



Colegio Oficial
Ingenieros de
Telecomunicación

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS COSTES DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE EXTENSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL EN EL ÁMBITO DE LA COMUNIDAD DE MADRID

21 de abril de 2023

Resumen ejecutivo

El presente estudio se realiza a petición de la Dirección de Política Digital de la Consejería de Administración Local y Digitalización de la Comunidad de Madrid, con el objeto de realizar un Estudio Comparativo de los costes de la prestación del servicio de extensión de la Televisión Digital (TV) en el ámbito de la Comunidad de Madrid.

En la actualidad, la Comunidad de Madrid dispone de una red de transporte y difusión de TDT, desplegada en virtud de la normativa estatal a lo largo del territorio de la Comunidad de Madrid. Con objeto de determinar las condiciones para continuar con la presentación del servicio de difusión de televisión que cumpla con los requisitos establecidos por la normativa europea sobre ayudas de estado, se ha considerado preciso disponer de un estudio comparativo de costes de las diferentes alternativas tecnológicas mediante las cuales se puede prestar el servicio que pueda servir de base para el presupuesto base de licitación.

Sobre estas premisas, el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, dada su sobrada experiencia y reconocido conocimiento en dicha área, ha procedido a realizar el siguiente estudio, que se desarrolla en los diferentes apartados que siguen al presente resumen.

En una primera parte, se ha analizado los canales de radio y TV cuya señal se debe distribuir, que son los siguientes:

- RGE-1 : en este multiplex emiten los canales La1 (HD, con programación específica para la Comunidad de Madrid), La2 y Canal 24 horas. Radios: Radio5 y RNE1.
- RGE-2: en este multiplex emiten los canales DKiss, Clan y TDP. Radios: EsRadio, Hit FM, Radio 3, Radio Clásica, Radio Exterior, Cadena Dial, Kiss FM, los 40 y Cadena Ser.
- MPE1: en este multiplex emiten DMAX, Disney Channel, Gol TV y Paramount Network. Radios: Radio María, Cadena 100, Radio Marca y Vaughan Radio.
- MPE2: en este multiplex emiten Antena 3, la Sexta, Neox y Nova.
- MPE3: en este multiplex emiten Cuatro, Divinity, Factoria de Ficción y Tele5
- MPE4: en este multiplex emiten Trece, Mega, Boing y Energy. Radios: Europa FM, Melodía FM, Onda Cero, Cope y Rock FM.
- MPE5: en este multiplex emiten A3Series, BeMad, Real Madrid TV y Ten. Radios: los 40 Classic, los 40 Urban y Radio Olé.

A continuación, se detallan la situación en la cual se encuentra distribuida la transmisión de la señal de estos canales, diferenciando entre zona I (cuyas obligaciones de cobertura tienen los operadores de televisión) y zonas II y III (sin

obligación por los operadores de televisión). En estas dos últimas zonas, las administraciones autonómicas en muchos casos han apostado por la extensión de la difusión de la señal mediante sus propios medios, y en el caso particular de la Comunidad de Madrid, esto se produce en la zona II.

Hasta el momento, en la zona II, se había realizado una extensión de las señales de televisión mediante tecnología TDT, a través de una red de 133 repetidores responsabilidad de la Comunidad de Madrid, con la exclusión, mayoritariamente, en el momento de la realización del presente estudio, de la difusión de los multiplex MPE4 y MPE5.

Dada la voluntad de la Comunidad de Madrid de realizar la evaluación de las diferentes opciones tecnológicas, junto a la distribución de estos dos multiplex adicionales, se ha procedido a realizar un análisis en dos partes.

La primera parte ha consistido en la descripción de las diferentes tecnologías para la distribución de la señal de TV existentes actualmente en el mercado: la Televisión Digital Terrestre (TDT), la Televisión Digital por Satélite, la Televisión por Cable, la Televisión por vía IP (IPTV) y la Televisión en movilidad.

A continuación de dicha descripción, se ha procedido a analizar la viabilidad de implantación de las tecnologías para la difusión de la señal de TV en la zona II, quedando descartada la Televisión por Cable (excepto la fibra óptica) y la Televisión por vía IP, dada la importante inversión necesaria en cable que habría que realizar, con sus consiguientes canalizaciones y tendidos.

También se ha procedido a analizar la Televisión en Movilidad (a través de la infraestructura de los operadores móviles telefónicos), que, por cuestiones de cobertura, aun siendo bastante alta en el 4G, todavía es escasa en 5G, que es la tecnología que permitiría habilitar de forma definitiva dicha solución en la zona II de la Comunidad de Madrid.

Por tanto, sobre las tres opciones elegidas (Televisión Digital Terrestre, Televisión Digital por Satélite y Televisión Digital por Fibra) se ha procedido a hacer el análisis económico correspondiente, sobre cuatro conceptos de costes:

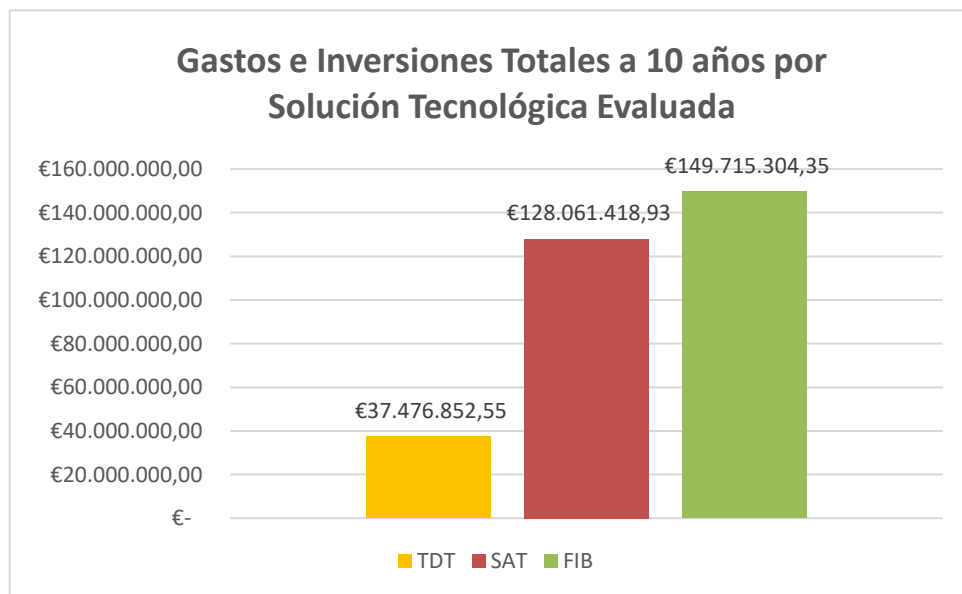
- Implantación de la red de transporte y difusión: consistente en las infraestructuras y equipamiento a instalar para emitir en una determinada tecnología.
- Implantación de la red de usuario: consistente en las infraestructuras y equipamiento a instalar para que los usuarios puedan recibir y disfrutar de la señal de televisión en su hogar.

- Mantenimiento y operación de la red de transporte y difusión: consistente en el coste operativo de infraestructuras y equipamiento que hay que realizar para emitir en una determinada tecnología.
- Mantenimiento y operación de la red de usuario: consistente en el coste operativo de infraestructuras y equipamiento que hay que realizar para mantener la red de usuario.

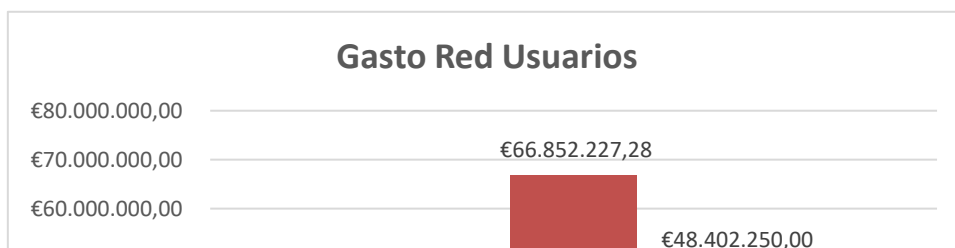
Estos cuatro conceptos de gastos se han planteado en dos escenarios:

- No existe sinergia en la difusión de la señal entre la red autonómica de TDT y la red analizada en el estudio en el caso de que la opción tecnológica elegida sea la TDT.
- No existe sinergia con otras CCAA en la difusión de la señal mediante satélite y, por tanto, por parte de la Comunidad de Madrid se asumen todos los costes satelitales.

Con estas premisas, y detallando los diferentes conceptos de gastos e inversiones a lo largo del estudio, se ha obtenido la siguiente comparativa en los cuatro escenarios detallados, sobre la perspectiva de 10 años vista, entendiendo la misma como una situación hipotética donde se renovarían los equipos transmisores que permiten la difusión de la señal:



Desglosando los valores de esta figura, se obtiene una segunda, donde, mediante el detalle del coste de la implementación de la red de usuarios, se puede deducir la importante diferencia existente entre la elección de una tecnología u otra:



El coste de implantar una red de usuarios en el caso satelital o de fibra multiplica por 5 los costes que se producen en el caso de la TDT. Básicamente, esto se debe a la necesidad de actualizar de manera mucho más completa las redes de usuario en el caso de la opción satelital y al gran coste de implantación que supone la recepción de fibra en cada una de las unidades inmobiliarias, mientras que en la solución TDT solamente habría que adaptar parcialmente las redes de usuario de los edificios colectivos y no implicaría ningún coste en aquellas viviendas unifamiliares presentes en la zona II.

Finalmente se ha procedido a evaluar los tiempos de implementación en función de la tecnología elegida, resultando que para implementar la solución tecnológica Digital Terrestre, el proceso puede considerarse acabado en el plazo de dos meses-dos meses y medio, para la solución Digital Satélite la solución necesitaría un plazo de seis meses para su completa implantación y para la solución de fibra necesitaríamos un plazo estimado de dos años.

De ambos resultados obtenidos (económicos y de tiempo), se puede concluir que la opción para una implantación rápida y más económica es la Televisión Digital Terrestre, quedando descartada la satelital y la fibra, especialmente por el importante coste de implantación de red de usuarios, así como tener más coste operativamente frente a la TDT en cualquiera de las dos opciones analizadas en el presente estudio.



Contenido

1	Introducción y antecedentes	12
1.1	Canales de televisión disponibles en la Comunidad de Madrid	12
1.2	Zonas de cobertura	12
1.3.	Infraestructuras preexistentes.....	15
2	Tecnologías de difusión de la televisión digital.....	18
2.1	Televisión Digital Terrestre	21
2.1.1	Arquitectura genérica red TDT.....	22
2.2	Televisión Digital por satélite	26
2.2.1	Arquitectura.....	27
2.3	Televisión Digital por cable.....	30
2.3.1	Arquitectura genérica.....	30
2.3.2	Redes HFC	31
2.3.3	Redes FTTH y variantes	32
2.3.4	DOCSIS.....	33
2.3.5	Sistema de Recepción	34
2.4	Televisión Digital mediante tecnología IP.....	34
2.4.1	Red de acceso basada en cobre	37
2.4.2	Red de acceso basada en coaxial	39
2.4.3	Red de acceso basada en fibra (GPON).....	39
2.5	Televisión Digital en movilidad	42
3	Hipótesis generales del análisis económico.....	44
4	Análisis económico de la solución terrestre.....	46
4.1	Costes de implantación de la red de transporte y difusión.....	46
4.1.1	Costes previos a la instalación servicio de coubicación.....	47
4.1.2	Costes de equipamiento e instalación.....	48
4.1.3	Viajes (2 %).....	51
4.1.4	Beneficio (18 %)	51
4.1.5	Gastos generales (12 %).....	51
4.1.6	Presupuesto de ejecución material.....	51
4.1.7	Presupuesto de ejecución de red	52
4.2	Costes de implantación de la red de usuario	52
4.2.1	Tipología de edificios y equipamiento de las viviendas	53

4.2.2	Estimación de viviendas unifamiliares y edificios en la zona II.....	55
4.2.3	Resumen de costes	56
4.3	Costes de mantenimiento y operación de la red de transporte y difusión.....	56
4.3.1	Costes operativos	57
4.3.2	Costes indirectos (15%).....	61
4.3.3	Costes financieros (2%).....	61
4.3.4	Costes totales anuales	62
4.4	Costes de mantenimiento y operación de la red de usuario	62
4.5	Resumen de costes por anualidades.....	62
5	Análisis económico de la solución satelital.....	63
5.1	Costes de implantación de la red de transporte y difusión.....	63
5.1.1	Upload de canales y desconexiones territoriales	63
5.1.2	Plataforma para la gestión de usuarios.....	64
5.1.3	Otros costes asociados al cambio tecnológico.....	65
5.1.4	Costes totales de implantación red transporte y difusión	66
5.2	Costes de implantación de la red de usuario	66
5.2.1	Condiciones de Partida.....	66
5.2.2	Viviendas Unifamiliares	67
5.2.3	Edificios de viviendas.....	68
5.2.4	Coste equipamiento de recepción de usuario	70
5.2.5	Coste total solución adaptación SAT	72
5.3	Costes de mantenimiento y operación de la red de transporte y difusión.....	73
5.4	Costes de mantenimiento y operación de la red de usuario	73
5.5	Centro de Atención al Usuario.....	73
5.6	Resumen de costes por anualidades.....	73
6	Análisis económico de la Solución de Fibra (para añadir relativa a esta parte)	74
6.1	Hipótesis Generales del Análisis Económico	74
6.2	Costes de implantación.....	75
6.2.1	Solución red troncal	75
6.2.2	Solución red de distribución y dispersión	76
6.3	Costes de Mantenimiento y Operación	78
6.3.1	Costes de mantenimiento y operación y de la red troncal.....	78
6.3.2	Costes de mantenimiento de la red de distribución y dispersión.....	79

6.3.3	Costes de mantenimiento de la red de usuario	79
6.3.4	Costes indirectos	79
6.3.5	Costes financieros	79
6.4	Costes Asociados al Cambio Tecnológico	79
6.5	Resumen de costes por anualidades.....	80
7	Otras variables de consideración.....	81
7.1	Tiempo de implantación.....	81
8	Conclusiones y tabla comparativa	82

Índice de Tablas

Tabla 1.	Listado de centros bajo el control de la Comunidad de Madrid	17
Tabla 2.	Bandas de trabajo de los satélites comerciales	28
Tabla 3.	Tabla de servicios previos a considerar.....	47
Tabla 4.	Categorías utilizadas para la descripción del equipamiento de transporte de la señal	49
Tabla 5.	Categorías utilizadas para la descripción del equipamiento de difusión de la señal.....	49
Tabla 6.	Precios de los elementos transmisores y retransmisores, incluyendo pequeñas piezas y mano de obra	50
Tabla 7.	Costes asociados a la implantación y servicio.....	51
Tabla 8.	Datos población y viviendas Comunidad de Madrid.....	55
Tabla 9.	Total viviendas por tipología en zona II de la Comunidad de Madrid.....	56
Tabla 10.	Costes Operativos TDT	57
Tabla 11.	Costes totales anuales.....	62
Tabla 12.	Costes Totales de Implantación en la Comunidad de Madrid	66
Tabla 13.	Instalaciones en zona II donde habría que realizar adaptaciones por la adopción de la solución satelital.....	67
Tabla 14.	Relación de elementos. Instalación viviendas unifamiliares.....	68
Tabla 15.	Relación de elementos. Instalación edificios de viviendas con ICT. Parte común..	69
Tabla 16.	Relación de elementos. Instalación edificios de viviendas con ICT. Parte común..	70
Tabla 17.	Relación de elementos. Instalación edificios de viviendas sin ICT. Parte individual.	70
Tabla 18.	Coste de equipamiento de recepción de usuario	72
Tabla 19.	Costes de adaptación de las instalaciones para la recepción SAT	72
Tabla 20.	Tabla comparativa de las opciones tecnológicas analizadas	82

Índice de Figuras

Ilustración 1	Datos Comisión Nacional de Mercados y Competencia por medio de transmisión.....	19
Ilustración 2	Arquitectura genérica red de transmisión TDT	23
Ilustración 3	Arquitectura genérica red de transmisión TDT	25

Ilustración 4 Arquitectura genérica red de transmisión TDT	26
Ilustración 5 Arquitectura de una red de TV por satélite	27
Ilustración 6 Antenas utilizadas en transmisión para la comunicación con el satélite (izqda.) y satélites geoestacionarios (drcha.)	28
Ilustración 7 Parabólica empleada en la recepción por satélite	29
Ilustración 8 Esquema global destacando el sistema de recepción	29
Ilustración 9 Arquitectura genérica red de TV por cable	30
Ilustración 10 Red de transporte y red de acceso	31
Ilustración 11 Esquema general red HFC	32
Ilustración 12 Arquitectura de red basada en HFC (DVB-C y DOCSIS 3.0)	34
Ilustración 13 Cable modem utilizado en el sistema de recepción	34
Ilustración 14 Detalle redes IP gestionadas y no gestionadas	35
Ilustración 15 Detalle redes IP gestionadas y no gestionadas	36
Ilustración 16 Detalle de la red basada en IPTV	37
Ilustración 17 Sistema de recepción en una red xDSL	39
Ilustración 18 Arquitectura de red basada en HFC (DVB-C y DOCSIS 3.0)	39
Ilustración 19 IPTV basada en tecnología GPON	40
Ilustración 20 Detalle red IPTV basada en GPON	41
Ilustración 21 GPON: detalle de los flujos de subida y bajada	41
Ilustración 22 Arquitectura de una red FTTH	
75	
Ilustración 23 Esquema de distribución de señal de televisión digital mediante solución RF overaly a través de red FTTH.	77
Ilustración 24 Comparativa gráfica de los costes de cada solución a lo largo de diez años	84

1 Introducción y antecedentes

1.1 Canales de televisión disponibles en la Comunidad de Madrid

En la actualidad operan los siguientes multiplex digitales con cobertura en el territorio de toda la Comunidad de Madrid (quedan excluidos de este listado, por tanto, todos aquellos canales de TV local que correspondan a los multiplex digitales reservados por cada zona a la TDT local):

- RGE-1: en este multiplex emiten los canales La1 (HD, con programación específica para la Comunidad de Madrid), La2 y Canal 24 horas. Radios: Radio5 y RNE1.
- RGE-2: en este multiplex emiten los canales DKiss, Clan y TDP. Radios: EsRadio, Hit FM, Radio 3, Radio Clásica, Radio Exterior, Cadena Dial, Kiss FM, los 40 y Cadena Ser.
- MPE1: en este multiplex emiten DMAX, Disney Channel, Gol TV y Paramount Network. Radios: Radio María, Cadena 100, Radio Marca y Vaughan Radio.
- MPE2: en este multiplex emiten Antena 3, la Sexta, Neox y Nova.
- MPE3: en este multiplex emiten Cuatro, Divinity, Factoria de Ficción y Tele5
- MPE4: en este multiplex emiten Trece, Mega, Boing y Energy. Radios: Europa FM, Melodía FM, Onda Cero, Cope y Rock FM.
- MPE5: en este multiplex emiten A3Series, BeMad, Real Madrid TV y Ten. Radios: los 40 Classic, los 40 Urban y Radio Olé.

1.2 Zonas de cobertura

Al enfrentarse al proceso de digitalización y con vistas a la conversión de la televisión analógica en digital, en el periodo 2005-2008, España adoptó una serie de medidas que afectaban a la red terrestre. Las autoridades españolas dividieron el territorio en tres zonas distintas:

- **Zona I.** En la que se incluye la inmensa mayoría de la población española y en la que los costes de transición corrían a cargo de los radiodifusores – **96 % de la población para los radiodifusores privados y 98 % para los públicos.** Como los radiodifusores asumieron los costes, no se necesitaron ayudas estatales.
- **Zona II.** Se trata de las **zonas menos urbanizadas y remotas**, que abarcan el 2,5 % de la población que en el pasado recibía los canales públicos y privados a través de la televisión analógica terrestre. No obstante, como la transición a la tecnología digital requería digitalizar los centros emisores y, en determinados casos, construir otros nuevos, resultaba preciso realizar cuantiosas inversiones en la red terrestre. Dado que las obligaciones de

¹ Actualmente el canal múltiple RGE2 cuyo 50 % está asignado a RTVE (público) sólo tiene obligación del 96% al igual que los privados.

cobertura impuestas en relación con la TDT podían dar lugar a que no se alcanzara este nivel, era necesario garantizar la cobertura de televisión en la zona II. Las autoridades españolas concedieron entonces financiación pública para apoyar el proceso de digitalización terrestre en dicha zona. Este proceso se conoce como «extensión de la cobertura de TDT».

- **Zona III.** En la que, como consecuencia de la orografía, no es posible prestar servicios de televisión a través de la plataforma terrestre, por lo que se prestan por satélite. Hispasat se encarga de la emisión de las señales de televisión en abierto en la zona III. El hecho de que el servicio de televisión se preste a través de satélite acarrea costes para los consumidores, obligados a adaptar sus instalaciones de recepción para recibir la señal por satélite.

Por lo que respecta a las zonas II y III, la disposición adicional duodécima del Plan Técnico Nacional contemplaba ya la posibilidad de que las autoridades locales y regionales extendieran la cobertura entre el 96 % y el 100 % de la población. A este respecto, el Plan Técnico hace referencia explícita a la televisión digital terrestre (TDT) y establece condiciones en las que las autoridades locales podían llevar a cabo esta extensión de cobertura.

Entre el año 2006 y el año 2009, se realizaron una serie de convenios Marco entre el antiguo Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, MITyC (actual Ministerio de Economía y Transformación Digital) y las Comunidades Autónomas que se complementaron posteriormente con una serie de adendas a los convenios marco que tenían como objeto, entre otros, realizar dichas extensiones de cobertura.

Los Gobiernos de las Comunidades Autónomas comenzaron a llevar a cabo la extensión. A tal efecto, ellos mismos organizaron licitaciones públicas o encomendaron su organización a empresas privadas. Las subvenciones se acordaban en parte con el MITyC y, por tanto, se financiaban a partir del presupuesto central o las financiaban parcialmente las propias Comunidades Autónomas.

En el caso particular del Gobierno de la Comunidad de Madrid, se asumió el compromiso de dotar de cobertura de televisión digital a la población no cubierta por las redes desplegadas por la Corporación de Radio y Televisión Española (RTVE) y los titulares de las licencias del servicio de comunicación audiovisual televisiva de ámbito estatal, digitalizando la red existente que abarca lo que se conoce como zona II.

La Comisión Europea declaró ilegal el régimen de ayudas para la conversión de la televisión analógica a la digital concedido por España para el despliegue y

mantenimiento de la televisión digital terrestre en zonas remotas y menos urbanizadas en su Decisión del 19 de junio de 2013, relativa a la ayuda estatal SA28599. La Comisión Europea ordenó, por tanto, la recuperación de las ayudas declaradas incompatibles con el mercado común, e instó a que se adoptaran las medidas de ejecución necesarias para asegurar el cumplimiento de la Decisión. A raíz de la Decisión de la Comisión Europea, varias Comunidades Autónomas han convocado (o tienen previsto convocar) nuevos concursos públicos para la contratación de los servicios de extensión de la televisión digital en un entorno tecnológicamente neutral. En este contexto, el Gobierno de la Comunidad de Madrid ha solicitado la realización de un estudio independiente para determinar los costes del servicio de radiodifusión en la Zona II de los canales de televisión estatales en el ámbito de la Comunidad de Madrid en base a dos principios fundamentales: el menor coste para la ciudadanía y la utilización de criterios de un inversor privado bien gestionado.

1.3. Infraestructuras preexistentes

En la actualidad, la Comunidad de Madrid, dispone de una red de centros repartida por todo el territorio de la Comunidad que ha sido calificado como Zona II, dando cobertura a la población situada en el mismo.

El listado de centros es el siguiente, con la asignación de canales correspondientes:

Centro	Provincia	Titularidad	Nº Múltiples E	RGE1+	RGE2+	MPE1+	MPE2+	MPE3+	MPE4+	MPE5+	MAUT+
ALCORCON- LEGANES	Madrid	Cellnex	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
AMERICAN TOWER MADRID TRES OLIVOS ES280718	Madrid	Centro ajeno	6	33-C	41-E	32-E	34-E	25-E	26-E	22-E	---
ARGANDA AV MADRID ATW	Madrid	Cellnex	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
AYUNTAMIENTO BOADILLA DEL MONTE CERRO BABILES	Madrid	Centro ajeno	7	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	26-E	22-E	38-E
AYUNTAMIENTO BOADILLA DEL MONTE DEPOSITO	Madrid	Centro ajeno	7	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	26-E	22-E	38-E
AYUNTAMIENTO FRESNEDILLAS DE LA OLIVA	Madrid	Centro ajeno	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
AYUNTAMIENTO OLMEDA DE LAS FUENTES	Madrid	Centro ajeno	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C

AYUNTAMIENTO SANTA MARIA DE LA ALAMEDA	Madrid	Centro ajeno	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
AYUNTAMIENTO SOMOSIERRA	Madrid	Centro ajeno	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
AYUNTAMIENTO TORRELODONES	Madrid	Centro ajeno	7	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	26-E	22-E	38-E
AYUNTAMIENTO VENTURADA	Madrid	Centro ajeno	5	33-E	---	32-E	34-E	25-E	26-E	---	38-C
BUSTARVIEJO	Madrid	Cellnex	4	33-C	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
CADALSO DE LOS VIDRIOS	Madrid	Cellnex	1	33-E	41-C	32-C	34-C	25-C	26-C	22-C	38-C
COLMENAR DE OREJA	Madrid	Cellnex	1	33-E	41-C	32-C	34-C	25-C	26-C	22-C	38-C
COLMENAREJO	Madrid	Cellnex	1	33-E	41-C	32-C	34-C	25-C	26-C	22-C	38-C
CYII LOZOYA CYII_121 PINILLA	Madrid	Centro ajeno	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
CYII MAJADAHONDA CYII_074 TDM	Madrid	Centro ajeno	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
EL MOLAR	Madrid	Cellnex	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
GARGANTILLA DEL LOZOYA	Madrid	Cellnex	4	33-C	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
HORCAJO DE LA SIERRA	Madrid	Cellnex	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
LA HIRUELA	Madrid	Cellnex	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	---
MADRID GINZO DE LIMIA 53	Madrid	Cellnex	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
MOLINO DE LA HOZ	Madrid	Cellnex	1	33-E	41-C	32-C	34-C	25-C	26-C	22-C	38-C
NAVACERRADA II	Madrid	Cellnex	1	33-E	41-C	32-C	34-C	25-C	26-C	22-C	38-C
ORANGE SOTO DEL REAL MAD08B01	Madrid	Centro ajeno	5	33-E	---	32-E	34-E	25-E	26-E	---	38-C
PARQUE COIMBRA	Madrid	Cellnex	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
PEDREZUELA	Madrid	Cellnex	6	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	26-E	---	38-C
REDUEÑA	Madrid	Cellnex	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C

ROZAS DE MADRID EDIF BURGO CENTRO II ATW	Madrid	Cellnex	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
SAN SEBASTIAN REYES AV BAUNATAL ATW	Madrid	Cellnex	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
SANTA MARIA DE LA ALAMEDA PIMPOLLAR	Madrid	Cellnex	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
TORRELAGUNA	Madrid	Cellnex	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
VALDELAGUNA	Madrid	Cellnex	4	33-C	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
VALDEMORILLO	Madrid	Cellnex	1	33-E	41-C	32-C	34-C	25-C	26-C	22-C	38-C
VALDEPIELAGOS	Madrid	Cellnex	4	33-E	---	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
VILLAREJO DE SALVANES	Madrid	Cellnex	1	33-E	41-C	32-C	34-C	25-C	26-C	22-C	38-C
ZARZALEJO	Madrid	Cellnex	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	38-C
CYII EL BOSQUE	Madrid	Centro Ajeno	6	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	26-E	---	---
AYUNTAMIENTO BREA DE TAJO	Madrid	Ayuntamiento	5	33-E	41-E	32-E	34-E	25-E	---	---	---

Tabla 1. Listado de centros bajo el control de la Comunidad de Madrid

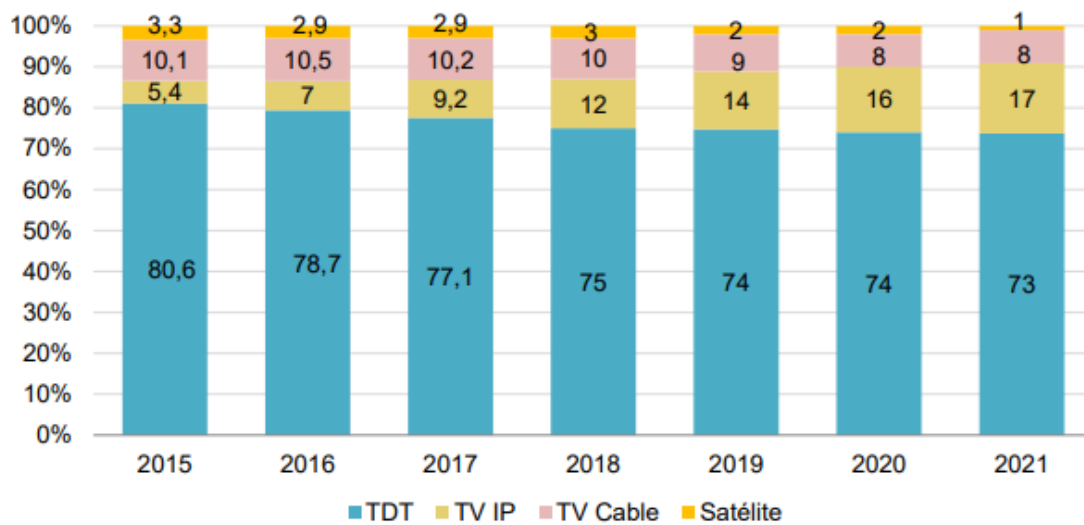
2 Tecnologías de difusión de la televisión digital

Actualmente existen principalmente en España cuatro tecnologías o plataformas posibles para la difusión de la señal de Televisión Digital: TDT– Tecnología Digital Terrestre– (DVB-T y DVB-T2), satélite (DVB-S, DVB-S2), por cable (DVB-C) y televisión por internet (IPTV).

En España, el legislador consideró que los servicios de radiodifusión constituyen un servicio público, razón por la cual lo prestan tanto organismos de radiodifusión de titularidad estatal (RTVE) como los radiodifusores privados que operan con licencia del Estado. Para que la población se beneficie realmente de este servicio público, la legislación contempla obligaciones de cobertura mínima tanto para la misión encomendada al organismo público de radiodifusión como para los operadores concesionarios privados. En consecuencia, los radiodifusores públicos están obligados a cubrir, al menos, el 98 % de la población española y los operadores privados deberán abarcar, al menos, el 96 % de la misma. En España, los radiodifusores nacionales no poseen una red de radiodifusión nacional, por lo que celebran convenios con operadores de plataforma para la emisión de sus contenidos y el cumplimiento de sus obligaciones de cobertura.

Los operadores de plataforma (u operadores de red) son entidades privadas o de control público que explotan la infraestructura necesaria (es decir, transportan y difunden la señal) para ofrecer al público los canales producidos por los radiodifusores. En los albores de la televisión, la única plataforma existente era la analógica terrestre. A medida que ha mejorado la tecnología, han ido llegando más plataformas al mercado, en concreto: la plataforma por satélite, la plataforma por cable y, más recientemente, la televisión por internet que explota la conexión de banda ancha para transmitir la señal de televisión.

Según el informe económico sectorial de las telecomunicaciones y el audiovisual de 2021 de la Comisión Nacional de Mercados y Competencia (CNMC), la plataforma dominante en el mercado es la televisión digital terrestre con un 73 % de la cuota de consumo.



*Ilustración 1 Datos Comisión Nacional de Mercados y Competencia por medio de transmisión
(fuente Kantar Media)*

De este gráfico se puede ver que las audiencias por plataformas, el 73% del tiempo se destinó a los servicios de TDT en abierto y el 27 % restante, a los servicios de televisión de pago a través de las distintas plataformas (satélite, cable e IPTV).

Actualmente, la TDT es la plataforma principal para los canales nacionales públicos y privados en abierto. El principal operador de la red terrestre es CELLNEX. Asimismo, hay una serie de operadores de telecomunicaciones locales que transportan las señales de TDT y suelen estar interconectados con la red nacional de CELLNEX. Además, de los canales nacionales, también se han de emitir los regionales.

En la radiodifusión terrestre, la señal de televisión se envía desde un estudio de televisión a un centro emisor (cabecera), que suele ser propiedad de un operador de red, que también se ocupa de su funcionamiento. Posteriormente, la señal se transporta y distribuye desde un centro emisor (cabecera) a los centros de radiodifusión gestionados por un operador de red (p. ej., una torre), transporte que, en ocasiones, puede hacerse por satélite. Por último, la señal se distribuye desde los centros de radiodifusión a los hogares.

La TDT presenta una gran eficiencia espectral gracias a su implementación técnica que le permite soportar una alta tasa binaria por hercio (bps/Hz), además tiene la capacidad de emitir la misma información desde centros emisores distintos para zonas de cobertura comunes sin generar interferencias, de manera que permite que los mismos hercios puedan ser utilizados para toda la red isofrecuencia o red de frecuencia única (SFN, *Single Frequency Networks*). Estas redes de frecuencia única con cobertura media deben compatibilizarse con redes multicanal, ya que no permiten

desconexiones regionales, que hacen posible que cada zona geográfica reciba los canales destinados a la misma. Considerando todos los canales regionales y locales, se han asignado más de 1.000 frecuencias a la televisión terrestre en toda España, sin la necesidad de restricciones técnicas y sin extenderse más allá de la zona de difusión de cada canal.

En la radiodifusión por satélite, por otro lado, la señal se envía a un centro emisor (cabecera) para luego ser transportada al satélite que la distribuye a los hogares. Como alternativa, la señal podría ser enviada en primer lugar desde un estudio de televisión directamente al satélite, si el estudio cuenta con los dispositivos adecuados. El espectador ha de estar equipado con una red de recepción adecuada en la que fundamentalmente es necesaria una antena parabólica y un descodificador. Para ampliar la cobertura de satélite de una región, es preciso que el equipo de tierra anterior se instale en el domicilio del cliente.

En cuanto a los canales de televisión de pago, se difunden por lo general vía satélite, cable y televisión por internet, aunque existen algunos canales de pago en la TDT. Astra e Hispasat son los principales operadores de satélite. En el caso de la solución satélite también existe la posibilidad de delimitación geográfica mediante un sistema complejo de acceso condicional en el que cada región puede disponer de una plataforma para el acceso condicional y decidir qué usuarios activar para recibir el servicio. Por tanto, la limitación territorial del servicio puede controlarse desde la Comunidad Autónoma.

La televisión por cable (gracias al protocolo DVB-C) se encuentra actualmente en desuso, siendo reemplazada progresivamente por la televisión mediante tecnología IP (IPTV) que en un futuro podrían sustituir al resto de formas de acceso tradicional a la televisión, pues es probable que las redes de banda ancha de nueva generación (NGA2, por sus siglas en inglés) se conviertan en la tecnología de transmisión dominante.

Por el momento, sin embargo, en España la cobertura geográfica de tales redes de más de 100 Mbps no es universal, llegando un 88,3 % del total de los hogares en junio de 2021 y al 70 % en los hogares en las zonas rurales, según el informe de Cobertura de Banda Ancha en España 2021, lo que demuestra un desarrollo desigual en todo el territorio (predomina en zonas urbanas y presenta escaso desarrollo en las zonas rurales).

Esta tecnología permite transmitir gran cantidad de canales, completamente configurables y personalizables con calidad dependiente del ancho de banda disponible en la conexión de banda ancha que llegue al hogar. Requiere de un descodificador y permite la posibilidad de limitación geográfica mediante un sistema de acceso condicional.

A continuación, describiremos las principales tecnologías para la prestación del servicio de televisión digital.

2.1 Televisión Digital Terrestre

La Televisión Digital Terrestre (TDT) es la transmisión de imágenes en movimiento, el sonido asociado y los contenidos adicionales (televisión) mediante una señal digital (codificación binaria) y a través de una red de repetidores terrestres.

La codificación digital de la información aporta diversas ventajas. Entre ellas cabe destacar la posibilidad de comprimir las señales y agregarlas, consiguiendo un uso más eficiente del espectro radioeléctrico gracias a la familia de estándares DVB-T. La tecnología de televisión analógica sólo permitía la transmisión de un único programa de televisión por cada canal UHF (ya sea de 6 MHz, 7 MHz u 8 MHz de ancho de banda), teniendo que liberar los canales adyacentes al de emisión para evitar interferencias. Actualmente es posible agregar o multiplexar varios programas digitales en el espacio que antes ocupaba un canal analógico de UHF, denominado "canal múltiple digital" o "múltiplex". El número de programas transmitidos en cada canal múltiple dependerá de la calidad de imagen y sonido deseados, así como del estándar de compresión empleado en la codificación del contenido.

Si bien en la actualidad se permiten hasta 6 programas en calidad estándar (SD, Standard Definition en inglés) o hasta 2 en alta definición (HD, High Definition en inglés), se suelen transmitir habitualmente cuatro programas digitales por múltiplex gracias a los estándares de compresión MPEG-2 y MPEG-4. Ambos estándares de compresión soportados por el estándar DVB-T, aportan gran flexibilidad a la codificación gracias a que permiten cambiar ciertos parámetros de la codificación que afectan directamente al flujo binario de cada programa y a la calidad de este, en cualquier momento y de manera transparente a los usuarios. El flujo binario del múltiplex se compone de la suma de los canales y es posible asignar un flujo alto a una película o un evento deportivo de pago detrayendo del flujo de los otros canales que componen el múltiplex y pueden ser de emisión abierta. Como el flujo depende del contenido de la imagen, muchas variaciones o mucho detalle de una imagen producen más flujo. El aprovechamiento óptimo del múltiplex, cuando

todos sus componentes tienen la misma importancia comercial, se realiza mediante un control estadístico del flujo.

Un sistema inteligente estima el flujo de cada canal que compone el múltiplex en cada momento y va asignando mayor o menor ancho de banda según la necesidad detectada. Lógicamente, se puede determinar, canal por canal, un ancho de banda mínimo como se ha comentado anteriormente.

Otra de las ventajas de la codificación digital frente a la transmisión analógica antigua es la recuperación de la señal original tal y como se ha enviado. Es preciso aclarar que la señal digital no es más robusta que la analógica, es decir, no es más resistente a posibles interferencias, ya que ambas son señales electromagnéticas de la misma naturaleza, y susceptibles de ser distorsionadas por campos eléctricos o magnéticos, por las condiciones meteorológicas, etc. La diferencia radica en la manera de codificar la información, ya que la codificación digital sigue algoritmos lógicos que permiten posteriormente identificar y corregir errores, consiguiendo recuperar la señal original siempre que el número de errores de recepción lo permita.

Por otro lado, la TDT permite el uso compartido del espectro con otros servicios, hecho que incrementa aún más la eficiencia en el uso del espectro. En este sentido, se citan dos ejemplos de coexistencia en el uso de espectro: La industria de la producción de contenidos utiliza equipos (micrófonos inalámbricos, por ejemplo) que trabajan en la misma banda de espectro que la TDT, y los llamados espacios blancos o White Spaces son una solución desarrollada para hacer uso de eventuales partes del espectro asignado a la TDT para prestar otros servicios.

2.1.1 Arquitectura genérica red TDT

A la hora de describir la arquitectura de toda plataforma de Radiodifusión Digital Terrestre podemos distinguir entre la red de transmisión, red de difusión y la red de recepción:

2.1.1.1 . Red de Transmisión

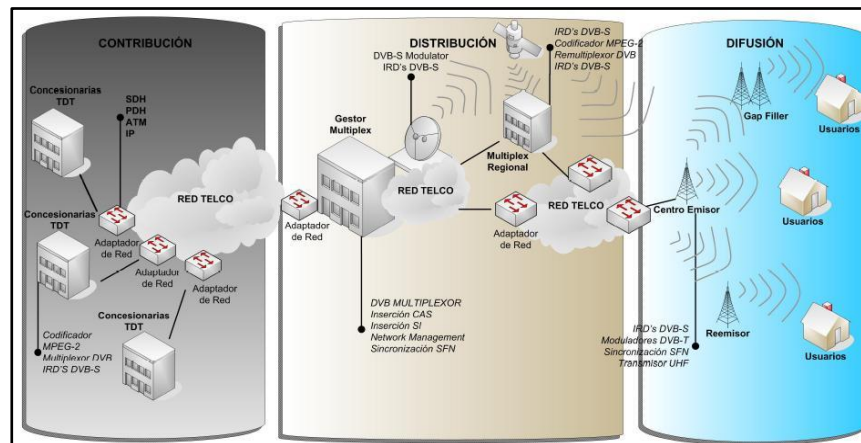


Ilustración 2 Arquitectura genérica red de transmisión TDT

La red de transmisión consta de los siguientes elementos:

- **Cabecera o red de contribución:** compuesta por los subsistemas de codificación, multiplexación (en algunos casos) y los adaptadores de red que facilitan la distribución de los servicios a través de redes de transmisión de distinta naturaleza y topología. Por lo general estas cabeceras son gestionadas por el proveedor de contenidos. Es decir, engloba la producción de contenidos, principalmente de audio y vídeo, en centros de producción, así como en eventos externos y el envío de estas señales hacia los centros de producción, para la generación de contenidos elaborados. El último paso de la contribución suele ser la codificación y envío de los servicios, hacia la red de distribución.
- **Cabecera o red de distribución:** que agrupa al operador de múltiplex y al operador de red, realizando las funciones de multiplexación de servicios, inserción de las tablas PSI (*Program Specific Information*) e Información de Servicio DVB-SI, inserción de la trama MIP que garantice la sincronización de todos los centros emisores (exclusivamente para redes isofrecuencia), e inserción de componentes adicionales a las de audio y video, como son el subtítulo, teletexto y las aplicaciones interactivas.

Es decir, a grandes rasgos, comprende la gestión de las señales desde los Centros de producción hasta los Centros de transmisión, así como la adaptación de las señales, previa a la difusión. Esto incluye la gestión de los servicios de los diferentes radiodifusores, la gestión de la Información de Servicio y la inserción de servicios añadidos como el subtítulo o las aplicaciones interactivas (MHP).

Cabe destacar que, si el radiodifusor dispone de la totalidad del canal múltiplex tiene la posibilidad de completar en sus instalaciones la generación de este. En algunos casos, radiodifusores que solo tienen atribuida una parte del múltiplex (asignación de un determinado ancho de banda), la generan

incluyendo multiplexación estadística, y enviando el paquete parcial en formato MPST (*Multiple Program Transport Stream*) al operador de red para completar el conjunto.

Esta red, denominada red de distribución primaria cuenta con una topología punto-multipunto que distribuye los distintos servicios que componen cada uno de los múltiplex digitales hasta los centros emisores nodales para su difusión terrena. Esta red suele basarse en tecnología SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) y dispone por lo general de una fuerte protección basada en red satélite de elevada disponibilidad de servicio.

2.1.1.2 Red de difusión

Se refiere a la transmisión al usuario final. La red de difusión está compuesta por Centros emisores y Centros re-emisores, distribuidos en el territorio nacional. En este tramo de red se adapta la trama que porta los distintos servicios de TDT a las características del canal radioeléctrico conforme al estándar DVB-T (o DVB-T2, en un futuro), y la difunde desde los diferentes centros de transmisión hasta los receptores de usuario.

Los centros emisores o centros primarios están equipados con transmisores de diversas potencias y difunden la señal en un área de servicio. Reciben la señal vía satélite, o a través de un radioenlace o enlaces de fibra óptica, y la reparten a cada uno de los equipos transmisores, una vez amplificada hasta el nivel de su potencia de emisión, y filtrada para dotarla del ancho de banda adecuado y eliminar el riesgo de interferencia con los canales adyacentes.

Los centros re-emisores, o centros secundarios (denominado generalmente *gap-filler* ya que redifunden a su salida la señal de entrada a la misma frecuencia) son, generalmente, de baja potencia y disponen de una reducida área de servicio. Reciben la señal primaria en un canal de UHF procedente de un centro emisor, la pasan a frecuencia intermedia y después se convierte, de nuevo, a la frecuencia de la señal primaria, para evitar interferencias. Posteriormente, se amplifica hasta la potencia de emisión y se envía al sistema radiante. Este tipo de centros tiene limitada su capacidad de entregar potencia ya que ésta depende del aislamiento entre antenas, transmisora y receptora, y del nivel de la señal de entrada.

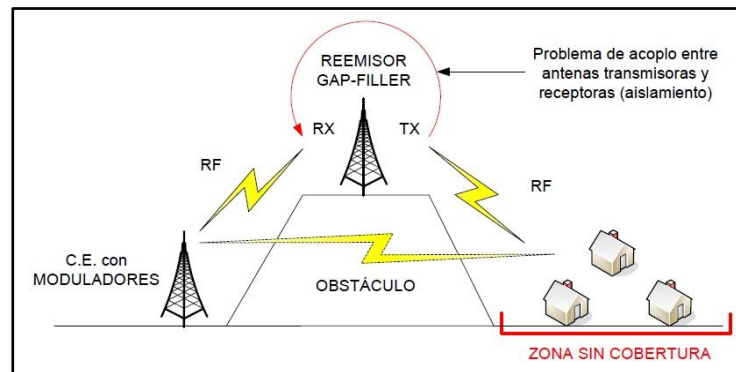


Ilustración 3 Arquitectura genérica red de transmisión TDT

Normalmente, por redundancia y seguridad se utilizan vías de transporte alternativas entre la cabecera nacional de red y los principales centros emisores por medio de fibra óptica (FO) o radioenlace (RE) y por satélite, es lo que se conoce como red de reserva o backup. Esta red secundaria mixta permite realizar la distribución a centros emisores, cuya cobertura conjunta supera el 65% de la población nacional.

Paralelamente a la red descrita, la plataforma para la difusión del servicio de TDT dispone de una segunda Red de Distribución terrestre mixta que, formada por radioenlaces digitales y fibra óptica, proporciona una vía alternativa, y totalmente independiente, que permite realizar la distribución a centros emisores, cuya cobertura conjunta supera el 65% de la población nacional.

Tanto la Red de Distribución Primaria como la Red de Difusión, no se ven condicionadas por la naturaleza y tecnología del formato del servicio que transportan (Definición Estándar SD, Alta Definición HD o Ultra Alta Definición UHD), pero sí por el estándar de codificación digital, bien sea DVB-T o su evolución, el DVB-T2.

2.1.1.3 Red de Recepción

La recepción de la televisión con tecnología analógica era menos crítica que la de la Televisión Digital Terrestre (TDT); en esta última, hay que asegurar que se tiene un margen de seguridad suficiente en aquellos parámetros que garantizan la calidad de la instalación, para poder restituir las señales comprimidas que contiene.

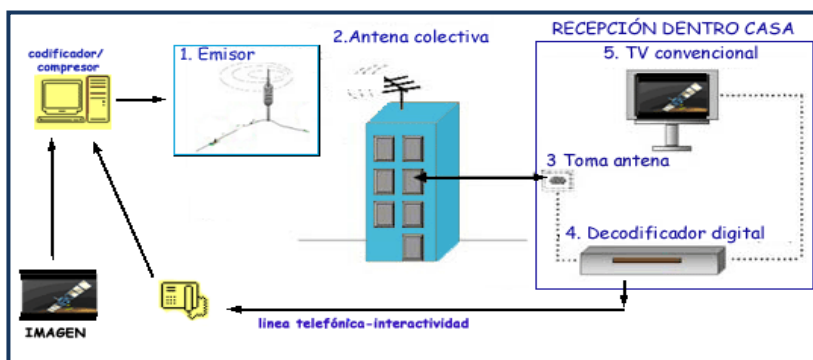


Ilustración 4 Arquitectura genérica red de transmisión TDT

Con la transición a la TDT, la mayoría de los hogares disponen de una antena de recepción terrestre (tipo Yagui). En la actualidad la mayoría de las viviendas cuentan con una instalación preparada para recibir la TDT que consiste en disponer de una antena de recepción terrestre (individual o colectiva) y disponer de un receptor TDT. La práctica totalidad del parque de televisores actuales cuenta con un receptor integrado compatible con el estándar DVB-T y, una amplia mayoría de ellos cuenta con el nuevo estándar DVB-T2.

Los receptores tanto externos como integrados recibirán correctamente la señal cuando la instalación cumpla lo previsto en el apartado 4.5 del Anexo I, del Reglamento aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo.

2.2 Televisión Digital por satélite

La televisión digital por satélite es una tecnología muy adecuada para prestar servicio en zonas amplias o poco desarrolladas. Se suelen utilizar frecuencias elevadas en el rango de los GHz; además, la elevada direccionalidad de las antenas utilizadas permite "alumbrar" zonas concretas de la Tierra.

La Televisión por satélite es un método de transmisión televisiva consistente en retransmitir desde un satélite de comunicaciones una señal de televisión emitida desde un punto de la Tierra, de forma que ésta pueda llegar a otras partes del planeta. La elevada direccionalidad de las altas frecuencias utilizadas en la transmisión hace posible concentrar las emisiones por satélite en regiones geográficas muy concretas, llegando incluso hasta unos pocos cientos de kilómetros. Esto permite evitar la recepción en zonas no deseadas y reducir la potencia de emisión necesaria, o bien concentrar el haz para así aumentar la potencia recibida por el receptor, reduciendo al mismo tiempo el tamaño de la antena parabólica necesaria. De esta forma es posible la difusión de señal televisiva a grandes extensiones de terreno, independientemente de sus condiciones orográficas. Los satélites utilizados para señales de televisión se encuentran situados en órbita geoestacionaria, a 35.786 km sobre el Ecuador terrestre, lo que repercute en dos ventajas fundamentales para las

comunicaciones: permite el uso de antenas fijas, pues su orientación no cambia; y asegura el contacto permanente con el satélite.

2.2.1 Arquitectura

El modelo simplificado de referencia de una plataforma de satélite bajo estándar DVB-S se representa en la siguiente figura. En este modelo se detallan las dos posibles redes implicadas (difusión y de retorno), así como el posible acceso condicional ligado a alguno de los servicios incluidos en la trama MPEG-2/MPEG-4, que transporta el contenido y datos anexados a él.

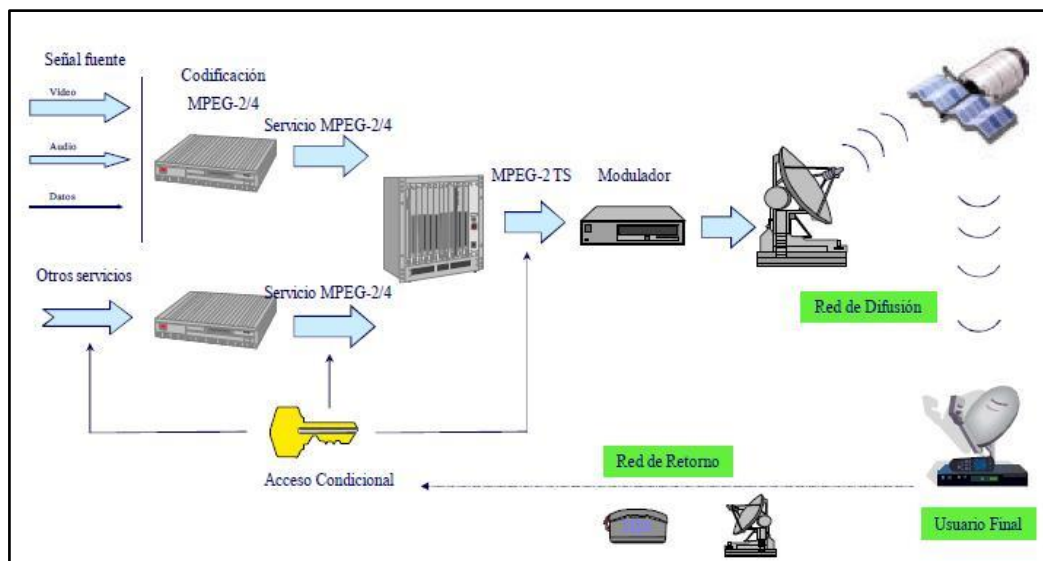


Ilustración 5 Arquitectura de una red de TV por satélite

Sistema de transmisión

La transmisión televisiva por satélite se inicia en el momento en que la estación emisora envía la señal, previamente modulada a una frecuencia específica, a un satélite de comunicaciones. Cabe destacar que para hacer posible esta emisión es necesario el uso de antenas parabólicas de 9 a 12 metros de diámetro. El uso de antenas de dimensiones elevadas permite incrementar la precisión a la hora de enfocar el satélite, facilitando de este modo que se reciba la señal con una potencia suficientemente elevada.

Cada una de las bandas utilizadas en los satélites se divide en canales. Para cada canal suele haber en el satélite un repetidor, llamado transponder o transpondedor, que se ocupa de capturar la señal ascendente y retransmitirla de nuevo hacia la Tierra en la frecuencia que le corresponde. El ancho de banda de los transpondedores suele estar comprendido entre los 27 y los 50 MHz.



Ilustración 6 Antenas utilizadas en transmisión para la comunicación con el satélite (izqda.) y satélites geoestacionarios (drcha.)

Los satélites comerciales funcionan en tres bandas de frecuencias, llamadas C, Ku y Ka. La gran mayoría de emisiones de televisión por satélite se realizan en la banda Ku:

Banda	Frecuencia ascendente (GHz)	Frecuencia descendente (GHz)	Problemas
C	5,925 - 6,425	3,7 - 4,2	Interferencia Terrestre
Ku	14,0 - 14,5	11,7 - 12,2	Lluvia
Ka	27,5 - 30,5	17,7 - 21,7	Lluvia

Tabla 2. Bandas de trabajo de los satélites comerciales

El satélite recibe la señal emitida a través de uno de sus transpondedores, sintonizado a la frecuencia utilizada por la emisora. En general, un satélite dispone de hasta 32 transpondedores para la banda Ku y hasta 24 para la banda C. A continuación, el satélite retransmite la señal de vuelta a la Tierra, pero en este caso utilizando otra frecuencia, típicamente en las bandas C o Ku, con la finalidad de evitar interferencias con la señal procedente de la emisora.

El receptor de satélite demodula y convierte la señal al formato deseado. Los canales abiertos se transmiten sin cifrar. En el caso de la PPV (*Pay per View*) y la televisión por suscripción, la señal se transmite cifrada y necesita ser descifrada mediante una tarjeta inteligente, para obligar a los usuarios a contratar el servicio y asegurarse de que cada suscriptor haya contratado el servicio y que acceda solamente a la programación que está pagando. Esta característica está representada en la arquitectura de la red y se denota mediante una llave, que indica el acceso condicional al contenido. Mediante este sistema de acceso es posible regionalizar la cobertura para las TV autonómicas/locales.

2.2.1.1 Sistema de recepción

La señal enviada por el satélite, bastante debilitada debido al gran número de kilómetros que debe recorrer hasta llegar al destino, es captada por una antena parabólica instalada por el usuario final. La señal, muy débil, se refleja y se concentra en el punto focal de la antena donde se encuentra *el feedhorn*. Éste se encarga de recibir la señal y llevarla al LNB (*Low Noise Block*) para su posterior conversión y amplificación. En el caso particular de las antenas parabólicas para satélite de difusión directa en realidad tenemos un LNBF (*Low Noise Block and Feed*), que integra el feedhorn y el LNB en una sola pieza.



Ilustración 7 Parabólica empleada en la recepción por satélite

Cabe destacar que, para la correcta recepción por satélite, el usuario debe disponer de una instalación de recepción. Como se ha mencionado, esta instalación de recepción se compone de una antena parabólica completa (Antena, LNB y cableado), además de un decodificador digital de satélite, también conocido como *set top box*.

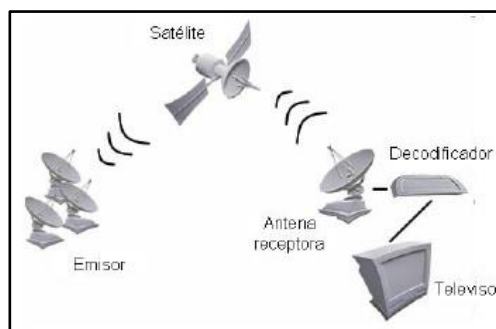


Ilustración 8 Esquema global destacando el sistema de recepción

2.3 Televisión Digital por cable

Originariamente, los sistemas de televisión por cable (CATV) proceden de la necesidad de cubrir la recepción de señales de televisión manifestada por aquellos lugares alejados de los centros de emisión o separados de los mismos por obstáculos naturales, recurriendo a la utilización de una antena comunitaria, que ubicada a gran altura provea de la señal que era distribuida a toda la comunidad por un cable coaxial como vínculo.

2.3.1 Arquitectura genérica

El objetivo de este apartado es ofrecer una visión global de la arquitectura de una plataforma de distribución vía cable, aunque esa tecnología de acceso a la televisión digital se está viendo reemplazada por la televisión IP (IPTV), principalmente debido a la evolución de las redes de coaxial hacia HFC, que dejan la puerta abierta a convergencia de los servicios de TV, que tradicionalmente soportaban estas redes, con servicios de banda ancha a Internet, telefonía IP, etc. En la figura adjunta se presenta la plataforma genérica de TV Digital utilizada tradicionalmente por los operadores de cable:

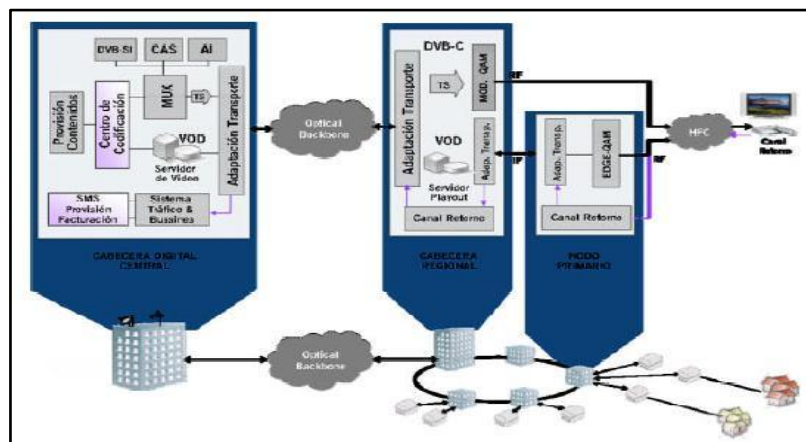


Ilustración 9 Arquitectura genérica red de TV por cable

Los principales elementos de la arquitectura de la plataforma son:

- **Cabecera central.** Realiza la captura y/o producción de todos los canales, así como los procesos de codificación, almacenamiento y distribución de todos los contenidos de VOD (*Video on Demand*):
 - Sistemas Codificación, Multiplexación y Señalización DVB.
 - Sistemas de Acceso Condicional
 - Servicios avanzados: aplicaciones interactivas, audio multicanal.
 - Sistemas de almacenamiento de contenidos VOD

- Sistemas Adaptación a la red de transporte.
- Canal de Retorno
-

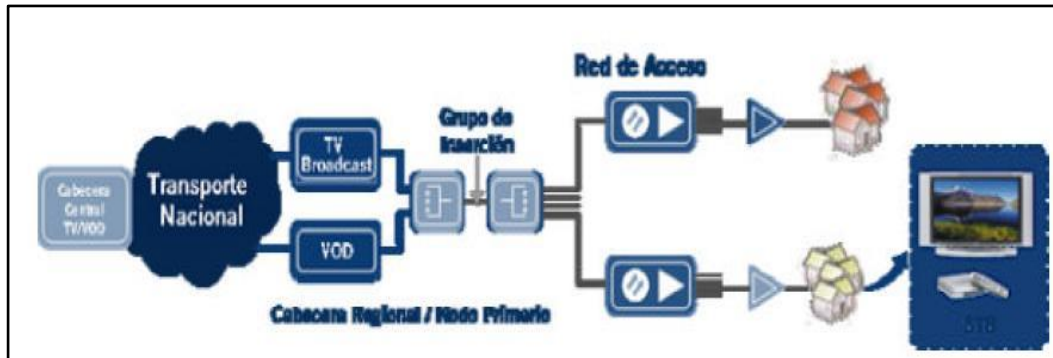


Ilustración 10 Red de transporte y red de acceso

- **Red de transporte.** La arquitectura de la plataforma, para los servicios de TV/VOD es descentralizada, se diseña con criterios de flexibilidad y escalabilidad que permiten optimizar los recursos de red. Se pueden diferenciar 3 áreas funcionales:
 - Red de Transporte Nacional. En la arquitectura distribuida para servicios de VOD, la librería central suministra los contenidos a librerías almacenadas regionalmente, disminuyendo sensiblemente las necesidades de tráfico por la red nacional.
 - Cabeceras Regionales (CR) y Nodos Primarios (NP). El concepto de arquitectura distribuida para VOD sitúa los servidores de almacenamiento local y *playout* en las Cabeceras Regionales y Nodos Primarios. La incorporación de Canales Autonómicos/Locales tiene una incidencia similar a la explicada para la cabecera central.
 - Red de acceso. La red de acceso distribuye la señal desde los equipos instalados en CR/NP a los usuarios. En el tramo final de la red de acceso los usuarios se distribuyen en grupos de Inserción (GI). Los usuarios asociados al mismo grupo de inserción comparten el ancho de banda disponible.

2.3.2 Redes HFC

Las redes HFC son una evolución de las antiguas redes de distribución de televisión por cable (las CATV, totalmente coaxiales) en las que se ha

sustituido el cable coaxial por fibra óptica, a excepción del último tramo, el del acceso al cliente, que permanece en coaxial. Mientras que las antiguas redes de CATV sólo soportaban la distribución de televisión en formato analógico (PAL, NTSC...), las redes HFC añaden nuevos servicios: distribución de televisión digital (MPEG-2/4,...), datos, telefonía. Además, la mayoría de las redes HFC actuales son totalmente digitales, habiendo desaparecido su servicio original de distribución de televisión en formato analógico. De forma esquemática:

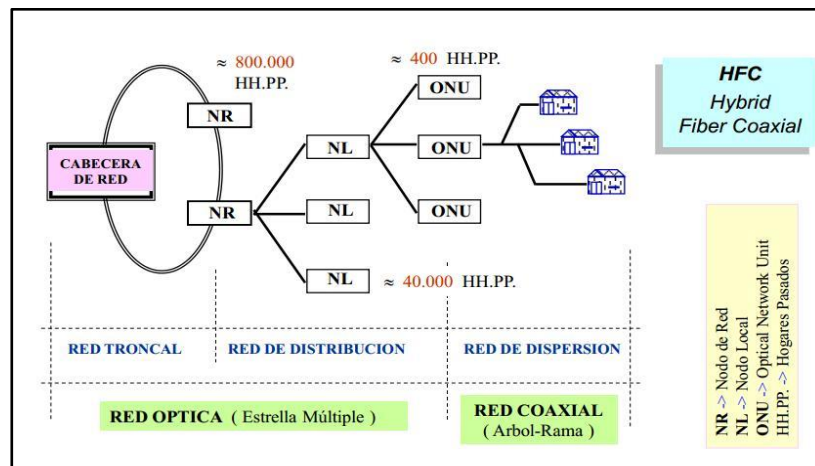
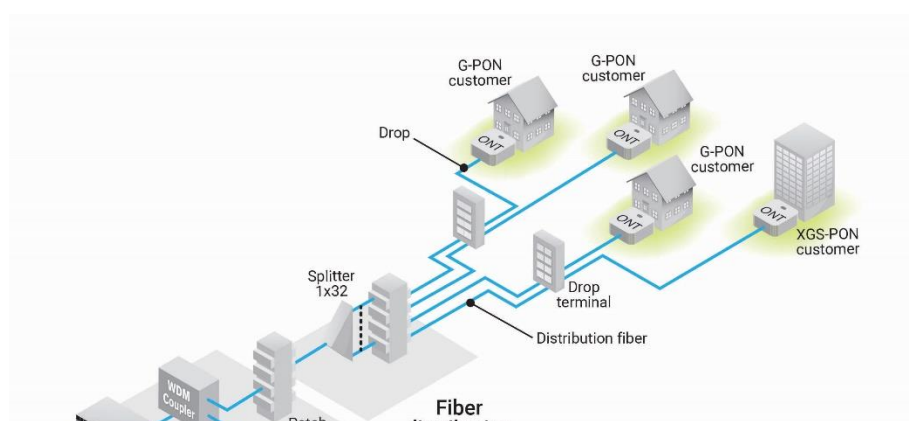


Ilustración 11 Esquema general red HFC

En este tipo de redes, el canal ascendente (*upstream*) es un recurso muy limitado en banda, pues ha de compartirse entre todos los usuarios, en el que, además, se registra típicamente mucho ruido (denominado efecto *noise funnelling*, o de embudo del ruido de los usuarios), por lo que en el mismo se utilizan modulaciones poco densas, típicamente 16-QAM. Sin embargo, en el canal descendente (*downstream*), este efecto no aparece, por lo que pueden utilizarse modulaciones más densas, generalmente 64-QAM o 256-QAM.

2.3.3 Redes FTTH y variantes

Las redes FTTH (Fiber To The Home) son aquellas en las cuales, a diferencia de las HFC, el último tramo (aquel que conecta con el cliente) se despliega utilizando fibra óptica también. Existen otros tipos de redes basadas en las FTTH dependiendo de cuál sea el destino final de la fibra: FTTC (hasta el armario de comunicaciones más cercano) o FTTN (hasta el nodo, en el vecindario de la vivienda).



Las redes FTTH proveen al usuario de velocidades simétricas, tanto en el canal ascendente (upstream) como en el canal descendente (downstream), por lo que podremos utilizar modulaciones más densas 64-QAM o 256-QAM.

Además, este tipo de redes reduce la latencia de cara al usuario y aumenta el ancho de banda, lo que la hace perfecta para cuando tenemos varios usuarios conectados a la red, utilizando, por ejemplo, contenido en streaming de alta calidad o cualquier servicio que haga uso del FTTH (como podría hacer la televisión).

2.3.4 DOCSIS

El estándar DOCSIS permite añadir nuevos servicios (principalmente de datos de alta velocidad y telefonía) a la distribución de televisión digital (MPEG-2/4,...) que emplea el estándar DVB-C. Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad. Muchos operadores de televisión por cable lo emplean para proporcionar acceso a Internet sobre una infraestructura HFC existente, usando de manera complementaria DVB-C para la distribución de televisión digital, o incluso pueden llegar a la convergencia IP de todos estos servicios (incluida la televisión) gracias al estándar DOCSIS. Ya desde la versión

DOCSIS 3.0, incluye soporte para IPv6 y el *channel bonding* (permite utilizar varios canales simultáneamente, tanto de subida como de bajada), por lo que la velocidad podrá sobrepasar los 100 Mbps en ambos sentidos. La nueva versión del estándar DOCSIS 3.1 pretende poner a las conexiones de cable a un nivel similar (o por lo menos con respecto a sus capacidades actuales) al de las redes de fibra. La arquitectura de las redes HFC basadas en DVB-C y DOCSIS se muestra en la siguiente figura:

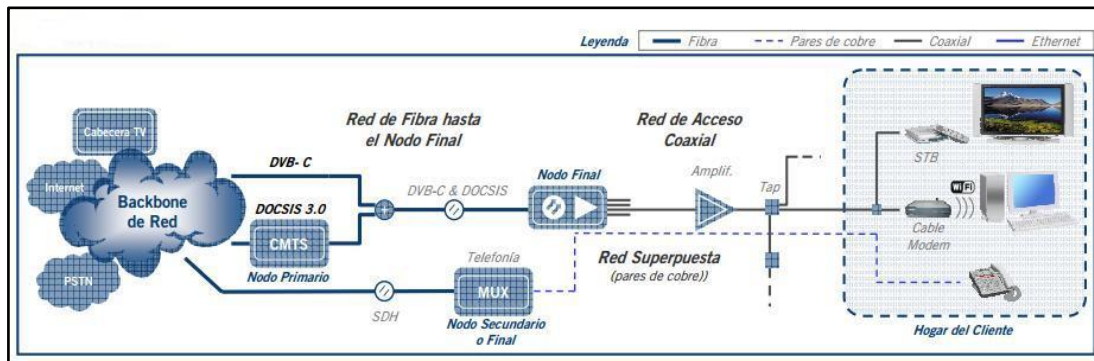


Ilustración 12 Arquitectura de red basada en HFC (DVB-C y DOCSIS 3.0)

Existe una versión europea de DOCSIS que se denomina EuroDOCSIS, y cuya principal diferencia es que, en Europa, los canales de cable tienen un ancho de banda de 8 MHz (PAL), mientras que, en Norte América y gran parte de Sudamérica, es de 6 MHz (NTSC). Esto se traduce en un mayor ancho de banda disponible para el canal de datos de bajada (desde el punto de vista del usuario, el canal de bajada se utiliza para recibir datos, mientras que el de subida se utiliza para enviarlos).

2.3.5 Sistema de Recepción

Los sistemas de recepción utilizados por los operadores de cable constan de un cable módem para recibir la conexión de banda ancha y de un decodificador (Set Top Box) para recibir la señal de televisión. El cable módem es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable.

En ocasiones, los operadores de cable también despliegan un par de cobre siamés a través del que se ofrece el servicio de telefonía configurando así las ofertas de TRIPLE PLAY (3P) y CUADRUPLE PLAY (4P) existentes en la actualidad.



Ilustración 13 Cable modem utilizado en el sistema de recepción

2.4 Televisión Digital mediante tecnología IP

Actualmente el concepto de la televisión por IP (IPTV en sus siglas inglesas) corresponde a un sistema de televisión en un entorno controlado, en el cual

un proveedor de servicios gestiona la red de transmisión y de acceso, así como también de los contenidos a ofrecer. Esto es lo que hemos denominado redes IP gestionadas. Por otro lado, la televisión por Internet (Internet TV) corresponde a un sistema de televisión transmitido por Internet y recibido por los usuarios a través de la red, de un modo no gestionado.

Tanto IPTV como la televisión por Internet emplean IP (*Internet Protocol*) como protocolo de transmisión de paquetes. Sin embargo, estos dos conceptos de televisión están referidos a modelos de negocios y de explotación diferentes, aunque a nivel de tecnología y servicios ofrecidos presentan similitudes.

Las Plataformas de Servicios IPTV se ven favorecidas al aprovechar la rápida evolución de las tecnologías de banda ancha, así como su convergencia con servicios de voz, datos, TV y terminales móviles (lo que se denomina como “Cuádruple Play”).

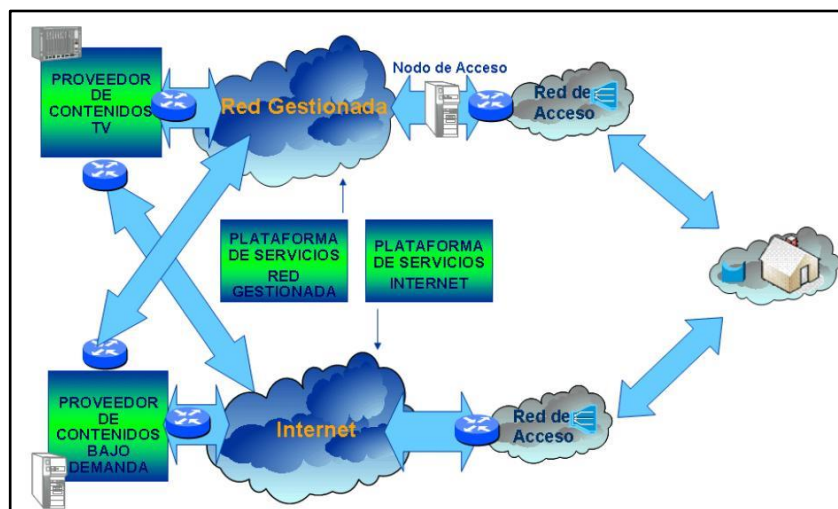


Ilustración 14 Detalle redes IP gestionadas y no gestionadas

El acceso es una de las diferencias claves en las Plataformas de Servicios IPTV, ya que el medio de transmisión en lo que se denomina la “última milla”, está completamente dedicado al usuario, a diferencia de otros medios de radiodifusión, donde el ancho de banda en el acceso está compartido por todos o un conjunto significativo de usuarios. Además, la limitación actual del ancho de banda en el bucle de abonado se está viendo favorecida con la evolución de las redes de acceso hacia tecnologías más eficientes y con mayor capacidad, como VDSL2, HFC y/o FTTx.

Las redes IP no gestionadas actuales presentan serias limitaciones para proporcionar servicios de vídeo, requiriendo una reingeniería ya que

normalmente no están diseñadas para proporcionar la calidad de servicio (QoS) requerida por los servicios de TV y vídeo en Alta Definición, ni para soportar multicast, tecnología básica en los servicios de distribución de TV, ya que cada flujo transita una sola vez por cada punto, y se replica donde es necesario, lo que proporciona escalabilidad prácticamente ilimitada.

En una red gestionada, el Operador puede utilizar técnicas de transmisión y conmutación diferentes dependiendo del tipo de flujos que se transportan, aprovechando las tecnologías disponibles para utilizar la más adecuada desde un punto de vista tecno-económico, en función de las características de ancho de banda, calidad de servicio, retardo, latencia, robustez ante errores de transmisión, etc., que son propias de cada tipo de flujo.

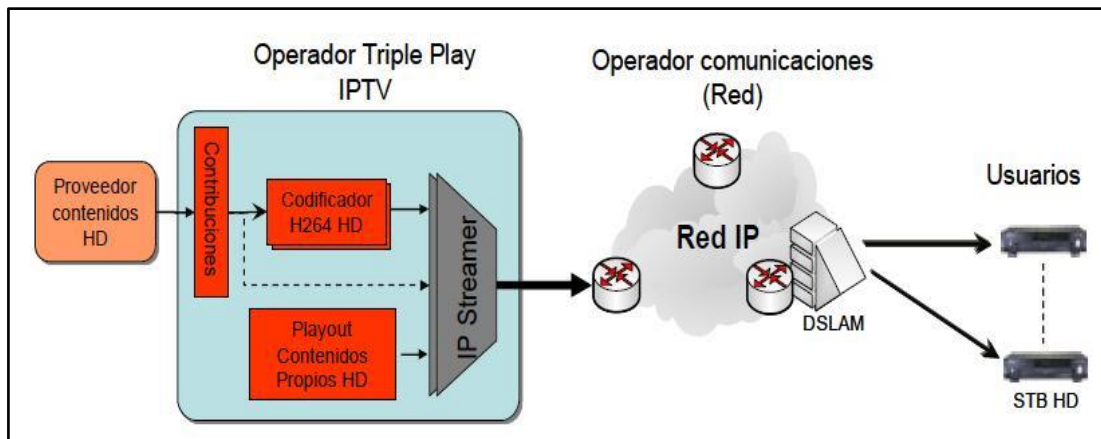


Ilustración 15 Detalle redes IP gestionadas y no gestionadas

Una de las ventajas de este tipo de redes (redes gestionadas) es que permiten situar un control de acceso en la red, incorporando filtros en función del perfil contratado por el usuario, que impide el envío físico de los canales a los usuarios que no los han contratado, frente a las soluciones basadas solo en cifrado que se utilizan en cable y satélite, más vulnerables a la piratería.

De forma genérica, la arquitectura de este tipo de redes se presenta en la siguiente figura:

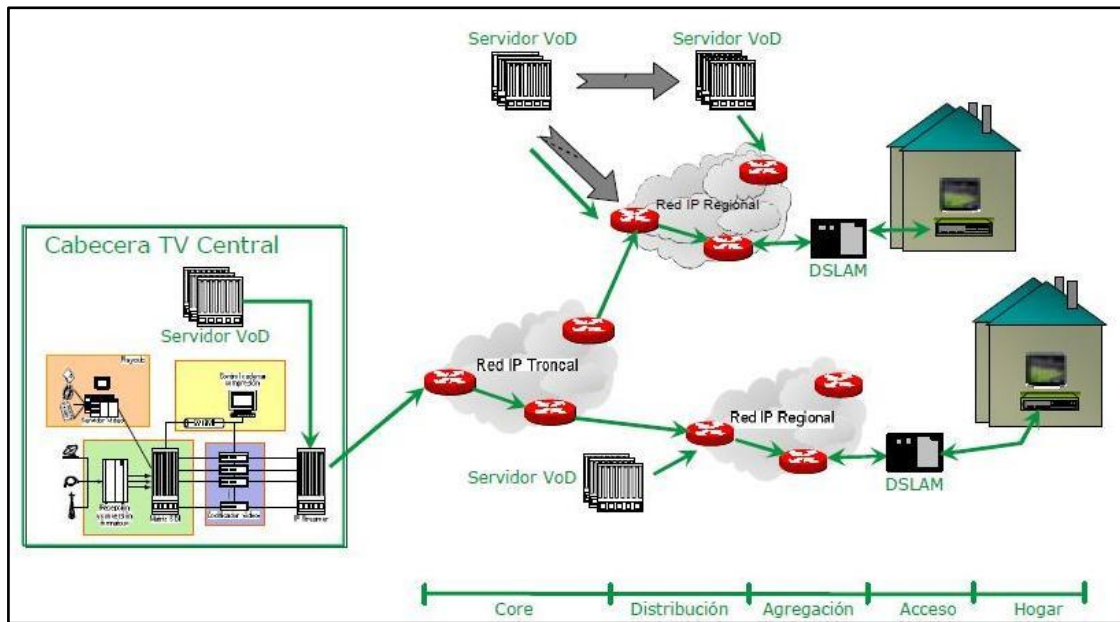


Ilustración 16 Detalle de la red basada en IPTV

Como puede observarse en la ilustración superior, en la Cabecera de TV las señales de TV son tratadas para su inyección en la red de transporte, que puede ser una red dedicada en el caso de redes gestionadas, o no dedicada, en el caso de redes no gestionadas. En este punto se localiza la Plataforma de Servicios, que contiene los servidores de aplicaciones, servidores de bases de datos, de contenidos, clientes, datos de uso, sistemas de gestión, contratación, tarificación, etc.

Atendiendo a las características físicas de los conductores empleados en la red fija para el acceso a la instalación de los usuarios se distinguen las siguientes tecnologías:

- Redes de pares de cobre
- Redes de cables coaxiales
- Redes de fibra óptica

2.4.1 Red de acceso basada en cobre

2.4.1.1 Arquitectura genérica

Para poder suministrar los caudales antes mencionados de manera estable, se utilizan distintas tecnologías (xDSL – *Digital Subscriber Line*). Con estas tecnologías se pretende evitar el coste de un nuevo cableado, aprovechando el par de cobre antiguo existente en la práctica totalidad de las viviendas, a pesar de sus limitaciones técnicas.

En España, la variedad de xDSL más extendida es el ADSL (*“Asymmetric Digital Subscriber Line”*), una versión con caudales de transmisión diferentes en subida (sentido usuario-red) y bajada de datos (sentido red-usuario). Los límites teóricos de esta configuración son de unos 24 Mbps en sentido red-usuario y hasta 1 Mbps en sentido usuario-red, para bucles de abonado cortos. Las empresas de telecomunicaciones han ido implantando versiones mejoradas de esta tecnología, como ADSL2 y ADSL2+, con capacidad de suministro de televisión y video de alta calidad por el par telefónico, lo cual supone una dura competencia entre las compañías telefónicas y los cable-operadores, y la aparición de ofertas integradas. El uso de un mayor ancho de banda para estos servicios limita aún más la distancia a la que pueden funcionar por el par de hilos.

Además, en los últimos años los operadores han incorporado la tecnología VDSL (*Very Very high bit-rate Digital Subscriber Line*) y sus variantes. Se trata de una evolución del ADSL, que puede suministrar de manera asimétrica (52 Mbps de descarga y 16 Mbps de subida) o de manera simétrica (26 Mbps tanto en subida como en bajada), en condiciones ideales sin resistencia de los pares de cobre y con una distancia nula a la central. La tecnología VDSL utiliza cuatro canales para la transmisión de datos, dos para la descarga y dos la para subida, con lo cual se aumenta la potencia de transmisión de manera sustancial.

2.4.1.2 Sistema de recepción

Para poder acceder a los contenidos de televisión digital mediante esta tecnología, el usuario debe disponer de un modem router donde se separarán las señales de voz y datos (en los que está incluida la televisión), y para convertir los paquetes de transmisión IP en señales de audio + video un decodificador suministrado por el operador.

TDM...). De este modo, GPON ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras y, además, es una tecnología que permite reducir los costes de operación del servicio. GPON implementa capacidades OAM (*Operation Administration and Maintenance*) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo.

2.4.3.1 Arquitectura de red GPON

La red de GPON consta de un OLT (*Optical Line Terminal*), ubicado en las dependencias del operador, y las ONT (*Optical Networking Terminal*) en las dependencias de los abonados para FTTH. La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT.

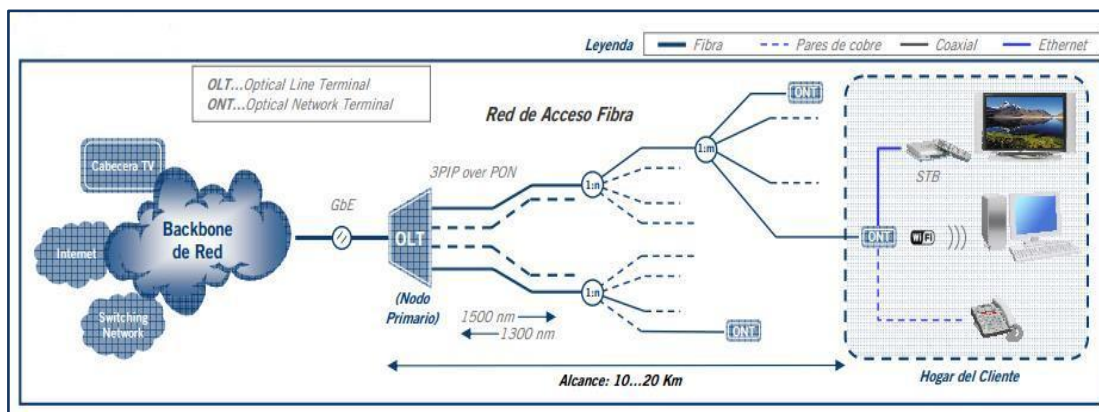


Ilustración 19 IPTV basada en tecnología GPON

Para conectar la OLT con la ONT se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda downstream. Mediante un pequeño divisor pasivo, que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico downstream originado en la OLT puede ser distribuido. Puede haber una serie de divisores pasivos 1xn (donde n puede ser 2, 4, 8, 16, 32 o 64) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en árbol.

Los datos upstream desde la ONT hasta la OLT -distribuidos en una longitud de onda diferente para evitar colisiones en la transmisión- son agregados por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico, lo que permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico downstream.

Para el tráfico downstream se realiza un broadcast óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*). Para el tráfico upstream los protocolos

basados en TDMA (*Time Division Multiple Access*) aseguran la transmisión sin colisiones.

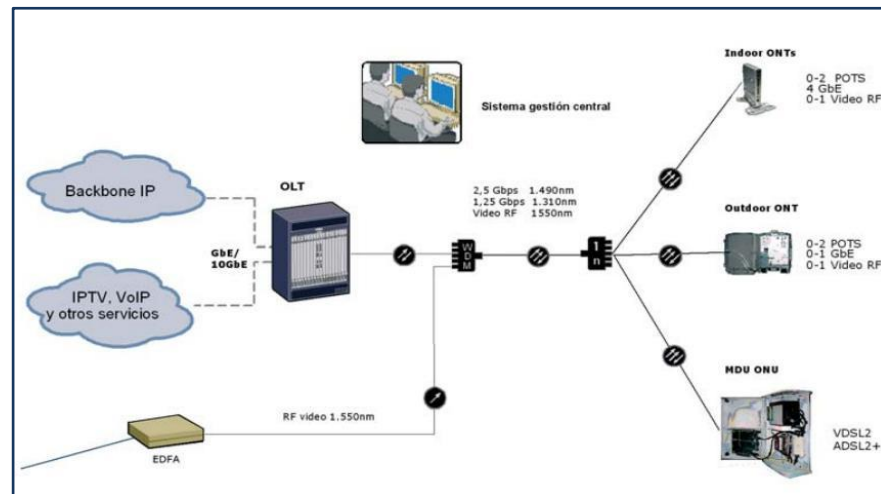


Ilustración 20 Detalle red IPTV basada en GPON

Una de las características clave de GPON es la capacidad de suscripción. Esto permite a los operadores ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesiten y que no haya otros abonados que estén empleando todo su ancho de banda disponible. Esta funcionalidad es denominada ubicación dinámica del ancho de banda.

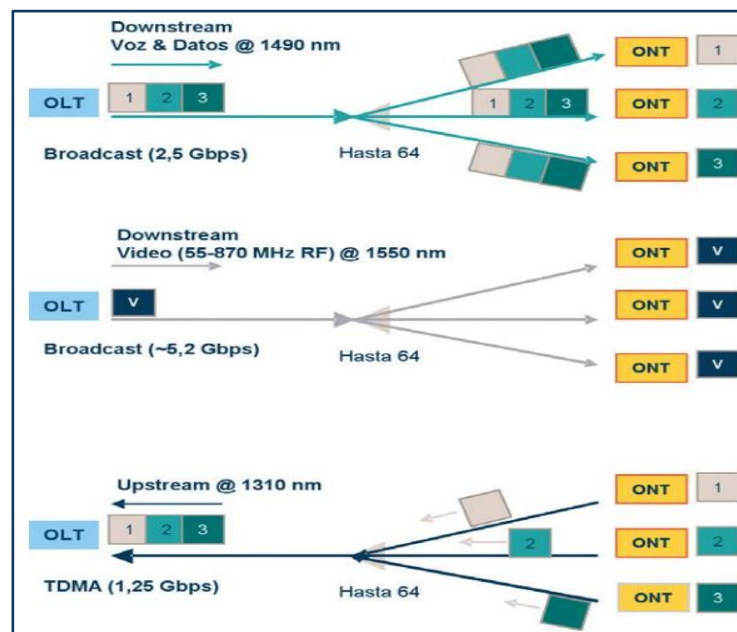


Ilustración 21 GPON: detalle de los flujos de subida y bajada

En una red GPON, se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos y telefónico downstream (1.490 nm) y otra para el tráfico upstream (1.310 nm). Además, a través del uso de WDM, se asigna una tercera longitud de onda (1.550 nm) que está dedicada para el broadcast de vídeo RF. De este modo, el vídeo/TV puede ser ofrecido mediante esta tecnología, denominada IPTV. En este caso, las ONT disponen de una salida para vídeo coaxial que irá conectada al decodificador o set top box tradicional. Con IPTV la señal de vídeo, que es transformada por la cabecera en una cadena de datos IP, se transmite sobre el mismo enlace IP como datos para acceso a Internet de banda ancha. El set top box conectado mediante Ethernet al ONT, convertirá de nuevo la cadena de datos en una señal de vídeo. Mediante IPTV y GPON, cuyos equipos incorporan capacidades de QoS y multicast IP avanzadas, los operadores pueden ofrecer varios canales de alta calidad de imagen y sonido, incluidos HDTV, así como proporcionar servicios interactivos y personalizados.

2.5 *Televisión Digital en movilidad*

La **Televisión Digital en Movilidad** puede ser definida como aquel servicio de difusión de televisión con tecnología digital que se presta utilizando como soporte ondas radioeléctricas, terrestres o por satélite, y cuya señal es recibida en dispositivos o equipos móviles o portátiles (teléfono móvil, ordenador portátil, tablet, etc).

Este servicio se presta a través de ondas radioeléctricas, que pueden ser ondas terrestres o por satélite.

A su vez, en la **Televisión Digital en Movilidad** se pueden diferenciar dos modalidades:

- **Unicast.** Se establece un canal exclusivo (comunicación punto a punto) entre la estación base y el usuario. Esta modalidad sólo puede ser utilizada por un limitado número de usuarios de manera simultánea, tantos como canales

exclusivos de comunicación puedan establecerse entre la estación base y los usuarios. Es la modalidad que vienen utilizando los operadores de telefonía móvil.

- **Broadcast (TDT móvil).** Consiste en un auténtico servicio de difusión, ya que se establece una comunicación punto (estación emisora) - multipunto (dispositivos móviles), sin limitación en el número de usuarios que acceden al servicio de manera simultánea.

La segunda modalidad es la que más similitudes tiene con el servicio de Televisión Digital proporcionado por el resto de las tecnologías (terrestre, cable, satélite, IPTV).

Entre las diferentes tecnologías de difusión de televisión sobre el móvil podemos distinguir las siguientes:

- Televisión por DVB-H, asociada a una red de difusión de televisión (DVB-T).
- Televisión digital a través de una red de banda ancha móvil, sobre IP

En el caso de la difusión de la señal de televisión por DVB-H, el contenido audiovisual se difunde directamente a un terminal con capacidad de recepción de la señal televisiva, sin que intervenga el operador de comunicaciones móviles. El concesionario de TDT tiene acceso al contenido mediante acuerdos o alianzas con proveedores de contenidos o mediante producciones propias.

Si la difusión de televisión se realiza mediante una red de banda ancha móvil, es necesario acometer inversiones en la red para dotarla de elementos propios de la red móvil, como el traspaso de servicio y celda, la calidad de servicio (QoS), el *roaming* internacional, etc. El terminal móvil del usuario debe tener capacidad para la reproducción de video.

Existen diferentes tecnologías móviles 3G, 4G y 5G (esta última en fase de despliegue). La tecnología 3G, a través HSPA+ permite velocidades teóricas de hasta 84 Mbps y 22 Mbps de subida. LTE y sobre todo LTE-A, por su parte ofrece mayor calidad de conexión (Velocidades de pico de bajada de 326,5 Mbps para 4x4 antenas, 172,8 Mbps para 2x2 antenas y de Subida de 86,5 Mbps) y consecuentemente mejores rendimientos en lo referente a descarga de videos, juegos, streaming, videoconferencias, y otras aplicaciones online, tanto es así que es perfectamente viable recibir los contenidos de televisión en un terminal móvil (teléfono inteligente, tableta, ordenador portátil y múltiples tipos de dispositivos) con alta calidad.

Uno de los factores que reducen el caudal disponible para cada usuario en las redes móviles, y que, por tanto, afecta también a la distribución de televisión digital, es el de la concurrencia, pues el medio físico empleado para la conexión es único, y al elevarse el número de usuarios atendidos simultáneamente se reducirá el caudal disponible para cada uno de ellos. Esto es especialmente notable en zonas que reciben muchos usuarios de forma temporal, como en la costa o en lugares muy turísticos.

3 Hipótesis generales del análisis económico

A lo largo del capítulo 3 se han analizado las diferentes tecnologías posibles para prestar el servicio de televisión digital. Sin embargo, no todas las tecnologías son viables sin tener en cuenta los plazos de despliegue para la prestación del servicio, la propia viabilidad económica y la experiencia de usuario.

Debido a las significativas inversiones requeridas (a pesar del avance en este sentido en la extensión a la largo de la geografía española de la banda ancha), se procede a descartar la prestación del servicio mediante tecnología IP como por cable excepto las soluciones por fibra FTTH. Estas tecnologías requieren de inversiones bien planificadas en el ámbito temporal, como en su ámbito geográfico, realizando los operadores inversiones selectivas por áreas, comenzando, como es lógico, por aquellas zonas más rentables, donde los costes de despliegue sean menores y los retornos de inversiones (y por tanto los ingresos esperados) sean mayores. Esto provoca que las inversiones estén orientadas principalmente hacia las zonas urbanas más densamente pobladas por lo que estas tecnologías no pueden cubrir en el corto plazo la prestación del servicio de televisión digital en zona II (zonas no urbanas o menos urbanizadas), siendo sus plazos de despliegue más largos en comparación con otras tecnologías.

Desplegar una red de fibra para la transmisión de la señal de televisión, es una solución, que, en este caso, sí que vamos a tener en cuenta. Aunque deberemos saber que los costes de implantación de esta solución van a ser muy elevados y el tiempo de despliegue va a ser muy amplio debido a la cantidad de electrónica a instalar.

La televisión en movilidad tampoco es una solución factible, sobre la base de dos cuestiones: la primera, es que la tipología del equipo final de recepción no es el acostumbrado televisor tradicional, lo cual complica la visión de esta en el hogar. Por otro lado, necesita de tecnologías 4G y 5G para su transmisión de manera correcta y sin cortes, cuestión que imposibilita una completa difusión en Zona II, ya que son zonas donde estos despliegues no se encuentran completados.

Por tanto, para la elaboración del presente estudio de costes, se toma como punto de partida para calcular los costes de implantación la situación actual, considerando que la Comunidad de Madrid dispone de diverso equipamiento procedente de la prestación del servicio de zona I de TDT de la cadena pública autonómica. Se calcularán, por tanto, los costes asociados únicamente a la implantación de la red de difusión, los costes de servicio y los asociados a la red de recepción. Así mismo, en el caso de la solución de televisión digital terrestre,

se parte de que la arquitectura actualmente en servicio en la zona II de extensión sigue siendo válida.

Se supondrá que en la red de transmisión el operador utilizará los mismos emplazamientos actuales para la prestación del servicio, tanto en modalidad de alquiler o en modalidad de hosting (coubicación) en caso de no ser propietario de estos. En este último caso, para aquellos emplazamientos cuya titularidad ostenta CELLNEX, se utilizará como hipótesis que el nuevo operador hará uso del servicio de coubicación de la última Oferta de Referencia (año 2021³) a los Centros Emisores de CELLNEX. Por ello, a la hora de valorar la solución TDT se incluirá este coste en el servicio de coubicación, mientras que en aquellos centros cuya titularidad es de la Comunidad de Madrid o de otros agentes, se valorará también el pago de un coste de alquiler de dicho emplazamiento, similar a los costes de coubicación de CELLNEX, al ser estos precios de referencia del mercado tal y como marca la resolución de la CNMC. Esta premisa de partida se hace desde el principio de cualquier inversor privado en una economía de mercado y sobre la base de un operador bien gestionado.

Para todos los centros, tanto los de propiedad de CELLNEX como de la Comunidad de Madrid u otros agentes se asume que la infraestructura civil está construida y se dispone de un punto de acceso de energía.

Existen 3 centros que disponen y utilizan tanto la recepción terrestre como la satelital. Como el número de estos centros es mínimo en comparación con la totalidad de los mismos, y la diferencia de coste es mínima, vamos a asumir que la recepción en estos centros va a ser vía satélite para simplificar el cálculo de los costes en el estudio.

Por otro lado, también se han valorado los costes de simulcast en caso de que la tecnología elegida no fuera la digital terrestre, y sí que fuese la digital satelital o la red de fibra, así como se ha considerado también una campaña de comunicación a los ciudadanos asociada a un cambio tecnológico.

3

https://www.cnmc.es/sites/default/files/editor_contenidos/Telecomunicaciones/Ofertas/ORAC/ORAC_Oferta_vigente.pdf

4 Análisis económico de la solución terrestre

4.1 Costes de implantación de la red de transporte y difusión

Como hemos indicado en el capítulo anterior, se parte de la suposición de que la arquitectura actualmente en servicio en la zona II de extensión sigue siendo válida.

En la parte de red de de difusión se supone que el operador utilizará los mismos emplazamientos actuales para la prestación del servicio bien en la modalidad de propiedad o bien la modalidad de coubicación en caso de no ser el propietario de estos. En este último caso, para el caso de los emplazamientos cuya titularidad ostenta CELLNEX, se utilizará como hipótesis que el nuevo operador utilizará el servicio de coubicación de la Oferta de Referencia para el Acceso a los Centros emisores de CELLNEX (últimos datos publicados del año 2021). Por ello, a la hora de la valoración de este capítulo (solución TDT), se incluye este coste del servicio de coubicación.

La coubicación comprende, en términos generales, la provisión en el centro emisor donde se produzca dicha coubicación, el acceso al punto de energía, así como las condiciones de seguridad y de acondicionamiento necesarios para la instalación de los equipos empleados por el operador solicitante del acceso. En aquellos centros cuya titularidad es de la Comunidad de Madrid o de otros agentes, se valorará también un coste de alquiler de dicho emplazamiento, de la misma cuantía que el coste de ubicación en un emplazamiento de CELLNEX.

En todos los centros, tanto los de propiedad de CELLNEX como de la Comunidad de Madrid u otros agentes se asume que la infraestructura civil está construida y que disponen de punto de acceso a la energía.

La red de centros que forma parte de la red de extensión es la recogida en el apartado 1.3 del presente informe donde se recogen las infraestructuras preexistentes.

El equipamiento de los centros se ha calculado en base a la información proporcionada por la Comunidad de Madrid.

Se tiene en cuenta que el número máximos de multiplex a difundir será de 7 (RGE1, RGE2, MPE1, MPE2, MPE3, MPE4, MPE5). Además, como la zona II no forma parte de las zonas de interés para los radiodifusores, se asume como hipótesis de partida que el licitador corre con el coste de subida de los canales estatales para su difusión en zona II. También asumiremos para la realización del estudio de costes, que todos los centros difundirán MPE4+ y MPE5+, además del resto de multiplex que dispongan.

Para el cálculo de los costes de implantación de la solución TDT, se ha partido de la hipótesis de que el adjudicatario del contrato, para poder valorar los costes, se acogería a la oferta de referencia para el acceso a los centros emisores de CELLNEX. Esta oferta incluye una serie de precios previos a la instalación que son tenidos en cuenta y valorados como parte de los costes de implantación.

Se imputan, adicionalmente, como gastos también los asociados con viajes y se incluye un beneficio industrial que todo operador bien gestionado debe valorar a la hora de acometer inversiones. También se añade una partida de gastos generales.

4.1.1 Costes previos a la instalación servicio de coubicación

Dentro de la Oferta de Precios Mayoristas Anuales de la Oferta de Referencia para el Acceso a los Centros Emisores de CELLNEX se incluye una serie de servicios previos a la instalación que enumeramos a continuación:

SERVICIOS
Estudio Viabilidad coubicación
Valoración de inversiones para coubicación
Replanteo en Centro Emisor
Provisión de acceso para el servicio de transporte satélite
Aceptación
Acompañamiento
Otros servicios

Tabla 3. Tabla de servicios previos a considerar

Premisas de Partida:

- Se asume un análisis estándar en el estudio de viabilidad de coubicación para cada centro.
- No es necesario realizar ninguna valoración de inversiones para coubicación ya que se parte del supuesto de que los centros están preparados para alojar dicho equipamiento.

- Para el replanteo en centros emisores se tiene en cuenta que todos los centros son centros secundarios (sin aseguramiento de energía)
- No existe contratación del servicio de provisión de acceso para el servicio de transporte de satélite.
- El servicio de aceptación se asume que se realiza en el momento de la instalación de los equipos, por lo que se valora por hora dedicada según precios de acompañamiento tal y como viene indicado en la oferta de referencia. El servicio de acompañamiento se supone que es tipo I, programado en horario laboral. Se estiman dos horas de trabajo para la aceptación.
- El servicio de acompañamiento se asume que se utiliza el tipo I, programado en horario laboral. Para la instalación de los equipos, replanteo y aceptación se asumen 8 horas de trabajo. Este número de horas se asume de media por cada centro.
- Se asume que el operador acredita por cada centro a 5 personas y que existen visitas en la implantación de la solución tecnológica en los siguientes supuestos:
 - Replanteo del centro emisor, donde se asume la asistencia de 3 personas (un ingeniero de campo, un técnico ayudante y un instalador)
 - Instalación del centro de emisor y aceptación, donde se asume la asistencia de 4 personas (un ingeniero de campo, un técnico y dos instaladores)

En aquellos centros que no son propiedad o gestionados por CELLNEX, es decir, en aquellos gestionados por la Comunidad de Madrid consideramos como costes de implantación en los mismos el precio medio de los costes previos de instalación en centros CELLNEX ya que se asume que el alquiler o arrendamiento de estos espacios debe realizarse a cambio de una contraprestación económica. Estos costes de alquiler o arrendamiento se valorarán en el capítulo de costes de servicio, pero, no obstante, se incluyen como costes de implantación una serie de gastos asociados previos a la instalación.

4.1.2 Costes de equipamiento e instalación

Se ha valorado la red necesaria para prestar el servicio de extensión en la zona, partiendo del equipamiento actual que la compone. Se ha tenido en cuenta este coste como una inversión inicial. Para ello se aporta un Excel que incluye en una de sus hojas, la red de centros actuales de difusión y transporte.

Los costes se han dividido en costes de sistemas de telegestión (SNMP), equipamiento de transporte de la señal y costes de equipamiento de difusión de la señal y costes de ingeniería y legalización.

En cuanto al sistema de telegestión, se ha incluido un sistema básico de administración de la red) que permite monitorizar y supervisar el funcionamiento de la red y buscar y resolver sus problemas. Esta red de telegestión sirve para dar soporte a la explotación y operación de servicios. En el coste de este sistema se tiene en cuenta que el centro sea emisor/reemisor para valorar su coste.

Se ha descrito el equipamiento de forma sencilla para su comprensión, señalando únicamente el equipamiento principal. Los demás elementos necesarios asociados a los mismos se incluyen en el precio indicado. Así se entiende que quedan incluidos latiguillos, conectores, cables, kit de tierras, grapas de amarre, armarios racks, triplexores,...

Transporte Señal
Parábola
Receptor Satélite
Antena Yagui

Tabla 4. Categorías utilizadas para la descripción del equipamiento de transporte de la señal

Difusión Señal
Paneles
Transmisor ≤ 1 w
Reemisor ≤ 1 w
Transmisor 2 - 5 w
Reemisor 2- 5 w
Transmisor 5- 20 w
Transmisor 20-30 w

Tabla 5. Categorías utilizadas para la descripción del equipamiento de difusión de la señal

Para la valoración del equipamiento se han revisado diferentes proyectos técnicos de instalación de emisores y reemisores de TDT. Con dichos datos, más otros presupuestos previos obtenidos de estudios anteriores (presupuestos de fabricantes TREDESS e ITESIS del año 2016), se observa que los datos estimados de 2016 (precios facilitados por TREDESS para el diferente equipamiento), tienen un aumento del 45 % en el año 2021, por lo que se aplican las siguientes escalas de precios:

Potencia min	Potencia max	Precio TX Emisor	Precio TX Remisor
0,20	1,00	27.246,69 €	24.035,06 €
2,00	5,00	29.062,25 €	25.345,97 €
5,00	20,00	29.062,25 €	25.345,97 €
20,00	30,00	44.603,80 €	X

Tabla 6. Precios de los elementos transmisores y retransmisores, incluyendo pequeñas piezas y mano de obra

No se ha imputado ningún coste asociado a la alimentación eléctrica en la implantación ya que se asume que en los centros CELLNEX el operador se acoge al servicio de acceso a la energía por lo que se cobra un canon anual en base a la potencia que necesite y se “refactura” el consumo generado, costes que sí se tendrán en cuenta en la valoración del coste de la prestación del servicio de televisión digital vía terrestre. En el resto de los centros se hace la misma suposición.

El apartado de Ingeniería y Legalización contempla los costes por cada centro de presentación a la SETID de un proyecto técnico en formato XML y PDF junto, en algunos casos, un estudio radioeléctrico de emisiones para garantizar el cumplimiento del *Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas*. Dicha documentación debe estar redactada por un técnico competente en materia de telecomunicaciones y preferentemente visada por un colegio profesional, como garantía para la Administración regional. Estos costes están constituidos por un coste de 1.500 € en concepto de proyecto ejecutivo de cada estación.

En los centros cuya PRA (Potencia Radiada Aparente) supere los 8 W deberán contar además con una Puesta en servicio por parte de la SETID cuyas tasas son unos 363,42€ por estación⁴.

⁴ <https://sede.minetur.gob.es/es->

[ES/procedimientosselectronicos/Paginas/PagoTasasTeleco.aspx](https://sede.minetur.gob.es/es-ES/procedimientosselectronicos/Paginas/PagoTasasTeleco.aspx)

Por tanto, para este apartado, los costes asociados a la implantación y servicio

Estudio Viabilidad Coubicación	Replanteo Centro Emisor	Aceptación	Acompañamiento	Otros Servicios	Sistema de Telegestión	Parábola	Receptor Satélite	Antena Yagi	Paneles	Transmisor	Ingeniería y Legalización	Tasas
25.584,00 €	15.990,00 €	3.198,00 €	12.792,00 €	10.140,00 €	100.111,00 €	3.230,00 €	121.600,00 €	305,00 €	63.250,00 €	1.098.467,95 €	58.500,00 €	363,42 €

Tabla 7. Costes asociados a la implantación y servicio

4.1.3 Viajes (2 %)

Se ha imputado por cada centro un coste medio del 2% que incluye los gastos de viaje, alojamiento y manutención. Se calculan en base al presupuesto de ejecución material (partida Material +Ingeniería y Legalización)

Viajes (2%)
302.706,27 €

4.1.4 Beneficio (18 %)

Beneficio (18 %)
272.435,65 €

4.1.5 Gastos generales (12 %)

Se incluyen aquí los gastos generales asociados a las oficinas, personal administrativo, gastos fiscales, gastos financieros del operador, gasto de maquinaria a alquilar para realizar las instalaciones. Se calculan en base al presupuesto de ejecución material (partida Material +Ingeniería y Legalización). Como norma general, los gastos generales se calculan en una horquilla entre el 14-10 % de la ejecución material en este tipo de servicios/obra/instalación de telecomunicación. Se ha escogida una cifra intermedia entre ambos extremos, como hipótesis general.

Gastos generales (12 %)
181.623,76 €

4.1.6 Presupuesto de ejecución material

Es la suma del presupuesto de las distintas partidas que componen el presupuesto sin incluir los gastos generales, beneficio industrial y otros gastos.

Los costes de equipamiento e instalación son:

Equipamiento e Instalación= Sistema Telegestión+ Equipamiento Transporte Señal+ Equipamiento Difusión Señal+Ingeniería y Legalización

Costes equipamiento e instalación
1.445.827,37 €

Los costes de hacer uso del servicio de coubicación son:

Coubicación= Estudio Viabilidad Coubicación+ Replanteo en Centro Emisor+ Aceptación+ Acompañamiento+ Otros servicios

Costes previos a la instalación (servicio coubicación)
67.704,00 €

El presupuesto de Ejecución material es, por tanto:

Presupuesto de Ejecución material (Partida Material+Ingeniería y Legalización)= Equipamiento e instalación + Coubicación

Costes ejecución material
1.513.531,37 €

4.1.7 Presupuesto de ejecución de red

Es la suma del presupuesto de ejecución material, los gastos generales de la empresa, los gastos por viaje y el beneficio industrial.

Presupuesto de Ejecución Red= Presupuesto de Ejecución Material+ Gastos Generales +Viajes+ Beneficio Industrial

Costes ejecución red
2.270.297,06 €

4.2 Costes de implantación de la red de usuario

En el caso de la TDT, y dado que es la solución implementada en la actualidad a nivel de toda España, y en particular de la Comunidad de Madrid, se asume que los únicos costes existentes consistirán en la instalación dentro de los hogares individuales o de los edificios de dos amplificadores monocanal correspondientes a los multiplex MPE4 y MPE5, multiplex que en anteriores situaciones no han sido distribuidos por parte de la Comunidad de Madrid. Esto es así, porque dada la situación de implantación actual de la Televisión Digital Terrestre, se presupone que en todas las viviendas los aparatos de televisión o

bien se encuentran adaptados a la TDT o bien tienen su propio decodificador ya instalado en el hogar.

Se ha estimado que el coste de la instalación de estos amplificadores monocanal (se ha escogido el de mayor capacidad de amplificación, 50 dB) tendrá un precio medio de 123 € y lleva asociadas dos horas de instalación, para el caso de edificios colectivos, en tanto en cuanto para las viviendas unifamiliares, dotadas de manera habitual como amplificadores de cabecera de banda ancha, no será necesario hacer ninguna inversión, ya que los canales relativos a los múltiples MPE4 y MPE5 pueden recibirse directamente y tan sólo será necesario la resintonización por parte del usuario.

Para realizar la estimación total de los costes, habrá que tener en cuenta una serie de premisas que se detallan a continuación.

4.2.1 Tipología de edificios y equipamiento de las viviendas

Las tipologías de edificación consideradas serán la de viviendas unifamiliares y edificios de viviendas. Para simplificar se ha tomado como referencia un edificio tipo de 5 viviendas, que se considerará como número medio de viviendas en los edificios.

Para valorar las necesidades y el dimensionamiento de las instalaciones de usuario se estimará un número de 2 receptores de televisión digital por hogar, redondeando al número entero las consideraciones del estudio “*Consumos del Sector Residencial en España*” del IDEA⁵ (donde se estimaban 2,2 por vivienda).

Se considerará a los efectos la equivalencia entre hogar⁶ y vivienda, tomando como referencia los datos estadísticos de vivienda procedentes del censo del INE del año 2011.

4.2.1.1 Viviendas unifamiliares

En las viviendas unifamiliares, dotadas con antena individual, se podrían dar tres escenarios posibles:

- Viviendas que para la recepción de la señal disponen de un amplificador de banda ancha capaz de recibir todos los canales de TDT necesarios para

⁵https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf

⁶ Un hogar es una vivienda de uso habitual. Para este estudio se está considerando que a todos los efectos, todas las viviendas son hogares.

- recibir los programas objeto de extensión de cobertura. En ese caso, no sería necesario llevar a cabo ninguna actuación.
- Viviendas que para la recepción de la señal incluyen un amplificador de banda ancha que no es capaz de recibir los canales de TDT. En este caso se tendrían dos alternativas: sustituir el amplificador por otro de mayor ganancia o bien instalar un preamplificador de mástil.
 - Viviendas que para la recepción de la señal no disponen de amplificador, estando conectados directamente a la antena. En este caso se tendría que instalar un amplificador para la recepción de los canales TDT.

Como hemos indicado antes, para la realización de este informe, consideramos que la totalidad de las viviendas individuales disponen de amplificador de banda ancha, ya que se trata del caso más habitual. Este tipo de amplificador, al igual que recibe los canales analógicos es capaz de recibir todos los canales de TDT y, por tanto, no requieren ninguna actuación. El coste de adaptación de la instalación en hogares de viviendas unifamiliares es nulo.

4.2.1.2 Edificios de viviendas

Se analizan los costes correspondientes a hogares en edificios de viviendas, sin distinguir si los mismos disponen o no de ICT (Infraestructura Común de Telecomunicaciones), puesto que la adaptación a la TDT está realizada con anterioridad.

En edificios de viviendas que disponen de ICT se pueden dar en general dos situaciones posibles desde el punto de vista del sistema de cabecera que dispongan:

- Amplificadores monocanales. Se tendrán que incorporar a la instalación los amplificadores correspondientes a los múltiples digitales nuevos que se desean recibir.
- Central amplificadora programable. En este caso se tendrá que reprogramar la centralita para recibir los canales digitales, pero no precisan instalación de equipamiento adicional.

Se considera que las instalaciones de recepción disponen una cabecera de amplificación mediante amplificadores monocal, por ser la instalación más habitual en los edificios de viviendas colectivos. Para este caso, por tanto, será necesario el uso de dos amplificadores monocal, de ganancia 50 dB, tomando como precio de referencia 123 € que es el precio de este tipo de equipamiento en Televis.

Para el cálculo del coste de la instalación, se estiman dos horas de mano de obra de un instalador de 1ª de telecomunicaciones tipo A o tipo F y el desplazamiento correspondiente (30 €/hora). Se consideran los trabajos de hacer la instalación de ambos amplificadores, así como dejar ajustados los niveles de señal mediante muestreo en las plantas superior, inferior e intermedia.

Amplificador monocanal de ganancia 50 dB	123,00 €
Instalación comunitaria (mano de obra, dos horas)	60,00 €

4.2.2 Estimación de viviendas unifamiliares y edificios en la zona II

Los datos del INE del año 2011 para la Comunidad de Madrid, desglosado por provincias, muestran:

Dato Población INE Comunidad de Madrid 2011	6.751.251
Nº de hogares	2.894.679
Hogares de 1 o 2 plantas (equivalente a unifamiliar)	357.288
Ratio personas/hogar	2,33
Nº viviendas unifamiliares	12,34 %

Tabla 8. Datos población y viviendas Comunidad de Madrid

Por otro lado, según los datos facilitados por la Comunidad de Madrid, la población cubierta por la extensión es de 210.432 habitantes.

De estos habitantes cubiertos se asume que, en el caso de municipios menores de 2.000 habitantes, el 80 % de la población vive en viviendas unifamiliares y el 20 % en edificios. Se escoge de esta manera porque los datos del INE sobre alturas de viviendas vienen detallados a partir de localidades de más de 2.000 habitantes. En el caso de las localidades menores, al no existir este detalle, esta aproximación porcentual se considera plausible.

Los edificios, como se han indicado anteriormente, se consideran que tienen 5 viviendas por edificio.

Para el caso de localidades mayores de 2.000 habitantes, lo que se hace una estimación de porcentajes en función de las tablas anteriormente indicadas, considerando el porcentaje de viviendas unifamiliares como el porcentaje provincial existente de viviendas de una o dos plantas. Por otro lado, dada la disparidad de cifras de personas

por hogar, en cada provincia se ha estimado el correspondiente número de personas por hogar para poder obtener la cifra completa de edificios y viviendas unifamiliares. Con estos datos, los resultados son:

	Edificios	Viviendas unif.
Total viviendas	166.402	27.251

Tabla 9. Total viviendas por tipología en zona II de la Comunidad de Madrid

4.2.3 Resumen de costes

Los costes de adaptación de las instalaciones para la recepción de la TDT son:

TDT	Importe	TOTAL
Instalación comunitaria- Mano de obra	60,00 €	9.984.120 €
Instalación comunitaria- dos amplificadores monocanal	246 €	40.934.892 €
Instalación individual: sistema de recepción completo de la vivienda	- €	
	TOTAL	50.919.012 €

4.3 Costes de mantenimiento y operación de la red de transporte y difusión

Los costes totales del servicio TDT se categorizan en tres grandes grupos:

- **Costes operativos:** son aquellos costes directamente relacionados con la realización de la actividad específica. Comprende costes materiales, humanos y logísticos.
- Costes **indirectos:** son aquellos que repercuten en más de un proyecto o en el funcionamiento de la organización (materiales, humanos...)

- Costes **financieros**: son los gastos ocasionados por disponer de recursos financieros necesarios para realizar la actividad.

4.3.1 Costes operativos

Para el cálculo de los costes del servicio de la Televisión Digital Terrestre, por una parte, se han calculado los costes operativos del servicio. Estos costes están subdivididos en las siguientes categorías:

Costes Operativos
Servicio de Acceso al Punto de Energía
Servicio de Coubicación en Torre
Servicio de Coubicación en Caseta
Mantenimiento infraestructura
Consumo eléctrico
Explotación y Operación Red
Centro de control
Mantenimiento Red
Certificación anual EMR
Renovación títulos habilitantes (Transporte Señal terrestre)

Tabla 10. Costes Operativos TDT

No se han incluido en estos costes operativos, la tasa general de operador que todo operador está obligado a satisfacer a la Administración General del Estado y sus organismos públicos una tasa anual que no podrá exceder el dos por mil de sus ingresos brutos de explotación y que estará destinada a sufragar los gastos que se generen, incluidos los de gestión, control y ejecución.

El coste de esta tasa general de operadores no está calculado en este estudio ya que, aunque la Comunidad de Madrid se haya dado de alta como operador para el servicio portador, la actividad no les genera ingresos ya que prestan el servicio de forma gratuita para el ciudadano. La “tasa de operador” tiene como base imponible los ingresos brutos de explotación y, en este caso, son 0.

4.3.1.1 *Servicio Acceso al Punto de Energía*

Este coste forma parte de los costes derivados de acogerse a la oferta de referencia para el acceso a los centros emisores de CELLNEX. Su coste se ha calculado para cada centro que compone la red de extensión y varía en función de la categoría que tenga el centro emisor. En el caso de la red de extensión se ha estimado que todos los centros son categoría E, es decir, corresponden a centros donde no hay aseguramiento de energía. Su coste se calcula por: €/KW/año), siendo el precio el aplicable a la capacidad contratada por cliente.

En los centros que NO son propiedad de CELLNEX, se ha supuesto un coste similar para simplificar al de los centros de categoría E.

Servicio acceso al punto de energía (anual)
432,813,91 €

4.3.1.2 *Servicio de Coubicación en Torre*

Forma parte de los costes de servicio asociados a hacer uso de los centros emisores de CELLNEX. Estos costes se calculan para cada centro en función de la categoría del mismo y varían en función de si la instalación de los paneles u otro tipo de antenas (yaguis, parabólicas ...) se instalen en tercio alto, en el tercio medio o en tercio bajo.

El cálculo anual del coste de servicio para cada centro se realiza por €/panel/año, considerando "panel" a la superficie equivalente a un panel de TV estándar (60x100 cm) o antena de dimensiones similares.

Por simplificación se ha asumido que todos los elementos tienen las dimensiones estándar, tanto los paneles de difusión como las antenas de recepción satélite, terrestre.

En todos los casos, se asume que se ocupa el tercio superior para los sistemas radiantes y el tercio inferior para las antenas de recepción (sean yaguis o parabólicas).

En los centros No propiedad de CELLNEX, se ha supuesto un coste similar para simplificar al de los centros de categoría E.

Servicio de coubicación en la torre (anual)
30.457,00 €

4.3.1.3 Servicio de Coubicación en Caseta

Forma igualmente parte de los costes de servicio asociados a hacer uso de los centros emisores de CELLNEX. Estos costes se calculan para cada centro en función de la categoría del mismo y varían en función del número de racks ocupados. Su coste se calcula anualmente por €/Rack /año. Se ha supuesto que se ocupa un Rack para todos los centros.

Servicio de coubicación en caseta (anual)
24.297,00 €

4.3.1.4 Mantenimiento infraestructura

Se ha tenido en cuenta la posible intervención in-situ en cada uno de los centros. Se ha establecido un mantenimiento básico de 4 horas en dos intervenciones anuales, para la limpieza, revisión de los centros, ajustes en equipos, etc, así como cualquier tipo de material asociado a cambiar. Se ha estimado un precio anual de 1.500€ por centro a realizar por parte de una empresa instaladora de telecomunicaciones de la categoría correspondiente, sobre la base de los precios estimado por el pliego de ISTEC con número de expediente CNMY22-ISTEC-TLCO-037⁷, relativo al apoyo al mantenimiento preventivo y correctivo de la red audiovisual de cobertura autonómica y del suministro de equipamiento asociado al mismo, considerando los costes estimados sobre los 93 centros que consideraba este pliego.

Este es un elemento sinérgico, ya que en aquellos centros donde se comparta la extensión de la señal en Zona II con la extensión del multiplex autonómico, se pueden descontar estos costes de mantenimiento ya que los realizará ISTEC (empresa pública de telecomunicaciones de la Comunidad de Madrid).

Mantenimiento de infraestructura (anual)
58.500,00 €

4.3.1.5 Consumo Eléctrico

⁷

[https://contrataciondelestado.es/wps/portal/lut/p/b0/04_SjzQ0sjAyNTczMbLQj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfGjzOJNXP2dnd08jAwsgo1dDlx8XEJDzTyAXHcj_eC0lv3cKEdFAD43EVk!/?](https://contrataciondelestado.es/wps/portal/lut/p/b0/04_SjzQ0sjAyNTczMbLQj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfGjzOJNXP2dnd08jAwsgo1dDlx8XEJDzTyAXHcj_eC0lv3cKEdFAD43EVk!/)

Se ha estimado el consumo de los equipos que componen la red de extensión, tomando como partida el consumo medio de los transmisores (ya que este consumo representa el consumo principal del consumo total eléctrico. Se ha considerado un uso de 365 días por 24 horas diarias para calcular el total de KWh necesarios. Como valor de referencia se ha considerado un precio de 0,28€ por KWh que es el precio de tarifa sin ningún tipo de descuento en diciembre de 2021.

Consumo eléctrico (anual)
1.423.064,30 €

4.3.1.6 Explotación y operación de red

Al ser un servicio que debe prestarse ininterrumpidamente es necesario un equipo de profesionales que monitoricen y supervisen el estado de la red para gestionar las posibles intervenciones.

Se estima que van a ser necesarios al menos 2 técnicos y un supervisor. Adicionalmente para cubrir posibles bajas y periodos vacacionales se estima un 20% adicional. También se tienen en cuenta los costes laborales y la aportación de la empresa a la Seguridad Social.

Explotación y operación de red (anual)
146.832,00 €

4.3.1.7 Estructura de control

Se estima el equipamiento necesario para dotar el centro de control de la infraestructura informática y operativa para 3 puestos de trabajo, equipamiento de red de datos, mobiliario, etc. Se ha calculado sobre un 13 % de los gastos relativos a la explotación y operación de red, porcentaje que se acepta como habitual en los presupuestos como imputable a gastos generales.

Estructura de control (13 % explotación)
3.817,63 €

4.3.1.8 Mantenimiento Red

Se han estimado unos gastos relativos a las labores de mantenimiento de la red de actualización software, gestión de royalties...

Mantenimiento red
1.365,00 €

4.3.1.9 **Certificación anual emisiones radioeléctricas**

De acuerdo con normativa vigente, Real Decreto 123/2017 por el que se aprueba el Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico (artículo 105). Los titulares de las estaciones correspondientes a las redes y servicios a que se refiere el apartado 1 del artículo 53, deberán remitir al Ministerio de Economía y Transformación Digital, en el primer trimestre de cada año natural, una certificación realizada por un técnico competente de que se han respetado los límites de exposición establecidos en el anexo II del reglamento aprobado mediante el [Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre](#).

Dicho ministerio podrá ampliar esta obligación a titulares de otras instalaciones radioeléctricas.

Esta certificación supone el desplazamiento de un técnico competente al centro emisor y la presentación en formato XML, junto al visado ante la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales (SETID). Estimamos 400 € de honorarios por cada centro, más 50 € de visado y control de cada certificación.

Certificación anual EMR
17.550,00 €

4.3.1.10 **Servicio Recepción SAT**

Estos costes representan los costes asociados por la recepción de la señal transporte vía satélite. Para ello, se necesita un equipo receptor satélite profesional. Este tipo de servicio se presta sin ninguna contraprestación económica por lo que no supone un coste de servicio. Los equipos de recepción tienen un coste considerable en el que asume que ya va repercutido el coste del servicio.

4.3.2 **Costes indirectos (15%)**

Se ha estimado un 15% de costes indirectos. Estos costes son los que afectan al proceso productivo en general de uno o más productos. Ej: Alquiler de un centro de oficinas o salario de personal administrativo.

Costes indirectos (15 %)
320.804,53 €

4.3.3 **Costes financieros (2%)**

Se ha estimado un 2 % de costes financieros ante la previsión de tipos de interés. Representan los costes asociados al conjunto de las fuentes financieras que utiliza el operador para poder funcionar y que le permitan realizar las inversiones para llevar a cabo su actividad.

Costes financieros (2 %)
42.773,94 €

4.3.4 Costes totales anuales

Para calcular el coste total del Servicio se tendrá en cuenta que se plantea un plazo de renovación del equipamiento y de la inversión a diez años. Los datos se detallan en el apartado 5.5 del presente estudio.

ESTIMACIÓN DE COSTES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA RED DE DIFUSIÓN-SOLUCIÓN TDT	
TOTAL COSTE OPERATIVO	2.138.696,85 €
TOTAL COSTE INDIRECTO	320.804,53 €
TOTAL COSTE FINANCIERO	42.773,94 €
TOTAL COSTE SERVICIO ANUAL	2.502.275,31 €

Tabla 11. Costes totales anuales

4.4 Costes de mantenimiento y operación de la red de usuario

Una vez realizada la implantación, el mantenimiento y la operación de la red de usuario corresponden a estos, por lo que por parte de la Comunidad de Madrid no se asumiría ningún coste asociado.

4.5 Resumen de costes por anualidades

A continuación, se presenta el coste a diez años del servicio de TDT:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	TOTAL (10 AÑOS)
TDI	14.230.881,31 €	1.785.170,75 €	1.785.170,75 €	1.785.170,75 €	1.785.170,75 €	1.785.170,75 €	1.785.170,75 €	1.785.170,75 €	1.785.170,75 €	1.785.170,75 €	30.297.418,07 €

5 Análisis económico de la solución satelital

En este caso, se valoran los costes de simulcast al realizarse una migración desde la tecnología vigente (Televisión Digital Terrestre) a Televisión Digital Satelital. También se ha considerado una campaña de comunicación a los ciudadanos, asociada a un cambio tecnológico. Por tanto, en este análisis todos los resultados tendrán en cuenta este aspecto.

5.1 Costes de implantación de la red de transporte y difusión

La prestación del servicio de televisión digital en la zona II mediante televisión digital por satélite⁸ implica una serie de costes que desglosamos a continuación.

5.1.1 Upload de canales y desconexiones territoriales

Para poder ofrecer el servicio de televisión digital por satélite, aquellos canales que necesitan ser difundidos deben estar previamente cargados en el satélite gestionado por el operador de satélite encargado de prestar este servicio.

Se tiene en cuenta que el número máximo de multiplex a difundir será de 7 (RGE1, RGE2, MPE1, MPE2, MPE3, MPE4, MPE5). Además, como la zona II no forma parte de las zonas de interés para los radiodifusores, se asume como hipótesis de partida que el licitador corre con el coste de subida de los canales estatales para su difusión en zona II.

Es habitual que el coste de este tipo de servicios venga especificado en función del número de programas que se quiera emitir, calculándose en función de los Mbps que componen la trama de transporte. Para calcular este coste se tienen 2 variables, el *bit rate* por programa y el coste del transpondedor satélite.

El *bit rate* por programa suponemos que para contenidos HD en MPEG4, son necesarios unos 5 Mbps por contenido. Sin embargo, se considerará la subida del múltiple completo (con todos los contenidos asociados adicionales como la radio o la guía electrónica de programación (EPG)). De este modo se asume que cada múltiple ocupa 20 Mbps. Con ello se mantendrían todos los contenidos accesibles a través de la televisión digital terrestre.

Referente al transpondedor, suponemos:

- Capacidad de 64Mbps / transpondedor
- Precio por transpondedor: 3-2,55 M€/año (dependiendo del uso y disponibilidad)⁹. A efectos del estudio asumiremos como precio medio 2,55 M€

⁸ Como premisa de partida se entiende que el operador prestador del servicio dispone ya de satélite y de las instalaciones terrenas de enlace necesarias por lo que no se considera ninguna inversión en este aspecto.

⁹ Dato procedente de Astra, según estimación de costes de subida señal Movistar+

que corresponde a la gama de precios más baja sobre el precio de Astra (un 15 % menos).

Dado que en la red de extensión el número máximo de múltiples (MUX) a subir son 7 tenemos:

COSTE TOTAL UPLOAD	
MUX Espec.	20 [Mbps]
Ocupación Transpondedor Espec.	$20 \text{ [Mbps]} / 64 \text{ [Mbps/transpondedor]} = 0,3125 \text{ [transpondedor]}$
Total MUX	$7 \text{ [múltiples]} * 20 \text{ [Mbps/múltiple]} = 140 \text{ [Mbps]}$
Ocupación Total Transpondedor	$140 \text{ [Mbps]} / 64 \text{ [Mbps/transpondedor]} = 2,1875 \text{ [transpondedor]}$
TOTAL	$2,1875 \text{ [transpondedor]} * 2,55 \text{ [M€/(año*transpondedor)]} = 5.578.125 \text{ [€]}$

5.1.2 Plataforma para la gestión de usuarios

La solución de televisión digital por satélite únicamente estará disponible para aquella población dentro de la zona II. Es decir, este tipo de solución solamente es aplicable cuando no exista cobertura TDT en la zona en cuestión, tras verificar que la solución por satélite es la única viable.

El servicio de difusión de televisión digital por satélite se basa en el acceso condicional de los usuarios a los contenidos, por lo que no es posible que cualquier usuario pueda elegir libremente este tipo de solución. Para poder recibir la señal de TDT por este medio, la solución satelital tiene que ser la única solución factible para el usuario.

Por tanto, es necesario desarrollar una plataforma electrónica capaz de gestionar de forma eficiente altas y sustitución de receptores averiados. Esta plataforma, basada en software, ofrecerá la posibilidad de controlar y gestionar que sólo aquellos usuarios que necesiten este servicio puedan acceder a él, así como ofrecer un servicio de asistencia y atención al usuario, servicio que se valorará en el capítulo de costes del servicio.

En este sentido, en caso de distribución DTH, sería necesario construir una plataforma de cifrado y de gestión de usuarios para asegurar el cumplimiento de la legislación vigente.

Estimamos un coste (común para toda la plataforma) de unos 350.000€/año

Este coste, aunque inicial de implantación será anual y a los efectos en el siguiente capítulo de costes de servicio se considerará también como coste de servicio.

Coste estimado de la plataforma: 350.000 €/año

5.1.3 Otros costes asociados al cambio tecnológico

Se considera el coste de transmitir la señal en doble tecnología durante el tiempo de migración de la red de usuario y una campaña de comunicación para informar del cambio de tecnología.

5.1.3.1 Simulcast

La tecnología con la que está prestando el servicio de televisión digital en la zona II es la terrestre. Si hubiese un cambio de tecnología, este cambio se asume que no es instantáneo en el tiempo ya que es necesario preparar las instalaciones de recepción para recibir la televisión mediante la nueva tecnología y otra serie de cambios asociados. Por ello, hay que considerar que, durante ese período, los usuarios deben seguir recibiendo el servicio de televisión vía terrestre, lo que conlleva unos costes asociados.

De las experiencias anteriores, procedentes del apagón analógico del año 2010, así como el dividendo digital que se produjo en el año 2014, la situación de simulcast a plantear se estima en 6 meses. El coste anual del servicio de TDT:

TOTAL COSTE Anual Servicio TDT	2.502.275,31 €
Coste Mensual	208.522,94 €
<u>Coste Simulcast 6 meses</u>	1.251.137,66 €

5.1.3.2 Campaña de comunicación

La comunicación a los ciudadanos afectados es esencial en toda transición tecnológica. Así, la comunicación se reveló como una herramienta esencial en el proceso de transición a la TDT. Es sin duda una partida presupuestaria que requiere de un esfuerzo económico considerable. Estas campañas, en el caso de la transición analógica a digital sirvieron para dar a conocer la nueva forma de televisión y avisar de las consecuencias de no estar preparado para el cambio tecnológico. El objetivo estratégico era alcanzar a la totalidad de los ciudadanos afectados: concienciar a todos los telespectadores del cambio en la forma de recibir la señal de la televisión. Es decir, informar que se deja de ver la televisión

tal y como se había visto siempre y de la necesidad de realizar un conjunto de tareas de adaptación en los hogares para poder seguir disfrutando de los contenidos televisivos.

A diferencia de la campaña general de transición de analógico a digital, una campaña de comunicación como la que es objeto de estudio se centra en zonas concretas e inconexas y tiene unas características diferenciales muy concretas. Se trata de explicar a cada vecino por qué no tiene el mismo servicio que la Zona I, que puede estar a unos metros de distancia y explicarle la solución alternativa adoptada.

Para calcular el coste asociado se toma como referencia la adjudicación de la campaña de comunicación sobre el Segundo Dividendo Digital, que fue de 350.000 €, IVA no incluido, contrato que adjudico Red.es en el año 2019. Con la población afectada (210.432 habitantes) y el territorio afectado, además de la creación de contenidos, se estima que **40.000 €** podría ser una cantidad ajustada a la campaña deseada.

5.1.4 Costes totales de implantación red transporte y difusión

Con los datos obtenidos anteriormente, se obtiene el siguiente cuadro de costes totales de implantación de la red de transporte y difusión satelital:

Costes TOTALES IMPLANTACIÓN	
Upload	5.578.125,50 €
Plataforma Gestión Usuarios	350.000,00 €
Coste Simulcast	1.251.137,65 €
Coste Campaña Comunicación*	40.000,00 €
TOTAL	7.219.262,65 €

Tabla 12. Costes Totales de Implantación en la Comunidad de Madrid

5.2 Costes de implantación de la red de usuario

5.2.1 Condiciones de Partida

Al igual que en el caso de la TDT se analizará el coste de adaptación de las instalaciones de recepción distinguiendo entre viviendas unifamiliares y edificios de vivienda. Para analizar los costes de adaptación las instalaciones para recepción de la televisión digital por satélite, para los hogares en edificios de viviendas, debemos distinguir entre los edificios de viviendas que disponen de ICT y los que no disponen de ella.

En este estudio para los edificios de viviendas se expresan los costes considerando que están compuestos por 5 viviendas y las configuraciones estudiadas contemplan, en la parte común de las instalaciones, la distribución

de las señales recibidas sin alterar su modulación ni codificación, operaciones que se realizarán individualmente. Por otro lado, dado que la implantación de la ICT no se comenzó a realizar hasta el año 1998 y dadas las ubicaciones de la zona II a estudiar, se estima que el 50 % de los edificios tendrán realizada la instalación adaptada a la ICT, en tanto en cuanto el otro 50 % no estarán adaptada a la misma.

Según el Informe Económico Sectorial de las Telecomunicaciones y el Audiovisual del año 2021, publicado por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia los abonados a la televisión de pago cada 100 habitantes (penetración), en el caso del satélite, se situaban en el 1 % del total. Dado la tipología existente de población y orografía de la zona (montañosas, de complicado acceso al cable), se puede estimar que en el caso de la zona II de la Comunidad de Madrid este porcentaje puede ser un 25 % mayor que la media española, por lo que para el presente estudio **se asume que el 1,25 % de los hogares bajo estudio tendrán la instalación adaptada a la señal satelital y sólo precisarán de decodificadores adaptados.**

Es decir, se consideran que las instalaciones sobre las que se actuarán serán la siguientes:

	Edificios	Viviendas unif.
Total viviendas donde realizar instalaciones	33.346	26.911

Tabla 13. Instalaciones en zona II donde habría que realizar adaptaciones por la adopción de la solución satelital.

5.2.2 Viviendas Unifamiliares

En las viviendas unifamiliares, pueden darse 2 situaciones de partida según la vivienda disponga o no de antena parabólica orientada hacia el satélite que se seleccione para esta ampliación de cobertura, y en cada caso la adaptación supondrá un gasto diferente.

- En las viviendas unifamiliares, ya dotadas de antena de captación por satélite individual, orientada hacia el satélite que se seleccione, con su instalación funcional correspondiente, no sería necesario llevar a cabo ninguna actuación. En estos casos el coste de adaptación de la instalación es nulo (englobadas en el 2,5 % anteriormente citado).

- Viviendas unifamiliares que NO dispongan de instalación de antena parabólica o que la que tengan no corresponda con la seleccionada. En este caso se considerará como nueva instalación, y dado que hay que prever 2 STB (Set Top Box) por vivienda, se incluirá un dispositivo de reparto (950 - 2.150 MHz). Para este número de receptores no es necesario implantar ninguna amplificación.

Relación de elementos. Viviendas unifamiliares	
Cantidad	Elemento
1	Antena parabólica de Ø 0,60m, modelo CAS-60 de TECATEL o similar
1	LNB single illusion ultra 3, 1 salida universal
1	Soportes para fijación a pared en L de Antena Parabólica Ø 0,6m
20	m Cable coaxial LTE 40 de 6,7mm
1	Repartidor de 2 salidas, serie HG de 5-2400MHz
2	Toma final de 2 salidas RTV-FI SAT, con paso DC, modelo TF-02 de Tecatel o similar

Tabla 14. Relación de elementos. Instalación viviendas unifamiliares

El Coste asociado para una instalación individual es de 146 euros.

Instalación individual: sistema de recepción completo de la vivienda	146 €
---	-------

5.2.3 Edificios de viviendas

5.2.3.1 Edificios con ICT

La normativa de ICT contempla el despliegue de un cableado completo DOBLE que permite el acceso de los vecinos a la polaridad que puedan ofertar 2 operadores de televisión vía satélite de manera simultánea, uno por cada cable.

Coste de adaptación de la instalación. Parte común

Se asume que los elementos a instalar adicionales a la infraestructura de ICT ya existente son:

Relación de elementos. Edificios de viviendas con ICT. Parte común	
Cantidad	Elemento
1	Antena parabólica de Ø 1,00m, modelo C de TECATEL o similar
1	LNB single illusion ultra 3, 1 salida universal
1	Soportes para fijación a pared en L de Antena Parabólica Ø 1,0m
8	m. Cable coaxial LTE 40 de 6,7mm
1	Amplificador de 1 Línea RF-FI modelo TE-HSA001 de Tecatel o similar

Tabla 15. Relación de elementos. Instalación edificios de viviendas con ICT. Parte común.

Instalación comunitaria Parte Común ICT	142,40 €
--	----------

Coste de adaptación de la instalación. Individual

En edificios que disponen de ICT no es necesaria llevar a cabo ninguna adecuación sobre la instalación individual, por lo que el coste de adaptación de la parte individual es nulo.

5.2.3.2 Edificios sin ICT

Coste de adaptación de la instalación. Parte común

En este tipo de edificios de viviendas que no disponen de ICT se podrían dar 2 escenarios posibles:

- Edificios que disponen de antena parabólica colectiva y de una amplificación y distribución en FI hasta las viviendas. Antes de la entrada en vigor de la normativa de ICT (1998), sólo algunos edificios de viviendas ocupados por extranjeros y que hubieran contado con asesoramiento especializado, hacían este tipo de instalación en colectividad (dentro de estos edificios, consideramos que el 1,25 % de los mismos no requieren dichos costes de instalación).
- Edificios que habrá que dotar de una instalación colectiva completa para televisión por satélite, que es el que se evalúa por ser el caso general.

Relación de elementos. Edificios de viviendas sin ICT. Parte común

Cantidad	Elemento
1	Antena parabólica de Ø 1,00m, modelo C de TECATEL o similar
1	LNB single illusion ultra 3, 1 salida universal
1	Soportes para fijación a pared en L de Antena Parabólica Ø 1,0m
80	m. Cable coaxial LTE 40 de 6,7mm
1	Amplificador de 1 Línea RF-FI modelo TE-HSA001 de Tecatel o similar
2	Derivadores de 4 salidas

Tabla 16. Relación de elementos. Instalación edificios de viviendas con ICT. Parte común.

Instalación comunitaria Parte Común Edificios Antena Colectiva	224 €
---	--------------

Coste de adaptación de la instalación. Individual

En estas viviendas, será necesario actualizar las bases de toma, así como el cableado y la distribución interiores para garantizar la correcta recepción de las señales de televisión por satélite.

Relación de elementos. Edificios de viviendas sin ICT. Parte individual	
Cantidad	Elemento
1	Repartidor de 2 salidas, serie HG de 5-2400Mhz
20	m. Cable coaxial LTE 40 de 6,7mm
2	Toma final de 2 salidas RTV-FI SAT, con paso DC, modelo TF-02 de Tecatel o similar

Tabla 17. Relación de elementos. Instalación edificios de viviendas sin ICT. Parte individual.

Instalación comunitaria Parte Individual Edificios Antena Colectiva	38 €
--	-------------

5.2.4 Coste equipamiento de recepción de usuario

Se considera necesario que el usuario disponga de un receptor individual de satélite con CAS (sistema de acceso condicional) conectado a cada televisor.

Existen diferentes configuraciones de hardware para la correcta recepción y decodificación de la señal de satélite:

- a) Que el propio televisor disponga de un receptor (STB) integrado y por tanto de una entrada/boca trasera denominada PCM-CIA donde se aloja un tarjetero o tarjeta para decodificar la señal (este es el caso de los modelos más avanzados).
- b) Que se decodifique la señal mediante un receptor STB externo, que será la opción valorada por ser una solución estándar aplicable también en el caso anterior, y que cuenta con 2 variantes:
 - a. STB con todo el software para el CAS cargado en una memoria interna (sin tarjeta externa), accesible mediante puerto de entrada USB.
 - b. STB con ranura-tarjetero lectora, donde alojar una tarjeta inteligente externa que contenga al menos una parte del software necesario para el CAS.

La solución valorada debe permitir a los usuarios acceder tanto a señales que les lleguen vía satélite como a señales terrestres moduladas en UHF - COFDM que puedan recibir por medios ajenos a la licitación para la que se solicita este estudio lo que es posible conseguir de 2 formas:

- a) Conectar a cada televisor 2 receptores externos: Uno que decodifique las señales objeto de la licitación recibidas vía satélite con CAS, y otro para las señales ajenas a la situación bajo análisis (canal autonómico) que se asume que se recibirán por vía terrestre (TDT).
- b) Conectar a cada televisor un único receptor externo que decodifique ambos tipos de señales, lo que se denomina sintonizador COMBO que también debe contar con un sistema de acceso condicional.

Para estimar el coste del equipo receptor necesario se han sondeado los modelos del mercado, incidiendo en modelos para señales de calidad HD, resultando por término medio la opción del receptor COMBO más económica, puesto que al precio del receptor exclusivamente de satélite habría que sumarle el precio para un receptor externo de la señal TDT.

El empleo de un sólo receptor COMBO es la solución propuesta porque además de un ahorro de adquisición aporta otras ventajas, pues reduce el número de equipos receptores, mandos a distancia y tomas de corriente a emplear por parte del usuario, simplificando el conexionado y el manejo cotidiano, y es más eficiente energéticamente porque elimina uno de los posibles consumos fantasmas.

Entre los modelos de receptores estudiados se ha elegido uno con un precio intermedio, y fácilmente accesible por el ciudadano en el mercado. Se estima el coste por receptor más la correspondiente tarjeta de acceso condicional a la plataforma seleccionada en **130 €** (IVA incluido). Tomando en consideración el número de 2 receptores por hogar se obtiene:

TD vía Satélite	Partidas	Importe	Total
EQUIPO RECEPTOR	Equipamiento individual	130 €	260 €

Tabla 18. Coste de equipamiento de recepción de usuario

5.2.5 Coste total solución adaptación SAT

TIPO	SAT	Importe	TOTAL
Edificios sin ICT	Instalación comunitaria Parte Común Edificios Antena Colectiva	224 €	7.376.320 €
	Instalación Comunitaria Parte Individual Edificios Antena Colectiva	38 €	1.251.340 €
	Equipo receptor	260 €	8.561.800€
Viviendas Individuales	Instalación individual: sistema de recepción completo de la vivienda	146 €	3.929.006 €
	Equipo receptor	260 €	6.996.860 €
Edificios ICT	Instalación comunitaria Parte Común ICT	142,40 €	59.238,40 €
	Instalación Comunitaria Parte Individual ICT: elementos de recepción individuales por hogar	- €	- €
	Equipo receptor	260 €	108.160 €
	TOTAL		28.282.724,40 €

Tabla 19. Costes de adaptación de las instalaciones para la recepción SAT

5.3 Costes de mantenimiento y operación de la red de transporte y difusión

El único coste para considerar es el de difusión de contenidos, que corresponde con la suma del upload de los multiplex, más el coste de la plataforma de gestión de usuarios, siendo esta anual, implicando un coste mantenimiento y operación de **5.998.881 € anuales**.

5.4 Costes de mantenimiento y operación de la red de usuario

Una vez realizada la implantación, el mantenimiento y la operación de la red de usuario corresponde a los usuarios finales, por lo que por parte de la Comunidad de Madrid no se asumiría ningún coste asociado.

5.5 Centro de Atención al Usuario

Este servicio se encargará de prestar la atención a los usuarios, proporcionando nuevas altas en el servicio, bajas, modificaciones, recibiendo y tramitando las incidencias que remitan los usuarios....

Se estiman dos personas para la gestión de los usuarios, con una atención ininterrumpida de 12 horas diarias. Adicionalmente para cubrir posibles bajas y periodos vacacionales se estima un 20 % adicional. Teniendo en cuenta los costes laborales de aportación de la empresa a la Seguridad Social se estima un coste de 63.840 euros.

Por otra parte, para dotar al CAU del equipamiento necesario para prestar el servicio se considera una imputación adicional del 13 % anual.

Es un coste recurrente y presente durante toda la duración del servicio.

El coste total del servicio asciende a **70.756 euros anuales**.

5.6 Resumen de costes por anualidades

Los costes por anualidades a diez años serán:

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	TOTAL (10 AÑOS)
56.774.209,93 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	110.764.138,93 €

6 Análisis económico de la Solución de Fibra (para añadir relativa a esta parte)

6.1 Hipótesis Generales del Análisis Económico

Para el cálculo del coste de una solución por fibra se parte de la premisa de crear una red FTTH en la que red troncal podrá ser por fibra o radio. Desde que comienza el proceso de diseño y planificación de una red de fibra hasta que finalmente se puede prestar ese servicio al usuario el plazo puede extenderse de media unos 2-3 años. Hay que tener en cuenta, estos plazos de despliegue a la hora de valorar la elección de una determinada tecnología para la prestación de servicio de televisión digital en zona II de la Comunidad de Madrid. Trabajos como acondicionamiento en las centrales, gestión de permisos, planificación del despliegue de infraestructura, la construcción, comprobación y configuración antes de la prestación son necesarios para garantizar una determinada calidad a los usuarios. Por tanto, a la hora de valorar esta solución habrá que tener en cuenta también un coste asociado al cambio tecnológico, es decir un período de simulcast lo suficientemente extenso para hacer posible llevar el servicio mediante la nueva tecnología y una campaña de comunicación asociada a este cambio tecnológico.

Para estimar el coste asociado a la solución de fibra, no se va a realizar un diseño de una red nueva desde cero, sino que nos basaremos en estimaciones de coste para alcanzar un determinado número de unidades inmobiliarias asociadas a la población afectada de zona II a la que da servicio la actual red de extensión. De este modo, la metodología que se ha usado emplea los precios estimados de despliegue de Unidades Inmobiliarias facilitados por operadores dentro de las propuestas que presentan a los programas de ayuda de extensión de la banda ancha que tiene puesto en marcha el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital a través de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e infraestructuras digitales.

Se asumirá también que la población afectada en determinado municipio está concentrada en el mismo área asumiendo un coste de despliegue similar para cada uno.

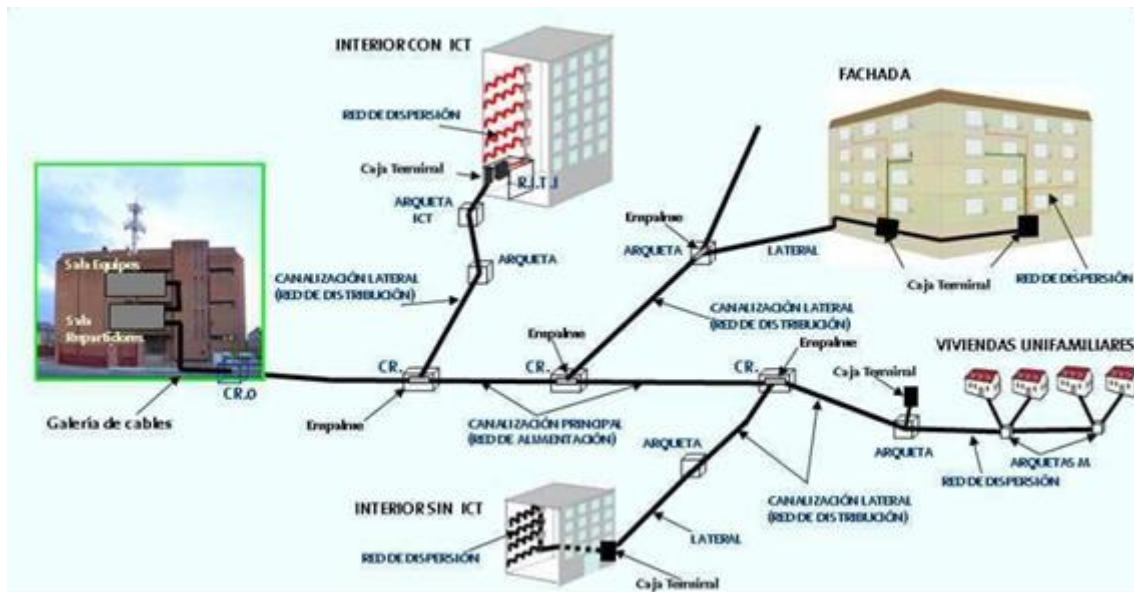


Ilustración 22 Arquitectura de una red FTTH

6.2 Costes de implantación

6.2.1 Solución red troncal

Para el cálculo de los costes de la solución por fibra partiremos de dos posibles opciones:

1. Red troncal para llegar a las OLT basada en fibra
2. Red troncal para llegar a las OLT basada en radio.

Para este estudio se considerará el alquiler de circuitos al operador Telefónica dentro de la oferta de referencia ORLA (Oferta de Referencia de Líneas alquiladas para operadores de redes públicas de comunicaciones electrónicas)

Se define el Servicio de Líneas Alquiladas Terminales sobre interfaces Ethernet como el servicio por el cual Telefónica de España proporciona un tramo de circuito entre la sede del Operador y un cliente del Operador, o un elemento de la red de acceso del operador demandante del servicio mediante un tramo de circuito dedicado establecido por Telefónica de España.

Telefónica de España ofrece la interconexión de tramos de circuitos digitales dedicados de velocidades Ethernet, FastEthernet y Gigabit Ethernet. Este último servicio implica que Telefónica entregará varios circuitos Ethernet agregados en una interfaz Gigabit Ethernet en el PdCE. Dicha interfaz permitirá como máximo la agregación de nueve circuitos Fast Ethernet del Servicio de Enlace a Cliente y hasta 95 Ethernet, nunca resultando la suma de anchos de banda de los circuitos de ambos tipos superior a 950 Mbit/s, suficiente para el flujo necesario para transportar los múltiples para la prestación del servicio de televisión digital.

Las **zonas del servicio de enlace a cliente** vendrán determinadas por la distancia en línea recta entre la **Central de Telefónica** en la que se ubica el **extremo A (central frontera)** y la Central más cercana al domicilio del cliente del Operador.

Para poder establecer la viabilidad del **Servicio de Enlace Extremo a Extremo es necesario que ambos extremos correspondan** al ámbito de cobertura de algunas de las centrales incluidas en el listado de **Centrales Abiertas al Servicio de Líneas Alquiladas Terminales Ethernet**.

El listado de **Centrales Abiertas al Servicio de Líneas Alquiladas Terminales Ethernet** informa asimismo del tipo de cobertura prestada por cada central, distinguiéndose dos tipos de coberturas:

COBERTURA A: Cobertura Estándar

COBERTURA B: Estas solicitudes pueden necesitar realizar una inversión considerable para construir la acometida de fibra en el domicilio del cliente. En estos casos Telefónica comunicará si el circuito es de **“alto coste”**, **el importe del mismo y la fecha vinculante de entrega**.

Se asume que las centrales necesarias se encuentran en zona A de cobertura.

Tendremos un coste de implantación por el alta en el servicio y un coste recurrente mensual que imputaremos como coste de operación.

Asumimos que el centro de conexión de la red del operador se encuentra en Madrid y que se necesitará un enlace para cada municipio dentro de la zona II. Teniendo en cuenta la distancia de estos municipios a Madrid, calculamos el coste del alta de dicho enlace en la tabla a continuación. Se asume que en aquellos municipios cuya distancia a Madrid es inferior a 30 km tienen una central de Telefónica próxima en zona 2 según la ORLA. En municipios a más de 30 km asumimos que la central más próxima se encuentra en zona 3. Por tanto, los costes son:

Red Troncal Fibra
196.936,35 €

6.2.2 Solución red de distribución y dispersión

Tendremos en cuenta el despliegue de una red FTTH mediante una red GPON en el que se instalarán los equipos necesarios en la OLT para poder recibir las señales de los múltiples de televisión digital en las viviendas afectadas de la zona II. Para ello se asumirá que en el otro extremo de la red GPON, el usuario dispone de un equipo ONT donde extrae por un lado la señal de datos en forma de paquetes IP y por otro lado extrae la señal de RF, la cual se puede aplicar directamente mediante un cable coaxial al aparato de TV o distribuirla a las tomas de tv, de la misma forma en que se hace con la señal de RF clásica que se distribuye desde la cabecera de TV situada en cada vivienda. Para ello, es necesario que la ONT en la vivienda soporte RF Overlay ya que no todos los modelos de ONT lo soportan.

Otra opción es directamente proporcionar la conectividad necesaria para prestar este servicio de televisión digital en zona mediante IPTV, es decir mediante televisión en streaming.

El sistema IPTV tiene también la gran ventaja de permitir de forma nativa que sus contenidos sean visualizados sin ninguna dificultad especial en dispositivos tales como tablets, smartphones o PCs, además de en el propio televisor. Por simplicidad y para causar la menor molestia al ciudadano y la menor afectación en cuanto a modalidad de acceso al servicio se asume que la prestación del servicio se realiza mediante RF Overlay.

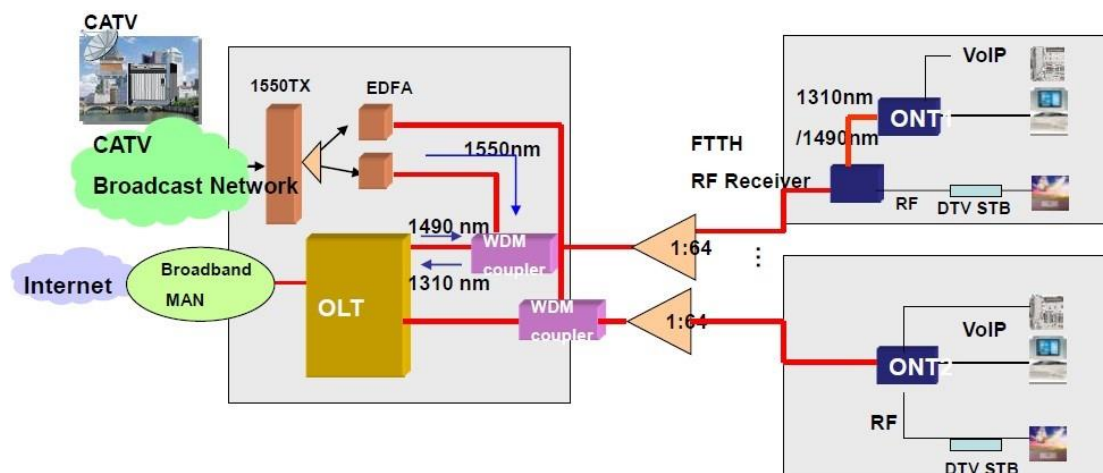


Ilustración 23 Esquema de distribución de señal de televisión digital mediante solución RF overlay a través de red FTTH.

Los costes tipo facilitado por operadores para el despliegue de Unidades Inmobiliarias que se van a utilizar en el estudio son los siguientes:

Tipo de Despliegue	Coste
Despliegue en casco urbano por fachada o con canalización existente o ICT	60 €
Despliegue en zona diseminada y por postes	300 €
Cuando no existe ningún tipo de infraestructura	600 €

Asumimos un coste promedio de 320 euros por despliegue de cada Unidad Inmobiliaria. Según datos del INE (Censo 2011) para la Comunidad de Madrid, en la Comunidad de Madrid existen un total de 2.894.679 de hogares y una población total de 6.751.251 lo que supone un número de personas de 2.3 por hogar.

Para el cálculo del coste de despliegue de la red de distribución y dispersión necesaria para llegar a estos hogares tenemos en cuenta el concepto de unidad inmobiliaria. Se denomina unidad inmobiliaria (UI) a cualquier construcción que pueda necesitar de los servicios de un operador de telecomunicaciones, vivienda particular, empresas, tienda de barrio, bares, restaurantes, locales en general, etc. Por tanto, asumiremos, que el

En concreto, teniendo en cuenta los datos de población afectada de la Comunidad de Madrid en zona II para la prestación del servicio de televisión digital (451.407, 315 personas) suponen teniendo en cuenta el ratio de personas por hogar un total de 173.577,88 unidades inmobiliarias a desplegar.

Por tanto, el coste de despliegue de la red de distribución y dispersión para llegar a cada una de estas unidades inmobiliarias es de 55.554.922,5 euros.

Coste de implantación de la red de usuario

Los costes de adaptación de la red de usuario se calcularán teniendo en cuenta el coste medio facilitado por los operadores que sitúan el mismo en 250 euros/hogar (UI). En este coste está incluido tanto el material necesario como la mano de obra.

Por tanto, el coste total será de 43.394.470,7 euros

6.3 Costes de Mantenimiento y Operación

6.3.1 Costes de mantenimiento y operación y de la red troncal

Como se comentaba anteriormente, el coste del servicio depende de la capacidad alquilada y de la zona del servicio de enlace a cliente. Teniendo en cuenta las distancias medias de los municipios de zona II tenemos los costes siguientes:

Coste Servicio Enlace a Cliente				
Velocidad	Zona	Distancia	Alta(€)	Cuota Mensual (€)
Gigabit Ethernet	Zona1	De 0 a 2km	820,17 €	410,25 €
Gigabit Ethernet	Zona2	De 12 a 12 km	1.210,79 €	560,76 €
Gigabit Ethernet	Zona3	12 a 35 km	2.382,66 €	1.012,28 €
Gigabit Ethernet	Zona4	Más de 35 km	2.382,66 €	1.441,60 €

Las **zonas del servicio de enlace a cliente** vendrán determinadas por la distancia en línea recta entre la **Central de Telefónica** en la que se ubica el **extremo A (central frontera)** y la Central más cercana al domicilio del cliente del Operador.

El coste total de operación y mantenimiento de la red troncal en la zona II de la comunidad de Madrid es:

Red Troncal Anual
1.011.988,80 €

6.3.2 Costes de mantenimiento de la red de distribución y dispersión.

Se estima este coste en 15€/UI por lo tanto el coste total asciende a 2.603.668,24 euros

Operación y mantenimiento Red Distribución y Dispersión Anual
2.904.135,00 €

6.3.3 Costes de mantenimiento de la red de usuario

Se asume el mantenimiento de la red de usuario corre a cargo de los propios usuarios.

6.3.4 Costes indirectos

Se asume un 15% de costes indirectos. Al igual que las tecnologías anteriores se asume esta cifra. Por tanto, el coste es:

Costes Indirectos (15%)
587.418,57 €

6.3.5 Costes financieros

Se asume un 2%. Al igual que las tecnologías anteriores se asume esta cifra. Por tanto, el coste es:

Costes Financieros (2%)
78.322,48 €

6.4 Costes Asociados al Cambio Tecnológico

La tecnología con la que se está prestando el servicio de televisión digital en la zona II, es la terrestre. Como ocurría en la solución satelital, si hubiese un cambio de tecnología, este cambio se asume que no es instantáneo ya que es necesario un tiempo de instalación de la electrónica necesaria en las viviendas para recibir la televisión mediante la nueva tecnología y otra serie de cambios asociados. Por ello, hay que considerar que, durante ese período, los usuarios deben seguir recibiendo el servicio de televisión vía terrestre, lo que conlleva unos costes asociados.

Se estima que en 2 años estaría desplegada la red FTTH para prestar el servicio. El coste del simulcast sería:

TOTAL COSTE Anual Servicio TDT	2.502.275,31 €
Coste Mensual	208.522,94 €
<u>Coste Simulcast 2 años</u>	5.004.550,62 €

En el caso de la solución adoptada de distribución de la señal de televisión digital vía la solución de Video RF overlay estimamos que igualmente sería necesaria una campaña de comunicación no porque el usuario vaya a recibir de distinta forma la señal sino para informar de las actuaciones necesarias en edificios y hogares para poder seguir recibiendo la señal vía coaxial.

6.5 Resumen de costes por anualidades

A continuación, se presenta un resumen de los costes por anualidades al igual que se ha hecho con otras tecnologías.

Año 1 ▾	Año 2 ▾	Año 3 ▾	Año 4 ▾	Año 5 ▾	Año 6 ▾	Año 7 ▾	Año 8 ▾	Año 9 ▾	Año 10 ▾	TOTAL (10 AÑOS) ▾
114.470.190,15 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	149.715.304,35 €

7 Otras variables de consideración

7.1 *Tiempo de implantación*

Para los 39 centros a migrar en el caso de la TDT, dado que ya se encuentran en funcionamiento y planificados, simplemente supondrían la actualización de algunos parámetros y la redefinición de otros. Considerando la instalación y revisión de dichos centros entre el 1,5 % del número de instaladores vigentes en la Comunidad de Madrid (aproximadamente, 5, dado que el total de instaladores es 328, datos obtenidos de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones en el mes de junio de 2022) y suponiendo que se realizaría uno por jornada, se observa que el número de jornadas precisas son 26,6 jornadas.

Por otro lado, para la adaptación de las instalaciones de los usuarios individuales, teniendo en cuenta que tan sólo sería necesaria realizar actuaciones sobre los edificios, los cuales son 10.038, y que pueden realizarse una media de 4 instalaciones al día, con una base de universo de trabajo del 50 % del grupo de instaladores de tipo A y F, sería necesario adicionar para el caso de la TDT otras 11,22 jornadas.

Con una consideración de un 20 % por imprevistos, el **proceso de migración de la TDT** podría concluirse en un total de 45,37 jornadas, esto es, nueve semanas laborables aproximadamente, o lo que es lo mismo, **dos meses y una semana**.

En el caso de la **Televisión Digital por Satélite**, el **tiempo de implantación** lo marca el simulcast considerado. Tal y como se recoge en el apartado 5.1.3.1 del presente informe, dada la experiencia existente, este plazo se alarga hasta los **seis meses**.

En el caso de la **Televisión Digital por Fibra**, al igual que en el caso anterior, el **tiempo de implantación** lo marca el simulcast considerado. Tal y como se recoge en el apartado 6.4 del presente informe, dada la experiencia existente y el tiempo de despliegue de esta solución, este plazo sería de unos **dos años**.

8 Conclusiones y tabla comparativa

Se ha realizado el estudio de costes de las soluciones de prestación del servicio de televisión digital mediante solución TDT, solución de televisión digital por satélite y solución de fibra

A continuación, se muestran las diferentes opciones planteadas en el presente estudio:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	TOTAL (10 AÑOS)
TDT	14.956.374,76 €	2.502.275,31 €	2.502.275,31 €	2.502.275,31 €	2.502.275,31 €	2.502.275,31 €	2.502.275,31 €	2.502.275,31 €	2.502.275,31 €	2.502.275,31 €	37.476.852,55 €
SAT	56.774.209,93 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	5.998.881,00 €	110.764.138,93 €
FIB	114.470.190,15 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	3.916.123,80 €	149.715.304,35 €

Tabla 20. Tabla comparativa de las opciones tecnológicas analizadas



Por otro lado, gráficamente se muestran las diferencias:

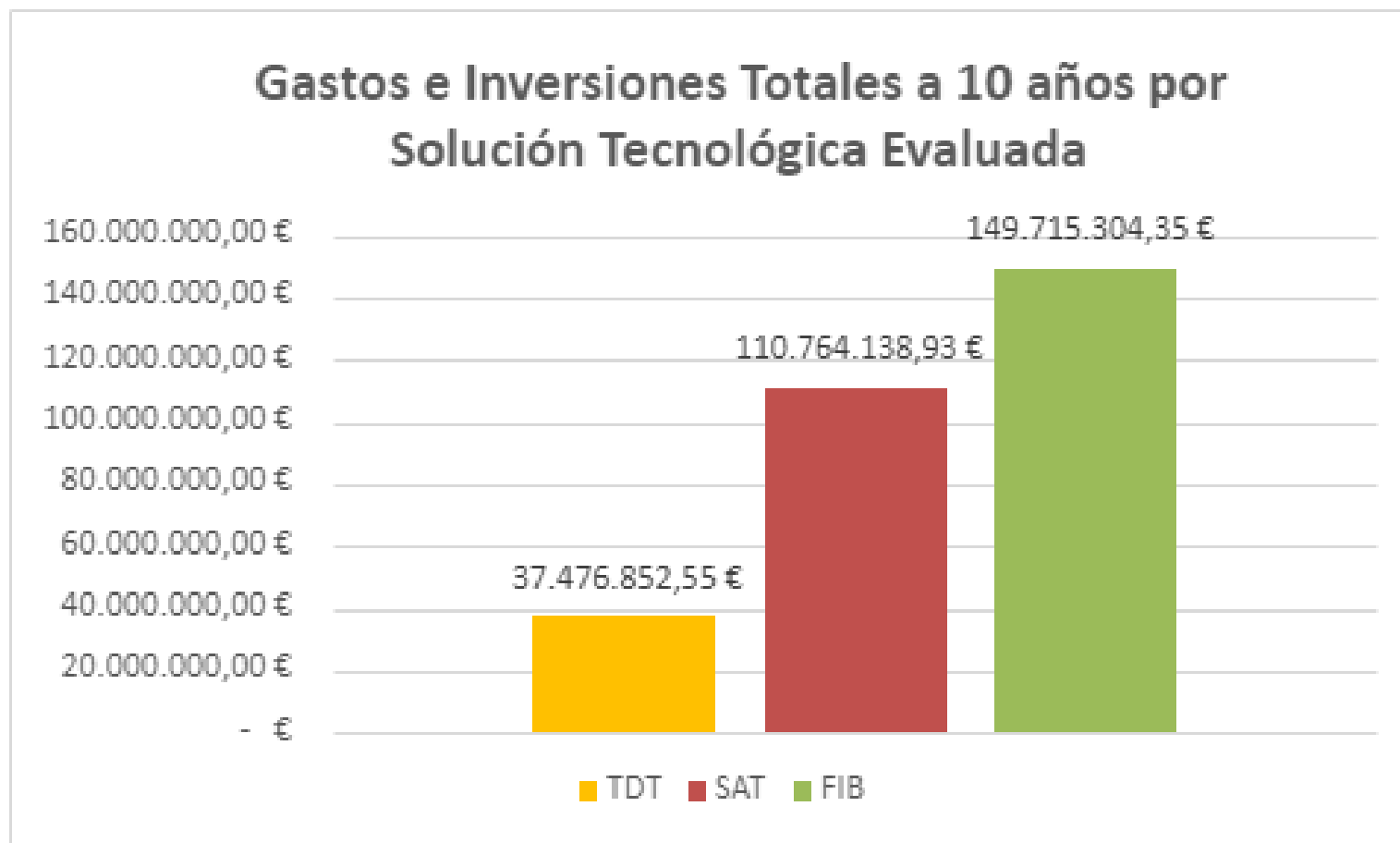


Ilustración 24 Comparativa gráfica de los costes de cada solución a lo largo de diez años



Del análisis realizado se puede concluir que la opción preferible para una implantación rápida y más económica es la Televisión Digital Terrestre, quedando descartada la satelital especialmente por el importante coste de implantación de red de usuarios, así como ser más cara operativamente frente a la TDT en cualquiera de las dos opciones analizadas en el presente estudio.

