



TRABAJO FINAL DE GRADO

Proyecto de ICT y domotización de un edificio destinado a oficinas

Autor: Antonio Carrió Terrassa

Área de Administración de redes y sistemas operativos

Tutor: Gonzalo Anuncibay Sánchez

Año académico 2024-2025

Sumario

Sumario	2
1. Resumen	4
2. Abstract.....	4
3. Índice de abreviaturas	5
4. Índice de tablas	5
5. Índice de figuras	6
6. Introducción.....	9
5.1. Contexto y justificación del Trabajo Final de Grado	11
5.2. Objetivos	12
5.3. Planificación del Trabajo	13
7. Desarrollo	15
6.1. Estudio de la Infraestructura Común de Telecomunicación	15
6.1.1. Definición	15
6.1.2. Normativa de la ICT.....	17
6.1.3. Elementos de la ICT	20
6.2. Estudio de la infraestructura domótica.....	22
6.2.1. Definición	22
6.2.2. Normativa	24
6.2.3. Estructura de la red domótica	26
6.2.4. Topología del sistema domótico.....	29
6.2.5. Elección del sistema idóneo para el proyecto.....	33
6.2.6. Protocolo KNX.....	34
6.3. Descripción del edificio y su estructura	43
6.4. Proyecto de la ICT.....	44
6.4.1. Requisitos de la instalación	44
6.4.2. Proyecto técnico de la ICT según RD 346/2011	45
6.4.2.1. Memoria.....	47
6.4.2.2. Planos.....	71
6.4.2.3. Pliego de condiciones	71
6.4.2.4. Presupuesto	79

6.5. Proyecto domótico.....	81
6.5.1. Requisitos de la instalación	82
6.5.2. Componentes de la instalación	83
6.5.3. Descripción del diseño KNX.....	88
6.5.4. Integración KNX (BMS)	91
6.5.5. Esquema KNX y ubicación de los dispositivos domóticos	92
6.5.6. Presupuesto.....	94
8. Resultado y discusión	94
9. Conclusión.....	97
10. Bibliografía	98
11. Índice de Anexos	102
ANEXO A. Plano general del edificio	102
ANEXO B. Instalaciones de ICT en Planta Baja	104
ANEXO C. Instalaciones de ICT en Planta Piso	105
ANEXO D. Esquema de las canalizaciones.....	106
ANEXO E. Esquema de la instalación RTV+SAT	107
ANEXO F. Esquema de la red de cableado UTP RJ45	108
ANEXO G. Esquema de la red de cableado de la FO.....	109
ANEXO H. Esquema instalación ICT en Planta Baja y Planta Piso.....	110
ANEXO I. Sensores Planta Baja y Planta Piso	111
ANEXO J. Electricidad Planta Baja y Planta Piso.....	113

1. Resumen

Este Trabajo Final de Grado se enmarca en el campo de la Infraestructura Común de Telecomunicación y también en el campo de la domótica. Tal y como indica el título se basa en la redacción de un proyecto de ICT y domotización de un edificio destinado a oficinas siguiendo principalmente la normativa establecida por el Real Decreto 346/2011. Se dotará al edificio con la infraestructura necesaria para poder realizar las instalaciones de los servicios de telecomunicaciones y así conseguir una mejora tecnológica con el fin de ofrecer los principales servicios de telecomunicación. Esta infraestructura tendrá como finalidad unificar la red de telecomunicaciones del edificio, cumplir en todo momento con la normativa vigente y dar servicio de telecomunicaciones a todos los usuarios de la edificación. En relación con la instalación domótica, tendrá como objetivos principales facilitar ciertos aspectos a los usuarios de las oficinas, mediante la automatización y control de funciones como la seguridad, la climatización y la iluminación. Esta arquitectura domótica será diseñada con el protocolo estandarizado de comunicación por red, KNX.

2. Abstract

This Final Degree Project falls within the field of Common Telecommunications Infrastructure and also within the field of home automation. As the title indicates, it is based on drafting a project for ICT and home automation for a building intended for offices, mainly following the regulations established by Royal Decree 346/2011. The building will be equipped with the necessary infrastructure to carry out the installations of telecommunication services, thus achieving technological improvement to offer the main telecommunication services. This infrastructure will aim to unify the building's telecommunications network and provide telecommunication services to all building users while complying at all times with current regulations. Regarding the home automation installation, its main objectives will be to facilitate certain aspects for office users by automating and controlling functions such as security, climate control, and lighting. This home automation architecture will be designed using the standardized network communication protocol, KNX.

3. Índice de abreviaturas

Abreviatura	Significado
ICT	Infraestructura Común de Telecomunicaciones
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
IP	Protocolo de Internet
IoT	Internet de las Cosas
IIoT	Internet Industrial de las Cosas
PAU	Punto de Acceso al Usuario
CEDOM	Asociación Española de Domótica e Inmótica
CCTV	Circuito Cerrado de Televisión
TV	Televisión
PLC	Controlador Lógico Programable
STDP	Servicio Telefónico Disponible al Público
TBA	Telecomunicaciones Banda Ancha
FO	Fibra Óptica
RITU	Recinto de Instalaciones de Telecomunicaciones Único
Toma RTV	Radiodifusión sonora y Televisión
SAT	Satélite
FI	Frecuencia Intermedia
AM	Amplitud Modulada
FM	Frecuencia Modulada
BMS	<i>Building Management System</i>
KNX TP	Cables de Pares Trenzados KNX

4. Índice de tablas

Tabla 1. Información del proyecto ICT	46
Tabla 2. Tomas de las diferentes zonas de la planta baja	47
Tabla 3. Tomas de las diferentes zonas de la planta piso	48
Tabla 4. Canales autonómicos	52
Tabla 5. Canales de la Red Global de Cobertura Nacional I.....	53
Tabla 6. Canales de la Red Global de Cobertura Nacional II.....	53
Tabla 7. Canales de la Red Global de Cobertura Nacional III	54
Tabla 8. Canales de la Red Global de Cobertura Nacional IV	54
Tabla 9. Canal Local.....	55
Tabla 10. Antenas receptoras [22]	56
Tabla 11. Plan de frecuencias	58
Tabla 12. Número de tomas de usuario	59
Tabla 13. Número de elementos	60

Tabla 14. Características de la PAU TV [22]	61
Tabla 15 Características del cable coaxial [22]	61
Tabla 16. Características de las tomas de usuario [22].....	61
Tabla 17. Atenuaciones tomas RTV	62
Tabla 18. Parámetros del amplificador de cabecera	63
Tabla 19. Valores de salida del amplificador	64
Tabla 20. Nivel de señal máximo RTV	64
Tabla 21. Nivel de señal mínimo RTV	65
Tabla 22. Número de elementos de captación	66
Tabla 23. Número de amplificadores	66
Tabla 24. Número de mezcladores	66
Tabla 25. Número de distribuidores y derivadores.....	67
Tabla 26. Características del cable coaxial para frecuencias terrestres	67
Tabla 27. Número de tomas de TV-FM y SAT	67
Tabla 28. Características del cable coaxial para frecuencias de satélite	68
Tabla 29. Atenuaciones tomas SAT	69
Tabla 30. Nivel de atenuación en la mejor toma SAT.....	69
Tabla 31. Nivel de atenuación en la peor toma SAT.....	69
Tabla 32. Nivel de señal máxima SAT	70
Tabla 33. Nivel de señal mínima SAT	70
Tabla 34. Características de la antena FM [22]	73
Tabla 35. Características de la antena DAB [22]	74
Tabla 36. Características de la antena Yagi [22]	74
Tabla 37. Características del amplificador programable [22]	76
Tabla 38. Características de las impedancias [22].....	76
Tabla 39. Características del mezclador [22]	76
Tabla 40. Características del derivador [22].....	77
Tabla 41. Características de la PAU TV con 4 salidas [22]	77
Tabla 42. Características de tomas de usuario RTV-SAT [22]	77
Tabla 43. Cable coaxial [22] [24].....	77
Tabla 44. Presupuesto instalación ICT	81
Tabla 45. Diseño instalación domótica Planta Baja	90
Tabla 46. Diseño instalación domótica Planta Piso.....	91
Tabla 47. Presupuesto instalación domótica	94

5. Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Gantt TFG	14
Figura 2. “Tejado con antenas” por PXhere licencia bajo BY CC 2.0.....	17
Figura 3. Sistema domótico centralizado	29
Figura 4. Sistema domótico descentralizado	31

Figura 5. Sistema domótico distribuido.....	31
Figura 6. Sistema domótico híbrido o mixto	32
Figura 7. “Logo KNX-Standard” por KNX Association cvba, 2013, Wikipedia, https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:KNX_logo.svg	34
Figura 8. Estructura en árbol	36
Figura 9. Estructura en línea.....	36
Figura 10. Estructura en estrella	36
Figura 11. Ejemplo de simbología básica en KNX	37
Figura 12. Ejemplo de simbología de sensores en KNX.....	37
Figura 13. Ejemplo de simbología de actuadores en KNX	38
Figura 14. Ejemplo de línea.....	39
Figura 15. Ejemplo de área.....	40
Figura 16. Ejemplo de una instalación domótica completa.....	41
Figura 17. Mástil de 3mx40mmx2mm. Televes (s.f.), recuperada de https://www.televes.com/es/3072-mastil-3m-x-o-40mm-x-espesor-2mm-zinc-rpr.html 57	57
Figura 18. Antena de Fm Recepción de radio. Televes (s.f.) recuperada de https://www.televes.com/es/1201-antena-de-fm-recepcion-de-radio.html	73
Figura 19. Diagrama de radiación FM. Televes (s.f.), recuperada de https://www.televes.com/es/1201-antena-de-fm-recepcion-de-radio.html	73
Figura 20. Antena de DAB. Televes (s.f.), recuperada de https://www.televes.com/es/1050xx-antnadab-antena-de-dab-biii.html	73
Figura 21. Diagrama de radiación DAB. Televes (s.f.), recuperada de https://www.televes.com/es/1050xx-antnadab-antena-de-dab-biii.html	73
Figura 22. Antena tipo Yagi. Televes (s.f.), recuperada de https://www.televes.com/es/distribucion-tv/antenas-terrestres/pasivas/uhf/11212x-antena-l-700-antena-l-700-18-elementos.html	74
Figura 23. Diagrama de radiación Yagi. Televes (s.f.), recuperada de https://www.televes.com/es/distribucion-tv/antenas-terrestres/pasivas/uhf/11212x-antena-l-700-antena-l-700-18-elementos.html	74
Figura 24. Mezclador. Televes (s.f.), recuperada de https://www.televes.com/es/mezclador-smatv-mezclador-de-se-al-terrestre-y-satelite-2-entradas-matv-fi.html	76
Figura 25. Derivador de 2 salidas. Top eléctrico (s.f.), recuperada de https://www.topelectrico.com/derivador-f-2-salidas-12db-interior-c-plantas-6-7-televes-1865.html	77
Figura 26. Pau de 4 salidas. Distribuciones eléctricas (s.f.), recuperada de https://distribucioneselectricas.com/pau-repartidor/988-pau-repartidor-4-salidas-conector-f-5-2400-759db-televes-5154.html	77
Figura 27. Toma usuario RTV+SAT. Televes (s.f.), recuperada de https://www.televes.com/es/52x6-4301-toma-terminal-toma-terminal-separadora-2-conectores-fm-tv-sat.html	77

Figura 28. Características Cable Coaxial. Televés (s.f.), recuperada de https://www.televés.com/es/4135xx-coaxial-sk125-cable-coaxial-sk125plus-18vatc-euroclase-eca-y-blindaje-clase-a.html	78
Figura 29. Fuente de alimentación KNX. Zennio, (s.f.). KUPSupply 640mA, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/kupsupply-640ma	84
Figura 30. Acoplador IP KNX. Zennio, (s.f.), IP Router CL, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/ip-router-cl	84
Figura 31. Módulo de comunicación Ethernet KNX. Zennio, (s.f.), KIPi SC, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/kipi-sc	85
Figura 32. Cableado KNX. Zennio, (s.f.), KNX Cable, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/knx-cable	85
Figura 33. Actuador de 4 salidas KNX. Zennio, (s.f.), MINiBOX 45 v3, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/minibox-45-v3	85
Figura 34. Actuador de 8 persianas KNX. Zennio, (s.f.), MAXinBOX SHUTTER 8CH v3, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/maxinbox-shutter-8ch-v3	86
Figura 35. Actuador de 4 persianas KNX. Zennio, (s.f.), MAXinBOX SHUTTER 4CH v2, recuperado de https://www.zennio.com/de/produkt/maxinbox-shutter-4ch-v2	86
Figura 36. Dimmer de 4 salidas KNX. Zennio, (s.f), NarrowDIMX4, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/narrowdim-x4	86
Figura 37. Interruptor KNX. Zennio, (s.f.), ZS55 Interruptor simple, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/zs55-interruptor-simple	86
Figura 38. Sensor de presencia y luminosidad KNX. Zennio, (s.f.), Presentia C-V2, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/presentia-c-v2	87
Figura 39. Detector de humo KNX. Futurasmus KNX Group, (s.f.), Detector de humo SALVA KNX BASIC, recuperado de https://www.futurasmus-knxgroup.es/producto.php?cod_producto=17447	87
Figura 40. Sensor de temperatura y humedad KNX. Gira, (s.f.), Sensor de humedad y temperatura KNX, recuperado de https://partner.gira.com/es_ES/produkte/gebaeudetechnik/klima-heizungssteuerung/knx-co2sensor.html	87
Figura 41. Pantalla táctil de 3,5 pulgadas KNX. Zennio, (s.f.), Z35 V2, recuperado de https://www.zennio.com/es/producto/z35-v2	88
Figura 42. Esquema de bus KNX planta baja.....	92
Figura 43. Esquema de bus Planta Piso.....	92
Figura 44. Leyenda ANEXO J. Electricidad Planta Baja y Planta Piso.....	93
Figura 45. ANEXO I. Sensores Planta Baja y Planta Piso.....	93
Figura 46. ANEXO H. Esquema instalación ICT en Planta Baja y Planta Piso	95

6. Introducción

La comunicación es una de las necesidades básicas e innatas del ser humano. Un ser social que necesita ser capaz de transmitir e intercambiar información y conocimiento con aquellos que le rodean. De ahí la importancia de las telecomunicaciones, una red compuesta por varias infraestructuras que permiten la comunicación en una sociedad cada vez más globalizada.

El inicio de las telecomunicaciones se remonta al siglo XIX con la invención del telégrafo eléctrico y del teléfono. El telégrafo permitió la transmisión de mensajes a larga distancia mediante los impulsos eléctricos a través de cables y el teléfono permitió al ser humano mantener conversaciones a distancia en tiempo real por cable. Sin embargo, fue a mediados del siglo XX cuando realmente comenzó la revolución de las telecomunicaciones con la radio, un dispositivo con la capacidad de transmitir ondas de radio a larga distancia. Con esta invención llegó la era de la comunicación inalámbrica y se asentaron las bases para la evolución continua de las telecomunicaciones en décadas posteriores. En esas décadas posteriores se llegó al hito que marcó un punto de inflexión en la evolución de las telecomunicaciones, la televisión. Esta permitió la transmisión de imágenes y sonido en tiempo real, revolucionó la forma en la que los humanos nos comunicamos y conectó a las personas con eventos, noticias y programas de entretenimiento de forma mundial.

El próximo paso en la historia de la expansión de las telecomunicaciones fue el desarrollo de los satélites artificiales, estos abrieron las puertas a la comunicación global a través de enlaces por satélite y así fue como comenzó la era digital con la invención de los circuitos integrados y el principio de la informática.

En la era digital, se creó el Internet y para el desarrollo del Internet como una red global de comunicaciones fue imprescindible un conjunto de protocolos (el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y el Protocolo de Internet (IP)) que permitieron la interconexión de múltiples redes y la transmisión de datos a través de ellas. Más adelante, con la invención del navegador web y el lenguaje HTML la web se convirtió en una plataforma

accesible y fácil de usar para la comunicación y el intercambio de información. Además, es gracias al Internet el hecho de que aparezca otra de las invenciones a destacar para este trabajo, la domótica, disciplina que abarca todos aquellos sistemas capaces de automatizar una vivienda o un edificio. En su momento el máximo conseguido fue el control de la intensidad de luz de las bombillas, nada que ver con lo que podemos conseguir hoy en día.

Años después, en esta misma era digital, se han desarrollado las tecnologías móviles, la creación de la telefonía móvil, la expansión de la banda ancha y la fibra óptica, y las redes inalámbricas como el Wi-Fi, el 4G y el 5G.

Cabe destacar que durante el siglo XXI la convergencia de múltiples tecnologías ha marcado un punto crucial en la evolución de las comunicaciones revolucionando la conectividad y la velocidad de datos, brindando mayor movilidad y acceso a la información en cualquier momento y lugar. Cada avance en el mundo de las telecomunicaciones a lo largo de la historia ha transformado la forma en que nos conectamos y comunicamos, ha abierto nuevas puertas y ha permitido a los expertos del sector crear soluciones cada vez más avanzadas y oportunidades sin límites.

Es durante este último *boom* tecnológico cuando la domótica alcanza su punto álgido y se centralizan todas las mejoras de la disciplina para tener el control del hogar en el dispositivo móvil. De hecho, la relación entre la domótica y las ICT es totalmente complementaria, así como las ICT se encargan de asegurar que la infraestructura de telecomunicaciones sea adecuada y capaz de manejar las necesidades actuales y futuras de comunicación, la domótica se beneficia de dicha infraestructura para interconectar los dispositivos y sistemas inteligentes dentro del hogar o edificio.

En definitiva, a medida que avanzamos hacia un nuevo horizonte, se puede vislumbrar un futuro repleto de innovaciones en el campo de las telecomunicaciones. Algunas tecnologías como la inteligencia artificial, la computación cuántica y la evolución de las redes de comunicación prometen revolucionar aún más la forma en la que nos relacionamos y comunicamos con el mundo que nos rodea. Es por eso por lo que los profesionales de las telecomunicaciones jugaremos un papel crucial en este emocionante

viaje hacia el futuro, guiando de forma apasionada el camino hacia una mayor innovación, conectividad y eficiencia. [1] [2]

5.1. Contexto y justificación del Trabajo Final de Grado

Actualmente, las telecomunicaciones y la domótica juegan un papel fundamental en la transformación de nuestra vida cotidiana y en la interacción que tenemos con el entorno. Mejoran la eficiencia, la comodidad y la sostenibilidad tanto en hogares, como en oficinas y hemos conseguido llevar un estilo de vida más cómodo y seguro gracias a estas dos disciplinas.

En el ámbito doméstico la Infraestructura Común de Telecomunicaciones, de forma abreviada ICT, permite el acceso a los servicios básicos de comunicación como la radio, la televisión por cable y digital, los servicios de telefonía y el Internet. En el ámbito laboral la ICT optimiza la comunicación y la colaboración gracias a las herramientas de videollamada, plataformas de gestión de proyectos y aplicaciones de mensajería instantánea, garantizando un acceso más rápido y flexible a la información. Además, también permite que los sistemas de domótica se conecten de forma confiable y segura a Internet y a otras redes, hecho crucial para asegurar la funcionalidad remota de la mayoría de los sistemas de domótica que nos permiten la automatización de tareas diarias como el control de la iluminación, la temperatura, los electrodomésticos, la seguridad y la eficiencia energética. Asimismo, las ICT garantizan un estándar en el cableado y en las conexiones, lo que facilita la integración de diferentes sistemas de domótica y la nueva adaptación a actualizaciones y cambios sin grandes intervenciones en la infraestructura para soportar nuevas tecnologías a medida que evolucionan las necesidades de la población.

No obstante, no solo han revolucionado nuestras vidas en el ámbito doméstico y laboral, también revolucionan la gestión de las ciudades con sistemas de transporte inteligentes, sensores para el monitoreo del tráfico y el uso de datos para la planificación urbana. Un claro ejemplo de cómo usar la tecnología para optimizar los servicios públicos, disminuir el consumo de recursos y mejorar la movilidad, lo que resulta en un entorno más

sostenible y habitable, hecho crucial en un mundo cada vez más interconectado y consciente del medio ambiente.

Por todos estos motivos mi Trabajo Final de Grado se basará en realizar un proyecto ficticio sobre la instalación de la Infraestructura Común de Telecomunicación y la domótica en un edificio destinado a oficinas. Habrá unos requisitos con los que cumplir, unos planos a estudiar y varios elementos y materiales a escoger que cumplan con las condiciones previamente establecidas. De esta manera pondré en práctica todo lo aprendido durante el grado y podré demostrar que una vez terminado el Trabajo Final de Grado puedo resolver algunos de los problemas que se presentan en el día a día laboral de un ingeniero en telecomunicaciones.

5.2. Objetivos

Los objetivos del trabajo son los descritos a continuación.

- Aplicar los conocimientos necesarios adquiridos durante el grado.
- Definir los conceptos básicos del sistema de telecomunicación, el sistema de domótica y sus elementos.
- Conocer la normativa aplicable a los sistemas de telecomunicación y domótica.
- Valorar las infraestructuras que más se adecuen al proyecto.
- Escoger los materiales correctamente según las necesidades del proyecto.
- Interpretar correctamente los planos de las instalaciones.
- Proyectar en los planos todas las instalaciones y dispositivos necesarios.
- Calcular un presupuesto para el proyecto.
- Poner en práctica todo lo aprendido durante este Trabajo Final de Grado para finalmente poder entregar el proyecto terminado.

5.3. Planificación del Trabajo

En cuanto a la planificación del trabajo, la dividiremos según las distintas entregas de las PEC (*Prova d' Evaluació Contínua*). En total, contamos con cuatro entregas: la PEC1, la PEC2, la PEC3 y la entrega final, cada una de ellas con unas fechas límite establecidas.

Como observamos en la Figura 1 la PEC1 ya ha sido entregada y evaluada. Esta se basa en un plan de trabajo dónde, de forma breve, se ha explicado cuál es el tema del trabajo y se han redactado la descripción del trabajo, los objetivos por cumplir, los principales requisitos que vamos a necesitar para llevarlo a cabo, el diagrama de Gantt y un esbozo del sumario. De las dieciséis semanas totales destinadas a la asignatura del Trabajo Final de Grado, tres de ellas las hemos destinado a la PEC1.

En cuanto al Trabajo Final de Grado, se va a dividir en dos partes, una primera parte más teórica, dónde definiremos y estudiaremos los conceptos básicos y la normativa sobre la ICT y la domótica. Y una segunda parte dónde nos pondremos manos a la obra con el proyecto y diseño de la instalación de la ICT y la domótica.

Según la Figura 1, para la PEC2 vamos a contar con cinco semanas que dedicaremos principalmente a esa primera parte más teórica. De forma general redactaremos la introducción, el contexto y la justificación del trabajo y la planificación del trabajo y de forma más específica nos centraremos en la definición, normativa y elementos tanto de la ICT como de la domótica. En esta parte de la PEC también incluiremos el apartado dónde describimos el edificio y su estructura para dichas instalaciones.

Para la PEC3 nos centraremos en el proyecto de instalación y diseño de la ICT y la domótica y también en otros apartados generales como el resultado y la discusión, la conclusión y la bibliografía. De un total de cinco semanas, tres las dedicaremos al proyecto de ICT y domótica y las otras dos al resultado y la discusión. Estas dos últimas semanas antes de entregar la PEC también redactaremos algunos apartados como el resumen y también definiremos el sumario definitivo.

Diagrama de Gantt TFG

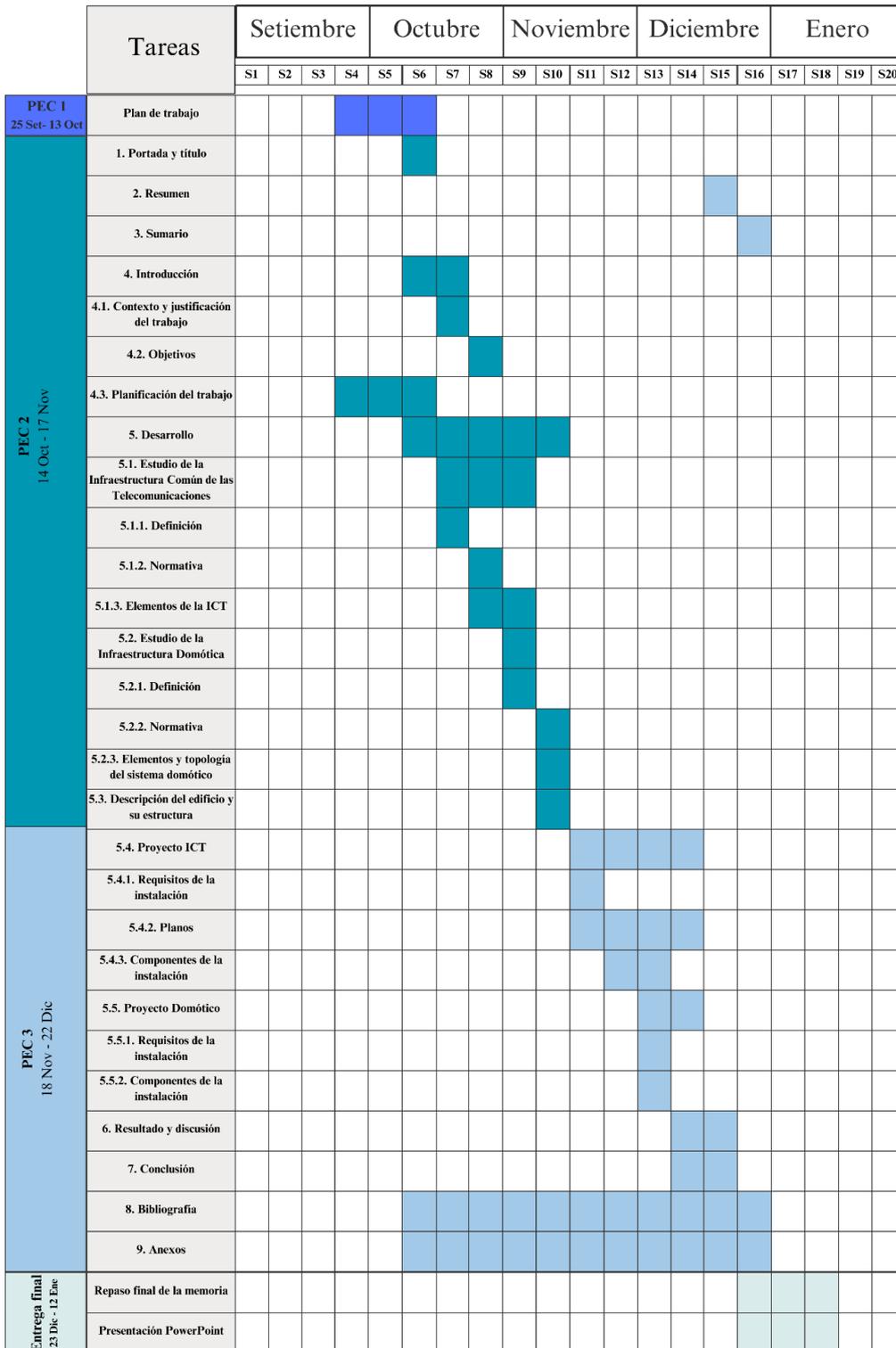


Figura 1. Diagrama de Gantt TFG

En cuanto al capítulo de la bibliografía iremos trabajando en ello durante todas estas semanas, ya que a medida que se avance en el trabajo añadiremos bibliografía a ese apartado. También hay que comentar que el resumen y el sumario se redactarán al final del trabajo una vez tengamos los resultados y las conclusiones.

Finalmente, la última entrega es la entrega final, a la que dedicaremos tres semanas para realizar un repaso final de la memoria y también prepararemos la presentación PowerPoint para defender nuestra memoria delante del jurado evaluador.

7. Desarrollo

6.1. Estudio de la Infraestructura Común de Telecomunicación

6.1.1. Definición

La Infraestructura Común de Telecomunicación (ICT) es el conjunto de sistemas y componentes que permiten la distribución y el acceso a los diferentes servicios de telecomunicación dentro de un edificio residencial, comercial, industrial o institucional, o entre conjuntos de edificaciones. Esta definición también comprende las canalizaciones comunes por donde discurren los cables u los armarios de distribución o registro en los que se instala el equipamiento técnico.

Los servicios básicos de telecomunicación a los que los usuarios pueden acceder hoy en día mediante las ICT son:

- Los servicios de radiodifusión sonora y televisión.
- Los servicios de telefonía.
- Los servicios de telecomunicaciones de banda ancha ofrecidos por los operadores de redes (Internet, Televisión digital).

Desde el punto de vista de los servicios de telecomunicación la implementación de una ICT trae consigo innumerables ventajas, por ejemplo:

- La conectividad de alta velocidad. Hoy en día es posible acceder a velocidades de conexión antes impensables gracias a la fibra óptica.
- La versatilidad, ya que permiten adaptarse a diferentes servicios, sea televisión, internet o telefonía.
- La reducción de costes a largo plazo. Una vez instalada la infraestructura puede adaptarse a nuevas tecnologías sin grandes inversiones.
- El aumento del valor del inmueble. Una propiedad con una ICT moderna y eficiente es más atractiva para arrendatarios y compradores.

De hecho, las ICT desempeñan un papel fundamental en la adaptación a las nuevas tecnologías y servicios, impulsando así la digitalización y la conectividad. Son importantes tanto en el hogar como en el entorno laboral por los siguientes motivos:

- Eliminan cualquier barrera que pueda obstaculizar el acceso de la sociedad a la información.
- Organizan y definen las infraestructuras en constante evolución que permiten implantar los objetivos de conectividad de la Unión Europea.
- Garantizan que haya un estándar en el cableado y las conexiones del inmueble. De esta manera pueden soportar nuevas tecnologías sin grandes intervenciones en la infraestructura.
- Facilitan el establecimiento de los mecanismos legales necesarios para implementar los sistemas que posibiliten la prestación de nuevos servicios y la adopción de tecnologías emergentes, dentro de las comunidades de propietarios y también en el ámbito empresarial e industrial.
- Permiten el acceso a la información y recursos en línea de forma rápida y fiable. Hecho relevante en el entorno empresarial para la eficiencia y la competitividad en la toma de decisiones basadas en datos de forma ágil y rápida.
- Aseguran la conectividad, comunicación y la transmisión de datos, lo cual impulsa la eficiencia y la optimización en el ámbito empresarial. Facilitan la comunicación entre diferentes áreas y usuarios dentro de una instalación, lo que promueve el trabajo colaborativo y la transferencia eficiente de datos claves para las operaciones.

- Posibilitan la implementación de forma confiable y segura de sistemas de control remoto y automatización de procesos tanto en el ámbito doméstico (Internet de las Cosas (IoT)), como en el ámbito laboral (Internet Industrial de las Cosas (IIoT)). La infraestructura de telecomunicaciones es la base para la motorización y gestión remota de equipos y también de sistemas industriales. De esta manera, mejora la eficiencia y la precisión de las tareas y en el entorno industrial se reducen los costes operativos y aumenta la seguridad y la confortabilidad.
- En relación con el punto anterior, las ICT favorecen la instalación de herramientas para llevar a cabo la monitorización remota y en tiempo real de equipos y sistemas. Por ejemplo, en el ámbito laboral ofrece a los gerentes y los responsables del mantenimiento de edificios la posibilidad de realizar una gestión proactiva de los activos, ya que pueden anticiparse a problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos catastróficos.
- Facilitan la implementación de sensores y dispositivos de recopilación de datos sobre el consumo de energía para mejorar la gestión energética. Con este monitoreo se consigue un control del consumo en el que se pueden identificar patrones, detectar áreas de ineficiencia y aplicar medidas correctivas para mejorar la eficiencia energética. [3] [4] [5] [6] [7]

6.1.2. Normativa de la ICT

Fue de tal envergadura la revolución que causó la llegada de la televisión a nuestros hogares que todos los vecinos de un mismo edificio requerían hacer su propia instalación de recepción de televisión. Esto implicaba colocar una antena en la cubierta por instalación, tirar el cable de antena por el patio de luces o por la fachada, hasta llegar a la ubicación del receptor de televisión. Esto provocó que los tejados de los edificios de viviendas se poblaran excesivamente de antenas y cableado que los vecinos instalaron sin ninguna regulación. El impacto visual y la poca



Figura 2. "Tejado con antenas" por PXhere licencia bajo BY CC 2.0.

optimización de recursos hacía necesario ordenar y regular el problema.

Por eso, en 1966 entra en vigor la **Ley 49/1966, de 23 de julio, sobre antenas colectivas**, donde se regula la instalación de antenas de televisión y radiodifusión en frecuencia modulada en todos los edificios de más de diez viviendas, o con más de cuatro plantas. El objetivo principal de esta ley lo podemos encontrar descrito en unos de sus párrafos:

En la presente Ley se dan normas precisas para que en ningún momento quede mermada la calidad de la recepción, estudiándose con detalle las características técnicas, de forma que se eviten interferencias mutuas y exteriores, acoplos, oscilaciones de armónicos que puedan producirse y equilibrados de impedancias, de forma que pueda asegurarse que en igualdad de condiciones de señal en antena la recepción a través de una antena colectiva bien diseñada mejore las condiciones de recepción que proporciona una antena individual. [8]

Igualmente, debido a la constante evolución de las telecomunicaciones fue necesario el desarrollo de un nuevo marco legislativo en materia de infraestructuras comunes para el acceso a los servicios de telecomunicación y el 27 de febrero de 1998 se publicó en el Boletín Oficial del Estado una de las primeras normativas que reguló las ICT, el **Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación**. De este Real Decreto-ley cabe destacar los siguientes párrafos donde encontramos las funciones con las que tienen que cumplir las ICT:

A los efectos del presente Real Decreto-ley, se entiende por infraestructura común de acceso a servicios de telecomunicación, la que exista o se instale en los edificios para cumplir, como mínimo, las siguientes funciones:

a) La captación y la adaptación de las señales de radiodifusión sonora y televisión terrenal, y su distribución hasta puntos de conexión situados en las distintas viviendas o locales del edificio, y la distribución de las señales de televisión y radiodifusión sonora por satélite hasta los citados puntos de conexión. Las señales de radiodifusión sonora y de televisión terrenal susceptibles de ser captadas, adaptadas y distribuidas, serán las difundidas, dentro del ámbito territorial correspondiente, por las entidades habilitadas.

b) Proporcionar acceso al servicio telefónico básico y al servicio de telecomunicaciones por cable, mediante la infraestructura necesaria para permitir la conexión de las distintas viviendas o locales del edificio a las redes de los operadores habilitados. [9]

Y también tener en cuenta que este Real Decreto-Ley es aplicable *A todos los edificios de uso residencial o no, sean o no de nueva construcción, que estén acogidos, o deban acogerse, al régimen de propiedad horizontal regulado por la Ley 49/1960, de 21 de julio, de Propiedad Horizontal. [9]*

En 2003, entra en vigor una nueva disposición, actualmente derogada, el **Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones**. Es en 2011 cuándo se substituyó el anterior Real Decreto, y se aprobó y entró en vigor la **Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones**, actualmente también derogada, a excepción de su disposición adicional decimosexta y las disposiciones transitorias séptima, novena y duodécima.

Hoy en día, la normativa más reciente que regula el sector de las telecomunicaciones en España y sustituye a las leyes del párrafo anterior, es la **Ley 11/2022, de 28 de junio, General de Telecomunicaciones**. Es en las disposiciones generales donde encontramos descrito cuál es el objeto de esta ley:

El objeto de esta ley es la regulación de las telecomunicaciones, que comprende la instalación y explotación de las redes de comunicaciones electrónicas, la prestación de los servicios de comunicaciones electrónicas, sus recursos y servicios asociados, los equipos radioeléctricos y los equipos terminales de telecomunicación, de conformidad con el artículo 149.1.21.ª de la Constitución”.

[10]

Entre otras cosas a destacar de esta ley su función es garantizar el derecho de acceso universal a las telecomunicaciones, promover la competencia efectiva en el sector,

fomentar el despliegue de redes de muy alta capacidad, asegurar la seguridad de las redes y servicios, así como proteger los derechos de los usuarios y consumidores.

También tenemos que tener en cuenta que en 2011 entró en vigor el **Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones** cuyo objetivo es asegurar que los edificios cuenten con las instalaciones adecuadas para el acceso a servicios de telecomunicaciones garantizando un acceso universal y de calidad para los residentes del edificio. Es un reglamento fundamental para el desarrollo urbano y para asegurar que los servicios de telecomunicaciones son los adecuados desde su construcción, mejorando la conectividad y calidad de vida de los usuarios y promoviendo la competencia entre proveedores de servicios de telecomunicaciones en el ámbito residencial. Este será una de las normativas más importante para realizar esta memoria ya que en este Real Decreto encontramos descrito cómo realizar el proyecto técnico de una instalación de ICT. [11]

Y finalmente hay que comentar que, a nivel europeo, hay dos directivas principales a destacar, la **Directiva 2014/61/UE** por la que se regula el despliegue de redes de alta velocidad, promoviendo la cooperación entre operadores de telecomunicaciones y la gestión del espacio público. Y también la **Directiva (UE) 2018/1972** con la que se establece un marco regulatorio para el desarrollo y la mejora de las redes de telecomunicaciones en la Unión Europea. [12]

6.1.3. Elementos de la ICT

En el ANEXO I del Real Decreto 346/2011, encontramos descritos los principales elementos que componen la ICT y como hemos comentado anteriormente la ICT debe:

- Captar, adaptar y distribuir las señales de radio y televisión que llegan hasta el edificio, para que puedan ser interpretadas por los receptores de los usuarios.
- Proporcionar el acceso a los servicios de telefonía y transmisión de datos a través de la red telefónica básica o la red digital de servicios integrados.
- Proporcionar el acceso a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha (televisión, datos, etc.), por cable o mediante un acceso fijo inalámbrico.

Para cumplir con todos estos requisitos contamos con los elementos de captación, el equipamiento de cabecera y la red.

El conjunto de elementos de captación de señales es aquel que comprende los elementos encargados de recibir las señales de televisión y radio procedentes de emisiones terrestres o satélites. En este grupo de elementos encontramos las antenas, los mástiles y las torretas, incluidos también los demás sistemas de sujeción necesarios. También formaran parte de este conjunto todos los elementos encargados de adecuar las señales para entregarlas al equipamiento de cabecera.

El equipamiento de cabecera es el responsable de recibir las señales procedentes de los distintos elementos de captación y adecuarlas para la distribución al usuario. Este equipamiento se encarga de entregar la señal a la red de distribución y también regulan la calidad de esta señal.

La red es el conjunto de elementos que aseguran la distribución de las señales desde el equipamiento de cabecera hasta las tomas de usuario y la podemos dividir en tres tramos explicados a continuación.

La primera es la red de distribución, aquella que enlaza el equipamiento de cabecera con la red de dispersión. Comienza a la salida del dispositivo de mezcla que agrupa las señales procedentes del conjunto de elementos de captación y adaptación de emisiones de radio y televisión y finaliza en los elementos que permiten la segregación de las señales de red de dispersión, como los derivadores, los amplificadores y los repartidores. En el segundo tramo encontramos la red de dispersión, que enlaza la red de distribución del tramo uno con la red interior de usuario del tramo tres. La red de dispersión empieza en los derivadores que proporcionan la señal procedente de la red de distribución y finaliza en los puntos de acceso al usuario. Finalmente, en el tramo tres encontramos la red interior de usuario que, enlazando 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 configurándose desde el punto de acceso al usuario hasta las tomas.

El punto de acceso al usuario (PAU) es aquel elemento que distribuye las señales en la red interior del domicilio del usuario. Permite la delimitación de responsabilidades en cuanto al origen, localización y reparación de averías. Se ubica en el interior del domicilio del usuario y le permitirá la selección del cable de la red de dispersión que desee.

Finalmente, tenemos la toma de usuario, que es aquel dispositivo que permite la conexión a la red de los equipos de usuario para acceder a los diferentes señales y servicios que esta proporciona. [11]

También hay que comentar algunos otros elementos necesarios como las canalizaciones y los armarios o recintos. Las canalizaciones son el conjunto de conductos que alojan y protegen los cables de las telecomunicaciones. Pueden ser subterráneas, aéreas o situarse dentro del edificio, verticales o horizontales, y están diseñadas para facilitar la instalación, el mantenimiento y protección de los cables de comunicación de forma ordenada y segura. Accederemos a ellas mediante las arquetas o los registros. Por otro lado, también son necesarios los armarios o recintos diseñados para alojar y proteger los equipos de telecomunicaciones de los elementos ambientales como la humedad, la temperatura y el polvo, generalmente ubicados en plantas bajas o sótanos de edificios.

Cada uno de los componentes comentados anteriormente tiene un papel específico para asegurar que de forma coordinada los servicios de telecomunicaciones lleguen de forma eficiente y segura a cada inmueble para asegurar la conectividad y la transferencia de datos en el edificio. [4] [3]

6.2. Estudio de la infraestructura domótica

6.2.1. Definición

La domótica es un concepto que aparece sobre los años 80, acompañando el *boom* del Internet. La podemos definir como el conjunto de tecnologías que permiten la automatización y control de las tareas relacionadas con la seguridad, el bienestar y el confort mediante un sistema inteligente instalado en una vivienda o edificio mediante

equipos que disponen de capacidad para comunicarse interactivamente entre sí, y con capacidad de seguir las instrucciones de un algoritmo o programa previamente establecido por el usuario. [13]

De esta forma la domótica mejora la calidad de vida, reduce el trabajo doméstico, aumenta el bienestar y la seguridad y racionaliza el consumo de energía. Por ejemplo, con la incorporación de sistemas domóticos se puede gestionar la iluminación, climatización, el riego, los electrodomésticos, maquinaria industrial... Aprovechando mejor los recursos naturales y reduciendo la factura energética mientras se gana en confort y seguridad.

Ahora bien, el concepto de domótica está destinado exclusivamente a aquellos edificios destinados a la vivienda común y familiar, al hogar. Para aquellos grandes inmuebles como hoteles, centros comerciales, hospitales y edificios de trabajo, como es el caso del proyecto que realizaremos en esta memoria, debemos referirnos a la domótica con el termino de inmótica, por su envergadura y sus necesidades específicas.

La domótica tiene múltiples aplicaciones y beneficios, algunos de ellos son:

- La gestión energética. Gracias a la domótica podemos reducir el consumo de energía, aprovecharla al máximo y también generar o almacenar la energía. Por ejemplo, la domótica nos permite la gestión inteligente de la climatización, el agua, la iluminación y también de las placas solares.
- El confort. Permite realizar una automatización y adaptación de las tareas cotidianas mejorando la calidad de vida de las personas. Por ejemplo, automatizar tareas repetitivas y rutinarias, como bajar o subir los toldos y persianas y también controlar la climatización e iluminación.
- La seguridad. Posibilita proteger a las personas y a sus bienes creando una red de seguridad basada en la prevención y la detección. Por ejemplo, controla el estado de puertas, ventanas y sensores, detecta averías, incendios, cortes de luz...
- La comunicación. Facilita la comunicación entre la vivienda y el propietario permitiendo controlar y supervisar el inmueble remotamente desde cualquier dispositivo, avisar de cualquier anomalía y también acceder a los diferentes controles y ejecutar una acción a distancia.

- La accesibilidad. Garantiza la accesibilidad universal en cualquier entorno, permite la teleasistencia y también simplificar el control de los elementos del inmueble, como los electrodomésticos y la televisión.

Hoy en día para conseguir una vivienda inteligente el usuario necesita tener una instalación domótica (cableada o inalámbrica) y conexión a Internet. De esta forma podrá conectar los dispositivos y electrodomésticos de la casa a la red Wi-fi, para emitir y recibir información en el sistema. Todos los dispositivos se comunican con la central domótica de la casa, donde localizaremos la interfaz o pasarela de control y los usuarios podrán configurar las opciones del *software* deseadas.

Las ventajas de la domótica son tanto a nivel arquitectónico, ya que tenemos un mayor control sobre los recursos, aumenta el valor de la construcción y mejora el confort y la seguridad de los inquilinos. También a nivel medioambiental y económico, gracias al ahorro energético, al desarrollo de las ciudades sostenibles, a las redes eléctricas inteligentes, a la producción de la energía según la necesidad del consumo y a la prolongación de la vida útil de los aparatos electrónicos. Y finalmente, ventajas tecnológicas gracias a la mejora de la interacción entre la vivienda y el usuario, a la instalación automatizada y a la interconexión y comunicación entre dispositivos. [14]

6.2.2. Normativa

Así como la normativa vigente sobre la Infraestructura Común de Telecomunicación está muy clara y podemos encontrar variedad de leyes y Reales Decretos publicados en el Boletín Oficial del Estado, la domótica no cuenta con ninguna normativa y legislación específica para su instalación. El principal motivo es que la expansión de esta disciplina ha tenido lugar estos últimos años y no contamos aún con un reglamento definido. Igualmente, la Asociación Española de Domótica e Inmótica, también conocida como CEDOM, apuesta para que el sector de las instalaciones domóticas tenga una regulación establecida y pueda certificarse como producto de calidad. Por este motivo tendremos en cuenta algunas disposiciones legales y normas técnicas para la instalación y aplicación adecuada de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en el hogar.

A nivel nacional podemos encontrar algunas leyes que nos pueden guiar en la regulación de la instalación domótica. Por ejemplo, en el **Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo**, encontramos el siguiente artículo:

Con el fin de impulsar la implantación y desarrollo generalizado del concepto de «hogar digital», se incluye como anexo V de este reglamento una clasificación de las viviendas y edificaciones atendiendo a los equipamientos y tecnologías con las que se pretenda dotarlas. Dicha clasificación se aplicará a aquellas edificaciones en las que las viviendas, por decisión de su promotor, incorporen las funcionalidades de «hogar digital», a los efectos de que tanto promotores, como usuarios y administraciones públicas dispongan de un marco de referencia homogéneo, basado en parámetros objetivos, para clasificar y comparar las viviendas. [11]

En el ANEXO V de esta misma disposición encontraremos descritas las instalaciones, los servicios, los equipamientos, el objeto y la definición del hogar digital.

La instalación también deberá cumplir con los requisitos del código técnico de la edificación recogidos en el **Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación**, cuyo objetivo es asegurar la calidad en la edificación y promover la sostenibilidad e innovación y también con el **Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión**, para certificar la seguridad en el uso de cualquier material eléctrico.

Cuanto a la normalización y certificación de la instalación domótica hoy en día a nivel español podemos destacar la especificación **AENOR UNE-EN IEC 63044-6:2022. Sistemas electrónicos para viviendas y edificios y sistemas de automatización y control de edificios. Parte 6-1: Requisitos para planificación e instalación**. Esta norma detalla los requisitos mínimos a cumplir por la instalación domótica y además contempla la legislación vigente aplicable en este campo. Y también destacar la **UNE-EN 50491-12-1:2019. Requisitos generales para sistemas electrónicos para viviendas y edificios (HBES) y sistemas de automatización y control de edificios (BACS). Red inteligente**.

Especificaciones de aplicación. Interfaz y marco para el cliente. Parte 12-1: Interfaz entre el gestor de energía del cliente (CEM) y el gestor de recursos del hogar/edificio. Requisitos generales y arquitectura.

Otros ejemplos de estas normas técnicas son la **EN 50090 “Home and Building Electronic Systems” protocolo Konnex**, un estándar europeo para las comunicaciones de sistemas electrónicos del hogar y de construcción. La **EN/ISO 16848 “Building Automation and Control Systems”**, norma internacional que especifica las características del *software* y funciones que se usan en los procesos de automatización.

A nivel europeo hay dos directivas a destacar para la instalación domótica la **Directiva 2014/35/UE de Baja Tensión**, cuyo objetivo es garantizar la seguridad en el empleo de cualquier material eléctrico y la **Directiva 2014/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética (refundición)**, cuyo objetivo es garantizar la protección de los equipos y las personas contra los problemas que puedan causar las perturbaciones electromagnéticas que provocan los dispositivos eléctricos y electrónicos.

Estas leyes y normas buscan asegurar que los sistemas de domótica sean seguros, eficientes, respetuosos de la privacidad y cumplan con los estándares de sostenibilidad y accesibilidad. [15] [16]

6.2.3. Estructura de la red domótica

La estructura de la red domótica está compuesta por diferentes elementos y los elementos principales son: las entradas o sensores, las salidas o actuadores, el sistema de control o controladores y la interfaz o pasarela. También podemos destacar algunos otros elementos de la estructura domótica como son: las pantallas de control, visualización y comunicación, la fuente de alimentación, el cableado y el *software*. A continuación, profundizamos en cada uno de estos elementos.

- Los elementos de entrada o sensores, también conocidos como captadores, son el conjunto de dispositivos que permiten detectar acciones o estímulos exteriores. Estas entradas pueden ser de control manual como los interruptores o pulsadores, que enviarán una señal binaria que solo tendrá dos estados, 0 y 1, que equivale, por ejemplo, a encender-apagar. O pueden ser sensores analógicos que enviarán una señal variable entre un mínimo y máximo como, por ejemplo, los sensores de temperatura que enviarán una señal entre 0°C y 40°C, o el sensor de un depósito que enviará una señal entre el 0% y el 100%. Otros ejemplos son los sensores de movimiento o presencia, de gas, de iluminación...
- Los elementos de salida o actuadores son aquellos elementos que reciben la orden del sistema y la ejecutan en respuesta a los estímulos que reciben los elementos de entrada. Diferenciamos entre actuadores digitales y analógicos. Los actuadores digitales reciben una señal binaria que solo tendrá dos estados, 0 y 1, que equivale a, por ejemplo, abrir-cerrar. En cambio, los actuadores analógicos reciben una señal variable entre un mínimo y un máximo, por ejemplo, mover una persiana al 60% de su recorrido. Algunos otros ejemplos son los relés, contactores, motores, cerraduras electrónicas, electroválvulas...
- El sistema de control, controladores o la centralita son los elementos que realizan las tareas de control en la red, son el núcleo del sistema, reciben la información de los sensores, procesan la información, toman decisiones y envían comandos a los actuadores. En ellos se almacena la programación y desde ahí parte el cableado de control que conecta los distintos elementos situados en el edificio. Suelen ser dispositivos controladores centrales o, por ejemplo, un programador horario, algunos tienen pantalla incluida, se pueden instalar dentro del cuadro eléctrico o para montaje en pared. En algunas instalaciones no encontraremos este elemento, ya que podemos encontrar varios elementos de la instalación interconectados entre sí y con una programación previa.
- La interfaz o pasarela, es la responsable de permitir que la red domótica se pueda conectar y comunicar con otras instalaciones, como puede ser una red Wi-Fi, Ethernet, *Bluetooth*, Amazon Alexa...
- La pantalla de control, visualización y comunicación facilita al usuario la interacción y comunicación directa con la instalación domótica. Podemos

observar el estado de la instalación en todo momento y también revisar las alarmas que se produzcan.

- La fuente de alimentación es la responsable de suministrar energía a nuestro sistema, ya que todos los elementos del sistema domótico necesitan electricidad para funcionar. La tensión normalmente será en corriente continua y dependerá del fabricante, en cambio la potencia dependerá de los equipos que instalemos.
- El cableado será de dos tipos, el cableado de control y el eléctrico.
 - El cableado de control es aquel que une los distintos elementos para que tengan comunicación con la central, para conocer el estado en todo momento y para transmitir órdenes o señales de actuación entre sensores y actuadores. Además, también es el que suministra la electricidad a nuestros equipos.
 - El cableado eléctrico tiene que cumplir con la normativa eléctrica y es el que alimenta a los elementos receptores o consumidores como, por ejemplo, los motores de persiana, alumbrado, aire acondicionado...
- El *software* se puede diferenciar entre sistema abierto y sistema privado.
 - El *software* abierto es aquel que permite conectar distintos productos de fabricantes diferentes. Tendremos en cuenta el precio, la calidad del producto y que el fabricante disponga de soluciones para todas las funciones a cumplir. Cabe destacar la tecnología KNX como el único estándar mundial abierto para todas las funciones de control en cualquier tipo de edificios. Ampliaremos la información sobre el protocolo KNX en el apartado 6.2.6.
 - El *software* privado es aquel desarrollado por el propio fabricante y solo permite conectar el *software* con equipos de su misma marca. Cualquier ampliación o añadido al sistema domótico siempre estará condicionada a sus propios productos.

6.2.4. Topología del sistema domótico

En cuanto a la topología del sistema domótico, dependiendo de la arquitectura del inmueble, podemos implantar cuatro tipos diferentes de arquitectura del sistema domótico. Según se lleve a cabo el control de la instalación domótica hablaremos de una topología o de otra.

Sistemas domóticos centralizados

En esta topología el elemento de control del sistema es único, todo el control de la red domótica viene dado por un solo elemento que conocemos como centralita o controlador. Como observamos en la Figura 3 este elemento es el que recibe, procesa y controla todos los sucesos de la red domótica y da las órdenes oportunas a los actuadores e interfaces cuando hay que gestionar los sistemas de automatización. En resumen, el controlador o la centralita se encarga de gestionar todos los sensores y actuadores.

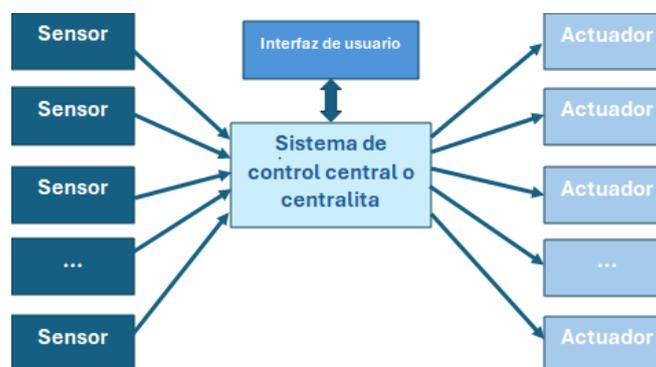


Figura 3. Sistema domótico centralizado

Algunas ventajas de este sistema es que al estar todo centralizado el mantenimiento, actualizaciones o modificaciones son sencillos. Además, necesita sensores o actuadores básicos, por lo que su precio es muy bajo en el mercado. Por estos motivos es un sistema ideal para instalar en el sector doméstico.

Algunos inconvenientes son que el sistema depende completamente de la centralita y en caso de fallo el sistema completo se viene abajo, además requieren mucho cableado y a veces la misma ampliación de la red domótica está limitada por las capacidades de la

centralita. Finalmente hay que comentar que las prestaciones de estos sistemas no son muy amplias, ya que, al ser de una topología muy sencilla los servicios son limitados.

Como ejemplos de este sistema que constan de un elemento central autónomo programable serían Zen de Omron o Selio Logic de Schneider. [17]

Sistemas domóticos descentralizados

A diferencia de la topología anterior, este sistema funciona de manera independiente y cada grupo de elementos cuenta con un controlador propio, de esta forma cada centralita es la encargada de enviar y recibir información, sin tener en cuenta la respuesta de las otras. En este sistema encontramos diversos elementos de control centralizados y cada uno de estos controladores se encarga de un conjunto de sensores y actuadores. Mediante un canal de comunicaciones, el bus de datos, las centralitas se comunican entre sí para controlar entre todas la red domótica completa. Podemos observar en la Figura 4 decir que la arquitectura de los sistemas descentralizados es la unión de varios sistemas centralizados.

Las principales ventajas de usar la topología descentralizada son la reducción del cableado y el aumento de prestaciones que no cumple el sistema domótico centralizado. Es un sistema fácil de mantener, actualizar y ampliar que permite el aumento del número de actuadores y sensores básicos y económicos. Y, por último, comentar que este sistema ofrece más robustez frente al fallo, ya que, si cae una centralita, los otros elementos controladores de la red podrán encargarse del conjunto de elementos gestionados por la centralita que ha fallado.

Como inconvenientes tenemos que destacar que requiere de una mayor complejidad que la arquitectura centralizada, ya que se unen diferentes sistemas y la programación es muy compleja si se desea tener un buen control de toda la red, por lo tanto, la instalación la debe realizar un profesional especializado y requiere de una interfaz de usuario.

En los sistemas descentralizados se usan los mismos sistemas centralizados como, por

ejemplo, Zelio y Zen, entre otros. Sin embargo, para conseguir un sistema descentralizado se usan múltiples sistemas de forma conjunta dentro de una misma red domótica. [17]

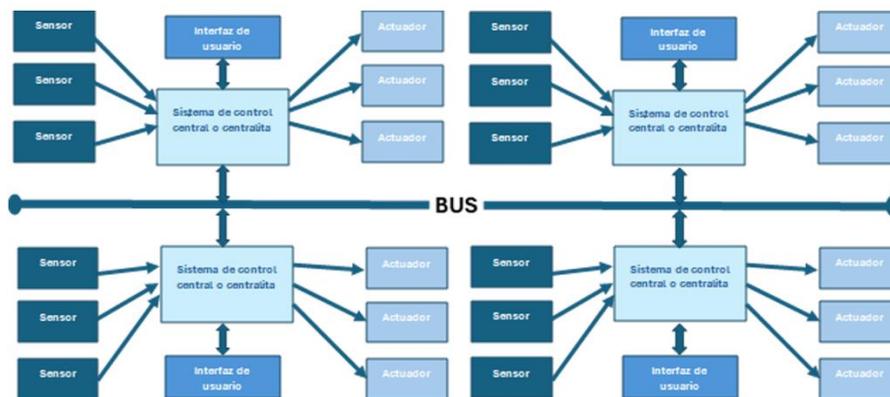


Figura 4. Sistema domótico descentralizado

Sistemas domóticos distribuidos

A diferencia de los sistemas centralizados y descentralizados, en los sistemas domóticos distribuidos no hay un elemento central de control. El núcleo y el control de la instalación se encuentra distribuido en el conjunto de sensores y actuadores de la red domótica. Como vemos en la Figura 5 estos elementos inteligentes tienen la capacidad de actuar como controladores y de comunicarse entre ellos de forma secuencial o aleatoria mediante un protocolo común de comunicación a través de un bus de datos, haciendo posible que todos los elementos se puedan comunicar entre sí.

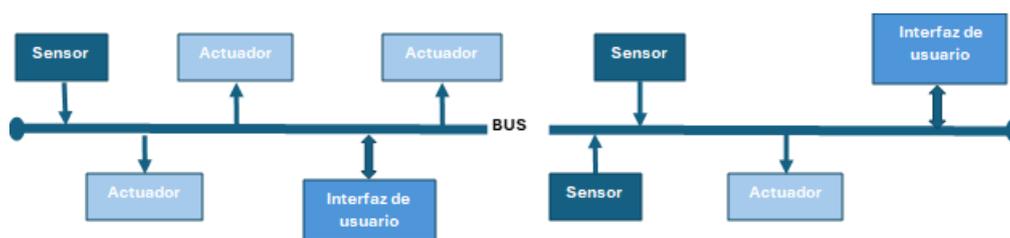


Figura 5. Sistema domótico distribuido

Las ventajas de estos sistemas es que presentan una gran tolerancia al fallo, por ejemplo, si un elemento falla, el resto del conjunto de elementos de la instalación se puede seguir comunicando entre sí, por esto destaca su seguridad de funcionamiento y eficiencia. Además de ser un sistema más económico, también es muy sencillo añadir elementos, pudiendo aumentar en tamaño la instalación ahorrando mucho cableado, ya que todos los sistemas se comunican a través de un bus de datos sin necesidad de centralita.

Como inconvenientes, hay que comentar que requiere bastante programación y su instalación debe ser hecha por una persona especializada en el sector.

Algunos ejemplos de este sistema son X-10, que utiliza corrientes portadoras como método de comunicación, LonWorks, Z-Wave, o el más conocido y estandarizado en Europa, KNX. [17]

Sistemas domóticos híbridos o mixtos

Como resultado de la combinación de todos los sistemas nombrados anteriormente, tenemos la arquitectura del sistema domótico híbrida o mixta (Figura 6). Este sistema representa la unión de las características de los sistemas centralizados, descentralizados y distribuidos. En este caso, los diferentes dispositivos recogen, gestionan y transmiten la información recibida al resto de los dispositivos que componen el sistema, sin la necesidad de pasar por un controlador principal.

Esta topología de sistema permite añadir versatilidad y complejidad en la red domótica, por lo que es importante al realizar ampliaciones en instalaciones domóticas existentes con partes centralizadas o descentralizadas, o en instalaciones muy extensas donde haya una gran afluencia de información. [17]

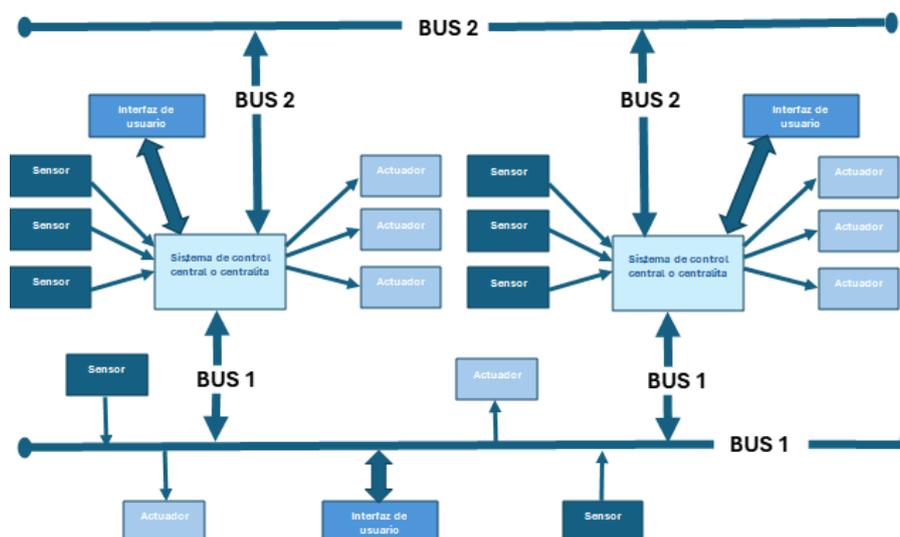


Figura 6. Sistema domótico híbrido o mixto

6.2.5. Elección del sistema idóneo para el proyecto

Para saber qué tipo de sistema domótico es el idóneo para nuestra instalación debemos tener en cuenta que vamos a realizar la instalación en un inmueble de gran superficie que consta de dos plantas y que, además, dicha instalación domótica debe cumplir con unos requisitos y necesidades complejas. El sistema domótico centralizado, no es el ideal para edificaciones grandes, puesto que no es un sistema demasiado ampliable y está muy limitado en prestaciones. Tampoco se realizará un sistema híbrido, puesto que principalmente no contamos con una red domótica preexistente. Es por eso por lo que el sistema ideal elegido para realizar la instalación domótica es el sistema domótico distribuido. Este sistema se adapta al tipo de inmueble que tratamos en esta memoria y a sus necesidades complejas, además, es el sistema más utilizado y estandarizado.

Una vez elegido el sistema, será necesario escoger la tecnología que usaremos. Entre las posibles candidatas tenemos a KNX, X-10, LonWork o Z-Wave. Todas ellas indicadas para dicha instalación y entre las que destacaremos dos: KNX y X-10.

KNX es la tecnología más utilizada y estandarizada hoy en día en edificios de nueva construcción o nuevas instalaciones como es el inmueble a estudio. Además, usa los buses de datos, que son una tecnología muy sencilla de implantar y facilita las tareas de intercambio de datos entre distintos elementos de una red domótica.

En cambio, X-10 es una tecnología algo más compleja sujeta a las corrientes portadoras para transmitir información a través de la línea eléctrica, por este motivo tiene poca capacidad de transmisión de información y es menos fiable que KNX. La tecnología X-10 puede resultar más indicada para instalaciones ya existentes, igual que los sistemas inalámbricos, ya que no hay necesidad de realizar obras para las canalizaciones.

También debemos tener en cuenta algunos de los sistemas sin cables que proporcionan control y conectividad con distintos componentes y que hoy en día están al límite de ser considerados sistemas domóticos, como son *Google Assistant*, *Amazon Alexa*, *Shelly*, *Apple HomeKit* y otros, que se basan en módulos de comunican vía Wi-Fi y que suelen

controlarse con una aplicación. Este tipo de sistema es ideal para instalaciones orientadas a la vivienda y que requieren de un presupuesto muy bajo. Por lo que respecta al edificio a estudio, estas soluciones son muy rudimentarias y limitadas, ya que la idea es la de realizar una instalación domótica de calidad y con diferentes tipos de servicios, por estos motivos la tecnología KNX se adecua perfectamente al tipo de instalación que se requiere.

Hoy en día también encontramos algunas tecnologías inteligentes que solamente están orientadas a un tipo de uso, por ejemplo, Lutron, que ofrece exclusivamente servicios de domótica relacionados con la iluminación. Al ser sistemas muy independientes enfocados a un solo tipo de aplicación, son soluciones poco funcionales frente a instalaciones que deben abastecer diferentes tipos de servicios. En este caso, volvemos a insistir en que KNX permite abastecer cualquier tipo de aplicación, ya sea en términos de iluminación, seguridad y otros, de ahí que sea la tecnología seleccionada para realizar la instalación y diseño de nuestro proyecto domótico.

6.2.6. Protocolo KNX

El protocolo KNX es el sistema idóneo que hemos elegido para realizar la instalación domótica en el edificio a estudio, ya que, por sus características y funcionalidades se ajusta perfectamente a nuestro proyecto domótico.



Figura 7. "Logo KNX-Standard" por KNX Association cvba, 2013, Wikipedia, https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:KNX_logo.svg

El sistema domótico KNX es un protocolo abierto de comunicación desarrollado para el control y la automatización de viviendas y edificios. Los dispositivos que cuentan con el protocolo KNX están conectados entre sí mediante lo que se conoce como un bus de datos, a través del cual se comunican y transmiten las órdenes que deben cumplir los dispositivos, tanto sensores como actuadores, mediante telegramas. Al ser un sistema domótico distribuido, es un protocolo muy fiable, ya que, cada elemento de la red cuenta

con su propia inteligencia, por lo que si hay un fallo el resto de los dispositivos siguen funcionando de forma independiente. Además, es un sistema que permite la interoperabilidad entre elementos y es acoplable a otros sistemas mediante la interfaz.

Se trata de un sistema estandarizado a nivel internacional, europeo y nacional con más de 500 fabricantes que incorporan este protocolo en sus dispositivos. Permite implementar diferentes tipos de soluciones para una red domótica, ya sea en instalaciones a pequeña escala, como las edificaciones del sector doméstico, o también para grandes proyectos del sector terciario, como hoteles, centros comerciales, aeropuertos... Hoy en día se ha convertido en un estándar dentro del mundo de la domótica, ya que es un sistema flexible, abierto, que permite diversos medios de comunicación y, además, existen un gran número de dispositivos con este protocolo en el mercado. Por estos motivos el protocolo KNX puede proporcionar seguridad, automatización, control, confort y un uso eficiente de la energía en los inmuebles donde se instala.

Los elementos de la instalación se pueden alimentar y actuar sobre cargas de 230 V, que son las cargas más habituales en la red eléctrica del inmueble. Hay que concretar que en KNX existen dos tipos de corrientes, una corriente para alimentar a los dispositivos mediante un cable de fuerza de 230V/50HZ y otra corriente para el control de los elementos y la comunicación de los dispositivos a través del bus de datos, que puede ser mediante el cable de pares trenzados o corrientes portadoras y de forma inalámbrica por radiofrecuencia o por mensaje IP, tanto cableado (Ethernet) como inalámbrico (Wi-Fi).

Igual que hemos estudiado la arquitectura de los diferentes sistemas domóticos, el sistema domótico distribuido de KNX también cuenta con una distribución concreta. Al usar un bus de datos los elementos deberán de seguir una topología en forma de bus, esta topología consiste en una línea de bus compartida para todos los componentes de la red domótica y puede distribuirse de diferentes formas: en árbol (Figura 8), en línea (Figura 9) y en estrella (Figura 10). La distribución en anillo no es posible con el protocolo KNX, ya que, sigue una secuencia cíclica y el sistema de bus de datos no puede cerrarse. [18]

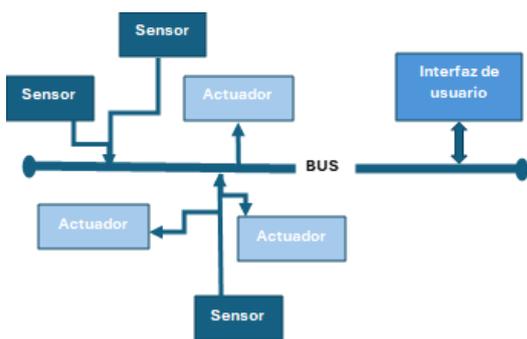


Figura 8. Estructura en árbol

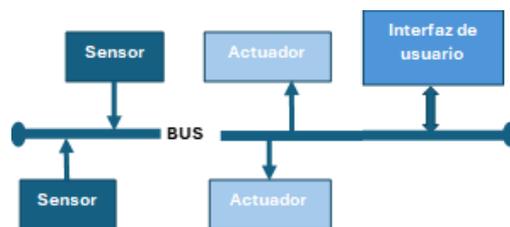


Figura 9. Estructura en línea

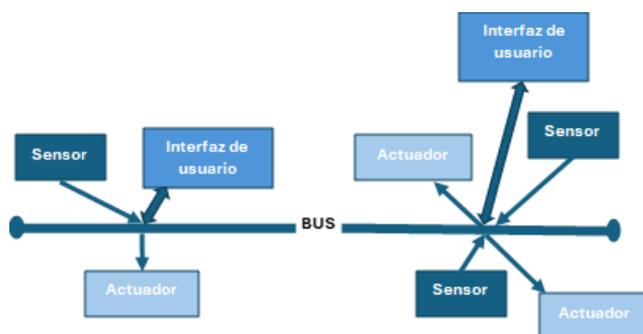


Figura 10. Estructura en estrella

En cuanto a la estructura jerárquica del sistema KNX encontramos 3 niveles: componentes, líneas y áreas o zonas. Los componentes o dispositivos son la unidad más básica y estos se conectan a la línea, mediante los acopladores de línea. El conjunto de líneas forma las áreas o las zonas y mediante los acopladores de áreas estas forman la línea troncal o *Backbone* (columna vertebral en inglés). Un ejemplo de esta estructura a nivel doméstico podría ser un inmueble de dos plantas: en cada planta encontramos los dispositivos conectados a una línea y en esa misma planta habrá distintas líneas que conformarán un área o zona y finalmente uniremos las dos áreas de cada planta mediante la línea troncal. [19]

A continuación, comentaremos brevemente cada parte de la estructura del protocolo KNX y también resumiremos como se lleva a cabo su direccionamiento.

Componentes

Un componente o dispositivo es cualquier tipo de elemento que compone el sistema, como pueden ser sensores, actuadores e interfaces que se conectan a una línea. Estos elementos son indispensables para el funcionamiento de la instalación domótica.

Podemos encontrar dos tipos de componentes KNX:

- Los componentes básicos son aquellos que forman la base de la red y son necesarios para el funcionamiento del sistema. Por ejemplo, la fuente de alimentación (que suministra energía eléctrica al sistema), las interfaces o los acopladores de línea o área (realizan la función de repetidor o amplificador).

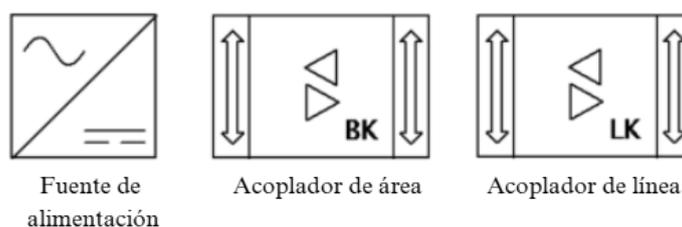


Figura 11. Ejemplo de simbología básica en KNX

- Los sensores, pulsadores o detectores (entradas) son los componentes encargados de captar la información externa, que a su vez será transmitida a través del bus de datos en forma de telegrama. Como ejemplo existen los sensores genéricos, los pulsadores, los sensores de temperatura, los sensores de luminosidad o presencia o los detectores de CO₂.

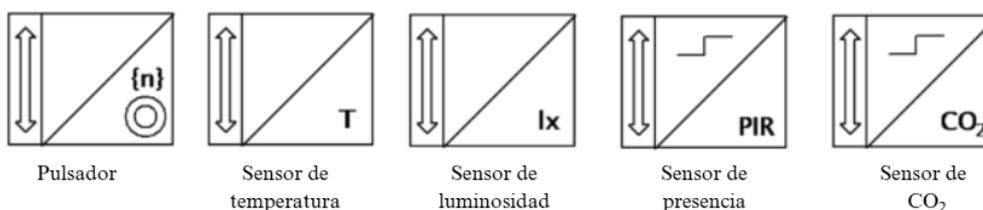


Figura 12. Ejemplo de simbología de sensores en KNX

- Los actuadores (salidas) son los componentes encargados de modificar algún elemento en función de la información que se recibe en los sensores. Algunos

ejemplos de actuadores son las electroválvulas, actuadores/conmutadores de persianas, las interfaces de usuario o los actuadores de regulación.



Figura 13. Ejemplo de simbología de actuadores en KNX

- Los mixtos (entradas y salidas) son los componentes que combinan ambos componentes, las entradas y las salidas de un elemento concreto. Son la mezcla de sensores y actuadores.

Líneas

Las líneas componen el segundo nivel dentro de la jerarquía del protocolo KNX, como mínimo toda instalación KNX debe tener una línea. En cada línea encontramos una o dos fuentes de alimentación, hay un máximo de 64 dispositivos y la longitud máxima de la línea puede ser de 1.000 metros. Entre la fuente y el primer sensor o actuador la distancia máxima es de 350 metros y la distancia máxima que podremos encontrar entre componentes es de 700 metros.

Si usamos los acopladores de líneas o repetidores podremos conectar más de 64 dispositivos. Cada ampliación de la línea se conoce como segmento y en una instalación podemos contar con hasta un máximo de tres segmentos más la línea principal, por lo tanto, contamos con cuatro segmentos, que nos darán la posibilidad de conectar 256 dispositivos por línea. Hay que remarcar que no podemos conectar los segmentos de forma consecutiva. [19]

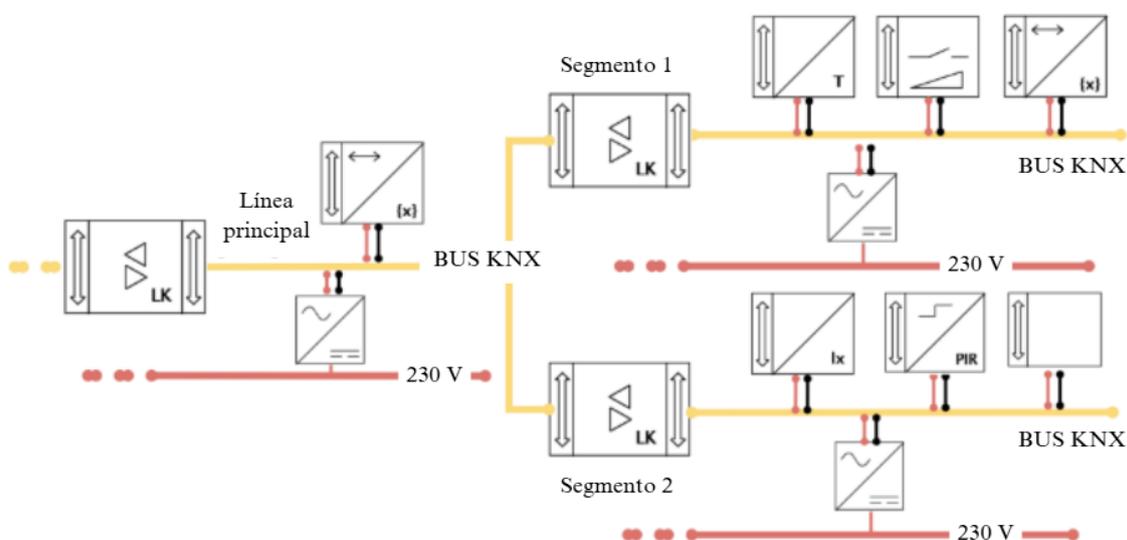


Figura 14. Ejemplo de línea

Como se puede observar en la figura 14 tenemos dibujado un ejemplo de línea domótica. Tanto la línea principal, como el segmento 1 y 2, tienen una fuente de alimentación conectada. A la línea principal se le conectan dos acopladores de línea que conforman el segmento 1 y 2, cada uno con sus sensores y actuadores. En este caso, contando que tenemos tres líneas (línea principal, segmento 1 y segmento 2) podríamos conectar hasta un máximo de 192 componentes (64 componentes para cada línea), eso sin tener en cuenta los acopladores de línea y las fuentes de alimentación que deberían estar incluidas en esta totalización. [19]

Áreas o zonas

Las áreas o zonas componen el tercer nivel de la jerarquía del protocolo KNX, este nivel abarca la unión de las distintas líneas. Estas líneas se conectan entre ellas a través de un acoplador de área y forman las áreas o zonas.

El número máximo de líneas por zona es de 15 y teniendo en cuenta que cada línea puede tener hasta 64 dispositivos estamos hablando de que en una zona o área podemos encontrar 960 componentes y si se utilizan repetidores encontraremos hasta 3.840 componentes por área. Con la unión de los diferentes acopladores de línea, conseguimos la línea principal de área a la que también se la conoce como zona 0 o *Backbone* y requiere

de una fuente de alimentación. Los acopladores de área no sólo permiten la unión de las diferentes zonas, sino que también permiten filtrar los mensajes que circulan para cada área. [19]

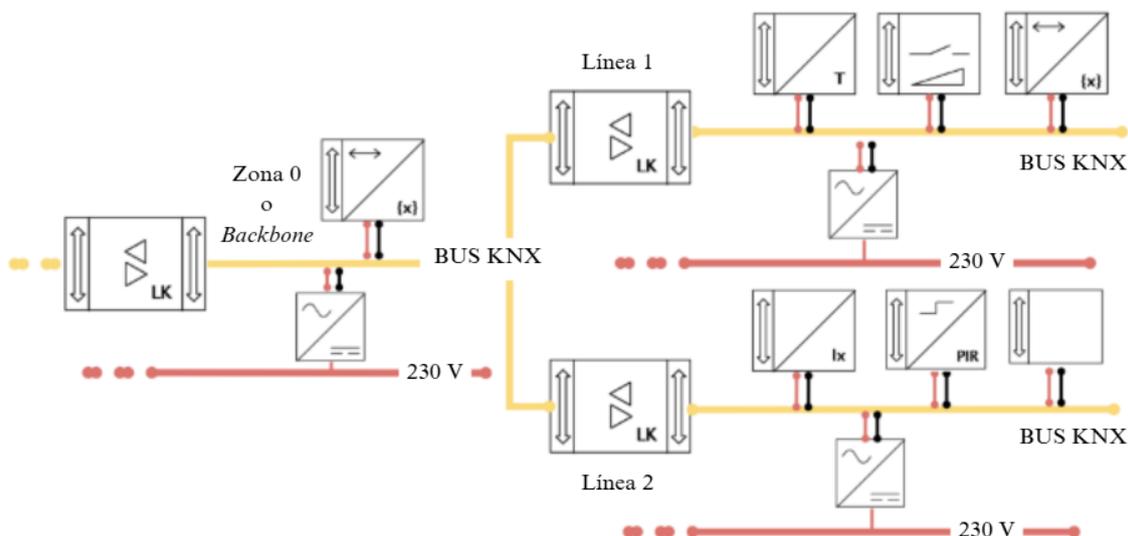


Figura 15. Ejemplo de área

En la figura 15 podemos observar el dibujo de un ejemplo de área de una instalación domótica formada por dos líneas diferentes y la Zona 0 o *Backbone*. En una instalación domótica completa encontraremos estos 3 niveles y dependiendo de cómo sea el inmueble la instalación estará formada por varias áreas unidas con los acopladores de líneas y cada línea tendrá sus componentes conectados. Como se ha comentado anteriormente cada zona puede contar con 15 líneas, y cada línea con 64 elementos, lo que nos da la posibilidad de conectar un total de 14.400 dispositivos (sin tener en cuenta los acopladores y las fuentes de alimentación). Si a eso le añadimos el número máximo de amplificadores y repetidores la instalación completa KNX contará con 57.600 dispositivos. Por estos motivos KNX es un sistema que permite tanto instalaciones sencillas y complejas, escalables en tamaño.

Finalmente, en la figura 16 podemos observar un ejemplo de instalación completa, conformada por dos áreas y la zona 0, cada área cuenta con dos líneas y cada línea con sus elementos sensores y actuadores. [19]

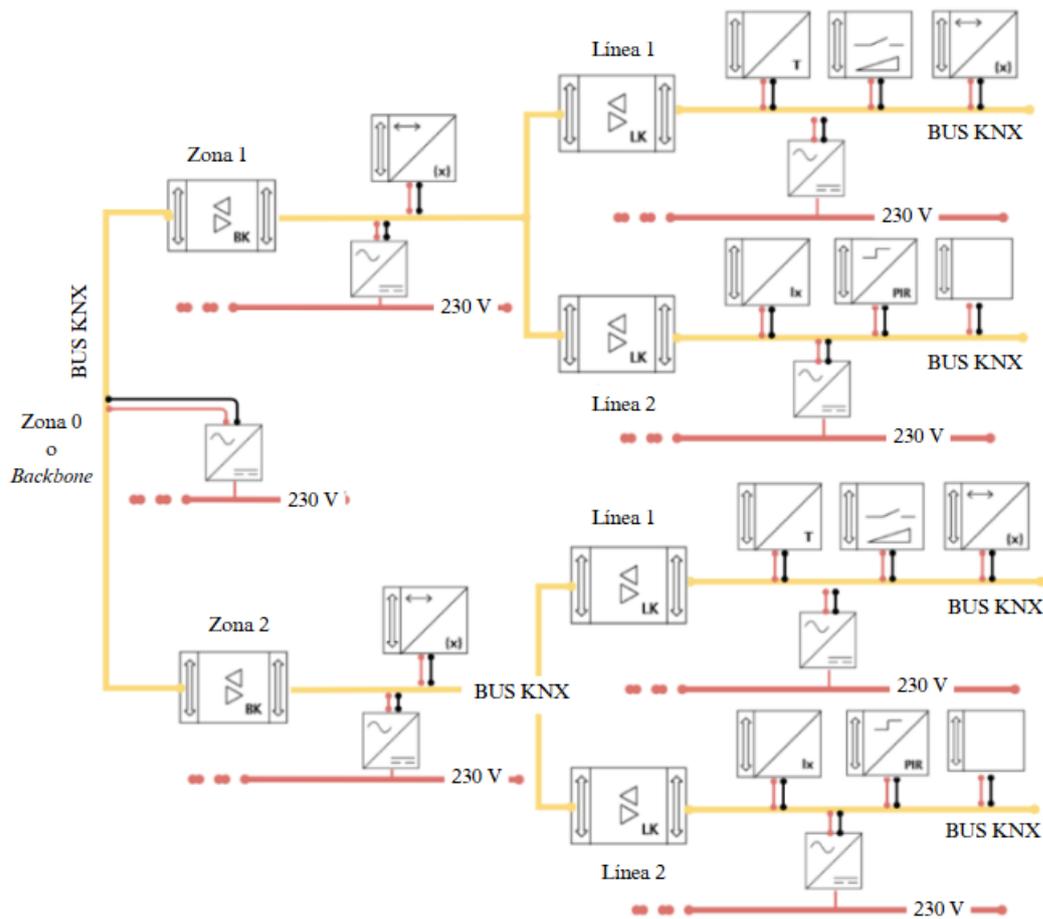


Figura 16. Ejemplo de una instalación domótica completa

Direccionamiento a KNX

Una vez conocida la topología y estructura general de una instalación domótica con protocolo KNX sólo nos falta definir cómo se dirigen todos los componentes de la red.

El protocolo KNX consta de dos tipos de direcciones:

- Las direcciones físicas son aquellas que identifican de forma única a cada uno de los elementos domóticos y además informan sobre la estructura de la instalación. Todos los dispositivos tienen una dirección física, excepto las fuentes de alimentación porque son un elemento que no intercambia información.

Esta dirección física se compone de tres partes, de 4 bits cada una. La primera parte identifica el área en la que se encuentra el dispositivo, la segunda parte identifica la línea y, finalmente, la tercera parte identifica el número del dispositivo. Por ejemplo, si tenemos un dispositivo que se encuentra en la zona 2, línea 4, su dirección física será 2.4.X (dónde X es el número de dispositivo). Si a la zona y línea anterior le añadimos un dispositivo identificado con el número 10, su dirección física será 2.4.10.

En algunos casos los acopladores de área y línea tienen una dirección especial. Los acopladores de área tienen una dirección física con el formato X.0.0 dónde la X indica a qué zona corresponde el acoplador de área, y las dos partes que vienen a continuación deben ser cero. Por ejemplo, el acoplador de área de la zona 5 tendrá una dirección física 5.0.0. En cambio, los acopladores de línea tienen un formato similar, con un formato de dirección física X.Y.0, donde la X indica la zona y la Y hace referencia a la línea donde se encuentra el acoplador, la última parte debe ser un cero. Por ejemplo, un acoplador de línea que se encuentra en la zona 8, y en la línea 9, tendrá la dirección física 8.9.0.

- Las direcciones en grupo son fundamentales para poder establecer las conexiones lógicas entre todos los dispositivos. A diferencia de las direcciones físicas los elementos pueden tener asignada más de una dirección de grupo. Las direcciones de grupo son independientes de la dirección física y como se ha comentado anteriormente son las encargadas de establecer relaciones entre los dispositivos de la instalación domótica y las que el sistema utiliza para el funcionamiento de la red.

El objetivo principal de estas direcciones es la de agrupar los dispositivos según la funcionalidad de cada uno de ellos. Por ejemplo, la función de abrir las persianas a una hora determinada dependerá de la dirección física que tiene asignada cada uno de los actuadores de persianas y en su conjunto también tendrán asignada la misma dirección de grupo. Entonces a la hora seleccionada el dispositivo que controla la hora enviará un mensaje a la dirección de grupo que comparten los actuadores de persianas y se procederá a la apertura de las persianas

abrirán las persianas.

Estas direcciones de grupo pueden tener tres tipos de formatos:

- El de dos niveles (X/Y) es el formato utilizado para pequeñas instalaciones dónde se identifica al grupo funcional (iluminación, climatización, alarmas y otros) y el subgrupo (luces de la cocina, climatización de una habitación y otros).
- El de tres niveles (X/Y/Z) es el formato más utilizado actualmente, ideal para instalaciones de tamaño medio o grande. Ante todo, tenemos el grupo principal (iluminación, climatización, alarmas y otros), seguido por el grupo intermedio, que identifica la funcionalidad del grupo principal (encendido de luces, apagado de luces, subir o bajar temperatura...), y, por último, el tercer nivel hace referencia a la función o al subgrupo (luces de la cocina, persianas de un dormitorio...). Otra opción del formato de tres niveles depende de las plantas del edificio donde tenemos la instalación, así el grupo principal hace referencia a la planta del inmueble, el grupo intermedio hace referencia a la funcionalidad y el subgrupo o subfunción hace referencia a un grupo de dispositivos.
- El formato libre es un tipo de formato de dirección que puede ser personalizada por el mismo usuario. [20]

6.3. Descripción del edificio y su estructura

Antes de empezar con el proyecto técnico de la ICT y el proyecto domótico, es importante describir y analizar cómo será el inmueble donde se llevarán a cabo dichas instalaciones. Tendremos en cuenta las principales características arquitectónicas y la división del espacio para cada una de las zonas. El edificio en el que trabajaremos es de un único propietario y está destinado exclusivamente al uso laboral, por eso no está sujeto a la Ley de Propiedad Horizontal.

Como podemos observar en los planos (ANEXO A. Plano general del edificio), el edificio constará de dos plantas. En la planta baja encontraremos algunas zonas habituales en muchos otros edificios de empresas y locales, por ejemplo: el *hall*, la zona de control con

el personal de seguridad, la sala de espera, la sala de descanso, los vestuarios, los almacenes de limpieza, los aseos, la zona del comedor o cantina, la sala de telecomunicaciones y algunos despachos para los jefes. En la primera planta, a la se accede a través de las escaleras o el ascensor, disponemos de la recepción, la sala de espera, los aseos, la mayoría de las oficinas para los trabajadores, otra sala de reunión, la sala de impresión, el taller informático, la sala de material y muy importante, la sala de los servidores y racks.

Una vez analizados los planos de las dos plantas nos ponemos manos a la obra y empezamos el proyecto técnico de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones para dar acceso a los usuarios de estas oficinas a los servicios de telecomunicaciones y a la domótica.

6.4. Proyecto de la ICT

En este capítulo llevaremos a cabo el proyecto técnico de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones y su diseño. Como hemos comentado anteriormente el edificio a estudio no está sujeto a la Ley de Propiedad Horizontal, sin embargo, tendremos en cuenta las condiciones y requisitos expuestos en esta disposición para tener una referencia.

6.4.1. Requisitos de la instalación

Según el espacio del que dispongamos y las condiciones expuestas por el propietario, los requisitos a cumplir serán unos u otros, por ejemplo, la instalación en la sala de descanso no será la misma que la instalación en las oficinas. Es por eso por lo que necesitaremos adaptar los requisitos de la instalación a cada espacio. Hipotéticamente, el propietario y constructor del edificio se han puesto en contacto con nuestra empresa y una vez acordada una reunión con el ingeniero en telecomunicaciones se han resuelto y definido los siguientes requisitos.

En cuanto a las tomas de televisión solamente las instalaremos en zonas comunes como pueden ser las salas múltiples, las salas de espera, la cantina, el *hall*, las salas de reuniones y en alguna oficina como se ha precisado por parte del propietario.

Por otro lado, también tendremos las tomas RJ45, encargadas de suministrar servicio a la telefonía IP, equipos informáticos, Wi-Fi, CCTV, Smart TV o proyectores y PLC. Como observamos en la Tabla 2 este tipo de toma las dispondremos por la mayoría de las zonas y salas del edificio.

Finalmente, también añadiremos tomas de fibra óptica en zonas más específicas como son la sala de servidores, el departamento informático y el departamento de comunicaciones, las tres zonas encargadas principalmente de abarcar el mantenimiento de las comunicaciones y de asegurar su funcionamiento.

Una vez obtenidos y acordados estos requisitos a cumplir para la instalación seguimos con el proyecto técnico.

6.4.2. Proyecto técnico de la ICT según RD 346/2011

Para elaborar el proyecto técnico nos basaremos principalmente en el **Artículo 9 del RD 346/2011, de 11 de marzo**, dónde podemos observar que condiciones debe cumplir el ingeniero en telecomunicaciones en cuanto al proyecto técnico:

Con objeto de garantizar que las redes de telecomunicaciones en el interior de los edificios cumplan con las normas técnicas establecidas en este reglamento, aquéllas deberán contar con el correspondiente proyecto técnico. En el proyecto técnico se describirán, detalladamente, todos los elementos que componen la instalación y su ubicación y dimensiones, con mención de las normas que cumplen.

En el proyecto técnico original, se proyectarán y describirán la totalidad de las redes que pueden formar parte de la ICT, de acuerdo a la presencia de operadores que despliegan red en la ubicación de la futura edificación. [11]

En este Real Decreto también encontramos descritas las partes de las que debe constar el proyecto técnico, que son los siguientes apartados de este trabajo: la memoria, los planos, el pliego de condiciones y el presupuesto. [11]

Además, para elaborar el proyecto técnico también tendremos en cuenta la **Orden Ministerial ITC/1644/2011, de 10 de junio, por la que se desarrolla el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo**. En el ANEXO I de esta Orden Ministerial, encontramos descrito cuál tiene que ser el contenido y estructura de los proyectos técnicos de infraestructuras comunes de telecomunicación en el interior de los edificios que detallaremos en los próximos capítulos de este trabajo, por este motivo usaremos esta Orden Ministerial de guía para ir creando nuestro proyecto técnico ficticio. [21]

Según esta Orden Ministerial a continuación, adjuntamos la Tabla 1, en la que encontramos detallada la información principal del proyecto de ICT.

Descripción	Proyecto Técnico de Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT): destinada a proporcionar el acceso a los servicios de telecomunicaciones de radiodifusión sonora y televisión, procedentes de emisiones terrestres y de satélite; y el acceso a los servicios de telecomunicaciones de telefonía disponible al público (STDP) y de banda ancha (TBA) prestados a través de redes públicas de comunicaciones electrónicas por operadores habilitados para el establecimiento y explotación de éstas, para un inmueble situado en Avenida Jaime III, Palma. N° de plantas: 2 (planta baja y primera planta)
Situación	Tipo de vía: Avenida Nombre de la vía: Avenida Jaime III Municipio: Palma Código postal: 07012 Provincia: Islas Baleares
Autor del proyecto técnico	Nombre y apellidos: Antonio Carrió Terrassa Titulación: Ingeniero de Telecomunicaciones Tipo de vía: Calle Nombre de la vía: Calle Fray Luis de León Municipio: Palma Código postal: 07012 Provincia: Islas Baleares Teléfono: +34 612 345 678
Datos del proyecto	Dirección de obra: NO

Tabla 1. Información del proyecto ICT

6.4.2.1. Memoria

Siguiendo las instrucciones descritas en la **Orden Ministerial ITC/1644/2011. ANEXO 1. Apartado 1. Memoria.** Detallaremos los datos que deben constar en la memoria del proyecto técnico.

- **Datos generales**

Descripción del edificio

El edificio consta de dos plantas y en cada planta encontramos distinta distribución de salas y zonas. En las siguientes tablas se detalla la distribución, el número de espacios y también el número y tipo de toma.

Planta baja			
Espacios (sin aseos)	Tomas para servicios		
	TV	RJ45	FO
Cantina	1	2	0
Sala Multiuso	0	8	0
<i>Hall</i>	1	5	0
Sala Espera	0	4	0
Pasillo 1	0	3	0
Pasillo 2	0	2	0
Cuadro eléctrico	0	1	0
Sala Limpieza	0	1	0
Vestuario Personal	0	1	0
Sala Descanso	1	13	0
Oficina Telecomunicaciones	1	15	3
Oficina Jefe 1	0	4	0
Oficina Jefe 2	0	3	0
Total	4	61	3

Tabla 2. Tomas de las diferentes zonas de la planta baja

Planta Piso			
Espacios (sin aseos)	Tomas para servicios		
	TV	RJ45	FO
Oficina y taller informáticos	1	11	2
Zona espera / Recepción	1	7	0
Administrativos	1	11	0
Jefe de	0	4	0

instalaciones			
Jefe de Servicio	0	4	0
Jefe de Servicios técnicos	0	4	0
Ingeniero de caminos 2	0	4	0
Ingeniero de caminos 1	0	4	0
Sala impresora	0	2	0
Pasillo 1	0	6	0
Jefe operaciones	1	4	0
Encargado material	1	5	0
Office	0	1	0
Usos Múltiples	1	5	0
Sala servidores / Racks	1	3	6
Sala reuniones	1	8	0
Cuadro eléctrico	0	1	0
Total	8	84	8

Tabla 3. Tomas de las diferentes zonas de la planta piso

En estas tablas usamos la siguiente nomenclatura:

- TV: Toma de televisión y radio.
- RJ45: Servicio de Telefonía Disponible al Público i Telecomunicaciones de Banda Ancha, cables coaxiales.
- FO: Fibra óptica

Aplicación de la Ley de Propiedad Horizontal

Aunque nuestro edificio no esté sujeto a esta Ley, es uno de los apartados para tener en cuenta a la hora de redactar otros proyectos que sí estén sujetos a esta disposición.

Objeto del proyecto técnico

El objetivo del proyecto técnico es definir la Infraestructura Común de acceso a los servicios de telecomunicaciones que debe ser implantada en el inmueble descrito y establecer los condicionantes técnicos que debe cumplir la instalación de la ICT, dotándola de la capacidad suficiente para garantizar a los usuarios la distribución de las señales captadas de radiodifusión sonora y televisión tanto por vía terrenal como por

satélite y el acceso a los servicios de telecomunicaciones de telefonía disponible al público y de banda ancha.

El presente proyecto ha sido redactado conforme a lo que se establece en el **Artículo 9 del Real decreto 346/2011** del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, de 11 de marzo, y su ejecución deberá ser conforme a lo que se establece en el Artículo 10. La estructura y contenido del proyecto se adecua al modelo de Proyecto Técnico establecido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en el **ANEXO I de la Orden Ministerial ITC/1644/2011, de 10 de junio**. [11] [21]

- **Elementos que constituyen la ICT**

Captación y distribución de radiodifusión y televisión terrestres

A) Consideraciones sobre el diseño

Debemos tener en cuenta que el inmueble a estudio no está destinado a la vivienda, por lo tanto, el reglamento a seguir no es tan estricto. Hay una cierta flexibilidad en cuanto a la red interior o de usuario y no está tan definida como en las viviendas.

Una vez realizadas las medidas de campo necesarias en la ubicación del edificio, se han analizado los niveles de campo que pueden establecerse e inciden sobre las antenas y se ha realizado una selección de las mismas para conseguir un nivel óptimo de señal de las distintas emisiones de este servicio.

Para la amplificación de los canales, la cabecera estará configurada por un amplificador programable, puesto que existen menos de 30 tomas de TV. Las características de ganancia, figura de ruido y nivel máximo de salida se han estudiado para garantizar los niveles de calidad establecidos por el **RD 346/2011, de 11 de marzo**, en las tomas de usuario.

Para conseguir el mayor equilibrio entre las distintas tomas de usuario de TV y las redes de distribución y dispersión se han configurado con los elementos de red descritos en el apartado del pliego de condiciones.

La ICT para la captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora y televisiones terrestres, de la que será dotada la edificación estará formada por:

- Elementos de captación.
- Equipamiento de cabecera.
- Red (de distribución, de dispersión y de usuario).

Los elementos de captación de la ICT de radiodifusión sonora y televisión terrenales se han situado en la azotea de la edificación. Su dimensionamiento se ha realizado teniendo en cuenta los niveles de intensidad de campo de las señales recibidas, la orientación para la recepción de estas y el posible rechazo a señales interferentes, así como la mejora de la relación señal-ruido en la instalación y los posibles obstáculos y reflexiones que pudieran producirse en edificios cercanos.

Las señales captadas por las diferentes antenas de los servicios de radiodifusión sonora y televisión terrestre llegan mediante los correspondientes cables coaxiales a través de las canalizaciones pertinentes, hasta el equipo de cabecera que está ubicado en el interior del recinto de instalaciones de telecomunicación único (RITU) que se encuentra en la sala de telecomunicaciones de la planta baja (ANEXO B. Instalaciones de ICT en Planta Baja).

La salida de las señales de radiodifusión sonora y televisión terrestres obtenida después de ser tratada (amplificada) por los elementos de cabecera, es dividida y mezclada con cada una de las dos señales de radiodifusión sonora y televisión por satélite, ésta salida está indicada como RTV+SAT en el ANEXO H. Esquema instalación ICT en Planta Baja y Planta Piso.

La red de distribución de la ICT comienza en la salida de la cabecera, que se encuentra en el RITU de la planta baja, a continuación, llega hasta el derivador de la planta baja

situado en el RACK de la sala de telecomunicaciones, dónde empieza la red de dispersión y termina en los Puntos de Acceso de Usuario (PAU) correspondientes.

Como podemos observar en el ANEXO C. Instalaciones de ICT en Primera Planta, la red de distribución de la ICT para la planta piso comienza en la salida de la cabecera de la planta baja y llega hasta el derivador localizado en el registro secundario de la planta piso situado en la zona destinada a impresión donde encontraremos el RACK 1. La red de dispersión comienza en los derivadores citados y termina en los Puntos de Acceso de Usuario (PAU) de la sala de jefes de operaciones, encargado material, usos múltiples y administrativos.

De este mismo RACK 1 comienza la red de distribución hasta el RACK 2 situado en la sala de servidores de la planta piso dónde encontraremos el derivador y a partir de este comienza la red de dispersión que llega hasta los PAU de la sala de servidores, la sala de reuniones, taller informático y la zona de espera.

La red de distribución que pasa por la canalización principal de la instalación está constituida por un cable coaxial con las señales citadas anteriormente. La red de dispersión está formada por el cable coaxial, que transporta la señal RTV+SAT, proveniente de los derivadores. Este cable coaxial se conecta en el PAU, y es en este punto donde el usuario de forma manual selecciona una de ellas.

La estructura del conjunto de las redes de distribución y dispersión, forman una estructura en forma de árbol. Los elementos que componen esta estructura, así como la interconexión entre éstos, pueden encontrarse de forma más detallada en los ANEXOS B, C y H.

Para el adecuado funcionamiento de las redes de distribución y dispersión, todas las salidas de derivadores, distribuidores y PAU no utilizadas serán terminadas con cargas resistivas de 75 Ohms de impedancia. Tanto la red de distribución, la de dispersión, así como la de usuario, permitirán la distribución de señales dentro de la banda de 5 a 2150 MHz.

La instalación correspondiente a la captación, adaptación y distribución de las señales de radiodifusión sonora y televisión por satélite es tratada en apartados posteriores de este mismo proyecto.

B) Señales de radiodifusión sonora y televisión terrestres que se reciben en el emplazamiento de las antenas receptoras

En el emplazamiento se reciben las siguientes señales de emisiones terrestres de entidades con título habilitante. Por los programas terrestres que se reciben en el citado emplazamiento y teniendo en cuenta las correcciones oportunas, en función de la altura prevista de las antenas y la ganancia de éstas, se han previsto los niveles de señal de los canales a distribuir indicados a continuación:

Canales autonómicos			
Nº	Programa	Canal	Señal (dBµV)
	Televisión	26	58
1	TV3 CAT		
2	3/24		
3	Super3/C33		
4	IB3		
5	IB3 HD		
6	Canal 4		
	Radio		
1	Catalunya Ràdio		
2	Canal 4 Ràdio		
3	IB3 Ràdio		

Tabla 4. Canales autonómicos

Red Global de Cobertura Nacional			
Nº	Programa	Canal	Señal (dBµV)
	Televisión	30	62
1	Antena 3		
2	Antena 3 HD		
3	la Sexta HD		

4	la Sexta	32	63
5	Neox		
6	Nova		
	Televisión		
1	BeMad TV HD		
2	AtresSeries HD		
3	Real Madrid TV		
4	TEN		
	Radio		
1	SER		
2	Los 40		
3	Dial		

Tabla 5. Canales de la Red Global de Cobertura Nacional I

Red Global de Cobertura Nacional			
Nº	Programa	Canal	Señal (dBµV)
	Televisión	35	65
1	Cuatro		
2	Telecinco HD		
3	Divinity		
4	Telecinco		
5	FDF		
6	Cuatro HD		
	Televisión	42	62
1	Clan HD		
2	Clan		
3	TDP		
4	TDP HD		
5	Dkiss		
	Radio		
1	Hit FM		
2	esRadio		
3	RNE Exterior		
4	RNE 3 HQ		
5	RNE Clásica HQ		
6	Kiss FM		

Tabla 6. Canales de la Red Global de Cobertura Nacional II

Red Global de Cobertura Nacional			
Nº	Programa	Canal	Señal (dBµV)
	Televisión	45	65
1	La 2 HD		
2	La 2		
3	La 1		
4	La 1 HD		
5	Clan		
6	24 horas		
	Radio	45	65
1	RNE 5		
2	RNE Balears	45	65
	Televisión		
1	Disney Channel	47	64
2	Paramount		
3	DMAX		
4	Gol		
	Radio	47	64
1	Cadena 100		
2	Radio Marca		
3	Vaughan Radio		
4	Radio Maria	47	64

Tabla 7. Canales de la Red Global de Cobertura Nacional III

Red Global de Cobertura Nacional			
Nº	Programa	Canal	Señal (dBµV)
	Televisión	48	61
1	Mega		
2	Trece		
3	Boing		
4	Energy	48	61
	Radio		
1	Onda Cero		
2	Europa FM		
3	Melodía FM	48	61
4	COPE		
5	Rock FM		

Tabla 8. Canales de la Red Global de Cobertura Nacional IV

Canal Local			
Nº	Programa	Canal	Señal (dBµV)
	Televisión y Radio	41	Sin señal
1	No emite		

Tabla 9. Canal Local

En la instalación definitiva de la ICT se incorporarán aquellas señales que cumplan con lo especificado en el apartado **4.1.6 del ANEXO I, del Real decreto 346/2011, de 11 de Marzo**, sin duplicar el contenido temático, es decir, el programa o cadena, y eligiendo aquellas que, por el canal utilizado o la procedencia de éstas, optimicen la captación, adaptación y distribución de las señales hasta las viviendas. [11]

C) Selección de emplazamiento y parámetros de las antenas receptoras

El emplazamiento y el soporte de las antenas estará constituido, por un tramo de mástil de 3 metros de longitud y 40 milímetros de diámetro, con un grosor mínimo de 2 milímetros, empotrado en la cubierta de la edificación. La longitud útil del mástil para la ubicación de las antenas será aproximadamente de 2,5 metros. La ubicación del poste será la que permita que haya una distancia mínima de 5 metros al obstáculo o palo más cercano y la distancia mínima a las líneas eléctricas será de 1,5 veces la longitud del palo. [21]

Tanto el mástil como todos los elementos captadores quedarán conectados, siguiendo el camino más corto posible, a la toma de tierra más cercana del edificio mediante el uso de conductor de cobre aislado de al menos 25 milímetros cuadrados de sección.

Todos los elementos que constituyen los elementos de captación de la ICT como las antenas, los tubos y los anclajes serán de materiales resistentes a la corrosión, o estarán tratados convenientemente para su resistencia. Asimismo, los tubos que sirvan de soporte a las antenas y elementos anexos tendrán que estar diseñados de forma que se impida o dificulte, la entrada de agua en ellos y, en todo caso, se garantice la evacuación de la posible agua que pueda recogerse.

Las antenas de las que se dotará la ICT serán:

- Una antena Yagi con una ganancia nominal de 13 dB para la recepción de las señales de televisión terrestre digital (bandas IV y V de UHF).
- Una antena DAB para la recepción de radio digital de ganancia 8 dB.
- Una antena dipolo plegado circular de ganancia 1 dB para la recepción de las señales de radiodifusión terrestre (banda FM). [22]

La antena Yagi para la recepción de las señales de televisión terrestre, se ubicará en la parte superior del mástil y orientada hacia el repetidor.

Por debajo de esta, con una separación de 1 metro entre ellas, encontraremos la antena dipolo plegado circular para la recepción de las señales de radiodifusión sonora terrestre. Debido a las características de omnidireccionalidad de este tipo de antenas y al hecho de que las señales de radiodifusión sonora pueden llegar a el inmueble desde cualquier dirección geográfica, no será necesaria su orientación.

Finalmente, 1 metro por debajo de la antena dipolo, encontramos la antena DAB para la recepción de las señales de radiodifusión digital terrestre.

A continuación, se indican los parámetros básicos mínimos de estas antenas:

	Antena FM	Antena UHF	Antena DAB
Servicio	FM-Radio	TV	Radio Digital
Tipo de antena	Circular-Omnidireccional	Yagi Directiva	Directiva
Ganancia	1 dB	13 dB	8 dB
Carga al viento			
130 km/h	27 N	73 N	36,5 N
150km/h	37 N	100 N	50,2 N

Tabla 10. Antenas receptoras [22]

Las antenas de la ICT se conectarán a la cabecera de TV situada en el RITU de la planta baja, mediante cable coaxial de 75 Ohm de impedancia para instalación de exteriores. La entrada de estos cables en el interior del edificio se realizará con las pertinentes canalizaciones, independientes para cada uno de los cables.

D) Cálculo de los soportes para la instalación de las antenas receptoras

En nuestro caso el conjunto de los elementos de captación de la ICT de las señales de radiodifusión sonora y televisión deberán soportar velocidades de viento de hasta 130 km/h, para alturas menores de 20 metros. En nuestra instalación el elemento más crítico es el mástil que sujeta las antenas, es por eso por lo que deberemos de hacer algunos cálculos para asegurarnos de que este mástil es capaz de soportar la fuerza del viento.

El Momento Flector Total (Mt) que deberá soportar el mástil que aguanta las antenas viene determinado por la siguiente ecuación:

$$Mt = Ma + Mm$$

Donde Ma es el momento flector del mástil debido a las antenas y Mm es el momento flector del mismo mástil, dato que los fabricantes incluyen en las especificaciones (en Newton/metro).

El momento flector debido a las antenas se calcula a partir de la Carga al viento (Q) que ofrece cada una de las antenas y su posición en el palo (altura = l), mediante la siguiente ecuación:

$$Ma = Q_1 \cdot l_1 + Q_2 \cdot l_2 + Q_3 \cdot l_3$$

$$Ma = 73N \cdot 2,5m + 27N \cdot 1,5m + 36,5N \cdot 0,5m = 241,25[N/m]$$

Una vez hechos los cálculos obtenemos un valor para el momento flector debido a las antenas (Ma) para una carga en el viento a alturas de menos de 20 m de 241,25 [N/m].



Figura 17. Mástil de 3mx40mmx2mm. Televés (s.f.), recuperada de <https://www.televés.com/es/3072-mastil-3m-x-o-40mm-x-espesor-2mm-zinc-rpr.html>

Lo más importante es comprobar que $Mt > Ma$, así pues, el mástil seleccionado deberá tener un momento flector máximo superior a 241,25 [N/m]. En nuestro caso seleccionaremos un palo de la marca

Televes de perfil redondo, de 40 milímetros de diámetro y 2 milímetros de grosor con un *Mm* de 508,72. [22] [23]

E) Plan de frecuencias

Para el establecimiento del plan de frecuencias, se toman como base aquellas que son utilizadas por las entidades habilitadas y que se reciben en el emplazamiento de las antenas y aquellas convertidas en el proceso de asignación de canales de radiofrecuencia de la captación de señales analógicas vía satélite.

Teniendo en cuenta las especificaciones que se indican en el punto **4.1.5 del ANEXO I, del Real decreto 346/2011, de 11 de Marzo**, sobre la asignación prioritaria de frecuencias a determinados servicios, se establece el siguiente plan de frecuencias: [11]

Banda	Canal	Amplitud de banda del canal (MHz)	Servicio recomendado
B I	24	47-68	NO USADA
SUB BANDA	L1 a L3	68-89	NO USADA
B II (Radio FM)	FM	88-108	FM-RADIO
BS media banda	S1 a S10	104-174	TV-SAT A/D
B III	5 a 12	174-230	TV-SAT A/D // RADIO DIGITAL TERRESTRE
BS super banda	S11 a S20	230-300	TV-SAT A/D
BS hiper banda	S21 a S41	300-447	TV-SAT A/D
B IV	21 a 37	470-606	TV A/D TERRESTRE
BV	38 a 48	606-694	TV A/D TERRESTRE
950-1446 MHz	TODOS	-	TV SAT TERRESTRE (FI)
1452-1492 MHz	TODOS	-	RADIO D SAT
1494-2150 MHz	TODOS	-	TVSAT A/D (FI)

Tabla 11. Plan de frecuencias

F) Número de tomas

En cada planta se instalarán las tomas de usuario, que se conectarán mediante la red interior en los PAU de cada zona. En la Tabla 12 podemos observar el número de tomas

de usuario (para el servicio de radiodifusión sonora y televisión, RTV), para cada zona del edificio:

PLANTA	UBICACIÓN	Nº de Tomas
Planta Baja	Hall	1
Planta Baja	Cantina	1
Planta Baja	Telecomunicaciones	1
Planta Baja	Sala Descanso	1
Planta Piso	Taller Informáticos	1
Planta Piso	Zona Espera	1
Planta Piso	Administrativos	1
Planta Piso	Jefe Operaciones	1
Planta Piso	Encargado Material	1
Planta Piso	Usos Múltiples	1
Planta Piso	Sala Servidores / Racks	1
Planta Piso	Sala Reuniones	1
Total de tomas de usuario RTV Planta Baja		4
Total de tomas de usuario RTV Planta Baja		8
Total de tomas de usuario RTV		12

Tabla 12. Número de tomas de usuario

G) Cálculo de parámetros básicos para la instalación

Se ha determinado qué toma tendrá el máximo nivel de señal y cuál será este valor tomando como dato de partida la salida a que se ajuste cada uno de los amplificadores programables que conforman la cabecera y teniendo en cuenta las atenuaciones que se producen en la instalación en las frecuencias de los canales distribuidos.

De la misma forma, se ha determinado cuál es la toma que tendrá el mínimo nivel de señal y el valor de ésta. Con los datos que se obtienen del cálculo de las atenuaciones en la mejor y peor toma de la instalación en los extremos de la banda, definiremos la respuesta amplitud-frecuencia.

- **Número de repartidores, derivadores, según cada ubicación de la red, los PAU y sus características, además de los cables utilizados.**

A continuación, se relacionan los distribuidores, derivadores y PAU:

PLANTA	ELEMENTO	CANTIDAD
Planta piso (Registro Secundario)	Derivador 2 salidas	1
Planta baja (RITU)	Derivador 2 salidas	1
Planta baja (RITU)	Mezclador-repartidor FI + RF	1
Planta baja (RITU)	Amplificador programable	1
Planta baja	PAU TV de 4 salidas	1
Planta piso RACK 1	PAU TV de 4 salidas	1
Planta piso RACK 2	PAU TV de 4 salidas	1

Tabla 13. Número de elementos

A continuación, se detallan las principales características del mezclador-repartidor, los derivadores, los PAU, el cable coaxial y las tomas de usuario.

MEZCLADOR-REPARTIDOR

- Número de entradas: 1 FI + 1 RF
- Número de salidas: 1
- Entrada SAT IN [Mhz]: 950 a 2500
- Entrada RF IN [MHz]: 47 a 790
- Salida OUT (RF + SAT) [MHz]: 47 a 2400
- Pérdidas de inserción RF [dB]: 1,5
- Pérdidas de inserción FI [dB]: 1,8
- Desacoplamiento entre entradas [dB]: 30
- Conectores: F(h) [22]

DERIVADORES

Los niveles de atenuación son los siguientes:

- Derivador de 2 salidas [22]:
 - Atenuación de paso:
 - 47-862 MHz: 2,5 dB
 - 950-2150 MHz: 2,6 dB
 - Atenuación de derivación:
 - 47-862 MHz: 12 dB
 - 950-2150 MHz: 12dB

PAU TV DE 4 SALIDA

Los niveles de atenuación de los PAU de TV usados son los siguientes:

CONECTOR		F
SALIDAS		4
BANDA	MHZ	5-2400
Perdidas de paso	5-862 MHz 960-2400 MHz	8dB 10 dB
Desacople entre salidas	5-862 MHz 960-2400 MHz	>20

Tabla 14. Características de la PAU TV [22]

CABLE COAXIAL

Frecuencia MHz	5	47	90	200	500	800	1000	1350	1750	2050	2300
Atenuación dB/m	0,01	0,04	0,05	0,09	0,14	0,19	0,21	0,25	0,29	0,32	0,35

Tabla 15 Características del cable coaxial [22]

TOMAS RTV+SAT

BANDA	TV	SAT-FI
CONECTOR	'CEI' macho	'CEI' hembra
ATENUACIONES	-	1,5 dB

Tabla 16. Características de las tomas de usuario [22]

- **Cálculo de la atenuación desde amplificadores de cabecera hasta las tomas de usuario, en la banda 47MHz-862MHz.**

Con el cálculo de las atenuaciones se han obtenido los valores de la Tabla 17 a través de la siguiente fórmula:

$$A_t = A_i (\text{mezcla FI}) + \sum A_i (\text{cables}) + A_i (\text{derivadores anteriores}) + A_d (\text{derivador}) + A_i (\text{PAU}) + A_i (\text{toma de usuario})$$

Dónde:

A_t = Atenuación total entre el amplificador de cabecera y cada toma de usuario.

A_i (mezcla FI) = Pérdidas debidas a la mezcla de las señales terrestres con las señales de satélite.

$\sum A_i$ (cables) = Pérdidas debido a los cables coaxiales entre el amplificador y las tomas de usuario.

A_i (derivadores anteriores) = Pérdidas de inserción de los derivadores de la planta superior.

A_d (derivador) = Pérdidas de inserción del derivador de planta.

A_i (PAU) = Pérdidas de inserción del PAU para cada salida.

A_i (toma de usuario) = Pérdidas de inserción de conexión de la toma de usuario.

Atenuación de las tomas de usuario, incluyendo la mejor toma y la peor toma:

Planta Baja	FM 100 MHz	DAB 200 MHz	TDT 470 MHz	TDT 694 MHz
	dB μ V			
Telecomunicaciones (Mejor Toma)	21.75	21.95	22.2	22.4
Sala Descanso	22.05	22.49	23.04	23.48

Cantina	22.35	23.03	23.88	24.56
Hall	22.8	23.84	25.14	26.18
Planta Piso Rack 1	dB μ V			
Jefe Operaciones	22	22.4	22.9	23.3
Encargado Material	22.35	23.03	23.88	24.56
Usos Múltiples	22.7	23.66	24.86	25.82
Administrativos	22.35	23.03	23.88	24.56
Planta Piso Rack 2	dB μ V			
Sala de Servidores	22.85	23.93	25.28	26.36
Sala Reuniones	23.2	24.56	26.26	27.62
Taller Informáticos	23.5	25.1	27.1	28.7
Zona Espera (Peor Toma)	23.7	25.46	27.66	29.42

Tabla 17. Atenuaciones tomas RTV

- **Amplificadores necesarios**

Debido a la altura de la edificación y al nivel de señales de radiodifusión sonora y televisión terrestres recibidas en el emplazamiento del inmueble, no es necesaria la amplificación intermedia entre la cabecera y las tomas de usuario. En nuestro caso se instalará un único amplificador programable en el RITU de la planta baja.

Desde una de las salidas de esta misma cabecera y un cable coaxial que contiene la señal de satélite (SAT) alimentaremos al mezclador-repartidor de 1RF/1FI. Así pues, a la salida de este mismo mezclador-repartidor, se obtiene una salida mediante un cable coaxial con señal de radiodifusión sonora y televisión terrestre y una señal de FI de radiodifusión sonora y televisión por satélite.

En el registro secundario de la planta superior y en el RITU, las señales del cable coaxial pasan por los correspondientes derivadores, donde comienza la red de dispersión, hasta las tomas de usuario de las distintas zonas.

La estructura de la red de distribución y dispersión desde la cabecera a los PAU puede verse de forma más detallada en los ANEXOS B, C y H, donde están los planos y esquemas de las instalaciones de radiodifusión sonora y televisión para la instalación de la ICT.

La determinación de los valores de señal máximo y mínimo que se deben proporcionar a la salida del amplificador programable se ha realizado teniendo en cuenta los valores de atenuación en la mejor y peor toma calculadas anteriormente (Tabla 17) y el nivel máximo y mínimo en la toma de usuario para cada tipo de señal. Estos valores máximos y mínimos de señal en la toma de usuario para cada servicio son los establecidos en el apartado **4.5 del ANEXO I, del Real decreto 346/2011, de 11 de marzo**, y son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{FM: } & 40\text{-}70 \text{ dB}\mu\text{V} \\ \text{DAB: } & 30\text{-}70 \text{ dB}\mu\text{V} \\ \text{TV: } & 47\text{-}70 \text{ dB}\mu\text{V} \text{ (Canales 26, 29, 30, 32, 35, 42, 45, 47 y 48) [11]} \end{aligned}$$

Los valores de la señal máxima y mínima vienen dados por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} S_{max} &= A_t(\min) + STU_{max} \\ S_{min} &= A_t(\max) + STU_{min} \end{aligned}$$

Donde S_{max} es la señal máxima de salida del amplificador, S_{min} es la señal mínima de la salida del amplificador, STU_{max} es la señal máxima en la toma de usuario y STU_{min} es la señal mínima en la toma de usuario.

Partiendo de los valores obtenidos, se determinan los valores de salida máximos y mínimos que tendrán que proporcionar a su salida cada uno de los módulos amplificadores de la cabecera:

Amplificador programable				
Señal máxima				
f (MHz)	100	200	470	694
Señal (dB)	91,95	92,31	92,76	93,21
Señal mínima				
f (MHz)	100	200	470	694
Señal (dB)	63,8	65,64	74,94	77,24

Tabla 18. Parámetros del amplificador de cabecera

Con estos valores obtenidos, se fijan los valores de salida definitivos los cuales tendrán que ajustarse a cada uno de los amplificadores de la cabecera:

Señal de salida de la cabecera				
Cabecera				
f (MHz)	100	200	470	694
Señal (dB)	78	79	84	85

Tabla 19. Valores de salida del amplificador

- Nivel de señal en las tomas en el mejor y peor de los casos

La determinación de estas atenuaciones para cada frecuencia se ha realizado teniendo en cuenta, que la atenuación total entre cada amplificador de cabecera y la toma de usuario vale:

$$A_t = A_i (\text{mezcla FI}) + \sum A_i (\text{cables}) + A_i (\text{derivadores anteriores}) + A_d (\text{derivador}) + A_i (\text{PAU}) + A_i (\text{toma de usuario})$$

A continuación, se indican cuáles son las tomas con mejor y peor señal.

- Nivel de señal máxima en la toma más favorable (en verde).

Planta Baja			Canales DAB, FM y TDT			
CANAL			FM	DAB	TDT	TDT
Frecuencia	MHz		100	200	470	694
Mezclador			1,5 dB	1,5 dB	1,5 dB	1,5 dB
Derivador 2 salidas			12 dB	12 dB	12 dB	12 dB
PAU TV 4 salidas			8 dB	8 dB	8 dB	8 dB
Telecomunicaciones	Coaxial (metros)	5	0.25 dB	0.45 dB	0.7 dB	0.9 dB
Sala Descanso	Coaxial (metros)	11	0.55 dB	0.99 dB	1.54 dB	1.98 dB
Cantina	Coaxial (metros)	17	0.85 dB	1.53 dB	2.38 dB	3.06 dB
Hall	Coaxial (metros)	26	1.3 dB	2.34 dB	3.64dB	4.68 dB
Telecomunicaciones	Atenuación (dB)		21.75	21.95	22.2	22.4
	Señal a la toma (dB)		56.25	57.05	61.8	61.96
Sala Descanso	Atenuación (dB)		22.05	22.49	23.04	23.48
	Señal a la toma (dB)		55.95	56.51	60.96	61.52
Cantina	Atenuación (dB)		22.35	23.03	23.88	24.56
	Señal a la toma (dB)		55.65	55.97	60.12	60.44
Hall	Atenuación (dB)		22.8	23.84	25.14	26.18
	Señal a la toma (dB)		55.2	55.16	58.86	58.82

Tabla 20. Nivel de señal máximo RTV

- Nivel de señal mínima en la toma más desfavorable (en rojo).

Planta Piso			Canales DAB, FM y TDT			
CANAL			FM	DAB	TDT	TDT
Frecuencia	MHz		100	200	470	694
Mezclador			1,5 dB	1,5 dB	1,5 dB	1,5 dB
Derivador 2 salidas			12 dB	12 dB	12 dB	12 dB
PAU TV 4 salidas			8 dB	8 dB	8 dB	8 dB
Jefe Operaciones	Coaxial (metros)	10	0.5 dB	0.9 dB	1.4 dB	1.8 dB
Encargado Material	Coaxial (metros)	17	0.85 dB	1.53 dB	2.38 dB	3.06 dB
Administrativos	Coaxial (metros)	17	0.85 dB	1.53 dB	2.38 dB	3.06 dB
Usos Múltiples	Coaxial (metros)	24	1.2 dB	2.16 dB	3.36 dB	4.32 dB
Sala Servidores	Coaxial (metros)	27	1.35 dB	2.43 dB	3.78 dB	4.86 dB
Sala Reuniones	Coaxial (metros)	34	1.7 dB	3.06 dB	4.76 dB	6.12 dB
Taller Informático	Coaxial (metros)	40	2 dB	3.6 dB	5.6 dB	7.2 dB
Zona Espera	Coaxial (metros)	44	2.2 dB	3.96 dB	6.16 dB	7.92 dB
Jefe Operaciones	Atenuación (dB)		22	22.4	22.9	23.3
	Señal a la toma (dB)		56	56.6	61.1	61.7
Encargado Material	Atenuación (dB)		22.35	23.03	23.88	24.56
	Señal a la toma (dB)		55.65	55.97	60.12	60.44
Administrativos	Atenuación (dB)		22.35	23.03	23.88	24.56
	Señal a la toma (dB)		55.65	55.97	60.12	60.44
Usos Múltiples	Atenuación (dB)		22.7	23.66	24.86	25.82
	Señal a la toma (dB)		55.3	55.34	59.14	59.18
Sala Servidores	Atenuación (dB)		22.85	23.93	25.28	26.36
	Señal a la toma (dB)		55.15	55.07	58.72	58.64
Sala Reuniones	Atenuación (dB)		23.2	24.56	26.26	27.62
	Señal a la toma (dB)		54.8	54.44	57.74	57.38
Taller Informático	Atenuación (dB)		23.5	25.1	27.1	28.7
	Señal a la toma (dB)		54.5	53.9	56.9	56.3
Zona Espera	Atenuación (dB)		23.7	25.46	27.66	29.42
	Señal a la toma (dB)		54.3	53.54	56.34	55.58

Tabla 21. Nivel de señal mínimo RTV

Igualmente, todos estos niveles se encuentran dentro de los valores que se establecen en el apartado 4.5 del ANEXO I, del Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo.

- **Número máximo de canales de televisión incluyendo los considerados en el proyecto original que puede distribuir la instalación**

En nuestro caso, al no existir amplificación intermedia en la red de distribución, no será necesario el desarrollo de este apartado en el proyecto técnico.

H) Descripción de los componentes de la instalación

A continuación, se detallarán cuáles son los principales componentes de la instalación y en el apartado Pliego de Condiciones se detallarán sus características.

a. Sistemas captadores

Cantidad	Descripción
1	Antena UHF
1	Antena DAB
1	Antena circular FM
1	Mástil de 40mm de Ø de 2mm de espesor

Tabla 22. Número de elementos de captación

b. Amplificadores

El amplificador que conforma la cabecera ICT para la adaptación de las señales que procesa es el siguiente:

Cantidad	Descripción
1	Amplificador programable

Tabla 23. Número de amplificadores

c. Mezcladores

El mezclador que conforma la cabecera ICT para la adaptación de señales de TV y satélite es el siguiente:

Cantidad	Descripción
1	Mezclador-Repartidor 1FI-1RTV

Tabla 24. Número de mezcladores

d. Distribuidores y derivadores

Los distribuidores y derivadores que se utilizarán para enviar a los usuarios las señales que se procesan en la cabecera, serán los siguientes:

Cantidad	Descripción
3	PAU TV 4 salidas 5-2400 MHz
2	Derivador de 2 salidas 5-2400 MHz (12 dB)

Tabla 25. Número de distribuidores y derivadores

e. Cables

Los cables usados tanto en la red de distribución como en la red de dispersión cumplirán con todos los parámetros y las especificaciones descritas en el reglamento.

Frecuencia MHz	5	47	90	200	500	800	1000	1350	1750	2050	2300
Atenuación dB/m	0,01	0,04	0,05	0,09	0,14	0,19	0,21	0,25	0,29	0,32	0,35

Tabla 26. Características del cable coaxial para frecuencias terrestres

f. Material complementario

Cantidad	Descripción
12	Bases de tomas de usuario con salidas TV-FM y SAT

Tabla 27. Número de tomas de TV-FM y SAT

- **Distribución de radiodifusión sonora y televisión por satélite**

La normativa vigente no exige la instalación de los equipos necesarios para recibir este tipo de servicio, sin embargo, podemos tenerla en cuenta para una futura incorporación. A continuación, se realiza el estudio de forma previsible, suponiendo que se distribuirán canales analógicos libres modulados en AM.

A) Previsión para incorporar la señal satélite

Como hemos comentado hasta ahora durante la instalación de los sistemas de captación, se dejarán instaladas las bases en la azotea que servirán de soporte a las antenas parabólicas. En el interior del RITU de la planta baja, destinaremos un espacio específico y suficiente para la instalación de los componentes necesarios para el procesamiento,

amplificación y mezcla de las señales de satélite que se desean distribuir, tanto analógicas como digitales.

B) Mezcla de señales de radiodifusión sonora y TV vía por satélite con las terrestres

Internamente en el edificio se reparte la señal terrestre y esta se mezcla con la línea FI, generándose una sola salida RTV + SAT.

C) Cálculo de los parámetros básicos de la instalación

- **Cálculo de la atenuación desde los amplificadores de cabecera hasta las tomas de usuario, en la banda 950 MHz - 2150 MHz.**

A continuación, se relacionan los valores calculados de atenuación en cada toma de usuario, desde de los amplificadores de cabecera hasta la propia toma, para la banda de 950 a 2150 MHz. Los valores han sido obtenidos a través de la siguiente fórmula:

$$A_t = A_i (\text{mezcla FI}) + \sum A_i (\text{cables}) + A_i (\text{derivadores anteriores}) + A_d (\text{derivador}) + A_i (\text{PAU}) + A_i (\text{toma de usuario})$$

Características del cable coaxial:

Frecuencia MHz	1000 MHz	1350 MHz	1750 MHz	2050 MHz	2300 MHz
Atenuación dB/m	0,21	0,25	0,29	0,32	0,35

Tabla 28. Características del cable coaxial para frecuencias de satélite

	SAT	SAT
Planta Baja	950	2150
	dBμV	
Telecomunicaciones (Mejor Toma)	22.55	23.15
Sala Descanso	23.81	25.13
Cantina	25.07	27.11
Hall	26.96	30.08
Planta Piso Rack 1	dBμV	
Jefe Operaciones	23.6	24.8
Encargado Material	25.07	27.11
Administrativos	25.07	27.11
Usos Múltiples	26.54	29.42
Planta Piso Rack 2	dBμV	
Sala de Servidores	27.17	30.41

Sala Reuniones	28.64	32.72
Taller Informáticos	29.9	34.7
Zona Espera (Peor Toma)	30.74	36.02

Tabla 29. Atenuaciones tomas SAT

a. Amplificadores necesarios

Según lo especificado en el apartado **4.5 del ANEXO I, del Real decreto 346/2011, de 11 de marzo**, los niveles de señal en la toma de usuario, para los tipos de modulación utilizados son los siguientes: QPSK-TV \rightarrow 47 - 77 dB μ V. Se presentan en las siguientes tablas, las atenuaciones correspondientes a las redes de distribución, dispersión y usuario, incluyendo todos sus componentes, dentro de la banda 950 - 2150 MHz, para la mejor y peor toma de la instalación:

Niveles de atenuación a la mejor y peor toma 950-2150 MHz		
Mejor toma: Sala Telecomunicaciones (PB)		
Frecuencia (MHz)	950	2150
Atenuación (dB)	22.55	23.15

Tabla 30. Nivel de atenuación en la mejor toma SAT

Niveles de atenuación a la mejor y peor toma 950-2150 MHz		
Peor toma: Zona Espera (P1)		
Frecuencia (MHz)	950	2150
Atenuación (dB)	30.74	36.02

Tabla 31. Nivel de atenuación en la peor toma SAT

Tomando estos valores y los valores de los niveles de señal máximo y mínimo en las tomas de usuario, se determinan los valores máximo y mínimo de salida de los amplificadores FI-SAT en la cabecera:

$$S_{max\ amp} = A_t (min) (22.55) + 77\ dB\mu V = 99.55\ dB\mu V$$

$$S_{min\ amp} = A_t (max) (36.02) + 47\ dB\mu V = 83.02\ dB\mu V$$

Los valores medios de los niveles de salida del amplificador FI-SAT en la cabecera son:

$$S_{media\ amp} = (S_{max\ amp} + S_{min\ amp}) / 2 = 91\ dB\mu V$$

b. Niveles de señal en toma de usuario en el mejor y peor caso

Con los niveles de salida indicados anteriormente por los amplificadores FI-SAT, se pueden determinar los valores de señal a la mejor y peor toma de usuario:

			Canales SAT	
CANAL			SAT	SAT
Frecuencia		MHz	950	2150
Mezclador			1,8 dB	1,8 dB
Derivador 2 salidas			12 dB	12 dB
PAU TV 4 salidas			10 dB	10 dB
Telecomunicaciones	Coaxial (metros)	5	1.05 dB	1.65 dB
Sala Descanso	Coaxial (metros)	11	2.31 dB	3.63 dB
Cantina	Coaxial (metros)	17	3.57 dB	5.61 dB
Hall	Coaxial (metros)	26	5.46 dB	8.58 dB
Telecomunicaciones	Atenuación (dB)		22.55	23.15
	Señal a la toma (dB)		68.45	67.85
Sala Descanso	Atenuación (dB)		23.81	25.13
	Señal a la toma (dB)		67.19	65.87
Cantina	Atenuación (dB)		25.07	27.11
	Señal a la toma (dB)		65.93	63.89
Hall	Atenuación (dB)		26.96	30.08
	Señal a la toma (dB)		64.04	60.92

Tabla 32. Nivel de señal máxima SAT

			Canales SAT	
CANAL			SAT	SAT
Frecuencia		MHz	950	2150
Mezclador			1,8 dB	1,8 dB
Derivador 2 salidas			12 dB	12 dB
PAU TV 4 salidas			10 dB	10 dB
Jefe Operaciones	Coaxial (metros)	10	2.1 dB	3.3 dB
Encargado Material	Coaxial (metros)	17	3.57 dB	5.61 dB
Administrativos	Coaxial (metros)	17	3.57 dB	5.61 dB
Usos Múltiples	Coaxial (metros)	24	5.04 dB	7.92 dB
Sala de Servidores	Coaxial (metros)	27	5.67 dB	8.91 dB
Sala Reuniones	Coaxial (metros)	34	7.14 dB	11.22 dB
Taller Informáticos	Coaxial (metros)	40	8.4 dB	13.2 dB
Zona Espera	Coaxial (metros)	44	9.24 dB	14.52 dB
Jefe Operaciones	Atenuación (dB)		23.6	24.8
	Señal a la toma (dB)		67.4	66.2
Encargado Administrativos	Atenuación (dB)		25.07	27.11
	Señal a la toma (dB)		65.93	63.89
Usos Múltiples	Atenuación (dB)		25.07	27.11
	Señal a la toma (dB)		65.93	63.89
Sala Servidores	Atenuación (dB)		26.54	30.41
	Señal a la toma (dB)		64.46	60.59
Sala Reuniones	Atenuación (dB)		28.54	32.72
	Señal a la toma (dB)		62.46	58.28
Taller Informático	Atenuación (dB)		29.9	34.7
	Señal a la toma (dB)		61.1	56.3
Zona Espera	Atenuación (dB)		30.74	36.02
	Señal a la toma (dB)		60.26	54.98

Tabla 33. Nivel de señal mínima SAT

6.4.2.2. Planos

Tal como describe la **Orden Ministerial ITC/1644/2011. ANEXO 1. Apartado 2. Planos**, en este capítulo incluiremos en forma de anexo los planos y esquemas necesarios para el diseño de la ICT que describimos en este proyecto técnico. De esta manera se pueden ubicar en los lugares adecuados los elementos requeridos en la memoria, de acuerdo con las características de los mismos incluidas en el Pliego de Condiciones. [21]

- **ANEXO A. Plano general del edificio.**
- **ANEXO B. Instalaciones de ICT en Planta Baja.**
- **ANEXO C. Instalaciones de ICT en Primera Planta.**
- **ANEXO D. Esquema de las canalizaciones.**
- **ANEXO E. Esquema de la instalación RTV+SAT.**
- **ANEXO F. Esquema de la red de cableado UTP RJ45.**
- **ANEXO G. Esquema de la red de cableado de la FO.**

6.4.2.3. Pliego de condiciones

Siguiendo con la **Orden Ministerial ITC/1644/2011. Anexo 1. Apartado 3. Pliego de condiciones**, el pliego de condiciones *constituirá la parte del Proyecto Técnico en la que se describan los materiales, de forma genérica o bien particularizada de productos de fabricantes concretos, y además, se completará con aquellas recomendaciones específicas que deban ser tenidas en cuenta de la legislación de aplicación, así como con una relación nominativa de las Normas, legislaciones y recomendaciones que, con carácter genérico, deban ser tenidas en cuenta en este tipo de instalaciones.* [21]

Este pliego de condiciones afecta de forma directa a la ejecución de las obras que comprende este proyecto y a la vez, expone que las condiciones descritas en este pliego serán las mínimas aceptables para la realización del proyecto de ICT. El contratista cumplirá en todo momento con estas condiciones en relación con la calidad de los materiales usados, la ejecución de la obra, el material de obra, precios y medidas. Además, queda obligado a acatar cualquier decisión que el ingeniero o ingeniero técnico en

telecomunicaciones director de la obra formule durante el desarrollo y hasta el final de esta misma.

Encontramos descritas dos tipos de condiciones, las condiciones particulares y las condiciones generales que describiremos a continuación.

Condiciones particulares

En este apartado incluiremos de forma concreta las especificaciones de los elementos, materiales, procedimientos o condiciones de la instalación y el cuadro de medidas, para cada tipo de servicio de acuerdo con lo que se establece en el **Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo** y en la **Orden Ministerial ITC/1644/2011 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio**. [11] [21]

- **Radiodifusión sonora y televisión**

Para los cálculos de la red de radiodifusión sonora y TV de nuestra instalación usaremos como material de referencia el de la marca TELEVES. [22]

A) Condiciones de acceso a los sistemas de captación

El sistema de captación será accesible desde las zonas comunes del edificio para poder realizar las tareas de mantenimiento correspondiente. En nuestro caso, el acceso a la azotea del edificio se realizará a través de la misma escalera común.

B) Características de los sistemas de captación

Cuando nos referimos al sistema de captación englobamos en este mismo concepto el conjunto de elementos formado por las antenas, mástiles, torretas y otros elementos de sujeción necesarios para la recepción de las señales transmitidas para las entidades con título habilitante.

Las características de las antenas usadas en nuestras instalaciones para la recepción de la señal de radiodifusión sonora y televisión terrestre son las siguientes:



Figura 18. Antena de Fm Recepción de radio. Teledes (s.f.) recuperada de <https://www.teledes.com/es/1201-antena-de-fm-recepcion-de-radio.html>

Antena FM	
Tipo	Omnidireccional
Frecuencias	88-108 MHz
Ganancia	1 dB
Carga al viento	
Altura <20	27 N (130 Km/h)
Altura >20	37 N (150 Km/h)
Relación D/A	0 dB

Tabla 34. Características de la antena FM [22]

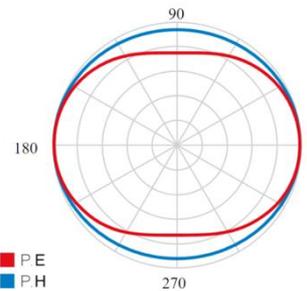


Figura 19. Diagrama de radiación FM. Teledes (s.f.) recuperada de <https://www.teledes.com/es/1201-antena-de-fm-recepcion-de-radio.html>



Figura 20. Antena de DAB. Teledes (s.f.) recuperada de <https://www.teledes.com/es/1050xx-antenadab-antena-de-dab-biii.html>

Antena DAB	
Tipo	Directiva
Frecuencias	190-232 MHz
Ganancia	13 dB
Carga al viento	
Altura <20	36,5 N (130 Km/h)
Altura >20	50,2 N (150 Km/h)
Relación D/A	>25 dB

Tabla 35. Características de la antena DAB [22]

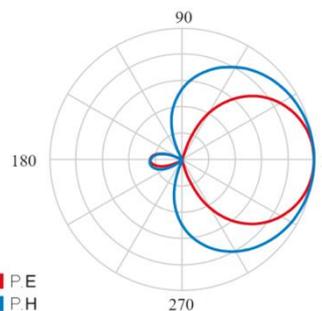


Figura 21. Diagrama de radiación DAB. Teledes (s.f.) recuperada de <https://www.teledes.com/es/1050xx-antenadab-antena-de-dab-biii.html>



Figura 22. Antena tipo Yagi. Televes (s.f.), recuperada de <https://www.televes.com/es/distribucion-tv/antenas-terrestres/pasivas/uhf/11212x-antena-l-700-antena-l-700-18-elementos.html>

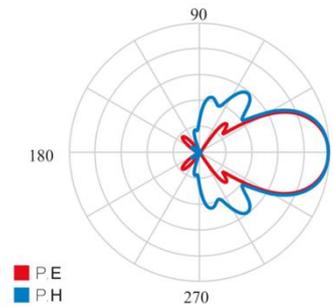


Figura 23. Diagrama de radiación Yagi. Televes (s.f.), recuperada de <https://www.televes.com/es/distribucion-tv/antenas-terrestres/pasivas/uhf/11212x-antena-l-700-antena-l-700-18-elementos.html>

Antena Yagi	
Tipo	Directiva
Frecuencias	470-790 MHz
Ganancia	13 dB
Carga al viento	
Altura <20	73 N (130 Km/h)
Altura >20	100 N (150 Km/h)
Relación D/A	>25 dB

Tabla 36. Características de la antena Yagi [22]

Condiciones de instalación

Las antenas para la recepción de las señales de radiodifusión sonora y televisión terrestre se colocarán en el poste correspondiente, con una separación de 1 metro entre sus puntos de anclaje. Además, el reglamento indica que hay que mantener una distancia mínima de 5 metros entre los elementos de soporte y el obstáculo más cercano, y una distancia mínima de 1,5 veces la longitud del soporte entre éste y las líneas eléctricas. Estas condiciones se deberán de tener en cuenta en el momento de la instalación de estos elementos.

Por otra parte, para la fijación de las antenas a la cubierta se utilizarán los elementos de fijación proporcionados por el fabricante, teniendo siempre en cuenta que el conjunto formado por las bases y los elementos de anclaje tendrán que ser capaces de soportar los esfuerzos indicados en el correspondiente apartado D) Cálculo de soportes para la instalación de las antenas receptoras. La distancia entre la ubicación de las bases será de 1,5 metros, como mínimo, a fin de permitir la correcta orientación.

El punto exacto de su ubicación será objeto de la dirección de obra, para evitar que se puedan producir sombras electromagnéticas entre los diferentes sistemas de captación. Tanto las antenas como los elementos de fijación como los soportes, anclajes, ... Tendrán que ser de materiales resistentes a la corrosión o tratados convenientemente al efecto. Los palos o tubos que sirvan de soporte a las antenas y elementos anexos tendrán que impedir, o al menos dificultar la entrada de agua.

Conexión a tierra de los sistemas de captación

Todas las partes accesibles de la instalación que deban ser manipuladas o con las que el cuerpo humano pueda establecer contacto, tendrán que estar conectadas a tierra o adecuadamente aisladas.

Con el fin exclusivo de proteger el equipamiento captador y para evitar diferencias de potencial peligrosas entre éste y cualquier otra estructura conductora, todo el equipamiento captador deberá permitir la conexión de un elemento conductor, de una sección de cobre de al menos 25 milímetros, con el sistema de protección general del edificio. Asimismo, si el edificio se equipa con pararrayos, tendrán que conectarse a éste, a través del camino más corto posible con un cable de igual sección.

Antes de proceder a realizar la conexión al sistema general de tierra del inmueble se deberá medir la resistencia eléctrica, que no puede ser superior a 10 Ohms respecto a la tierra. En caso de que esta medida no sea correcta debe reclamarse a la dirección de obra del inmueble, o al constructor, la corrección de esta para que ofrezca ese valor. Sólo cuando se obtenga la medida correcta se procederá a realizar la citada conexión.

C) Características de los sistemas activos

Las señales distribuidas en esta ICT lo serán con su modulación original. El equipamiento de cabecera deberá respetar la integridad de los servicios asociados a cada canal (teletexto, sonido estereofónico...) y permitirá la transmisión de servicios digitales. Instalaremos en el RITU un equipo amplificador programable. Las características de este amplificador son las siguientes:

Entradas	47-694 MHz + 930-2400 MHz			
Canales	FM	DAB	TDT	SAT
Nivel de salida (dBμV)	118			-
Impedancia de entrada y salida	75 Ω			
Conectores de entrada y salida	F(h)			
Ganancia (dB)	25	71	41	
Margen de regulación de la ganancia (dB)	0-25/OFF	0-30 (auto)	0-30	
Figura de sonido	< 2,8 dB			

Tabla 37. Características del amplificador programable [22]

D) Características de los sistemas pasivos

En cualquier punto de la red se mantendrán las siguientes características:

Parámetro	Unidades	Banda de frecuencia	
		5-862 MHz	950-2150MHz
Impedancia	Ohm	75	75

Tabla 38. Características de las impedancias [22]

A continuación, se detallan las características principales de los elementos pasivos usados para los servicios de radiodifusión sonora y televisión terrestre:

a) Mezclador

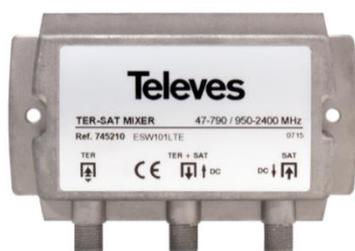


Figura 24. Mezclador. Televes (s.f.), recuperada de <https://www.televes.com/es/mezclador-smatv-mezclador-de-se-al-terrestre-y-satelite-2-entradas-matv-fi.html>.

Mezclador	
Entradas	TV + FI
Atenuación de inserción	1,5 dB TV y 1,8 dB FI
Cantidad	1

Tabla 39. Características del mezclador [22]

b) Derivador

Derivador 2 salidas	
Atenuación de paso	47-2150 MHz: 2,5 dB
Atenuación de derivación	47-862MHz: 12 dB 950-2150 MHz: 12dB
Cantidad	2

Tabla 40. Características del derivador [22]



Figura 25. Derivador de 2 salidas. Top eléctrico (s.f.), recuperada de <https://www.topelectrico.com/derivador-f-2-salidas-12db-interior-c-plantas-6-7-televes-1865.html>

c) PAU TV

PAU 4 salidas	
Atenuación de paso	47-862 MHz: 8 dB 950-2150 MHz: 10 dB
Cantidad	3

Tabla 41. Características de la PAU TV con 4 salidas [22]



Figura 26. Pau de 4 salidas. Distribuciones eléctricas (s.f.), recuperada de <https://distribucioneselectricas.com/pau-repartidor/988-pau-repartidor-4-salidas-conector-f-5-2400-759db-televes-5154.html>

d) Tomas RTV+SAT

Se usarán tomas terminales separadoras de usuario que soportan señales de RTV/FM y SAT. Los niveles de atenuación son los siguientes:

Tomas de usuario RTV + SAT		
Frecuencias	RTV	5-47 / 47-862
	SAT	950-2150 / 2150-1400
Atenuación de paso	RTV	47-862 MHz: 0 dB
	SAT	950-2400 MHz: 1,5 dB
Desacople entre salidas	RTV	47-862 MHz: >8 / >10
	SAT	950-2400 MHz: >8 / >15
Cantidad	10	

Tabla 42. Características de tomas de usuario RTV-SAT [22]



Figura 27. Toma usuario RTV+SAT. Televes (s.f.), recuperada de <https://www.televes.com/es/52x6-4301-toma-terminal-toma-terminal-separadora-2-conectores-fm-tv-sat.html>

e) Cable coaxial

Los cables usados deberán de reunir las características técnicas que permitan el cumplimiento de los objetivos de calidad descritos en el proyecto.

Frecuencia MHz	5	47	90	200	500	800	1000	1350	1750	2050	2300
Atenuación dB/m	0,01	0,04	0,05	0,09	0,14	0,19	0,21	0,25	0,29	0,32	0,35

Tabla 43. Cable coaxial [22] [24]



Figura 28. Características Cable Coaxial. Televés (s.f.), recuperada de <https://www.televes.com/es/4135xx-coaxial-sk125-cable-coaxial-sk125plus-18vatc-euroclase-eca-y-blindaje-clase-a.html>

Condiciones generales

En este apartado se recogerán las normas y requisitos legales que sean de aplicación, con carácter general, a la ICT proyectada, incluyendo algunas referencias específicas a:

3.2.A Reglamento de ICT y Normas Anexas.

3.2.B *Normativa vigente sobre Prevención de Riesgos Laborales, acompañada de una relación exhaustiva de las actividades y tareas que deben realizarse para la ejecución de las infraestructuras proyectadas, así como para el mantenimiento posterior de las mismas, para que el responsable de la redacción del Estudio de Seguridad y Salud o el Estudio Básico de Seguridad y Salud evalúe los riesgos que se derivan de las mismas y establezca las medidas preventivas adecuadas que deben ser incluidas en el Plan de Seguridad y Salud de la Obra e implementadas por parte del coordinador de seguridad y salud de la obra en cuestión. Especial atención deberá observarse en relación con las actividades y tareas a realizar, en fase de mantenimiento de la infraestructura. Sobre la cubierta de la edificación y el acceso a la misma, al objeto de que se garantice la permanencia con carácter indefinido de las medidas de protección que se hayan definido como necesarias para realizar las citadas actividades o tareas. Esta información se podrá incluir en forma de apéndice o anexo al proyecto, en orden a facilitar su entrega al responsable o encargado de realizar los citados estudios.*

3.2.C Normativa sobre protección contra campos electromagnéticos.

3.2.D Secreto de las comunicaciones.

3.2.E Normativa sobre gestión de residuos.

3.2.F Normativa en materia de protección contra incendios. Deberá incluirse una declaración de que todos los materiales prescritos cumplen la normativa vigente en materia de protección contra incendios. En el diseño de las canalizaciones se tendrá en cuenta el mantenimiento de la resistencia al fuego de los elementos de compartimentación, en coordinación con el responsable del proyecto de edificación. [21]

Como podemos observar según la **Orden Ministerial ITC/1644/2011, de 10 de junio, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio** en este apartado de Condiciones Generales deben figurar principalmente normas y requisitos legales de aplicación a nuestro proyecto de instalación de la ICT. Al ser un apartado que va a basarse en la enumeración de una legislación muy extensa y que va a ocupar un número considerable de folios de mi Trabajo Final de Grado, al tener en cuenta que ya hemos tratado de forma breve el tema de la normativa aplicable a la ICT en apartados anteriores y al estar tratándose de un proyecto técnico ficticio, previamente consensuado con mi tutor, hemos decidido no abordar este apartado de forma extensa.

Es por eso que adjuntamos a carácter informativo el párrafo anterior que podemos encontrar en el **ANEXO I de la Orden Ministerial ITC/1644/2011, de 10 de junio**, para saber que normativas y regulaciones deberíamos de tratar en este apartado si se tratase de un proyecto técnico real. Haciendo hincapié principalmente en:

- El reglamento ICT.
- La normativa vigente sobre Prevención de Riesgos Laborales.
- La normativa sobre protección contra campos electromagnéticos.
- La normativa que garantiza el Secreto de las comunicaciones.
- La normativa sobre gestión de residuos.
- La normativa en materia de protección contra incendios.

6.4.2.4. Presupuesto

Finalmente, para terminar con el proyecto de la ICT y tal y como indica la **Orden Ministerial ITC/1644/2011, de 10 de junio**, en el presupuesto especificaremos el número de unidades y precio de las unidades. [21]

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Importe total
Arqueta 40X40X60cm	1	23,90€	23,90€
Tubo decaplast o similar 63mm	90 m	0,84 €/m	75,6 €/m
Anillo de cobre para toma tierra	7	3,37€	23,59€
Puerta metálica RITU	1	68,00€	68€
Sist. Escal/canal	1	120,20€	120,20€
Cable para toma tierra 25mm de cobre	11 m	4,78 €/m	52,58€
Codos para tubo de PVC	5	2,89€	14,45€
Tubo de PVC corrugado	2353 m	0,55€	1.294,15€
Conductor rígido 750 1,5mm de cobre	47	0,14€	6,58€
Bloqueo autónomo de emergencia	1	39,07€	39,07€
Armario 50X50X30cm con normativa 60670-1	1	120,80€	120,80€
Armario 50X100X30 con normativa 60670-1	1	98,84€	98,84€
Distribuidor Modular 16 fibras	1	92,54€	92,54€
IMCG 230/400 Vac, 25ª, corte 6kA	1	15,63€	15,63€
IMCO 230/400 Vac, 25ª, corte 6kA	1	16,71€	16,71€
Caja de protección de 28 módulos	1	79,09€	79,09€
Conductor 0.6/1Kv 2x6 de cobre	1	1,37€	1,37€
Cable coaxial CVT PVC ECA clase A	162 m	0,46€	74,52€
Antena UHF	1	41,30€	41,30€
Antena DAB	1	39,69€	39,69€
Antena FM circular	1	27,07€	27,07€
mástil 3000X40X2	1	30,04€	30,04€
Base T fijación antena parabólica	1	28,46€	28,46€
Hierros encastados para fijación antena SAT	1	14,58€	14,58€
Antena parabólica SAT	1	66,39€	66,39€
Avant x Pro TV+SAT (amplificador programable)	1	428,40€	428,40€
Registro secundario 450x450x150mm	1	31,98€	31,98€
Derivador 2 salidas 5-2400 MHz	2	6,60€	13,20€
Carga terminal 75 Ohms	2	0,58€	1,16€
Cable UTP Cat 6 4 pares LSZH	2.105 m	1,02€	2.147,10€
Cable	4 m	5,86€	23,44€
Conector FO SC/APC monomodo	11	1,5€	16,5€
Caja de distribución 8 Fibras	2	16,98€	33,96€
Casete organizador de cables y protección de empalmes	2	3,77€	7,54€

Empalme mecánico universal FO	11	12,94€	142,34€
Conector macho tipo F	6	0,40€	2,4€
Cable FO monomodo 9/125 LSZH	45 m	0,79€/m	35,55€/m
Conector FO SC/APC monomodo 125 micras	11	1,5€	16,5€
Cable de cobre 2x2,5mm+T	100 m	0,61€	61€
Enchufe con base de tierra lateral 10/16A	3	3,38€	10,14€
RJ45 macho UTP cat 6	146	2,21€	322,66€
Cable 16 fibras monomodo LSFH Dca	100 m	2 €/m	200 €/m
Conector FO SC/APC monomodo	11	1,5€	16,5€
PAU TV 4 salidas	3	12,03€	36,09€
Switch 24 puertos RJ45 Gestionable TpLink TL-SG3428XMP	1	550€	550€
Switch 48 puertos RJ45 Gestionable TpLink SG3452XMPP	3	1.117,35€	3.352,05€
Patch Panel 24 puertos RJ45	1	39,99€	39,99€
Patch Panel 48 puertos RJ45	3	77,73€	233,19€
Cables Conectores de switch a patch panel UTP Cat 6	146	2,42€	353,32€
Roseta de FO de 4 conectores SC/APC monomodo	3	40,80€	122,4€
Caja de registro universal (Tomas rj45 TV FO)	157	0,28€	43,96€
Toma de TV+SAT + embellecedor	12	8,17€	98,04€
Toma RJ34 cat6 UTP + embellecedor	146	8,05€	1.175,03€
Toma FO SC/APC + embellecedor	11	3,68€	40,48€
Rack de telecomunicaciones de 8 unidades 600x2050x800mm	3	925€	2.775€
TOTAL			14.447,56€

Tabla 44. Presupuesto instalación ICT

6.5. Proyecto domótico

Una vez explicados los principales conceptos de la domótica y del sistema KNX en el apartado 6.2. Estudio de la infraestructura domótica de esta misma memoria, aplicaremos los conocimientos aprendidos para diseñar y elaborar el proyecto domótico.

Para este proyecto usaremos una estructura domótica distribuida basada en KNX, ya que es la topología más indicada para el inmueble a estudio. Los dispositivos que implantaremos en esta instalación serán los fundamentales para una instalación domótica

de este calibre. Cada una de las instalaciones que encontraremos en cada zona o planta se integrará conjuntamente a través del sistema de gestión de edificios BMS (*Building Management System*) que permitirá la gestión inteligente de todo el edificio. Este sistema de gestión permitirá controlar de forma generalizada y remota todos los dispositivos del edificio, para llevar a cabo un análisis de las diferentes funcionalidades como: los consumos, la calidad del aire, la temperatura y humedad, la apertura o cierre de las persianas, ...

6.5.1. Requisitos de la instalación

Teniendo en cuenta que el edificio consta de dos plantas los requisitos de la red domótica pueden ser ligeramente diferentes en cada planta y sala según las necesidades a cumplir. Las hemos dividido en dos grupos, la instalación de los espacios comunes y la instalación de las oficinas.

Espacios comunes

Los espacios comunes constarán de las siguientes instalaciones.

- **Sistema de iluminación**

La instalación constará de una instalación domótica de iluminación que permita controlar la iluminación de cada planta en los espacios comunes, permitiendo el encendido y apagado individual de un conjunto de luces o de forma general.

- **Sistema de seguridad**

El edificio tendrá un sistema de seguridad domótico, ya sea en términos de seguridad frente a intrusiones o en términos de seguridad frente a incendios. Por eso contará con un sistema domótico de sensores de presencia y con un sistema domótico contra incendios con detectores de humo y temperatura.

- **Sistema de visualización e interacción**

Los espacios comunes también dispondrán de un sistema de visualización que permita la interacción con toda la instalación domótica. En cada zona encontraremos una interfaz de usuario para controlar los diferentes dispositivos domóticos.

Oficinas

Las oficinas van a contar con las siguientes instalaciones.

- **Sistema de iluminación**

Igual que en los espacios comunes, la instalación domótica de iluminación permitirá controlar la iluminación en cada oficina, permitiendo la regulación independiente de los conjuntos de luces y encendidos y apagados generales.

- **Sistema de persianas**

Para las oficinas, la red domótica contará con un sistema que permita el control y la automatización de las persianas. En cada oficina se podrán subir o bajar las persianas con una interfaz táctil.

- **Sistema de visualización e interacción**

En las oficinas también colocaremos un sistema de visualización que permita la interacción con toda la instalación domótica. En cada una de ellas encontraremos una interfaz de usuario para controlar los diferentes dispositivos domóticos.

6.5.2. Componentes de la instalación

A continuación, detallaremos cuales son los componentes KNX que instalaremos en los diferentes espacios del edificio. De forma breve explicaremos su funcionalidad y cuáles son las principales características. La marca de referencia con la que trabajaremos es Zennio, sin embargo, puede que también usemos algunos dispositivos de otras marcas.

Fuente de alimentación

Fuente de alimentación KKUPSupply 640mA con fuente auxiliar de 29 Voltios DC que proporciona un total de 640 mA. Incorpora ledes para indicar operación, sobretensión y cortocircuito, así como un pulsador de *reset*. Tensión de alimentación de 230 V de 50/60 Hz. Instalación en el carril DIN. [24]

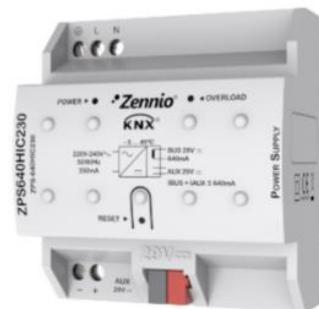


Figura 29. Fuente de alimentación KNX. Zennio, (s.f.). KUPSupply 640mA, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/kupsupply-640ma>

Se instalarán dos fuentes de alimentación, una en el cuadro eléctrico de la planta baja y la otra en el cuadro eléctrico de la planta piso.

Acopladores de línea o zona

El enrutador Zennio IP Router CL funciona como acoplador de línea o área basado en un *backbone* o línea principal IP, mediante el estándar KNXnet/IP *Routing*. También permite programar o monitorizar un dispositivo desde una red IP (PC, BMS...), utilizando el protocolo KNXnet/IP *Tunneling* (hasta 4 conexiones simultáneas). No necesita alimentación auxiliar externa ni PoE. [24]

Este componente estará presente junto a cada una de las fuentes de alimentación y servirá para unir las diferentes partes de la instalación domótica del edificio.



Figura 30. Acoplador IP KNX. Zennio, (s.f.), IP Router CL, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/ip-router-cl>

Módulo de comunicación Ethernet

El módulo de comunicación Zennio Ethernet KIPI SC permite la comunicación bidireccional entre el Ethernet y una instalación KNX TP. Permite el direccionamiento, programación o monitorización de los dispositivos de una instalación KNX TP a través del protocolo KNXnet/IP *Tunneling*, con hasta 5 conexiones simultáneas. Compatible con tramos largos, pudiendo operar con tramas de una longitud máxima de hasta 254 bytes. Instalación en carril DIN. No requiere alimentación auxiliar. [24]



Figura 31. Módulo de comunicación Ethernet KNX. Zennio, (s.f.), KIPI SC, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/ki-pi-sc>

Cableado KNX

Cableado Zennio KNX de 2 hilos, libre de halógenos y no propagador de llama e incendio para tensiones de hasta 300 V. Este cableado será el medio de transmisión de todas las tramas KNX. [24]



Figura 32. Cableado KNX. Zennio, (s.f.), KNX Cable, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/knx-cable>

Actuadores

Actuador Zennio MINIBOX 45 v3 para carril DIN de 4 salidas de 16 A que ofrecen una configuración de las salidas individuales. Permite el control manual a través de pulsadores e incluye un módulo de funciones lógicas. Dispone de 5 entradas analógico-digitales que pueden ser configuradas como entradas binarias multifunción, para sensores y pulsadores libres de potencial, como entradas de sondas de temperatura o sensores de movimiento. [24]



Figura 33. Actuador de 4 salidas KNX. Zennio, (s.f.), MINIBOX 45 v3, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/minibox-45-v3>

Actuadores de persianas

Actuador de persiana MAXinBOX SHUTTER 8CH v3 para carril DIN de 8 canales. Incluye un módulo de 20 funciones lógicas y permite el control manual de las salidas con indicación de estado mediante ledes. [24]



Figura 34. Actuador de 8 persianas KNX. Zennio, (s.f.), MAXinBOX SHUTTER 8CH v3, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/maxinbox-shutter-8ch-v3>

Actuador de persiana MAXinBOX SHUTTER 4CH v2 para carril DIN de 4 canales. Incluye un módulo de 20 funciones lógicas y permite el control manual de las salidas con indicación de estado mediante ledes. [24]



Figura 35. Actuador de 4 persianas KNX. Zennio, (s.f.), MAXinBOX SHUTTER 4CH v2, recuperado de <https://www.zennio.com/de/produkt/maxinbox-shutter-4ch-v2>

Dimmers

Actuador *dimmer* universal (RLC, LED, CFL) Zennio NarrowDIM X4 para carril DIN con 4 canales 210 W a 230 VAC (160 W a 110 VAC) que regula la luminosidad de los ledes. Permite el control conjunto de canales: canal doble hasta 400 W a 230 VAC (300 W a 110 VAC), canal cuádruple hasta 750 W a 230 VAC (600 W a 110 VAC). Permite un control manual a través de pulsadores. Incluye 10 funciones lógicas independientes entre las que encontramos la detección de cortocircuito, falta de alimentación, subtensión y sobrecalentamiento. [24]



Figura 36. Dimmer de 4 salidas KNX. Zennio, (s.f.), NarrowDIMX4, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/narrowdim-x4>

Interruptores

Interruptores Zennio ZS55 formado por dos teclas encargadas del encendido y apagado de luces. [24]



Figura 37. Interruptor KNX. Zennio, (s.f.), ZS55 Interruptor simple, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/zs55-interruptor-simple>

Detector de presencia y luminosidad

Detector de presencia con sensor de luminosidad Presentia C V2 con un área de detección de 360° y hasta 30 metros de diámetro de rango. Incluye varios canales configurables para la regulación de iluminación constante, el control de iluminación conmutada en función de un umbral de luminosidad o en función de la detección de presencia únicamente. Es posible ajustar la sensibilidad de cada sensor de forma independiente y calibrar la luminosidad a la del plan de trabajo. [24]



Figura 38. Sensor de presencia y luminosidad KNX. Zennio, (s.f.), Presentia C-V2, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/presentia-c-v2>

Detector de humo

[25]. En la carcasa se aloja el sensor junto con la electrónica de ensamblaje de bus. El detector acciona la alerta de incendio automáticamente de forma segura y anticipada. La alarma se indica a través de una señal acústica y a través del BUS KNX. El detector notificará una alarma de humo o una alarma de temperatura. [25]



Figura 39. Detector de humo KNX. Futurasmus KNX Group, (s.f.), Detector de humo SALVA KNX BASIC, recuperado de https://www.futurasmus-knxgroup.es/producto.php?cod_producto=17447

Sensor de temperatura y humedad

Sensor de temperatura y humedad Gira KNX. Este sensor permite llevar a cabo acciones como la de activar la calefacción y la ventilación del espacio en caso de superar el umbral definido de temperatura o humedad. De esta manera el sistema puede automatizar la climatización de los espacios. [26]



Figura 40. Sensor de temperatura y humedad KNX. Gira, (s.f.), Sensor de humedad y temperatura KNX, recuperado de https://partner.gira.com/es_ES/producte/gebaeudetechnik/klima-heizungssteuerung/knx-co2sensor.html

Interfaz de usuario táctil

Pantalla táctil Zennio Z35 v2 con *display* retroiluminado de 3,5 pulgadas, con sensor de proximidad, sensor de temperatura interno y termostatos. Puede contener hasta 56 controles/indicadores distribuidos en un máximo de 7 páginas con un menú de navegación. El ahorro de pantalla con una imagen, hora, fecha y temperatura aparece cuando la pantalla táctil no se está utilizando y desaparece automáticamente para mostrar los controles cuando el usuario se acerca, gracias al sensor de proximidad. Además, incorpora 4 entradas analógico-digitales que pueden ser configuradas como entrada binaria para sensor o pulsador libre de potencial, como sonda de temperatura o sensor de movimiento. También, permite un control de la interfaz mediante voz. [24]



Figura 41. Pantalla táctil de 3,5 pulgadas KNX. Zennio, (s.f.), Z35 V2, recuperado de <https://www.zennio.com/es/producto/z35-v2>

6.5.3. Descripción del diseño KNX

Las áreas KNX necesitarán una fuente de alimentación, un módulo de comunicación Ethernet para configurar los componentes, un acoplador de área o zona, actuadores convencionales con entradas y salidas, *dimmers* para la regulación de la iluminación de los ledes de los espacios y actuadores de persianas. Estos elementos fundamentales se encontrarán situados en un cuadro de componentes que se colocará en la sala del cuadro eléctrico de la planta baja y la planta piso.

A continuación, adjuntaremos dos tablas, una para la planta baja y otra para la planta piso, con el diseño general de la instalación domótica del edificio teniendo en cuenta cada zona del edificio y los elementos domóticos.

Planta Baja	
Zona	Elementos
Cantina	<ul style="list-style-type: none"> – Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas. – Un sensor de humo con alarma contra incendios. – Un sensor de presencia y luminosidad para regular la iluminación.

	<ul style="list-style-type: none"> - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Hall	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas.
Sala multiusos	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas. - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia y luminosidad para regular la iluminación. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Sala descanso	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas. - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia y luminosidad para regular la iluminación. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Sala de espera	<ul style="list-style-type: none"> - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Vestuarios (todos)	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización. - Un sensor de luminosidad para regular la iluminación.
Sala telecos	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas. - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia y luminosidad para regular la iluminación. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Jefe 1/Jefe 2	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas. - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia y luminosidad para regular la iluminación.

	<ul style="list-style-type: none"> - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Pasillo	<ul style="list-style-type: none"> - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización. - Pulsador de alarma

Tabla 45. Diseño instalación domótica Planta Baja

Los dispositivos del área de la planta baja tendrán asignadas las direcciones 3.1.X, haciendo referencia al área 3, la línea 1 y los dispositivos X. Como ya se ha indicado a la hora de llevar a cabo el direccionamiento físico, el acoplador de área Zennio IP Router CL tendrá asignada la dirección 3.1.0.

Tanto en la planta baja como en la planta piso, para facilitar el control de la iluminación del espacio, se instalarán interruptores para encender, apagar y regular los ledes regulables.

Planta Piso	
Zona	Elementos
Sala de servidores o RACKS	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas. - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Oficinas: Usos múltiples, Encargado material, Jefe operaciones, Ingeniero de caminos 1 y 2, Jefe de servicios técnicos, Jefe de servicio, Jefe de instalaciones, Administrativos, Sala informáticos y Sala reuniones	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización, la iluminación y las persianas. - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia y luminosidad para regular la iluminación. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Taller informáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización y la iluminación. - Un sensor de humo con alarma contra incendios. - Un sensor de presencia y luminosidad para regular la iluminación. - Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.

Sala de espera	<ul style="list-style-type: none"> – Una interfaz gráfica táctil de 3,5 pulgadas, que permitirá controlar tanto la climatización y las persianas. – Un sensor de humo con alarma contra incendios. – Un sensor de presencia. – Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
<i>Office</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Un sensor de humo con alarma contra incendios. – Un sensor de presencia.
Sala fotocopidora/impresora	<ul style="list-style-type: none"> – Un sensor de humo con alarma contra incendios. – Un sensor de presencia. – Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización.
Pasillo	<ul style="list-style-type: none"> – Un sensor de humo con alarma contra incendios. – Un sensor de presencia. – Un sensor de temperatura y humedad para poder llevar a cabo un control automatizado de la calidad del aire y la climatización. – Pulsador manual de la alarma.

Tabla 46. Diseño instalación domótica Planta Piso

Los dispositivos del área de la planta piso tendrán asignadas las direcciones 4.1.X, haciendo referencia al área 4, la línea 1 y los dispositivos X. Como ya se ha indicado a la hora de llevar a término el direccionamiento físico, el acoplador de área Zennio IP Router CL tendrá asignada la dirección 4.1.0.

6.5.4. Integración KNX (BMS)

Un aspecto a tener en cuenta de nuestra instalación domótica es que al estar dividida en áreas y que éstas se encuentren integradas entre ellas mediante los acopladores de área Zennio IP Router CL nos permiten poder realizar tareas de control y automatización generales en cualquier espacio del edificio gracias al sistema BMS.

El sistema BMS (*Building Management System*) es un sistema de automatización de edificios que permite monitorizar en tiempo real los componentes del edificio además de los consumos energéticos, lo que permitirá controlar y monitorizar cualquier dispositivo del edificio, sean elementos de las oficinas o espacios comunes y controlar el consumo de todos ellos. Este proceso es posible gracias a que BMS funciona sobre la red IP que también comparten los acopladores de área seleccionados (Zennio IP Router CL) y de esta manera se puede a las distintas áreas que conforman la instalación KNX. Gracias al

sistema BMS, un usuario remoto podrá controlar y monitorizar la instalación del edificio en cualquiera de los espacios.

6.5.5. Esquema KNX y ubicación de los dispositivos domóticos

Esquema de bus KNX

En este apartado del proyecto KNX veremos de forma visual el esquema de bus KNX general donde se mostrarán por partes cómo se organizan los elementos KNX de la instalación sobre el bus de datos.

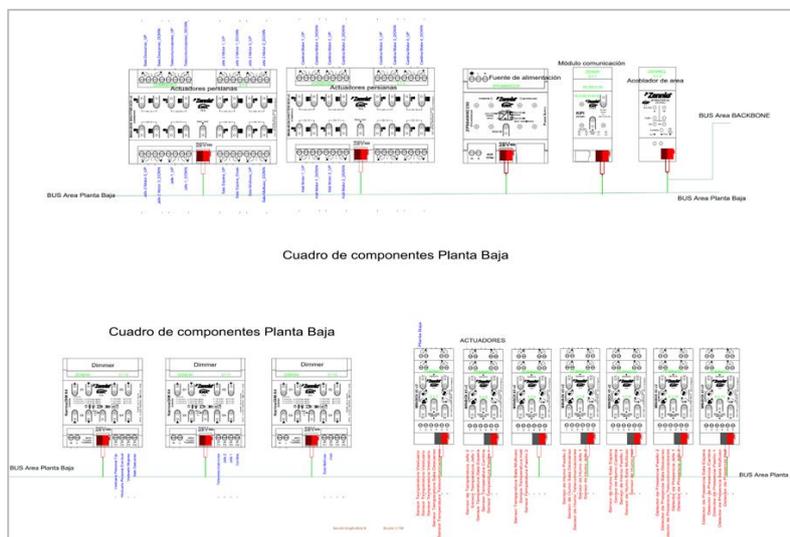


Figura 42. Esquema de bus KNX planta baja

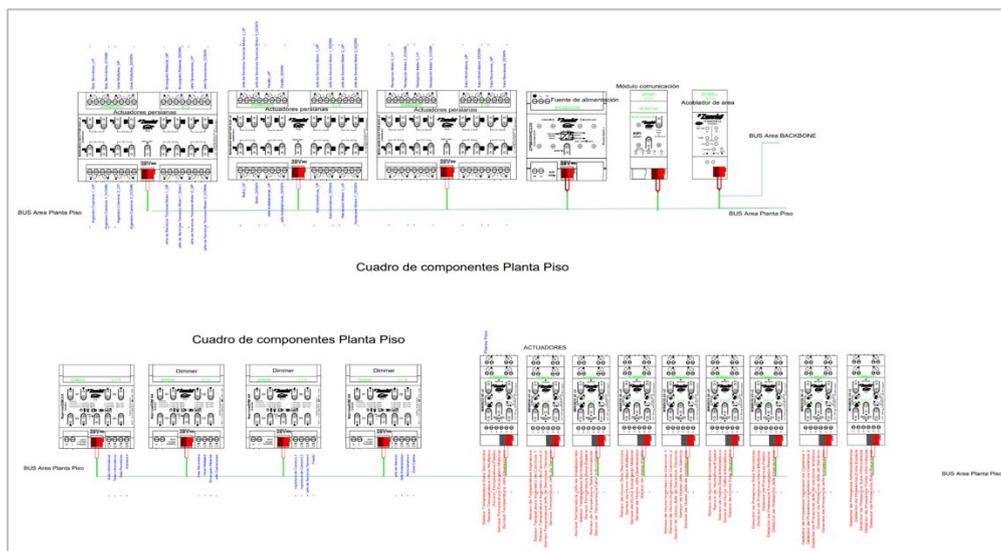


Figura 43. Esquema de bus Planta Piso

Ubicación de los dispositivos

Por último, adjuntaremos los ANEXOS I y J dónde vemos la ubicación de los distintos elementos de nuestra instalación domótica. En el ANEXO I podemos observar la ubicación de distintos sensores como los sensores de humo, los sensores de temperatura y presencia, entre otros, en cambio en el ANEXO J, podemos observar la localización de los motores de persiana, interruptores, interfaces táctiles, ...

En la Figura 44 y 45, podemos ver representada una leyenda de los distintos componentes que vemos distribuidos por los planos de los anexos anteriores. Algunos componentes no son íntegramente KNX, sin embargo, son compatibles con este sistema. Algunos ejemplos son: los ledes regulables, los ledes convencionales, los motores de persianas y las persianas.

	CUADRO ELÉCTRICO		FOCO EMPOTRABLE SUELO
	PANTALLA FLUORESCENTE DOBLE		TOMA CORRIENTE NORMAL
	PANTALLA FLUORESCENTE		TOMA DE CORRIENTE DE 3Φ
	INTERRUPTOR		INTERFAZ TÁCTIL
	DOBLE CONMUTADOR O CRUZAMIENTO		MOTOR ASCENSOR
	CONMUTADOR		EXTRACTOR DE AIRE
	FOCO PARA LÁMPARA EMPOTRADO EN FALSO TECHO		APLIQUE PARED
	PANTALLA DE EMPOTRAR LUZ REGULABLE		MOTOR PERSIANA
	PANTALLA DE SUPERFICIE LUZ REGULABLE		
	ALUMBRADO HUECO ASCENSOR		

Figura 44. Leyenda ANEXO J. Electricidad Planta Baja y Planta Piso

LEYENDA	
	SENSOR DE HUMO
	PULSADOR MANUAL DE ALARMA
	CENTRAL DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS
	SIRENA
	DETECTOR DE PRESENCIA
	SENSOR DE TEMPERATURA

Figura 45. ANEXO I. Sensores Planta Baja y Planta Piso

Finalmente, hay que comentar que estos componentes se han ubicado de la manera más lógica posible y debe tenerse en cuenta la posibilidad de que la distribución cambie a medida que evolucione el proyecto y la construcción del edificio.

6.5.6. Presupuesto

Para terminar con el capítulo de este diseño de la instalación domótica, calcularemos el presupuesto de forma orientativa teniendo en cuenta los materiales KNX usados.

Dispositivo	Unidades	Precio	Total
Fuente Alimentación Zennio ZPS-640HIC230	2	210,00€	420,00€
Acoblador de Area Zennio Ethernet KIPI	2	340,00€	680,00€
Actuador Zennio MINIBOX 45	16	199,00€	2.184,00€
Actuador de Persianas Zennio MAXinBox SHUTTER 8CH	5	329,00€	1.645,00€
Actuador Dimmer Zennio NarrowDIM x4	7	299,00€	2.093,00€
Interficie de Usuario Zennio z35 de 3.5''	24	249,00€	5.976,00€
Sensor de Humo Salva KNX Basic	37	129,00€	4.773,00€
Detector de presencia Zennio Presentia C	27	139,00€	3.753,00€
Sensor de Temperatura	30	129,00€	3.870,00€
Total de la Instalación			25.394,00€

Tabla 47. Presupuesto instalación domótica

8. Resultado y discusión

Una vez finalizado el proyecto técnico de la Instalación Común de Telecomunicaciones y el diseño de la instalación domótica, comentaremos y discutiremos cuáles han sido los resultados obtenidos y las soluciones aplicadas.

En cuanto al proyecto técnico de la ICT hemos conseguido dotar a todo el edificio y a sus usuarios el acceso a los servicios de telecomunicaciones actuales y esenciales. Entre estos encontramos los servicios de banda ancha, como el acceso a Internet y el acceso a los servicios de radiodifusión, como la televisión terrenal, la televisión por satélite o la radio convencional. Sin embargo, los beneficios de nuestro proyecto van más allá, ya que la realización del proyecto ICT permitirá al edificio tener acceso a otros servicios que

requieran una instalación de telecomunicaciones previa, hecho que aumenta el valor del inmueble.

Para llegar hasta los resultados obtenidos en términos del proyecto técnico de la ICT se han seguido las pautas marcadas por la **Orden Ministerial ITC/1644/2011, de 10 de junio, y el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo**, dónde se enumeran los distintos aspectos y apartados necesarios que deben aparecer en el proyecto. Al tratarse de un caso ficticio con fines educativos no hemos sido tan estrictos como si fuese un caso real, sin embargo, en nuestro proyecto figuran la mayoría de los puntos importantes como: los distintos cálculos básicos para la instalación, los elementos que usaremos, las características de los componentes seleccionados, los planos, ...

De forma muy breve podemos observar en la figura 46 que nuestra instalación consta de tres antenas para la captación y distribución del servicio de radiodifusión sonora y TV terrestre y una antena para la distribución del servicio de radiodifusión y TV por satélite. Estas señales se recogen en el RITU de la planta baja y de allí pasando por un amplificador, un mezclador y el derivador se distribuyen al RACK de esta misma planta baja y al registro secundario de la planta piso. Desde el RACK de la planta baja la señal pasa por el PAU que distribuye el servicio hasta las tomas finales, garantizando la señal a todas las salas de la planta baja. En el registro secundario de la planta piso encontramos un derivador que transmite la señal hasta el RACK 1 y el RACK 2 que mediante su propio PAU distribuyen las señales a las tomas finales de cada oficina o sala.

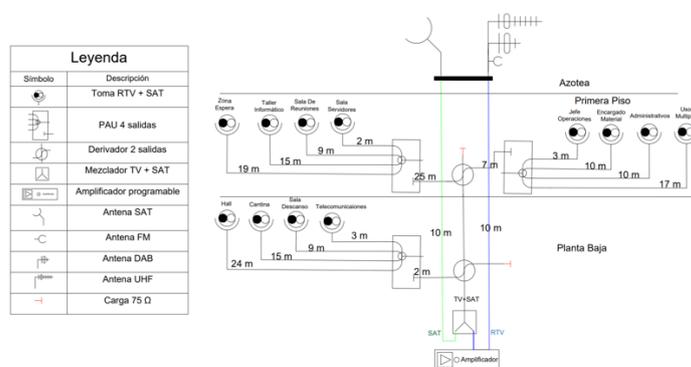


Figura 46. ANEXO H. Esquema instalación ICT en Planta Baja y Planta Piso

Otro de los resultados que podemos comentar en este apartado son las tomas de usuario con mejor y peor señal de los servicios de radiodifusión y TV terrestre y satélite. Coinciden ambos servicios en que la Sala de Telecomunicaciones de la planta baja cuenta con la toma con mejor señal y en cambio la Zona de Espera de la planta piso cuenta con la toma con peor señal.

El presupuesto de esta instalación teniendo en cuenta la infraestructura necesaria para dar acceso a los servicios solicitados por los propietarios, ha alcanzado el valor de 14.447,56 euros (sin incluir mano de obra). [22]

En cuanto al proyecto domótico, este dota al edificio de una instalación que permite el control y la automatización de muchos aspectos presentes en el inmueble. En nuestra memoria primero hemos definido los conceptos básicos, visto cuáles son las diferentes partes de la instalación y qué funciones realizan cada uno de los dispositivos. A continuación, hemos analizado las distintas posibilidades del diseño domótico, hemos valorado las diferentes topologías como los sistemas centralizados, descentralizados, híbridos o el más adecuado para nuestro tipo de inmueble, el sistema distribuido. Este sistema es el sistema ideal para inmuebles de mediana o gran superficie, de nueva construcción y que requieren una instalación compleja, además es la topología que hoy en día proporciona más soluciones estandarizadas para instalaciones complejas.

También hemos estudiado la elección del sistema domótico a instalar y entre todos hemos seleccionado el KNX. Es el que mejor se adapta al tipo de instalación que requerimos y además, es el más utilizado y estandarizado en Europa, ideal para incluir un gran número de dispositivos de diferentes funcionalidades, siendo capaz de garantizar cualquier tipo de servicio.

Como resultado del diseño de nuestra instalación domótica distribuida utilizando KNX, se ha obtenido un edificio completamente inteligente que se encuentra a la vanguardia de este tipo de servicios y que proporcionará, cumpliendo con los hipotéticos requisitos establecidos para los propietarios, un control y una automatización de la iluminación, el confort y la seguridad.

El presupuesto final de toda la infraestructura domótica, sin tener en cuenta la mano de obra, asciende a 25.394,00€. Puede ser un coste elevado, pero hoy en día el mercado domótico ha subido sus precios debido a la alta demanda. Sin embargo, vale la pena realizar esta instalación para que nuestro edificio pueda ser un edificio inteligente con múltiples posibilidades de ir adaptando la misma instalación de cara al futuro.

En este trabajo se ha visto la parte más teórica del día a día en la redacción de un proyecto técnico de un ingeniero en telecomunicaciones, sin embargo, también hay un proceso práctico y físico que no hemos podido experimentar. Esa parte también es muy importante, ya que el ingeniero tiene la función de supervisar la ejecución del proyecto técnico tanto de la ICT como de la instalación domótica y también debe saber adaptarse a los cambios que puedan surgir durante la ejecución de la construcción y del proyecto.

Finalmente, hay que comentar que en este Trabajo Final de Grado nos planteamos ser capaces de presentar el proyecto de ICT y domótica del edificio a estudio. Es por eso que podemos dar por cumplido uno de los objetivos principales, ya que hemos conseguido como resultado un edificio que se encontrara en la vanguardia de la tecnología ya sea en términos de comunicaciones o en términos de confort. La realización del proyecto ICT y el diseño de la domótica ha permitido al edificio y a sus usuarios beneficiarse en un futuro de las ventajas que aportan la ICT y la domótica.

9. Conclusión

En este Trabajo Final de Grado nos hemos querido poner en la piel de un ingeniero de telecomunicaciones y nos hemos planteado un encargo habitual en nuestro día a día, el de realizar un proyecto técnico de la ICT y el diseño de una instalación domótica en un edificio de nueva construcción. Hemos visto punto por punto todos los procesos necesarios para dotar al inmueble a estudio de unas instalaciones a la vanguardia de la tecnología, que permitan el acceso a los servicios de telecomunicación actuales, además de contar con una red de componentes domóticos que proporciona todas las ventajas de la domótica.

Al ir realizando este trabajo hemos podido comprobar la complejidad de los mismos proyectos, donde deben tenerse en cuenta múltiples factores para asegurar el éxito de las instalaciones, ya sea en términos de planos, en términos de cálculos o en términos de organización. Nuestro proyecto técnico de la ICT, así como la instalación domótica, son hipotéticamente funcionales, puede haber otras formas óptimas de realizar estos proyectos, sin embargo, deben ser aplicables en la realidad.

Hay que indicar que este tipo de proyectos garantizan el acceso a los servicios de telecomunicaciones a la sociedad, entre los que podemos también incluir la domótica. Hecho que dota de importancia estos proyectos y los profesionales que los llevan a cabo. Unos profesionales que deben tener en cuenta que el mundo de las telecomunicaciones nunca dejará de crecer y avanzar constantemente.

Para concluir con este Trabajo de Fin de Grado hay que comentar que la elección del tema del trabajo ha implicado el desarrollo de proyectos o diseños aplicables a la realidad, por lo que espero personalmente que este trabajo nos haya servido como introducción al mundo laboral de la ingeniería en telecomunicaciones.

10. Bibliografía

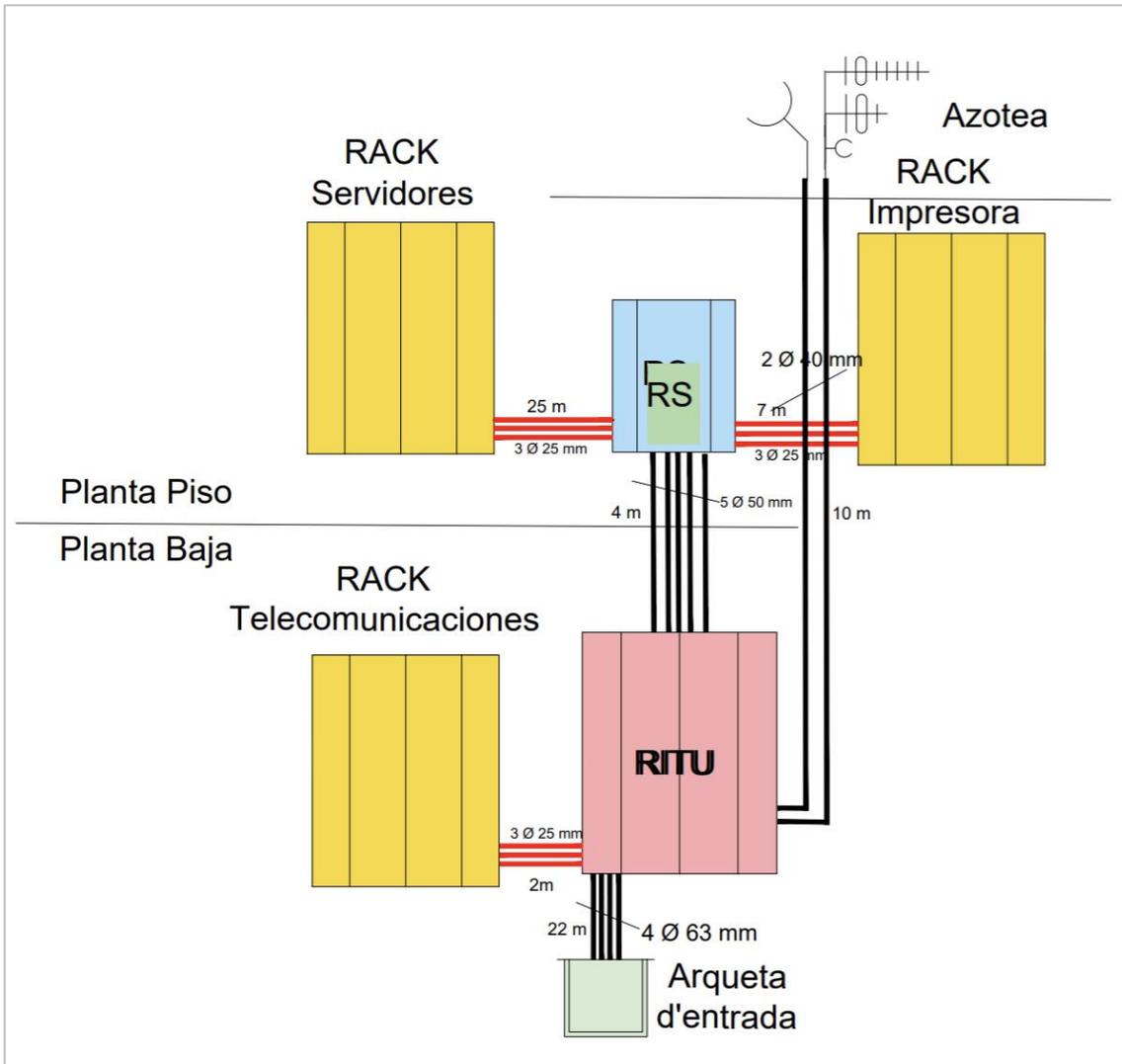
- [1] Sistemas24H, «¿Cuándo aparece la domótica?: Historia y evolución hasta hoy,» [En línea]. Available: <https://sistemas24h.com/blog/cuando-aparece-domotica/>.
- [2] Galicia Telecom, «Historia de las telecomunicaciones: del telégrafo a lo digital,» [En línea]. Available: <https://www.galiciatelecom.com/blog/historia-de-las-telecomunicaciones>.
- [3] Cuerva Energía, «Infraestructura de telecomunicaciones,» [En línea]. Available: <https://cuervaenergia.com/es/comunidad/construccion-e-instalacion/infraestructura-de-telecomunicaciones/>.
- [4] Domonova, «Infraestructuras comunes de telecomunicaciones (ICT): Qué son y normativa,» [En línea]. Available: <https://domonova.com/blog/infraestructuras-comunes-telecomunicaciones/>.

- [5] C. Monzo Sánchez y J. A. Morán Moreno, «El rol de las telecomunicaciones en la digitalización sostenible.,» 23 Mayo 2024. [En línea]. Available: <https://blogs.uoc.edu/informatica/es/rol-telecomunicaciones-digitalizacion-sostenible/>.
- [6] Telecomunicaciones System South, «¿Qué es una infraestructura común de telecomunicaciones (ICT) y para qué sirve?,» [En línea]. Available: <https://telecomunicacionessouth.com/blog/que-es-una-infraestructura-comun-de-telecomunicaciones-ict-y-para-que-sirve/>.
- [7] Unex, «ICT: Una infraestructura imprescindible,» [En línea]. Available: <https://blog.unex.net/es/blog/infraestructuras-de-telecomunicaciones/ict-una-infraestructura-imprescindible>.
- [8] Jefatura del Estado, «Ley 49/1966, de 23 de julio, sobre antenas colectivas,» España, Boletín Oficial del Estado, 25 de julio de 1966, pp. 9616-9617.
- [9] Jefatura del Estado, «Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación,» vol. 50, España, Boletín Oficial del Estado, 27 de febrero de 1998, pp. 6548-6556.
- [10] Jefatura del Estado, «Ley 11/2022, de 28 de junio, General de Telecomunicaciones,» España, 29 de junio de 2022, pp. 87981-88218.
- [11] Jefatura del Estado, «Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones,» vol. 74, España, Boletín Oficial del Estado, 28 de marzo de 2011, pp. 33505-33553.
- [12] IREVA Ingeniería, «Evolución de la normativa ICT,» 24 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://ireva-ingenieria.webnode.es/este-es-un-articulo-con-imagenes/>.
- [13] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), «Domótica,» [En línea]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/domotica>.
- [14] Repsol, «¿Qué es la domótica?,» [En línea]. Available: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/que-es-la-domotica/index.cshtml>.
- [15] Domodesk, «Normativa domótica: ¿Qué normativa regula la domótica?,» [En línea]. Available: <https://www.domodesk.com/172-a-fondo-normativa-domotica.html>.
- [16] Domonetio, «Normativa para instalación de domótica,» [En línea]. Available: https://www.domonetio.com/en_US/blog/news-1/normativa-para-instalacion-de-domotica-3809.

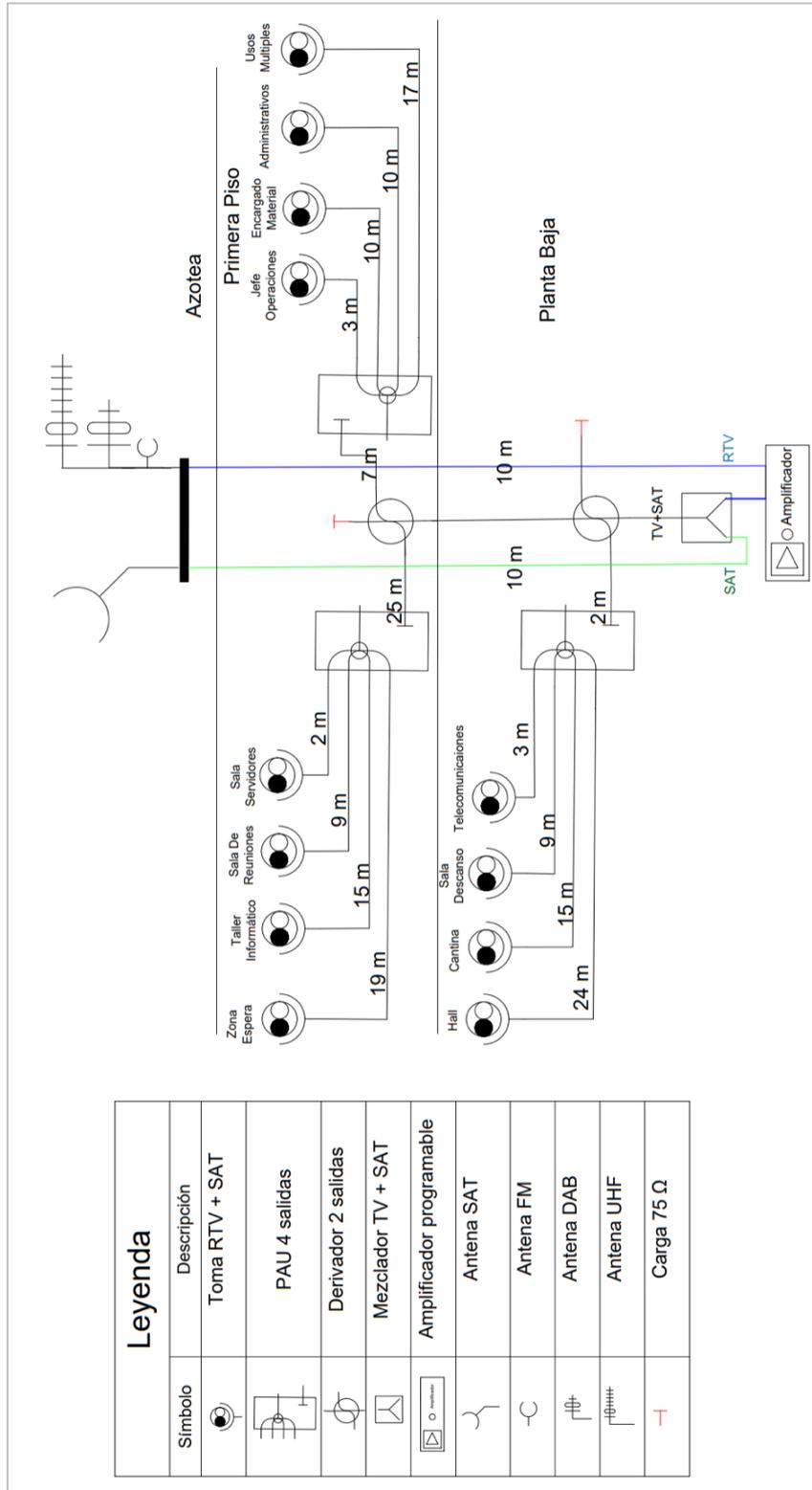
- [17] Enerxia, «Domótica: Tipos de sistemas domóticos, elementos de red y topología de las redes domóticas.» 2020. [En línea]. Available: <https://www.enerxia.net/portal/index.php/i-domo/884-domotica-tipos-de-sistemas-domoticos-elementos-de-red-y-topologia-de-las-redes-domoti>.
- [18] Asociación KNX España, «¿Qué es KNX?» Mayo 2021. [En línea]. Available: https://www.knx.es/_data/landingsfiles/7_Qu%C3%A9%20es%20KNX.pdf.
- [19] Jimdo, «Domótica - Sistema KNX. Sistemas Informáticos y Redes Locales,» [En línea]. Available: <https://apuntes-ciclo.jimdofree.com/app/download/12368323712/08-Domotica.pdf?t=1729239763>.
- [20] R. Vega, «Direccionamiento y acceso al medio en KNX,» 19 Marzo 2014. [En línea]. Available: <https://ricveal.com/blog/direccionamiento-acceso-knx>.
- [21] Jefatura del Estado, «Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, por la que se desarrolla el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decret,» 10 de junio 2011. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-10457>.
- [22] Televés, «Soluciones profesionales de telecomunicaciones.» [En línea]. Available: <https://www.televes.com/es>.
- [23] Televes, «Mástil 3m x Ø 40mm x Espesor 2mm Zinc + RPR,» d d d. [En línea]. Available: <https://www.televes.com/es/3072-mastil-3m-x-o-40mm-x-espesor-2mm-zinc-rpr.html>. [Último acceso: d d d].
- [24] Zennio Avance y Tecnología S.L., «Zennio: Soluciones de automatización y control para edificios.» [En línea]. Available: <https://www.zennio.com/es>.
- [25] Futurasmus KNX Group. , «SALVA KNX BASIC detector de humo,» [En línea]. Available: https://www.futurasmus-knxgroup.es/producto.php?cod_producto=17447.
- [26] GIRA, «Catálogo Gira,» [En línea]. Available: https://partner.gira.com/es_ES/produkte/neuheiten.html.
- [27] HogarSense, «Normativa domótica,» [En línea]. Available: <https://www.hogarsense.es/domotica/normativa-domotica>.
- [28] Jefatura del Estado, «Ley 49/1960, de 21 de julio, de Propiedad Horizontal,» vol. 176, España, Boletín Oficial del Estado, 23 de julio de 1960, pp. 10375-10378.
- [29] Jefatura del Estado, «Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones,» España, Boletín Oficial del Estado, 10 de mayo de 2014, pp. 36569-36668.
- [30] Jefatura del Estado, «Real Decreto 401/2003, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la

- actividad de instalación d.» vol. 50, España, Boletín Oficial del Estado, 14 de abril de 2003, pp. 14570-14598.
- [31] Jefatura del Estado, «Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación,» vol. 74, España, Boletín Oficial del Estado , 28 de marzo de 2006, pp. 11816-11831.
- [32] Jefatura del Estado, «Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.,» España, Boletín Oficial del Estado, 18 de setiembre de 2002.
- [33] AENOR, «UNE-EN IEC 63044-6:2022. Sistemas de control de edificios inteligentes. Parte 6: Requisitos de comunicación de los sistemas de control de edificios,» 2022. [En línea]. Available: <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iec-63044-6-2022-n0069417>.
- [34] AENOR, «Requisitos generales para sistemas electrónicos para viviendas y edificios (HBES) y sistemas de automatización y control de edificios (BACS). Red inteligente. Especificaciones de aplicación. Interfaz y marco para el cliente. Parte 12-1: Interfaz entre el,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0061386>.
- [35] MORIS, «Elementos de una instalación domótica,» [En línea]. Available: <https://moris.es/elementos-de-una-instalacion-domotica>.

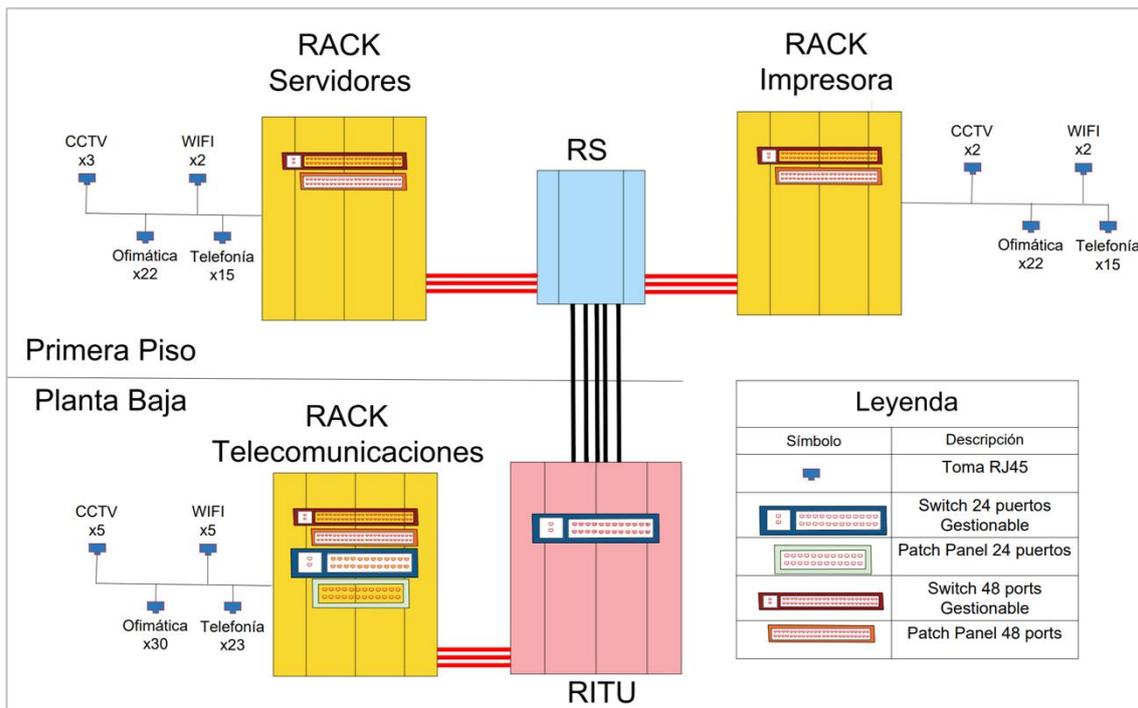
ANEXO D. Esquema de las canalizaciones.



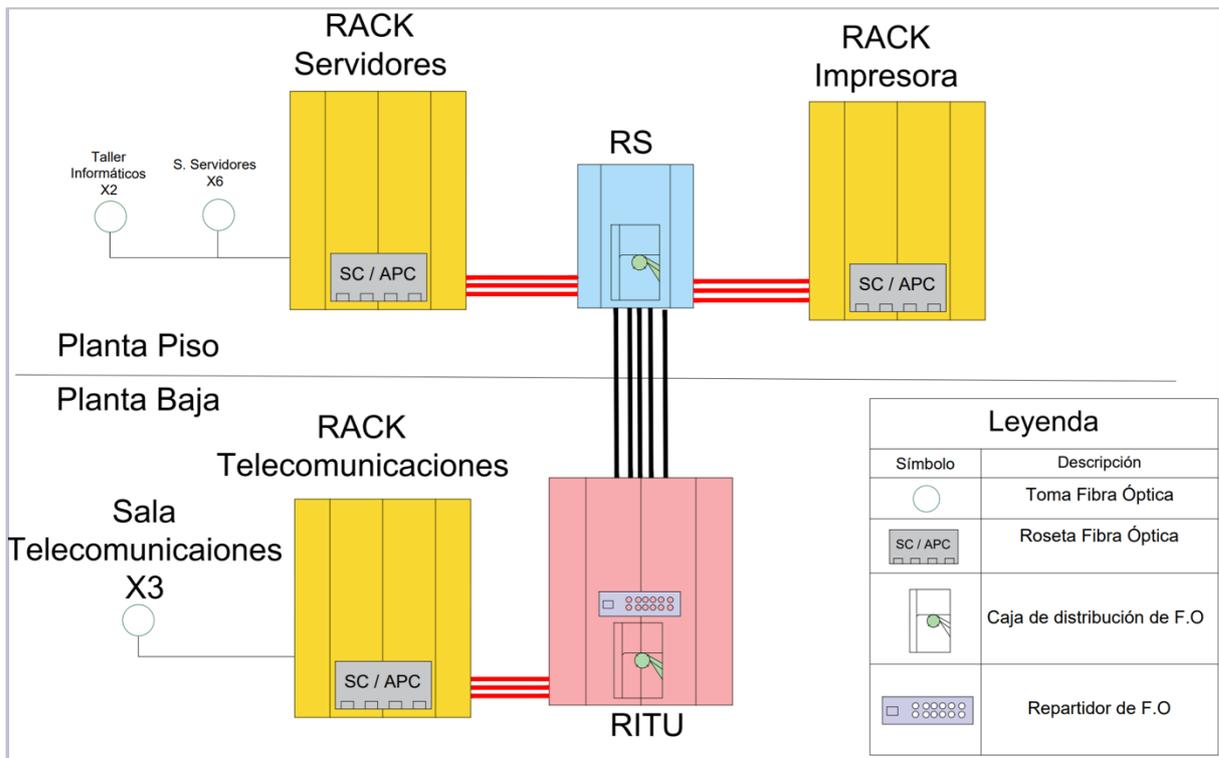
ANEXO E. Esquema de la instalación RTV+SAT



ANEXO F. Esquema de la red de cableado UTP RJ45



ANEXO G. Esquema de la red de cableado de la FO



ANEXO H. Esquema instalación ICT en Planta Baja y Planta Piso

