.1.5. Funcionamiento

Lo primero que hay que hacer es colocar el receptor en forma de esquinero sobre cualquier superficie plana (dimensiones máximas de 180 cm x 120 cm) y en segundos ésta se transformará en una pizarra digital interactiva capaz de registrar en el PC todo lo que se escribe sobre ella. Luego este material podrá editarse, imprimirse e incluso publicarse a través de Internet.

Su **funcionamiento** se basa en que la imagen proyectada es recogida por el sensor/receptor por medio de ultrasonidos e infrarrojos. De hecho, cada toque del lápiz en la pantalla emite un pequeño sonido para que lo reciba el sistema. La utilidad del **eBeam** reside básicamente en que puede funcionar como ratón o como bolígrafo digital y posteriormente guardar el resultado. El software básico, compuesto por una rueda, es muy sencillo de usar, y se puede mostrar u ocultar para que no estorbe en la presentación con solo usar el segundo botón del lápiz, que actúa también como botón derecho del ratón para abrir menús contextuales.

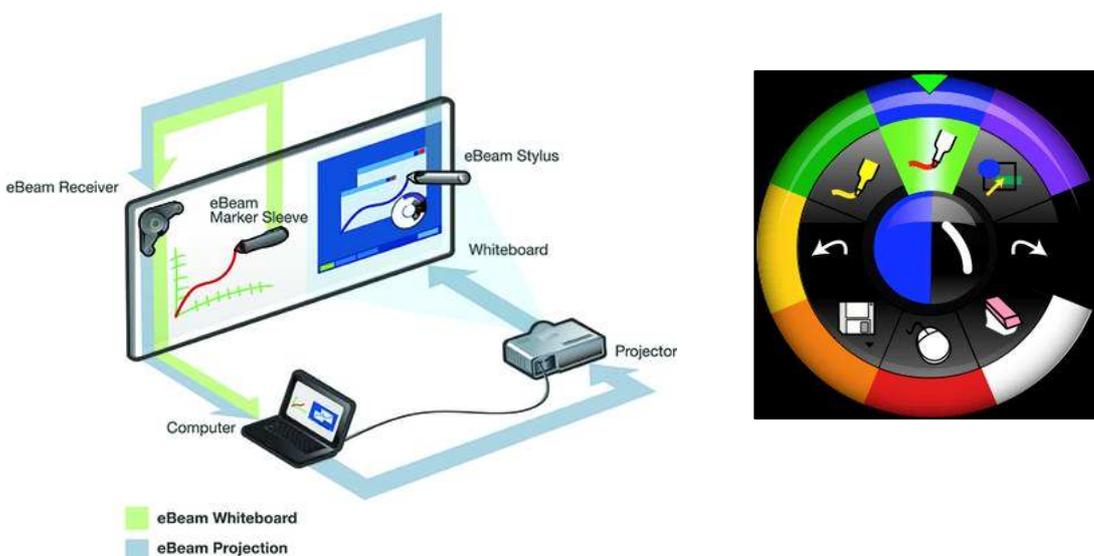


Fig. 8.3 A la izquierda, esquema del funcionamiento del eBeam Complete y a la derecha, software del eBeam

El lápiz funciona sin cables, y hay dos versiones para el receptor, una por USB con cable, y otra sin cables por medio de Bluetooth. Cualquiera de las dos versiones es cómoda de montar y quitar, pues el receptor se coloca en la pizarra por medio de ventosas, imanes o incluso pegatinas.

8.3.2. Proyector

El proyector estará fijo en el techo de cada aula.

Se ha llevado a cabo una comparativa entre varios modelos de proyectores, valorando las características de cada uno, así como su relación calidad-precio. Finalmente, se ha optado por un proyector exclusivo para uso docente, ya que ofrece unas características muy buenas y un precio asequible. El modelo del proyector que se instalará en las aulas del colegio es el **Epson EB-X7-Educación**, un proyector multimedia que permite combinar imágenes de alta calidad, vídeo y texto animado en las presentaciones. Además, es ligero y permite trasladarlo rápidamente de un aula a otra. Un único cable USB, que conecta el proyector con el PC, combina las funciones de visualización y avance o retroceso de la página. Una característica importante a destacar es que dispone de encendido/apagado directo, es decir, tiene un tiempo de calentamiento de sólo 5 segundos y un tiempo de enfriamiento mucho menor, ya que una vez se haya terminado de usar, basta con desenchufar el cable de alimentación. Es compatible con las pizarras digitales.



Fig. 8.4 Proyector Epson EB-X7 Educación

8.3.3. Otros dispositivos

La siguiente tabla muestra un listado de algunos de los dispositivos electrónicos que, debido a sus características y a sus posibles aplicaciones, se podrían incorporar como herramientas educativas en el colegio.

Dispositivo	Características	Aplicaciones en el ámbito educativo
Tablet PC	- PC con pantalla táctil	Realizar escritura manual, tomar notas a mano alzada y dibujar sobre la pantalla.
		Acceso a Contenidos digitales
	- Sistema operativo compatible con con los portátiles convencionales	Conexión a Internet
Netbook	- PC de bajo coste, pequeñas dimensiones y ligeros	Navegar por Internet
	- Mayor movilidad y autonomía	Funciones básicas (procesador de textos, hojas de cálculo, etc)
eBook (libro electrónico)	- Dispositivo electrónico de pequeño tamaño	Leer textos en distintos formatos
		Herramientas informáticas como buscador de párrafos
		Conexión a Internet (descarga de libros)
		Posibilidad de adaptar el texto a las circunstancias del lector
PDA	-Ordenador de mano diseñado como agenda electrónica	Pasar lista en clase
		Anotar incidencias
		Centralizar la información de todas las aulas en un ordenador

Tabla 8.2 Características y aplicaciones de diversos dispositivos aplicados en el ámbito educativo



Fig. 8.5 Dispositivos y aplicaciones aplicados en el ámbito educativo

8.3.4. Escritorio virtual

La **virtualización de escritorio** se basa en la separación entre el escritorio, que engloba los datos y programas que utilizan los usuarios para trabajar, de la máquina física. El escritorio "virtualizado" es almacenado remotamente en un servidor central, es decir, cuando los usuarios trabajan en su escritorio desde su portátil u ordenador personal, todos sus programas, aplicaciones, procesos y datos se almacenan y ejecutan centralmente, permitiendo a los usuarios acceder remotamente a sus escritorios desde cualquier dispositivo capaz de conectarse remotamente al escritorio, tales como un portátil, PC o smartphone.

8.3.4.1. Beneficios y ventajas

Desde el punto de vista de un centro educativo, el escritorio virtual ofrece una serie de servicios y ventajas realmente atractivas:

- **Aumenta la velocidad** de despliegue de nuevos PCs.
- **Disminuye el tiempo de reparación** de posibles desconfiguraciones.
- **Posibilidad de mezclar PCs entre aulas.** Es frecuente que el hardware de los ordenadores sea diferente o el software tenga una configuración distinta según el aula en el que se encuentre.
- Posibilidad de **acceso** a los usuarios a sus **escritorios virtuales desde cualquier PC.**
- El usuario tendrá disponible el **acceso a cualquier programa** que necesite. En este caso, los alumnos tendrán acceso a cualquier programa que necesiten para llevar a cabo sus ejercicios y trabajos, evitándose cualquier problema como por ejemplo, con la licencia del software.
- **Mejora** en la **gestión** de los puestos de trabajo de los usuarios.
- Obtención de un **ahorro de costes** global.

8.3.4.2. Definición del proyecto

Se ha estudiado la posibilidad de implantar el escritorio virtual en el colegio con la idea de tener un campus virtual. Principalmente, el objetivo es que todos los docentes y alumnos del centro puedan disponer de un escritorio virtual adecuado a las necesidades de cada usuario, mediante el cual podrán consultar, desde cualquier ordenador con conexión a Internet, su correo, su agenda, documentos almacenados en un espacio virtual propio y hacer uso de los programas y herramientas disponibles. Para acceder a este escritorio cada usuario deberá validarse mediante un nombre de usuario y una contraseña, estos datos serán facilitados por el colegio.

Se ha llevado a cabo un estudio de las distintas tecnologías disponibles en el mercado para la realización de escritorios virtuales. Finalmente, para la virtualización del escritorio del colegio se ha optado por una de las tecnologías ofrecida por **Citrix, XenDesktop 4**, que es la última versión de virtualización del puesto de trabajo.

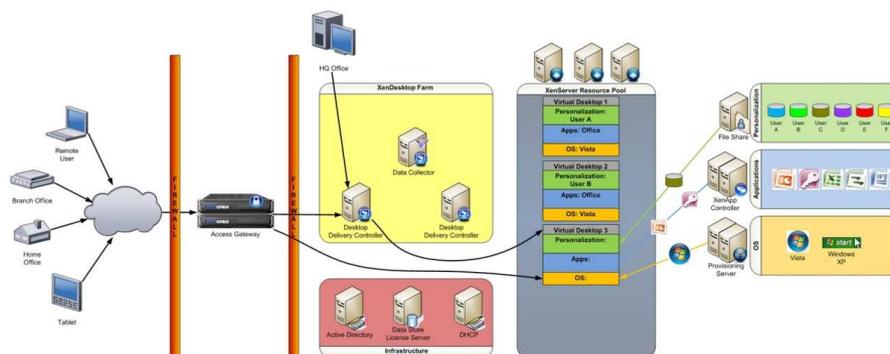


Fig. 8.6 Esquema de conexión de la tecnología XenDesktop 4

En la figura anterior se puede observar el esquema de conexión de la tecnología XenDesktop 4 y su forma de operar. Esta tecnología permite instalar los siguientes componentes:

- Servidor de licencias (License Server): es necesario tenerlo instalado. Es el elemento encargado de proporcionar las licencias a los usuarios.
- Controlador de entrega de escritorios (Desktop Delivery Controller): es el encargado de controlar la entrega de los escritorios a los usuarios.
- Almacén de datos en la base de datos (Datastore Database): almacena la configuración de cada escritorio.
- Provisioning Server: provee de flujos de imágenes del sistema operativo a máquinas virtuales o físicas.
- Interfaz Web (Web Interface): es la presentación del escritorio al usuario.
- Acceso a un Gateway: el Gateway tiene la función de organizar el acceso "al exterior".

En el anexo correspondiente se explicará más detalladamente cada uno de estos elementos.

Citrix XenDesktop es una solución de virtualización de escritorio y VDI que ofrece una solución completa de virtualización de escritorios Windows como un servicio "bajo demanda" para cualquier usuario y cualquier lugar. XenDesktop,

de forma rápida y segura, entrega aplicaciones individuales o escritorios completos. Esto es posible por una nueva tecnología de escritorio de Citrix llamada **FlexCast HDX**, la cual permite ofrecer cualquier escritorio virtual en cualquier dispositivo.

Es una solución de gestión centralizada que puede ofrecer diferentes tipos de escritorios virtuales para hacer frente a las distintas necesidades y a distintos escenarios de uso. Dispone de un gran comportamiento y buena presencia de cara al usuario final. En la siguiente figura se muestra un ejemplo del escritorio ofrecido por la tecnología Citrix.



Fig. 8.7 Escritorio ofrecido por XenDesktop al usuario final

Sin embargo, antes de implantar la virtualización de los puestos de trabajo de un centro educativo (como en cualquier otra empresa o centro) hay que llevar a cabo la evaluación de la solución propuesta debido a que la implementación puede ser algo compleja. Se han de seguir un conjunto de pasos que permitan obtener una evaluación correcta de la solución a implementar y un conjunto de datos correctos que nos proporcionen la información suficiente para poder decidir si seguir adelante con una virtualización total de los puestos del colegio o al contrario, desestimar la implantación de dicha tecnología. Se deberían elegir una serie de puestos de trabajo y realizar sobre ellos la ejecución de una prueba de concepto.

8.3.4.3. Costes

Existen tres versiones para XenDesktop 4:

- Versión Standard: 56€ por usuario
- Versión Enterprise: 168€ por usuario
- Versión Platinum: 261€ por usuario

8.3.4.4. Casos de éxito

Algunas empresas o instituciones ya han incorporado el escritorio virtual con éxito. Algunos ejemplos son la Agencia Tributaria, BBVA, Universidad de Jaén, Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Pompeu Fabra, Retevisión o Telefónica Data.

8.3.5. Portal de información

EL Proyecto Heura permite mejorar el uso de las TIC entre la comunidad educativa con el soporte del portal para el personal docente de la Red Telemática Educativa de Cataluña (www.xtec.cat) y de contenidos multimedia para el alumnado (www.edu365.com).

Estos portales ofrecen una serie de contenidos, recursos y aplicaciones dirigidos a profesores y alumnos en función del nivel académico o de la asignatura a tratar.



Fig. 8.8 Interface del escritorio virtual de Educación Primaria

8.3.6. Software educativo

El **software educativo** está destinado a la enseñanza y el auto aprendizaje y además, permite el desarrollo de ciertas habilidades cognitivas (mecanismos básicos con los que aprende el ser humano). Existe una amplia gama de enfoques para la creación de software educativo atendiendo a los diferentes tipos de interacción que debería existir entre las personas involucradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje y a las distintas necesidades de cada usuario. Como software educativo existen desde programas orientados al aprendizaje hasta sistemas operativos completos destinados a la educación. En el anexo correspondiente se puede ver un listado detallado de los principales programas de Software Educativo más utilizados por los

profesionales en Educación Infantil y Primaria, así como programas con los que el alumno aprenderá jugando.

La idea es tener los programas, seleccionados por el profesorado según las necesidades del alumnado, instalados en los ordenadores del aula de informática. Además, estarán en el servidor para poder acceder a ellos desde el escritorio virtual.

CONCLUSIONES

Es este apartado se expondrán las principales conclusiones extraídas de la elaboración de este proyecto.

La realización del proyecto me ha permitido entender y profundizar en el ámbito de las ICT, puesto que durante la carrera no he tenido la oportunidad de realizar ninguna asignatura relacionada con este tema.

En primer lugar, se expondrán las conclusiones más importantes en la realización de la ICT del colegio y finalmente, las relacionadas con la implantación de las TIC en el ámbito educativo.

La Infraestructura Común de Telecomunicaciones del centro educativo está basada en el Real Decreto 401/2003 del 4 de abril del 2003, aunque al ser un edificio singular se ha podido adaptar la normativa a las necesidades del colegio. En este sentido, al diseñar una red interna no ha sido necesaria la instalación de PAUs (Punto de Acceso al Usuario), ya que no es necesaria la delimitación de responsabilidades en cuanto al origen, localización y reparación de averías.

Se ha dotado el edificio con servicios de radiofusión sonora analógica y digital, y de televisión digital terrestre (TDT, Radio FM y Radio DAB) y satélite, instalando tomas en prácticamente todas las aulas y estancias del colegio.

Se ha implementado un Servicio de Cableado Estructurado (SCS) como alternativa al sistema de red de cable de la norma ICT. Mediante esta infraestructura se proporcionará servicio de banda ancha a todos los espacios docentes del colegio, mediante una combinación de tecnología de comunicación por cable y comunicación inalámbrica (wifi).

Además, mediante el SCS, se ha implementado servicio de voz sobre IP (VoIP), considerando que es una tecnología madura que, en un futuro próximo, reemplazará a la red telefónica conmutada debido, principalmente, a las importantes ventajas que ofrece.

El cableado estructurado se ha llevado a cabo siguiendo las directrices del Proyecto Heura, llevado a cabo por el Gobierno de Cataluña.

Finalmente, hay que destacar la importancia de las TIC en el ámbito educativo, ya que ofrecen nuevas e interesantes alternativas en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Existe un conjunto de tecnologías y dispositivos que se pueden aplicar en casi todos los niveles educativos y ofrecen una serie de ventajas que hacen el proceso de aprendizaje mucho más sencillo e interesante, no sólo para los alumnos sino también para el profesorado. En definitiva, el objetivo es integrar las últimas tecnologías como apoyo al aprendizaje, ya que permiten abrir nuevas posibilidades en el ámbito pedagógico.

BIBLIOGRAFÍA

- Libros

[1] Freeman, Roger L., "*Reference manual for telecommunications engineering*", New York, NY [etc.]: John Wiley and Sons (1985)

- Páginas web

[1] www.televés.com

[2] www.gencat.cat (canales de la TDT)

[3] www.televisiondigital.es (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio del Gobierno de España)

[4] <http://noticias.juridicas.com> (consulta del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril)

[5] www.coit.es (medidas para la Certificación de Infraestructuras Comunes de Telecomunicación)

[6] www.cisco.es

[7] <http://esp.hyperlinesystems.com> (consulta de componentes para redes)

[8] <http://www.globatel.es> (consulta de centralitas telefónicas)

[9] <http://www.ite.educacion.es> (Ministerio de Educación del Gobierno de España)

[10] www.xtec.ecat (Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya)

[11] www.edu365.cat

[12] www.citrix.es

ANEXOS

TÍTULO DEL TFC: Diseño de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones e implantación de las TIC en el CEPI “Plaça dels Països Catalans” de Lleida

TITULACIÓ: Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad Sistemas de Telecomunicación

AUTOR: M^a Teresa Domínguez Sagra

DIRECTOR: Jordi Berenguer i Sau

FECHA: 14 de junio de 2010

ÍNDICE

ANEXO I. INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES

1. LA ICT ESPAÑOLA.....	1
1.1. Normas técnicas.....	1
1.2. Normas técnicas para RTV terrenal y por satélite.....	1
1.3. Norma técnica para telefonía.....	2
1.4. Norma técnica para banda ancha.....	3
1.5. Especificaciones técnicas para obra civil en una ICT.....	4
2. CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RADIOFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN TERRESTRE.....	7
2.1. Amplificadores necesarios, derivadores, repartidores y tomas de usuario.....	7
2.2. Cálculos de los parámetros básicos de la instalación.....	9
2.3. Soportes para la instalación de las antenas receptoras.....	9
2.4. Atenuación mínima y máxima desde los amplificadores de cabecera hasta las tomas de usuario.....	11
2.5. Niveles de señal en la cabecera.....	17
2.6. Niveles de señal a la entrada de la cabecera.....	17
2.7. Niveles de señal a la salida de la cabecera.....	21
2.8. Ganancia de los amplificadores.....	23
2.9. Nivel de señal en las tomas de usuario en el mejor y peor caso.....	24
2.10. Relación señal-ruido.....	24
2.11. Relación de Intermodulación.....	29
2.12. Respuesta amplitud-frecuencia en banda.....	30
2.13. Descripción de los elementos componentes de la instalación.....	31
3. CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RADIOFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN POR SATÉLITE.....	33
3.1. Mezcla de las señales de radiofusión sonora y televisión por satélite con las terrestres.....	33
3.2. Amplificadores necesarios, derivadores, repartidores y tomas de usuario.....	33
3.3. Cálculo de los parámetros básicos de la instalación.....	33
3.4. Atenuación desde los amplificadores de cabecera hasta las tomas de usuario en la banda 950-2150 MHz.....	33
3.5. Niveles de señal en la cabecera.....	37
3.6. Niveles de señal a la entrada de la cabecera.....	37
3.7. Niveles de señal a la salida de la cabecera.....	39
3.8. Ganancia del amplificador FI.....	40

3.9.	Nivel de de señal en las tomas de usuario en el mejor y en el peor caso	40
3.10.	Relación señal-ruido	40
3.11.	Relación de Intermodulación.....	42
3.12.	Respuesta amplitud-frecuencia en la banda 950 a 2150 MHz.....	43
3.13.	Descripción de los elementos componentes de la instalación	43
4.	SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO.....	45
4.1.	Descripción.....	45
4.2.	Ventajas de la implantación de Cableado Estructurado	45
4.3.	Estándares y Normas	46
4.4.	Tipología del Cableado Estructurado.....	47
4.5.	Elementos que componen el Cableado Estructurado	47
4.6.	Área de trabajo	48
4.7.	Cableado horizontal.....	49
4.8.	Cableado vertical o de “backbone”	51
4.9.	Recinto de Comunicaciones	52
4.10.	Tipos de cables.....	54
4.11.	Diseño y planificación de la red.....	56
4.12.	Dimensionado del Cableado Estructurado	56
5.	CANALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN	58
5.1.	Consideraciones sobre el esquema general del edificio	58
5.2.	Arqueta de entrada y canalización externa	58
5.3.	Registros de enlace	59
5.4.	Canalización de enlace inferior y superior	59
5.5.	Recintos de instalaciones de telecomunicación.....	60
5.5.1.	Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior (RITI).....	60
5.5.2.	Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Superior (RITS)	60
5.5.3.	Equipamiento de los mismos.....	61
5.6.	Canalización principal y registros secundarios.....	61
5.7.	Canalización secundaria y registros de paso.....	62
5.8.	Canalización interior de usuario.....	63
5.9.	Registro de Toma	63
5.10.	Cuadro resumen de los elementos de la ICT	64
6.	PLANOS.....	65
7.	PLIEGO DE CONDICIONES DE LOS MATERIALES Y DISPOSITIVOS.....	66
7.1.	Radiofusión sonora y televisión	66

7.1.1.	Características de los elementos de captación.....	66
7.1.1.1.	Antenas	66
7.1.1.2.	Elementos de sujeción de las antenas para televisión terrestre.....	69
7.1.1.3.	Elementos de sujeción de las antenas para televisión por satélite.....	70
7.1.2.	Características de los elementos activos.....	70
7.1.2.1.	Amplificadores monocanal.....	70
7.1.2.2.	Amplificador FI.....	71
7.1.2.3.	Procesador FI.....	72
7.1.2.4.	Fuente de alimentación	72
7.1.3.	Características de los elementos pasivos.....	73
7.1.3.1.	Derivadores	73
7.1.3.2.	Repartidores.....	73
7.1.3.3.	Tomas de usuario.....	74
7.1.3.4.	Cables	74
7.2.	Sistema de Cableado Estructurado	76
7.2.1.	Armario rack.....	76
7.2.2.	Router	77
7.2.3.	Switch	78
7.2.4.	Access Point	83
7.2.5.	Patch panel.....	85
7.2.6.	Servidor de almacenamiento.....	87
7.2.7.	Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).....	88
7.2.8.	Plataforma VoIP.....	90
7.2.9.	Teléfono IP y aplicación Client IP SOFTfon.....	92
7.2.10.	Cable UTP categoría 6.....	93
7.2.11.	Cable de fibra óptica	95
7.3.	Infraestructuras.....	97
7.3.1.	Características de la arqueta.....	97
7.3.2.	Características de las canalizaciones.....	97
7.3.2.1.	Características de la canalización externa.....	97
7.3.2.2.	Características de la canalización de enlace	97
7.3.2.3.	Características de la canalización principal	97
7.3.2.4.	Características de la canalización secundaria	97
7.3.2.5.	Características de la canalización interior de usuario	98
7.3.2.6.	Condiciones de instalación de las canalizaciones.....	98

7.3.3.	Condiciones a tener en cuenta en la distribución interior de los RIT. Instalación y ubicación de los diferentes equipos	98
7.3.4.	Características de los Registros Secundarios, Registros de Paso y Registros de toma	102
7.3.4.1.	Registros Secundarios.....	102
7.3.4.2.	Registros de Paso	102
7.3.4.3.	Registros de Toma	103
7.3.5.	Cuadro de medidas de Radiofusión sonora y televisión terrestre y satélite 103	
7.3.5.1.	Pruebas y medidas.....	103
7.3.5.2.	Niveles de calidad para los servicios de radiodifusión sonora y de televisión.	104

ANEXO II. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC)

8.	LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC) EN LA EDUCACIÓN.....	121
8.1.	Proyector	121
8.2.	Tablet PC	122
8.3.	Netbook	123
8.4.	eBook	123
8.5.	PDA.....	124
8.6.	Portal de información.....	125
8.7.	Software educativo	127

ANEXO I
INFRAESTRUCTURA COMÚN DE
TELECOMUNICACIONES

1. LA ICT ESPAÑOLA

1.1. Normas técnicas

En los anexos del decreto 401/2003, de 4 de abril de 1998, se encuentran las normas técnicas en las que se establecen las características técnicas que deberá cumplir la ICT para permitir el acceso a los servicios de radiodifusión, telefonía y banda ancha.

1.2. Normas técnicas para RTV terrenal y por satélite

La captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora y de televisión procedentes de emisiones terrenales y de satélite, estará formada por los siguientes elementos:

- **Elementos de captación de señales:** es el conjunto de elementos como antenas, mástiles, torretas y otros elementos activos y pasivos encargados de recibir las señales de radiodifusión sonora y televisión procedentes de emisiones terrenales y de satélite y adecuarlas para ser entregadas al equipamiento de cabecera.
- **Equipamiento de cabecera:** es el conjunto de dispositivos encargados de recibir las señales provenientes de los diferentes conjuntos captadores de señales de radiodifusión sonora y televisión y adecuarlas para su distribución al usuario en las condiciones de calidad y cantidad deseadas; se encargará de entregar el conjunto de señales a la red de distribución.
- **Red:** es el conjunto de elementos necesarios para asegurar la distribución de las señales desde el equipo de cabecera (salida del mezclador) hasta las tomas de usuario. Esta red se divide en tres tramos:
 - o **Red de distribución:** enlaza el equipo de cabecera con la red de dispersión. Comienza a la salida del mezclador de la cabecera hasta los derivadores.
 - o **Red de dispersión:** enlaza la red de distribución con la red interior de usuario. Comienza en los derivadores hasta los puntos de acceso al usuario (PAU).
 - o **Red interior de usuario:** es la parte de la red que, enlazando con la red de dispersión en el punto de acceso al usuario, permite la distribución de las señales en el interior de los domicilios o locales de los usuarios.
 - o Se definen dos puntos de referencia:

- **Punto de acceso al usuario (PAU):** elemento en el que comienza la red interior del domicilio del usuario. Permite la delimitación de responsabilidades en caso de averías.
- **Toma de usuario:** dispositivo que permite la conexión a la red de los equipos de usuario para acceder a los diferentes servicios que ésta proporciona.

Se establecen las dimensiones mínimas de la ICT. Para el caso de viviendas, el número de tomas tiene que ser de una por cada dos estancias, excluidos baños y trasteros, con un mínimo de dos.

Tanto la red de distribución como la red de dispersión y la de interior de usuario estarán preparadas para permitir la distribución de la señal entre la cabecera y la toma de usuario en la banda de frecuencias comprendida entre 5 y 2150 MHz.

Las bandas de frecuencias 195,0 a 223,0 MHz y 470,0 a 862,0 MHz se deben destinar para la distribución de señales de radiofusión sonora digital y televisión digital terrenal.

En el anexo también se especifican los niveles de calidad para los servicios de radiofusión sonora y televisión, indicando parámetros como el nivel de señal mínimo y máximo en las tomas, la mínima relación señal a ruido y la relación de intermodulación mínima.

1.3. Norma técnica para telefonía

La red para el servicio de telefonía se divide en los siguientes tramos:

- **Red de alimentación:** puede ser de dos tipos según el método de enlace utilizado entre las centrales del operador y el inmueble.
 - Si el enlace se produce mediante cable: se introduce en la ICT del inmueble a través de la arqueta de entrada y de la canalización externa hasta el registro de enlace.
 - Si el enlace se produce por medios radioeléctricos: es la parte de la red formada por los elementos de captación de las señales emitidas por las centrales de los operadores, equipos de recepción y procesado de dichas señales y los cables necesarios para dejarlas disponibles para el servicio en el punto de interconexión del inmueble.
- **Red de distribución:** enlaza el registro principal ubicado en el Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones (RITI) con la red de dispersión.
- **Red de dispersión:** enlaza la red de distribución con cada red interior de usuario.

- **Red interior de usuario:** comienza en los puntos de acceso al usuario y finaliza en las bases de acceso de terminal situadas en los registros de toma.

Se definen los elementos de conexión utilizados como puntos de unión o terminación de los tramos de red definidos anteriormente:

- **Punto de interconexión:** realiza la unión entre la red de alimentación del operador del servicio y la red de distribución de la ICT del inmueble. Delimita responsabilidades en cuanto a mantenimiento.
- **Punto de distribución:** realiza la unión entre las redes de distribución y de dispersión de la ICT del inmueble.
- **Punto de acceso al usuario (PAU):** realiza la unión entre la red de dispersión y la red interior de usuario de la ICT del inmueble. Permite delimitar responsabilidades en cuanto a la producción de averías.
- **Bases de acceso terminal (BAT):** realizan la unión entre la red interior de usuario y cada uno de los terminales telefónicos.

El dimensionamiento de las redes vendrá dado por el número máximo de pares y cables que se vayan a necesitar a largo plazo. Para realizar la previsión de la demanda se determina instalar 2 líneas por vivienda y una línea por cada 5 puestos de trabajo en oficinas con un mínimo de 3 o 1 línea cada 33 m^2 . La cifra de demanda prevista se multiplicará por 1,4 para asegurar una ocupación máxima de la red del 70%.

1.4. Norma técnica para banda ancha

La red del servicio de banda ancha se divide en dos tramos:

- **Red de alimentación:** tiene las mismas características que en el caso de servicio de telefonía.
- **Red de distribución:** es la parte de la red que enlaza el registro principal situado en el RITI con los registros de toma donde irán situadas las tomas de los usuarios.

Los elementos de conexión utilizados como puntos de unión entre los tramos redes definidos anteriormente son:

- **Punto de distribución (interconexión):** realiza la unión entre la red de alimentación del operador del servicio y la red de distribución de la ICT del inmueble.
- **Punto de terminación de red (punto de acceso al usuario):** dependiendo del contrato entre el operador del servicio y el usuario

puede ser punto de conexión de servicios, toma de usuario o punto de conexión de una red privada.

Se establece el dimensionamiento mínimo de la red. Desde el repartidor de cada operador, situado en el registro principal, deberá partir un cable para cada usuario que desee acceder a sus servicios (distribución en estrella). Para el caso de viviendas, el número de tomas será de una por cada dos estancias, excluidos baños y trasteros, con un mínimo de dos. Para el caso de oficinas se equipará como mínimo una por local u oficina.

Los requisitos técnicos de la red se encuentran en el apartado 4 a) del anexo III del Real Decreto 401/2003 del 4 de abril, en el que se establecen los niveles de señal mínimos y las bandas de frecuencias en las que deberá ser operativa la red.

1.5. Especificaciones técnicas para obra civil en una ICT

En el anexo IV se establecen los requisitos mínimos que han de cumplir las canalizaciones, recintos y elementos complementarios que alberguen la ICT.

Los diferentes elementos que conforman una ICT y que permiten soportar los distintos servicios de telecomunicación se describen a continuación:

- **Arqueta de entrada:** recinto situado en la zona exterior del inmueble en el que confluyen las canalizaciones de los distintos operadores con la canalización externa de la ICT. Establece la unión entre las redes de alimentación de los servicios de telecomunicación de los distintos operadores y la ICT del inmueble.
- **Canalización externa:** constituida por los conductos que discurren por la zona exterior del inmueble desde la arqueta de entrada hasta el punto de entrada general del inmueble. Es la encargada de introducir en el inmueble las redes de alimentación de los servicios de telecomunicación de los diferentes operadores.
- **Punto de entrada general:** lugar por donde la canalización externa accede a la zona común del inmueble.
- **Canalización de enlace**
 - **Para la entrada inferior:** une el punto de entrada general con el registro principal ubicado en el recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior (RITI).
 - **Para la entrada superior:** une los sistemas de captación con el recinto de instalaciones de telecomunicaciones superior (RITS).
 - **Para viviendas unifamiliares:** une el punto de entrada general con los registros principales y los sistemas de captación hasta el

elemento pasamuro, situados en el recinto de instalaciones de telecomunicaciones único (RITU).

- **Recintos de instalaciones de telecomunicaciones**
 - **Recinto inferior (RITI):** local o habitáculo donde se instalarán los registros principales de los distintos operadores de los servicios de telecomunicación de TB+RDSI, TLCA y SAFI. En el arranque la canalización principal.
 - **Recinto superior (RITS):** local o habitáculo donde se instalarán los elementos necesarios para el suministro de los servicios de RTV y, en su caso, elementos de SAFI y de otros servicios.
 - **Recinto único (RITU):** recinto que acumula la funcionalidad del RITI y el RITS que se construye en inmuebles de hasta tres alturas y planta baja y un máximo de diez PAU y para conjuntos de viviendas unifamiliares.
 - **Recinto modular (RITM):** armarios tipo modular no propagadores de la llama que recogen los recintos superior, inferior y único. Se utiliza en inmuebles de pisos de hasta 45 PAUS y en viviendas unifamiliares de hasta 10 PAU.
- **Canalización principal:** soporta la red de distribución de la ICT, conecta el RITI y el RITS entre sí y éstos con los **registros secundarios**. En ella se intercalan los registros secundarios para conectar la canalización principal con las secundarias o para cambiar de dirección la canalización principal.
- **Canalización secundaria:** soporta la red de dispersión del inmueble, y conecta los registros secundarios con los registros de terminación de red. En ella se intercalan los **registros de paso**, los cuales facilitan el tendido de los cables entre los registros secundarios y de terminación de red.
- **Canalización interior de usuario:** soporta la red interior de usuario, conecta los **registros de terminación de red** y los **registros de toma**. En ella se intercalan los registros de paso, que facilitan el tendido de los cables de usuario.

En el punto 5 del anexo IV del Real Decreto se describe el dimensionado de cada uno de estos elementos. En el capítulo 3 de este proyecto se describirá el dimensionamiento que se ha determinado para cada uno de los elementos que conforman la ICT del colegio.

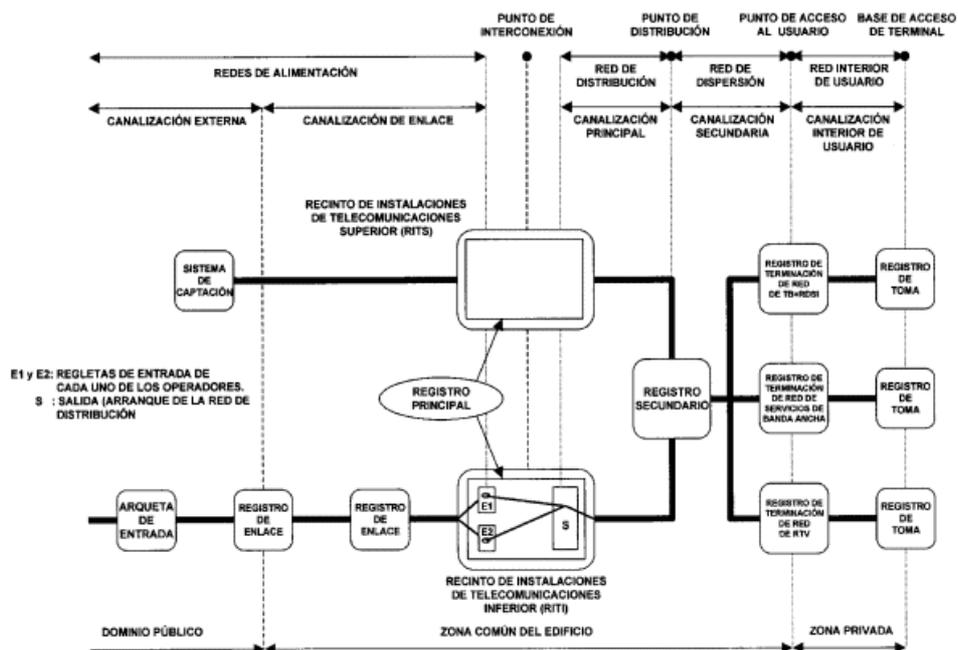


Fig. 1.1 Esquema de canalizaciones para inmuebles de pisos

2. CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RADIOFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN TERRESTRE

2.1. Amplificadores necesarios, derivadores, repartidores y tomas de usuario

Amplificadores

Los canales serán amplificados en la cabecera mediante amplificadores monocanales con objeto de evitar la intermodulación entre ellos. Su figura de ruido, ganancia y nivel máximo de salida se han seleccionado para garantizar en las tomas de usuario los niveles de calidad exigidos por el Real Decreto 401/2009, de 4 de abril. Con objeto de reducir el volumen, peso y coste de la cabecera terrestre, los cuatro canales adyacentes del servicio DAB y los cuatro digitales más elevados, también adyacentes, serán amplificados mediante sendos amplificadores de grupo.

Los amplificadores que formarán la cabecera terrestre son:

- 6 amplificadores para TV digital con una ganancia de 24 dB, 5 de los cuales serán monocanales de 8 MHz de ancho de banda (para los canales C42, C50, C53, C58 y C64) y uno con 4 canales adyacentes de 32 MHz de ancho de banda (para los canales C66, C67, C68 y C69), todos alimentados con 24 V y 95 mA.
- 1 Amplificador FM regulado a 26 dB de ganancia con 20,5MHz de ancho de banda, alimentado con 24 V y 65 mA.
- 1 Amplificador DAB regulado a 22 dB de ganancia con 37 MHz de ancho de banda, alimentado con 24 V y 95 mA.

La señal recibida por la antena receptora se amplificará mediante el amplificador correspondiente del conjunto que forma la cabecera. La amplificación será la necesaria para que el nivel de señal de salida sea el adecuado para que la señal que llegue a las tomas sea, al menos, la mínima requerida. Se tendrán en cuenta las pérdidas producidas en la red de distribución. Los amplificadores se colocarán tal y como se indica en la siguiente figura, en la que se pueden observar los canales que llegarán a los mismos:

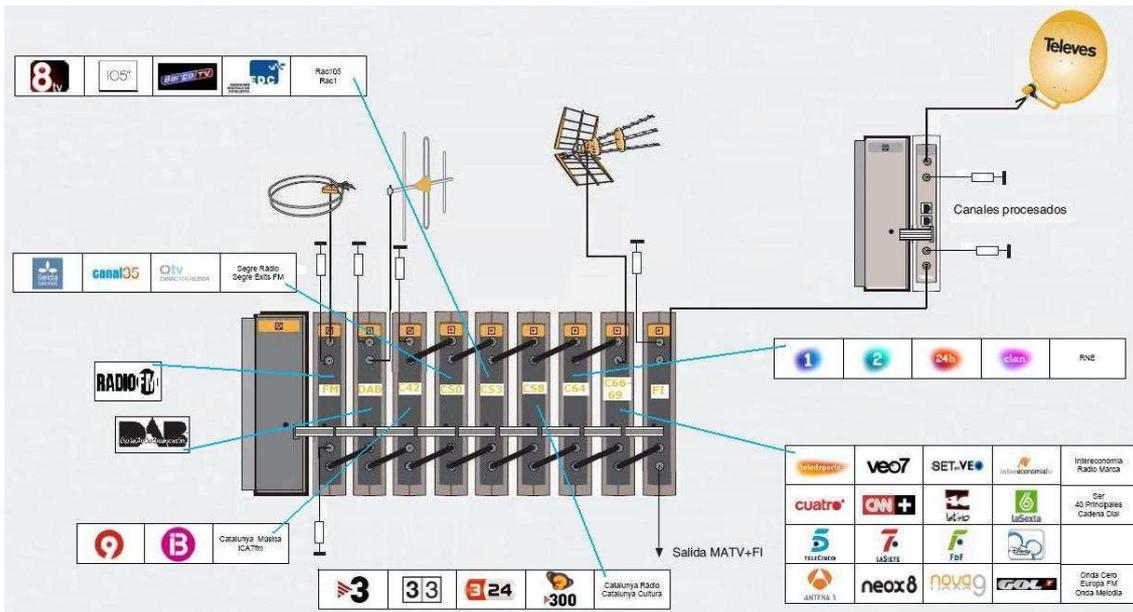


Fig. 2.1 Cabecera de RTV y canales que amplifica cada amplificador

Derivadores, repartidores y tomas de usuario

La configuración de la red de distribución está formada por una red que partiendo desde la salida de la cabecera, con la mezcla de las señales de radiofusión terrestre y por satélite, termina en un derivador situado en el Registro Secundario de la segunda planta del colegio.

En dicha red se colocarán los siguientes elementos pasivos:

Derivadores de planta:

Planta	Derivador	Salidas	Pérdidas de inserción	Pérdidas de derivación
Planta 2ª	Tipo A	8	5	20
		4	2,3	16
Planta 1ª	Tipo TA	8	5	18
		2	2,5	12
Planta Baja-Edificio Comedor/Biblioteca-Gimnasio	Tipo TA	8	5	18

Tabla 2.1 Distribución y características de los derivadores

Debido a la alta atenuación en la toma más alejada de la cabecera, se ha decidido que el último elemento de distribución de la red de RTV sea, en lugar de un derivador, un repartidor de 1 entrada y 3 salidas.

En función de la planta en la que estén ubicados los derivadores se utilizará un tipo u otro. En la tabla anterior figura el número de derivadores necesarios para la red de distribución, así como el modelo de éstos y sus pérdidas.

Las características técnicas se incluyen en el punto 7.1.3.1 del Pliego de Condiciones.

Las salidas de los derivadores que no estén conectadas a ningún repartidor se cargarán con resistencias de 75Ω .

Repartidores por aula o estancia:

En cada aula y estancia del colegio se colocará un repartidor con 1 entrada y 4 salidas. A ellas se conectarán los cables de la red interior de usuario correspondientes a las aulas y estancias en las cuales se equipa toma de usuario con servicio de radiofusión y televisión. Las 2 salidas restantes de los repartidores que no se conecten a la red interior de usuario se cargarán con resistencias de 75Ω .

Como excepción, en el gimnasio se colocará un repartidor de 2 salidas, debido a la alta atenuación que tiene esta toma.

Las características técnicas de los repartidores se incluyen en el punto 7.1.3.2 del Pliego de Condiciones.

Tomas de usuario:

Las aulas equipadas con radiofusión sonora y televisión tendrán instaladas dos tomas de este servicio.

Además, cada una de estas aulas tendrá una toma de reserva.

Sus características técnicas se incluyen en el punto 7.1.3.3 del Pliego de Condiciones.

2.2. Cálculos de los parámetros básicos de la instalación

2.3. Soportes para la instalación de las antenas receptoras

Tal y cómo se ha comentado en la memoria del proyecto, y dado que el sistema formado por el mástil y las antenas estará situado a menos de 20 metros del suelo, los cálculos para definir el mismo se han realizado para velocidades de viento de 130 Km/h. Por tanto, la presión ejercida por el viento será de 800 N/m^2 .

El sistema estará formado por un mástil de 3 metros fijado mediante anclajes adecuados. Esta estructura estará apoyada en una pieza de hormigón que tendrá unas dimensiones y composición, a definir por el arquitecto, capaz de soportar los esfuerzos y momentos causados por dicha estructura.

Las características de las sujeciones de las antenas, así como las del mástil y sus anclajes, se especifican en el Pliego de Condiciones (punto 7.1.1.2).

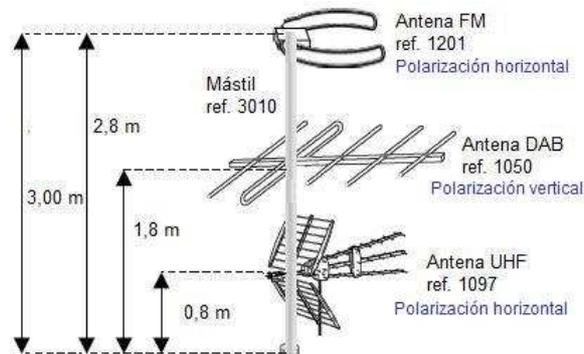


Fig. 2.2 Esquema de los elementos captación de RTV terrestre

El cálculo de la estructura se ha realizado mediante las especificaciones suministradas por el fabricante.

Además de la carga al viento que ejerce cada antena para una velocidad de viento, hay que tener en cuenta la carga del viento que soporta el mástil. Dado que el fabricante facilita la carga al viento para las antenas, se ha calculado este parámetro para el mástil, mediante otros datos facilitados en las características técnicas del elemento.

Primero, se calcula el momento flector que tendrá cada antena, aplicando la siguiente fórmula:

$$M_{antena}(N) = Q_{antena} \cdot d \quad (2.1)$$

Dónde,

Q=carga al viento en N/m^2 (valor facilitado por el fabricante)

d=distancia de la antena a la base del sistema

Así, se calcula el momento flector de las antenas FM, DAB y UHF. Como se ha comentado en la memoria, es recomendable que las antenas con menor carga al viento sean las que se sitúen más alejadas a la base del sistema.

$$M_{FM}(N) = 27N \cdot 2,8m \quad \Rightarrow \quad M_{FM} = 75,6N / m$$

$$M_{DAB}(N) = 71N \cdot 1,8m \quad \Rightarrow \quad M_{DAB} = 127,8N / m$$

$$M_{UHF}(N) = 144N \cdot 0,8m \quad \Rightarrow \quad M_{UHF} = 115,2N / m$$

El momento flector del mástil se calculará sobre la mitad de su altura.

Antes, es necesario calcular la fuerza que ejerce la presión del viento en el mástil, aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{mástil}}(N) = S_{\text{equ}} \cdot 1,2 \cdot P_v \quad (2.2)$$

Dónde,

S_{equ} = superficie equivalente enfrentada al viento en m^2 .

1,2 = factor aerodinámico

P_v = presión ejercida por el viento en N/m^2 .

La superficie equivalente enfrentada al viento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S_{\text{equ}} = \phi \cdot L \quad (2.3)$$

Dónde,

ϕ = diámetro del mástil en m

L = longitud del mástil

Así, la superficie del mástil enfrentada al viento es:

$$S_{\text{equ}} = 0,045m \cdot 3m \Rightarrow S_{\text{equ}} = 0,135m^2$$

Obtenido este dato, se calcula la fuerza que ejerce la presión del viento en el mástil:

$$Q_{\text{mástil}} = 0,135m^2 \cdot 1,2 \cdot 800N/m^2 \Rightarrow Q_{\text{mástil}} = 129,6N$$

Por tanto, el momento flector del mástil es:

$$M_{\text{mástil}}(N) = 129,6N \cdot 1,5m \Rightarrow M_{\text{UHF}} = 194,4N/m$$

Según las características del fabricante, el mástil escogido para el sistema es capaz de soportar un momento flector de 656,75 Nxm. El momento flector de todo el sistema es de 513 N/m, por lo que el mástil será capaz de soportarlo.

2.4. Atenuación mínima y máxima desde los amplificadores de cabecera hasta las tomas de usuario

Con el fin de que todas las tomas de usuario reúnan los niveles de calidad para los servicios de radiodifusión sonora y de televisión terrestres, especificados en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003 de 4 de abril, se han calculado las atenuaciones en la peor y en la mejor toma del colegio. Con los datos obtenidos se seleccionarán los elementos necesarios que conformarán la

ICT para el cumplimiento de la normativa. Los niveles de las señales de radiofusión sonora y de televisión terrestres distribuidas a cada toma de usuario deberán reunir las siguientes características:

	Niveles de las señales distribuidas a la toma de usuario (dBμV)		
	TDT	Radio FM	Radio DAB
Nivel mínimo	45 dBμV	40 dBμV	30 dBμV
Nivel máximo	70 dBμV	70 dBμV	70 dBμV

Tabla 2.2 Niveles mínimos y máximos de señal en las tomas de usuario

Para el cálculo de la atenuación desde la salida de los amplificadores de cabecera a las tomas de usuario se tendrán en cuenta las atenuaciones introducidas por los elementos que forman la red de distribución e interior de usuario. Además, los cálculos se harán con la frecuencia mínima y máxima correspondientes a cada servicio (especificadas en el punto 4.1 de la memoria). Sin embargo, para la TDT se han tenido en cuenta las frecuencias correspondientes a dos de los canales que llegan al colegio desde la torre de Alpicat (642 MHz del canal 42 será la frecuencia mínima y 858 Mhz del canal 69 será la máxima).

Toma con máxima atenuación

La toma más perjudicada será la toma más lejana a la cabecera. En el colegio la toma con mayor atenuación es una de las tomas del gimnasio, situado en un edificio colindante al colegio. El nivel máximo de atenuación en la peor toma se calculará de la siguiente manera:

$$At_{\text{Peor Toma}} \text{ (dB)} = \text{Pérdidas de inserción de los derivadores} + \text{Pérdidas de derivación del derivador de planta} + \text{Pérdidas de inserción del repartidor} + \text{Atenuación del BAT} + \text{Atenuación del cable coaxial}$$

Debido a la alta atenuación en la toma más alejada de la cabecera, se ha decidido que el último elemento de distribución de la red de RTV sea, en lugar de un derivador, un repartidor de 3 salidas. Además, el repartidor instalado en el gimnasio será de 2 salidas.

Toma con menos atenuación

La toma menos perjudicada será la toma más cercana a la cabecera. En el colegio la toma con menor atenuación será la toma del Aula 6 de la segunda planta. El nivel mínimo de atenuación en la mejor toma se calculará de la siguiente manera:

$$At_{\text{Peor Toma}} \text{ (dB)} = \text{Pérdidas de derivación del derivador} + \text{Pérdidas de inserción del repartidor} + \text{Atenuación del BAT} + \text{Atenuación del cable coaxial}$$

TDT

Se calcula la máxima atenuación en la toma más alejada a la cabecera y a la frecuencia más alta:

$$At_{derivadores} = (3 \cdot 5dB) + 2,3dB + 2,5dB + 7dB \Rightarrow At_{derivadores} = 26,8dB$$

$$At_{cable} = 88,2m \cdot 0,165dB/m \Rightarrow At_{cable} = 14,55dB$$

$$At_{repartidor} = 4,5dB$$

$$At_{BAT} = 4,5dB$$

$$At_{peor_toma} = 26,8dB + 14,55dB + 4,5dB + 4,5dB \Rightarrow At_{peor_toma} = 50,35dB$$

Se calcula la mínima atenuación en la toma más cercana a la cabecera y a la frecuencia más baja para el servicio de televisión digital terrestre (TDT):

$$At_{derivadores} = 20dB \Rightarrow At_{derivadores} = 20dB$$

$$At_{cable} = 15,47m \cdot 0,135dB/m \Rightarrow At_{cable} = 2,088dB$$

$$At_{repartidor} = 7,5dB$$

$$At_{BAT} = 4,5dB$$

$$At_{mejor_toma} = 20dB + 2,088dB + 7,5dB + 4,5dB \Rightarrow At_{mejor_toma} = 34,08dB$$

FM

Se calcula la máxima atenuación en la toma más alejada a la cabecera y a la frecuencia más alta:

$$At_{derivadores} = (3 \cdot 5dB) + 2,3dB + 2,5dB + 7dB \Rightarrow At_{derivadores} = 26,8dB$$

$$At_{cable} = 88,2m \cdot 0,065dB/m \Rightarrow At_{cable} = 5,73dB$$

$$At_{repartidor} = 4,5dB$$

$$At_{BAT} = 4,5dB$$

$$At_{peor_toma} = 26,8dB + 5,73dB + 4,5dB + 4,5dB \Rightarrow At_{peor_toma} = 41,53dB$$

Se calcula la mínima atenuación en la toma más cercana a la cabecera y a la frecuencia más baja:

$$At_{derivadors} = 20dB \Rightarrow At_{derivadors} = 20dB$$

$$At_{cable} = 15,47m \cdot 0,06dB / m \Rightarrow At_{cable} = 0,928dB$$

$$At_{repartidor} = 7,5dB$$

$$At_{BAT} = 4,5dB$$

$$At_{mejor_toma} = 20dB + 0,928dB + 7,5dB + 4,5dB \Rightarrow At_{mejor_toma} = 32,928dB$$

DAB

Se calcula la máxima atenuación en la toma más alejada a la cabecera y a la frecuencia más alta:

$$At_{derivadors} = (3 \cdot 5dB) + 2,3dB + 2,5dB + 7dB \Rightarrow At_{derivadors} = 26,8dB$$

$$At_{cable} = 88,2m \cdot 0,081dB / m \Rightarrow At_{cable} = 7,14dB$$

$$At_{repartidor} = 4,5dB$$

$$At_{BAT} = 4,5dB$$

$$At_{peor_toma} = 26,8dB + 7,14dB + 4,5dB + 4,5dB \Rightarrow At_{peor_toma} = 42,94dB$$

Se calcula la mínima atenuación en la toma más cercana a la cabecera y a la frecuencia más baja:

$$At_{derivadors} = 20dB \Rightarrow At_{derivadors} = 20dB$$

$$At_{cable} = 15,47m \cdot 0,079dB / m \Rightarrow At_{cable} = 1,22dB$$

$$At_{repartidor} = 7,5dB$$

$$At_{BAT} = 4,5dB$$

$$At_{mejor_toma} = 20dB + 1,22dB + 7,5dB + 4,5dB \Rightarrow At_{mejor_toma} = 33,22dB$$

La siguiente tabla recoge los resultados obtenidos en cuanto a la atenuación desde la salida de los amplificadores de cabecera hasta las tomas de usuario:

		Frecuencia (MHz)	Atenuaciones máximas y mínimas (dB)				Atenuación Total
			Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable	
TDT	Peor toma	858 MHz	26	7,5	4,5	14,53	53,55
	Mejor toma	642 MHz	20	7,5	4,5	2,08	34,08
Radio FM	Peor toma	108 MHz	26	7,5	4,5	5,73	43,73
	Mejor toma	87,5 MHz	20	7,5	4,5	0,928	32,92
Radio DAB	Peor toma	223 MHz	26	7,5	4,5	7,14	45,14
	Mejor toma	196 MHz	20	7,5	4,5	1,22	33,93

Tabla 2.3 Atenuaciones mínima y máximas de la red de distribución de RTV terrestre

Cálculo de la atenuación en la banda 15-862 MHz

Se incluye una tabla con la atenuación desde la salida de los amplificadores de cabecera hasta todas las tomas para las frecuencias 15 MHz y 862 MHz.

Tabla de atenuaciones en las tomas para Radiodifusión sonora y televisión terrestre (dB) en la banda 15MHz-862MHz									
Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación en la toma
						metros de cable	atenuación (dB/m)	Total	
15 MHz	Planta segunda								
	Aula 5	1	20	7,5	4,5	25,59	0,01	0,2559	32,2559
		2	20	7,5	4,5	25,06	0,01	0,2506	32,2506
	Aula 6	1	20	7,5	4,5	15,47	0,01	0,1547	32,1547
		2	20	7,5	4,5	18,84	0,01	0,1884	32,1884
	Aula 7	1	20	7,5	4,5	24,42	0,01	0,1884	32,1884
		2	20	7,5	4,5	24,26	0,01	0,2442	32,2442
	Aula 8	1	21	7,5	4,5	23,49	0,01	0,2349	33,2349
		2	21	7,5	4,5	27,22	0,01	0,2722	33,2722
	Aula 9	1	21	7,5	4,5	39,29	0,01	0,3929	33,3929
		2	21	7,5	4,5	39,15	0,01	0,3915	33,3915
	Aula 10	1	21	7,5	4,5	38,66	0,01	0,3866	33,3866
		2	21	7,5	4,5	42,1	0,01	0,421	33,421
	Aula 11	1	20	7,5	4,5	25,91	0,01	0,2591	32,2591
		2	20	7,5	4,5	24,53	0,01	0,2453	32,2453
	Aula 12	1	20	7,5	4,5	27,39	0,01	0,2739	32,2739
		2	20	7,5	4,5	25,73	0,01	0,2573	32,2573
	Aula pequeños grupos 4	1	21	7,5	4,5	47,79	0,01	0,4779	33,4779
		2	21	7,5	4,5	43,67	0,01	0,4367	33,4367
	Aula informática	1	20	7,5	4,5	40,62	0,01	0,4118	32,4118
		2	20	7,5	4,5	41,18	0,01	0,3843	32,3843
	Aula plástica	1	20	7,5	4,5	38,43	0,01	0,3843	32,3843
		2	20	7,5	4,5	35,18	0,01	0,3518	32,3518
	Aula música	1	20	7,5	4,5	46,62	0,01	0,4662	32,4662
		2	20	7,5	4,5	50,09	0,01	0,5009	32,5009
	Planta Primera								
	Aula 1	1	25,3	7,5	4,5	31,76	0,01	0,3176	37,6176
		2	25,3	7,5	4,5	35,32	0,01	0,3532	37,6532
	Aula 2	1	25,3	7,5	4,5	47,94	0,01	0,4794	37,7794
		2	25,3	7,5	4,5	49,03	0,01	0,4903	37,7903
	Aula 3	1	24,3	7,5	4,5	38,25	0,01	0,3825	36,6825
		2	24,3	7,5	4,5	45,05	0,01	0,4505	36,7505
Aula 4	1	24,3	7,5	4,5	50,07	0,01	0,5007	36,8007	
	2	24,3	7,5	4,5	47,26	0,01	0,4726	36,7726	
Aula pequeños grupos 1	1	25,3	7,5	4,5	21,62	0,01	0,2162	37,5162	
	2	25,3	7,5	4,5	26,84	0,01	0,2684	37,5684	
Aula pequeños grupos 2	1	25,3	7,5	4,5	28,51	0,01	0,2851	37,5851	
	2	25,3	7,5	4,5	21,29	0,01	0,2129	37,5129	

Tabla de atenuaciones en las tomas para Radiofusión sonora y televisión terrestre (dB) en la banda 15MHz-862MHz									
Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación en la toma
						metros de cable	atenuación (dB/m)	Total	
15 MHz	Planta Primera								
	Aula pequeños grupos 3	1	25,3	7,5	4,5	26,82	0,01	0,2682	37,5682
		2	25,3	7,5	4,5	32,82	0,01	0,3282	37,6282
	Aula complementaria	1	25,3	7,5	4,5	38,59	0,01	0,3859	37,6859
		2	25,3	7,5	4,5	42,63	0,01	0,4263	37,7263
	Sala profesores	1	25,3	7,5	4,5	45,04	0,01	0,4504	37,7504
		2	25,3	7,5	4,5	57,99	0,01	0,5799	37,8799
	Dirección	1	25,3	7,5	4,5	24,71	0,01	0,2471	37,5471
		2	25,3	7,5	4,5	25,66	0,01	0,2566	37,5566
	Planta Baja								
	Aula 1	1	28,5	7,5	4,5	23,9	0,01	0,239	40,739
		2	28,5	7,5	4,5	22,61	0,01	0,2261	40,7261
	Aula 2	1	28,5	7,5	4,5	28,07	0,01	0,2807	40,7807
		2	28,5	7,5	4,5	27,27	0,01	0,2727	40,7727
	Aula 3	1	28,5	7,5	4,5	35,33	0,01	0,3533	40,8533
		2	28,5	7,5	4,5	39,47	0,01	0,3947	40,8947
	Aula 4	1	28,5	7,5	4,5	54,57	0,01	0,5457	41,0457
		2	28,5	7,5	4,5	43,52	0,01	0,4352	40,9352
	Aula 5	1	28,5	7,5	4,5	55,66	0,01	0,5566	41,0566
		2	28,5	7,5	4,5	59,68	0,01	0,5968	41,0968
	Aula 6	1	28,5	7,5	4,5	41,47	0,01	0,4147	40,9147
		2	28,5	7,5	4,5	45,31	0,01	0,4531	40,9531
	Aula pequeños grupos	1	28,5	7,5	4,5	30,46	0,01	0,3046	40,8046
		2	28,5	7,5	4,5	32,7	0,01	0,327	40,827
	Aula psicomotricidad	1	28,5	7,5	4,5	37,4	0,01	0,374	40,874
		2	28,5	7,5	4,5	30,39	0,01	0,3039	40,8039
	Edificio Biblioteca-Comedor y Gimnasio								
	Biblioteca	1	26,8	7,5	4,5	38,05	0,01	0,3805	39,1805
		2	26,8	7,5	4,5	29,18	0,01	0,2918	39,0918
	Comedor	1	26,8	7,5	4,5	45,43	0,01	0,4543	39,2543
2		26,8	7,5	4,5	60,9	0,01	0,609	39,409	
Gimnasio	1	26,8	4,5	4,5	88,2	0,01	0,882	36,682	
	2	26,8	4,5	4,5	87,57	0,01	0,8757	36,6757	
862 MHz	Planta segunda								
	Aula 5	1	20	7,5	4,5	25,59	0,166	4,24794	36,24794
		2	20	7,5	4,5	25,06	0,166	4,15996	36,15996
	Aula 6	1	20	7,5	4,5	15,47	0,166	2,56802	34,56802
		2	20	7,5	4,5	18,84	0,166	3,12744	35,12744
	Aula 7	1	20	7,5	4,5	24,42	0,166	4,05372	36,05372
		2	20	7,5	4,5	24,26	0,166	4,02716	36,02716
	Aula 8	1	21	7,5	4,5	23,49	0,166	3,89934	36,89934
		2	21	7,5	4,5	27,22	0,166	4,51852	37,51852
	Aula 9	1	21	7,5	4,5	39,29	0,166	6,52214	39,52214
		2	21	7,5	4,5	39,15	0,166	6,4989	39,4989
	Aula 10	1	21	7,5	4,5	38,66	0,166	6,41756	39,41756
		2	21	7,5	4,5	42,1	0,166	6,9886	39,9886
	Aula 11	1	20	7,5	4,5	25,91	0,166	4,30106	36,30106
		2	20	7,5	4,5	24,53	0,166	4,07198	36,07198
	Aula 12	1	20	7,5	4,5	27,39	0,166	4,54674	36,54674
		2	20	7,5	4,5	25,73	0,166	4,27118	36,27118
	Aula pequeños grupos 4	1	21	7,5	4,5	47,79	0,166	7,93314	40,93314
		2	21	7,5	4,5	43,67	0,166	7,24922	40,24922
	Aula informática	1	20	7,5	4,5	40,62	0,166	6,74292	38,74292
		2	20	7,5	4,5	41,18	0,166	6,83588	38,83588
	Aula plástica	1	20	7,5	4,5	38,43	0,166	6,37938	38,37938
		2	20	7,5	4,5	35,18	0,166	5,83988	37,83988
	Aula música	1	20	7,5	4,5	46,62	0,166	7,73892	39,73892
		2	20	7,5	4,5	50,09	0,166	8,31494	40,31494
	Planta Primera								
	Aula 1	1	25,3	7,5	4,5	31,76	0,166	5,27216	42,57216
		1	25,3	7,5	4,5	35,32	0,166	5,86312	43,16312
	Aula 2	1	25,3	7,5	4,5	47,94	0,166	7,95804	45,25804
		1	25,3	7,5	4,5	49,03	0,166	8,13898	45,43898
Aula 3	1	24,3	7,5	4,5	38,25	0,166	6,3495	42,6495	
	1	24,3	7,5	4,5	45,05	0,166	7,4783	43,7783	
Aula 4	1	24,3	7,5	4,5	50,07	0,166	8,31162	44,61162	
	1	24,3	7,5	4,5	47,26	0,166	7,84516	44,14516	

Tabla de atenuaciones en las tomas para Radiofusión sonora y televisión terrestre (dB) en la banda 15MHz-862MHz									
Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación en la toma
						metros de cable	atenuación (dB/m)	Total	
862 MHz	Planta Primera								
	Aula pequeños grupos 1	1	25,3	7,5	4,5	21,62	0,166	3,58892	40,88892
		1	25,3	7,5	4,5	26,84	0,166	4,45544	41,75544
	Aula pequeños grupos 2	1	25,3	7,5	4,5	28,51	0,166	4,73266	42,03266
		1	25,3	7,5	4,5	21,29	0,166	3,53414	40,83414
	Aula pequeños grupos 3	1	25,3	7,5	4,5	26,82	0,166	4,45212	41,75212
		1	25,3	7,5	4,5	32,82	0,166	5,44812	42,74812
	Aula complementaria	1	25,3	7,5	4,5	38,59	0,166	6,40594	43,70594
		1	25,3	7,5	4,5	42,63	0,166	7,07658	44,37658
	Sala profesores	1	25,3	7,5	4,5	45,04	0,166	7,47664	44,77664
		1	25,3	7,5	4,5	57,99	0,166	9,62634	46,92634
	Dirección	1	25,3	7,5	4,5	24,71	0,166	4,10186	41,40186
		1	25,3	7,5	4,5	25,66	0,166	4,25956	41,55956
	Planta Baja								
	Aula 1	1	28,5	7,5	4,5	23,9	0,166	3,9674	44,4674
		1	28,5	7,5	4,5	22,61	0,166	3,75326	44,25326
	Aula 2	1	28,5	7,5	4,5	28,07	0,166	4,65962	45,15962
		1	28,5	7,5	4,5	27,27	0,166	4,52682	45,02682
	Aula 3	1	28,5	7,5	4,5	35,33	0,166	5,86478	46,36478
		1	28,5	7,5	4,5	39,47	0,166	6,55202	47,05202
	Aula 4	1	28,5	7,5	4,5	54,57	0,166	9,05862	49,55862
		1	28,5	7,5	4,5	43,52	0,166	7,22432	47,72432
	Aula 5	1	28,5	7,5	4,5	55,66	0,166	9,23956	49,73956
		1	28,5	7,5	4,5	59,68	0,166	9,90688	50,40688
	Aula 6	1	28,5	7,5	4,5	41,47	0,166	6,88402	47,38402
		2	28,5	7,5	4,5	45,31	0,166	7,52146	48,02146
	Aula pequeños grupos	1	28,5	7,5	4,5	30,46	0,166	5,05636	45,55636
		2	28,5	7,5	4,5	32,7	0,166	5,4282	45,9282
	Aula psicomotricidad	1	28,5	7,5	4,5	37,4	0,166	6,2084	46,7084
		2	28,5	7,5	4,5	30,39	0,166	5,04474	45,54474
	Edificio Biblioteca-Comedor y Gimnasio								
	Biblioteca	1	26,8	7,5	4,5	38,05	0,166	6,3163	45,1163
		2	26,8	7,5	4,5	29,18	0,166	4,84388	43,64388
	Comedor	1	26,8	7,5	4,5	45,43	0,166	7,54138	46,34138
		2	26,8	7,5	4,5	60,9	0,166	10,1094	48,9094
	Gimnasio	1	26,8	4,5	4,5	88,2	0,166	14,6412	50,4412
		2	26,8	4,5	4,5	87,57	0,166	14,53662	50,33662



Atenuación mínima



Atenuación máxima

Tabla 2.4 Atenuación en la banda 15-862 MHz

Al final de este anexo se puede encontrar un documento excel con la atenuación máxima y mínima desde la salida de los amplificadores de cabecera hasta todas las tomas para cada uno de los servicios de radiofusión sonora y televisión terrestre, a la frecuencia mínima y máxima correspondiente a cada uno de estos servicio (TDT, FM y DAB).

2.5. Niveles de señal en la cabecera

2.6. Niveles de señal a la entrada de la cabecera

Sabiendo que la PIRE con la que transmite la torre de Alpocat para televisión digital terrestre es de 46,119 dBW y para radio FM y DAB 36,98 dBW, se calcula la potencia recibida en la antena receptora de cada servicio.

Para calcularla la potencia recibida se aplica la siguiente fórmula:

$$P_R = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi D^2} \cdot A_{ef} = \frac{PIRE}{4\pi D^2} \cdot A_{ef} = \frac{PIRE}{4\pi D^2} \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_R = PIRE \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right)^2 \cdot G_R \quad (2.4)$$

Pasándolo de lineal a logaritmo, queda:

$$P_R (dB) = PIRE (dBW) + G_R (dB) + 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right) \quad (2.5)$$

Dónde,

- P_R =Potencia recibida por la antena receptora
- P_T =Potencia transmitida por la antena transmisora
- G_T =Ganancia de la antena transmisora
- A_{ef} =área efectiva de la antena
- $PIRE$ =Potencia isotrópica radiada equivalente ($PIRE = P_T \cdot G_T$)
- D =Distancia entre el satélite y la antena receptora
- G_R =Ganancia de la antena receptora
- λ =Longitud de onda de la señal recibida

Para calcular la longitud de onda para ambas frecuencias se aplicará la siguiente fórmula:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.6)$$

Dónde,

λ =longitud de onda en metros
 c =velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s)
 f =frecuencia en Hz

A continuación, se especifican todos los cálculos llevados a cabo para calcular la potencia de señal a la entrada de cada uno de los amplificadores de la cabecera de radiodifusión terrestre, así como los resultados obtenidos.

IDT

Datos:
 $PIRE=46,119$ dBW
 $G_R=19$ dB
 $f_{min}=642$ MHz

$$f_{\max}=858 \text{ MHz}$$

Se calcula la longitud de onda para ambas frecuencias:

$$\lambda_{\min} = \frac{c}{f_{\max}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{858 \cdot 10^6} \Rightarrow \lambda_{\min} = 0,349 \text{ m}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\min}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{642 \cdot 10^6} \Rightarrow \lambda_{\max} = 0,467 \text{ m}$$

A continuación, se procede a calcular el nivel mínimo (a la frecuencia máxima) y el máximo (a la frecuencia mínima) de potencia recibida por la antena receptora.

El resultado obtenido, en dBW, se pasará a tensión (dB μ V) aplicando las fórmulas 2.7 y 2.8:

$$V_R (v) = \sqrt{P_R (W) \cdot 75 \Omega} \quad (2.7)$$

$$V_R (dB\mu V) = 20 \log(P_R (\mu V)) \quad (2.8)$$

$$P_{R_min} = 46,119 \text{ dBW} + 19 \text{ dB} + 20 \log\left(\frac{0,349}{4\pi \cdot 80 \cdot 10^3}\right) \Rightarrow P_{R_min} = -64,67 \text{ dBW}$$

Pasando el resultado a tensión, se obtiene $V_{R_min} = 74,68 \text{ dB}\mu V$

$$P_{R_max} = 46,119 \text{ dBW} + 19 \text{ dB} + 20 \log\left(\frac{0,467}{4\pi \cdot 80 \cdot 10^3}\right) \Rightarrow P_{R_max} = -61,54 \text{ dBW}$$

Pasando el resultado a tensión, se obtiene $V_{R_max} = 77,209 \text{ dB}\mu V$

Radio FM

Datos:

PIRE=36,98 dBW

G_R=1 dB

f_{min}=87,5 MHz

f_{max}=108 MHz

Se calcula la longitud de onda para ambas frecuencias:

$$\lambda_{\min} = \frac{c}{f_{\max}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{108 \cdot 10^6} \Rightarrow \lambda_{\min} = 2,77 \text{ m}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\min}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{87,5 \cdot 10^6} \Rightarrow \lambda_{\max} = 3,428 \text{ m}$$

A continuación, se calcula la potencia recibida por la antena receptora.

$$P_{R_{\min}} = 36,98 \text{ dBW} + 1 \text{ dB} + 20 \log \left(\frac{2,77}{4\pi \cdot 80 \cdot 10^3} \right) \Rightarrow P_{R_{\min}} = -73,21 \text{ dBW}$$

Pasando el resultado a tensión, se obtiene $V_{R_{\min}} = 65,53 \text{ dB}\mu\text{V}$

$$P_{R_{\max}} = 36,98 \text{ dBW} + 1 \text{ dB} + 20 \log \left(\frac{3,428}{4\pi \cdot 80 \cdot 10^3} \right) \Rightarrow P_{R_{\max}} = -71,365 \text{ dBW}$$

Pasando el resultado a tensión, se obtiene $V_{R_{\max}} = 67,38 \text{ dB}\mu\text{V}$

Radio DAB

Datos:

PIRE=36,98 dBW

$G_R=8 \text{ dB}$

$f_{\min}=195 \text{ MHz}$

$f_{\max}=223 \text{ MHz}$

Se calcula la longitud de onda para ambas frecuencias:

$$\lambda_{\min} = \frac{c}{f_{\max}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{195 \cdot 10^6} \Rightarrow \lambda_{\min} = 1,53 \text{ m}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\min}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{223 \cdot 10^6} \Rightarrow \lambda_{\max} = 1,34 \text{ m}$$

A continuación, se calcula la potencia recibida por la antena receptora.

$$P_{R_{\min}} = 36,98 \text{ dBW} + 8 \text{ dB} + 20 \log \left(\frac{1,34}{4\pi \cdot 80 \cdot 10^3} \right) \Rightarrow P_{R_{\min}} = -72,49 \text{ dBW}$$

Pasando el resultado a tensión, se obtiene $V_{R_{\max}} = 66,26 \text{ dB}\mu\text{V}$

$$P_{R_max} = 36,98dBW + 8dB + 20 \log\left(\frac{1,53}{4\pi \cdot 80 \cdot 10^3}\right) \Rightarrow P_{R_min} = -71,369dBW$$

Pasando el resultado a tensión, se obtiene $V_{R_max} = 67,38dB\mu V$

2.7. Niveles de señal a la salida de la cabecera

Sabiendo los niveles mínimo y máximo que debe llegar a las tomas de usuario y las atenuaciones que llegarán a las tomas, se calcula el nivel mínimo y máximo que debe salir de la cabecera para cumplir con las especificaciones. Para ello, se aplican las siguientes fórmulas:

$$C_{ampli_min} = At_{max} + C_{min_toma} \quad (2.9)$$

$$C_{ampli_max} = At_{min} + C_{mas_toma} \quad (2.10)$$

Se obtiene los siguientes resultados:

IDT

$$C_{ampli_min} = 50,35dB + 45dB\mu V \quad \Rightarrow \quad C_{ampli_min} = 95,35dB\mu V$$

$$C_{ampli_max} = 34,08dB + 70dB\mu V \quad \Rightarrow \quad C_{ampli_max} = 104,08dB\mu V$$

Por tanto, el nivel de señal a la salida de la cabecera estará comprendido entre los siguientes valores:

$$95,85dB\mu V < C_{ampli} < 104,08dB\mu V$$

El nivel medio de salida del amplificador TDT de la cabecera es:

$$C_{ampli} = \frac{95,35dB\mu V + 104,08dB\mu V}{2} = 99,72dB\mu V$$

Se fija un valor de 100 dB μ V a la salida de la cabecera.

Radio FM

$$C_{ampli_min} = 41,53dB + 40dB\mu V \quad \Rightarrow \quad C_{ampli_min} = 81,53dB\mu V$$

$$C_{ampli_max} = 39,92dB + 70dB\mu V \quad \Rightarrow \quad C_{ampli_max} = 102,92dB\mu V$$

Por tanto, el nivel se señal a la salida de la cabecera estará comprendido entre los siguientes valores:

$$81,53dB\mu V < C_{ampli} < 102,92dB\mu V$$

El nivel medio de salida del amplificador FM de la cabecera es:

$$C_{ampli} = \frac{81,53dB\mu V + 102,92dB\mu V}{2} = 92,23dB\mu V$$

Se fija un valor de 93 dB μ V a la salida de la cabecera.

Radio DAB

$$C_{ampli_min} = 42,94dB + 30dB\mu V \quad \Rightarrow \quad C_{ampli_min} = 72,94dB\mu V$$

$$C_{ampli_max} = 33,22dB + 70dB\mu V \quad \Rightarrow \quad C_{ampli_max} = 103,22dB\mu V$$

Por tanto, el nivel se señal a la salida de la cabecera estará comprendido entre los siguientes valores:

$$72,94dB\mu V < C_{ampli} < 103,22dB\mu V$$

El nivel medio de salida del amplificador DAB de la cabecera es:

$$C_{ampli} = \frac{72,94dB\mu V + 103,22dB\mu V}{2} = 88,08dB\mu V$$

Se fija un valor de 89 dB μ V a la salida de la cabecera.

De los resultados se aprecia que, para garantizar en la peor toma 45 dB μ V de señal de TV digital terrestre se requiere un nivel de **95,35 dB μ V** a la salida del conjunto de monocanales. Por otro lado, para asegurar que en la mejor toma no se superan 70 dB μ V, el nivel de salida, en este mismo punto, no debe superar **104,08 dB μ V**. Los amplificadores se ajustarán para obtener **100 dB μ V** a la salida del combinador Z.

Asimismo, el amplificador del servicio de radiofusión FM se ajustará a un nivel de salida de **93 dB μ V**, ya que para garantizar 40 dB μ V en la peor toma de señal FM y que no se superen los 70 dB μ V en la mejor toma este nivel de salida debe estar entre **81,53 dB μ V** y **102,92 dB μ V**.

Finalmente, para garantizar en la peor toma 30 dB μ V de señal de radio digital se requiere un nivel de **72, 94 dB μ V** a la salida del amplificador. Por otro lado, para asegurar que en la mejor toma no se superan 70 dB μ V, el nivel de salida del amplificador DAB no debe superar **103,22 dB μ V**. Por ello, el amplificador se ajustará para obtener **89 dB μ V** a la salida.

2.8. Ganancia de los amplificadores

Sabiendo el nivel de salida del amplificador y el nivel de señal a su entrada se obtiene la ganancia que deben tener los amplificadores de la cabecera (aplicando las fórmulas 2.11 y 2.12 para el mejor y el peor caso, respectivamente). De los valores obtenidos, se ha escogido el nivel medio.

$$G_{TDT_min} = C_{ampli_min} - P_{R_min} \quad (2.11)$$

$$G_{TDT_max} = C_{ampli_max} - P_{R_max} \quad (2.12)$$

TDT

$$G_{TDT_min} = 95,35dB\mu V - 74,68dB\mu V \Rightarrow G_{TDT_min} = 20,67dB$$

$$G_{TDT_max} = 104,088dB\mu V - 77,209dB\mu V \Rightarrow G_{TDT_max} = 26,87dB$$

Por tanto, los márgenes de la ganancia del amplificador de TDT será de:

$$20,67dB < G_{TDT} < 26,87dB$$

La ganancia de amplificador TDT se ajustará a 24 dB.

FM

$$G_{FM_min} = 81,53dB\mu V - 65,53dB\mu V \Rightarrow G_{FM_min} = 16,003dB$$

$$G_{FM_max} = 102,928dB\mu V - 67,38dB\mu V \Rightarrow G_{FM_max} = 35,54dB$$

Por tanto, los márgenes de la ganancia del amplificador FM será de:

$$16,003dB < G_{FM} < 35,548dB$$

La ganancia de amplificador FM se ajustará a 26 dB.

DAB

$$G_{DAB_min} = 72,94dB\mu V - 66,26dB\mu V \Rightarrow G_{DAB_min} = 6,68dB$$

$$G_{DAB_max} = 103,222dB\mu V - 67,38dB\mu V \Rightarrow G_{DAB_max} = 35,84dB$$

Por tanto, los márgenes de la ganancia del amplificador DAB será de:

$$6,68dB < G_{DAB} < 35,84dB$$

La ganancia de amplificador DAB se ajustará a 22 dB.

2.9. Nivel de señal en las tomas de usuario en el mejor y peor caso

Para calcular los niveles de señal en las tomas de usuario se tendrá en cuenta el nivel de señal que saldrá de la cabecera y la atenuación que sufrirá cada toma en la red de distribución. Así, y siguiendo las fórmulas 2.13 y 2.14, se comprueba cómo los niveles de señal que llegarán a las tomas de usuario están dentro de la normativa (ver tabla 2.2):

$$C_{toma_min} = C_{ampli} - At_{mas} \quad (2.13)$$

$$C_{toma_max} = C_{ampli} - At_{min} \quad (2.14)$$

TDT

$$C_{toma_min} = 100dB\mu V - 50,35dB \quad \Rightarrow \quad C_{toma_min} = 49,64dB\mu V$$

$$C_{toma_max} = 100dB\mu V - 34,08dB \quad \Rightarrow \quad C_{toma_min} = 65,91dB\mu V$$

Radio FM

$$C_{toma_min} = 93dB\mu V - 41,53dB \quad \Rightarrow \quad C_{toma_min} = 51,46dB\mu V$$

$$C_{toma_max} = 93dB\mu V - 32,92dB \quad \Rightarrow \quad C_{toma_min} = 60,07dB\mu V$$

Radio DAB

$$C_{toma_min} = 89dB\mu V - 42,94dB \quad \Rightarrow \quad C_{toma_min} = 46,05dB\mu V$$

$$C_{toma_max} = 89dB\mu V - 33,22dB \quad \Rightarrow \quad C_{toma_min} = 55,77dB\mu V$$

2.10. Relación señal-ruido

La relación señal-ruido (SNR) define el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Por tanto, para realizar este cálculo hay que tener en cuenta la potencia de señal que llega a la antena receptora y la potencia de ruido introducida por el sistema. El esquema del sistema de RTV terrestre se puede simplificar tal y cómo aparece en la figura 2.3.

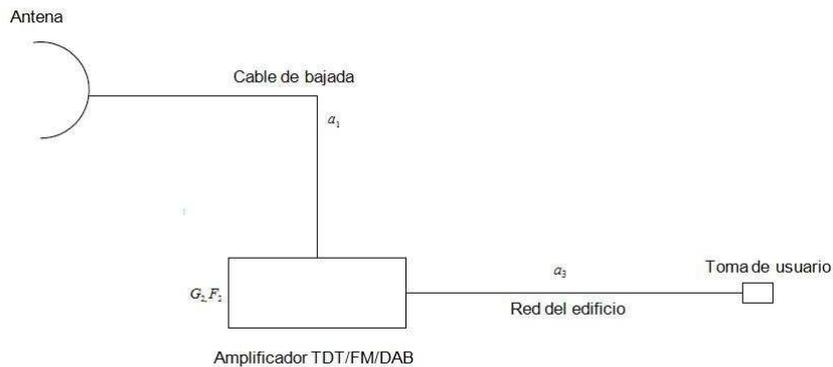


Fig. 2.3 Esquema del sistema de radiodifusión sonora y televisión terrestre

En el apartado 2.2.3.1 ya se han calculado los valores de potencia mínima y máxima recibida en cada una de las antenas receptoras.

Mediante la fórmula de Friis, se calcula el factor de ruido introducido por el sistema de captación siguiendo el esquema de la figura 2.3. Además, hay que añadir la potencia de ruido térmico. Con estos datos, se calcula la relación señal-ruido de cada uno de los servicios.

En el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, se especifica el nivel de SNR mínimo que deben tener las señales al llegar a las tomas.

Relación señal-ruido (dB)		
TDT	Radio FM	Radio DAB
25	38	18

Tabla 2.5 Nivel de SNR mínimo de las tomas de usuario de RTV terrestre

Para realizar el cálculo del ruido térmico se aplica la siguiente fórmula:

$$N = k \cdot T_{eq} \cdot B \quad (2.15)$$

Dónde,

- N=Potencia del ruido a la salida de la antena
- K=Constante de Boltzman $1,38 \cdot 10^{-23} J / K$
- B=Ancho de banda del canal
- T_{eq} =Temperatura equivalente del sistema

En este caso, la temperatura equivalente del sistema será la temperatura de la antena, cuyo valor será el de la temperatura ambiente ($T_a = 293K$).

El factor de ruido del sistema de captación viene determinado por la fórmula de Friis:

$$F_{sis} = a_1 + ((F_2 - 1) \cdot a_1) + \left(\frac{(a_3 - 1) \cdot a_1}{G_2} \right) \quad (2.16)$$

Dónde,

- a_1 =atenuación del cable de bajada desde la antena hasta el amplificador monocanal
- F_2 =factor de ruido del amplificador monocanal
- G_2 =Ganancia del amplificador monocanal
- a_3 = atenuación de la red de distribución (potencia disipada)

Finalmente, para calcular la relación señal a ruido se aplicará la siguiente fórmula:

$$SNR(dB) = P_R(dBW) - N(dB) - F_{sis}(dB) \quad (2.17)$$

Dónde,

P_R =potencia recibida por la antena receptora

N = Potencia de ruido a la salida de la antena

F =factor de ruido del sistema

A continuación, se especifican todos los cálculos llevados a cabo para calcular la SNR de los distintos servicios de radiodifusión terrestre.

TDT

Datos:

P_{R_min} =74,68 dB=-64,07dB μ V

P_{R_max} =77,209 dB=-61,54dB μ V

G_2 =24 dB=251,18 (G_{TDT})

F_2 =9 dB=7,94

B =8MHz (ancho de banda del canal)

a_{3_min} =34,088 dB=2563,303

a_{3_max} =50,35 dB=108467,59

El ruido térmico obtenido es:

$$N(dB) = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 8 \cdot 10^6 \quad \Rightarrow \quad N = 3,234 \cdot 10^{-14} = -134,9dB$$

A continuación, se calcula la atenuación mínima y máxima producida por el cable de bajada desde la antena receptora hasta el amplificador, considerando que el cable mide 5 metros.

$$a_{1_min} = 5m \cdot 0,135dB / m = 0,675dB \Rightarrow a_{1_min} = 1,168$$

$$a_{1_max} = 5m \cdot 0,165dB / m = 0,825dB \Rightarrow a_{1_max} = 1,209$$

$$F_{sis_min} = 1,168 + ((7,94 - 1) \cdot 1,168) + \left(\frac{(2563,303 - 1) \cdot 1,168}{251,18} \right) \Rightarrow F_{sis_min} = 21,19$$

Pasando el resultado a decibelios, se obtiene $F_{sis_min} = 13,26dB$

$$F_{sis_max} = 1,209 + ((7,94 - 1) \cdot 1,209) + \left(\frac{(108467,59 - 1) \cdot 1,209}{251,18} \right) \Rightarrow F_{sis_max} = 531,66$$

Pasando el resultado a decibelios, se obtiene $F_{sis_max} = 27,25dB$

Una vez obtenida la figura de ruido del sistema para el peor y el mejor caso, se puede calcular la relación señal-ruido:

Así, ya se puede calcular la SRN:

$$SNR_{min}(dB) = -64,07 dBW - (-134,9)dB - 27,25dB \Rightarrow SNR = 43,58dB$$

$$SNR_{max}(dB) = -61,54 dBW - (-134,9)dB - 13,26dB \Rightarrow SNR = 60,1dB$$

Radio FM

Datos:

$$P_{R_min} = 65,53 dB = -73,216 dB\mu V$$

$$P_{R_max} = 67,38 dB = -71,365 dB\mu V$$

$$G_2 = 26 dB = 398,107 (G_{FM})$$

$$F_2 = 9 dB = 7,94$$

$$B = 300 KHz \text{ (ancho de banda del canal)}$$

$$a_{3_min} = 32,928 dB = 1962,456$$

$$a_{3_max} = 41,53 dB = 14233,11$$

El ruido térmico obtenido es:

$$N(dB) = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 300 \cdot 10^3 \Rightarrow N = 1,21302 \cdot 10^{-15} = -149,16dB$$

El valor de la atenuación producida por el cable de bajada es:

$$a_{1_min} = 5m \cdot 0,069dB / m = 0,3dB \Rightarrow a_{1_min} = 1,071$$

$$a_{1_max} = 5m \cdot 0,065dB / m = 0,325dB \Rightarrow a_{1_max} = 1,077$$

$$F_{sis_min} = 1,071 + ((7,94 - 1) \cdot 1,071) + \left(\frac{(1962,456 - 1) \cdot 1,071}{398,107} \right) \Rightarrow F_{sis_min} = 13,79$$

Pasando el resultado a decibelios, se obtiene $F_{sis_min} = 11,39dB$

$$F_{sis_mac} = 1,077 + ((7,94 - 1) \cdot 1,077) + \left(\frac{(14233,11 - 1) \cdot 1,077}{398,107} \right) \Rightarrow F_{sis_max} = 47,05$$

Pasando el resultado a decibelios, se obtiene $F_{sis_max} = 16,72dB$

Así, se calcula la SRN:

$$SNR_{min}(dB) = -73,21dBW - (-149,16)dB - 16,72dB \Rightarrow SRN = 59,22dB$$

$$SNR_{max}(dB) = -71,365dBW - (-149,16)dB - 11,39dB \Rightarrow SRN = 66,40dB$$

Radio DAB

Datos:

$$P_{R_min} = 66,26 \text{ dB} = -72,49 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$P_{R_max} = 67,38 \text{ dB} = -71,369 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$G_2 = 22 \text{ dB} = 158,48 \text{ (G}_{DAB}\text{)}$$

$$F_2 = 9 \text{ dB} = 7,94$$

$$B = 1,5 \text{ MHz (ancho de banda del canal)}$$

$$a_{3_min} = 33,222 \text{ dB} = 2099,906$$

$$a_{3_max} = 42,94 \text{ dB} = 19696,99$$

El ruido térmico obtenido es:

$$N(dB) = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 1,5 \cdot 10^6 \Rightarrow N = 6,0651 \cdot 10^{-15} = -142,17dB$$

El valor de la atenuación producida por el cable de bajada es:

$$a_{1_min} = 5m \cdot 0,079 \text{ dB} / m = 0,395 \text{ dB} \Rightarrow a_{1_min} = 1,095$$

$$a_{1_max} = 5m \cdot 0,081 \text{ dB} / m = 0,405 \text{ dB} \Rightarrow a_{1_max} = 1,097$$

$$F_{sis_min} = 1,095 + ((7,94 - 1) \cdot 1,095) + \left(\frac{(2099,906 - 1) \cdot 1,095}{158,48} \right) \Rightarrow F_{sis_min} = 23,20$$

Pasando el resultado a decibelios, se obtiene $F_{sis_min} = 13,65$

$$F_{sis_mac} = 1,097 + ((7,94 - 1) \cdot 1,097) + \left(\frac{(19696,99 - 1) \cdot 1,097}{158,48} \right) \Rightarrow F_{sis_max} = 145,14$$

Pasando el resultado a decibelios, se obtiene $F_{sis_max} = 21,61dB$

Así, se calcula la SRN:

$$SNR_{min}(dB) = -72,49dBW - (-142,17)dB - 21,61dB \Rightarrow SRN_{min} = 48,06dB$$

$$SNR_{max}(dB) = -71,36dBW - (-142,17)dB - 13,65dB \Rightarrow SRN_{max} = 57,14dB$$

Se observa cómo la instalación garantiza ampliamente la SNR mínima establecida para cada servicio (ver tabla 2.5).

2.11. Relación de Intermodulación

La intermodulación es otro tipo de interferencia que hay que tener en cuenta dentro de la banda de recepción de los canales. Se debe a la no linealidad de los amplificadores cuando trabajan próximos a la zona de saturación (máximo nivel de salida del amplificador).

En televisión terrenal digital se define la intermodulación simple, $(C/I)_{simple}$, cuando la cabecera está formada por amplificadores monocanales, como la relación en dB entre el nivel de la portadora de un canal (la de video), y el nivel de los productos de intermodulación de tercer orden provocados por las tres portadoras presentes en el canal (video, audio y color). Esta relación viene dada por la expresión (2.18):

$$(C/I)_{toma}(dB) = (C/I)_{ampli} + 2 \cdot (V_{out_max} - V_{out_real}) \quad (2.18)$$

Dónde,

$(C/I)_{ampli}$ =relación en dB entre el nivel de la portadora de un canal y el nivel de señal interferente dentro del canal. Es un valor facilitado por el fabricante.
 V_{out_max} =nivel de señal máximo permitido a la salida del amplificador. Para los amplificadores monocanales de UHF este valor es de 118dB μ V para canales de 8MHz de ancho de banda.

V_{out_real} = nivel de señal máximo a la salida del amplificador (valor calculado).

Siguiendo la norma EN50083-5 la distancia de intermodulación $(C/I)_{ampli}$ para los amplificadores monocanales es de 54 dB (ver figura 2.4).

$$(C/I)_{toma}(dB) = 54dB + 2 \cdot (118dB\mu V - 100dB\mu V) \Rightarrow (C/I)_{toma} = 90dB$$

De esta forma, el valor obtenido cumple con las especificaciones del apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, en el que se especifica una relación de intermodulación mínima de 30 dB para las señales CODFM-TV

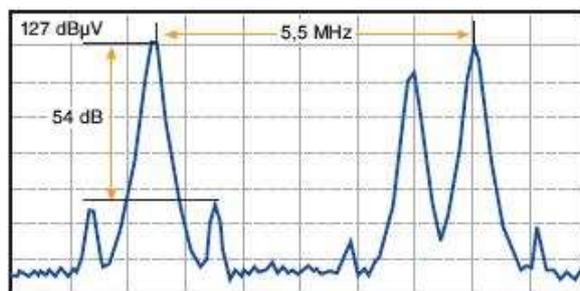


Fig. 2.4 Medida de la tensión máxima de salida de un amplificador monocanal

2.12. Respuesta amplitud-frecuencia en banda

Este parámetro indica la variación máxima de la atenuación dentro de la banda 15-862 MHz.

Para la mejor y la peor toma de usuario se calculará la siguiente relación:

$$A/f \text{ (dB)} = A_{t_{\text{máxima}}} \text{ (dB)} - A_{t_{\text{mínima}}} \text{ (dB)} \quad (2.19)$$

Dónde,

$A_{t_{\text{máxima}}}$ = atenuación total máxima en la toma.

$A_{t_{\text{mínima}}}$ = atenuación total mínima en la toma.

Al final del anexo se puede consultar la tabla en la que se recogen los resultados obtenidos en el cálculo de la atenuación mínima y máxima de todas las tomas de usuario del colegio en la banda 15-862 MHz. Extrayendo los datos de dicha tabla, se obtienen los siguientes valores de atenuaciones:

$$A_{t_{\text{máxima}}} \text{ (mejor toma)} = 34,56 \text{ dB} / A_{t_{\text{mínima}}} \text{ (mejor toma)} = 32,15 \text{ dB}$$

$$A_{t_{\text{máxima}}} \text{ (peor toma)} = 50,44 \text{ dB} / A_{t_{\text{mínima}}} \text{ (peor toma)} = 38,68 \text{ dB}$$

Aplicando la fórmula 2.19, se calcula la respuesta amplitud-frecuencia en el mejor y en el peor caso:

$$A / f_{\text{min}} = 34,56 \text{ dB} - 32,15 \text{ dB} \Rightarrow A / f_{\text{min}} = 2,41 \text{ dB}$$

$$A / f_{\text{max}} = 50,44 \text{ dB} - 38,68 \text{ dB} \Rightarrow A / f_{\text{max}} = 11,76 \text{ dB}$$

El valor obtenido en ambos casos no supera el valor máximo de 16 dB establecido en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril.

2.13. Descripción de los elementos componentes de la instalación

1) SISTEMAS CAPTADORES DE SEÑAL	FMB-II	1 Antena omnidireccional G=1 dB
	VHF (DAB)	1 Antena directiva G=8dB
	UHF	1 Antena directiva G=19 dB
SOPORTES PARA ELEMENTOS CAPTADORES		Un mástil de 3 m. que se fijará
		Pieza de hormigón que permitirá la fijación del mástil sobre el suelo
		Un conjunto de anclajes para fijar las antenas al mástil
2) AMPLIFICADORES	FMB-II	1 Amplificador G=30 dB y Vout=114 dB μ V
	DAB B-III	1 Amplificador G=45 dB y Vout=114 dB μ V
	C/42 Digital B-V	1 Amplificador G=50dB y Vout=108 dB μ V
	C/50 Digital B-V	1 Amplificador G=50dB y Vout=118 dB μ V
	C/53 Digital B-V	1 Amplificador G=50dB y Vout=118 dB μ V
	C/58 Digital B-V	1 Amplificador G=50dB y Vout=118 dB μ V
	C/64 Digital B-V	1 Amplificador G=50dB y Vout=118 dB μ V
	C/66-69 Digital B-V	1 Amplificador G=50dB y Vout=108 dB μ V

3) DISTRIBUIDORES Y OTROS ELEMENTOS PASIVOS								
DERIVADORES			REPARTIDORES			TOMAS		
Referencia	Direcciones	Cantidad	Referencia	Salidas	Cantidad	Referencia	Salidas	Cantidad
5147	8	1	5437	4	32	5246	3	66
5146	8	2	5436	3	1			
5142	4	1	5435	2	1			
5130	2	1						

4) CABLES		
Tipo	Recinto	Longitud (m)
Coaxial	Exterior	51,88
	Interior	986,81
	Total cable	1038,69

5) OTROS MATERIALES	1 Fuente de alimentación con una tensión de salida de 24 V, 2,5 A de corriente y una potencia de salida de 60 W
	4 cargas de 75 Ω
	13 puentes de acoplo
	Cofre de equipo
	Toma de tierra

3. CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN POR SATÉLITE

3.1. Mezcla de las señales de radiofusión sonora y televisión por satélite con las terrestres

La señal terrestre de radiofusión y televisión digital y la señal satélite se mezclan a la salida de la cabecera y así, se configura la señal completa para el cable que entra al primer derivador de la red de distribución.

3.2. Amplificadores necesarios, derivadores, repartidores y tomas de usuario

Amplificadores necesarios

Los canales serán amplificados en la cabecera mediante un amplificador FI. Su figura de ruido, ganancia y nivel máximo de salida se han seleccionado para garantizar en las tomas de usuario los niveles de calidad exigidos por el Real Decreto 401/2009, de 4 de abril. El amplificador que formará la cabecera satélite es un amplificador de FI regulado a 30 dB, alimentado a 15V y 150mA.

3.3. Cálculo de los parámetros básicos de la instalación

3.4. Atenuación desde los amplificadores de cabecera hasta las tomas de usuario en la banda 950-2150 MHz

Con el fin de que todas las tomas de usuario reúnan los niveles de calidad para los servicios de radiofusión sonora y de televisión, especificados en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, se han calculado las atenuaciones máximas y mínimas, en la peor y en la mejor toma del colegio, respectivamente. Para ello, se han tenido en cuenta las atenuaciones dentro de la banda de 950 a 2150 MHz correspondientes a las redes de distribución y usuario. Según los requisitos exigidos, el nivel mínimo de señal que debe llegar a las tomas es de 47 dB μ V y el nivel máximo es de 77 dB μ V.

El cálculo de la atenuación máxima se llevará a cabo con la máxima frecuencia, mientras que, para la atenuación mínima, se tendrá en cuenta la mínima frecuencia. El procedimiento a seguir es el mismo que para RTV terrestre.

Atenuación máxima

$$At_{derivadors} = (3 \cdot 5dB) + 3,4dB + 2,6dB + 11dB \quad \Rightarrow \quad At_{derivadors} = 32dB$$

$$At_{cable} = 88,2m \cdot 0,027dB/m \quad \Rightarrow \quad At_{cable} = 23,81dB$$

$$At_{\text{repartidor}} = 5dB$$

$$At_{\text{BAT}} = 1,5dB$$

$$At_{\text{peor_toma}} = 32dB + 23,81dB + 5dB + 1,5dB \Rightarrow At_{\text{peor_toma}} = 62,31dB$$

Atenuación mínima

$$At_{\text{derivadors}} = 20dB \Rightarrow At_{\text{derivadors}} = 20dB$$

$$At_{\text{cable}} = 15,47m \cdot 0,165dB/m \Rightarrow At_{\text{cable}} = 2,55dB$$

$$At_{\text{repartidor}} = 9,5dB$$

$$At_{\text{BAT}} = 1,5dB$$

$$At_{\text{peor_toma}} = 20dB + 2,55dB + 9,5dB + 1,5dB \Rightarrow At_{\text{peor_toma}} = 33,55dB$$

	Frecuencia (MHz)	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable	Atenuación Total
Peor toma	2140 MHz	32	5	1,5	23,81	62,31
Mejor toma	950MHz	20	9,5	1,5	2,55	33,55

Tabla 3.1 Atenuaciones mínimas y máximas de la red de distribución para RTV satélite

Cálculo de la atenuación en la banda 950-2150 MHz

Se incluye una tabla con la atenuación desde la salida del amplificador de cabecera hasta todas las tomas para las frecuencias 950 MHz y 2150 MHz.

Tabla de atenuaciones en las tomas para Radiodifusión sonora y televisión satélite (dB) en la banda 950MHz-2150MHz									
Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación en la toma
						metros de cable	atenuación (dB/m)	Total	
Planta segunda									
950 MHz	Aula 5	1	21	9,5	1,5	25,59	0,165	4,22235	36,22235
		2	21	9,5	1,5	25,06	0,165	4,1349	36,1349
	Aula 6	1	20	9,5	1,5	15,47	0,165	2,55255	33,55255
		2	20	9,5	1,5	18,84	0,165	3,1086	34,1086
	Aula 7	1	21	9,5	1,5	24,42	0,165	3,1086	35,1086
		2	21	9,5	1,5	24,26	0,165	4,0293	36,0293
	Aula 8	1	20	9,5	1,5	23,49	0,165	3,87585	34,87585
		2	20	9,5	1,5	27,22	0,165	4,4913	35,4913
	Aula 9	1	20	9,5	1,5	39,29	0,165	6,48285	37,48285
		2	20	9,5	1,5	39,15	0,165	6,45975	37,45975
	Aula 10	1	20	9,5	1,5	38,66	0,165	6,3789	37,3789
		2	20	9,5	1,5	42,1	0,165	6,9465	37,9465

Tabla de atenuaciones en las tomas para Radiofusión sonora y televisión satélite (dB) en la banda 950MHz-2150MHz									
Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación en la toma
						metros de cable	atenuación (dB/m)	Total	
950 MHz	Planta segunda								
	Aula 11	1	21	9,5	1,5	25,91	0,165	4,27515	36,27515
		2	21	9,5	1,5	24,53	0,165	4,04745	36,04745
	Aula 12	1	21	9,5	1,5	27,39	0,165	4,51935	36,51935
		2	21	9,5	1,5	25,73	0,165	4,24545	36,24545
	Aula pequeños grupos 4	1	20	9,5	1,5	47,79	0,165	7,88535	38,88535
		2	20	9,5	1,5	43,67	0,165	7,20555	38,20555
	Aula informática	1	21	9,5	1,5	40,62	0,165	6,7947	38,7947
		2	21	9,5	1,5	41,18	0,165	6,34095	38,34095
	Aula plástica	1	21	9,5	1,5	38,43	0,165	6,34095	38,34095
		2	21	9,5	1,5	35,18	0,165	5,8047	37,8047
	Aula música	1	21	9,5	1,5	46,62	0,165	7,6923	39,6923
		2	21	9,5	1,5	50,09	0,165	8,26485	40,26485
	Planta Primera								
	Aula 1	1	27,4	9,5	1,5	31,76	0,165	5,2404	43,6404
		2	27,4	9,5	1,5	35,32	0,165	5,8278	44,2278
	Aula 2	1	27,4	9,5	1,5	47,94	0,165	7,9101	46,3101
		2	27,4	9,5	1,5	49,03	0,165	8,08995	46,48995
	Aula 3	1	25,4	9,5	1,5	38,25	0,165	6,31125	42,71125
		2	25,4	9,5	1,5	45,05	0,165	7,43325	43,83325
	Aula 4	1	25,4	9,5	1,5	50,07	0,165	8,26155	44,66155
		2	25,4	9,5	1,5	47,26	0,165	7,7979	44,1979
	Aula pequeños grupos 1	1	27,4	9,5	1,5	21,62	0,165	3,5673	41,9673
		2	27,4	9,5	1,5	26,84	0,165	4,4286	42,8286
	Aula pequeños grupos 2	1	27,4	9,5	1,5	28,51	0,165	4,70415	43,10415
		2	27,4	9,5	1,5	21,29	0,165	3,51285	41,91285
	Aula pequeños grupos 3	1	27,4	9,5	1,5	26,82	0,165	4,4253	42,8253
		2	27,4	9,5	1,5	32,82	0,165	5,4153	43,8153
	Aula complementaria	1	27,4	9,5	1,5	38,59	0,165	6,36735	44,76735
		2	27,4	9,5	1,5	42,63	0,165	7,03395	45,43395
	Sala profesores	1	27,4	9,5	1,5	45,04	0,165	7,4316	45,8316
		2	27,4	9,5	1,5	57,99	0,165	9,56835	47,96835
	Dirección	1	27,4	9,5	1,5	24,71	0,165	4,07715	42,47715
		2	27,4	9,5	1,5	25,66	0,165	4,2339	42,6339
	Planta Baja								
	Aula 1	1	35	9,5	1,5	23,9	0,165	3,9435	49,9435
		2	35	9,5	1,5	22,61	0,165	3,73065	49,73065
	Aula 2	1	35	9,5	1,5	28,07	0,165	4,63155	50,63155
		2	35	9,5	1,5	27,27	0,165	4,49955	50,49955
	Aula 3	1	35	9,5	1,5	35,33	0,165	5,82945	51,82945
		2	35	9,5	1,5	39,47	0,165	6,51255	52,51255
	Aula 4	1	35	9,5	1,5	54,57	0,165	9,00405	55,00405
		2	35	9,5	1,5	43,52	0,165	7,1808	53,1808
	Aula 5	1	35	9,5	1,5	55,66	0,165	9,1839	55,1839
		2	35	9,5	1,5	59,68	0,165	9,8472	55,8472
	Aula 6	1	35	9,5	1,5	41,47	0,165	6,84255	52,84255
		2	35	9,5	1,5	45,31	0,165	7,47615	53,47615
	Aula pequeños grupos	1	35	9,5	1,5	30,46	0,165	5,0259	51,0259
2		35	9,5	1,5	32,7	0,165	5,3955	51,3955	
Aula psicomotricidad	1	35	9,5	1,5	37,4	0,165	6,171	52,171	
	2	35	9,5	1,5	30,39	0,165	5,01435	51,01435	
Edificio Biblioteca-Comedor y Gimnasio									
Biblioteca	1	32	9,5	1,5	38,05	0,165	6,27825	49,27825	
	2	32	9,5	1,5	29,18	0,165	4,8147	47,8147	
Comedor	1	32	9,5	1,5	45,43	0,165	7,49595	50,49595	
	2	32	9,5	1,5	60,9	0,165	10,0485	53,0485	
Gimnasio	1	32	5	1,5	88,2	0,165	14,553	53,053	
	2	32	5	1,5	87,57	0,165	14,44905	52,94905	
2150 MHz	Planta segunda								
	Aula 5	1	21	9,5	1,5	25,59	0,27	6,9093	38,9093
		2	21	9,5	1,5	25,06	0,27	6,7662	38,7662
	Aula 6	1	20	9,5	1,5	15,47	0,27	4,1769	35,1769
		2	20	9,5	1,5	18,84	0,27	5,0868	36,0868
	Aula 7	1	21	9,5	1,5	24,42	0,27	6,5934	38,5934
2		21	9,5	1,5	24,26	0,27	6,5502	38,5502	

Tabla de atenuaciones en las tomas para Radiofusión sonora y televisión satélite (dB) en la banda 950MHz-2150MHz									
Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación en la toma
						metros de cable	atenuación (dB/m)	Total	
2150 MHz	Planta segunda								
	Aula 8	1	20	9,5	1,5	23,49	0,27	6,3423	37,3423
		2	20	9,5	1,5	27,22	0,27	7,3494	38,3494
	Aula 9	1	20	9,5	1,5	39,29	0,27	10,6083	41,6083
		2	20	9,5	1,5	39,15	0,27	10,5705	41,5705
	Aula 10	1	20	9,5	1,5	38,66	0,27	10,4382	41,4382
		2	20	9,5	1,5	42,1	0,27	11,367	42,367
	Aula 11	1	21	9,5	1,5	25,91	0,27	6,9957	38,9957
		2	21	9,5	1,5	24,53	0,27	6,6231	38,6231
	Aula 12	1	21	9,5	1,5	27,39	0,27	7,3953	39,3953
		2	21	9,5	1,5	25,73	0,27	6,9471	38,9471
	Aula pequeños grupos 4	1	20	9,5	1,5	47,79	0,27	12,9033	43,9033
		2	20	9,5	1,5	43,67	0,27	11,7909	42,7909
	Aula informática	1	21	9,5	1,5	40,62	0,27	10,9674	42,9674
		2	21	9,5	1,5	41,18	0,27	11,1186	43,1186
	Aula plástica	1	21	9,5	1,5	38,43	0,27	10,3761	42,3761
		2	21	9,5	1,5	35,18	0,27	9,4986	41,4986
	Aula música	1	21	9,5	1,5	46,62	0,27	12,5874	44,5874
		2	21	9,5	1,5	50,09	0,27	13,5243	45,5243
	Planta Primera								
	Aula 1	1	27,4	9,5	1,5	31,76	0,27	8,5752	46,9752
		1	27,4	9,5	1,5	35,32	0,27	9,5364	47,9364
	Aula 2	1	27,4	9,5	1,5	47,94	0,27	12,9438	51,3438
		1	27,4	9,5	1,5	49,03	0,27	13,2381	51,6381
	Aula 3	1	25,4	9,5	1,5	38,25	0,27	10,3275	46,7275
		1	25,4	9,5	1,5	45,05	0,27	12,1635	48,5635
	Aula 4	1	25,4	9,5	1,5	50,07	0,27	13,5189	49,9189
		1	25,4	9,5	1,5	47,26	0,27	12,7602	49,1602
	Aula pequeños grupos 1	1	27,4	9,5	1,5	21,62	0,27	5,8374	44,2374
		1	27,4	9,5	1,5	26,84	0,27	7,2468	45,6468
	Aula pequeños grupos 2	1	27,4	9,5	1,5	28,51	0,27	7,6977	46,0977
		1	27,4	9,5	1,5	21,29	0,27	5,7483	44,1483
	Aula pequeños grupos 3	1	27,4	9,5	1,5	26,82	0,27	7,2414	45,6414
		1	27,4	9,5	1,5	32,82	0,27	8,8614	47,2614
	Aula complementaria	1	27,4	9,5	1,5	38,59	0,27	10,4193	48,8193
		1	27,4	9,5	1,5	42,63	0,27	11,5101	49,9101
	Sala profesores	1	27,4	9,5	1,5	45,04	0,27	12,1608	50,5608
		1	27,4	9,5	1,5	57,99	0,27	15,6573	54,0573
	Dirección	1	27,4	9,5	1,5	24,71	0,27	6,6717	45,0717
		1	27,4	9,5	1,5	25,66	0,27	6,9282	45,3282
	Planta Baja								
	Aula 1	1	35	9,5	1,5	23,9	0,27	6,453	52,453
		1	35	9,5	1,5	22,61	0,27	6,1047	52,1047
	Aula 2	1	35	9,5	1,5	28,07	0,27	7,5789	53,5789
		1	35	9,5	1,5	27,27	0,27	7,3629	53,3629
	Aula 3	1	35	9,5	1,5	35,33	0,27	9,5391	55,5391
		1	35	9,5	1,5	39,47	0,27	10,6569	56,6569
	Aula 4	1	35	9,5	1,5	54,57	0,27	14,7339	60,7339
		1	35	9,5	1,5	43,52	0,27	11,7504	57,7504
	Aula 5	1	35	9,5	1,5	55,66	0,27	15,0282	61,0282
		1	35	9,5	1,5	59,68	0,27	16,1136	62,1136
	Aula 6	1	35	9,5	1,5	41,47	0,27	11,1969	57,1969
		2	35	9,5	1,5	45,31	0,27	12,2337	58,2337
	Aula pequeños grupos	1	35	9,5	1,5	30,46	0,27	8,2242	54,2242
2		35	9,5	1,5	32,7	0,27	8,829	54,829	
Aula psicomotricidad	1	35	9,5	1,5	37,4	0,27	10,098	56,098	
	2	35	9,5	1,5	30,39	0,27	8,2053	54,2053	
Edificio Bilblioteca- Comedor y Gimnasio									
Biblioteca	1	32	9,5	1,5	38,05	0,27	10,2735	53,2735	
	2	32	9,5	1,5	29,18	0,27	7,8786	50,8786	
Comedor	1	32	9,5	1,5	45,43	0,27	12,2661	55,2661	
	2	32	9,5	1,5	60,9	0,27	16,443	59,443	
Gimnasio	1	32	5	1,5	88,2	0,27	23,814	62,314	
	2	32	5	1,5	87,57	0,27	23,6439	62,1439	

-  Atenuación mínima
-  Atenuación máxima

Tabla 3.2 Atenuación en la banda 950-2150 MHz

Al final de este anexo se puede encontrar un documento excel con la atenuación máxima y mínima desde la salida del amplificador de cabecera hasta todas las tomas para el servicio de radiodifusión sonora y televisión satélite.

3.5. Niveles de señal en la cabecera

Para que el nivel de señal sea el adecuado en todas las tomas de usuario, y cumplan con las especificaciones correspondientes, la ganancia del amplificador FI (950-2150 MHz) de la cabecera deberá ser ajustado, teniendo en cuenta que el conversor Lnb tiene una ganancia fija de 57 dB.

3.6. Niveles de señal a la entrada de la cabecera

A continuación, se calcularán los valores mínimo y máximo del nivel de señal a la entrada de la cabecera, partiendo de la potencia recibida en la antena.

$$P_R(dB) = PIRE + G_R + 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right) \quad (3.1)$$

Dónde,

- PIRE=Potencia isotrópica radiada equivalente (54 dBW)
- G_R=Ganancia de la antena receptora (39 dB)
- λ=Longitud de onda de la señal recibida
- D=Distancia entre el satélite y la antena receptora

Antes, se calculará la longitud de onda máxima (frecuencia más baja):

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{10,7 \text{ GHz}} = 28,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Aplicando la fórmula 3.1 se obtiene la potencia recibida en la antena en el peor caso (12,75 GHz) y en el mejor (10,7 GHz):

$$P_{R_min} = 54 \text{ dBW} + 39 \text{ dB} + 20 \log \left(\frac{23,5 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 35783 \cdot 10^3} \right) \Rightarrow P_{R_min}(dB) = -112,636 \text{ dBW}$$

$$P_{R_max} = 54dBW + 39dB + 20 \log \left(\frac{28,03 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 35783 \cdot 10^3} \right) \Rightarrow P_{R_max}(dB) = -111,105dBW$$

La potencia de señal, mínima y máxima, a la salida del LNB será:

$$C_{LNB} = P_R + G_{LNB} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} C_{LNB_min} &= -112,636dBW + 57dB \Rightarrow C_{LNB_min} = -55,63dBW \\ C_{LNB_max} &= -111,105dBW + 57dB \Rightarrow C_{LNB_max} = -54,105dBW \end{aligned}$$

Se debe tener en cuenta las pérdidas del cable desde el LNB hasta la entrada del amplificador FI. De esta manera, si el cable coaxial tiene una atenuación a 2150 MHz de 0,27 dB/m, a la entrada del amplificador la potencia de a señal será:

$$\begin{aligned} C_{LNBOut_min} &= C_{LNB_min} - At_{cable} = -55,63dBW - (0,27dB/m \cdot 5m) \Rightarrow \\ C_{LNBOut_min} &= -56,98dBW \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{LNBOut_max} &= C_{LNB_max} - At_{cable} = -54,105dBW - (0,27dB/m \cdot 5m) \Rightarrow \\ C_{LNBOut_max} &= -55,45dBW \end{aligned}$$

El procesador de canales FI también introduce unas pérdidas de paso a la entrada, de 1,5 dB, y a la salida, también de 1,5 dB. Por tanto, a la potencia que se recibe a la salida del LNB hay que restarle las pérdidas que produce el procesador aplicando la siguiente fórmula:

$$C_{ampli} = C_{LNBOut} - At_{procesador} \quad (3.3)$$

Los resultados obtenidos son:

$$C_{ampli_min} = C_{LNBOut_min} - At_{procesador} = -56,98dBW - 3dB \Rightarrow C_{ampli_min} = -59,98dBW$$

$$C_{ampli_max} = C_{LNBOut_max} - At_{procesador} = -55,45dBW - 3dB \Rightarrow C_{ampli_max} = -58,45dBW$$

Expresando este valor en vatios, se obtiene $C_{ampli_min}(w) = 1,003 \cdot 10^{-6} w$ y

$$C_{ampli_max}(w) = 1,427 \cdot 10^{-6} w$$

Mediante las fórmulas 3.4 y 3.5 se pasa el valor obtenido a tensión normalizado a 75 Ω de impedancia y se obtiene la potencia de señal a la entrada del amplificador FI en dB μ V, respectivamente.

$$V_{ampli}(v) = \sqrt{C_{ampli}(w) \cdot 75\Omega} \quad (3.4)$$

$$V_{in_ampli}(dB\mu V) = 20 \log(V_{ampli}(\mu V)) \quad (3.5)$$

$$V_{ampli_min} = \sqrt{1,003 \cdot 10^{-6} \cdot 75} = 8673,23 \mu V = 78,76 dB\mu V$$

$$V_{ampli_max} = \sqrt{1,427 \cdot 10^{-6} \cdot 75} = 10345,28 \mu V = 80,29 dB\mu V$$

Así, los márgenes inferior y superior de la señal a la entrada del amplificador FI serán:

$$78,76 dB\mu V < V_{ampli} < 80,29 dB\mu V$$

3.7. Niveles de señal a la salida de la cabecera

Sabiendo los niveles mínimo y máximo que debe llegar a las tomas de usuario y las atenuaciones mínima y máxima que llegarán a las tomas, se calcula el nivel mínimo y máximo a la salida del amplificador FI para cumplir con las especificaciones. Para ello, se aplican las siguientes fórmulas:

$$C_{ampli_min} = At_{max} + C_{min_toma} \quad (3.6)$$

$$C_{ampli_mas} = At_{min} + C_{max_toma} \quad (3.7)$$

$$C_{ampli_min} = 62,31 + 47 dB\mu V \Rightarrow C_{ampli_min} = 109,31 dB\mu V$$

$$C_{ampli_mas} = 33,55 + 77 dB\mu V \Rightarrow C_{ampli_max} = 110,55 dB\mu V$$

El nivel de señal necesario a la salida del amplificador FI es:

$$109,31 dB\mu V < C_{out} < 110,55 dB\mu V$$

El valor medio del nivel de salida del amplificador FI de la cabecera es:

$$C_{ampli} = \frac{109,31 dB\mu V + 110,55 dB\mu V}{2} = 109,93 dB\mu V$$

Se fija un valor de 110 dB μ V a la salida de la cabecera.

Para garantizar en la peor toma 47 dB μ V de señal de TV digital vía satélite se requiere un nivel de **109,31 dB μ V** a la salida del amplificador. Por otro lado, para asegurar que en la mejor toma no se superan 77 dB μ V el nivel de salida, en este mismo punto, no debe superar **110,55 dB μ V**. Por ello, el amplificador FI se ajustará para obtener **110 dB μ V a la salida**.

3.8. Ganancia del amplificador FI

Sabiendo el nivel de salida del amplificador FI y calculado el nivel de señal a su entrada se obtienen los márgenes de ganancia que debe tener el amplificador FI:

$$G_{FI_min} = C_{out_min} - C_{ampli_min} \quad (3.8)$$

$$G_{FI_max} = C_{out_max} - C_{ampli_max} \quad (3.9)$$

$$G_{FI_min} = 107,81dB\mu V - 78,76dB\mu V \quad \Rightarrow \quad G_{FI_min} = 29,05dB$$

$$G_{FI_max} = 110,55dB\mu V - 80,29dB\mu V \quad \Rightarrow \quad G_{FI_min} = 30,25dB$$

Por tanto, los márgenes de la ganancia del amplificador FI será de:

$$29,05dB < G_{FI} < 30,25dB$$

El amplificador FI deberá ser ajustado a 30 dB de ganancia mediante el atenuador del mismo.

3.9. Nivel de de señal en las tomas de usuario en el mejor y en el peor caso

A partir del nivel de salida del amplificador FI y las atenuaciones que sufren las tomas se pueden determinar los niveles en las mismas dentro de la banda de TV satélite (de 950 a 2150 MHz) mediante las fórmulas 3.10 y 3.11.

$$C_{toma_min} = C_{ampli} - At_{max} \quad (3.10)$$

$$C_{toma_max} = C_{ampli} - At_{min} \quad (3.11)$$

$$C_{toma_min} = 110dB\mu V - 62,31dB \quad \Rightarrow \quad C_{toma_min} = 47,68dB\mu V$$

$$C_{toma_max} = 110dB\mu V - 33,55dB \quad \Rightarrow \quad C_{toma_max} = 76,45dB\mu V$$

El mejor y peor nivel de señal esperado en las tomas de usuario para las señales de TV digital vía satélite está dentro de los márgenes requeridos en el Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, que es de $47dB\mu V < C_{toma} < 77dB\mu V$.

3.10. Relación señal-ruido

La relación señal-ruido en la toma de usuario viene determinada por la expresión 3.12.

$$SNR(dB) = PIRE(dBW) + G_R(dB) + 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right) - N(dB) - F(dB) \quad (3.12)$$

Donde,

- PIRE=Potencia isotrópica radiada equivalente
- G_R =Ganancia de la antena receptora
- λ =Longitud de onda de la señal recibida
- D =Distancia entre el satélite y la antena receptora
- N = Potencia de ruido a la salida de la antena
- F =factor de ruido del sistema ($F=0,7dB$)

La potencia de ruido a la salida de la antena viene determinada por la siguiente expresión:

$$N = k \cdot T_{eq} \cdot B \quad (3.12)$$

Dónde,

- K =Constante de Boltzman $1,38 \cdot 10^{-23} J / K$
- T_{eq} =Temperatura equivalente del sistema
- B =Ancho de banda del canal con modulación QPSK-TV (36 MHz)

La temperatura equivalente del sistema (T_{eq}) viene dada por la siguiente fórmula:

$$T_{eq} = T_{ant} + T_o \cdot (F_{sis} - 1) \quad (3.13)$$

Dónde

- T_{ant} =Temperatura de ruido de la antena, depende del ángulo de elevación de la antena
- T_o =Temperatura de referencia (293K)
- F_{sis} =Factor de ruido del sistema de captación satélite

Tal y como se explica en la memoria del proyecto, el ruido del sistema se puede considerar equivalente al ruido del LNB, debido a la alta ganancia del LNB y del amplificador FI.

De esta forma, la temperatura equivalente del sistema será:

$$T_{eq} = T_{ant} + T_{LNB} \quad (3.14)$$

$$T_{LNB} = T_o \cdot (F_{LNB} - 1) \quad (3.15)$$

Dónde,

- F_{LNB} =factor de ruido del LNB (0,7 dB=1,1748)

De esta forma, se obtiene la temperatura equivalente del sistema:

$$T_{LNB} = T_o \cdot (F_{LNB} - 1) = 290^\circ K \cdot (1,1748 - 1) = 50,692^\circ K$$

$$T_{eq} = T_{ant} + T_{LNB} = 135^\circ K + 50,692^\circ K = 185,692^\circ K$$

Así, la potencia de ruido obtenida a la salida de la antena será:

$$N(dB) = 10 \log(1,38 \cdot 10^{23} \cdot 185,692 \cdot 36 \cdot 10^6) = 130,35 dB$$

SNR mínima

$$SNR_{\min} (dB) = 54 dBw + 39 dB + 20 \log\left(\frac{23,5 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 35786 \cdot 10^3}\right) - (-130,35) dB - 0,7 dB$$

$$SNR_{\min} (dB) = 17,01 dB$$

SNR máxima

$$SNR_{\max} (dB) = 54 dBw + 39 dB + 20 \log\left(\frac{28,3 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 35786 \cdot 10^3}\right) - (-130,35) dB - 0,7 dB$$

$$SNR_{\min} (dB) = 18,62 dB$$

El resultado obtenido cumple con los requisitos de calidad que se especifican en Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, en el que se exige una relación señal a ruido mínima de 11dB.

3.11. Relación de Intermodulación

Siguiendo el mismo procedimiento que en televisión digital terrestre (fórmula 2.18), se calcula la relación de intermodulación para radiodifusión vía satélite:

Siguiendo la norma EN50083-5, la distancia de intermodulación $(C/I)_{\text{ampli}}$ para el amplificador FI es de 54 dB (ver figura 3.1).

Así, para un nivel máximo de salida del amplificador de 124dB μ V y un nivel nominal de salida por portadora de 110 dB μ V, la relación señal intermodulación será:

$$(C/I)_{\text{toma}}(dB) = 35 dB + 2 \cdot (124 dB\mu V - 110 dB\mu V) \Rightarrow (C/I)_{\text{toma}} = 63 dB$$

De esta forma, el valor obtenido cumple con las especificaciones del apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, en el que se

especifica una relación de intermodulación mínima de 18 dB para las señales QPSK-TV.

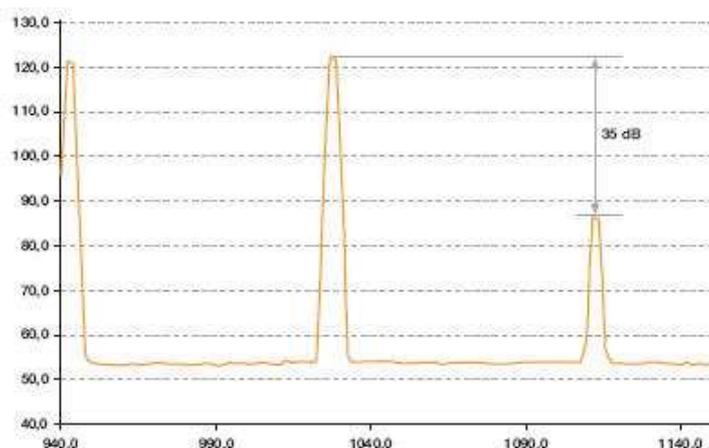


Fig. 3.1 Medida de tensión máxima de salida de un amplificador de FI

3.12. Respuesta amplitud-frecuencia en la banda 950 a 2150 MHz

El cálculo del rizado para la peor y la mejor tomas se llevará a cabo para la banda de 950 MHz - 2150 MHz. Se tendrá en cuenta la atenuación producida por el cable y por los elementos pasivos de la red, aunque se considerará que los elementos pasivos no tienen rizado (el fabricante no lo especifica). Utilizando la fórmula 2.19 se calcula el rizado:

$$A / f_{\min} = 2 \cdot 0 + [(15,47 m \cdot 0,27 dB / m) - (15,47 m \cdot 0,165 dB / m)] = 1,62 dB$$

$$A / f_{\max} = 2 \cdot 0 + [(88,2 m \cdot 0,27 dB / m) - (88,2 m \cdot 0,165 dB / m)] = 9,26 dB$$

Los resultados obtenidos cumplen con la normativa establecida en el apartado 4.5 del Anexo I del Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, en el que se especifica que el valor de la respuesta amplitud-frecuencia en banda debe ser menor a 20 dB.

3.13. Descripción de los elementos componentes de la instalación

1) SISTEMAS CAPTADORES DE SEÑAL	SATÉLITE HISPASAT	1 Antena parabólica de 80 cm de diámetro, un offset de 26,5 ° y una G=39 dB
		1 LNB de G=57 dB y Figura de ruido=0,7 dB
		Soporte anclado al suelo que permitirá la fijación de la antena sobre el suelo
2) AMPLIFICADORES	SATÉLITE HISPASAT	1 Amplificador FI de G=35 dB y Vout=124 dB μ V

3) OTROS MATERIALES	SATÉLITE HISPASAT	1 fuente de alimentación con una tensión de salida de 15V y 4,2 A de
		1 procesador FI con un consumo máximo de 50mA alimentado a 15V.
		3 cargas de 75 Ω

4. SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO

Tal y como se ha descrito en la memoria del proyecto, el colegio estará dotado de una red de datos mediante un sistema de cableado estructurado (SCS) y acceso inalámbrico. Mediante esta red se llevará a cabo el diseño de las infraestructuras necesarias para proveer al colegio de banda ancha, wifi y telefonía VoIP. Además, el SCS también será la infraestructura que permitirá implantar las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) al colegio.

4.1. Descripción

El **sistema de cableado estructurado** (SCS) es una red de cables, conectores y canalizaciones en número, calidad y flexibilidad de disposición suficientes que permite unir dos puntos cualesquiera dentro de un edificio o una serie de edificios para cualquier tipo de red (telefonía, datos o video). En definitiva, permite la integración de los diferentes servicios en una misma infraestructura.

En un sistema de cableado estructurado, cada estación de trabajo se conecta a un punto central, facilitando la interconexión y la administración del sistema.

La implantación del cableado estructurado en el colegio estaría basado básicamente, en el tendido de cables en cada planta del colegio y en la interconexión de éstos.

Hay que tener en cuenta que el área a cubrir es extensa y ocupa varias plantas, por lo que el tendido de cables ofrece cierta complejidad. En este sentido, hay que tener en cuenta las limitaciones de diseño que impone la tecnología de red de área local que se desea implantar:

- La segmentación del tráfico de red.
- La longitud máxima de cada segmento de red.
- La presencia de interferencias electromagnéticas.
- La necesidad de redes locales virtuales.

4.2. Ventajas de la implantación de Cableado Estructurado

Existen una serie de beneficios que hacen del cableado estructurado la opción más idónea para el desarrollo de una red de datos:

- El sistema de cableado estructurado permite implementar una red convergente, es decir, una red capaz de transmitir diversos servicios (voz, datos, vídeo, etc.) a través del mismo medio.

- Se facilita y agiliza mucho las labores de mantenimiento.
- La administración y gestión de las redes es sencilla.
- Es fácilmente ampliable a nivel físico (en el caso del colegio, sería posible gracias a medidas como el sobredimensionamiento o el etiquetado de cables).
- Una de las ventajas básicas de estos sistemas es que se encuentran regulados mediante estándares, lo que garantiza a los usuarios su disposición para las aplicaciones existentes, independientemente del fabricante de las mismas, siendo soluciones abiertas, fiables y muy seguras. Fundamentalmente la norma TIA/EIA-568A define entre otras cosas las normas de diseño de los sistemas de cableado, su topología, las distancias, tipo de cables, los conectores, etc.
- La posibilidad de utilizar un tipo de cable de alta calidad para la instalación de la red permite la transmisión de altas velocidades por la misma.
- No hace falta una nueva instalación para efectuar un traslado de equipo.

4.3. Estándares y Normas

Todo el cableado estructurado está regulado por estándares internacionales que se encargan de establecer las normas comunes que deben cumplir todos las instalaciones de este tipo.

Existen tres estándares, **ISO/IEC-IS11801** que es el estándar internacional, **EN-50173** que es la norma europea y **ANSI/EIA/TIA-568A** que es la norma de EE.UU y **ANSI/EIA/TIA-568B** que es la norma europea. Éste último es el más extendido aunque entre todas ellas no existen diferencias demasiado significativas.



Todas ellas se han diseñado con el objeto de proporcionar las siguientes utilidades y funciones:

- Un sistema de cableado genérico de comunicaciones para edificios (cómo instalar el cableado).
- Medios, tipología, puntos de terminación y conexión, así como administración, bien definidos.

- Capacidad de planificación e instalación del cableado de comunicaciones para un edificio sin otro conocimiento previo que los productos que van a conectarse.
- Una norma de planificación de recorridos y espacios de Telecomunicaciones en edificios (cómo planificar el recorrido del cableado).
- Capacidad de administración de la infraestructura.

4.4. Tipología del Cableado Estructurado

En los sistemas de Cableado Estructurado se pueden usar diversas tipologías (estrella, malla, bus, árbol, etc.). Siguiendo las recomendaciones de la norma EIA/TIA-568A, el cableado horizontal seguirá una tipología estrella, donde cada toma de todas las áreas de trabajo se unen en un punto central ubicado en el Recinto de Telecomunicaciones (ubicado en el almacén de la planta baja).

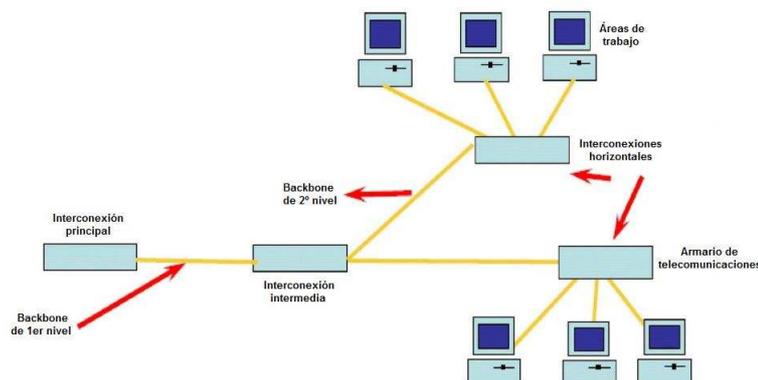


Fig. 4.1 Tipología del Cableado Estructurado

4.5. Elementos que componen el Cableado Estructurado

El conjunto de todo el cableado de un edificio recibe el nombre de **sistema** y cada parte en la que se divide es conocido como **subsistema**. Los principales subsistemas que forman el cableado estructurado son: el área de trabajo, el cableado horizontal, el cableado vertical o de backbone y el Recinto de Comunicaciones.

4.6. Área de trabajo

El **área de trabajo** es la zona donde están los distintos puestos de trabajo de la red. En cada uno de ellos habrá una roseta de conexión que permita conectar el dispositivo o dispositivos que se quieran integrar en la red (ordenadores, impresoras, teléfonos, etc.).

Los componentes del área de trabajo se extienden desde la terminación del cableado horizontal en la salida de información, hasta el equipo en el cual se está ejecutando una aplicación de voz, datos o video.

Normalmente, no es de carácter permanente y está diseñado para facilitar los cambios y la reestructuración de los dispositivos conectados.

En el caso de que algunos equipos requieran componentes adicionales (como baluns o adaptadores) en la salida del área de trabajo, no deben instalarse como parte del cableado horizontal, sino externo a la salida del área de trabajo. De esta forma, se garantiza la utilización del sistema de cableado estructurado para otros usos.

Al cable que va desde la roseta hasta el dispositivo a conectar se le llama latiguillo (o patch cord) y no puede superar los 3 metros de longitud.

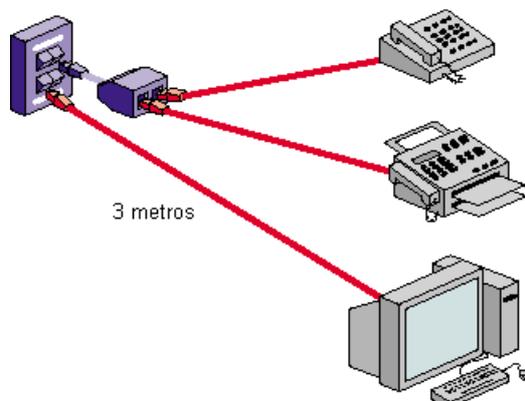


Fig. 4.2 Distancia máxima del patch cord entre la roseta y el dispositivo

El cableado del área de trabajo puede variar en función de la aplicación. Se puede utilizar un cable de enlace de cobre (patch cord) con conectores tipo RJ-45 y de categoría igual o mayor a la del cable utilizado en el cableado horizontal; o cable de enlace de fibra óptica, del mismo tipo que la utilizada en todo el sistema de cableado, cuyos conectores dependerán del tipo de equipos que se desea conectar.

En el caso particular del colegio existirán dos tipos de áreas de trabajo, siguiendo las especificaciones del Proyecto Heura:

- **Espacios de alta densidad**, que serán el aula de informática y la biblioteca.
- **Espacios de baja densidad**, que serán las aulas docentes y las zonas de dirección y administración.

El Proyecto Heura establece, para los espacios de alta densidad, la instalación de tantos puntos de datos (normalmente 1 RJ45 + 2 enchufes) como dispositivos se precisen que tengan necesidad de conexión en la red de datos del colegio. En el caso del colegio en que se basa este proyecto, se ha decidido instalar 15 rosetas doble de datos en el aula de informática, 14 para los 26 ordenadores dispuestos en el aula más 2 de reserva y 2 para la zona del profesor, y 2 rosetas de voz. En la biblioteca se ha decidido poner 6 rosetas doble de datos y 2 rosetas de voz.

Para los espacios de baja densidad, el Proyecto Heura establece equipar con un punto de datos (1 RJ45 + 2 enchufes) la zona del profesor y con un punto de datos doble (2 RJ45 + 4 enchufes) la zona de los alumnos. En las aulas docentes del colegio se ha decidido dotar, tanto la zona del profesor como la del alumno, de una roseta doble de datos y una de voz.

En todas las dependencias en las que se instale una roseta doble de datos se instalarán dos enchufes. Las rosetas irán empotradas en la pared.

4.7. Cableado horizontal

El **cableado horizontal** se extiende desde el área de trabajo hasta el armario de comunicaciones (o armario de distribución) de cada planta. Es decir, son los cables usados para unir cada área de trabajo con el patch panel situados en estos armarios.

El patch panel es donde llegan los cables procedentes de cada una de las dependencias donde se ha instalado un punto de la red. Cada roseta colocada en el edificio tendrá al otro extremo de su cable una conexión al patch panel. Las conexiones se realizan con patch cords (o cables de parcheo), que son los que conectan en el panel los diferentes equipos (switches).

De esta forma, se le podrá dar o quitar servicio a una determinada dependencia simplemente con proporcionarle o no señal a este panel.

Todo el cableado horizontal deberá ir canalizado por conducciones adecuadas. En la mayoría de los casos se eligen para esta función las llamadas canaletas, ya que permiten de una forma flexible trazar los recorridos adecuados desde el área de trabajo hasta el patch panel.

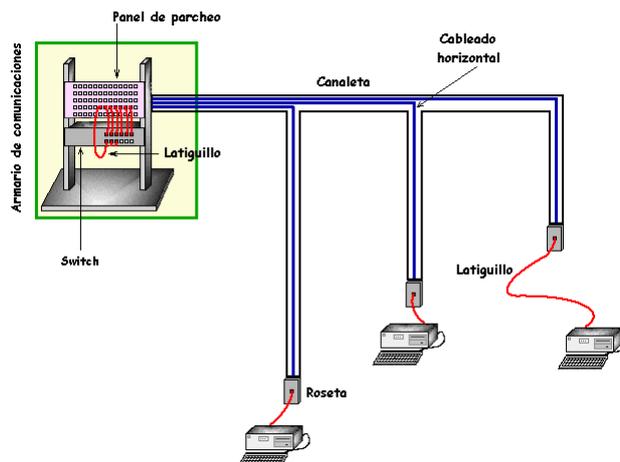


Fig. 4.3 Esquema del cableado horizontal del SCS

Tal y como puede observarse en la figura anterior, se utiliza una tipología tipo estrella, con un switch dónde llegarán todos los cables de las distintas dependencias. Los cables que lleguen al patch panel serán etiquetados e identificados. Mediante las canaletas se conducirán los cables desde la roseta hasta el armario de comunicaciones. La conexión entre el patch panel y el switch, así como entre las rosetas y los dispositivos, se realizarán mediante patch cord (latiguillo).

No se permiten empalmes o derivaciones conectadas en puente en el cableado horizontal.

Distancias máximas permitidas

- Cada enlace horizontal, desde la roseta hasta el patch panel del armario de comunicaciones de planta, no podrá superar los 90 metros.
- Los cables para la conexión en el armario de comunicaciones principal (es decir, los cables de interconexión entre el cableado horizontal y el vertical) no podrán tener más de 6 metros.
- Los cables que interconectan la salida de telecomunicaciones (roseta) con los terminales en el área de trabajo (patch cords) no podrán superar los 3 metros.

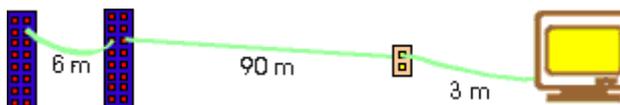


Fig. 4.4 Distancias máximas permitidas en el subsistema horizontal

También hay que tener en cuenta que el patch cord que conecta el patch panel del armario de comunicaciones con el equipo de red (switch) no podrá tener más de 6 metros. Además, la longitud de este cable y el utilizado para la

conexión en el armario de comunicaciones principal (de 6 metros de longitud como máximo) no podrá ser de más de 7 metros. Por tanto, la distancia máxima que podrá tener un segmento de cableado desde el dispositivo a conectar al switch del armario de comunicaciones es de 100 metros.

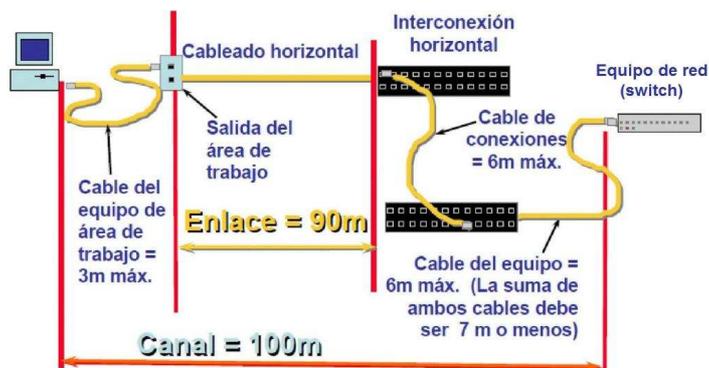


Fig. 4.5 Distancia máxima de un segmento de cableado

En el colegio, el cableado horizontal irá canalizado mediante canaletas.

Las distintas secciones de cableado horizontal de cada planta irán desde el armario de comunicaciones o de distribución de la correspondiente planta hasta las rosetas de conexión de los equipos que tenga cada aula o dependencia de la misma planta.

En el caso de la segunda planta, el armario de distribución estará ubicado en el aula 11 y dará servicio a las rosetas ubicadas en la planta 2.

En el compartimento situado cerca del ascensor en la planta 1 se ubicará otro armario de distribución y dará servicio a las áreas de trabajo de la planta 1.

El área de cableado horizontal de la planta baja estará atendida por el armario de comunicaciones, que será el armario principal, situado en el Recinto de Comunicaciones, en el almacén de la misma planta. Éste, además de dar servicio a las rosetas de los equipos de la planta baja, también lo hará para las rosetas situadas en los edificios de la biblioteca y comedor y el del gimnasio.

4.8. Cableado vertical o de “backbone”

El **cableado vertical o de backbone** es el conjunto de cables que interconecta los distintos armarios de comunicaciones. Éstos pueden estar situados en plantas o habitaciones distintas de un mismo edificio o incluso en edificios colindantes. En el cableado vertical es usual utilizar fibra óptica o cable UTP, aunque en algunos casos se puede usar cable coaxial.

La topología que normalmente se usa es en estrella, existiendo, normalmente, un panel de distribución central al que se conectan los paneles de distribución horizontal. Entre ellos puede existir un panel intermedio.

En el colegio el cableado vertical estará formado por los cables que van desde el armario de comunicaciones principal de la planta baja hasta los armarios de comunicaciones de las otras dos plantas.

4.9. Recinto de Comunicaciones

El **Recinto de Comunicaciones** es el lugar dónde acaba el cableado vertical, es decir, dónde se concentran todos los cables del edificio. En este recinto se sitúan los equipos de telecomunicaciones (PBX, servidores centrales, router, etc.) y otras infraestructuras de telecomunicaciones, como pasarelas, puertas de enlace, cortafuegos o central telefónica. Sólo se admiten equipos directamente relacionados con los sistemas de telecomunicaciones.

El acceso al Recinto de comunicaciones estará restringido al personal autorizado.

El Recinto de Comunicaciones del colegio estará situado en el almacén de la planta baja, situado al lado del ascensor, el cual tiene unas dimensiones de 22,08 m². Este Recinto dispondrá de un **bastidor (armario rack)** estándar de 19" en el cual se alojará el equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones. El rack es un armazón metálico que cuenta con guías horizontales donde puede apoyarse el equipamiento, así como puntos de anclaje para los tornillos que fijan dicho equipamiento al armario. Se deberá dejar un espacio mínimo de 15,2 cm entre el bastidor y la pared, para la ubicación del equipamiento, además de otros 30,5 a 45,7 cm para el acceso físico de los trabajadores y del personal de mantenimiento, permitiendo acceder fácilmente tanto a la parte delantera como a la parte trasera de los equipos. El rack del armario de comunicaciones principal contendrá dos routers, tres switches, los patch panels, un servidor multimedia, un SAI y una central telefónica.

El **router** que se utilizará es del fabricante *Netgear*, mediante el cual se abastecerá a todo el centro de internet y de telefonía VoIP. En el rack se dispondrá de un router redundante de las mismas características, cuya función es sustituir al router principal en caso de que éste se averíe. El modelo del router será el *ID FVS318G-100EUS*.

Se instalarán tres switches, uno de capa 3 y tres de capa 2. El switch de capa 3 será el **switch principal**, que tendrá 24 puertos de conexión e interconectará los switches de nivel 2 de cada planta. Además, se dispondrá de otro switch de capa 3 de las mismas características, que actuará como switch redundante. Los **switch de nivel 3** interconectarán a los equipos de la planta baja y de los edificios de la biblioteca y comedor y el del gimnasio, siendo necesarios 2 switches de 48 puertos y uno de 24. Los switches utilizados son del fabricante Cisco, el modelo *Cisco SLM224G4PS*, que dispone de 24 puertos, y el *Cisco SFE2010P*, con 48 puertos.

Los **patch panels** utilizados serán del modelo *Extreme 6+* de la marca *Leviton*, de categoría 6. Para parchear todas las rosetas de datos y voz de la planta baja y de los edificios de la biblioteca y comedor y del gimnasio será necesario un patch panels de 96 puertos.

El **servidor de almacenamiento** que se utilizará es el modelo *Fire X4500* de la marca *Sun*, que combina las tecnologías de servidor y almacenamiento más avanzadas de la industria para ofrecer un sistema de gran rendimiento y gran alta densidad de almacenamiento.

El armario de comunicaciones principal también incluirá el **sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)** y los elementos de protección eléctrica y conexión de tierra pertinentes. El SAI es un dispositivo que gracias a sus baterías puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados. Además, mejora la calidad de la energía eléctrica que llega a los aparatos, filtrando subidas y bajadas de tensión. El SAI utilizado será de la marca *Dell*, modelo *UPS para rack 2U*, de 1000 W y 230 V.

La **centralita telefónica** que se utilizará es el modelo *SAM office 4*, de la marca *Samip*, con capacidad de hasta 128 extensiones. Además, dispone de todos los interfaces necesarios en su módulo *Samip Gateway* para permitir su interconexión con las redes de telecomunicaciones existentes tanto a nivel RTB/RDSI como a nivel IP mediante SIP o H.32.

Las características técnicas de todos estos elementos se pueden encontrar en el Pliego de Condiciones.

El Recinto de Comunicaciones se conectará con los armarios de comunicaciones del resto de plantas (uno en la planta 1 y otro en la planta 2). Estos armarios estarán formados por un armario rack de 19" equipados con los siguientes elementos (las características serán las mismas que las de los dispositivos ubicados en el Recinto de Comunicaciones):

- Armario de comunicaciones de la planta 1: un patch panel de 96 puertos, dos switches de capa 2 de 48 puertos (conectados por fibra óptica al switch principal, ubicado en el Recinto de Comunicaciones) y un SAI.
- Armario de comunicaciones de la planta 2: un patch panel de 48 puertos y uno de 24 puertos, tres switches de capa 2, dos de 48 puertos y uno de 24 puertos (conectados por fibra óptica al switch principal, ubicado en el Recinto de Comunicaciones) y un SAI.

El área horizontal que puede ser atendida de forma efectiva por un armario de comunicaciones debe estar dentro de un radio de 60 metros aproximadamente alrededor del mismo, lo cual se cumple en el colegio.

4.10. Tipos de cables

Para la red del sistema de cableado estructurado se utilizará cable UTP, para el cableado horizontal, y fibra óptica, para el cableado vertical.

Cable UTP

El **cable UTP** se clasifica en categorías, dependiendo de la velocidad máxima que puede soportar. El cable UTP utilizado será de categoría 6, un estándar de cables para Gigabit Ethernet (podrá soportar redes de alta velocidad hasta 1 Gbps), aunque también se puede utilizar en redes 10BaseT y 100BaseTX. El cable UTP está compuesto por cuatro pares de hilos trenzados, individualmente y entre ellos.

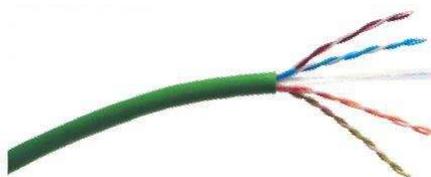


Fig. 4.6 Cable UTP de categoría 6

Tanto para la construcción de los patch cords que conectan los puertos del switch con los del patch panel, como para los que conectan la roseta con el equipo terminal también se utilizará cable UTP de categoría 6.

En los extremos de los cables se conectan conectores RJ-45.



Fig. 4.7 Patch cord con conectores RJ-45

Fibra óptica

Para conectar los distintos armarios de comunicaciones se utilizará fibra óptica.

La **fibra óptica** es un medio de transmisión compuesto por un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. Su funcionamiento de basa en transmitir por el núcleo de la fibra un haz de luz, tal que este no atraviese el revestimiento, sino que se refleje y se siga propagando.

Se utilizan frecuentemente en telecomunicaciones, ya que permite enviar gran cantidad de datos a gran distancia, con velocidades similares a las de radio y cable.

Básicamente, existen dos tipos de fibra óptica: fibra multimodo y monomodo. Las fibras multimodo tienen un ancho de banda inferior al de las monomodo, son las más económicas (están hechas de plástico, vidrio o mezclas de plástico y silicio) y se utilizan para enlaces inferiores a 5 Km.

Las fibras monomodo tienen un ancho de banda elevado y soporta grandes distancias, pero a la vez son más costosas por el hecho de que únicamente se emplea vidrio en su fabricación.

Las ventajas más destacadas de la fibra óptica frente al cobre son las siguientes:

- Tiene menor coste por kilómetro a mayor distancia.
- Transforma mayor información en menos espacio.
- Sufre una menor degradación de la señal por kilómetro (atenuación).
- Ofrece nula interferencia de señales
- Conlleva un consumo menor de energía eléctrica.

Para fibra óptica, el cableado debe terminar en un conector dúplex, cumpliendo los requerimientos de TIA/EIA 568 B.3.

La fibra óptica utilizada para el cableado vertical del colegio será de 62.5/125 μV de dos fibras, del tipo multimodo, siguiendo las especificaciones de la TIA (Asociación de Industria de Telecomunicaciones). Es un tipo de fibra económica y al ser recorridos cortos, las pérdidas no son muy grandes. Además, funcionará con 1000 Base-SX, siguiendo el estándar Gigabit Ethernet. En los extremos de la fibra utilizada en el colegio se colocarán **conectores SC**.

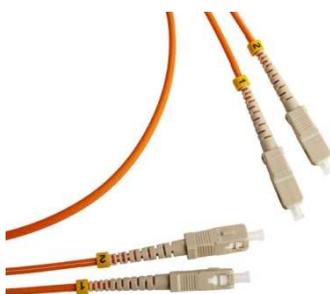


Fig.4.8 Fibra óptica con conectores CS

4.11. Diseño y planificación de la red

Para planificar la red hay que tener en cuenta una serie de consideraciones, como el número de equipos que hay que conectar, la distribución física del cableado (distancia que separa los dispositivos del armario de comunicaciones, si éstos están en el mismo edificio o en varios), el ancho de banda que se necesite o las condiciones ambientales.

Los conectores usados en el patch panel serán RJ-45 y habrá tantos como rosetas instaladas en las distintas aulas y dependencias del colegio. Es conveniente prever las posibles ampliaciones y disponer de más conectores de los que en un principio están previstos.

La elección de un buen diseño del recorrido a seguir por el cableado de la LAN es imprescindible para evitar posibles interferencias producidas por agentes externos a la LAN (corrientes eléctricas, humedad, etc.). Además, permitirá disminuir la cantidad de canaletas y cables a usar.

Como se ha comentado con anterioridad, los cables desde la roseta hasta el patch panel irán dentro de las canaletas. Éstas se ubicarán en los falsos techos del colegio.

Las rosetas, compuestas por un conector RJ-45, irán empotradas a la pared.

4.12. Dimensionado del Cableado Estructurado

En primer lugar, se ha hecho una previsión de las rosetas necesarias a instalar en las aulas y dependencias del colegio, siguiendo las especificaciones del Proyecto Heura y considerando las necesidades propias del colegio. Una vez hecha esta previsión, se ha sobredimensionado la previsión obtenida en un 10%, considerando una posible ampliación de conexiones en un futuro. De esta forma, los patch panel que se instalen estarán preparados para el SCS que se implante en el colegio y para sus posibles ampliaciones. Así, el dimensionado de las rosetas es el siguiente:

	Rosetas de datos	Rosetas de voz
Seguda Planta	76	26
Primera Planta	48	32
Planta Baja	32	18
Gimnasio	2	2
Biblioteca-Comedor	18	8
Total	176	86

Tabla 4.1 Dimensionado de las rosetas de voz y datos

Se instalarán 176 rosetas de datos y 87 de voz en todo el colegio. En realidad, las rosetas de datos y voz tienen las mismas características (ambas tendrán conector RJ45), por lo que son intercambiables, aunque se han querido diferenciar para llevar a cabo el dimensionado de la red y para seguir las directrices marcadas por el Proyecto Heura.

Ampliando esta previsión al 10% se obtienen 196 rosetas de datos y 98 de voz, distribuidas en las distintas plantas tal y como se muestra en la siguiente tabla:

	Ampliación 10% Rosetas de datos	Ampliación 10% Rosetas de voz	Rosetas de datos	Rosetas de voz
Segunda Planta	7,6	2,6	84	29
Primera Planta	4,8	3,2	53	36
Planta Baja	3,2	1,8	36	20
Gimnasio	0,2	0,2	3	3
Biblioteca-Comedor	1,8	0,8	20	9
Total			196	97

Tabla 4.2 Dimensionado de las rosetas con un aumento del 10% de la previsión inicial

Ante esta previsión, los patch panels instalados deberán estar preparados para este dimensionado. Así, en cada armario de comunicaciones se instalarán los siguientes patch panels:

- Armario de comunicaciones PB: 2 patch panel de 48 puertos
- Armario de comunicaciones P1: 2 patch panel de 48 puertos
- Armario de comunicaciones P2: 2 patch panel de 48 puertos y uno de 24 puertos

Para la instalación de los subsistemas horizontal y el área de trabajo se necesitarán 2053 metros de cable UTP de categoría 6. Además, se necesitarán 12 metros de fibra óptica multimodo para la instalación del subsistema vertical.

5. CANALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN

5.1. Consideraciones sobre el esquema general del edificio

El esquema general del edificio se refleja en el plano 1.7, en él se detalla la infraestructura necesaria, que comienza, por la parte inferior del edificio en la arqueta de entrada y por la parte superior del edificio en el RITS, y termina siempre en las tomas de usuario. Esta infraestructura la componen las siguientes partes: arqueta de entrada y canalización externa, canalizaciones de enlace, recintos de instalaciones de telecomunicación, registros principales, canalización principal y registros secundarios, canalización secundaria y registros de paso, canalización interior de usuario y registros de toma, según se describe a continuación.

Para la red diseñada no se instalarán Puntos de Acceso de Usuario (PAU) al no existir dominio privado, pues la **red** será **interna**. En su lugar, se han utilizado repartidores para la distribución del servicio de radiodifusión sonora y televisión.

Al implementar la tecnología VoIP como sistema de telefonía en el colegio, no será necesaria la distribución de tubos para telefonía básica. Tan sólo se distribuirán tubos por la canalización externa y la de enlace inferior, para interconectar la red RDSI con la red IP que se implementará.

5.2. Arqueta de entrada y canalización externa

Permitirá el acceso del servicio de Telefonía Básica(TB+RDSI) al edificio. La arqueta es el punto de convergencia de la red de alimentación del operador de este servicio y, desde la cual parten los cables de la red de alimentación del operador que discurren por la canalización externa y de enlace hasta el RITI.

Arqueta de entrada

Tendrá unas dimensiones de 600 x 600 x 800 mm (ancho, largo y profundo).

Se ubicará en la zona indicada en el plano 1.1 y su localización exacta será objeto de la dirección de obra previa consulta a la propiedad y a los operadores interesados.

Canalización externa

Estará compuesta por 5 tubos, de 63 mm de diámetro exterior embutidos en un prisma de hormigón y con la siguiente funcionalidad:

- 3 tubo para TB+RDSI
- 2 conductos de reserva

5.3. Registros de enlace

Los registros de enlace tiene la función de interconectar las canalizaciones externa y de enlace. Además, cuando la canalización sea mediante tubos, se colocarán registros de enlace cada 50 metros de longitud en canalización subterránea y en el punto de intersección de dos tramos rectos no alineados, En este caso, se colocarán registros de enlace en cada cambio de sentido de la canalización externa.

Registro de enlace inferior

El registro de enlace inferior tiene la función de interconectar las canalizaciones externa y de enlace inferior por las que discurre el servicio de TB+RDSI, con red de alimentación por cable.

Es una caja en forma de arqueta cuyas dimensiones mínimas serán de 400 x 400 x 400 mm (ancho, largo y profundo).

Sus características se definen en el Pliego de Condiciones.

Se situará un registro de enlace en la parte interior de la fachada para recibir los tubos de la canalización externa y de ella parte la canalización de enlace inferior para acceder al RITI, tal y como se indica en el plano 1.1.

Registro de enlace superior

No será necesaria la colocación de registros de enlace superior, ya que la canalización de enlace superior no requiere un cambio de sentido. Por tanto, los cables que salen de los elementos de captación irán directamente hasta el recinto de telecomunicaciones superior (RITS).

5.4. Canalización de enlace inferior y superior

La canalización de enlace es la que soporta los cables de las redes de alimentación desde el primer registro de enlace hasta el recinto de instalaciones de telecomunicación correspondiente.

Canalización de enlace inferior

Comienza en el registro de enlace situado en la parte interior de la fachada y termina en el RITI. Estará compuesta por 5 tubos de 50mm de diámetro exterior distribuidos de la siguiente forma:

- 3 tubo para TB+RDSI
- 2 tubos de reserva

Por otra parte, los tubos de reserva serán del mismo diámetro que los tubos de TB+RDSI.

Canalización de enlace superior

Soporta los cables que van desde los sistemas de captación hasta el recinto superior (RITS). Los cables entre los elementos de captación y el RITS irán sin protección entubada, ya que el RITS se ubicará en la cubierta del edificio. Por tanto, no será necesaria una canalización de enlace superior formada por tubos.

5.5. Recintos de instalaciones de telecomunicación

Deberán existir dos: uno en la zona inferior del edificio y otro en la zona superior del mismo.

5.5.1. Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior (RITI)

Es el recinto dónde se ubicará el cuadro de protección eléctrica y el registro principal de telefonía. En el caso que abarca este proyecto, al implementar telefonía VoIP no será necesario equipar este recinto con los elementos habituales de telefonía (como regletas). Estará ubicado en el Recinto de Comunicaciones adaptado para el sistema de cableado estructurado, en la planta baja del colegio.

Las dimensiones del recinto serán 2000 x 2000 x 500 mm.

Por la zona inferior del recinto del armario acometerán los tubos que formarán la canalización de enlace inferior.

Por la parte inferior también saldrán los tubos correspondientes a la canalización secundaria (formada por los tubos de RTV y de reserva) de la planta baja del colegio y de los edificios de la biblioteca y comedor y el del gimnasio, ya que, en este caso, se realiza la función de Registro Secundario en este recinto.

5.5.2. Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Superior (RITS)

Es el recinto dónde se instalarán los elementos necesarios para el suministro de radio y televisión terrestre y por satélite (RTV). Estará ubicado en la cubierta del edificio, por tanto, en el exterior. En el plano 1.3 se muestra su ubicación.

Las dimensiones del RITS serán 2300 x 2000 x 500 mm.

Sus características se incluyen en el Pliego de Condiciones.

Por la zona inferior del armario acometerán los tubos que forman la canalización principal y por la parte superior accederán los tubos correspondientes a la canalización de enlace superior (en este caso los cables de captación sin protección entubada).

Se dispondrá de un punto de luz que proporcione al menos 300 lux de iluminación y de alumbrado de emergencia.

5.5.3. Equipamiento de los mismos

RITI

El recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior estará equipado inicialmente con:

- Cuadro de protección
- Sistema de conexión a tierra
- 2 bases de enchufe
- Alumbrado normal y de emergencia
- Placa de identificación de la instalación

RITS

El recinto de instalaciones de telecomunicaciones superior estará equipado inicialmente con:

- Equipos amplificadores monocanales para FM, UHF, TDT y radio DAB
- Cuadro de protección
- Sistema de conexión a tierra
- 3 bases de enchufe
- Alumbrado normal y de emergencia
- Placa de identificación de la instalación

5.6. Canalización principal y registros secundarios

La canalización principal es la que soporta la red de distribución de la ICT del edificio. Su función es la de alojar la red RTV hasta las diferentes plantas y facilitar la distribución del servicio a los usuarios finales.

Canalización principal

Está compuesta por 5 tubos de 50 mm exterior, distribuidos de la siguiente forma:

- 1 tubo de RTV
- 4 tubos de reserva.

Discurrirá próxima al hueco de la escalera.

Registros secundarios

Son cajas o armarios que se intercalan en la canalización principal en cada planta y en los cambios de dirección, y que sirven para poder segregar en la

misma el servicio de RTV a los usuarios de esa planta. La canalización principal entra por la parte inferior, se interrumpe por el registro y continúa por la parte superior, hasta el registro secundario siguiente, finalizando en el RITS. Además, se colocará un registro secundario en cada tramo de 30 metros de canalización principal.

De ellos salen los tubos que configuran la canalización secundaria.

Dentro se colocan los dos derivadores de RTV.

En la infraestructura del colegio se necesitarán dos registros secundarios, de 550 x 1000 x 150 mm (anchura, altura y profundidad). Se instalará uno de estos registros en la segunda planta y otro en la primera planta, mientras que en la planta baja no será necesario porque el RITI realizará la función de registro secundario.

Sus características se especifican en el Pliego de Condiciones.

5.7. Canalización secundaria y registros de paso

Canalización secundaria

Es la que conecta los registros secundarios con las tomas de usuario en el interior de las aulas y estancias del colegio (se recuerda que no es necesaria la instalación de puntos de acceso de usuario por no existir dominio privado, pues la red será interna).

Está formada por 2 tubos de 40mm de diámetro que van directamente desde cada registro secundario de planta al repartidor de cada aula de la planta con la siguiente funcionalidad.

- 1 tubo para RTV
- 1 tubo de reserva

Sus características se especifican en el Pliego de Condiciones.

Registros de paso

Se utilizan en las canalizaciones secundarias cuando hay cambio de dirección o ésta es mayor a 15 metros.

Se necesitarán 34 Registros de Paso tipo A de dimensiones de 360 x 360 x 120 mm.

Sus características se especifican en el Pliego de Condiciones.

5.8. Canalización interior de usuario

Es la que soporta la red interior de usuario. Está realizada por tubos empotrados por el interior de cada aula y estancia del colegio que unen el repartidor de la red de RTV con los registros de toma.

Cuando sea necesario, por existir un cambio de dirección de la misma, se utilizarán registros de paso.

La tipología de las canalizaciones será en estrella.

En alguna dependencia del colegio en las que no se instalen inicialmente tomas de RTV, se dispondrá de una canalización adecuada que permita el acceso a la conexión de este servicio. En este caso, en las aulas de tutoría de la primera planta no se ha considerado necesario instalar tomas de RTV, aunque en una de las aulas se dispondrá de una toma de reserva. De la misma forma, el aula de tutoría de la planta baja también dispondrá de una toma de reserva. Las tomas de estas aulas parten del repartidor de un aula contigua a ésta.

El diámetro de los tubos será de:

- De 20 mm para RTV
- De 20 mm para los tubos de reserva

Sus características se especifican en el Pliego de Condiciones.

5.9. Registro de Toma

Son cajas empotradas en la pared donde se alojan las bases de acceso terminal (BAT), o tomas de usuario, de dimensiones 100 x 160 x 40 mm (alto, ancho y profundidad).

Las aulas y estancias que tengan asignado servicio de RTV dispondrán de dos tomas para dicho servicio. Además, dispondrán de una toma de reserva por si en un futuro se tiene que llevar a cabo la ampliación de servicio y evitar así, tener que modificar parte de la infraestructura.

La ubicación de los registros de toma en cada aula y estancia se indica en los planos del 1.1 al 1.5.

El total de registros de toma será de 66, para las tomas de RTV, y de 34 para las tomas de reserva.

Las características de estos registros se especifican en el Pliego de Condiciones.

5.10. Cuadro resumen de los elementos de la ICT

Elemento	Dimensiones (mm)
Arqueta de entrada	600 x 600 x 800 mm
Canalización externa	5 conductos de 63 mm de ϕ
Registro de enlace inferior	400 x 400 x 400 mm
Canalización de enlace inferior	5 conductos de 50 mm ϕ
Recinto inferior de instalaciones de telecomunicaciones	2300 x 2000 x 500 mm
Recinto superior de instalaciones de telecomunicaciones	2300 x 2000 x 500 mm
Canalización principal	5 tubos de 50 mm ϕ
Registros secundarios	550 x 1000 x 150 mm
Canalización secundaria	2 tubos de 40 mm ϕ
Registros de paso	Tipo A: 360 x 360 x 120 mm
Canalización interior de usuario	2 tubos de 20 mm ϕ
Registros de toma	64 x 64 x 42 mm

Tabla 5.1 Cuadro resumen de los elementos de la instalación de RTV

6. PLANOS

En este documento se van a presentar los siguientes planos, los cuáles se adjuntan al final del presente documento.

- 1.1- Instalación de RTV de la Planta Baja
- 1.2- Instalación de RTV de la Primera Planta
- 1.3- Instalación de RTV de la Segunda Planta
- 1.4- Instalación de RTV del Edificio Biblioteca-Comedor
- 1.5- Instalación de RTV del Edificio Gimnasio
- 1.6- Canalización principal de RTV y emplazamiento de las antenas
- 1.7- Esquema de la Infraestructura de RTV
- 1.8- Esquema de la red de distribución de RTV
- 1.9- Tomas de banda ancha y telefonía de la Planta Baja
- 1.10- Tomas de banda ancha y telefonía de la Primera Planta
- 1.11- Tomas de banda ancha y telefonía de la Segunda Planta
- 1.12- Tomas de banda ancha y telefonía del Edificio Biblioteca-Comedor
- 1.13- Tomas de banda ancha y telefonía del Edificio Gimnasio
- 1.14- Ubicación de los Access Point de la Planta Baja
- 1.15- Ubicación de los Access Point de la Primera Planta
- 1.16- Ubicación de los Access Point de la Segunda Planta
- 1.17- Ubicación de los Access Point del Edificio Biblioteca-Comedor
- 1.18- Ubicación de los Access Point del Edificio Gimnasio
- 1.19- Esquema general de la red de servicio de datos
- 1.20- Esquema general de la red de telefonía

7. PLIEGO DE CONDICIONES DE LOS DISPOSITIVOS Y DE LOS MATERIALES

En este apartado se llevará a cabo la descripción de los elementos y materiales de la instalación de RTV y Cableado Estructurado.

7.1. Radiofusión sonora y televisión

7.1.1. Características de los elementos de captación

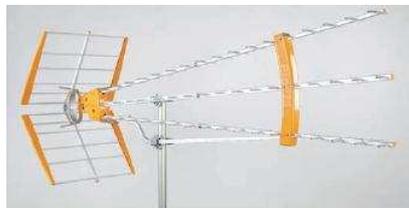
El conjunto para la captación de señales de radiofusión sonora y de televisión terrestres estará compuesto por las antenas, el mástil y los demás sistemas de sujeción de la antena necesarios para la correcta recepción de las señales. El conjunto para la captación de televisión satélite estará formado por la antena parabólica, el LNB y los pertinentes sistemas de sujeción.

7.1.1.1. Antenas

Las características de las antenas son las siguientes:

UHF

Antena directiva de elevada ganancia. Es del fabricante Televés.



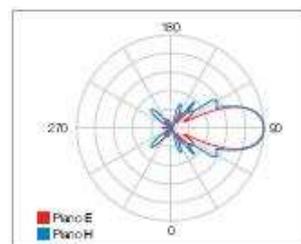
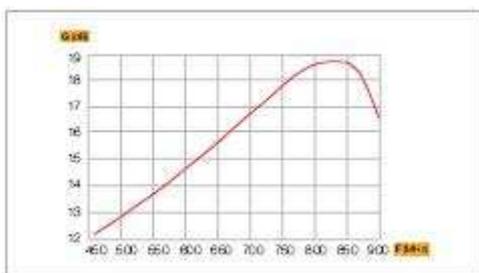
Características técnicas

Referencia		1097	
Canal		21-69	
Ganancia	dB	19	
Relación D/A		32	
Longitud	mm	1825	
Carga al viento	800 N/m ²	N	144
	1100 N/m ²		198

Presión de viento N/m ²	800	1100
Velocidad de viento N/m ²	130	150

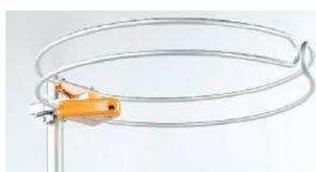
Respuesta en frecuencia

Diagrama de radiación



FM

Antena circular de dipolo plegado, por lo que se obtiene un diagrama de radiación omnidireccional. Es del fabricante Televés.



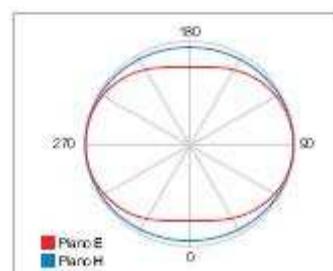
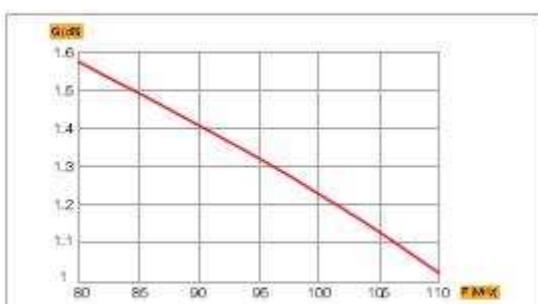
Características técnicas

Referencia		1201	
Banda		FM	
Ganancia	dB	1	
Relación D/A		0	
Longitud		mm	500
Carga al viento	800 N/m ²	N	27
	1100 N/m ²		37

Presión de viento N/m ²	800	1100
Velocidad de viento N/m ²	130	150

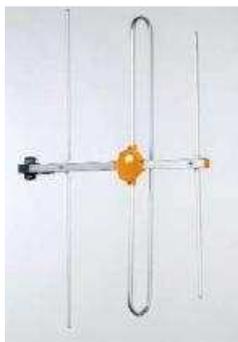
Respuesta en frecuencia

Diagrama de radiación



DAB

Antena direcciva compuesta por 3 elementos (reflector, dipolo y elemento director) que cubre toda la banda reservada para tales emisiones. Incorpora un adaptador de impedancias en su caja de conexión. Es del fabricante Televés.



Características técnicas

Referencia		1050	
Banda		DAB/BIII	
		190-232 MHz	
Ganancia	dB	8	
Relación D/A		>15	
Longitud	mm	555	
Carga al viento	800 N/m ²	N	36.5
	1100 N/m ²		50.2

Presión de viento N/m ²	800	1100
Velocidad de viento N/m ²	130	150

Respuesta en frecuencia

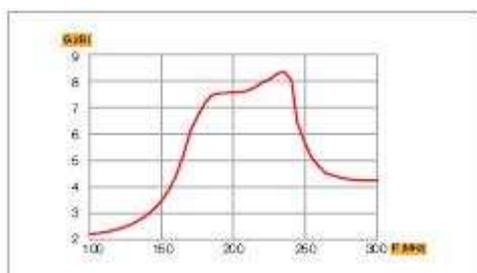
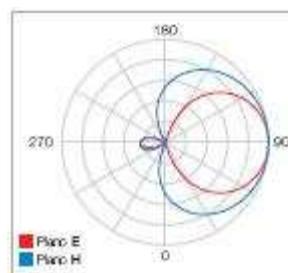


Diagrama de radiación



Televisión satélite

Para la recepción de señales satélite se utilizará una antena parabólica de offset y un LNB universal de una salida. Ambos elementos son del fabricante Televés.

Características técnicas de la antena parabólica:

Referencia		1097	
Tamaño	mm	800	
Ganancia a 11.7 GHz	dB	39.0	
Ancho de banda	GHz	10,7 a 12.75	
Ángulo de OFFSET	(°)	26.5	
Espesor	mm	0.6	
Ángulo de elevación	(°)	10...60	
Carga al viento	800	N/m ²	499.2
	1100		686.4



Presión de viento N/m ²	800	1100
Velocidad de viento N/m ²	130	150

Características técnicas del LNB:

Referencia		7611
Frecuencia de entrada	GHz	10,7 - 12.75
Frecuencia de salida	MHz	950/1950 - 1100/2150
Nº de salidas		1 (H/V)
Ganancia	dB	57
Figura de ruido		0.7
Oscilador local	GHz	9.75/10.6
Alimentación	Vdc	12...20
Consumo máximo	mA	120
Temperatura funcionamiento	°C	-30...+60
Dimensiones	mm	99x123x72



7.1.1.2. Elementos de sujeción de las antenas para televisión terrestre

Para la sujeción de las antenas para televisión terrestre se utilizará un mástil, en el que se colocarán las antenas descritas anteriormente.

Los mástiles, tubos de mástiles y los elementos anexos (soportes, anclajes, etc.) deberán ser de materiales resistentes a la corrosión o tratados convenientemente a estos efectos y, deberán impedir, o al menos dificultar, la entrada de agua en ellos, y en todo caso, deberán garantizar la evacuación de la que se pudiera recoger.

La estructura formada por el mástil y los elementos de captación estará apoyada en una pieza de hormigón que tendrá unas dimensiones y composición, a definir por el arquitecto, capaz de soportar los esfuerzos y momentos de cada uno de los elementos.

Mástil

Mástil de 3 metros de longitud y 45 mm de diámetro. Es del fabricante Televés.

Características técnicas:

Referencia		3010
Longitud	mm	3000
Diámetro		45
Espesor		2
Momento flector	Nxm	656,75

7.1.1.3. Elementos de sujeción de las antenas para televisión por satélite

Para la sujeción de la antena parabólica se construirá un soporte de hormigón sobre el que se instalará una placa base de anclaje de forma cuadrada, sujeta al soporte mediante 4 pernos.

7.1.2. Características de los elementos activos

7.1.2.1. Amplificadores monocanal

Los equipos amplificadores para la radiofusión terrestre serán monocanales para todos los canales digitales, excepto para los canales C66, C67, C68 y C69, que serán amplificados por un amplificador con 4 canales adyacentes.

Estos amplificadores forman parte del sistema de amplificación T03 de Televés. Están dotados del sistema Z de autoseparación de entrada y automezcla de salida. La conexión entre módulos para su alimentación se hace por el frontal mediante puentes de hilo. Una única fuente es la alimentación del sistema. A la salida de la cabecera estarán mezcladas la señal de RTV terrestre (MATV) y RTV satélite (FI). Estos amplificadores serán de ganancia variable y tendrán las siguientes características:

Referencia		FM	DAB	TDT							
		5082	5099	5086							
Ancho de banda	MHz	20.5	37	8	16	24	32	40	48	56	
Nº de canales		1	1	1	2	3	4	5	6	7	
Banda		FM	DAB	UHF							
Rango de frecuencias	MHz	87.5-108	195-232	470-862							
Ganancia	dB	30	45	50							
Tensión de salida analógica	dB	114	-	125	115	114	113	112	112	111	
Tensión de salida digital	dBµV	-	114	118	113	111	108	107	104	102	
Norma		EN 50083-5	DAB	EN 50083-5							
Figura de ruido	dB	<9	<9	<9							
Margen de regulación		>35	>35	<30							
Rechazo de canales		30	>20 (n±2)	20 (n±2)				15 (n±2)		11 (n±2)	
Planicidad		<3	<1	<3							
Consumo a 24 Vdc	mA	65±5	90±5	90±5							
Alim. Previos (24 Vdc)		100	100	100							
Dimensiones	mm	35x197x83	35x197x83	35x197x83							



7.1.2.2. Amplificador FI

El amplificador instalado en la cabecera para la distribución de señales de satélite para Hispasat es uno de los modelos incluidos en el sistema T03 de Televés. Este amplificador de FI-Sat permite regular la ganancia de forma que la señal entregada a la salida se adapte a las características de la instalación. Una única fuente es la alimentación del sistema. Las especificaciones del amplificador se muestran en la siguiente tabla:

Referencia		FI
		5080
Entradas/salidas		2-1
Rango de frecuencias	MHz	950-2150
Ganancia	dB	35...50
Ecuador		0-12
Atenuador		0-20
Nivel de salida DIN VDEO855/12	dBµV	124
Figura de ruido	dB	<12.5
Consumo (24 Vdc)	mA	130
Máx. Alim. LNB		400
Dimensiones	mm	35x197x83



7.1.2.3. Procesador FI

Es un sistema modular de procesadores que permite la selección de cualquier canal de la banda FI y su desplazamiento a otro canal dentro de la misma banda. Es del fabricante Televés y sus características técnicas son:

Referencia		5863
Rango de frecuencias entrada	MHz	950-2150
Rango de frecuencias salida		
Paso de frecuencia de sintonización entrada/salida		
Pérdidas de paso entrada	dB	<1.5
Pérdidas de paso salida		
Impedancia de salida	Ω	75
Nivel de entrada	dB	60 a 88
Nivel de salida		75 \pm 5
BW del filtro de entrada	MHz	10 a 72 (seleccionable en pasos de 2MHz)
Temperatura de funcionamiento	$^{\circ}$ C	0-40
Alimentación LNB	Vdc	13/17 / OFF 22KHz / OFF
Consumo maximo	mA	5V:550
		15V:50
Índice de producción	IP	20



7.1.2.4. Fuente de alimentación

La alimentación de la cabecera de radiofusión sonora y televisión terrestre se llevará a cabo mediante una fuente de alimentación de la gama de productos T03 de Televés, con una tensión de salida de 24 V y una corriente máxima de salida de 2,5 A.

La cabecera de radiofusión satélite la alimentará una fuente de alimentación de la gama de productos T03/T05 de Televés, con una tensión de salida de 15 V y una corriente máxima de salida de 4,2 A.

La siguiente tabla recoge las características técnicas de estas dos fuentes de alimentación:

Referencia		RTV satélite				RTV terrestre
		5029				5498
Tensión de entrada	Vac	230±15				
Frecuencia	Hz	50/60				
Tensión de salida	Vdc	24	18	15	5	24
Corriente máx. salida	A	0.55	0.8	4.2	6.6	2.5
Potencia máx. salida	W	13.2	14.4	63	33	60
Dimensiones	mm	56x197x163				55x197x83

7.1.3. Características de los elementos pasivos

7.1.3.1. Derivadores

Los derivadores que se utilizarán son del fabricante Televés y tiene las siguientes características:

Referencia		5147	5146	5142	5130	
Nº de direcciones	MHz	8	8	4	2	
Tipo		A	TA	A	TA	
Planta		2...3	1	2...3	1	
Pérdidas de inserción	MATV	dB	5	5	2.3	2.5
	FI		5	5	3.4	2.6
Pérdidas de derivación	MATV		20	18	16	12
	FI		20	19	16	12
Rechazo entre derivaciones	MATV/FI	dB	>21	>21	>25	>30
Corriente máx. paso	A	1	1	1	1	

7.1.3.2. Repartidores

Los repartidores que se utilizarán son del fabricante Televés de las características que se muestran en la siguiente tabla:

Referencia			5437	5436	5435
Banda de trabajo		MHz	5-2400	5-2400	5-2400
Número de salidas			4	3	2
Pérdidas de inserción Entrada-Salida S1...S8	5-47 MHz	dB	8	6,5	3,5
	47-862 MHz		7.5	7	4,5
	950-2400 MHz		9.5	7-11	5
Rechazo entre salidas	5-862	dB	>17		>15
	950-2400		>12		
Paso DC Entrada-Salidas		mA	300		
Voltaje máximo		Vdc	40		

7.1.3.3. Tomas de usuario

Se instalarán tomas de usuario de 3 salidas, para televisión terrestre, radio y televisión satélite, del fabricante Televés, cuyas características de muestran en la siguiente tabla:

Referencia	Bandas	Pérdidas en derivación (dB)										Pérdidas de paso (dB)		
		Retorno	BI	Sub Banda	FM	S. Baja	BIII/DA B	S. Alta Hiperb.	UHF	FI-SAT		Paso DC (350 mA)	MATV	FI
		5-47	47-68	68-89	88-108	104-174	174-230	230-446	470-862	950-2150	2150-2400			
5246	TV	< 8	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	-	-	-	-	
	R	-	-	-	4.5	4.5	4.5	-	-	-	-	-		
	SAT	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	1.5	SAT→IN		

7.1.3.4. Cables

Los cables utilizados serán de la gama de cables coaxiales T100 del fabricante Televés. Se utilizará cable con acabado de polietileno (PE) en la parte de la instalación que se encuentren en el exterior y cable con acabado de cloruro de polivinilo (PVC) para zonas interiores. Las características de los cables se muestran en la siguiente tabla:

Referencia		2147	2155
Tipo		T100	T100
Conductor central	Φ mm	1,13	1,13
	Material	Cu	Cu
	Res. Óhmica (Ω/Km)	20	17
Dieléctrico	Φ mm	4.8	4.8
	Material	PEE	PEE
Lámina interior	Material	B	B
Malla	Res. Óhmica (Ω/Km)	20	23/20
	Material	Cu	Cu
Lámina antimigratoria		Si	Si
Petro-Gel		No	No
Cobertura exterior	Φ mm	6.6	6.6
	Color	Negro	Negro
	Material	PVC	PE
Radio de curvatura mínimo (mm)		33	33
Blimdaje (dB)		>75	>75
Capacidad (pF/m)		55	55
Impedancia (Ω)		75	75
Metros/embajaje (m)		100	100

Estos cables tienen las atenuaciones típicas siguientes:

Atenuaciones				
Referencia			2147	2155
Frec.MHz)	200	dB/m	0.08	0.08
	500		0.12	0.12
	800		0.15	0.15
	1000		0.18	0.18
	1350		0.21	0.21
	1750		0.24	0.24
	2050		0.27	0.27
	2150		0.27	0.27
	2300		0.28	0.28

7.2. Sistema de Cableado Estructurado

El sistema de cableado estructurado (SCS) proporcionará conectividad a la totalidad de los espacios de trabajo del centro, proveyendo a las aulas y dependencias del centro educativo de banda ancha, wifi y telefonía VoIP. En los siguientes apartados se describirán los elementos que conforman esta red, además de los dispositivos necesarios para la implantación de la telefonía VoIP.

7.2.1. Armario rack

Se ubicará un **armario rack de 19"** en el Recinto de Telecomunicaciones, así como en los otros dos armarios de comunicaciones, cuya función será la de alojar el equipamiento electrónico, informático y de telecomunicaciones. El armario rack escogido es el modelo *EasyRack Floor*, con unas dimensiones de 870 x 870 x 2085 mm (anchura, profundidad y altura) y con una capacidad de 42U.

Sus principales características son:

- **Bastidor** fabricado en acero de alta calidad SPCC laminado en frío, de 1,5 mm de espesor. De aspecto sobrio y elegante, sin tornillos a la vista, su acabado tiene un tratamiento de pintura fosfórica anti-óxido y desengrasado, color negro (RAL5004).
- **Estructura** con 4 perfiles interiores de acero de 2 mm de espesor y desplazables en profundidad que permite una capacidad de carga estática de 800 Kg. (Espesor: agujero cuadrado de 2,0 mm).
- **Techo y suelo** con entradas de cables superior e inferior troqueladas con tapa atornillada.
- **Paneles laterales** fácilmente desmontables, con cerradura de seguridad opcional.
- **Puerta trasera** perforada para una mejor ventilación con cerradura de seguridad opcional.
- **Puerta frontal (serie)** con bisagras y cristal templado de seguridad de 4 mm de grosor color gris ahumado.



Se puede escoger entre varios modelos de puerta delantera y trasera hasta conseguir el modelo que resulte más práctico y óptimo para la actividad a la que se destinará. Todas las puertas referenciadas individualmente, son reversibles, extraíbles y con cerradura.

Además, incluye:

- Bandejas fijas
- Cierre superior con conjunto de ventilación, 2/4 ventiladores.
- 4 ruedas (2 con freno)
- 4 pies regulables en altura.
- Puerta delantera y trasera intercambiables.

Todo el equipamiento electrónico, informático y de telecomunicaciones que alojará el armario rack se describen en los siguientes apartados.

7.2.2. Router

El **router** que se utilizará es del fabricante *Netgear*, el cual dispone de 8 puertos Gigabit. Además, se dispondrá de un router redundante (de las mismas características), cuya función es sustituir al router principal en caso de que éste se averíe. El modelo del router será el *ID FVS318G-100EUS/Netgear ProSafe*.



Fig. 7.1 Router *ID FVS318G-100EUS/Netgear ProSafe* de 8 puertos Gigabit

Sus características técnicas son:

General	
Tipo de dispositivo	Encaminador
Factor de forma	Externo
Anchura	19 cm
Profundidad	12.5 cm
Altura	3.5 cm
Localización	Europa
Procesador	
Tipo	1 x 250 MHz
Memoria	
Memoria RAM	32 MB SDRAM
Memoria Flash	8 MB

Conexión de redes	
Tecnología de conectividad	Cableado
Conmutador integrado	Conmutador de 8 puertos
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Protocolo de conmutación	Ethernet
Red / Protocolo de transporte	TCP/IP, UDP/IP, NTP, ICMP/IP, IPSec, PPPoE
Protocolo de direccionamiento	RIP-1, RIP-2, direccionamiento IP estático
Protocolo de gestión remota	HTTP
Capacidad	Túneles VPN : 5
Características	Puerto DMZ, soporte de DHCP, soporte de NAT, Stateful Packet Inspection (SPI), prevención contra ataque de DoS (denegación de servicio), filtrado de contenido, pasarela VPN, filtrado de URL, actualizable por firmware, pasarela IPSec, Servidor DHCP, DNS proxy
Expansión / Conectividad	
Interfaces	1 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T - RJ-45 (WAN) ; 8 x red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T - RJ-45
Diverso	
Cables (Detalles)	1 x cable de red
Algoritmo de cifrado	Triple DES, MD5, IKE, SHA-1, PKI, AES de 128 bits, AES de 256 bits
Método de autenticación	Certificados X.509
Alimentación	
Dispositivo de alimentación	Adaptador de corriente - externa
Software / Requisitos del sistema	
Software incluido	Controladores y utilidades

7.2.3. Switch

Dado el dimensionado de la red del colegio se necesitará un switch de capa 3 (switch principal) y varios switch de capa 2 (conectados al principal), que serán los switches de planta y darán cobertura a los dispositivos conectados en su planta.

Switch principal de 24 puertos (capa 3)

El modelo escogido es el *Cisco Catalyst 3750G*, el cual dispone de 24 puertos Ethernet de 10/100.



Fig. 7.2 Switch Cisco Catalyst 3750G de 24 puertos 10/100

Sus principales características son:

Cisco Catalyst 3750-24PS EMI - conmutador - 24 puertos
- Tipo de dispositivo: Conmutador - apilable
- Factor de forma: Montable en bastidor - 1U
- Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura): 44.5 cm x 30.1 cm x 4.4 cm
- Peso: 5.3 kg
- Memoria RAM: 128 MB
- Memoria Flash: 16 MB
- Cantidad de puertos: 24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX
- Velocidad de transferencia de datos: 100 Mbps
- Protocolo de interconexión de datos: Ethernet, Fast Ethernet
- Ranuras vacías: 2 x SFP (mini-GBIC)
- Protocolo de gestión remota: SNMP 1, RMON 1, RMON 2, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c
- Modo comunicación: Semidúplex, dúplex pleno
- Características: Capacidad duplex, conmutación Layer 3, auto-sensor por dispositivo, Encaminamiento IP, soporte de DHCP, negociación automática, soporte ARP, señal ascendente automática (MDI/MDI-X automático), snooping IGMP, activable, apilable, conector del sistema de corriente redundante, soporte IPv6
- Cumplimiento de normas: IEEE 802.3u, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1p, IEEE 802.3af, IEEE 802.3x, IEEE 802.3ad (LACP), IEEE 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.1s
- Alimentación por Ethernet (PoE): Sí
- Alimentación: CA 120/230 V (50/60 Hz)

Como se ha comentado anteriormente, serán necesarios switches de capa 2 de 48 puertos y de 24 puertos, las características de los cuales se describen a continuación:

Switch de planta de 24 puertos

El modelo que se utilizará es el *Cisco SLM224G4PS*, el cual dispone de 24 puertos Ethernet de 10/100 y de 4 puertos Gigabit.

Lo más destacado de este dispositivo es:

- Su sencilla interfaz de navegador de Internet permite realizar la instalación de forma rápida y sin esfuerzo.

- Seguridad hasta el nivel de puerto del switch para evitar el acceso a la red de usuarios no autorizados.
- La función Power over Ethernet suministra alimentación de forma fácil y económica a puntos de acceso inalámbrico, cámaras de vídeo y otros terminales conectados en red.
- Los clústeres flexibles ofrecen la capacidad de gestionar varios switches como un único switch.



Fig. 7.3 Switch Cisco SLM224G4PS de 24 puertos 10/100 y 4 puertos Gigabit

Las principales características técnicas son:

- Veinticuatro puertos RJ-45 10/100 conmutados
- Cuatro puertos 10/100/1000 con dos ranuras SFP combinadas
- Capacidad de conmutación que proporciona un rendimiento de velocidad de cable a 12,8 Gbps sin bloqueo
- La supervisión WebView permite a los administradores ver el estado actual y la configuración son su navegador de Internet habitual
- La funcionalidad PoE en puertos 10/100 de 1 a 6 y de 13 a 18 suministra hasta un total de 100 W de alimentación máximos del estándar IEEE 802.3af
- Los puertos MDI automático (Medium Dependent Interface, interfaz dependiente del medio) y MDI-X (MDI crossover, interfaz cruzada dependiente del medio) permiten la detección automática de cable
- Las redes VLAN basadas en 802.1q y en puerto admiten hasta 128 VLAN
- Opciones de configuración de puertos para enlace, velocidad, auto MDI/MDI-X, control de flujo, etc.

- Posibilidad de instalación completa en rack mediante el hardware de instalación en rack incluido
- La tabla de direcciones MAC admite hasta 8.000 entradas de direcciones MAC
- Plataforma óptima para admitir aplicaciones en tiempo real como voz y vídeo, gracias a que ofrece funciones como snooping IGMP, colas múltiples (4) con técnicas de planificación apropiadas, priorización de tráfico basado en puerto, protocolo 802.1p; ToS/precedencia/DSCP de IP y mecanismos de envío de tarifa por línea
- Funciones QoS mejoradas, incluida la limitación de velocidad por entrada/salida y por flujo con una granularidad de 64 kbps
- Interfaz HTTP
- Seguridad de red/usuario a través de filtrado basado en MAC y 802.1x (con autenticación RADIUS)
- Contención de tormentas (difusión y multidifusión)
- Aumento de las posibilidades de expansión y disponibilidad en varios switches mediante la adición de enlaces
- La agregación de puertos hasta a ocho grupos con un máximo de ocho puertos por grupo permite aumentar el ancho de banda de cada enlace ascendente o conexión del servidor
- La gestión del protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol, protocolo de gestión de red simple) y de la supervisión remota (RMON) amplían las opciones de visibilidad

Switch de planta de 48 puertos

El modelo que su utilizará es el *Cisco SFE2010P*, el cual dispone de 48 puertos Ethernet de 10/100 y 2 puertos 10/100/1000.

Lo más destacado de este dispositivo es:

- Conecta hasta 48 dispositivos en red (PC, impresoras y servidores) para compartir y transferir archivos y vídeos por la red.
- Los clústeres flexibles permiten agregar más switches a medida que se necesitan y ofrecen la capacidad de gestionar una pila como si se tratara de un sólo switch.

- La función Power over Ethernet suministra alimentación de forma fácil y económica a puntos de acceso inalámbrico, cámaras de vídeo y otros terminales conectados en red.
- La seguridad avanzada protege el tráfico de la red para evitar el acceso de usuarios no autorizados.



Fig. 7.4 Switch Cisco SFE2010P de 48 puertos 10/100

Las principales características técnicas son:

- Cuarenta y ocho puertos Ethernet 10/100
- Dos puertos Ethernet 10/100/1000 (utilizados como puertos de apilamiento cuando funciona en modo apilamiento)
- Dos ranuras mini Gigabit Interface Converter (mini-GBIC) para expansión Gigabit Ethernet de fibra
- PoE IEEE 802.3af suministrada a cualquiera de los cuarenta y ocho puertos 10/100
- Alimentación de 15,4 W disponible en los puertos Fast Ethernet para los puntos de acceso inalámbrico o micrófonos VoIP con capacidad PoE (máxima PoE disponible por switch de 360 W para todos los puertos)
- Imágenes duales para la actualización flexible del firmware
- Capacidad de conmutación de almacenamiento y transmisión (store-and-forward) de 17,6 Gbps sin bloqueos
- Gestión de QoS simplificada mediante técnicas de gestión de cola, utilizando especificaciones de prioridad del tráfico basadas en servicios diferenciados (DiffServ) o tipo de servicio (ToS) compatibles con 802.1p
- Redundancia de alimentación cuando se utiliza con la unidad de alimentación redundante de 380 W Cisco RPS1000
- El apilamiento plenamente flexible permite optimizar el crecimiento con una gestión simplificada

- ACL para ofrecer seguridad granular e implementación de QoS
- Configuración y supervisión desde un navegador de Internet estándar
- Gestión remota segura del switch mediante cifrado Secure Shell (SSH) y Secure Sockets Layer (SSL)
- Las VLAN basadas en 802.1Q permiten la segmentación de redes para mejorar el rendimiento y la seguridad
- Private VLAN Edge (PVE) que simplifica el aislamiento de la red de conexiones de invitados o redes autónomas
- Configuración automática de VLAN en varios switches mediante el protocolo genérico de registro de VLAN (GVRP) y el protocolo genérico de registro de atributos (GARP)
- Seguridad a nivel de puerto de usuario / red mediante autenticación 802.1X y filtrado basado en MAC
- Aumento del ancho de banda y redundancia de enlace con el protocolo de control de adición de enlace (LACP)
- Mejora de las capacidades de limitación de la velocidad de transmisión, entre las que se incluye la contrapresión y el control de desbordamiento de multidifusión y difusión
- Replicación de puertos para una supervisión no invasiva del tráfico del switch
- Soporte de trama mini Jumbo (1632 bytes)
- Compatible con el protocolo de gestión de red simple (SNMP) versiones 1, 2c y 3, y supervisión remota (RMON)
- Montaje completo en rack con hardware para montaje en rack incluido

7.2.4. Access Point

El modelo que se utilizará de Access point es el *DWL-3200AP*, de la marca D-Link.

El D-Link DWL-3200AP es un poderoso, robusto y fiable Access Point que provee opciones avanzadas de seguridad para los administradores de red, permitiéndoles desplegar una administración muy robusta en redes wireless. Además, soporta Power Over Ethernet (PoE), permite el soporte de múltiples SSID's y provee dos antenas de alta ganancia para una óptima cobertura wireless. Dispone de 1 puerto RJ-45 10/100 Base-TX.



Fig. 7.5 Access Point *DWL-3200AP*, de la marca D-Link.

Las características técnicas de este dispositivo son:

Puertos: 1 RJ-45: 10/100 Base-TX

Estándar: IEEE 802.11b

- IEEE 802.11g
- IEEE 802.3 Ethernet
- IEEE 802.3u Fast Ethernet
- IEEE 802.3af PoE

Rango de operaciones interior:

- 99m: 6Mbps
- 30m: 54Mbps

Externo:

- 500m: 6Mbps
- 112m: 54Mbps
- Especificaciones adicional es antena dual dipolo con 5dBi de ganancia diversidad RSMA
- Soporte 11g. 108Mbps MODO TURBO
- Soporta PoE (power over ethernet), 802.3af

Voltaje de alimentación adaptador DC:Auto voltaje

- Contenido de acces point
- Cable de poder
- Guía de usuario
- Adaptador DC autovoltaje
- CD-ROM Software

7.2.5. Patch panel

Los **patch panels** utilizados serán del modelo *eXtreme 6+* de la categoría 6, de la marca *Leviton*, de 96 puertos o de 24.

El patch panel *eXtreme* de la Categoría 6 de Leviton está diseñado para usarse en racks y gabinetes estándar de 19 pulgadas (48.26 cm). Incluye la “Tecnología de Fuerza de Retención” que promueve el rendimiento uniforme durante la vida útil del sistema. Su diseño permite una rápida y fácil instalación debido a las terminaciones 110 estándar localizadas en la parte trasera del panel que siguen la secuencia de colores de una instalación normal (azul, naranja, verde y café) de izquierda a derecha. El sistema *eXtreme* de la Categoría 6 de Leviton está diseñado para usarse en aplicaciones que requieren gran número de megabits, como Gigabit Ethernet.

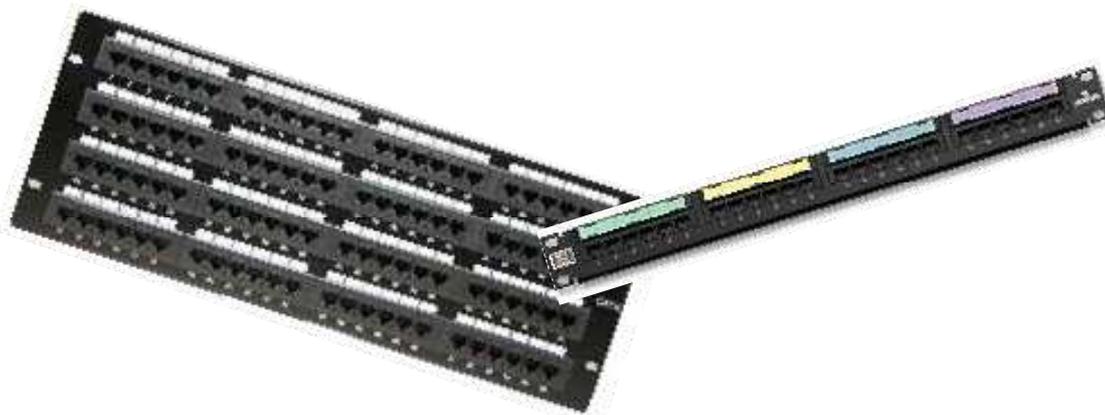


Fig. 7.6 Patch panel *eXtreme 6+* de la marca *Leviton* de 96 y de 24 puertos

Características

- Incluye la “Tecnología de Fuerza de Retención”.
- Instalación sencilla.
- Tarjetas de cableado Universal T568A y T568B para terminaciones IDC estilo 110.
- Etiquetado frontal con código de color para fácil identificación de puertos (cumple con la norma TIA-606-A).
- Soporte de aterrizaje para conexión a tierra opcional.

Especificaciones físicas

- Capacidad: Bloque de 12, 24, 48 y 96 puertos, bloque de 12 puertos Universal U-89.
- Materiales: Acero calibre 16, pintado de color negro. Los componentes de plástico y PCB están especificados según la norma UL 94V-0.

Consideraciones sobre el diseño

- Etiquetado de ventana frontal con código de color para fácil identificación de puertos.
- Se monta en racks de 48.26 cm (19 pulg).
- El panel se ofrece en configuraciones de 12, 24, 48 y 96 puertos y el Bloque Universal de 12 puertos U89 para aplicaciones de montaje en pared.
- Los módulos de conectores se presentan en grupos de seis.
- Incluye barras de organización de cableado.

Especificaciones típicas

El patch panel cumple o excede los requisitos para la Categoría 6 descritos en la norma TIA/EIA-568-B.2-1, así como los requisitos de la Clase E descritos en ISO/IEC 11801-B. Los paneles presentan configuraciones de cableado T568A y T568B, módulos de perforación IDC 110 blancos, soportes de montaje para barras de organización de cableado, etiquetas para ventanas frontales con código de color y soporte de terminación para la conexión a tierra del patch panel. Cuenta con una tarjeta de cableado universal T568A y T568B para terminaciones. Los paneles están fabricados de acero calibre 16 con acabado pintado de color negro y serigrafía en color blanco. Elementos de plástico retardadores de fuego con índice de inflamabilidad según la norma UL 94V-O. Se ofrece en configuraciones de 12, 24, 48 y 96 puertos, así como una configuración de 12 puertos 89D. Se configura con módulos de seis puertos. La terminación 110 en la parte trasera sigue la secuencia de colores de una instalación normal (azul, naranja, verde y café) de izquierda a derecha. El fabricante otorga garantía limitada por un año sobre el producto y garantía por 15 años sobre el funcionamiento. Ambas garantías se amplían a garantías de por vida cuando se instala como parte del Sistema de Cableado Certificado.

Los patch panles utilizados serán de 96 puertos y de 24 puertos, ambos con interfaz RJ45. Sus dimensiones son 19" x 6,975" x 1,483" (48,26 x 17,716 x 3,766 cm) para el de 96 puertos y 19" x 1,725" x 1,479" (48,26 x 4,381 x 3,756 cm) para el de 24.

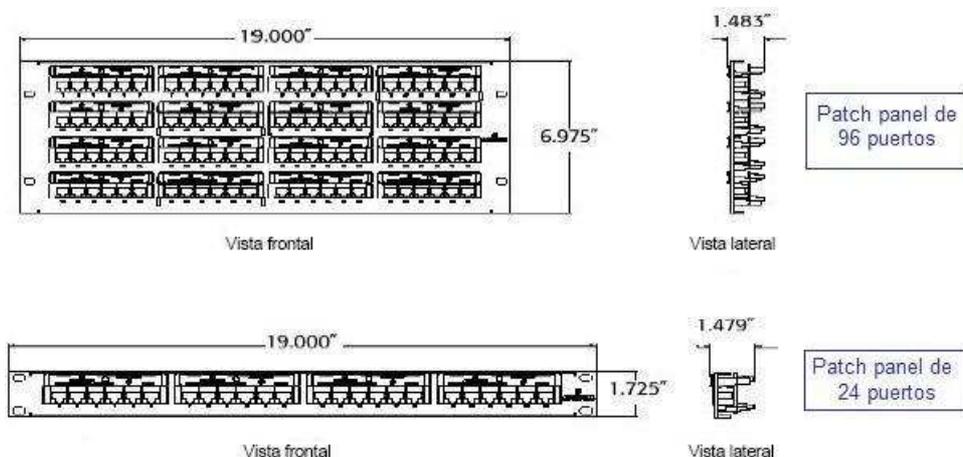


Fig. 7.7 Esquema de los patch panels de 96 y 24 puertos

7.2.6. Servidor de almacenamiento

El **servidor de almacenamiento** que se utilizará es el modelo *Sun Fire X4500*, de la marca *Sun*, que combina las tecnologías de servidor y almacenamiento más avanzadas de la industria para ofrecer un sistema de gran rendimiento y gran alta densidad de almacenamiento.



Fig.7.8 Servidor de almacenamiento *Sun Fire X4500*

Sus especificaciones son:

Servidor Sun Fire X4500. Especificaciones

Arquitectura

Procesador

Dos procesadores AMD Opteron modelo 285 de doble núcleo

Caché

1 MB de caché de Nivel 2 por núcleo

Memoria

Ocho ranuras DIMM DDRH (cuatro por zócalo de CPU), hasta 36 GB con módulos DIMM de dos GB

Arquitectura del sistema

Enlace HyperTransport a 8,0 GB/seg. con una velocidad de acceso de 6,0 GB/seg. entre el procesador y la memoria

Disco duro

Disco duro cogartado

Hasta 48 HDDs internos hot-swap (reemplazables en funcionamiento) SATA II de 3,5 pulgadas. Disponibles en tamaños de 250 GB ó 500 GB a 7.200-RPM, hasta un máximo de 24 TB

Configuración RAID

RAID por SW proporcionado por RAID-Z en Solaris ZFS

Interfaces estándar/integrados

- Red: Cuatro puertos Ethernet 10/100/1000Base-T, conector RJ45
- Gestión de red: Un puerto Ethernet 10/100Base-T dedicado, conector RJ45
- Puerto serie: Un TIA/EIA-232-F asincrónico, conector RJ45
- SATA: Seis controladoras SATA de ocho puertos, acceso interno únicamente
- USB: Cuatro puertos USB 2.0 (dos en el frontal y dos en la parte posterior)
- Vídeo: Puerto VGA
- Buses de expansión: Dos ranuras PCI-X internas MD2 de 64-bit y perfil bajo @ 133 MHz

Software

Sistemas operativos

- Sistema Operativo Solaris 10, 64-bit

Sun (Java™ Enterprise System)

- Sistema Operativo Solaris 10
- Distribuciones Linux estándar

Lenguajes

- C/C++, FORTRAN
- Lenguaje de programación Java
- El resto de lenguajes estándar soportados por Sun

Red

ONC™, ONC+, NFS, WebNFS, TCP/IP, SunLink™, DSI, MHS, IPX™/SPX, SMB technologies y XML

Gestión

Procesador de Servicio Integrated Lights Out Manager (ILOM) que proporciona: CLI (in-band y out-of-band), IPMI 2.0 (in-band y out-of-band), SNMP (solamente out-of-band)

- N1 System Manager—posibilidad de gestionar desde uno hasta cientos de sistemas de forma centralizada

Entorno

Alimentación CA

200-240 V CA, 50/60 Hz, 10 A

Temperatura/humedad con actividad (una unidad sin instalar en un rack)

5° C. a 35° C. (37° F. a 91° F.), humedad relativa entre 10 y 90%, sin condensación, 27° C. máx. wet bulb

Temperatura/humedad sin actividad (una unidad sin instalar en un rack)

-10° C. a 65° C. (-60° F. a 149° F.), hasta el 93% de humedad relativa, sin condensación, 38° C. máx. wet bulb

Altitud con actividad (una unidad sin instalar en un rack)

Hasta 3.048m, la temperatura ambiente máxima se reduce en 1° C. por cada 300m por encima de 900m

Altitud sin actividad (una unidad sin instalar en un rack)

Hasta 4.000m

Ruido acústico (una unidad sin instalar en un rack)

- LwAd (1 B = 10 dB): Hasta 0 por debajo de 25° C., 7,5 B, a máx. Ambiente, 8,5 B
- LpAm en estado de espera: Hasta 0 por debajo 25° C., 65 dB, a máx. ambiente, 75 dB

Más información

Para conocer más detalles acerca del servidor Sun Fire X4500, visite sun.com/X4500

Alimentación

- Fuentes de alimentación duales, redundantes y reemplazables en funcionamiento (hotswap)
- Máxima Potencia de Entrada UL: 1.800 W
- Máxima Potencia de Salida: 1.500 W

Normativas (para más detalles ver requisitos)

- Seguridad: IEC60950, UL/CSA60950, EN60950, esquema CB con todas las diferencias a nivel país
- RF/EMI: FCC Class A, Part 15.47 CFR, EN55022, CISPR 22, EN300-396 v1.31, ICES-003
- Inmunidad: EN55024, EN300-386 v1.3.2

Certificaciones

- Seguridad: cULus Mark, CE Mark, GOST R, S-Mark
- EMC: CE Mark (93/68/3EEC), Emisiones e Inmunidad Clase A Niveles de Emisión: FCC, VCCI, C-Tick, MTC, GOST R, BSMI*
- Otras: Recogidas en la directiva de tratamiento de residuos de equipamiento eléctrico y electrónico WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment)

Dimensiones y peso

Altura: 6,89 pulgadas/175,09mm
Anchura: 17,28 pulgadas/439mm
Profundidad: 28,52 pulgadas/749,90mm
Peso: 170 libras/77 kg

Opciones de montaje

Kit de instalación sobre rack de 19 pulgadas.

Garantía

Dos años, atención durante el siguiente día laborable

2. Aplicable en el momento de la Disponibilidad General

7.2.7. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

El armario de comunicaciones principal también incluirá el **sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)** y los elementos de protección eléctrica y conexión de tierra pertinentes. El SAI es un dispositivo que gracias a sus baterías puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados. Además, mejora la calidad de la energía eléctrica que llega a los aparatos, filtrando subidas y bajadas de tensión. El SAI utilizado será el modelo *APC Smart-UPS 1000RM12U*, ya que es el idóneo para trabajar con servidores con gran almacenamiento y sistemas de telecomunicaciones, además es posible su montaje en bastidores.



Fig. 7.9 SAI modelo *APC Smart-UPS 1000RM12U*

Smart-UPS DP protege los datos proporcionando continuamente suministro de red independiente de la entrada de energía. El software PowerChute plus del SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida), almacena con seguridad los datos y apaga el sistema en red antes de que la batería se agote por completo, independientemente de que se esté trabajando con los ordenadores o no. La ranura interna en su parte trasera SmartSlot permite instalar accesorios opcionales para mejorar la actuación del SAI. Smart-UPS DP de APC es el SAI perfecto para servidores de archivos múltiples, mini ordenadores, UNIX CPU's, granjas de servidores, ordenadores centrales pequeños, sistemas de control electrónico, sistemas de telecomunicaciones y otras aplicaciones con misión crítica.

Sus características son:

General	
Tipo de dispositivo	UPS - montaje en bastidor
Anchura	48.3 cm
Profundidad	45.7 cm
Altura	8.9 cm
Peso	28.1 kg
Color incluido	Blanco
Localización	Inglés / Australia, China, Asia, India, Europa
Dispositivo de alimentación	
Voltaje de entrada	CA 230 V
Margen de tensión de entrada	± 10%
Frecuencia requerida	50/60 Hz
Conector(es) de entrada	1 x alimentación IEC 320 EN 60320 C14
Voltaje de salida	CA 220/230/240 V ± 5%
Conector/es de salida	4 x alimentación IEC 320 EN 60320 C13
Potencia suministrada	1000 VA
Supresión de sobrevoltaje	Estándar
Tiempo de respuesta a sobrevoltaje	2 ms
Protección del circuito	Disyuntor

Batería	
Cantidad	2 (instalados) / 2 (máx.)
Tecnología	Ácido de plomo
Voltaje suministrado	12 V
Capacidad	11 Ah
Duración (hasta)	30 min a media carga
Tiempo de recarga	3 hora(s)
Expansión / Conectividad	
Interfaces	1 x gestión - RS-232C - D-Sub de 9 espigas (DB-9)
Diverso	
Cables incluidos	1 x cable de alimentación
Kit de montaje en bastidor	Incluido
Valor protección equipo	25000 Dólares USA
Software / Requisitos del sistema	
Software incluido	Controladores y utilidades, APC Power Chute Plus
Garantía del fabricante	
Servicio y mantenimiento	2 años de garantía
Detalles de Servicio y Mantenimiento	Garantía limitada - piezas y mano de obra - 2 años - introducir
Parámetros de entorno	
Temperatura mínima de funcionamiento	0 °C
Temperatura máxima de funcionamiento	40 °C
Temperatura mínima de almacenamiento	-15 °C
Temperatura máxima de almacenamiento	45 °C
Ámbito de humedad de funcionamiento	0 - 95%
Emisión de sonido	35 dBA

7.2.8. Plataforma VoIP

La **centralita telefónica** que se utilizará es el modelo *Samip SAM office 4*, del fabricante *Selta*, con capacidad de hasta 128 extensiones. Además, dispone de todos los interfaces necesarios en su módulo *Samip Gateway* para permitir su interconexión con las redes de telecomunicaciones existentes tanto a nivel RTB/RDSI como a nivel IP mediante SIP o H.32.



Fig. 7.10 Centralita telefónica *Samip SAM office 4*

El fabricante de centralitas *Selta* ha optado por el desarrollo de máquinas de última generación, abiertas a la evolución e innovación en el mundo TIC y al mismo tiempo, capaces de funcionar sin problemas en los entornos clásicos.

La plataforma *Samip* cuenta con múltiples e interesantes características, de las que se destacan las siguientes:

La plataforma *Samip* se basa íntegramente en el protocolo SIP, junto a XML y HTTP, los dos standard de mercado para las redes IP cuando se hace referencia al intercambio de datos, y en el protocolo RTP para el “streaming” del flujo de datos.

La plataforma IP nativa *Samip* gestiona la Voice over IP (VoIP) permitiendo a los dispositivos conectados (teléfonos fijos, móviles, PDA, etc.) comunicarse en red con otros sistemas tanto si son dispositivos de nueva generación como tradicionales.

Para realizar comunicaciones entre dispositivos IP y teléfonos analógicos, digitales o PBX ya presentes, *Samip* realiza funciones de gateway dedicado.

SAMIP cuenta con conexiones RDSI, Frame Relay, CDN, xDSL y la posibilidad de realizar llamadas urbanas VoIP.

SAMIP cuenta con servicios de call backup en caso de que el servicio principal no esté disponible.

Gracias al soporte nativo del protocolo de comunicaciones SIP, *Samip* cumple plenamente las funcionalidades de IP Gateway entre los sistemas server OCS/Exchange hacia las redes tradicionales PSTN/ISDN, las redes IP de nueva generación y hacia los terminales. De este modo, las funcionalidades de mensajería unificada están disponibles desde todo tipo de redes y terminales, incluso fuera del centro.

Samip cuenta con una amplia gama de dispositivos fijos y móviles, como telefónicos IP fijos, teléfonos analógicos, teléfonos SIP o la aplicación *Client IP SOFTfon*, que transforma el PC en una plataforma telefónica.

En el colegio se instalarán teléfonos IP y la aplicación *Client IP SOFTfon*.

Las características generales de la plataforma son:

SERVICIOS SIP NATIVOS	SERVICIOS TELEFÓNICOS PARA USUARIOS SIP	UTILIDADES PARA USUARIOS SIP
Proxy Server SIP (RFC 3261) Registrar Server SIP (RFC 3261 / 3327) Redirect Server SIP (RFC 3261) Multi-Media Transport con protocolo SDP (RFC 1889) Session description con protocolo SDP (RFC3264) Gestión procedimiento DNS (RFC 3262) IP switched P2P Gestión DSP en pool	Calling Line Identification Presentation/Restriction (CLIP/CLIR) Connected Line Identification Presentation/Restriction (CLIP/CLIR) Poner/recuperar llamada en espera (RFC 3261) Desvío (RFC 3261) Transferencia(RFC 3515 / 3891) Conferencia (DRAFT 00) Instant messaging (RFC 3428 parcial) Video-llamada (RFC 2327) Multilínea Transmisión / recepción DTMF (RFC 3261 / 2833)	Registro controlado por el sistema de gestión Gestión jerárquica usuarios SIP mediante clases de servicio Acceso controlado a recursos del sistema: <ul style="list-style-type: none"> • salientes en outband • números breves • números prohibidos Acceso facilitado a usuarios remotos SIP de tipo “trusted-host” Voice mail Gestión grupos en modalidad “forking SIP” (RFC 3261) Gestión de servicios con interacción hacia usuarios tradicionales: <ul style="list-style-type: none"> • desvío • transferencia

CARACTERÍSTICAS VOIP		SERVICIOS VOIP Y TOIP		DATA NETWORKING
Señalización: <ul style="list-style-type: none"> • SIP (RFC 3261) • H.323 (ITU-T) Codec de voz: <ul style="list-style-type: none"> • g.711 (ITU-T) • g.729ab (ITU-T) • g.723 (6,3) (ITU-T) • g.723 (5,3) (ITU-T) Network Echo Canceller (ITU-T G.168) Voice Activity Detection (VAD) Comfort Noise Generation (CNG) Jitter Buffer configurable QoS mediante DiffServ (RFC 2474 / 2597 / 2598) QoS mediante TOS (RFC 791) Soporte gatekeeper H.323 (ITU-T) Backup en líneas urbanas Música en espera		SIP gateway <ul style="list-style-type: none"> • terminales analógicos/digitales/DECT • líneas analógicas/RDSI (BRI/PRI) • DECT RBS • Qsig networking • S0 Data H.323 gateway (ITU-T H.225.0 / H.225.0) SIP networking con protocolo SIP-T(RFC 3204) Fax T38 (ITU-T) Soporte de terminales SIP standard: <ul style="list-style-type: none"> • hardphone • softphone Soporte de terminales Wi-Fi SIP standard (IEEE 802.11) Soporte de terminales SIP híbridos Wi-Fi - 2/3 g (IEEE 802.11 / ITU-T IMT-2000) Soporte de terminales H.323 standard (llamada base) (ITU-T) Terminales IP propietarios para servicios KTS: <ul style="list-style-type: none"> • hardphone (NETfon) • softphone Conexión por Internet a la LAN de la Empresa con teléfono NETfon: <ul style="list-style-type: none"> • teletrabajo • sede periférica Power-over-Ethernet (PoE) (IEEE 802.3af)		Acceso Ethernet 10/100Mbit (IEEE 802.3) QoS mediante DiffServ (RFC 2474 / 2597 / 2598) QoS mediante TOS (RFC 1349) Dial in
MODELOS	NÚMERO SUBRACK	SLOTS	TERMINALES IP DE USUARIOS/LÍNEAS*	EXTENSIONES
SAMoffice 2C	1	2	32	32
SAMoffice 4 BASE	1	4	128	64
EXPANSIÓN	1 Expansión	8	128	128

7.2.9. Teléfono IP y aplicación Client IP SOFTfon

El **teléfono IP** utilizado será el modelo *NETfon 300* de *Seltatel*. Este terminal proporciona un diseño actual, una interfaz de uso sencillo y eficaz con pantalla amplia, el Power Over Ethernet y una amplia gama de servicios IP en los que se garantiza la calidad del servicio.



Fig. 7.11 Teléfono IP modelo *NETfon 300* de *Seltatel*

Sus principales características son:

- Display LCD gráfico en blanco y negro (128x64)
- 8 teclas con función programable
- Conector para auriculares
- Alimentación PoE
- Protocolo de señalización SIP
- 4 teclas con funciones predeterminadas (espera, manos libres, half duplex, micrófono, colgar)
- 2 interfaces Ethernet 10/100

La aplicación *Client IP SOFTfon* es una aplicación software que convierte el ordenador en una plataforma telefónica totalmente equipada.



Fig.7.12 Aplicación *Client IP SOFTfon*

Combina todas las características de un terminal digital avanzado integrado con Microsoft Outlook para la aplicación de una gestión integrada de las llamadas telefónicas o correo electrónico.

El SOFTfon integra todas las características de los terminales IP Seltatel NETfon como:

- Los botones fijos: espera, manos libres, micrófono, colgar
- 24 teclas programables
- Contactos
- Registro de llamadas

7.2.10. Cable UTP categoría 6

Para el cableado horizontal y los patch cords del sistema de cableado estructurado se utilizará cable de par trenzado UTP de categoría 6.

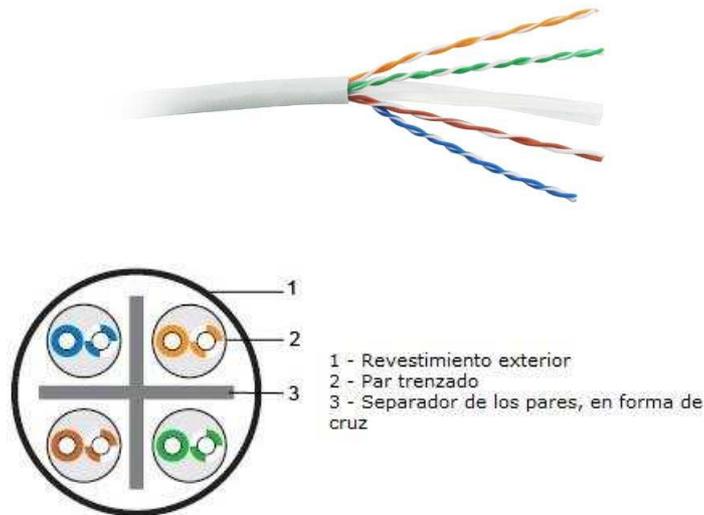


Fig.7.13 Cable UTP categoría 6

Descripción

Modelo: LAN

Tipo de cable y cantidad de pares: cable UTP, 4 pares (solid), categoría 6; 0,5mm. x 4 pares

Aplicación: tendido horizontal en las redes locales de transmisión de datos (LAN)

Estándares: UL444/UL1581, TIA/EIA 568B.2

Características técnicas

Conductor: alambre de cobre desnudo de $\text{Ø}0.54\pm 0.01$ mm., 24 AWG.

Aislamiento: polietileno de consistencia incrementada, grosor mínimo 0.18 mm.

Diámetro del cable 0.99 ± 0.02 mm.

Color de los pares trenzados: azul-blanco/azul, naranja-blanco/naranja, verde-blanco/verde, marrón-blanco/marrón.

4 pares trenzados con separación de polietileno, cubiertos con forro de PVC (grosor mínimo del forro 0.4 mm).

Diámetro exterior del cable 6.2 ± 0.2 mm.

Temperatura máxima admisible: 75°C

Resistencia al fuego: CM

Frecuencia, MHz	RL	Atenuación, dB	NEXT, dB	PSNEXT, dB	ELFEXT, dB	PSELFEXT, dB
1,0	20,0	2,0	74,3	72,3	67,8	64,8
4,0	20,3	3,8	65,3	63,3	55,8	52,8
8,0	24,5	5,3	60,8	58,8	49,7	46,7
10,0	25,0	6,0	59,3	57,3	47,8	44,8
16,0	25,0	7,6	56,3	54,3	43,7	40,7
20,0	25,0	8,5	54,8	52,8	41,8	38,8
25,0	24,3	9,5	53,3	51,3	39,8	36,8
31,25	23,6	10,7	51,9	49,9	37,9	34,9
62,5	21,5	15,4	47,4	45,4	31,9	28,9
100,0	20,1	19,8	44,3	42,3	27,8	24,8
200,0	18,0	29,0	39,8	37,8	21,8	18,8
250,0	17,3	32,8	38,3	36,3	19,8	16,8

Resistencia máxima del conductor en temperatura de 20°C	9.38 Ohms/100 m
Desequilibrio de resistencia	5%
Capacidad de desequilibrio del par con relación a tierra	330 pF/100m
Resistencia en frecuencia de 0.772-100 MHz	85-115 Ohms
Capacidad de operación máxima	5.6 nF/m
Prueba por chispa	2.5 kV

7.2.11. Cable de fibra óptica

Para el cableado vertical se utilizará cable de fibra óptica de 62.5/125 μ V de dos fibras, del tipo multimodo.

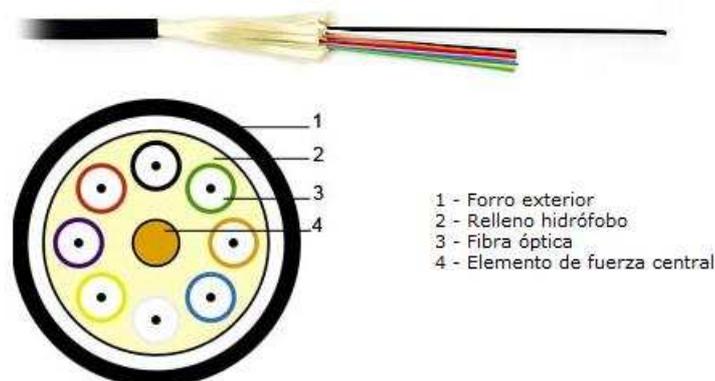


Fig. 7.14 Cable de fibra óptica de 62.5/125 μ V del tipo multimodo

Descripción

Cable de fibra óptica con recubrimiento ajustado (tight buffer), 2-72 fibras. Se puede utilizar tanto en salas cerradas como en exterior. Se puede tender en canales de cables. Soporta la transmisión de datos a distancias cortas y medias. Es adecuado para la terminación directa. Se utiliza para el cableado horizontal y vertical.

En conformidad con los estándares EIA-TIA 455 y IEC-60332, 60754, 60794. Características ópticas en conformidad con el estándar ISO/IEC 11801.

En conformidad con el estándar de seguridad contra incendios IEC 60332-1.

Material

- Material conductor: fibra óptica 9/125, 50/125, 62.5/125
- Aislamiento de la fibra: recubrimiento ajustado
- Armadura y aislamiento hidrófugo: hilos aramidas con aislamiento hidrófugo, con refuerzo
- Revestimiento exterior: compound ignífugo sin halógenos (HFFR)
- Elemento de fuerza central: barra dieléctrica

Características técnicas

Diámetro de la fibra	125±1µm
Diámetro de la fibra con revestimiento protector	242±7µm
Diámetro del revestimiento de la fibra	0.9 mm
Diámetro exterior del cable	4,9 mm
Esfuerzo de apriete del recubrimiento de la fibra	1.3-8.9 N
Falta de forma redonda del revestimiento de la fibra	Menos del 1%
Radio mínimo de curvatura	98 mm (explotación - 49 mm)
Cantidad máxima de curvaturas	300 veces
Esfuerzo de tendido (montaje)	900 N
Esfuerzo de tendido (explotación)	540 N
Esfuerzo de aplastamiento	220 N/cm
Resistencia a golpes	3.0 N*m
Resistencia a la flexión	300 ciclos
Temperatura del tendido	De - 20°C hasta +70°C
Temperatura de funcionamiento	De - 40°C hasta +70°C
Temperatura de mantenimiento	De - 40°C hasta +70°C
Peso de 1 km de cable	25 kg
Adujá estándar	1000 m

7.3. Infraestructuras

7.3.1. Características de la arqueta

Será preferentemente de hormigón armado o de otro material siempre que soporten las sobrecargas normalizadas en cada caso y el empuje del terreno. La tapa será de hormigón armado o fundición.

Dispondrá de cierre de seguridad y de dos puntos para el tendido de cables.

7.3.2. Características de las canalizaciones

7.3.2.1. Características de la canalización externa

La canalización externa estará formada por tubos de 63 mm de diámetro. Serán de plástico no propagador de la llama y deberán cumplir la norma UNE-50086, debiendo ser de pared interior lisa.

Estos tubos se colocarán en el interior de una zanja excavada entre la arqueta y el pasamuros de entrada. La profundidad y anchura de la zanja son las que corresponde a las dimensiones de la arqueta utilizada. Los tubos que constituyen esta canalización deben discurrir horizontalmente desde las perforaciones de la arqueta para la entrada de los tubos, hasta el pasamuros de la vivienda. Para ello deberá conocerse la ubicación de las perforaciones según las especificaciones del fabricante de la arqueta a utilizar.

7.3.2.2. Características de la canalización de enlace

La canalización de enlace estará formada por tubos, de diámetro exterior según se especifica en la memoria y en apartados anteriores de este anexo. Serán de plástico no propagador de la llama y deberán cumplir la norma UNE-50086, debiendo ser de pared interior lisa.

7.3.2.3. Características de la canalización principal

La canalización principal estará formada por tubos, de diámetro exterior según se especifica en la memoria y en apartados anteriores de este anexo. Serán de plástico no propagador de la llama y deberán cumplir la norma UNE-50086, debiendo ser de pared interior lisa.

7.3.2.4. Características de la canalización secundaria

La canalización secundaria estará formada por tubos, de diámetro exterior según se especifica en la memoria y en apartados anteriores de este anexo. Serán de plástico no propagador de la llama y deberán cumplir la norma UNE-50086, debiendo ser de pared interior lisa.

7.3.2.5. Características de la canalización interior de usuario

La canalización interior de usuario estará formada por tubos, de diámetro exterior según se especifica en la memoria y en apartados anteriores de este anexo. Serán de plástico no propagador de la llama y deberán cumplir la norma UNE-50086, debiendo ser de pared corrugada.

7.3.2.6. Condiciones de instalación de las canalizaciones

Como norma general, las canalizaciones deberán estar, como mínimo, a 10 cm. de cualquier encuentro entre dos paramentos.

Los tubos de la canalización externa se embutirán en un prisma de hormigón desde la arqueta hasta el punto de entrada al edificio.

Los tubos de la canalización de enlace inferior se sujetarán al techo de la planta baja mediante grapas o bridas en tramos de cómo máximo 1 m.

Los tubos de la canalización principal se alojarán en el hueco de la escalera y se sujetarán mediante bastidores o sistema similar.

Los de la canalización secundaria se empotrarán en roza en los paramentos por donde discurran.

Los de interior de usuario se empotrarán en los paramentos por donde discurran.

En la canalización interior de usuario, además del tubo que se instale para el servicio de RTV hasta las tomas de las aulas y estancias, se dispondrá de una canalización de reserva, la cual debe permitir el acceso a la conexión de RTV.

En los conductos vacíos se dejará una guía de alambre de acero galvanizado de 2 mm. de diámetro o cuerda plástica de 5 mm. de diámetro sobresaliendo 20 cm. en los extremos de cada tubo conducto.

Cuando en un tubo se alojen más de un cable la sección ocupada por los mismos comprendido su aislamiento relleno y cubierta exterior no será superior al 40 por 100 de la sección transversal útil del tubo o conducto.

En caso de optar por hacer parte o la totalidad de las canalizaciones con canaletas, consultar al técnico redactor del proyecto.

7.3.3. Condiciones a tener en cuenta en la distribución interior de los RIT. Instalación y ubicación de los diferentes equipos

Características constructivas

Los recintos de instalaciones de telecomunicación estarán constituidos por armarios ignífugos, de dimensiones indicadas en la memoria.

La distribución del espacio interior será de la siguientes forma:

RITI:

- Mitad superior para el servicio de telefonía, donde llegarán los conductos de la canalización de enlace inferior, conectando los de TB+RDSI a la centralita telefónica ubicada en el armario rack.
- La parte derecha de la mitad inferior para la función Registro Secundario (derivadores de la planta baja y de los edificios de la biblioteca y comedor y el del gimnasio), y en la parte izquierda espacio para al menos dos bases de enchufe y el correspondiente cuadro de protección.

RITS:

- Mitad superior para RTV y cuadros de protección.
- Mitad inferior para al menos dos bases de enchufe y el correspondiente cuadro de protección.

Ubicación de los recintos

El recinto inferior estará ubicado en el Recinto de Comunicaciones, ubicado en la planta baja del colegio, mientras que el recinto superior estará en la cubierta del edificio.

Ventilación

Los armarios que configuran los RIT's estarán exentos de humedad y dispondrán de rejilla de ventilación natural directa.

Instalaciones eléctricas de los recintos

Se habilitará una canalización eléctrica directa desde el cuadro de servicios generales del inmueble hasta cada recinto, constituida por cables de cobre con aislamiento hasta 750 V y de $2 \times 6 + T \text{ mm}^2$ de sección mínimas, irá en el interior de un tubo de 32 mm de diámetro mínimo o canal de sección equivalente, de forma empotrada o superficial.

La citada canalización finalizará en el correspondiente cuadro de protección, que tendrá las dimensiones suficientes para instalar en su interior las protecciones mínimas, y una previsión para su ampliación en un 50 por 100, que se indican a continuación:

- a) Interruptor general automático de corte omnipolar: tensión nominal 230/400 Vca, intensidad nominal 25 A, poder de corte suficiente para la

intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4500 A como mínimo.

- b) Interruptor diferencial de corte omnipolar: tensión nominal mínima 230/400 Vca, frecuencia 50-60 Hz, intensidad nominal mínima 25 A, intensidad de defecto 300 mA de tipo selectivo.
- c) Interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para la protección del alumbrado del recinto: tensión nominal mínima 230/400 Vca, intensidad nominal 10 A, poder de corte mínimo 4500 A.
- d) Interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para la protección de las bases de toma de corriente del recinto: tensión nominal mínima 230/400 Vca, intensidad nominal 16 A, poder de corte mínimo 4500 A.
- e) En el recinto superior, además, se dispondrá de un interruptor magnetotérmico de corte omnipolar para la protección de los equipos de cabecera de la infraestructura de radiodifusión sonora y televisión: tensión nominal mínima 230/400 Vca, intensidad nominal 16 A, poder de corte mínimo 4500.

Si se precisara alimentar eléctricamente cualquier otro dispositivo situado en cualquiera de los recintos, se dotará al cuadro eléctrico correspondiente con las protecciones adecuadas.

Los citados cuadros de protección se situarán lo más próximo posible a la puerta de entrada, tendrán tapa y podrán ser instalados de forma empotrada o superficial. Podrán ser de material plástico no propagador de la llama o metálico. Deberán tener un grado de protección mínimo IP 4X + IK 05. Dispondrán de un regletero apropiado para la conexión del cable de puesta a tierra.

En cada recinto habrá, como mínimo, dos bases de enchufe con toma de tierra y de capacidad mínima de 16 A. Se dotará con cables de cobre con aislamiento hasta 750 V y de $2 \times 2,5 + T \text{ mm}^2$ de sección. En el recinto superior se dispondrá, además, de las bases de enchufe necesarias para alimentar las cabeceras de RTV.

En el lugar de centralización de contadores, deberá preverse espacio suficiente para la colocación de, al menos, dos contadores de energía eléctrica para su utilización por posibles compañías operadoras de servicios de telecomunicación. A tal fin, se habilitarán, al menos, dos canalizaciones de 32 mm de diámetro desde el lugar de centralización de contadores hasta cada recinto de telecomunicaciones, donde existirá espacio suficiente para que la compañía operadora de telecomunicaciones instale el correspondiente cuadro de protección, previsiblemente, estará dotado con al menos los siguiente elementos:

- a) Hueco para el posible interruptor de control de potencia (I.C.P.).

- b) Interruptor general automático de corte omnipolar: tensión nominal mínima 230/400 Vca, intensidad nominal 25 A, poder de corte mínimo 4500 A.
- c) Interruptor diferencial de corte omnipolar: tensión nominal mínima 230/400 Vca, frecuencia 50-60 Hz, intensidad nominal mínima 25 A, intensidad de defecto 300 mA.
- d) Tantos elementos de seccionamiento (elementos de protección) como se considere necesario.

En general, en lo relativo a la instalación eléctrica, se cumplirá con lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

Alumbrado

Se habilitarán los medios para que exista una intensidad mínima de 300 lux, así como un aparato de iluminación autónomo de emergencia.

Puerta de acceso

Será metálica de apertura hacia el exterior y dispondrá de cerradura con llave común para los distintos usuarios. El hueco mínimo será de 0.90 x 1.90 m (ancho x alto).

Identificación de la instalación

En ambos recintos de instalaciones de telecomunicación se instalará una placa de dimensiones mínimas de 200 x 200mm (ancho x alto), resistente al fuego y situada en lugar visible entre 1200 y 1800 mm de altura, donde aparezca el número de registro asignado por la Jefatura Provincial de Inspección de Telecomunicaciones al proyecto técnico de la instalación.

7.3.4. Características de los Registros Secundarios, Registros de Paso y Registros de toma

7.3.4.1. Registros Secundarios

Se podrán realizar de la siguiente forma:

1. Practicando en el muro o pared de cada planta (descansillos, pasillo) un hueco de 15 cm de profundidad mínima a una distancia de unos 30 cm del techo en su parte más alta. Las paredes del fondo y laterales deberán quedar perfectamente enlucidas (enyesadas) y en la del fondo se adaptará una placa de material aislante (madera o plástico) para sujetar con tornillos los elementos de conexión correspondientes.

En este caso deberán estar dotados con el correspondiente sistema de cierre y, en los casos en los que en su interior se aloje algún elemento de conexión, dispondrá de llave que deberá estar en posesión de la persona responsable, asegurando un grado de protección IP-3x, según EN 60529, y un grado IK.7, según UNE EN 50102 con tapa o puerta de plástico, o con chapa de metal que garantice la solidez e indeformabilidad del conjunto.

2. Empotrando en el muro o montando en superficie una caja con la correspondiente puerta o tapa. Tendrá un grado de protección IP 3X. según EN 60529, y un grado IK.7, según UNE EN 50102.
3. Se consideran conformes los registros secundarios de características equivalentes a los clasificados anteriormente que cumplan con la UNE EN 50298 o con la UNE 20451.

7.3.4.2. Registros de Paso

Son cajas con entradas laterales iguales en sus cuatro paredes, a las que se podrán acoplar conos ajustables multidiámetro para entrada de conductos.

Serán de plástico, provistas de tapa de material plástico o metálico, que cumplan con la UNE 20451 y también se considerarán conformes las que cumplan con la UNE EN 50298. Deberán tener un grado de protección IP 33, según EN 60529, y un grado IK.5, según UNE EN 50102.

Se colocarán empotrados a la pared.

Se colocarán como mínimo un registro de paso cada 15 metros de longitud en las canalizaciones secundarias y en la canalización interior de usuario y en los cambios de dirección de radio inferior a 25 cm. Estos registros de paso serán del tipo B para las canalizaciones secundarias en los tramos de acceso a la estancia y del tipo C, para las canalizaciones de usuario de RTV.

Se admitirán un máximo de dos curvas de noventa grados entre dos registros de paso.

7.3.4.3. Registros de Toma

Los registros de toma deberán disponer, para la fijación del elemento de conexión (BAT o toma de usuario) de al menos dos orificios para tornillos, separados entre sí 6 cm; tendrán como mínimo 4,2 cm. de fondo y 6,4 cm. de lado exterior.

Todos los registros de toma tendrán en sus inmediaciones (máximo 50 cm.) una toma de corriente alterna.

Se materializan mediante cajas. Se consideran conformes los productos de características equivalentes que cumplan la UNE 20451 debiendo tener un grado de protección IP 33 según EN 60529 y un grado IK 5, según UNE EN 50102.

En todos los casos estarán provistos de tapa de material plástico o metálico.

7.3.5. Cuadro de medidas de Radiofusión sonora y televisión terrestre y satélite

7.3.5.1. Pruebas y medidas

A continuación se especifican las pruebas y medidas que debe realizar el instalador de telecomunicaciones para verificar que la instalación de radiofusión sonora, televisión terrestre y satélite cumple con la normativa vigente.

En la banda 15-862 MHz:

- Niveles de señal en R.F. a la entrada y salida de los amplificadores, anotándose en el caso de TV los niveles de las portadoras de vídeo y audio en dB μ V y de la frecuencia central para cada canal de TV digital.
- Niveles de FM, radio digital y TV en la toma de usuario, en el mejor y peor caso de cada ramal, anotándose los niveles de las portadoras de vídeo y sonido en dB μ V y de la frecuencia central para cada canal de TV digital.
- BER para los canales de TV digital terrestre, en el peor caso de cada ramal.
- Respuesta en frecuencia.

En la banda 950-2150 MHz:

- Medida en los terminales de los ramales.

- Respuesta en amplitud-frecuencia.
- Nivel de señal en tres frecuencias tipo según lo especificado en proyecto.
- Respuesta en frecuencia.

7.3.5.2. Niveles de calidad para los servicios de radiodifusión sonora y de televisión.

En cualquier caso las señales distribuidas a cada toma de usuario deberán reunir las siguientes características:

Parámetro	Unidad	Banda de frecuencia	
		15-862 MHz	950-2150 MHz
Nivel de señal:			
Nivel AM-TV	dB μ V	57-80	
Nivel 64QAM-TV		45-70 (1)	
Nivel FM-TV		47-77	
Nivel QPSK-TV		47-77 (1)	
Nivel FM-Radio		40-70	
Nivel DAB-Radio		30-70 (1)	
Nivel COFDM-TV		45-70 (1, 2)	
Respuesta amplitud/frecuencia en canal (3) para las señales:			
FM-Radio, AM-TV, 64QAM-TV	dB	± 3 dB en toda la banda; $\pm 0,5$ dB en un ancho de banda de 1 MHz	
FM-TV, QPSK-TV		± 4 dB en toda la banda; $\pm 1,5$ dB en un ancho de banda de 1 MHz	
COFDM-DAB, COFDM-TV		± 3 dB en toda la banda	
Respuesta amplitud/frecuencia en banda de la red (4)		16	
Respuesta Portadora/Ruido aleatorio:			
C/N FM-TV	dB	≥ 15	
C/N FM-Radio		≥ 38	
C/N AM-TV		≥ 43	
C/N QPSK-TV		≥ 11	
C/N 64QAM-TV		≥ 28	
C/N COFDM-DAB		≥ 18	
C/N COFDM-TV		≥ 25 (5)	
Desacoplo entre tomas de distintos usuarios:	dB	47-300 MHz ≥ 38 300-862 MHz ≥ 30	≥ 20
Ecos en los canales de usuario	%	≤ 20	
Ganancia y fase diferenciales			
Ganancia	%	14	
Fase	$^{\circ}$	12	
Relación portadora / Interferencias a frecuencia única:			
AM-TV	dB	≥ 54	
FM-TV		≥ 27	
64 QAM-TV		≥ 35	
QPSK-TV		≥ 18	
COFDM-TV (5)		≥ 10	
Relación de intermodulación (6)			
AM-TV	dB	≥ 54	
FM-TV		≥ 27	
64 QAM-TV		≥ 35	
QPSK-TV		≥ 18	
COFDM-TV		≥ 30 (5)	
BER QAM (7)		mejor que 9×10^{-5}	
VER QPSK (8)		mejor que 9×10^{-5}	
VER COFDM (9)		mejor que 9×10^{-5}	

(1) Para las modulaciones digitales los niveles se refieren al valor de la potencia en todo el ancho de banda del canal.

(2) Para la operación con canales analógicos/digitales adyacentes, en cabecera, el nivel de los digitales estará comprendido entre 12 y 34 dB por debajo de los analógicos siempre que se cumplan las condiciones de C/N de ambos en toma de usuario.

(3) Esta especificación se refiere a la atenuación existente entre la salida de cabecera y cualquier toma de usuario. El parámetro indica la variación máxima de dicha atenuación dentro del ancho de banda de cualquier canal correspondiente a cada uno de los servicios que se indican.

(4) Este parámetro se especifica sólo para la atenuación introducida por la red entre la salida de cabecera y la toma de usuario con menor nivel de señal, de forma independiente para las bandas de 15-862 MHz y 950-2.150 MHz. El parámetro indica la diferencia máxima de atenuación en cada una de las dos bandas anteriores.

(5) Para modulaciones 64-QAM 2/3.

(6) El parámetro especificado se refiere a la intermodulación de tercer orden producida por batido entre las componentes de dos frecuencias cualquiera de las presentes en la red.

(7) Medido a la entrada del decodificador de Reed-Solomon.

ANEXO

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC)

8. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC) EN LA EDUCACIÓN

8.1. Proyector

El proyecto que se instalará en las aulas del colegio será el modelo **Epson EB-X7-Educación**, de uso exclusivamente para la docencia. Tiene un diseño nuevo y elegante y además, ofrece un gran rendimiento. Es compatible con las pizarras digitales y es perfecto para realizar presentaciones.

Es un proyector multimedia que permite combinar imágenes de alta calidad, vídeo y texto animado en las presentaciones. Además, es ligero y permite trasladarlo rápidamente de un aula a otra. Un único cable USB, que conecta el proyector con el PC, combina las funciones de visualización y avance o retroceso de la página. También dispone de mando a distancia inalámbrico. Dispone de encendido/apagado directo, es decir, tiene un tiempo de calentamiento de sólo 5 segundos y un tiempo de enfriamiento mucho menor, ya que una vez se haya terminado de usar, basta con desenchufar el cable de alimentación.

El precio del proyector es de **510,99 €**



Fig. 8.1 Proyector Epson EB-X7-Educación

Especificaciones del producto

Proyector para educación multimedia 3LCD resolución XGA (1024x768ppp).

- Emisión de luz en color y en blanco:
 - o Alta luminosidad: 2.200 ANSI Lúmenes, 4.000 horas de lámpara, 34dB.
 - o Modo económico: 1.960 ANSI Lúmenes, 5.000 horas de lámpara, 29dB.

- Asombrosa calidad de imagen gracias a la tecnología Epson 3LCD, la relación de contraste 2.000:1.
- Amplia funcionalidad, encendido y apagado instantáneo.
- Zoom óptico 1,2x
- Presentaciones por USB: conecte su ordenador directamente a través del cable USB al proyector y empiece a proyectar.
- Amplia conectividad: 1 entrada vídeo VGA, 1 salida de video VGA, 1 entrada audio stereo mini jack, 1 salida audio stereo mini jack, 1 puerto USB tipo B, 1 entrada S-Video, 1 entrada Video por componente. • Altavoz integrado de 1W.
- Dimensiones (mm): 228 x 295 x 77.
- Peso (kg): 2,3

Incluye:

- Cable alimentación (1,8m), cable RGB (1,8m).
- Control remoto, 2 baterías AA.
- Pegatina de protección por password.
- Bolsa de transporte.
- Manual de usuario en castellano.
- Lámpara de repuesto.

8.2. Tablet PC

Un **Tablet PC** es un ordenador en el que se puede escribir mediante una pantalla táctil (mediante un stylus) y que utiliza un sistema operativo que puede usarse en un portátil convencional. Existen dos tipos de Tablet PC:

- El que no incorporan ningún tipo de teclado y tiene la ventaja de no tener apenas partes móviles.
- Los convertibles, que tienen la forma de un portátil convencional, pero con la pantalla unida al cuerpo mediante un dispositivo giratorio, que permite a ésta colocarse sobre el teclado. Además, la pantalla táctil también se puede usar mientras se utiliza el teclado.

Los Tablet PC permiten a los alumnos utilizar todo el potencial educativo de los contenidos digitales y la conexión a Internet.



Fig. 8.2 Distintos modelos de Tablet PC que, actualmente, hay en el mercado

8.3. Netbook

Un **netbook** es un ordenador que pertenece a una categoría portátil de bajo coste, reducidas dimensiones, con pantallas entre 8,5 y 10,2 pulgadas, y ligeros, de apenas 1,3 Kg de peso. Estas características aportan una mayor movilidad y autonomía. Hay muchos modelos con distintas características, aunque principalmente son utilizados para navegar por Internet y realizar funciones básicas como procesador de textos y hojas de cálculo. Debido a su potencial, muchos de los modelos de Netbook pueden ser una alternativa económica (el precio medio es inferior a 350 €) y útil para el aula.



Fig. 8.3 Distintos modelos de Netbook que, actualmente, hay en el mercado

8.4. eBook

Un **eBook** o libro electrónico es una versión electrónica o digital de un libro convencional. Es un dispositivo preparado para leer textos en distintos formatos (PDF, DOC, RTF, Epub, etc.) y reproducirlos en una pantalla de pequeño tamaño. Hay numerosas ventajas que hacen del eBook el complemento perfecto para tener en las aulas de un colegio.

La principal ventaja de los libros electrónicos es que pueden almacenar un gran número de obras en el tamaño de un libro convencional. Además, ofrecen herramientas informáticas para buscar un párrafo en particular de forma muy rápida, así como conectarse a Internet y bajar títulos en segundos. Hay que

destacar también la posibilidad de adaptar el texto a las circunstancias de cada lector, es decir, posee unas características de zoom que pueden agrandar fácilmente las imágenes y los textos para una visión más clara. Otra ventaja a tener en cuenta es su bajo coste ya que, entre otras cosas, no hay costes de impresión.

Sin embargo, el eBook también tiene una serie de desventajas que se tendrían en cuenta a la hora de equipar con este servicio al colegio. La más destacada es que necesita recargar la batería, por lo que en un pequeño armario habría que tener disponibles un número determinado de baterías.

Actualmente, el precio de un eBook estándar con pantalla de 6 pulgadas ronda los 300€, aunque existen libros electrónicos más pequeños cuyo precio suele rondar los 180€ o 200€.

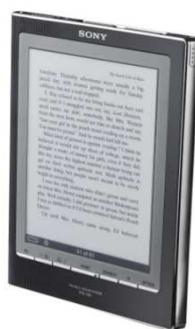


Fig. 8.4 eBook de la marca Sony

8.5. PDA

Se propone como sistema para pasar lista en clase la utilización de una **PDA** (Personal Digital Assistant). El objetivo es que cada profesor tenga a su disposición una de estas agendas electrónicas en las que anotar las faltas de asistencia o cualquier otra incidencia por parte del alumno (retrasos, expulsiones, si no ha hecho los deberes, etc.). Al final del día se pasarían todos los datos de todas las clases a un ordenador central y, a través de la intranet del colegio, los padres podrían saber si su hijo o hija ha protagonizado alguna de estas incidencias en un plazo de 24 horas. Cada familia tan sólo tendría acceso a las incidencias de su hijo o hijos a través de un usuario y una contraseña facilitadas por el centro. Con este sistema se ganaría agilidad e inmediatez en la obtención de los datos.



Fig. 8.5 PDA de la marca HP

8.6. Portal de información

Uno de los objetivos de la implantación de las TIC en el colegio, como el hecho de disponer de un portal de información con multitud de aplicaciones y recursos, es conseguir que cada alumno tenga a su disposición un espacio digital personal, agenda, intranet, un buscador libre de objetos (Merli), un directorio (buscador dirigido) de recursos educativos, correo, enlaces, noticias y un apartado de foros.

El material disponible en los portales de información, tanto el de los profesores como el de los alumnos, está elaborado por la Generalitat de Catalunya o el MEC y, en este caso, por la Comunidad Autónoma de Cataluña.

En el portal de los alumnos se puede encontrar material didáctico de diferentes áreas formativas, ejercicios y actividades, enlaces a otros portales o páginas web y una amplia variedad de aplicaciones con las que desarrollar distintas habilidades.

Además, para Educación Primaria se dispone de un escritorio virtual en el que hay una amplia gama de material didáctico, diccionarios, mapas o un buscador de información.

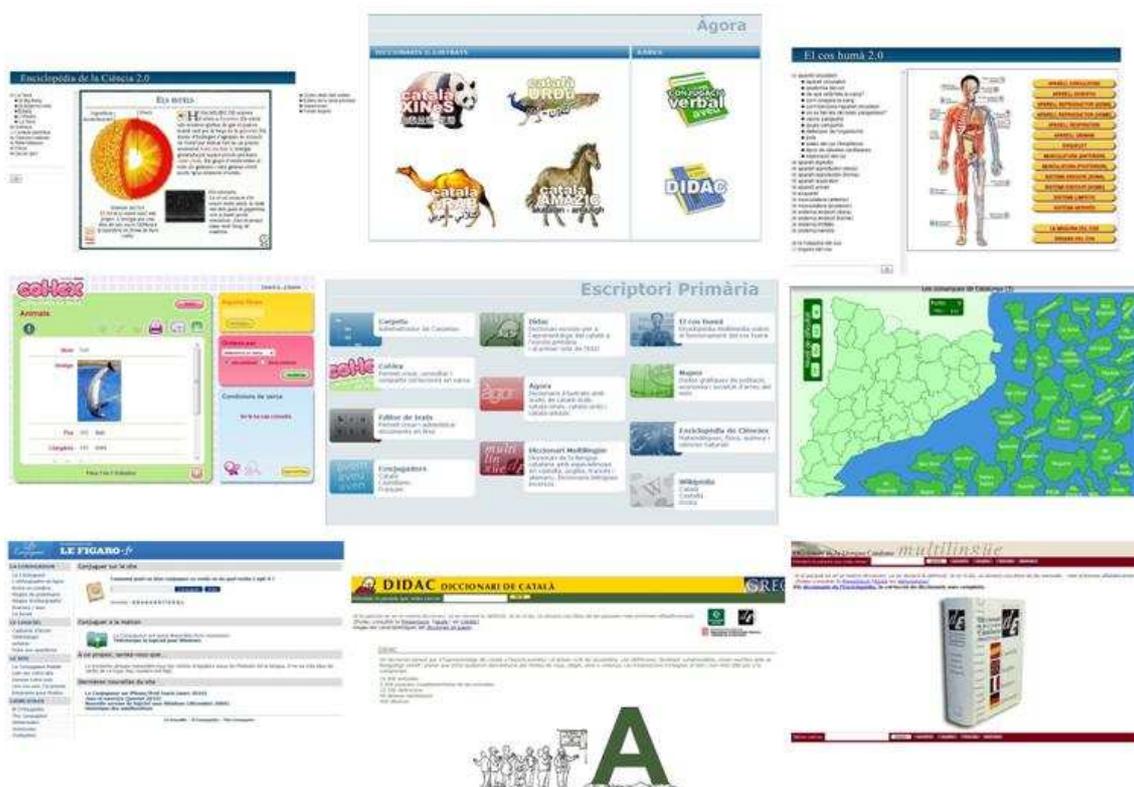


Fig. 8.6 Interfaz del escritorio de Educación Primaria (Fuente: www.edu365.cat)

8.7. Software educativo

La idea es tener los programas, seleccionados por el profesorado según las necesidades del alumnado, instalados en los ordenadores del aula de informática. Además, estarán en el servidor para poder acceder a ellos desde el escritorio virtual.

A continuación, se muestra un listado de los principales programas de software educativo más utilizados por los profesionales en Educación Infantil y Primaria, existiendo desde programas orientados al aprendizaje hasta sistemas operativos completos destinados a la educación.

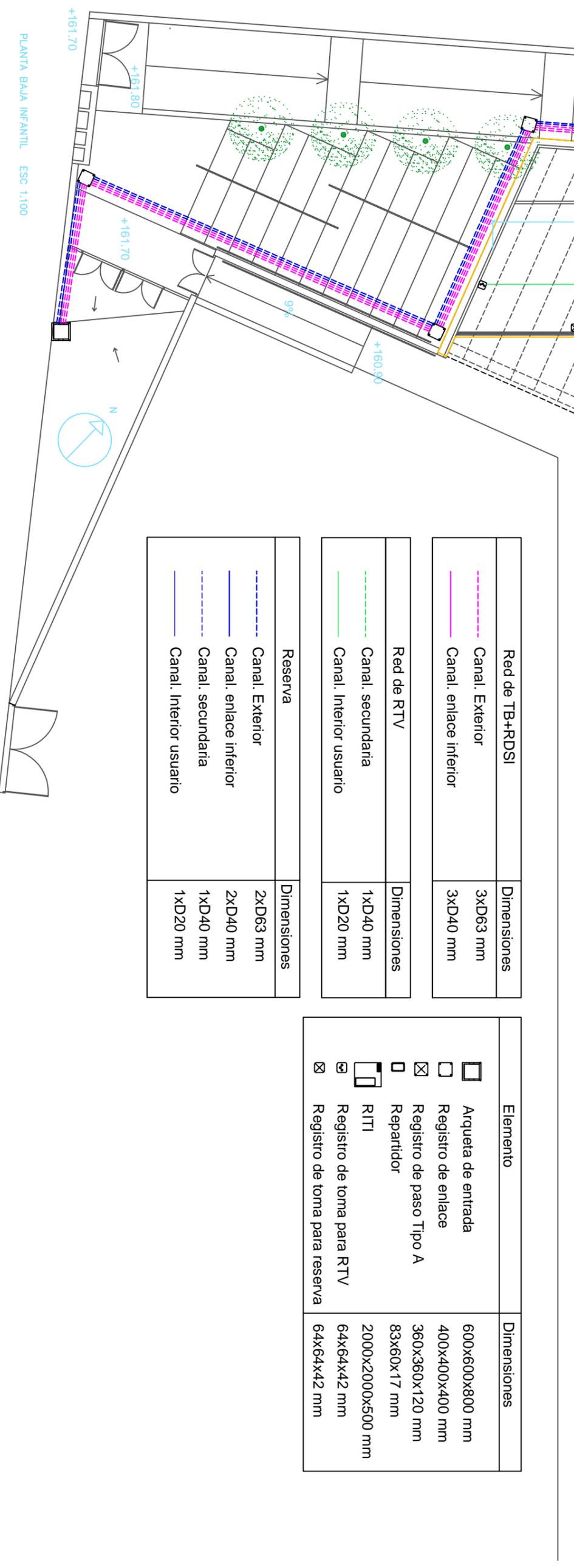
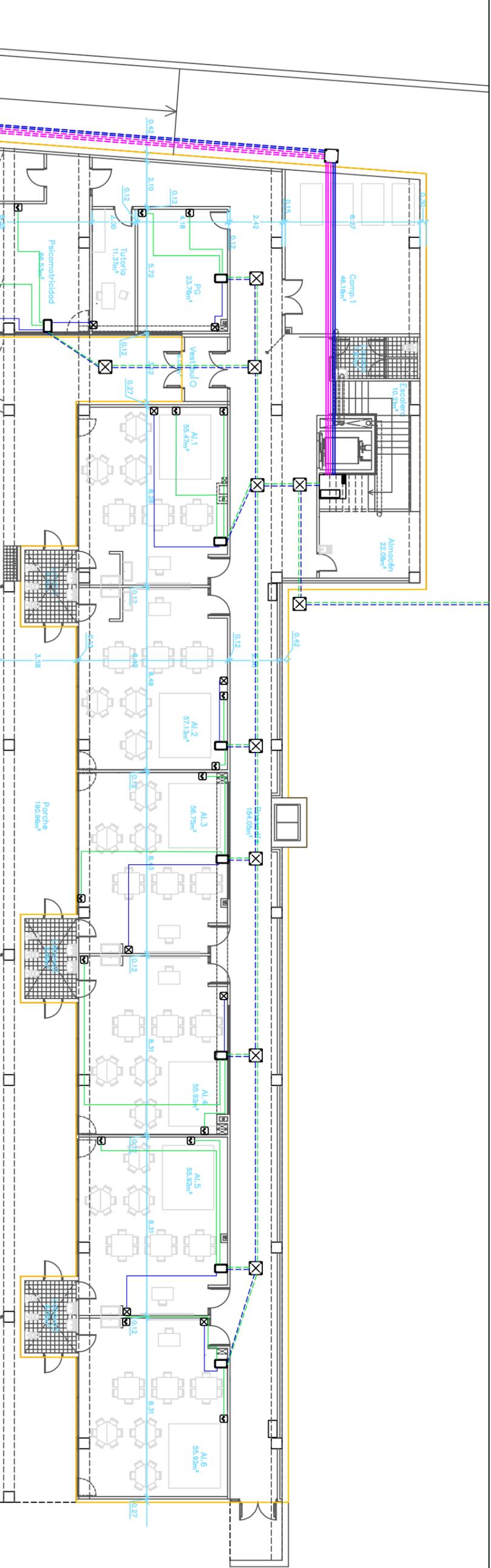
Programa	Nivel	Área
A TA PORTEE	E. Primaria	Francés
AQUATOR	E. Primaria	Ciencias de la Naturaleza
AULA BARDOS 96	E. Infantil	Lengua Castellana
BDG	E. Primaria	Interdisciplinar
BLOCS	E. Infantil/E. Primaria	Matemáticas
CLIC	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar
CÓMO MEJORAR TUS HABILIDADES MENTALES	E. Primaria	Interdisciplinar
COMPUZZLES	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar
CONJUGACIÓN ESPAÑOLA	E. Primaria	Lengua Castellana
CUENTA CUENTOS	E. Primaria	Interdisciplinar
DI	E. Infantil/E. Primaria	Educación Especial (Logopedia)
EL LIBRO MÁGICO	E. Primaria	Interdisciplinar
EL MONO COCO	E. Infantil	Interdisciplinar
ENERI	E. Infantil	Interdisciplinar
ESCRIBO	E. Primaria	Lengua Castellana
ESQUEMA CORPORAL	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar
EXPLORACIÓN DE LÁMINAS	E. Primaria	Interdisciplinar
FICHA INFORMÁTICA	E. Primaria	Interdisciplinar
FIGURAS	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar
FONOLOGÍA ESPAÑOLA	E. Primaria	Lengua Castellana
GENCUME	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar
GESTOR	E. Primaria	Ciencias de la Naturaleza/Ciencias Sociales/Educación Plástica y Visual
JUGAR CON	E. Infantil	Interdisciplinar
LA CONSTITUCIÓN ESPAÑOLA	E. Primaria	Interdisciplinar
LA OCA LOCA	E. Primaria	Interdisciplinar
LA PATATA	E. Primaria	Ciencias Sociale/Ciencias de la Naturaleza
LAS ACCIONES – LECTURA COMPRESIVA- LAS CONCORDANCIAS (ACCI-LEC-CON)	E. Infantil/E. Primaria	Lengua Castellana
LEXICÓN	E. Primaria	Lengua Castellana
LÓGICA MATEMÁTICA	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar
MAPDOS	E. Primaria	Ciencias Sociales
MICON	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar
MINILAB	E. Primaria	Ciencias de la Naturaleza
MUSIC	E. Primaria	Música

Programa	Nivel	Área
PIMAT	E. Primaria	Matemáticas
PINCHAGLOBOS	E. Infantil/E. Primaria	Lengua Castellana
PRIMER	E. Primaria	Matemáticas
PROEDHI	E. Primaria	Ciencias Sociales
PROGRAMA DE APOYO AL APRENDIZAJE DE LA LECTURA (P.A.A.L.)	E. Infantil	Lengua Castellana
PROGRAMA P	E. Primaria	Interdisciplinar
PROGRAMAS EJEMPLARES	E. Primaria	Interdisciplinar
ROMPECABEZAS	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar
SILBO ME ENSEÑA A LEER	E. Infantil/E. Primaria	Lengua Castellana
TROIS	E. Primaria	Francés
VERBOS	E. Primaria	Lengua Castellana
VIAJE POR IBEROAMÉRICA	E. Primaria	Ciencias Sociales
VIAJE POR LA EUROPA DE LOS CIUDADANOS	E. Primaria	Ciencias Sociales
WIN-ABC	E. Infantil/E. Primaria	Interdisciplinar

Fig. 8.7 Tabla de software educativo ¹

¹ Información extraída del Ministerio de Educación del Gobierno de España

PLANOS



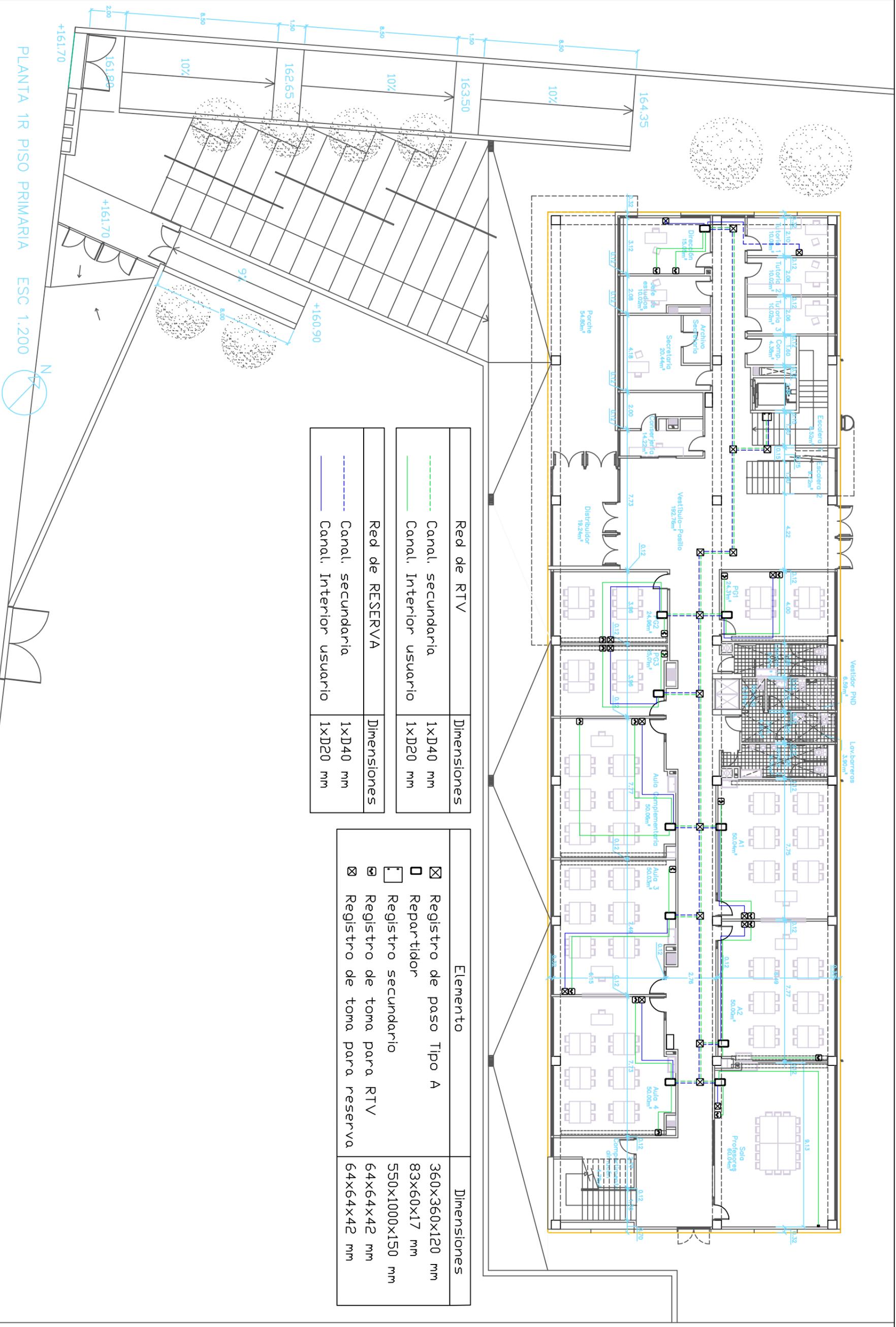
Red de TB+RDSI	Dimensiones
Canal. Exterior	3xD63 mm
Canal. enlace interior	3xD40 mm

Red de RTV	Dimensiones
Canal. secundaria	1xD40 mm
Canal. Interior usuario	1xD20 mm

Reserva	Dimensiones
Canal. Exterior	2xD63 mm
Canal. enlace inferior	2xD40 mm
Canal. secundaria	1xD40 mm
Canal. Interior usuario	1xD20 mm

Elemento	Dimensiones
Arqueta de entrada	600x600x800 mm
Registro de enlace	400x400x400 mm
Registro de paso Tipo A	360x360x120 mm
Repartidor	83x60x17 mm
RTV	2000x2000x500 mm
Registro de toma para RTV	64x64x42 mm
Registro de toma para reserva	64x64x42 mm

PLANTA BAJA INFANTIL ESC. 1.100



Red de RTV			
-----	Canal. secundaria	Dimensiones	1xD40 mm
—	Canal. Interior usuario	Dimensiones	1xD20 mm
Red de RESERVA		Dimensiones	
----	Canal. secundaria	Dimensiones	1xD40 mm
---	Canal. Interior usuario	Dimensiones	1xD20 mm

Elemento	Dimensiones
<input checked="" type="checkbox"/> Registro de paso Tipo A	360x360x120 mm
<input type="checkbox"/> Repartidor	83x60x17 mm
<input type="checkbox"/> Registro secundario	550x1000x150 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Registro de toma para RTV	64x64x42 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Registro de toma para reserva	64x64x42 mm

PLANTA 1R PISO PRIMARIA ESC 1.200

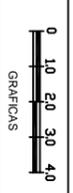


Escola Politècnica Superior de Castelldefels
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{re} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN EL CIEP PLÇA DELS PASOS CATALANS DE LLEIDA

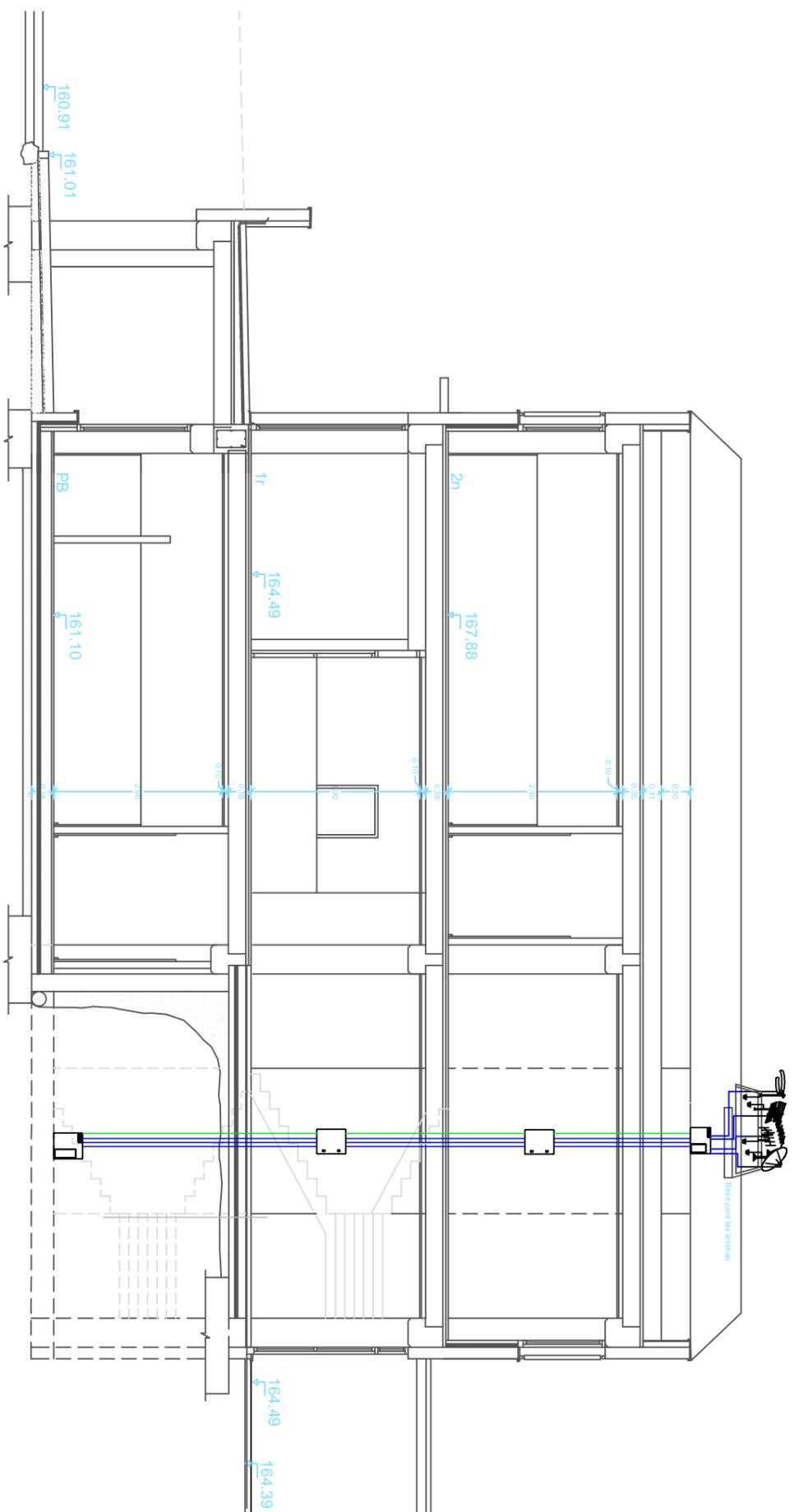
ESCALA:
1:200 ORIGINALS



NOMBRE DEL PLANO:
INSTALACION DE RTV DE LA PRIMERA PLANTA

FECHA:
JUNIO 2010 ARCHIVO

CAPTULO:
12 HOJA 2 DE 21



Elemento
 Antena SAT
 Antena UHF
 Antena FM
 Antena FM

Elemento	Dimensiones
 Canal. Principal (RTV)	1xD50 mm
 Canal. Principal (RESERVA)	3xD50 mm
 RITI/RITS	2000x2000x500 mm
 Registro secundario	550X1000X1550 mm

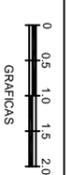


Escola Politècnica Superior de Castelldefels
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{re} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN EL CERP PLÇA DELS PASOS CATALANS DE LLEIDA

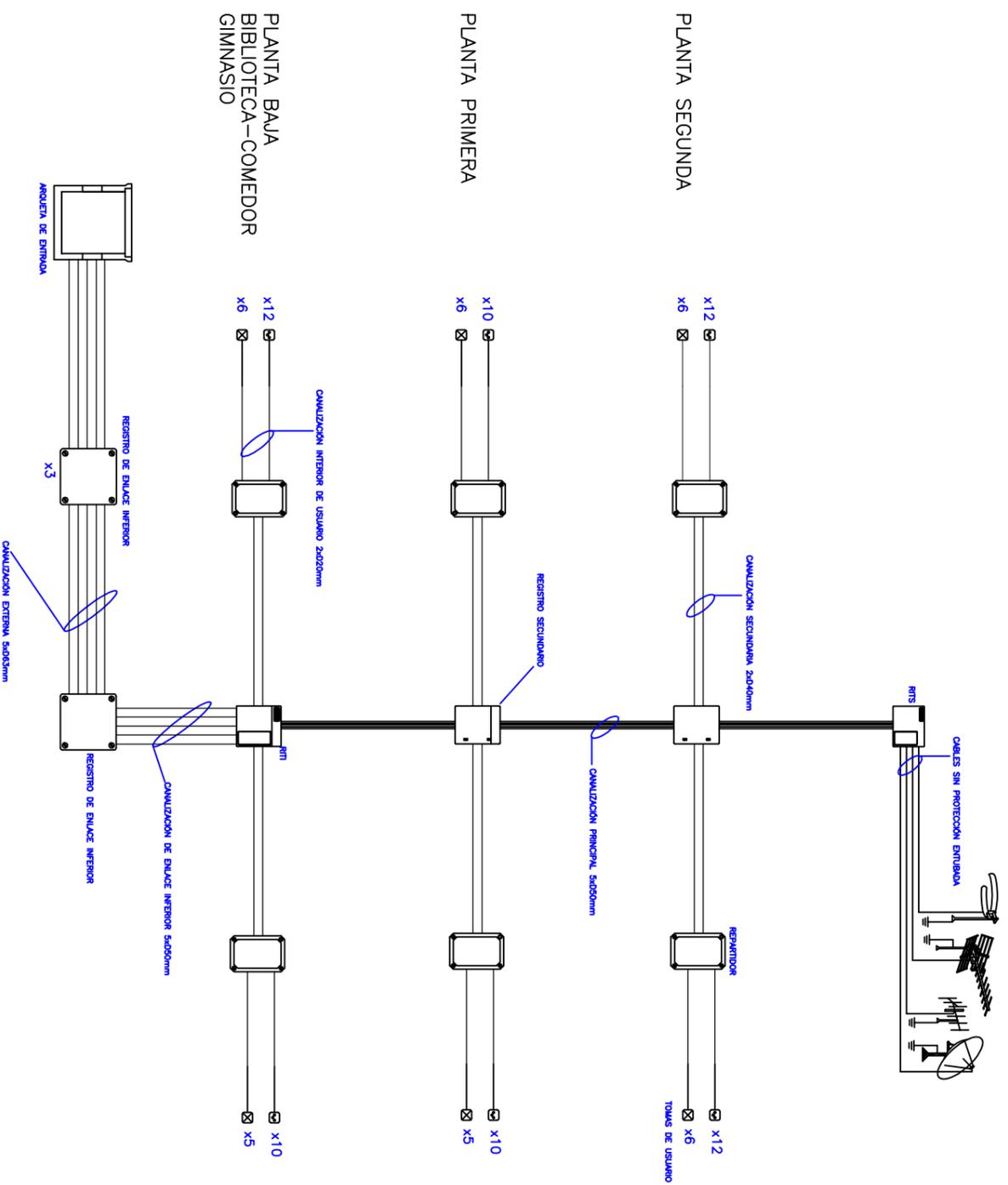
ESCALA:
1:100
ORIGINALS



NOMBRE DEL PLANO:
CANALIZACIÓN PRINCIPAL DE LA INSTALACIÓN DE RIV Y EMPLAZAMIENTO DE LAS ANTENAS

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:

CAPÍTULO:
18
HOJA 6 DE 20



ELEMENTO	DIMENSIONES
Canalización externa	5x063 mm
Canalización de enlace inferior	5x050 mm
Canalización principal	5x050 mm
Canalización secundaria	2x040 mm
Canalización interior usuario	2x020 mm
Arqueta de entrada	800x800x800 mm
Registro de enlace	400x400x400 mm
Registro de paso Tipo 1	380x380x120mm
Repartidor	83x60x17 mm
RTTI	2300x2000x500 mm
RTTS	2300x2000x500 mm
Registro de toma para RTV	64x64x42mm
Registro de toma para reserva	64x64x42 mm



Escola Politècnica Superior de Castells de la
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{re} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

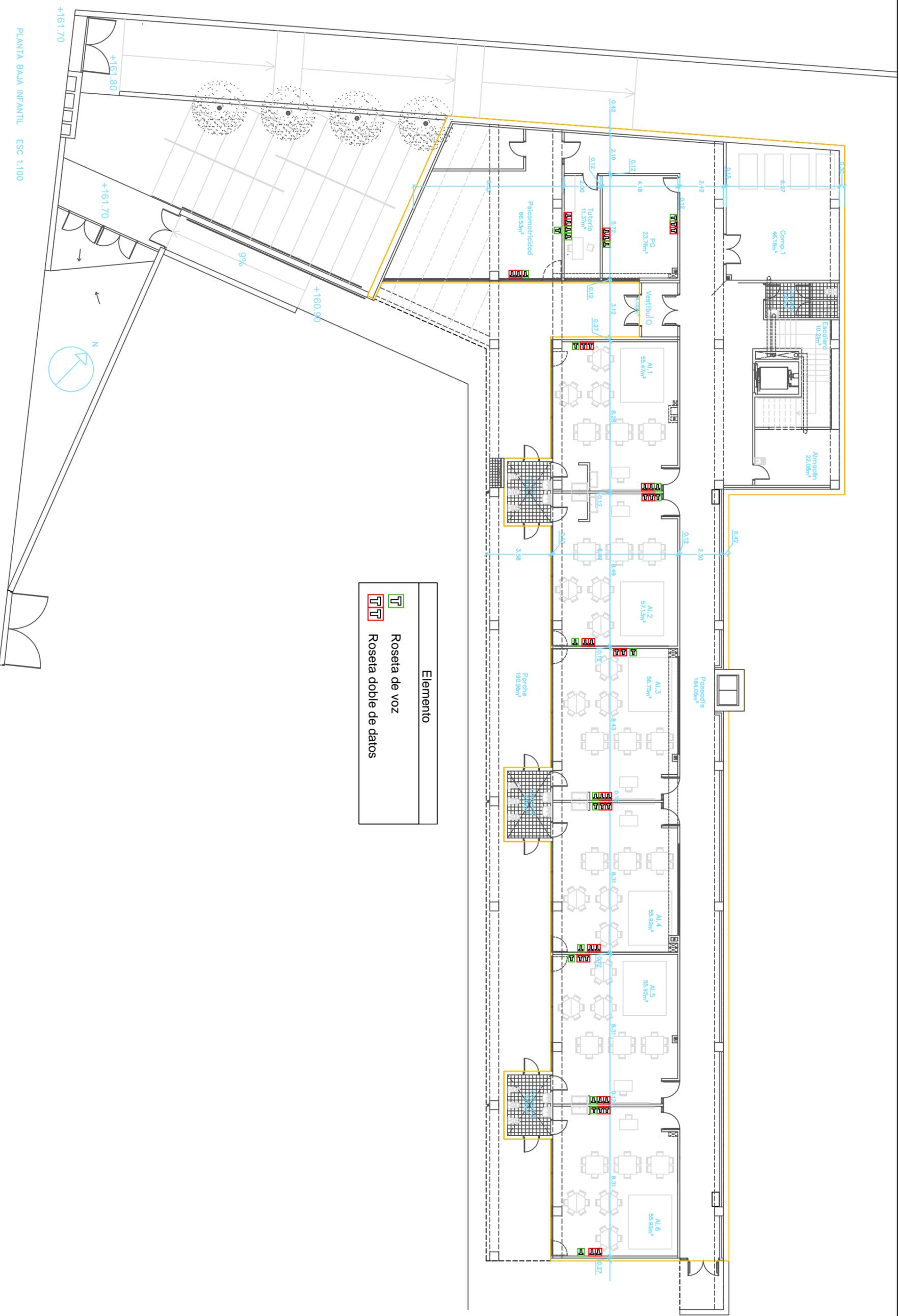
TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN
EL CAMPUS DE PASOS CATALANS DE LLEIDA

ESCALA:
S E

NOMBRE DEL PLANO:
ESQUEMA DE LA INFRAESTRUCTURA DE RTV

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:

CAPTULO:
17
HOJA 7 DE 20



Elemento	
	Roseta de voz
	Roseta doble de datos

PLANTA BAJA INFANTIL ESC. 1.100

Escola Politècnica Superior de Castells
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^a TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN EL CIEP PLÇA DELS PASOS CATALANS DE LLEIDA

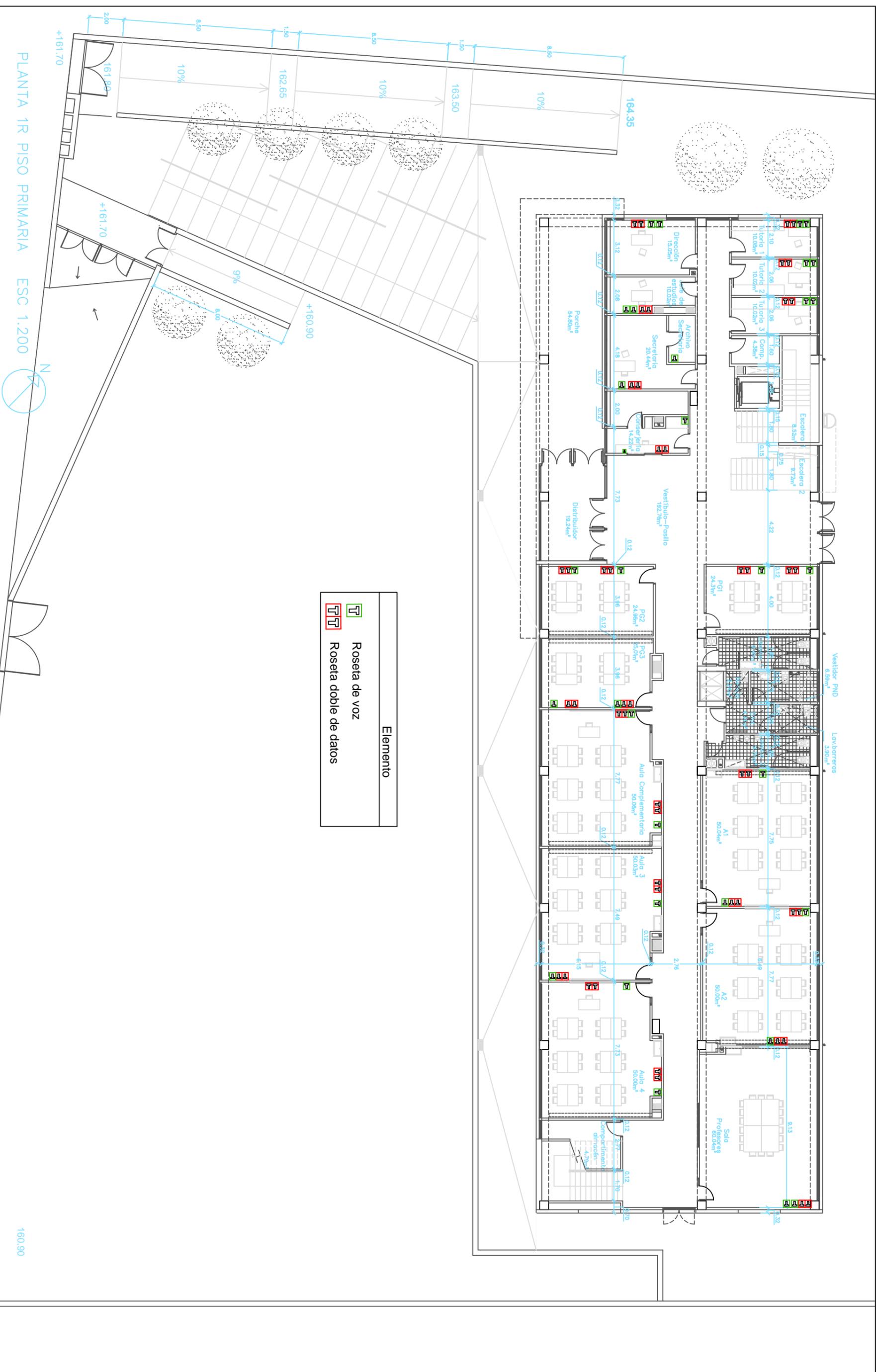
ESCALA:
1:200 ORIGINALS

GRÀFICS

NOMBRE DEL PLANO:
TOMAS DE BANDA ANCHA Y TELEFONIA DE LA PLANTA BAJA

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
1-31 TOMAS VOZ DANTOS BAJA.DWG

CAPTULO:
19
HOJA 9 DE 20



Elemento	
	Roseta de voz
	Roseta doble de datos

PLANTA 1R PISO PRIMARIA ESC 1.200



Escola Politècnica Superior de Castelldefels
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{TE} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN EL CIEP PLÇA DELS PASOS CATALANS DE LEIDA

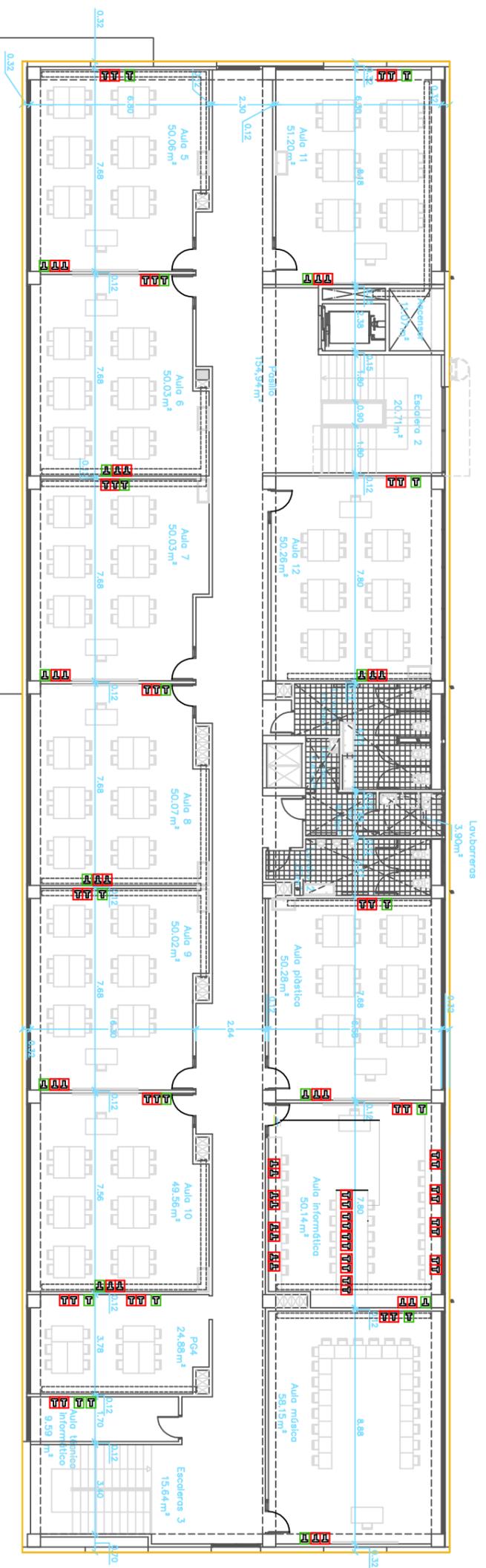
ESCALA:
1:200 ORIGINALS

GRÁFICAS

NOMBRE DEL PLANO:
TOMAS DE BANDA ANCHA Y TELEFONIA DE LA PRIMERA PLANTA.

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
1:\PROYECTOS\02-DISEÑO

CAPÍTULO:
1.10
HOJA 10 DE 20



PLANTA 2N PISO PRIMARIA ESC 1/200



Elemento	
	Roseta de voz
	Roseta doble de voz



Escola Politècnica Superior de Castells de la
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROJECTE:
M^a TERESA DOMÍNGUEZ SAGGA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN
EL CAMPUS DE PASOS CATALANS DE LEIDA

ESCALA:
1:200
ORIGINALES

0 1.0 2.0 3.0 4.0
GRÁFICAS

NOMBRE DEL PLANO:
TOMAS DE BANDA ANCHA Y TELEFONIA DE LA
SEGUNDA PLANTA

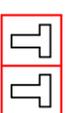
FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
11700001001_0000000000

CAPÍTULO:
1.11
HOJA 11 DE 20

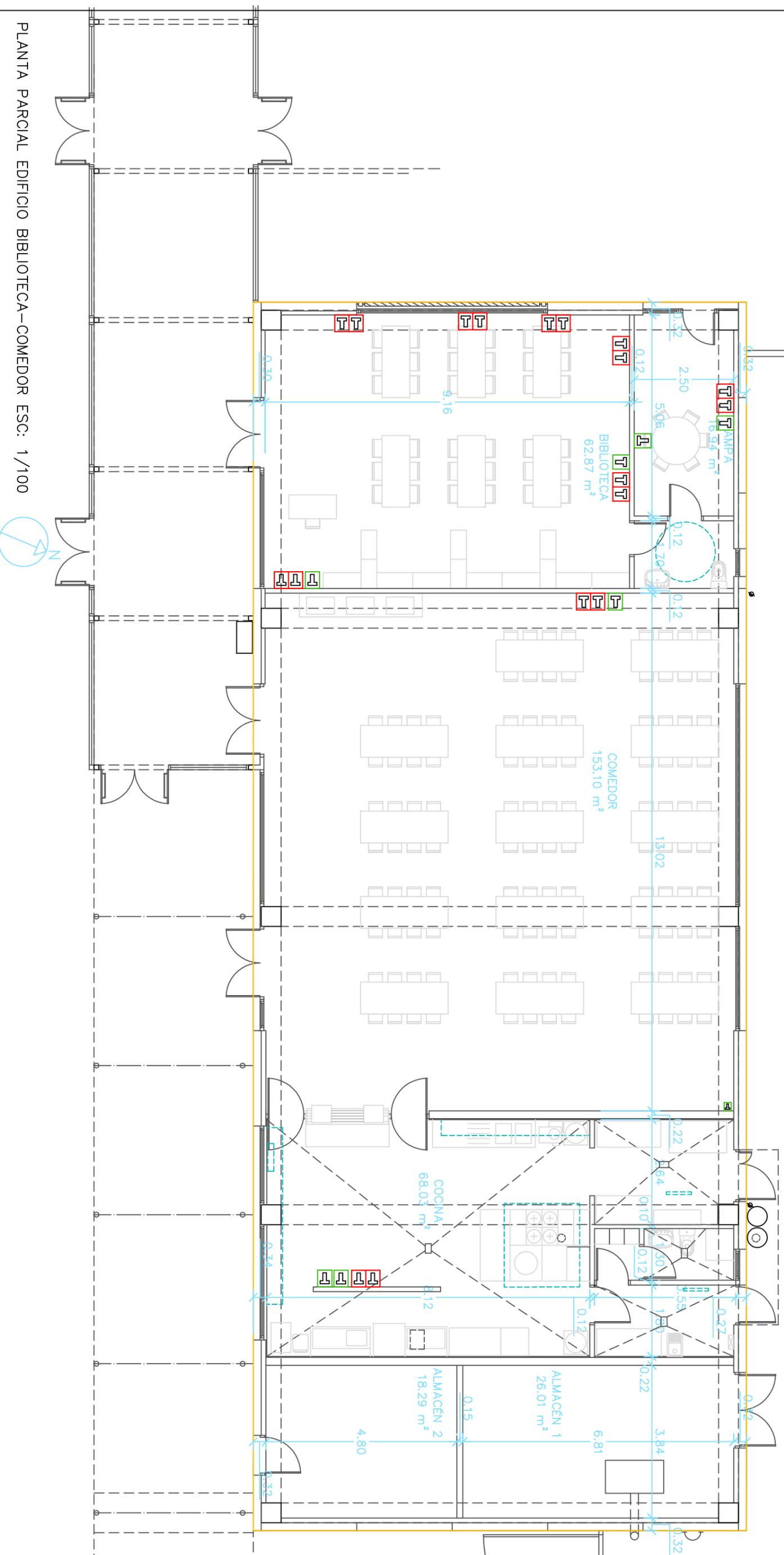
Elemento



Roseta de voz



Roseta doble de datos



PLANTA PARCIAL EDIFICIO BIBLIOTECA-COMEDOR ESC: 1/100

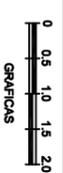


Escola Politècnica Superior de Castelldefels
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{TE} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN
EL CERP PLAJA DELS PAISOS CATALANS DE LLEIDA

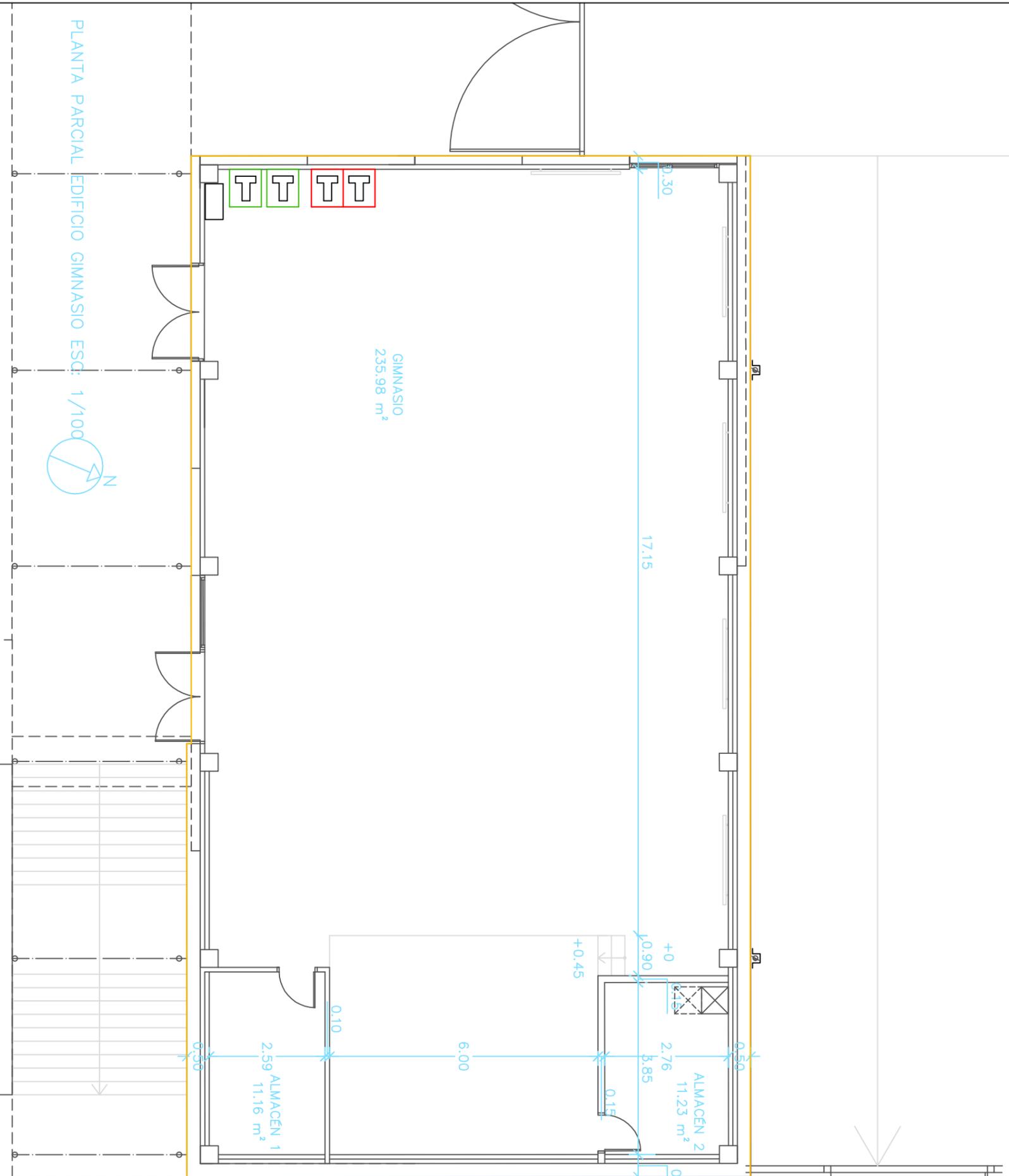
ESCALA:
1:100
ORIGINALS



NOMBRE DEL PLANO:
TOMAS DE BANDA ANCHA Y TELEFONIA DEL EDIFICIO
BIBLIOTECA-COMEDOR

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
1.5-TOMAS VOZ, DATOS, BANDA ANCHA

CAPTULO:
1.12
HOLA 12 DE 20



Elemento
 Roseta de voz
 Roseta doble de datos

PLANTA PARCIAL EDIFICIO GIMNASIO ESC: 1/100

GIMNASIO
235.98 m²

2.59
ALMACEN 1
11.16 m²

2.76
ALMACEN 2
11.23 m²



Escola Politècnica Superior de Castellidells
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{re} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN EL CERP PLÇA DELS PASOS CATALANS DE LLEIDA

ESCALA:
1:100
ORIGINALS

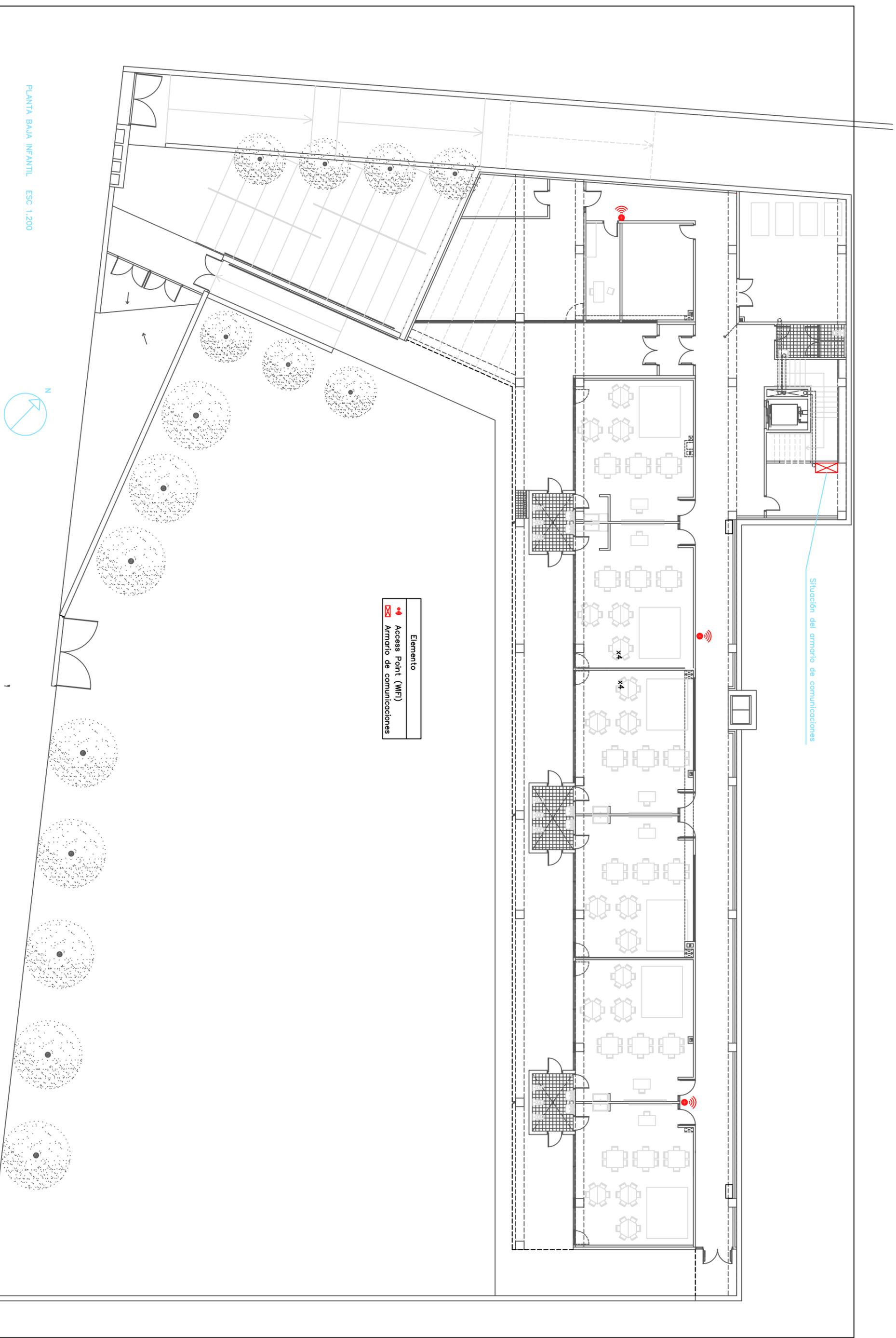


0 0,5 1,0 1,5 2,0
GRÁFICAS

NOMBRE DEL PLANO:
TOMAS DE BANDA ANCHA Y TELEFONIA DEL EDIFICIO GIMNASIO

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
13 TOMAS VOZ UNIVERSIDM09

CAPTULO:
1.13
HOJA 13 DE 20



Situación del armario de comunicaciones

Elemento
Access Point (WiFi)
Armario de comunicaciones

PLANTA BAJA INFANTIL ESC 1.200



Escola Politècnica Superior de Castelldefels
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{rs} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN EL CERP PLÇA DELS PASOS CATALANS DE LLEIDA

ESCALA:
1:200
ORIGINALS

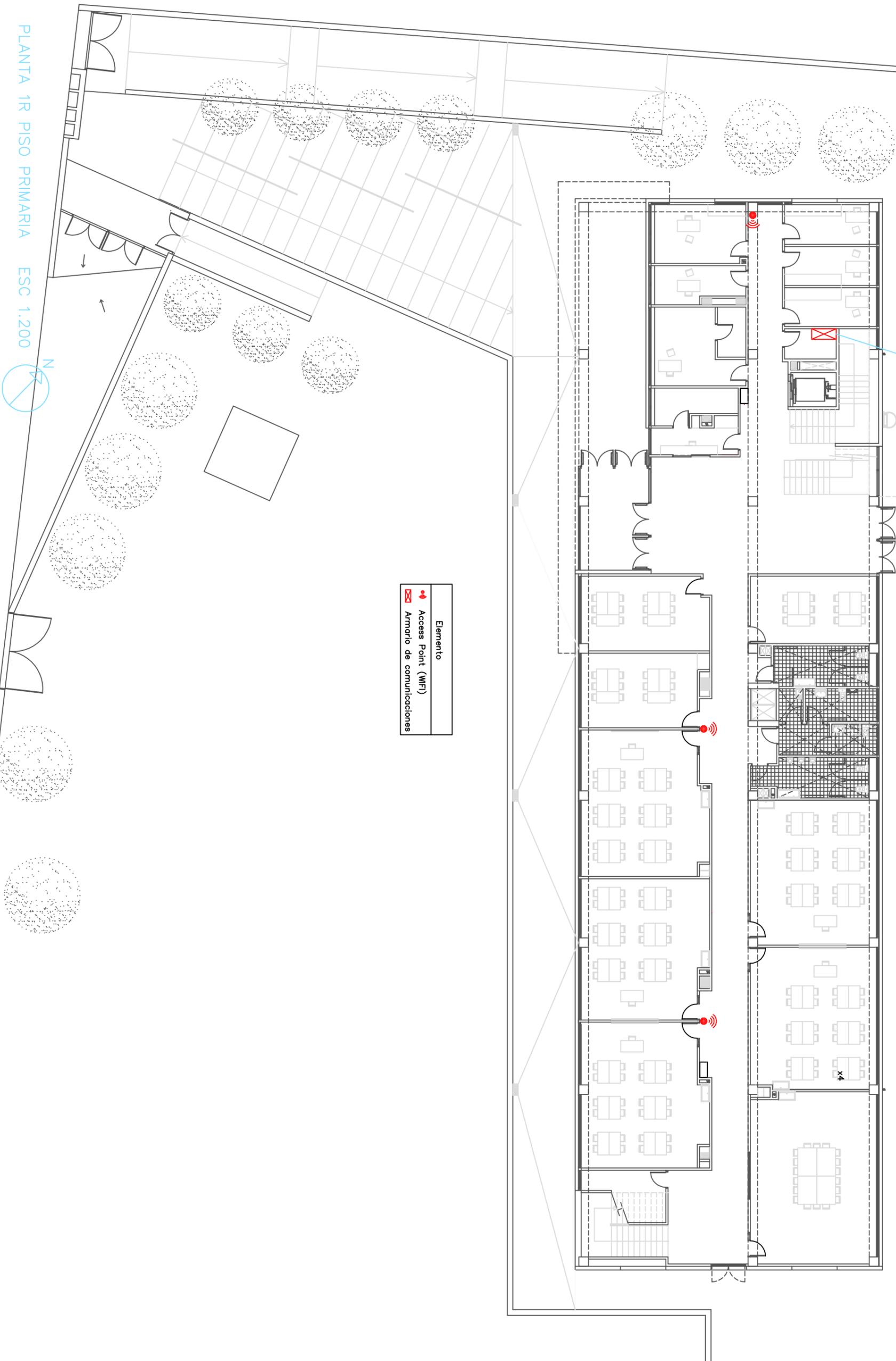
0 1,0 2,0 3,0 4,0
GRÀFICS

NOMBRE DEL PLANO:
UBICACION DE LOS ACCESS POINT DE LA PLANTA BAJA

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
1. FABRICACIÓ POINT RWINGS

CAPÍTULO:
1.14
HOJA 14 DE 20

Situación del armario de comunicaciones



Elemento	
	Access Point (WiFi)
	Armario de comunicaciones



Escola Politècnica Superior de Castells
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^À TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN EL CERP PLÇA DELS PASOS CATALANS DE LLEIDA

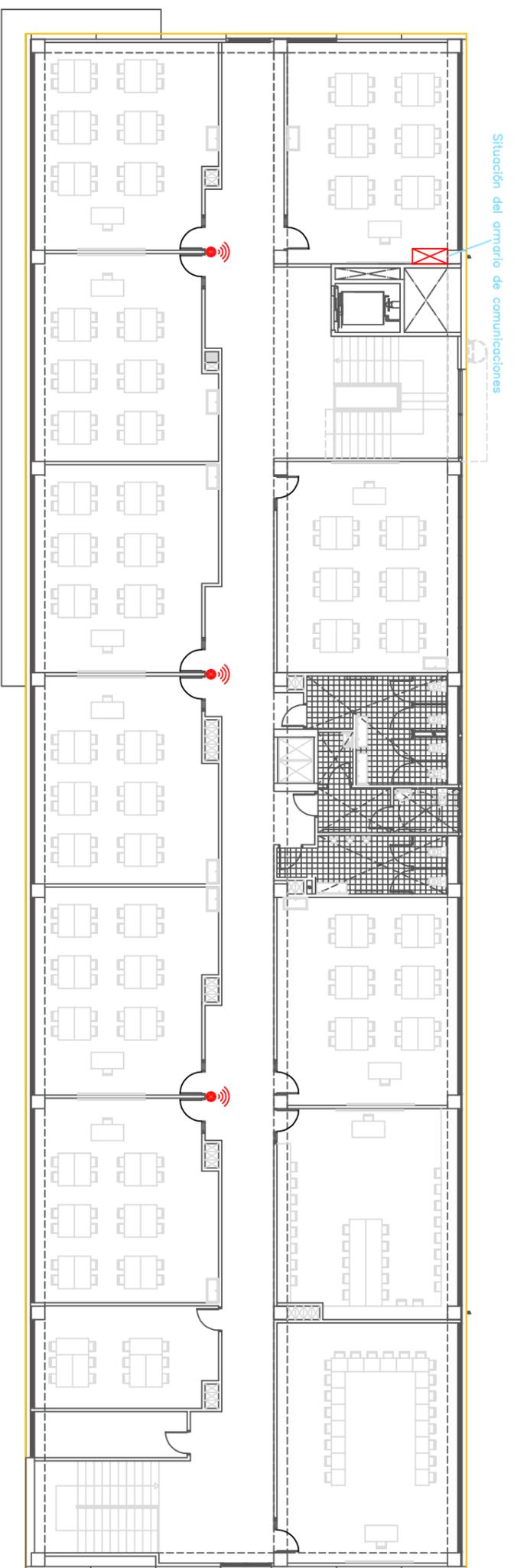
ESCALA:
1:200
ORIGINALS



NOMBRE DEL PLANO:
UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT DE LA PRIMERA PLANTA

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
1.53.ABACAD_0001.PDWG

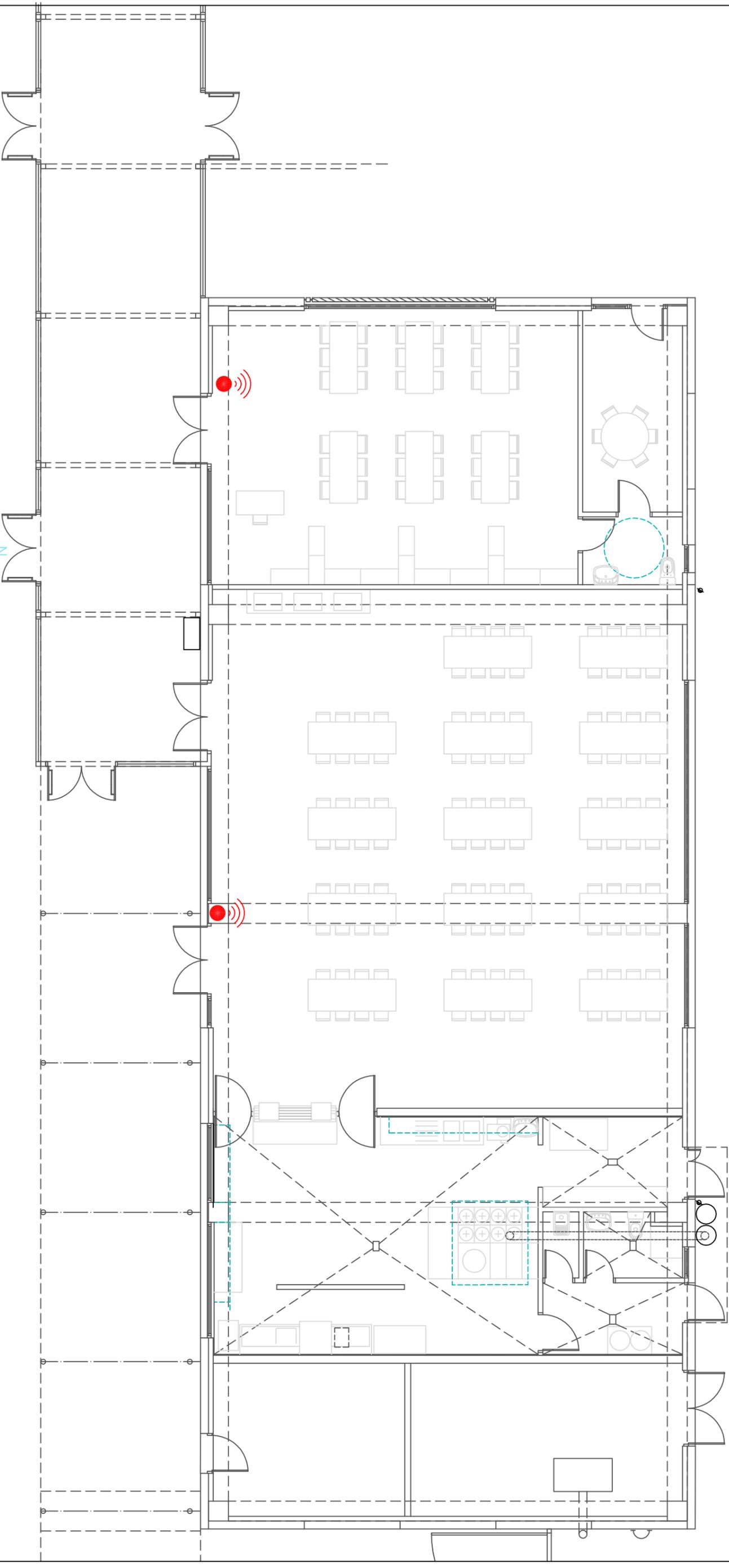
CAPÍTULO:
1.15
HOJA 15 DE 20



PLANTA 2N PISO PRIMARIA ESC 1/100

Elemento	
	Access Point (WiFi)
	Armario de comunicaciones

Elemento
 Access Point (WiFi)



PLANTA PARCIAL EDIFICIO BIBLIOTECA-COMEDOR ESC: 1/100

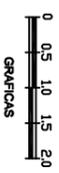


Escuela Politécnica Superior de Castelldefels
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{TE} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN
EL CENI PLAJA DELS PAISOS CATALANS DE LLEIDA

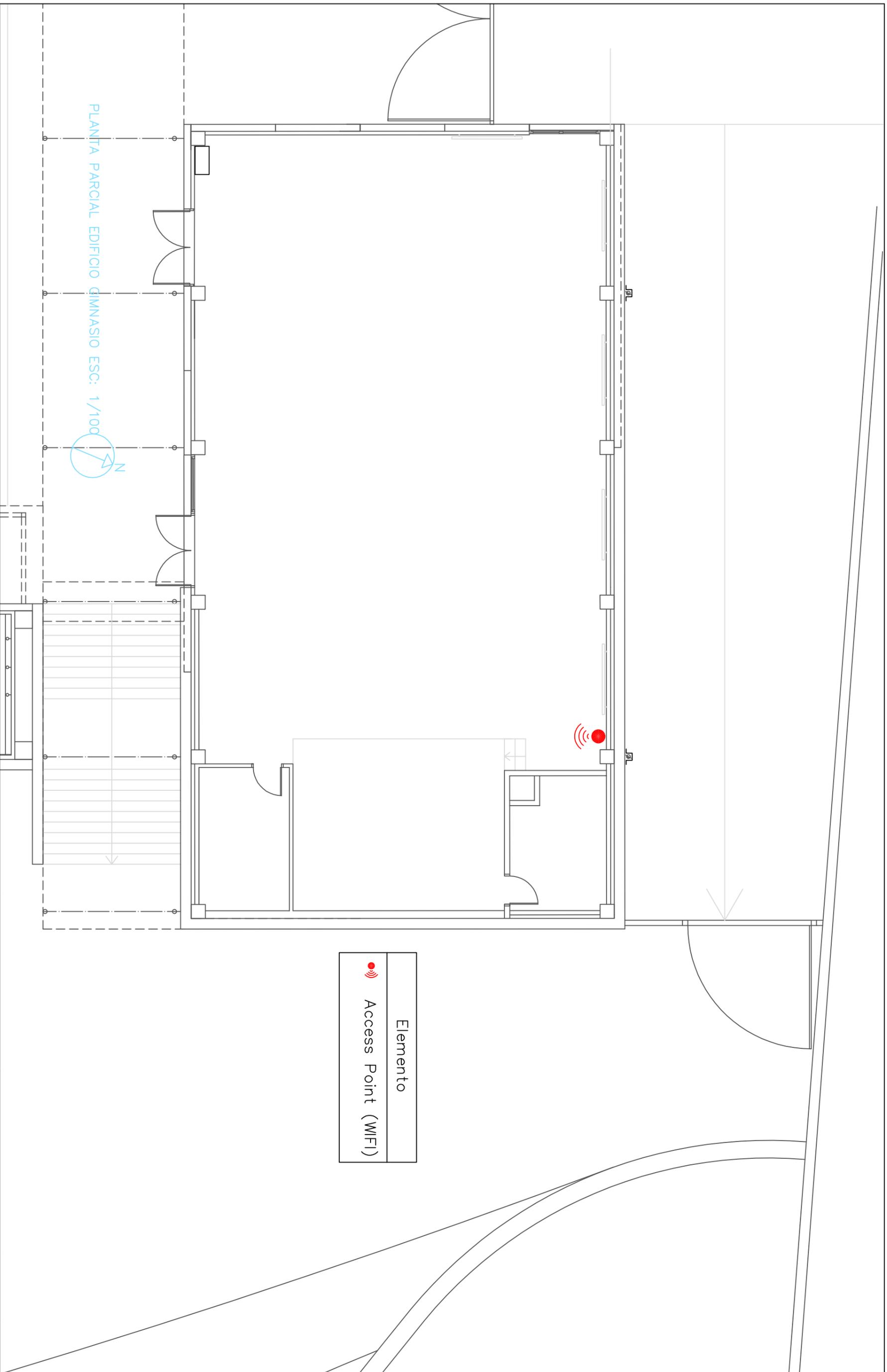
ESCALA:
1:100
ORIGINALS



NOMBRE DEL PLANO:
UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT DEL EDIFICIO
BIBLIOTECA-COMEDOR

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
117-UBICACION POINT BILBOIA

CAPTULO:
1.17
HOJA 17 DE 20



Elemento
 Access Point (WiFi)

PLANTA PARCIAL EDIFICIO GIMNASIO ESC: 1/100

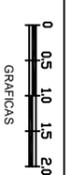


Escola Politècnica Superior de Castelldefels
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

AUTORA DEL PROYECTO:
M^{re} TERESA DOMÍNGUEZ SAGRA

TÍTULO DEL PROYECTO:
DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA COMÚN DE TELECOMUNICACIONES E IMPLANTACIÓN DE LAS TIC EN
EL CERP PLÇA DELS PASOS CATALANS DE LLEIDA

ESCALA:
1:100
ORIGINALS

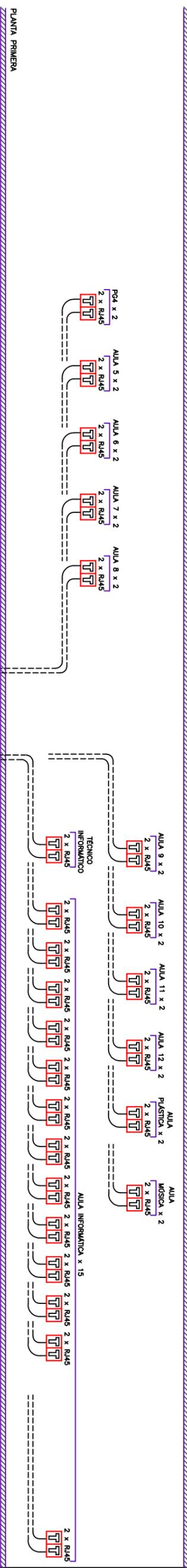


NOMBRE DEL PLANO:
UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT DEL EDIFICIO
GIMNASIO

FECHA:
JUNIO 2010
ARCHIVO:
1.18.ABC.ACC.POWER.GIMNASIO

CAPTULO:
1.18
HOJA 18 DE 20

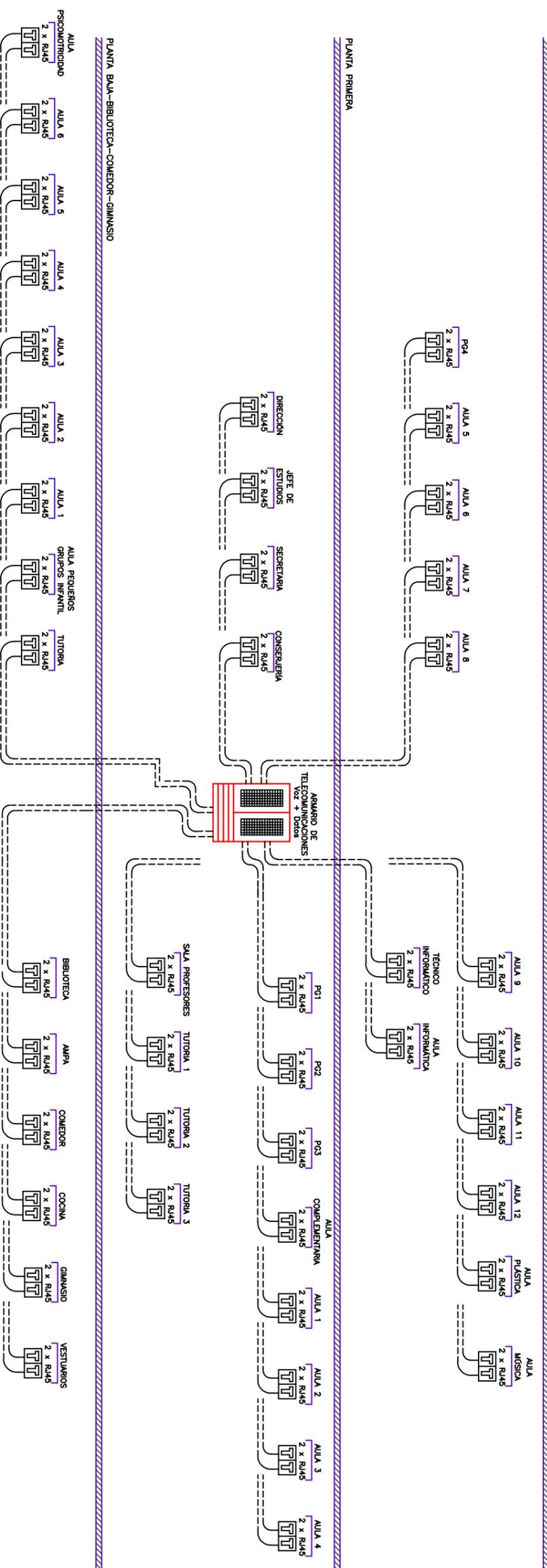
PLANTA SEGUNDA



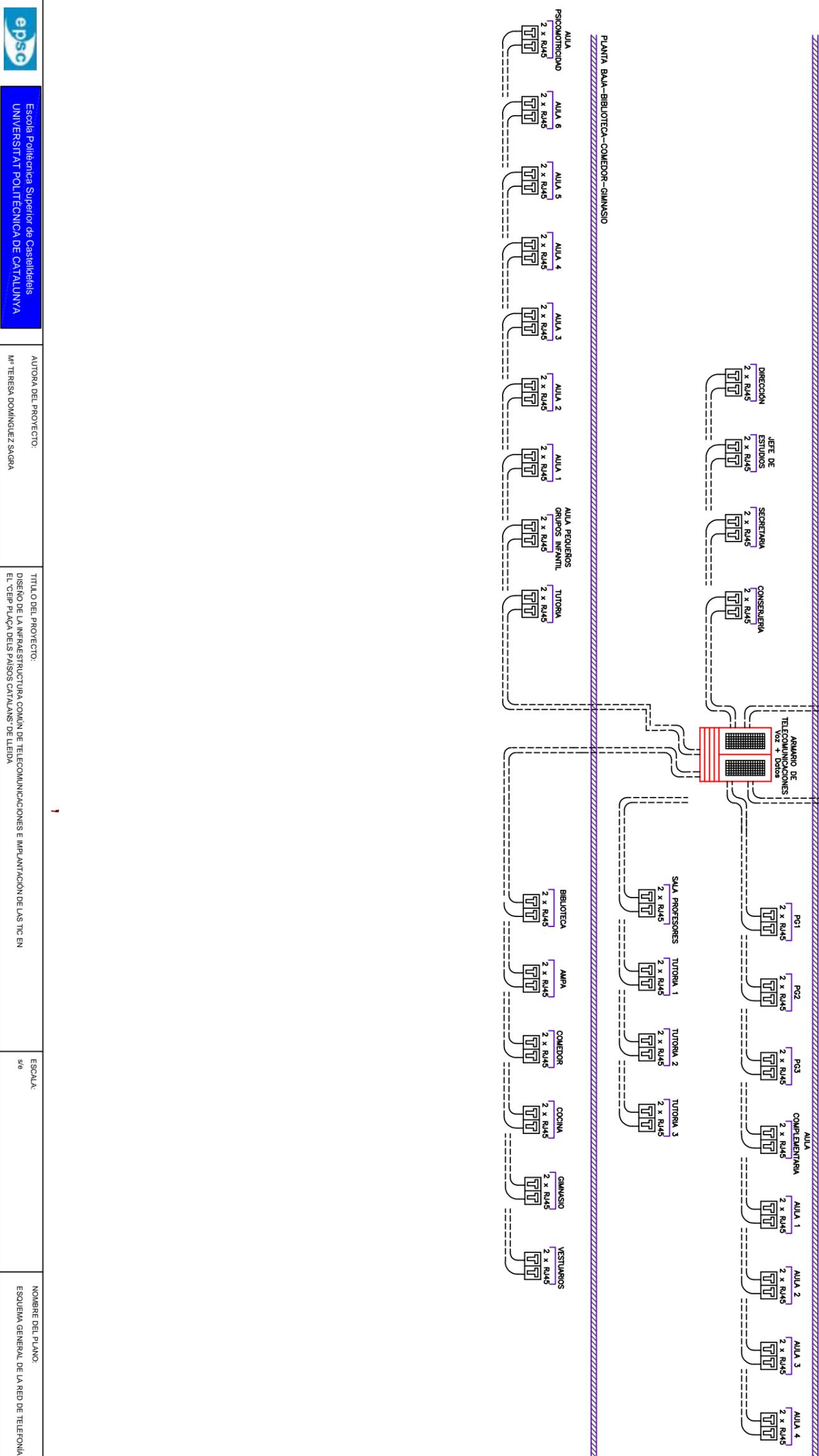
PLANTA BAJA-COMEDOR-BIBLIOTECA-GIMNASIO



PLANTA SEGUNDA



PLANTA PRIMERA



PLANTA BAA-BIBLIOTECA-COMEDOR-GIMNASIO

TABLAS DE ATENUACIONES
PARA RADIOFUSIÓN SONORA
Y TELEVISIÓN TERRESTRE

Tabla de Atenuaciones en las tomas (dB) para Radiofusión sonora terrestre: DAB												
Servicio	Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación Total		
							metros de cable	atenuación (dB/m)	Total			
DAB	196 MHz	Planta segunda										
		Aula 5	1	20	7,5	4,5	25,59	0,079	2,02161	34,02161		
			2	20	7,5	4,5	25,06	0,079	1,97974	33,97974		
		Aula 6	1	20	7,5	4,5	15,47	0,079	1,22213	33,22213		
			2	20	7,5	4,5	18,84	0,079	1,48836	33,48836		
		Aula 7	1	20	7,5	4,5	24,42	0,079	1,48836	33,48836		
			2	20	7,5	4,5	24,26	0,079	1,92918	33,92918		
		Aula 8	1	21	7,5	4,5	23,49	0,079	1,85571	34,85571		
			2	21	7,5	4,5	27,22	0,079	2,15038	35,15038		
		Aula 9	1	21	7,5	4,5	39,29	0,079	3,10391	36,10391		
			2	21	7,5	4,5	39,15	0,079	3,09285	36,09285		
		Aula 10	1	21	7,5	4,5	38,66	0,079	3,05414	36,05414		
			2	21	7,5	4,5	42,1	0,079	3,3259	36,3259		
		Aula 11	1	20	7,5	4,5	25,91	0,079	2,04689	34,04689		
			2	20	7,5	4,5	24,53	0,079	1,93787	33,93787		
		Aula 12	1	20	7,5	4,5	27,39	0,079	2,16381	34,16381		
			2	20	7,5	4,5	25,73	0,079	2,03267	34,03267		
		Aula pequeños grupos 4	1	21	7,5	4,5	47,79	0,079	3,77541	36,77541		
			2	21	7,5	4,5	43,67	0,079	3,44993	36,44993		
		Aula informática	1	20	7,5	4,5	40,62	0,079	3,25322	35,25322		
			2	20	7,5	4,5	41,18	0,079	3,03597	35,03597		
		Aula plástica	1	20	7,5	4,5	38,43	0,079	3,03597	35,03597		
			2	20	7,5	4,5	35,18	0,079	2,77922	34,77922		
		Aula música	1	20	7,5	4,5	46,62	0,079	3,68298	35,68298		
			2	20	7,5	4,5	50,09	0,079	3,95711	35,95711		
		Planta Primera										
		Aula 1	1	25,3	7,5	4,5	31,76	0,079	2,50904	39,80904		
			2	25,3	7,5	4,5	35,32	0,079	2,79028	40,09028		
		Aula 2	1	25,3	7,5	4,5	47,94	0,079	3,78726	41,08726		
			2	25,3	7,5	4,5	49,03	0,079	3,87337	41,17337		
		Aula 3	1	24,3	7,5	4,5	38,25	0,079	3,02175	39,32175		
			2	24,3	7,5	4,5	45,05	0,079	3,55895	39,85895		
		Aula 4	1	24,3	7,5	4,5	50,07	0,079	3,95553	40,25553		
			2	24,3	7,5	4,5	47,26	0,079	3,73354	40,03354		
		Aula pequeños grupos 1	1	25,3	7,5	4,5	21,62	0,079	1,70798	39,00798		
			2	25,3	7,5	4,5	26,84	0,079	2,12036	39,42036		
		Aula pequeños grupos 2	1	25,3	7,5	4,5	28,51	0,079	2,25229	39,55229		
			2	25,3	7,5	4,5	21,29	0,079	1,68191	38,98191		
		Aula pequeños grupos 3	1	25,3	7,5	4,5	26,82	0,079	2,11878	39,41878		
			2	25,3	7,5	4,5	32,82	0,079	2,59278	39,89278		
		Aula complementaria	1	25,3	7,5	4,5	38,59	0,079	3,04861	40,34861		
			2	25,3	7,5	4,5	42,63	0,079	3,36777	40,66777		
		Sala profesores	1	25,3	7,5	4,5	45,04	0,079	3,55816	40,85816		
			2	25,3	7,5	4,5	57,99	0,079	4,58121	41,88121		
		Dirección	1	25,3	7,5	4,5	24,71	0,079	1,95209	39,25209		
			2	25,3	7,5	4,5	25,66	0,079	2,02714	39,32714		
		Planta Baja										
		Aula 1	1	28,5	7,5	4,5	23,9	0,079	1,8881	42,3881		
			2	28,5	7,5	4,5	22,61	0,079	1,78619	42,28619		
		Aula 2	1	28,5	7,5	4,5	28,07	0,079	2,21753	42,71753		
			2	28,5	7,5	4,5	27,27	0,079	2,15433	42,65433		
		Aula 3	1	28,5	7,5	4,5	35,33	0,079	2,79107	43,29107		
			2	28,5	7,5	4,5	39,47	0,079	3,11813	43,61813		
		Aula 4	1	28,5	7,5	4,5	54,57	0,079	4,31103	44,81103		
			2	28,5	7,5	4,5	43,52	0,079	3,43808	43,93808		
		Aula 5	1	28,5	7,5	4,5	55,66	0,079	4,39714	44,89714		
			2	28,5	7,5	4,5	59,68	0,079	4,71472	45,21472		
		Aula 6	1	28,5	7,5	4,5	41,47	0,079	3,27613	43,77613		
			2	28,5	7,5	4,5	45,31	0,079	3,57949	44,07949		
		Aula pequeños grupos	1	28,5	7,5	4,5	30,46	0,079	2,40634	42,90634		
			2	28,5	7,5	4,5	32,7	0,079	2,5833	43,0833		
		Aula psicomotricidad	1	28,5	7,5	4,5	37,4	0,079	2,9546	43,4546		
			2	28,5	7,5	4,5	30,39	0,079	2,40081	42,90081		
		Edificio Biblioteca-Comedor y Gimnasio										
		Biblioteca	1	26,8	7,5	4,5	38,05	0,079	3,00595	41,80595		
			2	26,8	7,5	4,5	29,18	0,079	2,30522	41,10522		
		Comedor	1	26,8	7,5	4,5	45,43	0,079	3,58897	42,38897		
			2	26,8	7,5	4,5	60,9	0,079	4,8111	43,6111		
		Gimnasio	1	26,8	4,5	4,5	88,2	0,079	6,9678	42,7678		
			2	26,8	4,5	4,5	87,57	0,079	6,91803	42,71803		
		Planta segunda										
		Aula 5	1	20	7,5	4,5	25,59	0,081	2,07279	34,07279		
			2	20	7,5	4,5	25,06	0,081	2,02986	34,02986		
		Aula 6	1	20	7,5	4,5	15,47	0,081	1,25307	33,25307		
			2	20	7,5	4,5	18,84	0,081	1,52604	33,52604		
		Aula 7	1	20	7,5	4,5	24,42	0,081	1,97802	33,97802		

Tabla de Atenuaciones en las tomas (dB) para Radiofusión sonora terrestre: DAB

Servicio	Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación Total		
							metros de cable	atenuación (dB/m)	Total			
	223 MHz	Aula 7	2	20	7,5	4,5	24,26	0,081	1,96506	33,96506		
		Aula 8	1	21	7,5	4,5	23,49	0,081	1,90269	34,90269		
			2	21	7,5	4,5	27,22	0,081	2,20482	35,20482		
		Aula 9	1	21	7,5	4,5	39,29	0,081	3,18249	36,18249		
			2	21	7,5	4,5	39,15	0,081	3,17115	36,17115		
		Aula 10	1	21	7,5	4,5	38,66	0,081	3,13146	36,13146		
			2	21	7,5	4,5	42,1	0,081	3,4101	36,4101		
		Aula 11	1	20	7,5	4,5	25,91	0,081	2,09871	34,09871		
			2	20	7,5	4,5	24,53	0,081	1,98693	33,98693		
		Aula 12	1	20	7,5	4,5	27,39	0,081	2,21859	34,21859		
			2	20	7,5	4,5	25,73	0,081	2,08413	34,08413		
		Aula pequeños grupos 4	1	21	7,5	4,5	47,79	0,081	3,87099	36,87099		
			2	21	7,5	4,5	43,67	0,081	3,53727	36,53727		
		Aula informática	1	20	7,5	4,5	40,62	0,081	3,29022	35,29022		
			2	20	7,5	4,5	41,18	0,081	3,33558	35,33558		
		Aula plástica	1	20	7,5	4,5	38,43	0,081	3,11283	35,11283		
			2	20	7,5	4,5	35,18	0,081	2,84958	34,84958		
		Aula música	1	20	7,5	4,5	46,62	0,081	3,77622	35,77622		
			2	20	7,5	4,5	50,09	0,081	4,05729	36,05729		
		Planta Primera										
		Aula 1	1	25,3	7,5	4,5	31,76	0,081	2,57256	39,87256		
			1	25,3	7,5	4,5	35,32	0,081	2,86092	40,16092		
		Aula 2	1	25,3	7,5	4,5	47,94	0,081	3,88314	41,18314		
			1	25,3	7,5	4,5	49,03	0,081	3,97143	41,27143		
		Aula 3	1	24,3	7,5	4,5	38,25	0,081	3,09825	39,39825		
			1	24,3	7,5	4,5	45,05	0,081	3,64905	39,94905		
		Aula 4	1	24,3	7,5	4,5	50,07	0,081	4,05567	40,35567		
			1	24,3	7,5	4,5	47,26	0,081	3,82806	40,12806		
		Aula pequeños grupos 1	1	25,3	7,5	4,5	21,62	0,081	1,75122	39,05122		
			1	25,3	7,5	4,5	26,84	0,081	2,17404	39,47404		
		Aula pequeños grupos 2	1	25,3	7,5	4,5	28,51	0,081	2,30931	39,60931		
			1	25,3	7,5	4,5	21,29	0,081	1,72449	39,02449		
		Aula pequeños grupos 3	1	25,3	7,5	4,5	26,82	0,081	2,17242	39,47242		
			1	25,3	7,5	4,5	32,82	0,081	2,65842	39,95842		
		Aula complementaria	1	25,3	7,5	4,5	38,59	0,081	3,12579	40,42579		
			1	25,3	7,5	4,5	42,63	0,081	3,45303	40,75303		
		Sala profesores	1	25,3	7,5	4,5	45,04	0,081	3,64824	40,94824		
			1	25,3	7,5	4,5	57,99	0,081	4,69719	41,99719		
		Dirección	1	25,3	7,5	4,5	24,71	0,081	2,00151	39,30151		
			1	25,3	7,5	4,5	25,66	0,081	2,07846	39,37846		
		Planta Baja										
		Aula 1	1	28,5	7,5	4,5	23,9	0,081	1,9359	42,4359		
			1	28,5	7,5	4,5	22,61	0,081	1,83141	42,33141		
		Aula 2	1	28,5	7,5	4,5	28,07	0,081	2,27367	42,77367		
			1	28,5	7,5	4,5	27,27	0,081	2,20887	42,70887		
		Aula 3	1	28,5	7,5	4,5	35,33	0,081	2,86173	43,36173		
			1	28,5	7,5	4,5	39,47	0,081	3,19707	43,69707		
		Aula 4	1	28,5	7,5	4,5	54,57	0,081	4,42017	44,92017		
			1	28,5	7,5	4,5	43,52	0,081	3,52512	44,02512		
		Aula 5	1	28,5	7,5	4,5	55,66	0,081	4,50846	45,00846		
			1	28,5	7,5	4,5	59,68	0,081	4,83408	45,33408		
		Aula 6	1	28,5	7,5	4,5	41,47	0,081	3,35907	43,85907		
			2	28,5	7,5	4,5	45,31	0,081	3,67011	44,17011		
		Aula pequeños grupos	1	28,5	7,5	4,5	30,46	0,081	2,46726	42,96726		
			2	28,5	7,5	4,5	32,7	0,081	2,6487	43,1487		
		Aula psicomotricidad	1	28,5	7,5	4,5	37,4	0,081	3,0294	43,5294		
			2	28,5	7,5	4,5	30,39	0,081	2,46159	42,96159		
		Edificio Biblioteca-Comedor y Gimnasio										
		Biblioteca	1	26,8	7,5	4,5	38,05	0,081	3,08205	41,88205		
			2	26,8	7,5	4,5	29,18	0,081	2,36358	41,16358		
		Comedor	1	26,8	7,5	4,5	45,43	0,081	3,67983	42,47983		
			2	26,8	7,5	4,5	60,9	0,081	4,9329	43,7329		
		Gimnasio	1	26,8	4,5	4,5	88,2	0,081	7,1442	42,9442		
			2	26,8	4,5	4,5	87,57	0,081	7,09317	42,89317		

Mejor toma

Peor toma

Tabla de Atenuaciones en las tomas (dB) para Radiofusión sonora terrestre: FM												
Servicio	Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación Total		
							metros de cable	atenuación (dB/m)	Total			
FM	87,5 MHz	Planta segunda										
		Aula 5	1	20	7,5	4,5	25,59	0,06	1,5354	33,5354		
			2	20	7,5	4,5	25,06	0,06	1,5036	33,5036		
		Aula 6	1	20	7,5	4,5	15,47	0,06	0,9282	32,9282		
			2	20	7,5	4,5	18,84	0,06	1,1304	33,1304		
		Aula 7	1	20	7,5	4,5	24,42	0,06	1,1304	33,1304		
			2	20	7,5	4,5	24,26	0,06	1,4652	33,4652		
		Aula 8	1	21	7,5	4,5	23,49	0,06	1,4094	34,4094		
			2	21	7,5	4,5	27,22	0,06	1,6332	34,6332		
		Aula 9	1	21	7,5	4,5	39,29	0,06	2,3574	35,3574		
			2	21	7,5	4,5	39,15	0,06	2,349	35,349		
		Aula 10	1	21	7,5	4,5	38,66	0,06	2,3196	35,3196		
			2	21	7,5	4,5	42,1	0,06	2,526	35,526		
		Aula 11	1	20	7,5	4,5	25,91	0,06	1,5546	33,5546		
			2	20	7,5	4,5	24,53	0,06	1,4718	33,4718		
		Aula 12	1	20	7,5	4,5	27,39	0,06	1,6434	33,6434		
			2	20	7,5	4,5	25,73	0,06	1,5438	33,5438		
		Aula pequeños grupos 4	1	21	7,5	4,5	47,79	0,06	2,8674	35,8674		
			2	21	7,5	4,5	43,67	0,06	2,6202	35,6202		
		Aula informática	1	20	7,5	4,5	40,62	0,06	2,4708	34,4708		
			2	20	7,5	4,5	41,18	0,06	2,3058	34,3058		
		Aula plástica	1	20	7,5	4,5	38,43	0,06	2,3058	34,3058		
			2	20	7,5	4,5	35,18	0,06	2,1108	34,1108		
		Aula música	1	20	7,5	4,5	46,62	0,06	2,7972	34,7972		
			2	20	7,5	4,5	50,09	0,06	3,0054	35,0054		
		Planta Primera										
		Aula 1	1	25,3	7,5	4,5	31,76	0,06	1,9056	39,2056		
			2	25,3	7,5	4,5	35,32	0,06	2,1192	39,4192		
		Aula 2	1	25,3	7,5	4,5	47,94	0,06	2,8764	40,1764		
			2	25,3	7,5	4,5	49,03	0,06	2,9418	40,2418		
		Aula 3	1	24,3	7,5	4,5	38,25	0,06	2,295	38,595		
			2	24,3	7,5	4,5	45,05	0,06	2,703	39,003		
		Aula 4	1	24,3	7,5	4,5	50,07	0,06	3,0042	39,3042		
			2	24,3	7,5	4,5	47,26	0,06	2,8356	39,1356		
		Aula pequeños grupos 1	1	25,3	7,5	4,5	21,62	0,06	1,2972	38,5972		
			2	25,3	7,5	4,5	26,84	0,06	1,6104	38,9104		
		Aula pequeños grupos 2	1	25,3	7,5	4,5	28,51	0,06	1,7106	39,0106		
			2	25,3	7,5	4,5	21,29	0,06	1,2774	38,5774		
		Aula pequeños grupos 3	1	25,3	7,5	4,5	26,82	0,06	1,6092	38,9092		
			2	25,3	7,5	4,5	32,82	0,06	1,9692	39,2692		
		Aula complementaria	1	25,3	7,5	4,5	38,59	0,06	2,3154	39,6154		
			2	25,3	7,5	4,5	42,63	0,06	2,5578	39,8578		
		Sala profesores	1	25,3	7,5	4,5	45,04	0,06	2,7024	40,0024		
			2	25,3	7,5	4,5	57,99	0,06	3,4794	40,7794		
		Dirección	1	25,3	7,5	4,5	24,71	0,06	1,4826	38,7826		
			2	25,3	7,5	4,5	25,66	0,06	1,5396	38,8396		
		Planta Baja										
		Aula 1	1	28,5	7,5	4,5	23,9	0,06	1,434	41,934		
			2	28,5	7,5	4,5	22,61	0,06	1,3566	41,8566		
		Aula 2	1	28,5	7,5	4,5	28,07	0,06	1,6842	42,1842		
			2	28,5	7,5	4,5	27,27	0,06	1,6362	42,1362		
		Aula 3	1	28,5	7,5	4,5	35,33	0,06	2,1198	42,6198		
			2	28,5	7,5	4,5	39,47	0,06	2,3682	42,8682		
		Aula 4	1	28,5	7,5	4,5	54,57	0,06	3,2742	43,7742		
			2	28,5	7,5	4,5	43,52	0,06	2,6112	43,1112		
		Aula 5	1	28,5	7,5	4,5	55,66	0,06	3,3396	43,8396		
			2	28,5	7,5	4,5	59,68	0,06	3,5808	44,0808		
		Aula 6	1	28,5	7,5	4,5	41,47	0,06	2,4882	42,9882		
			2	28,5	7,5	4,5	45,31	0,06	2,7186	43,2186		
		Aula pequeños grupos	1	28,5	7,5	4,5	30,46	0,06	1,8276	42,3276		
			2	28,5	7,5	4,5	32,7	0,06	1,962	42,462		
		Aula psicomotricidad	1	28,5	7,5	4,5	37,4	0,06	2,244	42,744		
			2	28,5	7,5	4,5	30,39	0,06	1,8234	42,3234		
		Edificio Biblioteca-Comedor y Gimnasio										
		Biblioteca	1	26,8	7,5	4,5	38,05	0,06	2,283	41,083		
			2	26,8	7,5	4,5	29,18	0,06	1,7508	40,5508		
		Comedor	1	26,8	7,5	4,5	45,43	0,06	2,7258	41,5258		
			2	26,8	7,5	4,5	60,9	0,06	3,654	42,454		
		Gimnasio	1	26,8	4,5	4,5	88,2	0,06	5,292	41,092		
			2	26,8	4,5	4,5	87,57	0,06	5,2542	41,0542		
		Planta segunda										
		Aula 5	1	20	7,5	4,5	25,59	0,065	1,66335	33,66335		
			2	20	7,5	4,5	25,06	0,065	1,6289	33,6289		
		Aula 6	1	20	7,5	4,5	15,47	0,065	1,00555	33,00555		
			2	20	7,5	4,5	18,84	0,065	1,2246	33,2246		
		Aula 7	1	20	7,5	4,5	24,42	0,065	1,5873	33,5873		

Tabla de Atenuaciones en las tomas (dB) para Radiofusión sonora terrestre: FM

Servicio	Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación Total		
							metros de cable	atenuación (dB/m)	Total			
	108 MHz	Aula 7	2	20	7,5	4,5	24,26	0,065	1,5769	33,5769		
		Aula 8	1	21	7,5	4,5	23,49	0,065	1,52685	34,52685		
			2	21	7,5	4,5	27,22	0,065	1,7693	34,7693		
		Aula 9	1	21	7,5	4,5	39,29	0,065	2,55385	35,55385		
			2	21	7,5	4,5	39,15	0,065	2,54475	35,54475		
		Aula 10	1	21	7,5	4,5	38,66	0,065	2,5129	35,5129		
			2	21	7,5	4,5	42,1	0,065	2,7365	35,7365		
		Aula 11	1	20	7,5	4,5	25,91	0,065	1,68415	33,68415		
			2	20	7,5	4,5	24,53	0,065	1,59445	33,59445		
		Aula 12	1	20	7,5	4,5	27,39	0,065	1,78035	33,78035		
			2	20	7,5	4,5	25,73	0,065	1,67245	33,67245		
		Aula pequeños grupos 4	1	21	7,5	4,5	47,79	0,065	3,10635	36,10635		
			2	21	7,5	4,5	43,67	0,065	2,83855	35,83855		
		Aula informática	1	20	7,5	4,5	40,62	0,065	2,6403	34,6403		
			2	20	7,5	4,5	41,18	0,065	2,6767	34,6767		
		Aula plástica	1	20	7,5	4,5	38,43	0,065	2,49795	34,49795		
			2	20	7,5	4,5	35,18	0,065	2,2867	34,2867		
		Aula música	1	20	7,5	4,5	46,62	0,065	3,0303	35,0303		
			2	20	7,5	4,5	50,09	0,065	3,25585	35,25585		
		Planta Primera										
		Aula 1	1	25,3	7,5	4,5	31,76	0,065	2,0644	39,3644		
			1	25,3	7,5	4,5	35,32	0,065	2,2958	39,5958		
		Aula 2	1	25,3	7,5	4,5	47,94	0,065	3,1161	40,4161		
			1	25,3	7,5	4,5	49,03	0,065	3,18695	40,48695		
		Aula 3	1	24,3	7,5	4,5	38,25	0,065	2,48625	38,78625		
			1	24,3	7,5	4,5	45,05	0,065	2,92825	39,2825		
		Aula 4	1	24,3	7,5	4,5	50,07	0,065	3,25455	39,55455		
			1	24,3	7,5	4,5	47,26	0,065	3,0719	39,3719		
		Aula pequeños grupos 1	1	25,3	7,5	4,5	21,62	0,065	1,4053	38,7053		
			1	25,3	7,5	4,5	26,84	0,065	1,7446	39,0446		
		Aula pequeños grupos 2	1	25,3	7,5	4,5	28,51	0,065	1,85315	39,15315		
			1	25,3	7,5	4,5	21,29	0,065	1,38385	38,68385		
		Aula pequeños grupos 3	1	25,3	7,5	4,5	26,82	0,065	1,7433	39,0433		
			1	25,3	7,5	4,5	32,82	0,065	2,1333	39,4333		
		Aula complementaria	1	25,3	7,5	4,5	38,59	0,065	2,50835	39,80835		
			1	25,3	7,5	4,5	42,63	0,065	2,77095	40,07095		
		Sala profesores	1	25,3	7,5	4,5	45,04	0,065	2,9276	40,2276		
			1	25,3	7,5	4,5	57,99	0,065	3,76935	41,06935		
		Dirección	1	25,3	7,5	4,5	24,71	0,065	1,60615	38,90615		
			1	25,3	7,5	4,5	25,66	0,065	1,6679	38,9679		
		Planta Baja										
		Aula 1	1	28,5	7,5	4,5	23,9	0,065	1,5535	42,0535		
			1	28,5	7,5	4,5	22,61	0,065	1,46965	41,96965		
		Aula 2	1	28,5	7,5	4,5	28,07	0,065	1,82455	42,32455		
			1	28,5	7,5	4,5	27,27	0,065	1,77255	42,27255		
		Aula 3	1	28,5	7,5	4,5	35,33	0,065	2,29645	42,79645		
			1	28,5	7,5	4,5	39,47	0,065	2,56555	43,06555		
		Aula 4	1	28,5	7,5	4,5	54,57	0,065	3,54705	44,04705		
			1	28,5	7,5	4,5	43,52	0,065	2,8288	43,3288		
		Aula 5	1	28,5	7,5	4,5	55,66	0,065	3,6179	44,1179		
			1	28,5	7,5	4,5	59,68	0,065	3,8792	44,3792		
		Aula 6	1	28,5	7,5	4,5	41,47	0,065	2,69555	43,19555		
			2	28,5	7,5	4,5	45,31	0,065	2,94515	43,44515		
		Aula pequeños grupos	1	28,5	7,5	4,5	30,46	0,065	1,9799	42,4799		
			2	28,5	7,5	4,5	32,7	0,065	2,1255	42,6255		
		Aula psicomotricidad	1	28,5	7,5	4,5	37,4	0,065	2,431	42,931		
			2	28,5	7,5	4,5	30,39	0,065	1,97535	42,47535		
		Edificio Biblioteca-Comedor y Gimnasio										
		Biblioteca	1	26,8	7,5	4,5	37,05	0,065	2,40825	41,20825		
			2	26,8	7,5	4,5	27,18	0,065	1,7667	40,5667		
		Comedor	1	26,8	7,5	4,5	37,43	0,065	2,43295	41,23295		
			2	26,8	7,5	4,5	40,9	0,065	2,6585	41,4585		
		Gimnasio	1	26,8	4,5	4,5	88,2	0,065	5,733	41,533		
			2	26,8	4,5	4,5	87,57	0,065	5,69205	41,49205		

 Mejor toma

 Peor toma

Tabla de Atenuaciones en las tomas (dB) para Televisión Digital Terrestre:TDT												
Servicio	Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación Total		
							metros de cable	atenuación (dB/m)	Total			
TDT	642 MHz	Planta segunda										
		Aula 5	1	20	7,5	4,5	25,59	0,135	3,45465	35,45465		
			2	20	7,5	4,5	25,06	0,135	3,3831	35,3831		
		Aula 6	1	20	7,5	4,5	15,47	0,135	2,08845	34,08845		
			2	20	7,5	4,5	18,84	0,135	2,5434	34,5434		
		Aula 7	1	20	7,5	4,5	24,42	0,135	2,5434	34,5434		
			2	20	7,5	4,5	24,26	0,135	3,2967	35,2967		
		Aula 8	1	21	7,5	4,5	23,49	0,135	3,17115	36,17115		
			2	21	7,5	4,5	27,22	0,135	3,6747	36,6747		
		Aula 9	1	21	7,5	4,5	39,29	0,135	5,30415	38,30415		
			2	21	7,5	4,5	39,15	0,135	5,28525	38,28525		
		Aula 10	1	21	7,5	4,5	38,66	0,135	5,2191	38,2191		
			2	21	7,5	4,5	42,1	0,135	5,6835	38,6835		
		Aula 11	1	20	7,5	4,5	25,91	0,135	3,49785	35,49785		
			2	20	7,5	4,5	24,53	0,135	3,31155	35,31155		
		Aula 12	1	20	7,5	4,5	27,39	0,135	3,69765	35,69765		
			2	20	7,5	4,5	25,73	0,135	3,47355	35,47355		
		Aula pequeños grupos 4	1	21	7,5	4,5	47,79	0,135	6,45165	39,45165		
			2	21	7,5	4,5	43,67	0,135	5,89545	38,89545		
		Aula informática	1	20	7,5	4,5	40,62	0,135	5,5593	37,5593		
			2	20	7,5	4,5	41,18	0,135	5,18805	37,18805		
		Aula plástica	1	20	7,5	4,5	38,43	0,135	5,18805	37,18805		
			2	20	7,5	4,5	35,18	0,135	4,7493	36,7493		
		Aula música	1	20	7,5	4,5	46,62	0,135	6,2937	38,2937		
			2	20	7,5	4,5	50,09	0,135	6,76215	38,76215		
		Planta Primera										
		Aula 1	1	25,3	7,5	4,5	31,76	0,135	4,2876	41,5876		
			2	25,3	7,5	4,5	35,32	0,135	4,7682	42,0682		
		Aula 2	1	25,3	7,5	4,5	47,94	0,135	6,4719	43,7719		
			2	25,3	7,5	4,5	49,03	0,135	6,61905	43,91905		
		Aula 3	1	24,3	7,5	4,5	38,25	0,135	5,16375	41,46375		
			2	24,3	7,5	4,5	45,05	0,135	6,08175	42,38175		
		Aula 4	1	24,3	7,5	4,5	50,07	0,135	6,75945	43,05945		
			2	24,3	7,5	4,5	47,26	0,135	6,3801	42,6801		
		Aula pequeños grupos 1	1	25,3	7,5	4,5	21,62	0,135	2,9187	40,2187		
			2	25,3	7,5	4,5	26,84	0,135	3,6234	40,9234		
		Aula pequeños grupos 2	1	25,3	7,5	4,5	28,51	0,135	3,84885	41,14885		
			2	25,3	7,5	4,5	21,29	0,135	2,87415	40,17415		
		Aula pequeños grupos 3	1	25,3	7,5	4,5	26,82	0,135	3,6207	40,9207		
			2	25,3	7,5	4,5	32,82	0,135	4,4307	41,7307		
		Aula complementaria	1	25,3	7,5	4,5	38,59	0,135	5,20965	42,50965		
			2	25,3	7,5	4,5	42,63	0,135	5,75505	43,05505		
		Sala profesores	1	25,3	7,5	4,5	45,04	0,135	6,0804	43,3804		
			2	25,3	7,5	4,5	57,99	0,135	7,82865	45,12865		
		Dirección	1	25,3	7,5	4,5	24,71	0,135	3,33585	40,63585		
			2	25,3	7,5	4,5	25,66	0,135	3,4641	40,7641		
		Planta Baja										
		Aula 1	1	28,5	7,5	4,5	23,9	0,135	3,2265	43,7265		
			2	28,5	7,5	4,5	22,61	0,135	3,05235	43,55235		
		Aula 2	1	28,5	7,5	4,5	28,07	0,135	3,78945	44,28945		
			2	28,5	7,5	4,5	27,27	0,135	3,68145	44,18145		
		Aula 3	1	28,5	7,5	4,5	35,33	0,135	4,76955	45,26955		
			2	28,5	7,5	4,5	39,47	0,135	5,32845	45,82845		
		Aula 4	1	28,5	7,5	4,5	54,57	0,135	7,36695	47,86695		
			2	28,5	7,5	4,5	43,52	0,135	5,8752	46,3752		
		Aula 5	1	28,5	7,5	4,5	55,66	0,135	7,5141	48,0141		
			2	28,5	7,5	4,5	59,68	0,135	8,0568	48,5568		
		Aula 6	1	28,5	7,5	4,5	41,47	0,135	5,59845	46,09845		
			2	28,5	7,5	4,5	45,31	0,135	6,11685	46,61685		
		Aula pequeños grupos	1	28,5	7,5	4,5	30,46	0,135	4,1121	44,6121		
			2	28,5	7,5	4,5	32,7	0,135	4,4145	44,9145		
		Aula psicomotricidad	1	28,5	7,5	4,5	37,4	0,135	5,049	45,549		
			2	28,5	7,5	4,5	30,39	0,135	4,10265	44,60265		
		Edificio Biblioteca-Comedor y Gimnasio										
		Biblioteca	1	26,8	7,5	4,5	38,05	0,135	5,13675	43,93675		
			2	26	7,5	4,5	29,18	0,135	3,9393	41,9393		
		Comedor	1	26	7,5	4,5	45,43	0,135	6,13305	44,13305		
			2	26	7,5	4,5	60,9	0,135	8,2215	46,2215		
		Gimnasio	1	26	4,5	4,5	88,2	0,135	11,907	46,907		
			2	26	4,5	4,5	87,57	0,135	11,82195	46,82195		
		Planta segunda										
		Aula 5	1	20	7,5	4,5	25,59	0,165	4,22235	36,22235		
			2	20	7,5	4,5	25,06	0,165	4,1349	36,1349		
		Aula 6	1	20	7,5	4,5	15,47	0,165	2,55255	34,55255		
			2	20	7,5	4,5	18,84	0,165	3,1086	35,1086		
		Aula 7	1	20	7,5	4,5	24,42	0,165	4,0293	36,0293		

Tabla de Atenuaciones en las tomas (dB) para Televisión Digital Terrestre:TDT												
Servicio	Frecuencia (MHz)	Aula	Toma	Pérdidas Derivadores	Pérdidas Repartidor	Pérdidas BAT	Pérdidas Cable			Atenuación Total		
							metros de cable	atenuación (dB/m)	Total			
	858 MHz	Aula 7	2	20	7,5	4,5	24,26	0,165	4,0029	36,0029		
		Aula 8	1	21	7,5	4,5	23,49	0,165	3,87585	36,87585		
			2	21	7,5	4,5	27,22	0,165	4,4913	37,4913		
		Aula 9	1	21	7,5	4,5	39,29	0,165	6,48285	39,48285		
			2	21	7,5	4,5	39,15	0,165	6,45975	39,45975		
		Aula 10	1	21	7,5	4,5	38,66	0,165	6,3789	39,3789		
			2	21	7,5	4,5	42,1	0,165	6,9465	39,9465		
		Aula 11	1	20	7,5	4,5	25,91	0,165	4,27515	36,27515		
			2	20	7,5	4,5	24,53	0,165	4,04745	36,04745		
		Aula 12	1	20	7,5	4,5	27,39	0,165	4,51935	36,51935		
			2	20	7,5	4,5	25,73	0,165	4,24545	36,24545		
		Aula pequeños grupos 4	1	21	7,5	4,5	47,79	0,165	7,88535	40,88535		
			2	21	7,5	4,5	43,67	0,165	7,20555	40,20555		
		Aula informática	1	20	7,5	4,5	40,62	0,165	6,7023	38,7023		
			2	20	7,5	4,5	41,18	0,165	6,7947	38,7947		
		Aula plástica	1	20	7,5	4,5	38,43	0,165	6,34095	38,34095		
			2	20	7,5	4,5	35,18	0,165	5,8047	37,8047		
		Aula música	1	20	7,5	4,5	46,62	0,165	7,6923	39,6923		
			2	20	7,5	4,5	50,09	0,165	8,26485	40,26485		
		Planta Primera										
		Aula 1	1	25,3	7,5	4,5	31,76	0,165	5,2404	42,5404		
			1	25,3	7,5	4,5	35,32	0,165	5,8278	43,1278		
		Aula 2	1	25,3	7,5	4,5	47,94	0,165	7,9101	45,2101		
			1	25,3	7,5	4,5	49,03	0,165	8,08995	45,38995		
		Aula 3	1	24,3	7,5	4,5	38,25	0,165	6,31125	42,61125		
			1	24,3	7,5	4,5	45,05	0,165	7,43325	43,73325		
		Aula 4	1	24,3	7,5	4,5	50,07	0,165	8,26155	44,56155		
			1	24,3	7,5	4,5	47,26	0,165	7,7979	44,0979		
		Aula pequeños grupos 1	1	25,3	7,5	4,5	21,62	0,165	3,5673	40,8673		
			1	25,3	7,5	4,5	26,84	0,165	4,4286	41,7286		
		Aula pequeños grupos 2	1	25,3	7,5	4,5	28,51	0,165	4,70415	42,00415		
			1	25,3	7,5	4,5	21,29	0,165	3,51285	40,81285		
		Aula pequeños grupos 3	1	25,3	7,5	4,5	26,82	0,165	4,4253	41,7253		
			1	25,3	7,5	4,5	32,82	0,165	5,4153	42,7153		
		Aula complementaria	1	25,3	7,5	4,5	38,59	0,165	6,36735	43,66735		
			1	25,3	7,5	4,5	42,63	0,165	7,03395	44,33395		
		Sala profesores	1	25,3	7,5	4,5	45,04	0,165	7,4316	44,7316		
			1	25,3	7,5	4,5	57,99	0,165	9,56835	46,86835		
		Dirección	1	25,3	7,5	4,5	24,71	0,165	4,07715	41,37715		
			1	25,3	7,5	4,5	25,66	0,165	4,2339	41,5339		
		Planta Baja										
		Aula 1	1	28,5	7,5	4,5	23,9	0,165	3,9435	44,4435		
			1	28,5	7,5	4,5	22,61	0,165	3,73065	44,23065		
		Aula 2	1	28,5	7,5	4,5	28,07	0,165	4,63155	45,13155		
			1	28,5	7,5	4,5	27,27	0,165	4,49955	44,99955		
		Aula 3	1	28,5	7,5	4,5	35,33	0,165	5,82945	46,32945		
			1	28,5	7,5	4,5	39,47	0,165	6,51255	47,01255		
		Aula 4	1	28,5	7,5	4,5	54,57	0,165	9,00405	49,50405		
			1	28,5	7,5	4,5	43,52	0,165	7,1808	47,6808		
		Aula 5	1	28,5	7,5	4,5	55,66	0,165	9,1839	49,6839		
1	28,5		7,5	4,5	59,68	0,165	9,8472	50,3472				
Aula 6	1	28,5	7,5	4,5	41,47	0,165	6,84255	47,34255				
	2	28,5	7,5	4,5	45,31	0,165	7,47615	47,97615				
Aula pequeños grupos	1	28,5	7,5	4,5	30,46	0,165	5,0259	45,5259				
	2	28,5	7,5	4,5	32,7	0,165	5,3955	45,8955				
Aula psicomotricidad	1	28,5	7,5	4,5	37,4	0,165	6,171	46,671				
	2	28,5	7,5	4,5	30,39	0,165	5,01435	45,51435				
Edificio Biblioteca-C comedor y Gimnasio												
Biblioteca	1	26,8	7,5	4,5	38,05	0,165	6,27825	45,07825				
	2	26,8	7,5	4,5	29,18	0,165	4,8147	43,6147				
Comedor	1	26,8	7,5	4,5	45,43	0,165	7,49595	46,29595				
	2	26,8	7,5	4,5	60,9	0,165	10,0485	48,8485				
Gimnasio	1	26,8	4,5	4,5	88,2	0,165	14,553	50,353				
	2	26,8	4,5	4,5	87,57	0,165	14,44905	50,24905				

 Mejor toma

 Peor toma