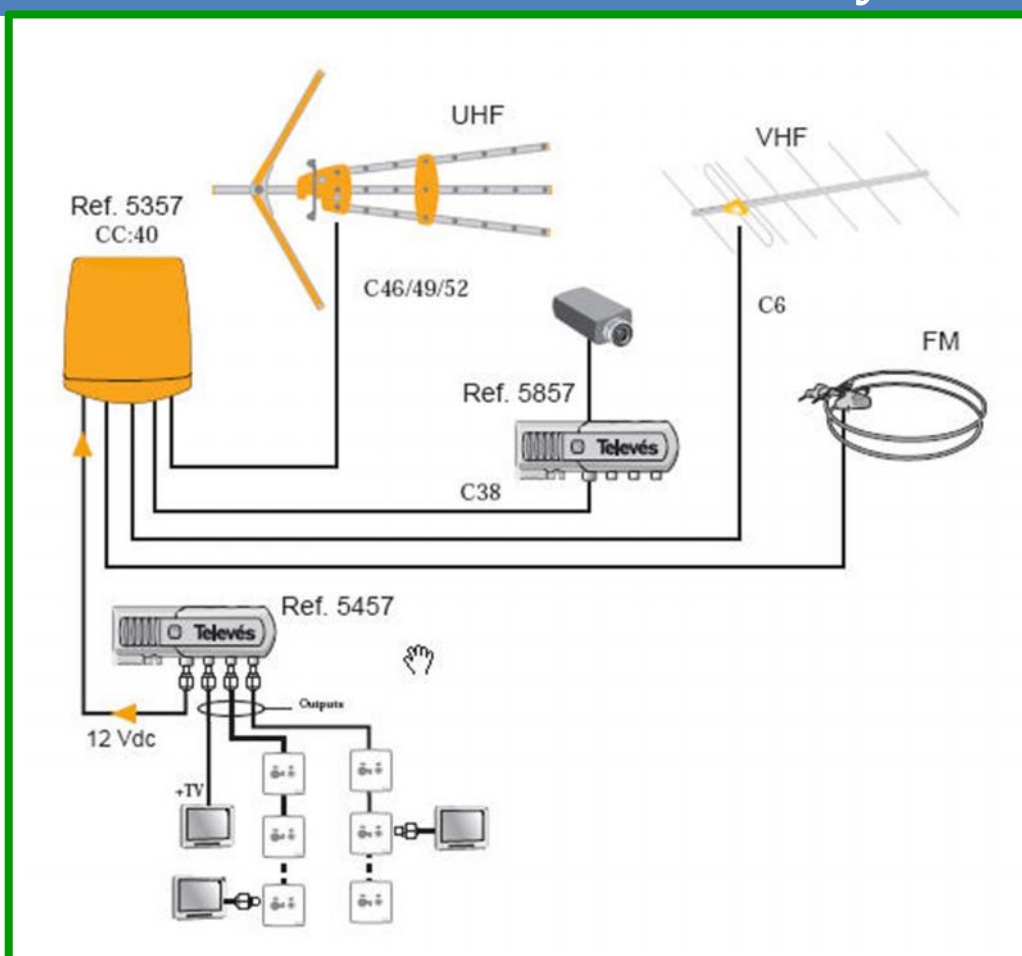


A5.3.

Configuración y cálculo de la red de distribución en instalaciones de radio y TV



UD5

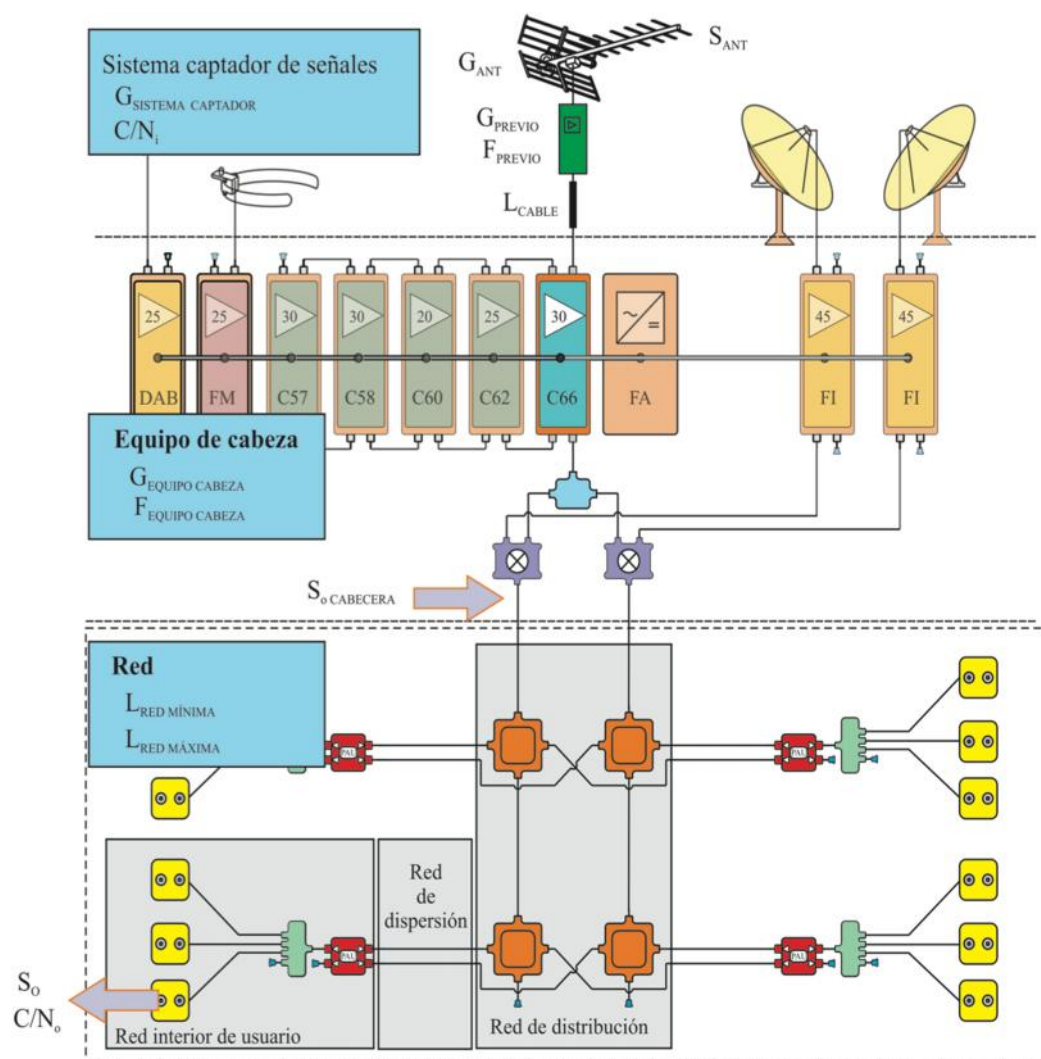
Sistemas de distribución

Introducción

El dimensionado de una instalación tiene como objetivo escoger los diferentes elementos que forman la instalación para cumplir las características de calidad que establece la normativa.

Para el dimensionado de una instalación, como norma general se deben seguir los siguientes tres grandes pasos:

- Cálculo de las pérdidas de la red de distribución (L_{MAX} y L_{MIN})
- Elección del equipo de cabeza: nivel de señal que debe suministrar el amplificador para compensar las pérdidas de la red de distribución ($S_{O\text{ CABECERA}}$)
- Diseño del equipo captador de señales: elección de la ganancia de la antena que garantice una calidad de la señal adecuada (C/N)



Red de distribución

El análisis de una instalación siempre empieza con el cálculo de las pérdidas de la red. En el caso de una ICT, aunque la configuración de la red de distribución es con dos ramales, solo es necesario el análisis de uno de los cables de bajada, ya que la instalación es simétrica.

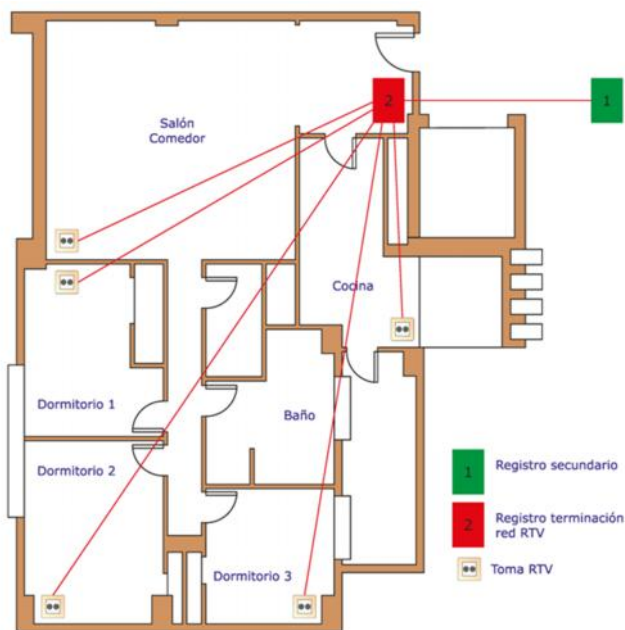
Las pérdidas en la red deberán hacerse para todas las bandas, ya que la atenuación del cable y de otros componentes difiere según la frecuencia.

La principal causa de desequilibrio entre las atenuaciones de la red son debidas a la atenuación que introduce el cable coaxial, que será mayor cuanto más alejadas estén las tomas del equipo de cabeza.

También los distintos componentes que se encuentran en la red introducen atenuaciones, por eso los fabricantes comercializan elementos, en concreto derivadores con diferentes atenuaciones de derivación, de manera que la correcta elección permite el equilibrio de las atenuaciones en todas las tomas. Así se elegirá derivadores de gran atenuación para las plantas superiores, ya que llega demasiada señal, mientras que en las plantas inferiores se colocan derivadores con poca atenuación, ya que la señal que les llega es mínima.

La configuración de la red interior de usuario se realizará en estrella a partir de un PAU-repartidor para distribuir la señal a cada toma. Las tomas serán finales. La distribución de los PAU y de las tomas será la siguiente:

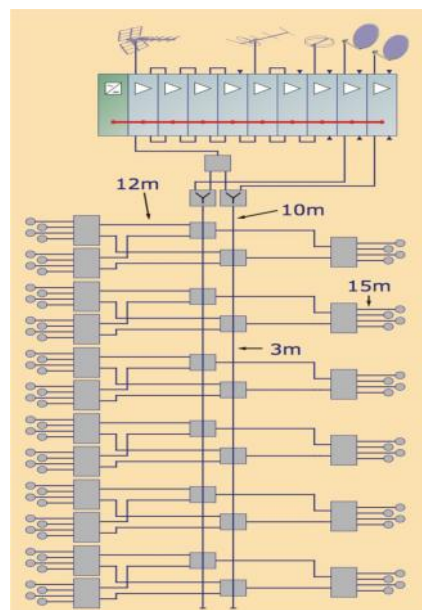
Tipo de usuario		Número de BAT y PAU
Viviendas		1 toma por estancia, excluidos baños y trasteros con un mínimo de 2
Locales comerciales y oficinas en edificios de viviendas	Distribución definida	PAU capaz de alimentar un número de tomas fijado en función de la superficie o división del local.
	Distribución no definida	Distribuidor en el registro secundario para dar servicio a un número de PAU como mínimo igual al de la planta tipo con mayor número de viviendas del edificio.
Edificios de locales comerciales y oficinas	Distribución definida	PAU capaz de alimentar un número de tomas fijado en función de la superficie o división del local u oficina.
	Distribución no definida	Distribuidor en el registro secundario para dar servicio a un número de como mínimo 1 PAU cada 100 m ² o fracción de cada planta.
Estancias o instalaciones comunes de la edificación		1 por cada estancia común, excepto que no requiera servicios de TV por no haber permanencia habitual de personas.



A5.4. Configuración y cálculo de la red de distribución en instalaciones de radio y TV

Para el proceso del cálculo de las pérdidas en un edificio de viviendas se puede seguir los siguientes pasos:

- Se hace un pequeño esquema de la instalación con todos los elementos relevantes para el cálculo: mezclador, derivadores, PAU –repartidores. Teniendo en cuenta que:
 - Se asignarán una toma por estancia en las viviendas (excluyendo baños, trasteros) y como mínimo dos tomas.
 - Los derivadores se asignarán según el número de planta y su número de salidas dependerá de las viviendas que haya en cada planta.
- Se consulta en un catálogo las pérdidas de los elementos de la instalación: mezcladores, repartidores, derivadores, PAU, tomas, etc.



Referencia			5130
Nº de direcciones			2
Tipo			TA
Planta			1
Pérdidas de inserción	MATV	dB	2,5
	FI		2,6
Pérdidas de derivación	MATV		12
	FI		12
Rechazo salida-derivación	MATV		>32
	FI		>25
Rechazo entre derivaciones	MATV / FI		>30
Corriente máxima de paso		A	1
Dimensiones		mm	76 x 40 x 25

- Identificar la toma de mayor pérdida de la instalación. Para ello, se ha de tener en cuenta que:
 - Generalmente, la planta en que esté situada será la más alejada de la cabecera, donde hay cambio de referencia en el derivador empleado.
 - Dentro de la planta, donde la distribución desde el PAU es en estrella, la toma más perjudicada será la más lejana (mayor longitud de cable entre PAU y toma)
- Identificar la toma de menor pérdida de la instalación. Se ha de tener en cuenta que:

La planta en que está situado será la más cercana a la cabecera, siempre y cuando el reparto interior sea igual en todas las viviendas. Puede darse el caso de plantas superiores donde las viviendas tengan más estancias (habilitación de bajo cubierta, dúplex, etc.) en este caso la toma menos perjudicada probablemente esté en una planta inferior.
- Las pérdidas hay que considerarlas para todas las bandas de MATV (banda IV y V) y para las dos frecuencias de FI (950 MHz y 2150 MHz) en el caso de que se prevea la instalación de antenas satélites.

Por tanto las pérdidas a tener en cuenta serán:

LC	Pérdidas del cable	LdD	Pérdidas de derivación del derivador
LpM	Pérdidas de paso del mezclador	LpR	Pérdidas de paso del repartidor (PAU)
LpD	Pérdidas de paso del derivador	LpT	Pérdidas de paso de la toma

Figura de ruido de la instalación

La portadora/ruido (C/N) de la instalación se calculará para la toma más desfavorable (la que tiene más pérdidas) de esta forma en las demás tomas se asegura que habrá una C/N superior. El reglamento de ICT marca una C/N en toma para TV digital terrestre mayor o igual a 25 dB.

La figura de ruido de la instalación se calcula con la siguiente expresión:

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

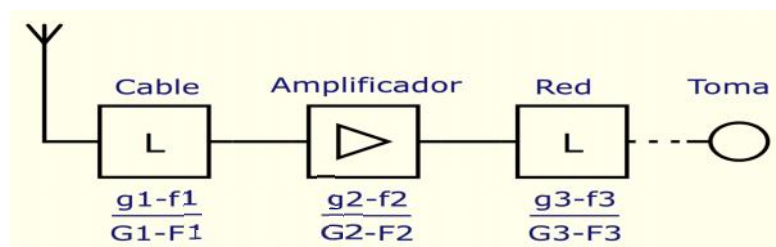
Donde:

S_i es el nivel de señal a la salida de la antena

N_i es el nivel de ruido a la salida de antena (4 dBμV)

F_{EQ} es la figura equivalente de ruido de toda la instalación.

El cálculo de la figura equivalente de ruido de la instalación realiza mediante la fórmula de Friis, simplificando en tres bloques la instalación con sus ganancias G y sus figuras de ruidos F:



$$f_t = f_1 + \frac{f_2 - 1}{g_1} + \frac{f_3 - 1}{g_1 * g_2}$$

Donde: f_1, f_2, f_3 , es el factor ruido de cada etapa expresada en unidades y g_1, g_2, g_3 es la ganancia en unidades de cada etapa.

Para pasar la figura de ruido (F) expresada en dB al factor de ruido (f) expresado en unidades se utiliza la expresión:

$$F \text{ (dB)} = 10 \log f \text{ (und)}$$

Para pasar la ganancia (G) expresada en dB a la ganancia (g) expresada en unidades se utiliza la misma expresión:

$$G \text{ (dB)} = 10 \log g \text{ (und)}$$

En el caso del cable su atenuación es una ganancia en negativo por lo tanto para la ganancia y el factor de ruido se hará:

$$G \text{ (dB)} = -L \text{ (dB)} \quad \text{y} \quad f \text{ (und)} = 1/g \text{ (und)}$$

El caso particular de que $G_{ANT} \geq L_{CABLE}$, F_{EQ} se puede aproximar por:

$$F_{EQ} = L_{CABLE} + F_{AMP}$$

Donde L_{CABLE} es la atenuación que introduce el cable de conexión de la antena al amplificador y que dependerá de la frecuencia, por ello siempre se realizará el cálculo para el caso más desfavorable.

Ejemplo de instalación ICT

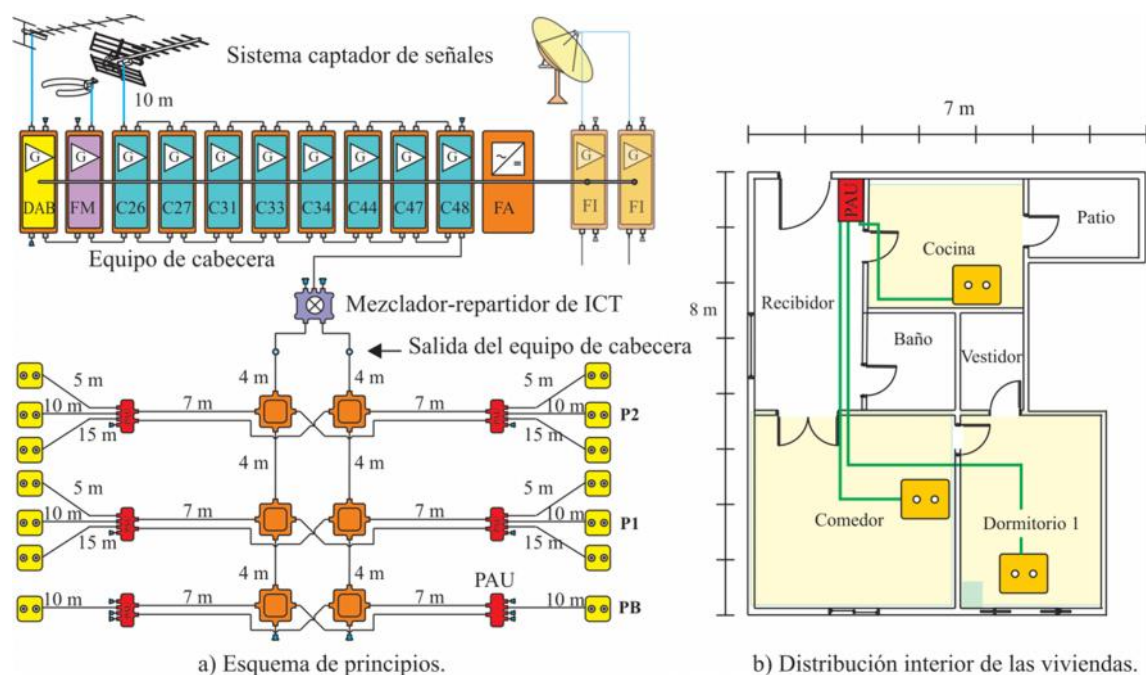
En este ejemplo se propone una instalación compatible con la ICT, en la que se detallan los elementos que la forman y se analizan las características de la instalación comparándolas con los niveles de calidad establecidos en la normativa.

Características del edificio y la instalación

Se desea realizar una instalación en un edificio de nueva construcción de tres plantas (PB + 2) con dos viviendas por planta. La distribución interior de las viviendas dada según el esquema. La planta baja del edificio se destina a dos locales comerciales de 70 m². No existen estancias comunes en el edificio que requieran el servicio de TV.

De inicio no se prevé la instalación del sistema de captación satélite, aunque se acondiciona un espacio para una instalación futura. En el equipo de cabeza se incluye un repartidor-mezclador de ICT que permitirá en un futuro la mezcla de la señal FI de satélite con la señal de TV terrestre presente en cada uno de los ramales que forman la red de distribución.

En cada una de las viviendas y locales comerciales debe instalarse un PAU. Las viviendas según su distribución tendrán tres tomas a una distancia del PAU de 5 m, 10 m y 15 m. En el local comercial, en función de su superficie y ya que se desconoce su utilización, se instalará una única toma, a una distancia de 10 m del PAU.

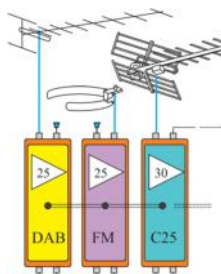


Los niveles de señal que se reciben en el lugar de recepción, medidos con una antena patrón de ganancia 0 dB son:

Multiplex	Canal	Banda	Margen de frecuencias	Frecuencia central	Señal (dBμV)
FM	BII		87,5-108	---	55
DAB	8-11	BIII	195-230	---	45
Local	26	BIV	510-518 MHz	514 MHz	60
Nacional	27	BIV	518-526 MHz	522 MHz	59
Nacional	31	BIV	550-558 MHz	554 MHz	61
Autonómico	33	BIV	566-574 MHz	570 MHz	62
Nacional	34	BIV	574-582 MHz	578 MHz	65
Autonómico	44	BV	654-662 MHz	658 MHz	58
Nacional	47	BV	678-686 MHz	682 MHz	63
Nacional	48	BV	686-694 MHz	690 MHz	57

Selección componentes

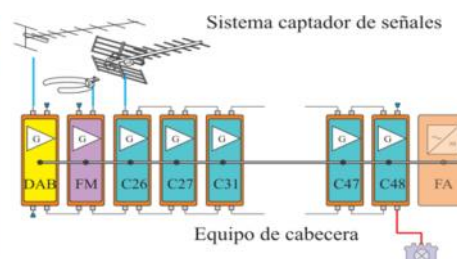
A priori según los niveles de señal recibidos no se prevé utilizar preamplificadores. Por tanto, para la recepción de la señal de los servicios de radiodifusión terrestre se utilizará una antena para cada servicio. La distancia aproximada entre la antena y los amplificadores es de 10 m. Las características del sistema captador serán:

	Antena BIII/ DAB		Antena FM		Antena UHF	
	Frecuencia	175-230 MHz	Frecuencia	87-108 MHz	Frecuencia	470-862 MHz
	Ganancia	8 dB	Ganancia	0 dB	Ganancia	10 dB
	Relación D/A	>18 dB	Relación D/A	0 dB	Relación D/A	>20 dB
	Ángulo apertura (H/V)	30°/60°	Ángulo de apertura	---	Ángulo apertura (H/V)	23°/32°

Se elegirá un sistema de amplificador monocanal y se utilizará un amplificador monocanal por cada uno de los canales deseados y uno para el servicio de radio DAB y otro para el de FM. Al existir canales adyacentes, los amplificadores monocanal serán de tipo selectivo. Cuyas características serán:

Amplificadores monocanal					
Tipo	BI	FM	BIII	UHF	
Ancho de banda	7 MHz	20,5 MHz	7 MHz	8 MHz	
Ganancia	50 dB	35 dB	55 dB	50 dB	
Margen de regulación	0-30 dB				
Figura de ruido	9 dB				
S _o salida (IMD ₃ = 56 dB)	124 dBμV	112 dBμV	125 dBμV	124 dBμV	
Selectividad	40 dB	32 dB	30 dB	50 dB	
Consumo	60 mA	65 mA	60 mA	70 mA	

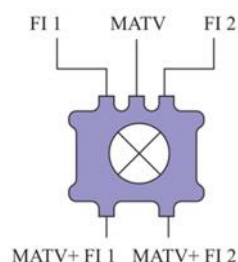
a) Características amplificadores monocanal.



b) Configuración del equipo de cabecera terrestre.

La distribución de la red mediante dos ramales se realiza mediante la ayuda de un repartidor-mezclador específico para ICT cuyas características son:

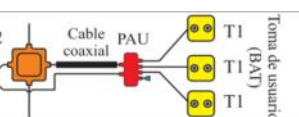
Mezclador-repartidor de ICT		
Referencia		M1
Atenuación de inserción	BI-BIII	2 dB
	BIV-BV	2 dB
	FI	4 dB
Rechazo entre entradas		> 20 dB



La red de distribución se realiza mediante dos ramales que finalizan en el PAU del usuario. Las características de los materiales utilizados son:

Derivadores		
Referencia	D1	D2
Número de salidas	2	2
Atenuación de paso	BI-BII	2,2 dB
	BIV-BV	2,5 dB
	FI	2,8 dB
Atenuación entre salidas de derivación	BI-BII	22 dB
	BIV-BV	22 dB
	FI	22 dB
Aislamiento entre salidas de derivación	BI-BII	45 dB
	BIV-BV	35 dB
	FI	30 dB

Cable coaxial		
Atenuación (dB/100m)	100 MHz	6,3
	200 MHz	8,9
	470 MHz	13,8
	860 MHz	18,7
	950 MHz	19,6
Velocidad de propagación	2.150 MHz	29,5
		0,84
Impedancia		75 Ω

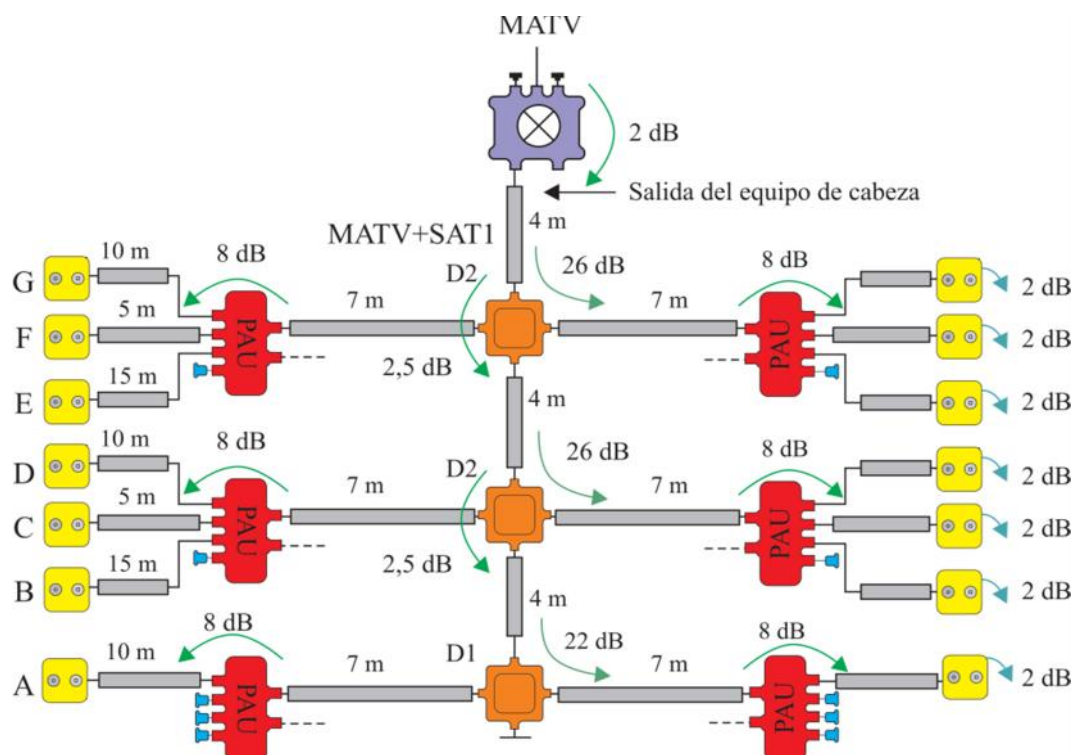


PAU	
N.º salidas	3
Atenuación de paso (dB)	
B I-III	7 dB
B IV-VI	8 dB
FI	10 dB
Desacoplo entre salidas	
B I-III	> 20 dB
B IV-V	> 20 dB
FI	< 20 dB

Toma de usuario	
Tipo	A
Atenuación de paso (dB)	
B I-III	---
B IV-VI	---
FI	---
Atenuación de derivación (dB)	
B I-III	2
B IV-V	2
FI	3

Pérdidas de la red

El cálculo se hará solo para uno de los cables de bajada y según el esquema siguiente se tendrán las siguientes atenuaciones:



Banda IV (470 MHz-606 MHz)					
Toma	D (m)	L _{cable} (dB/100 m)	L _{cable} (dB)	L _{componentes} (dB)	L _{total} (dB)
A	29	13,8	4,0	2,5+2,5+22+8+2 = 37	41
B	30	13,8	4,1	2,5+26+8+2 = 38,5	42,6
C	20	13,8	2,8	2,5+26+8+2 = 38,5	41,3
D	25	13,8	3,5	2,5+26+8+2 = 38,5	42
E	26	13,8	3,6	26+8+2 = 36	39,6
F	16	13,8	2,2	26+8+2 = 36	38,2
G	21	13,8	2,9	26+8+2 = 36	38,9

Banda V (606 MHz – 782 MHz)					
Toma	D (m)	L _{CABLE} (dB/100 m)	L _{CABLE} (dB)	L _{COMPONENTES} (dB)	L _{TOTAL} (dB)
A	29	18,7	5,4	2,5+2,5+22+8+2 = 37	42,4
B	30	18,7	5,6	2,5+26+8+2 = 38,5	44,1
C	20	18,7	3,7	2,5+26+8+2 = 38,5	42,2
D	25	18,7	4,7	2,5+26+8+2 = 38,5	43,2
E	26	18,7	4,9	26+8+2 = 36	40,9
F	16	18,7	3	26+8+2 = 36	39
G	21	18,7	3,9	26+8+2 = 36	39,9

Las pérdidas de la red de distribución para las bandas IV-V son:

L_{MIN} = 38,2 dB (toma más favorable: toma F planta 2)

L_{MAX} = 44,1 dB (toma más desfavorable: toma B planta 1)

Nivel de salida de los amplificadores

El nivel de salida del amplificador debe ser suficiente para compensar las pérdidas de la red. En este caso a las pérdidas de la red hay que añadir también la atenuación de paso del repartidor-mezclador de ICT (L_{PASO}), que son de 2 dB.

$$L'_{MIN} = L_{MIN} + L_{PASO} = 38,2 + 2 = 40,2 \text{ dB.}$$

$$L'_{MAX} = L_{MAX} + L_{PASO} = 44,1 + 2 = 46,1 \text{ dB.}$$

Por tanto, el nivel de salida para el caso de TV terrestre estará comprendido entre:

$$S_{O MIN} = S_{TOMA MIN} + L'_{MAX} = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + 46,1 \text{ dB} = 93,1 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$S_{O MAX} = S_{TOMA MAX} + L'_{MIN} = 70 \text{ dB}\mu\text{V} + 40,2 \text{ dB} = 110,2 \text{ dB}\mu\text{V}$$

La ICT especifica un nivel de señal para un canal de TDT comprendido entre 47 dB μ V y 70 dB μ V.

Si se hace el promedio se tiene que el nivel de señal que debe entregar el amplificador ($S_{O AMP}$) a la red es de 101 dB μ V. (el nivel de salida nunca puede superar los 113 dB μ V)

Con este nivel de salida del amplificador, el nivel presente en las tomas de usuario estará comprendido entre:

$$S_{MIN} = S_o - L'_{MAX} = 101 \text{ dB}\mu\text{V} - 46,1 \text{ dB} = 54,9 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$S_{MAX} = S_o - L'_{MIN} = 101 \text{ dB}\mu\text{V} - 40,2 \text{ dB} = 60,8 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Ganancia de los amplificadores

Para el cálculo de la ganancia de los amplificadores (G_{AMP}) se necesita conocer el nivel de señal que se recibe a la entrada. Para ello se evalúa la ganancia de la antena utilizada y las pérdidas de la señal hasta el punto de instalación de los amplificadores:

Así, la ganancia de la antena de UHF es de 10 dB. La atenuación de los 10 m del cable de bajada hasta la antena, calculada para 860 MHz (la más alta) es de 1,87 dB, por tanto el nivel de señal presente en uno de los canales, por ejemplo en el canal 26, a la entrada de los amplificadores es de:

$$S_{i AMP} = S_{ANT} + G_{ANT} - L_{CABLE} = 60 \text{ dB}\mu\text{V} + 10 \text{ dB} - 1,87 \text{ dB} = 68,13 \text{ dB}\mu\text{V}$$

El amplificador debe tener una ganancia para ese canal de:

$$G_{AMP} = S_{O AMP} - S_{i AMP} = 101 \text{ dB}\mu\text{V} - 68,13 \text{ dB}\mu\text{V} = 32,87 \text{ dB}$$

Por tanto, para el resto de canales será:

Canal	$S_{i AMP}$	G_{AMP}
27	67,13 dB μ V	33,87 dB
31	69,13 dB μ V	31,87 dB
33	70,13 dB μ V	30,87 dB
34	73,13 dB μ V	27,87 dB
44	66,13 dB μ V	34,87 dB
47	71,13 dB μ V	29,87 dB
48	65,13 dB μ V	35,87 dB

El margen de regulación del amplificador deberá cubrir las ganancias entre 32,87 dB hasta 35,87 dB, para todos los canales de TV terrestre,

El amplificador seleccionado tiene una ganancia de 50 dB, con un margen de regulación de 30 dB, es decir que se puede ajustar su salida entre una ganancia mínima de 20 dB y una máxima de 50 dB. Por tanto, es adecuado para esta instalación.

Relación portadora/ruido (C/N)

Para evaluar la relación C/N en la toma de usuario se emplea la expresión:

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

Donde:

S_i es el nivel de señal a la salida de la antena

N_i es el nivel de ruido a la salida de antena (4 dBμV)

F_{EQ} es la figura equivalente de ruido de toda la instalación.

En el caso particular de que $G_{ANT} \geq L_{CABLE}$, F_{EQ} se puede aproximar por:

$$F_{EQ} = L_{CABLE} + F_{AMP}$$

Donde L_{CABLE} es la atenuación que introduce el cable de conexión de la antena al amplificador.

Por tanto, para el cálculo de la figura de ruido equivalente de la instalación, que dependerá de la frecuencia, será:

Frecuencia	L (dB/100m)	L_{CABLE} (10 m)	F_{AMP} (dB)	F_{EQ} (dB)
470 MHz	1,38	1,38 dB	9	10,38 dB
862 MHz	18,7	1,87 dB	9	10,87 dB

La ganancia de la antena (S_i) para el canal más desfavorable (canal 48) será:

$$S_i = \text{Nivel de señal (dBμV)} + G_{ANT} = 57 \text{ dBμV} + 10 \text{ dB} = 67 \text{ dBμV}$$

La relación portadora/ruido será para este canal digital terrestre en el caso más desfavorable frecuencia (862 MHz)

$$C/N_o = S_i - N_i - F_{EQ} = 67 \text{ dBμV} - 4 \text{ dBμV} - 10,87 \text{ dB} = 52,13 \text{ dB}$$

Este valor es superior al valor especificado en la normativa 25 dB.

En este caso, como el nivel de señal que se recibe a pie de antena es elevado, la ganancia de la antena no es un condicionante para obtener una buena calidad de recepción.

Por otra parte, en el caso de las señales de radio FM y DAB el parámetro de la C/N no es restrictivo, ya que el ancho de banda de los canales es muy pequeño.

Si se diera el caso de que la $G_{AMP} \leq L_{RED}$ es necesario evaluar F_{EQ} mediante la fórmula de Friis. Además, si la C/N_o que resulta de la aproximación está cerca del límite establecido por la normativa será necesario recalcular la F_{EQ} para conocer la C/N_o real de la instalación.