

4. Recepción y distribución de la señal de televisión terrestre

Actividades de comprobación

4.1. b) Espurio.

4.2. b) Banda III.

4.3. a) Momento flector.

4.4. c) 5 dB.

Resultado obtenido a partir de la tabla de reducción o a partir de la ecuación:

$$R = 7,5 \cdot \log(N-1) = 7,5 \cdot \log(6-1) = 7,5 \cdot \log(5) = 5,24 \text{ dB}$$

4.5. d) 6 m.

4.6. d) 4 canales.

Cada canal ocupa un ancho de banda de 8 MHz, por lo que 4 canales adyacentes ocuparan un ancho de banda de 32 MHz.

4.7. b) Amplificadores.

4.8. b) Sistema de amplificación monocanal.

4.9. c) Monocanal selectivo.

4.10. d) Nivel de señal máximo de salida.

4.11. d) 47-70 dBμV.

4.12. d) 862 MHz.

El caso más desfavorable se producirá a la frecuencia más alta de la banda de UHF (470 MHz-862 MHz). A 862 MHz la atenuación del cable coaxial será la máxima.

4.13. c) Televisión terrestre digital (TDT).

4.14. d) Todas las anteriores son ciertas.

Para realizar una distribución a dos hilos compatible con la ICT es necesario mezclar la señal de RTV terrestre con la señal de TV satélite de dos satélites. Para ello existen múltiples soluciones.

4.15.b) Red de dispersión.

4.16. b) Una toma de usuario.

4.17. a) PAU.

El PAU debe incorporar un repartidor, el cual puede ser externo o incorporado en el propio dispositivo.

4.18. c) Nivel de señal, BER y MER.

4.19. d) MER.

Actividades de aplicación

4.1. Nivel de señal de los canales recibidos en la localización de instalación.

Orientaciones

El objetivo de esta actividad práctica es realizar la medida de los niveles de señal en el emplazamiento definitivo de la instalación, para identificar, además del nivel de señal, la presencia de señales interferentes o indeseadas, que puedan provocar interferencias en la instalación.

Para el diseño de una red de distribución de la señal de TV es necesario conocer los canales y el nivel de la señal que recibe en el lugar del emplazamiento de la antena, teniendo en cuenta la orientación de la antena hacia el repetidor más cercano. Para ello son útiles las dos tablas siguientes:

- Cuadro de distribución de frecuencias, que recoge la frecuencia de los canales que se reciben en la antena. Actividad de ampliación 2.1 del capítulo 2.
- Plan de frecuencias, que determina los canales que se distribuyen en la instalación y los que quedan libres para otros servicios. El plan de frecuencias se establece a partir de las frecuencias de los canales que se reciben en el lugar de instalación. Teniendo en cuenta tanto las señales útiles como las interferentes, se identifican los canales que quedan libres para su utilización por otros servicios.

A partir del cuadro de distribución de frecuencias, conocidos los multiplex digitales que se reciben, se mide el nivel de señal recibido con una antena de referencia. Si la antena que se utiliza en la instalación definitiva es diferente, el nivel de salida de la antena dependerá de su ganancia.

La solución de esta actividad es libre y dependerán de muchos factores: lugar de emplazamiento, antena patrón utilizada, canales recibidos, etc.

Como referencia, se utiliza una antena patrón que tiene una ganancia de 12 dB. Para cada uno de los canales que se reciben en nuestro emplazamiento.

Canal	Nivel de señal salida de la antena patrón	Ganancia antena patrón (G_{ANT})	Nivel de señal a la entrada de la antena (S_{ANT})
26	75 dB μ V	12 dB	63 dB μ V
27	70 dB μ V	12 dB	58 dB μ V
31	69 dB μ V	12 dB	57 dB μ V
33	71 dB μ V	12 dB	59 dB μ V
34	75 dB μ V	12 dB	63 dB μ V
44	73 dB μ V	12 dB	61 dB μ V
47	76 dB μ V	12 dB	64 dB μ V
48	68 dB μ V	12 dB	56 dB μ V
61	69 dB μ V	12 dB	57 dB μ V
64	66 dB μ V	12 dB	54 dB μ V
67	71 dB μ V	12 dB	59 dB μ V
68	70 dB μ V	12 dB	58 dB μ V
69	72 dB μ V	12 dB	60 dB μ V

4.2. Diseño de una instalación en la banda de UHF.

Orientaciones

El objetivo de esta actividad práctica es identificar las características que debe reunir una instalación compatible con la ICT y seleccionar, a partir de catálogos comerciales, los elementos que forman la red. La solución de esta actividad es libre, ya que dependerá de la selección de componentes realizada.

a)

Una instalación compatible con la ICT está constituida por dos ramales de cable coaxial, donde en cada uno de ellos se distribuye la señal de radio y TV terrestre y, además cada cable lleva la señal FI de un satélite diferente.

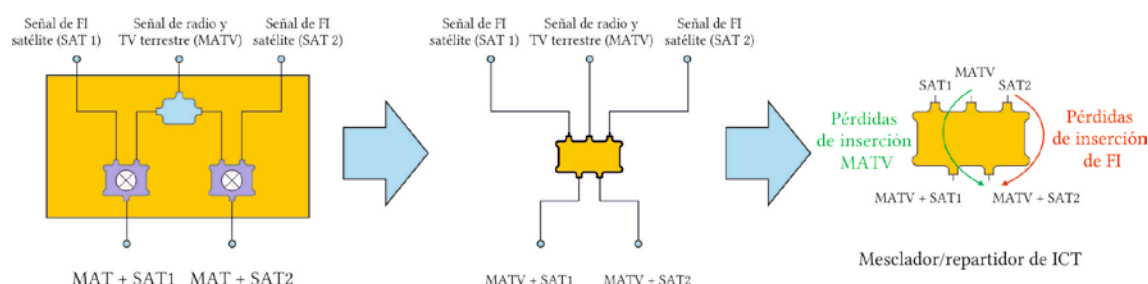
b)

Este conjunto realiza la función de mezcla para facilitar la incorporación a la red de distribución de las señales procedentes de los elementos de captación y adaptación de señales de radio difusión sonora y televisión por satélite.

c)

Dependiendo de la configuración del equipo de cabecera hay diferentes maneras de distribuir las señales que especifica la normativa por los dos cables de bajada. Entre estas soluciones, la más sencilla es la utilización de un mezclador-repartidor específico de la ICT.

El mezclador-repartidor de ICT seleccionado es el modelo de referencia 7407 del fabricante Televés. Este dispositivo añade unas pérdidas de paso de 4 dB para la señal de la banda de UHF y 2 dB para la señal de FI.



d)

Para compensar las pérdidas que añade el cable coaxial para las tomas más alejadas del equipo de cabeza, se escogen, siguiendo las recomendaciones del fabricante, derivadores con menor atenuación de derivación en la planta baja y a medida que la planta se acerque a la planta de instalación del equipo de cabeza, se escogen derivadores con una mayor pérdida de derivación.

e)

En una ICT la instalación interior de usuario se realiza en estrella, por lo que las tomas que se deben utilizar son todas finales.

f)

Los elementos de distribución de la señal de TV que se necesitan en la instalación, junto con sus características, se muestran en la tabla siguiente.

Fabricante: Televés

(*) Características de los componentes en la banda de UHF.

Repartidor/mezclador ICT	Referencia	Pérdidas de inserción (dB)	
Repartidor-meclador	7407	4 dB (UHF) / 2 dB (FI)	
Derivadores	Referencia	Pérdidas de inserción (dB)	Pérdidas de derivación (dB)
Planta 1ª	5425	2,2	13
Planta 2ª	5426	1,2	16
Planta 3ª	5426	1,2	16
Repartidor+PAU	Referencia	Pérdidas de inserción (dB)	
PAU	5154	7,5 dB	
Toma de usuario	Referencia	Pérdidas de derivación (dB)	
Toma	5229	-	0,6 dB

g)

Para el diseño se escoge el cable coaxial modelo T-100 de referencia 2141 del fabricante Televés, que tiene como atenuaciones en la banda de UHF las siguientes:

- Atenuación del cable coaxial (500 MHz): 0,12 dB/m
- Atenuación del cable coaxial (800 MHz): 0,15 dB/m

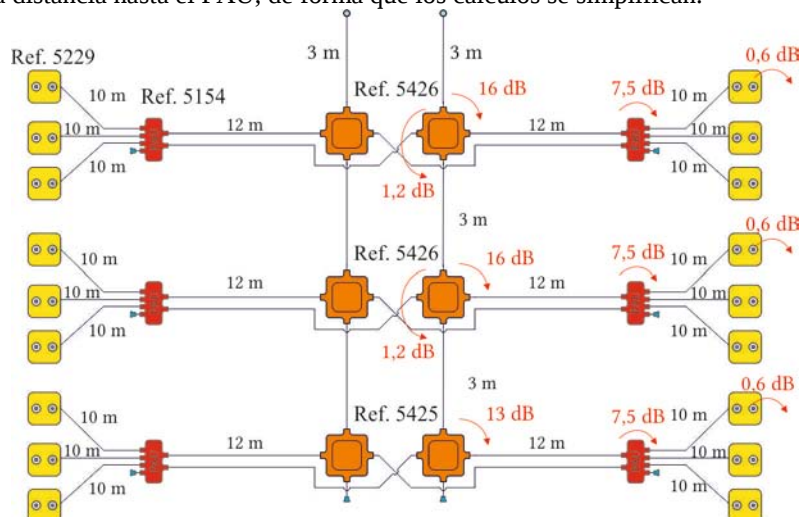
CONDUCTOR INTERIOR - COMPOSICIÓN MALLA			COBRE - COBRE					
Modelo Televés			T-100					
Referencias			2141	214104	214105	2155	215503	215101
Conductor interior	Ø	mm	1,13					1,12
	material	-	cobre					Cobre
	resistencia	Ω/Km	20					18
Dieléctrico	Ø	mm	4,8					4,7
	material	-	Poliétileno expando					
Lámina de apantallamiento			Cobre + Poliéster					Cobre +Poliéster
Malla	resistencia	Ω/Km	<20					≤14
	material	-	cobre					
Lámina antimigratoria			Sí					Sí
Gel de estanqueidad			no					no
Cubierta exterior	Ø	mm	6,6					6,6
	color	-	blanco		negro			gris
	material	-	PVC		PEE			PVC - LSFH
Radio de curvatura mínimo		mm	33					33
Apantallamiento		dB	>75					
Capacidad		pF/m	55					
Tipo de USO			Interior			Exterior		Interior
Embalaje	metros/carrete	m	100	250	100	100	250	100

Atenuaciones Frecuencia (MHz)	200	dB/m	0,08	0,07
	500		0,12	0,12
	800		0,15	0,15
	1000		0,18	0,17
	1350		0,21	0,20
	1750		0,24	0,23
	2050		0,27	0,25
	2300		0,28	0,27

h)

Como los dos bajantes son simétricos solo hace falta calcular la atenuación de uno de ellos. Los cálculos de la atenuación de la red se realizan desde la salida de los mezcladores.

La figura muestra las atenuaciones de los elementos de la red. En una misma planta las tomas tienen las mismas pérdidas puesto que están a la misma distancia desde los derivadores. Además, todas las tomas tienen la misma distancia hasta el PAU, de forma que los cálculos se simplifican.



Atenuación a 800 MHz: atenuación del cable coaxial de 0,15 dB/100 m

Longitud toma planta baja = $3 + 3 + 3 + 12 + 10 = 31$ m

Pérdidas tomas de la planta baja: $(31 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ dB/m}) + 1,2 \text{ dB} + 1,2 \text{ dB} + 13 \text{ dB} + 7,5 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} = 4,65 \text{ dB} + 23,5 \text{ dB} = 28,15 \text{ dB}$

Longitud toma planta 1 = $3 + 3 + 12 + 10 = 28$ m

Pérdidas tomas de la planta 1: $(28 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ dB/m}) + 1,2 \text{ dB} + 16 \text{ dB} + 7,5 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} = 4,2 \text{ dB} + 25,3 \text{ dB} = 29,5 \text{ dB}$ (Toma más desfavorable)

Longitud toma planta 2 = $3 + 12 + 10 = 25$ m

Pérdidas tomas planta 2: $(25 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ dB/m}) + 16 \text{ dB} + 7,5 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} = 3,75 \text{ dB} + 24,1 \text{ dB} = 27,85 \text{ dB}$

Atenuación a 500 MHz: atenuación del cable coaxial de 0,12 dB/100 m

Longitud toma planta baja = $3 + 3 + 3 + 12 + 10 = 31$ m

Pérdidas tomas de la planta baja: $(31 \text{ m} \cdot 0,12 \text{ dB/m}) + 1,2 \text{ dB} + 1,2 \text{ dB} + 13 \text{ dB} + 7,5 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} = 3,72 \text{ dB} + 23,5 \text{ dB} = 27,22 \text{ dB}$

Longitud toma planta 1 = $3 + 3 + 12 + 10 = 28$ m

Pérdidas tomas de la planta 1: $(28 \text{ m} \cdot 0,12 \text{ dB/m}) + 1,2 \text{ dB} + 16 \text{ dB} + 7,5 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} = 3,36 \text{ dB} + 25,3 \text{ dB} = 28,66 \text{ dB}$

Longitud toma planta 2 = $3 + 12 + 10 = 25$ m

Pérdidas tomas planta 2: $(25 \text{ m} \cdot 0,12 \text{ dB/m}) + 16 \text{ dB} + 7,5 \text{ dB} + 0,6 \text{ dB} = 3,0 \text{ dB} + 24,1 \text{ dB} = 27,1 \text{ dB}$ (toma más favorable)

La atenuación de la red está comprendida entre 27,1 dB para la toma más favorable y 29,5 dB para la toma más desfavorable:

$$27,1 \text{ dB} < L_{RED} < 29,5 \text{ dB}$$

Estas tomas son:

Toma más favorable: 27,1 dB. Tomas de la planta 2

Toma más desfavorable: 29,5 dB. Tomas de la planta 1

i)

El nivel de señal de entrada de la instalación es diferente para cada canal recibido por lo que es necesario ecualizar por canales utilizando amplificadores monocanal. La diferencia de nivel de las señales a la entrada de los amplificadores es de:

Canal 27: 67 dB μ V

Canal 34: 62 dB μ V

$$\text{Diferencia de nivel} = 67 \text{ dB}\mu\text{V} - 62 \text{ dB}\mu\text{V} = 5 \text{ dB}$$

Si se utiliza un amplificador de banda ancha esta diferencia de nivel prácticamente se mantendrá a su salida.

Según el anexo I del reglamento de la ICT, la diferencia de nivel, a la salida de la cabecera, entre canales de la misma naturaleza, no será superior a 3 dB.

Con carácter general, queda limitado el uso de cualquier tipo de central amplificadora o amplificador de banda ancha a las edificaciones en las que el número de tomas servidas desde la cabecera sea inferior a 30. Se permitirá el uso de este tipo de equipos en edificaciones con un mayor número de tomas, siempre que los equipos sean capaces de garantizar que, entre canales de la misma banda, la diferencia de nivel a la salida de la cabecera será inferior a 3dB (en los canales de la misma naturaleza). En el caso de que, por las características de la red, fuera necesaria una ecualización, la tolerancia de 3dB se aplicará sobre la misma (sólo para servicios de TV).

j)

La atenuación de la red es:

$$27,1 \text{ dB} < L_{RED} < 29,5 \text{ dB}$$

El nivel de señal en cada toma según la normativa es de 47-70 dB μ V (ICT 2011).

$$L_{MÁXIMA RED} + S_{MÍNIMA TOMA} < S_{oCABEZA} < L_{MÍNIMA RED} + S_{MÁXIMA TOMA}$$

$$29,5 \text{ dB} + 47 \text{ dB}\mu\text{V} < S_{oCABEZA} < 27,1 \text{ dB} + 70 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$76,5 \text{ dB}\mu\text{V} < S_{oCABEZA} < 97,1 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Como criterio se ajustará la salida del amplificador al valor medio requerido:

$$S_{oCABEZA} = (76,5 \text{ dB}\mu\text{V} + 97,1 \text{ dB}\mu\text{V})/2 = 173,6 \text{ dB}\mu\text{V} / 2 = 86,8 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Este nivel de señal es el de salida del equipo de cabecera y tiene que compensar las pérdidas de la red de distribución. A la salida de los amplificadores hay el repartidor-mezclador de ICT, que añade unas pérdidas de 4 dB. Por lo tanto, el nivel de salida del amplificador tendrá que ser aproximadamente 4 dB más grande que el valor calculado.

Paraninfo

Si escogemos el amplificador monocal 5086 de televés, este suministra una tensión de salida máxima sin distorsión de 118 dBμV, por lo que no existen interferencias por intermodulación si ajustaremos el amplificador a 90 dBμV (valor redondeado de 86,8 dBμV).

k)

La salida de los amplificadores se ajusta a 90 dBμV, el nivel de señal en cada toma dependerá de la atenuación de la red y de la atenuación adicional del repartidor-mezclador de ICT:

$$27,1 \text{ dB} < L_{RED} < 29,5 \text{ dB}$$
$$27,1 \text{ dB} + 4 \text{ dB} = 31,1 \text{ dB} < L_{RED} + L_{MEZCLADOR-REPARTIDOR ICT} < 29,5 \text{ dB} + 4 \text{ dB} = 33,5 \text{ dB}$$

El nivel de señal en cada toma de usuario depende de la atenuación de la red y del nivel de salida a que se ajusta el los amplificadores:

$$S_{TOMA MÁX} = S_{OCABEZA} - L_{RED MÍN} + L_{MEZCLADOR-REPARTIDOR ICT} = 90 \text{ dBμV} - 31,1 \text{ dB} = 58,9 \text{ dBμV}$$
$$S_{TOMA MÍN} = S_{OCABEZA} - L_{RED MÁX} + L_{MEZCLADOR-REPARTIDOR ICT} = 90 \text{ dBμV} - 33,5 \text{ dB} = 56,5 \text{ dBμV}$$

La señal en las tomas de la red estará comprendida entre estos dos valores:

$$56,5 \text{ dBμV} < S_{TOMA} < 58,9 \text{ dBμV}$$

Por lo tanto los niveles de señal en la toma de usuario están dentro de los valores que establece la normativa (47-70 dBμV).

l)

La antena debe permitir que el nivel de señal a la entrada del amplificador sea lo suficientemente grande como para que el amplificador, una vez amplifique la señal, suministre el nivel de señal adecuado a la red. Además, debe garantizar una correcta C/N_o .

En esta actividad se da directamente el nivel de señal una vez amplificada por la antena, y se desconoce el nivel de entrada de la antena, por lo que no es posible su selección.

Para compensar las pérdidas de la red los amplificadores se ajustan a un nivel de salida de 90 dBμV. La ganancia requerida por cada amplificador se muestra en la tabla siguiente:

Canal	Señal de entrada al amplificador	Señal de salida amplificador	Ganancia
26	65 dBμV	90 dBμV	25 dB
27	67 dBμV	90 dBμV	23 dB
31	63 dBμV	90 dBμV	27 dB
33	66 dBμV	90 dBμV	24 dB
34	62 dBμV	90 dBμV	28 dB

Como se observa, la ganancia de los amplificadores utilizados debe permitir su ajuste entre 23 dB y 28 dB.

La ganancia junto con el nivel máximo de salida son las características que nos permiten elegir el amplificador adecuado.

Si escogemos el amplificador monocal 5086 de Televés, este suministra una tensión de salida adecuada y la ganancia es de 50 dB, pero permite 30 dB de regulación, por lo que podemos ajustar la ganancia entre 20 dB y 50 dB.

Monocanales UHF

Referencia	5086 (tdt)*							5097	5098	5100
Ancho de banda (MHz)	8	16	24	32	40	48	56	8	8	8
Nº canales	1	2	3	4	5	6	7	1	1	1
Ganancia (dB) tip.	50 ±3							57 ±3	55 ±3	48 ±3
Planicidad (dB) tip.	< 3							< 1	< 2	< 2
Tensión de salida analógica** (dBµV) tip.	125	115	114	113	112	112	111	125	125	120
Tensión de salida digital** (dBµV) tip.	118	113	111	108	107	104	102	118	118	113
Rechazo (n ± 1) (dB) tip.	> 3							> 3	> 18	> 15
Rechazo (n ± 2) (dB) tip.	> 20			> 15		> 11		> 25	> 50	> 50
Rechazo (n ± 3) (dB) tip.	> 30					> 20		> 50	-	-
Figura de ruido (dB) tip.	< 9							< 9	< 11	< 11
Regulación ganancia (dB) tip.	> 30							> 20	> 30	> 30
Margen CAG (dB) tip.	-							30	-	-
Consumo a 24Vcc (mA)	80 ±5							90 ±5	90 ±5	90 ±5
Corriente máx. por entradas (24Vcc) (mA)	100							100	100	100

m)

La toma más desfavorable tiene una atenuación de 33,5 dB, incluida la atenuación que añade el mezclador-repartidor de ICT.

El cable de bajada de la antena al amplificador, de 12 m de longitud, añade una atenuación aproximada de 1,8 dB aproximadamente:

$$L_{CABLE} = 12 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ dB/m} = 1,8 \text{ dB}$$

Se evaluará la C/N para el peor canal, que es el canal 55, con un nivel de señal de entrada del amplificador de 62 dBµV. A la salida de la antena el nivel de señal para este canal es de 63,8 dBµV:

$$S_{iAMP} = S_i - L_{CABLE} \rightarrow S_i = S_{iAMP} + L_{CABLE} = 62 \text{ dBµV} + 1,8 \text{ dB} = 63,8 \text{ dBµV}$$

Para un canal digital se supone un nivel de ruido de 4 dBµV.

La C/N_i de entrada del sistema es:

$$C/N_i = S_i - N_i = 63,8 \text{ dBµV} - 4 \text{ dBµV} = 59,8 \text{ dB}$$

La C/N_o es:

$$C/N_o = C/N_i - F_{EQ}$$

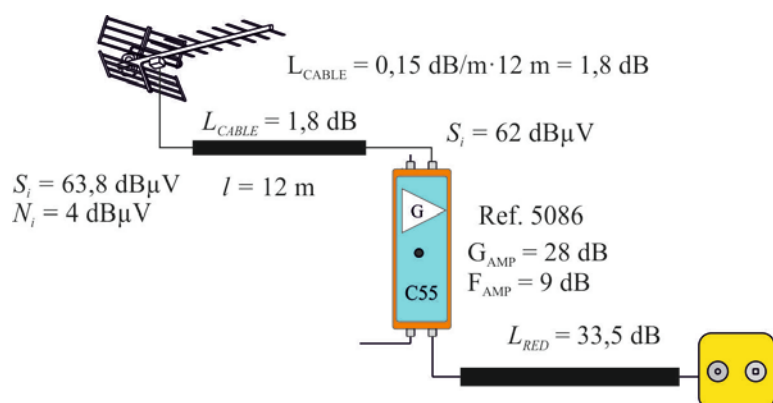
Aunque no se puede evaluar la F_{EQ} de la instalación a partir de la aproximación, ya que la atenuación de la red es mayor que la ganancia del amplificador, vamos a utilizar este valor para justificar que la C/N_o para este canal es suficientemente bueno:

$$F_{EQ} = L_{CABLE} + F_{AMP} = 1,8 \text{ dB} + 9 \text{ dB} = 10,8 \text{ dB}$$

$$C/N_o = C/N_i - F_{EQ} = 59,8 \text{ dB} - 10,8 \text{ dB} = 49 \text{ dB} \gg C/N_o \text{ NORMATIVA} = 25 \text{ dB}$$

Realmente C/N_o < 49 dB, pero tenemos un margen de error de 24 dB (49 dB – 25 dB) para cumplir la normativa.

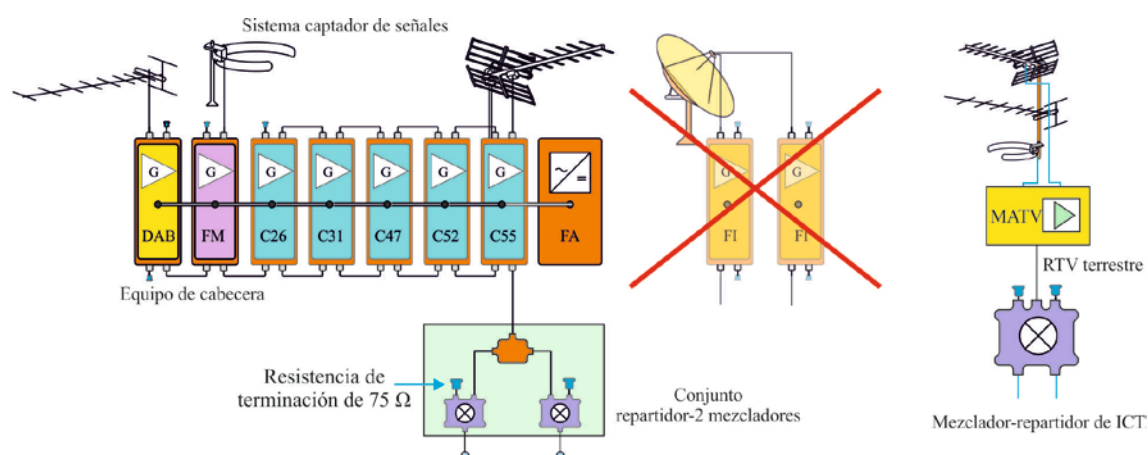
Paraninfo



n)

En el caso de no instalarse inicialmente los equipos de captación satélite, en el equipo de cabeza de la instalación se deben mantener los elementos que realizan la función de mezcla (conjunto repartidor- dos mezcladores, mezclador-repartidor específico de ICT, etc.) para facilitar la incorporación a la red de distribución de las señales procedentes de los conjuntos de elementos de captación y adaptación de señales de radiodifusión sonora y televisión por satélite. En todo caso, las entradas previstas para la incorporación de la señal de la TV satélite se cerraran con resistencias de terminación de 75Ω hasta que se incorpore de manera definitiva este servicio.

En la figura se muestra la solución propuesta.



4.3. Diseño de la instalación interior de usuario.

Orientaciones

El objetivo de esta actividad práctica es identificar las características que debe reunir la red interior de usuario de una instalación compatible con la ICT y seleccionar, a partir de catálogos comerciales, los elementos que forman esta red.

a)

A cada usuario final le llegan dos cables, con las señales procedentes de la cabecera de la instalación. Cada uno de los cables distribuye la señal de radio y TV terrestre y, además cada cable lleva la señal FI de un satélite diferente.

b)

Paraninfo

En el RTR se instala el punto de acceso al usuario (PAU). Este elemento puede estar constituido por un único dispositivo (PAU con repartidor incorporado) o por dos dispositivos (PAU y repartidor independiente).

c)

Para el caso de viviendas, la normativa de la ICT especifica que el número de tomas de usuario (BAT) será de una por cada estancia, excluidos baños y trasteros, con un mínimo de dos.

En la vivienda tipo 1, se instalaran como mínimo 6 BAT, mientras que en la vivienda tipo 2 se instalaran como mínimo 4 BAT.

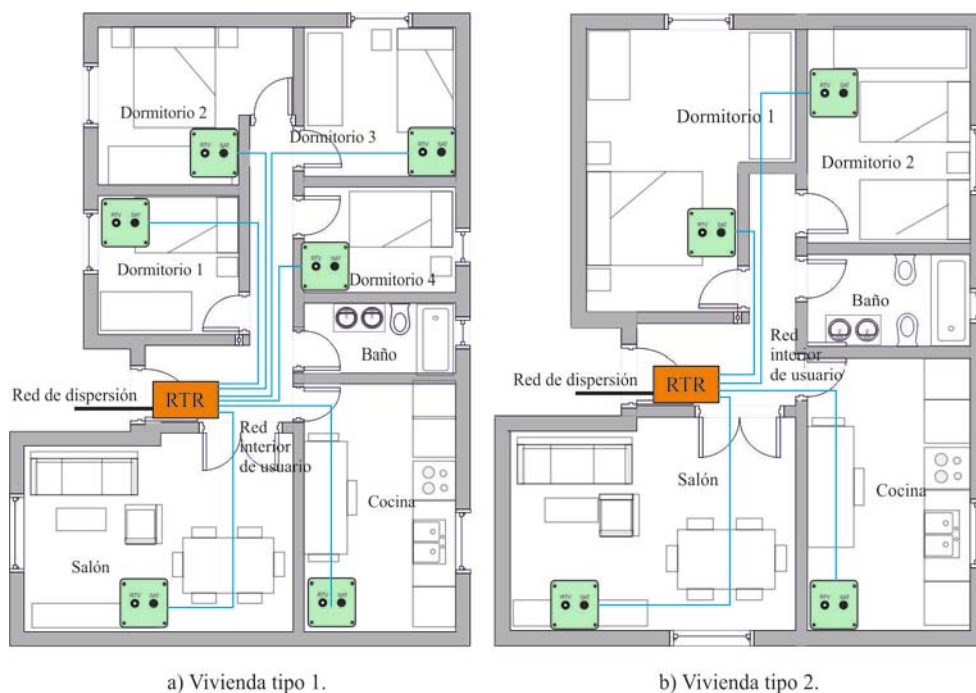
d)

La normativa de la ICT especifica un PAU para cada usuario final. En el caso de viviendas, el PAU se complementa con un elemento de distribución o reparto, alojado en su interior o en otro punto de la vivienda a criterio del proyectista, que disponga de un número de salidas que permita la conexión y servicio a todas las estancias de la vivienda, excluidos baños y trasteros. El nivel de señal en cada una de las salidas de dicho distribuidor deberá garantizar los niveles de calidad en toma establecidos en esta normativa.

En el caso de nuestra instalación, para la vivienda tipo 1 será necesario que el número de salidas del elemento repartidor del PAU sea de 6 y para la vivienda tipo 2 de 4.

e)

Es suficiente con ubicar una toma de usuario en cada estancia computable de la vivienda. La figura muestra una de las posibles soluciones.

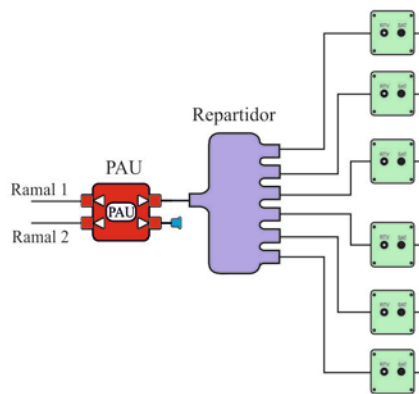


f)

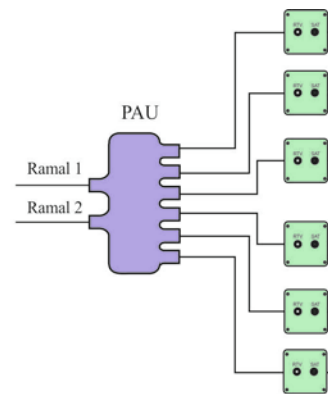
En las figuras siguientes se muestran dos propuestas de configuraciones de PAU diferentes que permiten distribuir la señal de la red de dispersión a las BAT de cada vivienda: la primera propuesta está formada por un PAU con repartidor incorporado y la segunda propuesta por dos dispositivos: PAU y repartidor independiente.

Paraninfo

Para la vivienda tipo 1:

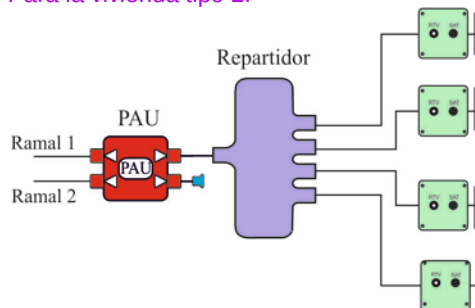


Esquema de instalación con PAU + Repartidor de 6 salidas.

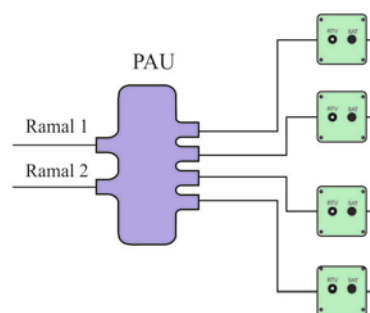


PAU con repartidor incorporado de 6 salidas.

Para la vivienda tipo 2:



Esquema de instalación con PAU + Repartidor de 4 salidas.



PAU con repartidor incorporado de 4 salidas.

g)

BAT

En las dos viviendas tipo, la BAT está formada por una toma de TV final. La referencia escogida es la 5229 de la marca Televis. Entre la principal característica es que permite el paso del margen de frecuencias especificado por la normativa (5-2.150 MHz) y tiene dos tomas de salida: una para TV/FM y otra para la señal FI satélite.

5...2150 MHz

REF.	DESCRIPCIÓN
5229	Toma terminal repartidora TV/FM-SAT
5228	Caja de paso repartidora TV/FM-SAT
5227	Caja de paso repartidora TV/FM-SAT
5236	Caja de paso repartidora TV/FM-SAT



▲ 5228

Ref ^a	Símbología	Banda	Atenuaciones (dB)							Paso de corriente DC (350 mA)	
			Retorno	FM	VHF	UHF	FI SAT	Pérdidas de inserción (dB)			
			MHz	5...65	87,5...108	125...470	470...862	950...2150	MATV		SAT
5229		TV/FM		4			5		-	SAT→ENT	
		SAT		4			5		-		
5228		TV/FM		8,5			9		3,5	5	ENT - SAL
		SAT		7,5			10				SAT→ENT
5227		TV/FM		13			13,5		1,2	2	ENT - SAL
		SAT		13			14				SAT→ENT
5236		TV/FM		20			24		0,6	1,2	ENT - SAL
		SAT		20			24				SAT→ENT

⊖ Conector hembra CEI ⊕ Conector macho CEI

PAU

En la configuración del PAU es necesario tener en cuenta el número de salidas del elemento repartidor. Se opta por utilizar un PAU con repartidor integrado de la marca Televés:

Referencia		5150	5151	5152	5153	7441	7406	5154	5160	5161									
Nº de salidas	nº	2	3	4	5	6	8	4	5	7									
Bandas de frecuencia		MATV FI SAT	MATV FI SAT	MATV FI SAT	MATV FI SAT	MATV FI SAT	MATV FI SAT	MATV FI SAT	MATV FI SAT	MATV FI SAT									
Pérdidas inserción Ent. →Sal.		4	5	7	9	7,5	10	10	12	12	16	13	18	7,5	9,5	10	12	12	14
Rechazo entre salidas		> 20					> 17		> 18		> 20								
Apantall.	dB	30-300 MHz						> 85											
		300-470 MHz						> 80											
		470-1000 MHz						> 75											
		1000-2000 MHz						> 55											
Corriente de paso Sal.-Ent. (máx.)	A	1																	
Dimensiones (Anc x Al x Pr)	mm	76x38x26			116x38x6			135x55x26			116x38x6			135x55x26					
Peso	gr	120			175			225			175			225					

Para la vivienda tipo 1. PAU con repartidor integrado de la marca Televés de referencia 7441 que incorpora 6 salidas.

Para la vivienda tipo 2. PAU con repartidor integrado de la marca Televés de referencia 5152 que incorpora 4 salidas.

Cable coaxial

El cable coaxial escogido es el modelo T-100 de referencia 2141 del fabricante Televés, que tiene como atenuaciones en la banda de UHF las siguientes:

- Atenuación del cable coaxial (500 MHz): 0,12 dB/m
- Atenuación del cable coaxial (800 MHz): 0,15 dB/m

Referencia			2141
Conductor interior - Composición malla			Cobre-Cobre
Modelo Televés			T-100
Conductor interior	Ø	mm	1.13
	Material		Cobre
	Resistencia	ohm/Km	20
Dieléctrico	Ø	mm	4.8
	Material		Polietileno expando
Lámina de apantallamiento	Material		Cobre + Poliester
Malla	Resistencia	ohm/Km	<20
	Material		Cobre
Lámina antimigratoria			Si
Gel de estanqueidad			No
Cubierta exterior	Ø	mm	6.6
	Color		Blanco
	Material		PVC
Radio de curvatura mínimo		mm	33
Apantallamiento		dB	>75
Capacidad		pF/m	55
Tipo de USO			Interior
Embalaje	metros/carrete	m	100
Atenuaciones			
Frecuencia	200	MHz	0.08
	500		0.12
	800		0.15
	1000		0.18
	1350		0.21
	1750		0.24
	2050		0.27
	2300		0.28

4.4. Análisis de una instalación.

Orientaciones

El objetivo de esta actividad práctica es identificar las características que reúnen los componentes de una instalación compatible con la ICT, así como justificar su correcto diseño a partir del análisis, cálculo y comprobación de los resultados con los niveles establecidos en la normativa.

La solución de esta actividad es libre, ya que dependerá de la selección de componentes realizada, aunque se pide utilizar componentes cuyas características están reflejadas en el libro.

a)

La instalación no es simétrica y, por lo tanto, habrá que calcular la atenuación de todas las BAT. Los cálculos en este caso se realizan a partir de la salida del mezclador, para dos frecuencias significativas de la banda de UHF. Las características del cable coaxial utilizado, de referencia CC1, son las siguientes:

- $L_{\text{CABLE}}(470 \text{ MHz}) = 13,8 \text{ dB}/100 \text{ m} = 0,138 \text{ dB}/\text{m}$
- $L_{\text{CABLE}}(862 \text{ MHz}) = 18,7 \text{ dB}/100 \text{ m} = 0,187 \text{ dB}/\text{m}$

470 MHz

La atenuación de la red para las tomas de usuario de la primera planta de la instalación (C y D) para la frecuencia de 470 MHz de la banda de UHF:

$$\begin{aligned}\text{Toma C} &= \text{cable} + \text{derivador} + \text{PAU} + \text{Toma} = 15 \cdot 0,138 + 16 + 7,5 + 4,5 = 30,07 \text{ dB} \\ \text{Toma D} &= \text{cable} + \text{derivador} + \text{PAU} + \text{Toma} = 30 \cdot 0,138 + 16 + 7,5 + 4,5 = 32,14 \text{ dB}\end{aligned}$$

La atenuación de la red para las tomas de usuario de la planta baja de la instalación (A y B) para la frecuencia de 470 MHz de banda de UHF:

$$\begin{aligned}\text{Toma A} &= \text{cable} + \text{derivador} + \text{PAU} + \text{Toma} = 18 \cdot 0,187 + 1,2 + 13 + 7,5 + 4,5 = 28,68 \text{ dB} \\ \text{Toma B} &= \text{cable} + \text{derivador} + \text{PAU} + \text{Toma} = 33 \cdot 0,187 + 1,2 + 13 + 7,5 + 4,5 = 30,75 \text{ dB}\end{aligned}$$

862 MHz

La atenuación de la red para las tomas de usuario de la primera planta de la instalación (C y D) para la frecuencia de 862 MHz de la banda de UHF:

$$\begin{aligned}\text{Toma C} &= \text{cable} + \text{derivador} + \text{PAU} + \text{Toma} = 15 \cdot 0,187 + 16 + 7,5 + 4,5 = 30,80 \text{ dB} \\ \text{Toma D} &= \text{cable} + \text{derivador} + \text{PAU} + \text{Toma} = 30 \cdot 0,187 + 16 + 7,5 + 4,5 = 33,61 \text{ dB}\end{aligned}$$

La atenuación de la red para las tomas de usuario de la planta baja de la instalación (A y B) para la frecuencia de 862 MHz de banda de UHF:

$$\begin{aligned}\text{Toma A} &= \text{cable} + \text{derivador} + \text{PAU} + \text{Toma} = 18 \cdot 0,187 + 1,2 + 13 + 7,5 + 4,5 = 29,57 \text{ dB} \\ \text{Toma B} &= \text{cable} + \text{derivador} + \text{PAU} + \text{Toma} = 33 \cdot 0,187 + 1,2 + 13 + 7,5 + 4,5 = 32,37 \text{ dB}\end{aligned}$$

b)

Toma más favorable: BAT A: 28,68 dB
Toma más desfavorable: BAT D: 33,61 dB

c) Justifica cual es el valor óptimo de ajuste del nivel de salida de los amplificadores.

Para el cálculo del valor óptimo de ajuste del nivel de salida de los amplificadores, debemos tener en cuenta la atenuación adicional del mezclador-repartidor de ICT, el cual tiene una pérdidas de inserción para la banda de UHF de 2 dB (BIV-BV).

Toma más favorable: BAT A: 28,68 dB
Toma más desfavorable: BAT D: 33,61 dB

Atenuación adicional mezclador repartidor de ICT: 2 dB

El nivel de señal en cada toma según la normativa es de 47-70 dB μ V (ICT 2011).

$$\begin{aligned}L_{\text{MÁXIMA RED}} + S_{\text{MÍNIMA TOMA}} &< S_{\text{OCABEZA}} < L_{\text{MÍNIMA RED}} + S_{\text{MÁXIMA TOMA}} \\ 33,61 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 47 \text{ dB}\mu\text{V} &< S_{\text{OCABEZA}} < 28,68 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 70 \text{ dB}\mu\text{V} \\ 82,61 \text{ dB}\mu\text{V} &< S_{\text{OCABEZA}} < 100,68 \text{ dB}\mu\text{V}\end{aligned}$$

Como criterio se ajustará la salida del amplificador al valor medio requerido:

$$S_{\text{OCABEZA}} = (82,61 \text{ dB}\mu\text{V} + 100,68 \text{ dB}\mu\text{V})/2 = 91,645 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Como redondeo, se ajusta el amplificador a 95 dB μ V.

Si los amplificadores monocanal del equipo de cabecera se ajustan para un nivel de salida de 95 dB μ V, el nivel de señal en la toma más favorable y en la menos favorable, podemos comprobar si los niveles de señal en las tomas están dentro de los establecidos por la normativa ICT.

Toma más favorable: Toma A: 28,68 dB

$$S_{TOMA\ MÁS\ FAVORABLE} = 95 - 2 - 28,68 = 64,32\text{ dB}\mu\text{V}$$

Toma más desfavorable: Toma D: 33,61 dB

$$S_{TOMA\ MÁS\ FAVORABLE} = 95 - 2 - 33,61 = 59,39\text{ dB}\mu\text{V}$$

El nivel de señal en las tomas de la instalación está comprendido entre estos dos valores:

$$58,5\text{ dB}\mu\text{V} < S_{TOMA} < 62,1\text{ dB}\mu\text{V}$$

Que está dentro de los márgenes establecidos por la normativa:

$$47\text{ dB}\mu\text{V} < S_{TOMA\ NORMATIVA} < 70\text{ dB}\mu\text{V}$$

4.5. Utilización de herramientas informáticas.

Orientaciones

El objetivo de esta actividad práctica es que el alumno se familiarice en el uso de herramientas informáticas para el análisis y diseño de instalaciones de recepción y distribución de la señal de TV. Aunque es necesario que el alumno entienda y sepa realizar el diseño manual de una instalación es innegable las ventajas que aporta la utilización de herramientas informáticas para el diseño y el análisis de las instalaciones de recepción y distribución de la señal de TV.

El profesor deberá optar por aquel programa que crea conveniente según la disponibilidad y características de su alumnado, aunque el autor recomienda utilizar alguna de las recomendadas en los enlaces web del libro.

La mayoría de programas incluyen versiones de evaluación que en ocasiones serán suficientes para que los alumnos adquieran los resultados de aprendizaje que se esperan de ellos al finalizar el módulo.

4.6. El protocolo de pruebas.

Orientaciones

El objetivo de esta actividad práctica realizar las medidas de calidad que requiere la normativa de la ICT y completar los apartados correspondientes a la captación y distribución de la señal de TV terrestre del protocolo de pruebas de una instalación.

Según el modelo propuesto de protocolo de pruebas para las instalaciones de ICT el apartado que debe cumplimentarse en esta actividad es el apartado 3 de dicho modelo: Captación y distribución de radiodifusión sonora y televisión digital terrestre.

A continuación se muestra el extracto del apartado 3 del protocolo de pruebas para una instalación de ICT.

3. CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.

3.1. Calidad de las señales de TDT que se reciben en el emplazamiento de la antena (caso peor).

☐ MER < 23 dB
☐ 23 dB ≤ MER < 25 dB
☐ 25 dB ≤ MER < 27 dB
☐ 27 dB ≤ MER

3.2. Elementos componentes de la instalación.

A. Antenas.

Antena	Marca	Modelo/Tipo

B. Mástil / Torre.

Tipo	Nº elementos	Longitud (m)

C. Amplificación.

Elementos	Marca	Modelo/Tipo
Equipo de cabecera		
Amplificador de extensión		

D. Tipo de mezcla.

- Elementos instalados :
- Elementos de mezcla integrados en amplificador de FI :

E. Distribución (Se especificará la ubicación en los casos en los que esta difiera de la contemplada en el Proyecto):

Elementos	Tipo	Marca	Modelo	Ubicación
Derivadores				
Distribuidores				
Cable coaxial				
Puntos de acceso al usuario				
Tomas				

F. Número de tomas:

- ☐ Existen todas las tomas indicadas en el Proyecto Técnico para cada vivienda, su ubicación se corresponde con lo indicado en el mismo, están correctamente conectadas y es correcta la continuidad desde el Registro de Toma.
- ☐ El número de tomas instaladas no coincide con lo indicado en el Proyecto Técnico (Describase la modificación).

3.3. Niveles de señales de R. F. en la instalación.

A. Señales de radiofrecuencia a la entrada y salida de los amplificadores, anotándose los niveles en dBµV de las señales en la frecuencia central para cada canal de televisión digital.

Tipo de señal	Banda/Canal	Frecuencia central del emisor (MHz)	NOMBRE EMISIÓN (Empresa)	Señales de R.F. en dBµV/75 Ω	
				A la entrada del amplificador	A la salida del amplificador
Televisión digital					
FM					
DAB					

B. Niveles de señal en toma de usuario en el mejor y peor caso de F.M. y T.V. de cada ramal según Proyecto Técnico.

- a. Banda TDT+FM+DAB. Niveles de las señales en dBµV de la frecuencia central de cada canal para televisión digital.

Tipo de señal	Canal	Frecuencia central de canal para televisión digital (MHz)	Nivel de señal de prueba en el mejor caso de cada ramal (dBµV/75 Ω)					Nivel de señal de prueba en el peor caso de cada ramal (dBµV/75 Ω)				
			Ramal					Ramal				
			1	2	3	4	...N	1	2	3	4	...N
Televisión digital		Fc.										
		Fc.										
		Fc.										
FM		Fc.										
DAB		Fc.										

- b. Banda 950 - 2150 MHz. (Solo cuando no existan sistemas de captación de señales de radiodifusión y televisión por satélite). Se determinará con ayuda de un simulador de FI u otro dispositivo equivalente, los niveles de señal en la mejor y peor toma de cada ramal para tres frecuencias significativas en la banda.

Frecuencia	Nivel de señal de salida del simulador de FI en cabecera (dBµV)	Nivel de señal de prueba en el mejor caso de cada ramal (dBµV/75 Ω)					Nivel de señal de prueba en el peor caso de cada ramal (dBµV/75 Ω)				
		Ramal					Ramal				
		1	2	3	4	...N	1	2	3	4	...N
1ª F.I.											
2ª F.I.											
3ª F.I.											

3.4. MER y BER para señales de TV Digital Terrestre.

Se medirá el MER y el BER, al menos, en los canales de televisión digital terrestre en el peor caso de cada ramal.

Frecuencia del canal	Ramal 1		Ramal 2		Ramal 3		Ramal 4		Ramal ...N	
	MER	BER	MER	BER	MER	BER	MER	BER	MER	BER

3.5. Continuidad y resistencia de la toma de tierra.

Parámetro	Valor
Continuidad:	Ω
Resistencia:	Ω
Sección del cable de toma de tierra:	mm ²
Conexión:	☐ a tierra general del edificio.
	☐ a tierra exclusiva,
	☐ otras circunstancias.

3.6. Respuesta en frecuencia.

La variación de la diferencia de nivel entre las frecuencias superior e inferior de cualquier canal, desde la entrada de los amplificadores hasta cualquier toma, no supera ± 5 dB cualesquiera que sean las condiciones de carga de la instalación. La diferencia entre niveles de canales de la misma naturaleza es igual o inferior a 3 dB.

4.7. Cálculo del momento flector de un mástil.

Orientaciones

El objetivo de esta actividad práctica es evaluar los requerimientos que necesitan los elementos de captación de la instalación para soportar los esfuerzos mecánicos a los que está sometido el mástil debido a los efectos del viento en el lugar de instalación e identificar las características de los componentes que permiten evaluarlo.

Es necesario utilizar el catálogo de un fabricante para realizar esta actividad con datos reales para que el alumno sea capaz de identificar los datos necesarios para realizar el diseño.

Como ejemplo se propone una solución a partir de los componentes del fabricante Televés seleccionados a continuación.

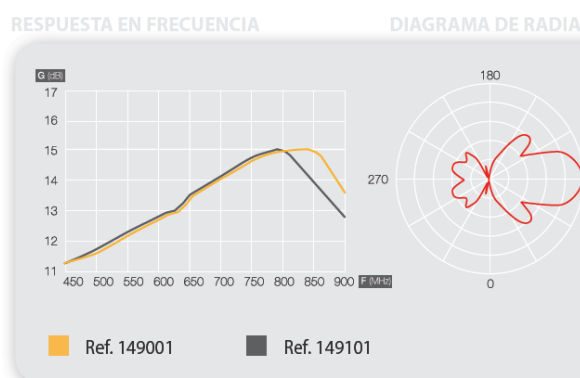
a)

Las características del mástil y de las antenas seleccionadas se muestran en las figuras siguientes.

Antena de UHF

Referencia		149001	149101
Canales		21-69	21-60
Ganancia	dB	15	
Relación delante/atras		23	
Longitud	mm	890	
Carga al viento	800 N/m ²	N	93
	1100 N/m ²		128
Condiciones del viento			
Altura de la antena	m	≤ 20	> 20
Presión	N/m ²	800	1100
Velocidad	Km/h	130	150

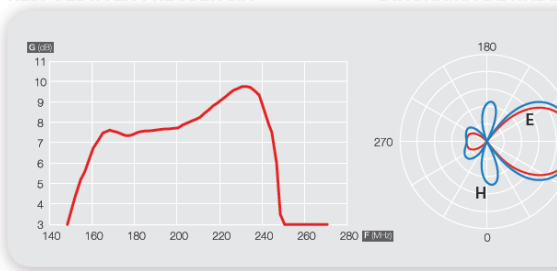
Antena DAB



Referencia			1065/01
Canales			5-12
Ganancia		dB	9,5
Relación delante/atras			20
Longitud		mm	1460
Carga al viento	800 N/m ²	N	71
	1100 N/m ²		97,7
Condiciones del viento			
Altura de la antena		m	≤ 20
Presión		N/m ²	800
Velocidad		Km/h	130

RESPUESTA EN FRECUENCIA

DIAGRAMA DE RADIA



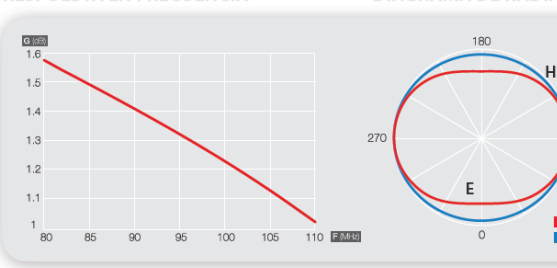
FM

Antena

Referencia		1201		
Banda de trabajo		FM		
Ganancia		dB	1	
Relación delante/atrás			0	
Longitud		mm	500	
Carga al viento	800 N/m ²	N	27	
	1100 N/m ²		37	
Condiciones del viento				
Altura de la antena		m	≤ 20	> 20
Presión		N/m ²	800	1100
Velocidad		Km/h	130	150

RESPUESTA EN FRECUENCIA

DIAGRAMA DE RADIA



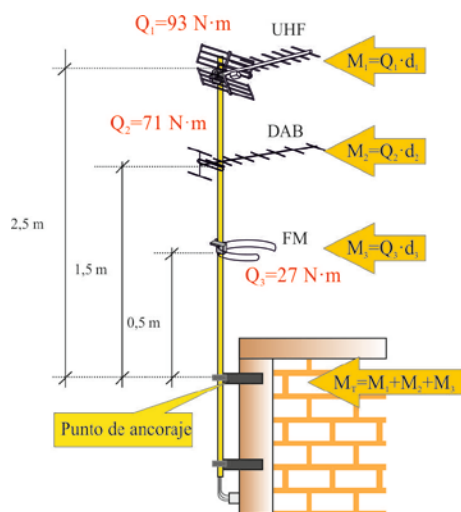
Mástiles

Referencias		3007	3008	3009	3010	3072	3042	3063	2407	3075 ⁽¹⁾
Longitud		2500			3000		2500	1500		3000
Diámetro	mm	30	35	40	45	40	35	30	35	45
Espesor		1	1,5	2	2	2	1	1	1,5	2
Momento flector ⁽¹⁾	Nxm	81	162	275	355	275	112	81	162	355

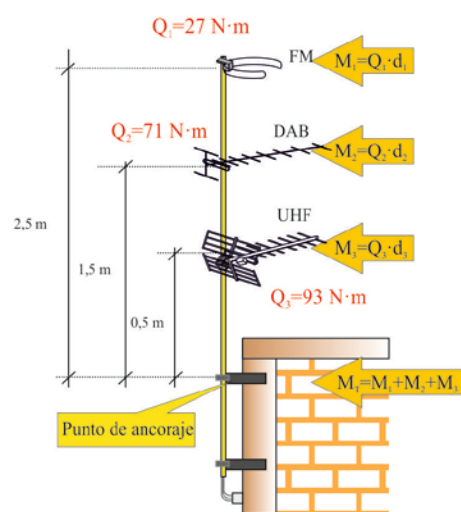
⁽¹⁾ Rojo

$$\text{Momento Flector} = \frac{\text{Momento Flector Limite Elástico}}{1,85}$$

Las propuestas de instalación son las que se muestran en la figura siguiente.



a) Situación 1.



b) Situación 2.

Situación 1

Las antenas de DAB, TDT y de FM se deben colocar sobre el mástil. La antena FM se sitúa a una distancia de 0,5 m respecto del punto de anclaje, la antena DAB a 1,5 m y la antena de TDT a una distancia de 2,5 m. Como la altura del edificio y la instalación de las antenas está a menos de 20 metros tenemos que considerar una carga del viento de $800 \text{ N} \cdot \text{m} / \text{m}^2$

El momento flector a que se somete el mástil (M) es:

$$Q_1 = 93 \text{ N (tabla de características de la antena)}$$

$$Q_2 = 71 \text{ N (tabla de características de la antena)}$$

$$Q_3 = 27 \text{ N (tabla de características de la antena)}$$

$$M = d_1 \times Q_1 + d_2 \times Q_2 + d_3 \times Q_3 = 2,5 \times 93 + 1,5 \times 71 + 0,5 \times 27 = 352,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El mástil de referencia 3010 soporta un momento flector de 355 N, cuyo momento flector es capaz de soportar la carga al viento de las antenas, pero con un margen de seguridad muy pequeño.

Situación 2

La antena FM se sitúa a una distancia de 2,5 m respecto del punto de anclaje, la antena DAB a 1,5 m y la antena de TDT a una distancia de 0,5 m. El momento flector a que se somete el mástil (M) es:

$$M = d_1 \times Q_1 + d_2 \times Q_2 + d_3 \times Q_3 = 2,5 \times 27 + 1,5 \times 71 + 0,5 \times 93 = 241,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El mástil de referencia 3010 soporta un momento flector de 355 N, cuyo momento flector es capaz de soportar la carga al viento de las antenas.

b)

Como el momento flexor del mástil escogido es mayor que el que soporta todo el conjunto no será necesario la utilización de tirantes y vientos.

En el caso de la situación 1, sería recomendable utilizar otro mástil, con mayor momento flector. Una alternativa es la utilización de tirantes para subir el punto de anclaje superior y conseguir de este modo que la distancia de cada antena al punto de anclaje sea más pequeña y, por lo tanto, disminuir el momento flector del conjunto.

En la situación 2, la solución propuesta es correcta, pero a costa de un detrimento de la calidad de la recepción.

Actividades de ampliación

4.1.

La normativa especifica diferentes parámetros de calidad que deben cumplirse en una instalación. Los básicos son el nivel de señal en la toma de usuario, la relación portadora/ruido y la relación de intermodulación.

Para los canales digitales, además se especifica la tasa de errores de bits (BER) permitida.

4.2.

Los niveles de calidad que se deben garantizar en la toma de usuario de una instalación de distribución de la señal de RTV terrestre, para cada uno de los servicios, son los siguientes:

a) TV terrestre analógica:

- Nivel de señal: 57-80 dB μ V
- Relación C/N: > 43 dB
- Relación de intermodulación: > 54 dB

b) TV terrestre digital:

- Nivel de señal: 47-70 dB μ V
- Relación C/N: > 25 dB
- Relación de intermodulación: > 30 dB
- BER: > 9 x 10⁻⁵
- MER: > 21 dB en toma

c) Radio FM:

- Nivel de señal: 40-70 dB μ V
- Relación C/N: > 38 dB

d) Radio DAB:

- Nivel de señal: 30-70 dB μ V
- Relación C/N: > 18 dB

4.3.

Las medidas más utilizadas para evaluar la calidad de una comunicación digital están basadas en la tasa de bits erróneos recibidos.

Los algoritmos correctores de errores utilizados en la transmisión se aplican en el receptor antes del decodificador MPEG-2. Dependiendo en qué punto de la cadena de recepción se realiza esta medida, se definen dos parámetros diferentes:

- BER (Bit Error Rate). Cuantifica el número de bits erróneos después de las dos protecciones contra errores (Viterbi y Reed-Solomon) si las hay.
- VBER. Mide tasa de errores después de Viterbi (si lo hay) y antes de Reed-Solomon.

El BER se especifica para las transmisiones terrestres y el VBER para las satélite.

4.4.

La distorsión de intermodulación de una instalación se debe a que el nivel de salida de los amplificadores es demasiado elevado.

Para solucionarlo es suficiente con disminuir el nivel de la señal a la salida a partir del atenuador de ganancia del amplificador, teniendo en cuenta que el nivel de señal en cada toma de usuario sea suficiente.

4.5.

Los preamplificadores se utilizan cuando es necesario realizar una amplificación previa a la realizada en el equipo de cabeza, debido a que el nivel de señal que se recibe de uno o varios canales es reducido.

La principal ventaja de los preamplificadores es su reducida figura de ruido (F), lo que permiten mantener una relación C/N adecuada. Su principal inconveniente es que se instalan en la intemperie, junto a la antena, por lo que están sometidos a las inclemencias atmosféricas, y con el tiempo pueden estropearse.

4.6.

En una instalación individual aislada, se pueden instalar las tomas de usuario que se quieran, sin limitación. Incluso se puede instalar solo una, independientemente de las estancias de la vivienda. Esto es debido a que no se rigen por la normativa de la ICT.

En una vivienda de un edificio que se rige por la ICT y en los conjuntos de viviendas unifamiliares, como mínimo, se debe instalar una toma de usuario por estancia computable.

4.7.

En la figura 4.65.a la interferencia es un espurio, es decir, una interferencia de frecuencia única (I). En este caso, la relación portadora/interferencia a frecuencia única (C/I) debe estar por encima de 10 dB para un canal de TV digital.

Como la directividad de la antena afecta por igual a las dos señales podemos obtener la relación entre el nivel de señal útil e interferente (C/I) a la salida de la antena a partir de su diagrama de radiación:

$$C = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - L_{\text{ANTENA}}(0^\circ) = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - 0 = 60 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$I = 50 \text{ dB}\mu\text{V} - L_{\text{ANTENA}}(20^\circ) = 50 \text{ dB}\mu\text{V} - 3 \text{ dB} = 47 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$C/I = C - I = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - 47 \text{ dB}\mu\text{V} = 13 \text{ dB} \geq C/I (\text{normativa}) = 10 \text{ dB}$$

En este caso la interferencia no afectará a la calidad de la imagen, por lo que no es necesario tomar ninguna medida.

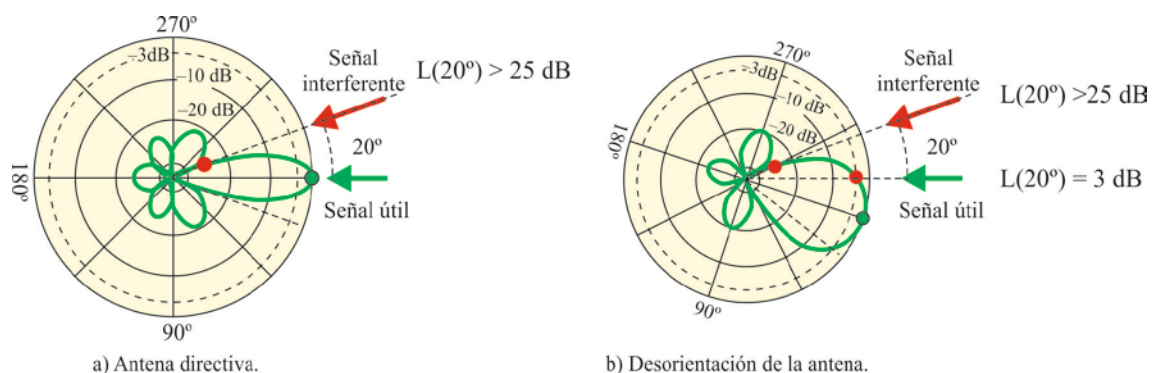
En la figura 4.65.b la interferencia se produce por un canal interferente de la misma frecuencia que el canal de interés, que proviene de una dirección diferente. En este caso, el problema puede tratarse como una intermodulación. El efecto de la interferencia es despreciable si la diferencia de la señal interferente respecto de la señal útil es superior a la relación de intermodulación (C/I) especificada por la normativa, la cual es de 30 dB para un canal de TV digital:

$$C = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - L_{\text{ANTENA}}(0^\circ) = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - 0 = 60 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$I = 50 \text{ dB}\mu\text{V} - L_{\text{ANTENA}}(20^\circ) = 50 \text{ dB}\mu\text{V} - 3 \text{ dB} = 47 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$C/I = C - I = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - 47 \text{ dB}\mu\text{V} = 13 \text{ dB} < C/I (\text{normativa}) = 30 \text{ dB}$$

En este caso la interferencia afectará a la calidad de la imagen, por lo que es necesario tomar una de las medidas que se muestran en la figura:



- a) Utilizar una antena más directiva:

$$C = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - L_{\text{ANTENA}}(0^\circ) = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - 0 = 60 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$I = 50 \text{ dB}\mu\text{V} - L_{\text{ANTENA}}(20^\circ) = 50 \text{ dB}\mu\text{V} - 25 \text{ dB} = 30 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$C/I = C - I = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - 30 \text{ dB}\mu\text{V} = 30 \text{ dB} \geq C/I (\text{normativa}) = 30 \text{ dB}$$

- b) Desorientar ligeramente la antena.

$$\begin{aligned}C &= 60 \text{ dB}\mu\text{V} - L_{\text{ANTENA}}(0^\circ) = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - 3 \text{ dB} = 57 \text{ dB}\mu\text{V} \\I &= 50 \text{ dB}\mu\text{V} - L_{\text{ANTENA}}(20^\circ) = 50 \text{ dB}\mu\text{V} - 25 \text{ dB} = 25 \text{ dB}\mu\text{V} \\C/I &= C - I = 57 \text{ dB}\mu\text{V} - 25 \text{ dB}\mu\text{V} = 32 \text{ dB} \geq C/I \text{ (normativa)} = 30 \text{ dB}\end{aligned}$$

4.8.

Los principales criterios de diseño de las partes que forman una instalación son:

- a) **Sistema captador.** La elección de la ganancia de la antena garantiza una C/N adecuada en las tomas de usuario. Su valor sólo será restrictivo en el caso de que el nivel de señal que se recibe en la instalación sea pequeño.
- b) **Equipo de cabeza.** Los amplificadores del equipo de cabeza deben suministrar el nivel de señal adecuado para compensar las pérdidas que introduce la red de distribución.
- c) **Red de distribución.** La elección de los dispositivos de la red de distribución debe garantizar el equilibrio de las pérdidas de toda la red, es decir, que la diferencia entre las pérdidas de la toma más desfavorable y las pérdidas de la toma más favorable sea lo menor posible.

4.9.

La carga al viento de las antenas utilizadas en la instalación es:

- Antena UHF: $Q = 150 \text{ N}$.
- Antena DAB: $Q = 90 \text{ N}$.
- Antena FM: $Q = 45 \text{ N}$.

Situación 1

De la ubicación de las antenas determinamos la distancia de cada antena al punto de sujeción del mástil:

$$\begin{aligned}Q_1 &= 150 \text{ N}; d_1 = 2,5 \text{ m.} \\Q_2 &= 90 \text{ N}; d_2 = 1,5 \text{ m.} \\Q_3 &= 45 \text{ N}; d_3 = 0,5 \text{ m.}\end{aligned}$$

El momento flector a que está sometido el mástil es de $532,5 \text{ N}\cdot\text{m}$:

$$M_T = Q_1 \cdot d_1 + Q_2 \cdot d_2 + Q_3 \cdot d_3 = 150 \cdot 2,5 + 90 \cdot 1,5 + 45 \cdot 0,5 = 532,5 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

Este momento flector no nos permite utilizar el mástil especificado, ya que solo soporta hasta $500 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Situación 2

En esta situación se intercambian la posición de la antena de FM y la antena de UHF, para disminuir la carga al viento que ofrece todo el conjunto. De la ubicación de las antenas determinamos la distancia de cada antena al punto de sujeción del mástil:

$$\begin{aligned}Q_1 &= 45 \text{ N}; d_1 = 2,5 \text{ m.} \\Q_2 &= 90 \text{ N}; d_2 = 1,5 \text{ m.} \\Q_3 &= 150 \text{ N}; d_3 = 0,5 \text{ m.}\end{aligned}$$

El momento flector a que está sometido el mástil es de $322,5 \text{ N}\cdot\text{m}$:

$$M_T = Q_1 \cdot d_1 + Q_2 \cdot d_2 + Q_3 \cdot d_3 = 45 \cdot 2,5 + 90 \cdot 1,5 + 150 \cdot 0,5 = 322,5 \text{ N}\cdot\text{m}.$$

Este momento flector sí que nos permite utilizar el mástil especificado, ya que soporta hasta $500 \text{ N}\cdot\text{m}$.

4.10.

El momento flector (M_T) a que se somete el mástil cuando se instalan las antenas depende de la carga al viento de cada una de las antenas instaladas y de la distancia a la que se colocan desde el punto de sujeción del mástil, según la siguiente expresión:

$$M_T = Q_1 \cdot d_1 + Q_2 \cdot d_2 + Q_3 \cdot d_3 + \dots$$

Por lo tanto, para reducir el momento flector a que se somete el mástil podemos:

- Escoger antenas con una carga al viento más pequeña (Q).
- Colocar las antenas lo más cerca posible del punto de sujeción del mástil.
- Colocar las antenas con mayor carga al viento cerca del punto de sujeción del mástil.

4.11.

Colocar una resistencia de terminación de 75Ω para evitar la desadaptación de impedancias de la línea de transmisión.

4.12.

Los derivadores se utilizan en cada planta de la instalación para distribuir la señal hacia las viviendas de esa planta.

Los repartidores se utilizan en edificios de varias escaleras para realizar diferentes ramificaciones de la red de distribución.

4.13.

La diferencia fundamental entre los dos tipos de amplificadores está en el número de canales que pueden amplificar.

Un amplificador de banda ancha sólo es adecuado cuando el nivel de señal de entrada está ecualizado y el número de canales a amplificar no es elevado, ya que el nivel de señal que pueden suministrar es menor que los amplificadores monocanal.

Por las ventajas que presentan y la posibilidad de ecualizar el nivel de señal de entrada, los amplificadores monocanales siempre son adecuados.

Por ello, la normativa de ICT limita la utilización de los amplificadores de banda ancha: con carácter general, queda limitado el uso de cualquier tipo de central amplificadora o amplificador de banda ancha a las edificaciones en las que el número de tomas servidas desde la cabecera sea inferior a 30. Se permitirá el uso de este tipo de equipos en edificaciones con un mayor número de tomas, siempre que los equipos sean capaces de garantizar que, entre canales de la misma banda, la diferencia de nivel a la salida de la cabecera será inferior a 3 dB (en los canales de la misma naturaleza). En el caso de que, por las características de la red, fuera necesaria una ecualización, la tolerancia de 3 dB se aplicará sobre la misma (sólo para servicios de TV).

4.14.

En función del ancho de banda y de la selectividad se pueden clasificar diferentes tipos de amplificadores:

- **Amplificadores multicanal.** Pueden amplificar de manera simultánea 2, 3 o 4 canales contiguos. Se debe utilizar cuando existen canales adyacentes cuyo nivel de entrada este ecualizado.
- **Amplificadores monocanal.** Permiten amplificar un único canal. Existen de dos tipos:
 - Convencional: Amplificador monocanal poco selectivo. Se debe utilizar cuando no existen canales adyacentes al canal de interés.

Paraninfo

- Selectivo: Amplificador monocal con respuesta en frecuencia más selectiva que los convencionales, de manera que este tipo de amplificador es adecuado en presencia de canales adyacentes.

4.15.

En el sistema monocal especificado el nivel de señal de salida se ajusta a 100 dBμV. El nivel de señal de entrada de cada canal es el siguiente:

- $S_i(23) = 69 \text{ dB}\mu\text{V}$
- $S_i(35) = 72 \text{ dB}\mu\text{V}$
- $S_i(44) = 67 \text{ dB}\mu\text{V}$
- $S_i(51) = 65 \text{ dB}\mu\text{V}$
- $S_i(58) = 72 \text{ dB}\mu\text{V}$

Como cada uno de los canales de entrada tiene un nivel de señal diferente será necesario ecualizar cada uno de ellos modificando la ganancia del amplificador:

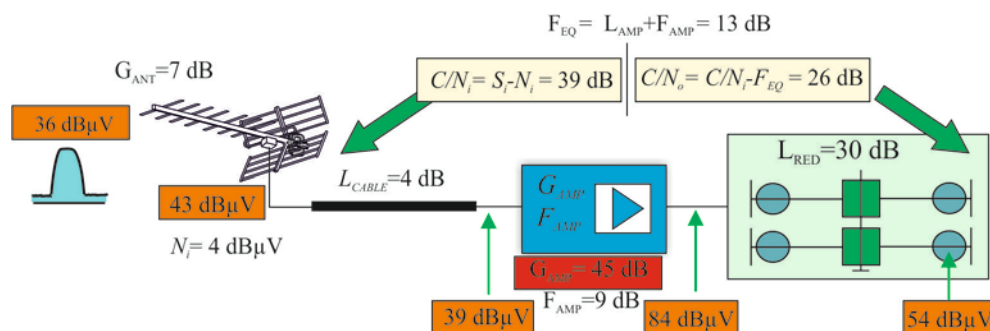
- $G_{23} = S_o - S_i(23) = 100 \text{ dB}\mu\text{V} - 69 \text{ dB}\mu\text{V} = 31 \text{ dB}$
- $G_{35} = S_o - S_i(35) = 100 \text{ dB}\mu\text{V} - 72 \text{ dB}\mu\text{V} = 28 \text{ dB}$
- $G_{44} = S_o - S_i(44) = 100 \text{ dB}\mu\text{V} - 67 \text{ dB}\mu\text{V} = 33 \text{ dB}$
- $G_{51} = S_o - S_i(51) = 100 \text{ dB}\mu\text{V} - 65 \text{ dB}\mu\text{V} = 35 \text{ dB}$
- $G_{58} = S_o - S_i(58) = 100 \text{ dB}\mu\text{V} - 72 \text{ dB}\mu\text{V} = 28 \text{ dB}$

4.16.

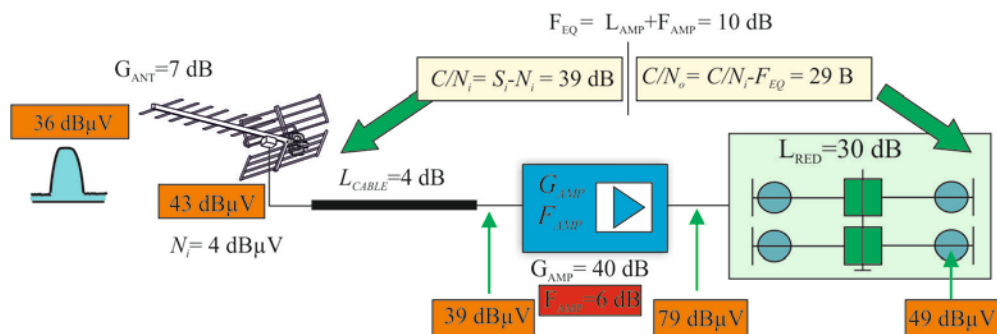
La normativa especifica en la toma de usuario para un canal de TV digital terrestre (TV-COFDM) un nivel de señal mínimo de 47 dBμV y una C/N superior a 25 dB. Aunque la instalación cumple con los requisitos, el margen de seguridad es muy reducido, de manera que cualquier disminución del nivel de señal en los canales puede provocar una mala sintonización de los canales.

Algunas de las soluciones que pueden mejorar la calidad de la señal recibida son las siguientes:

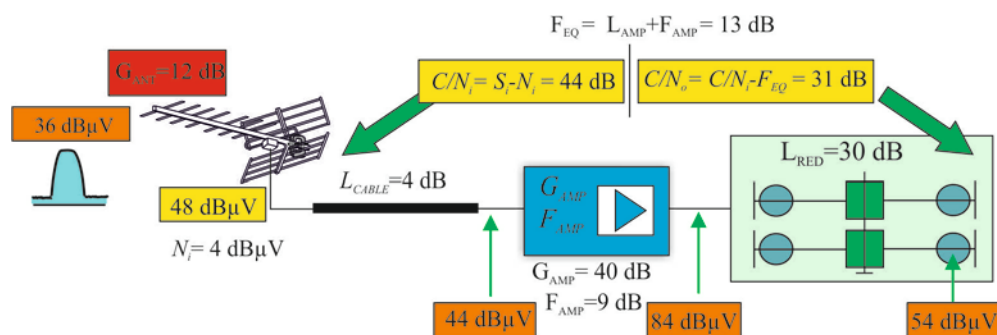
- a) **Aumentar la ganancia de los amplificadores.** Esta solución aumenta el nivel de señal de la toma de usuario, manteniendo la C/N_o . En la figura siguiente se muestra cómo aumentando en 5 dB la ganancia del amplificador el nivel de señal en la toma de usuario aumenta también 5 dB.



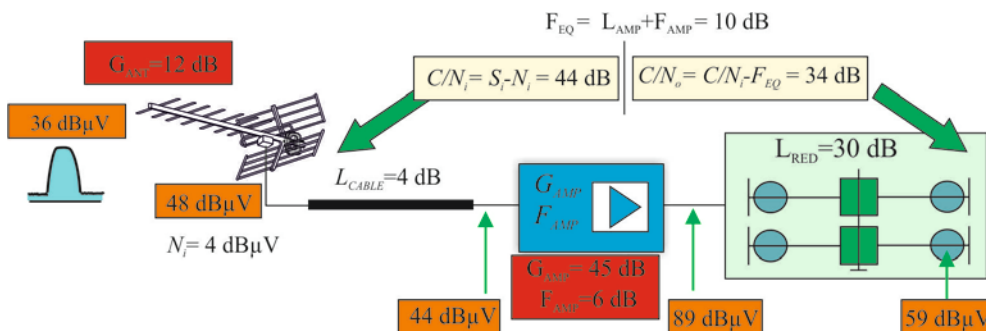
- b) **Escoger un amplificador con menor figura de ruido.** Esta solución mejora en unos dB la C/N_o y si se aumenta su ganancia al mismo tiempo aumentaremos el nivel de señal de la toma de usuario. En la figura siguiente se muestra cómo afecta la figura de ruido del amplificador en el sistema: escogiendo un amplificador con una figura de ruido 3 dB más pequeña, el nivel de señal se mantiene, pero la C/N_o aumenta 3 dB.



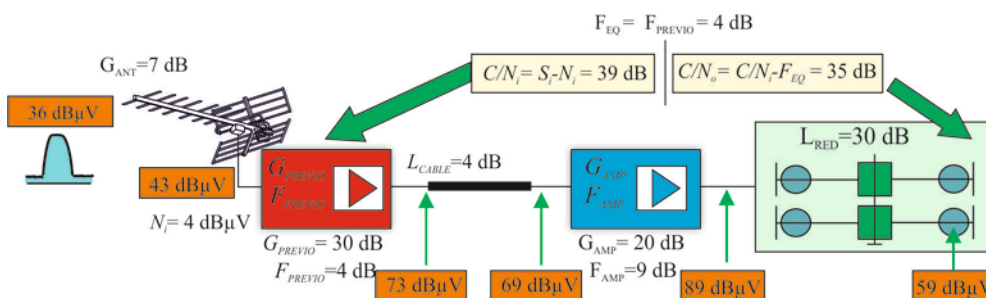
- c) **Aumentar la ganancia de la antena.** Al aumentar la ganancia de la antena, aumenta el nivel de señal de entrada del sistema y al mismo tiempo se mejora la C/N_o . En la figura siguiente se muestra como aumentando en 5 dB la ganancia de la antena, aumenta el nivel de señal de la toma de usuario y la C/N_o mejora en 5 dB.



- d) **Combinación de diferentes medidas.** La combinación de las medidas anteriores provocará una mejora cualitativa en toda la instalación:



- e) **Utilizar un preamplificador de antena.** Dado el escaso nivel de la señal de TV del canal recibido, la mejor solución es utilizar un preamplificador. En la figura se propone una solución.



Paraninfo

4.17.

La principal función de la red de TV de una ICT es distribuir la señal que procede del equipo de cabeza hasta las tomas de usuario (BAT) de los usuarios.

4.18.

Una instalación de captación y distribución de la señal de TV de una ICT no difiere significativamente de una instalación convencional y está formada por las siguientes partes:

- Sistema de captación
- Equipo de cabeza o sistema de tratamiento de la señal.
- Red.

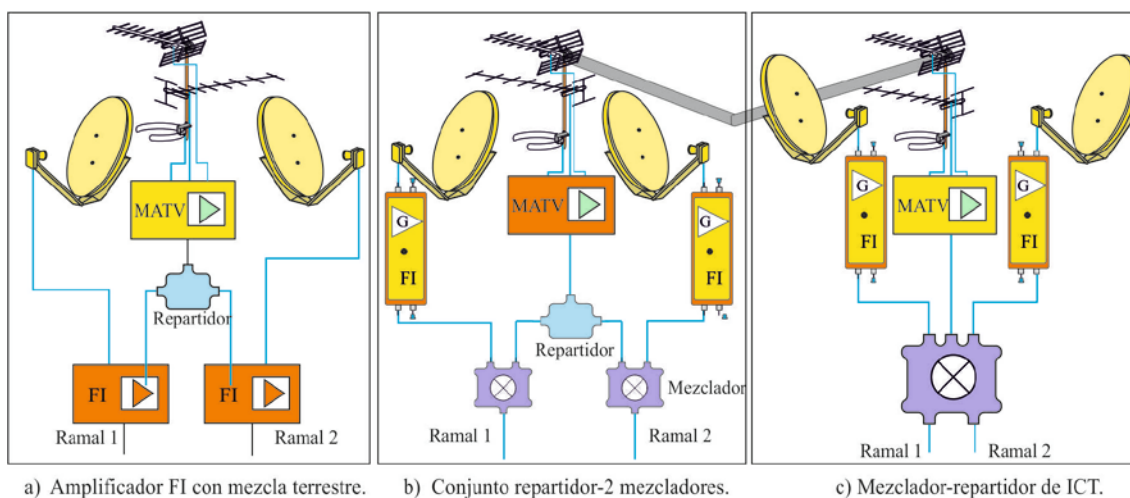
4.19.

El punto de acceso al usuario (PAU) es el elemento en el que comienza la red interior del domicilio del usuario y permite elegir en la toma de usuario la señal procedente de cada cable de bajada de la red de dispersión.

También es el punto que permite la delimitación de responsabilidades en cuanto al origen, localización y reparación de averías entre la comunidad de vecinos y el usuario final.

4.20.

La figura siguiente muestra el esquema de tres equipos de cabeza que permitan distribuir la señal de TV terrestre y la señal satélite por dos ramales, tal y como establece la normativa ICT.



4.21.

Como en una instalación de ICT se distribuyen dos ramales por el que se distribuye la señal de TV terrestre y satélite es necesario utilizar dos derivadores en cada una de las plantas de la vivienda. El número de salidas dependerá del número de usuarios de cada planta, de manera que será necesaria una salida por usuario.

4.22.

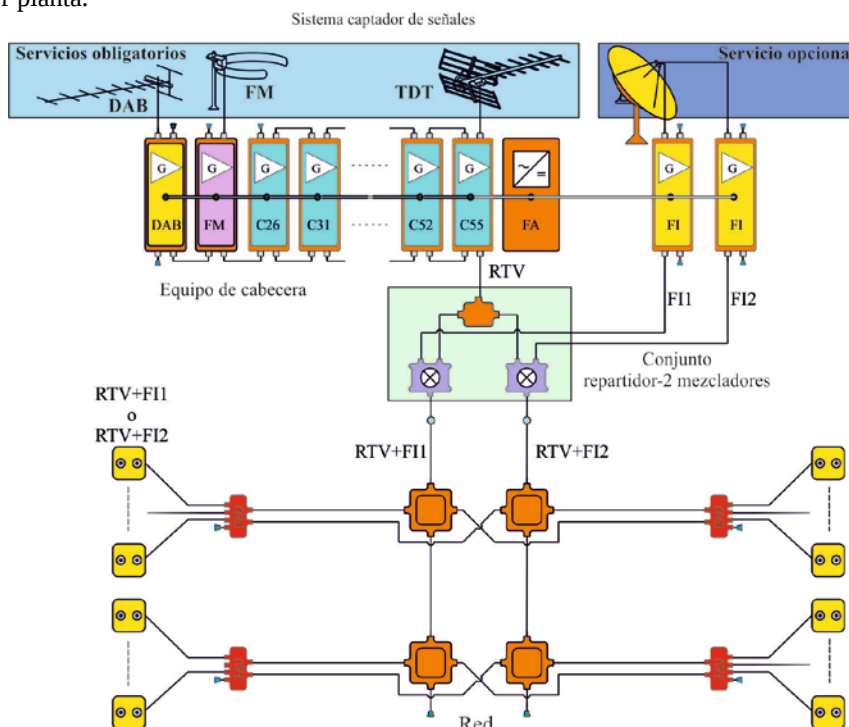
a) Se deben instalar siempre un PAU por vivienda.

b) En número de tomas a instalar será siempre de una por estancia que tenga la vivienda, excluidos baños y trasteros.

4.23.

a)

La figura siguiente muestra un esquema tipo de una instalación que da servicio a dos plantas con dos viviendas por planta.



b)

Los servicios de radio y televisión terrestre se deben distribuir de manera obligatoria: FM, DAB y TDT. La distribución de la señal de TV satélite es opcional.

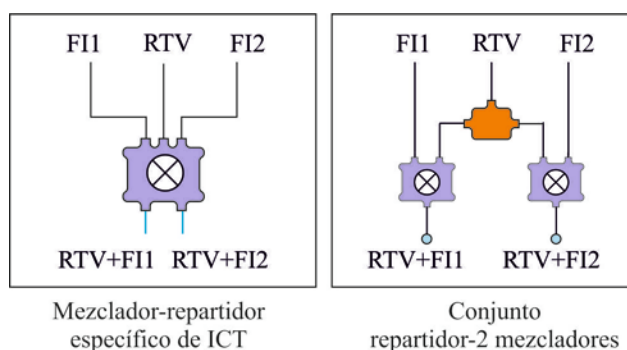
c)

La red de distribución y de dispersión está formada por dos cables (ramales) donde en cada uno de ellos se distribuye la señal de radio y TV terrestre. En el ancho de banda disponible de cada cable (ramal) se distribuye alternativamente la señal de dos satélites diferentes (satélites, polaridades o bandas).

d)

A pesar que la distribución de la señal de TV satélite es opcional, la red debe estar preparada para distribuir la señal de dos satélites diferentes. La función que realizan los elementos combinadores que se instalan en el equipo de cabeza es la de realizar la función de mezcla de la señal de TV terrestre con la señal procedente de los satélites.

Existen diferentes maneras de realizar esta función. Por ejemplo, en la figura siguiente se muestran dos opciones diferentes:



e)

La red de una instalación ICT se divide en tres tramos: red de distribución, red de dispersión y red interior de usuario.

f)

El PAU permite la selección de uno de los dos cables de la red de dispersión, los cuales distribuyen cada uno una señal de TV satélite diferente. La señal del cable seleccionado por el PAU se distribuye a todas las viviendas de la instalación.

g)

La red interior de usuario de una ICT se distribuye en estrella, por lo que todas las tomas de usuario serán finales.

4.24.

Los siguientes parámetros se utilizan en la medida de la calidad de la señal distribuida por una instalación:

- a) Nivel de señal. Valor de la potencia de la señal útil. Para las modulaciones digitales los niveles se refieren al valor de la potencia en todo el ancho de banda del canal.
- b) Relación portadora-ruido. Relación entre la potencia de la señal útil recibida sin demodular (S) y la potencia de ruido (N).
- c) Relación de intermodulación. Relación entre el nivel de señal útil y las señales no deseadas por el batido de otras señales de diferente frecuencia que se produce generalmente cuando se amplifican señales en un amplificador.
- d) Parámetros globales de la instalación (BER, MER...). La medida de la calidad de la señal digital se basa fundamentalmente en la tasa de errores de bit (BER) de la señal recibida.

El criterio de diseño que se debe utilizar para garantizar el nivel adecuado de cada parámetro es:

- a) Nivel de señal. Elección de un amplificador cuyo nivel de señal que debe suministrar el amplificador para compensar las pérdidas de la red de distribución ($S_{o\text{ AMPLIFICADOR}}$).
- b) Relación portadora-ruido. Elección de la ganancia de la antena que garantice una calidad de la señal adecuada (C/N).
- c) Relación de intermodulación. No superar el nivel de salida máximo especificado por el amplificador del equipo de cabeza.
- d) Parámetros globales de la instalación (BER, MER...). En condiciones normales, utilizando los elementos de calidad adecuada según los requisitos de la normativa, los parámetros globales de calidad de

Paraninfo

la instalación (BER, VBER y MER) deben ser los adecuados. Un defecto en la instalación (cables demasiado doblados, malas conexiones, etc.) o la presencia de interferencias externas puede provocar la disminución de la calidad de estos parámetros.