

## RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1138-1

**Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones**

(1995-2007)

**Cometido**

La presente Recomendación sirve de base para determinar la anchura de banda necesaria de emisiones moduladas en amplitud, frecuencia e impulsos mediante diversos tipos de señales. Figuran también ejemplos de cálculo y denominación de emisiones.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que al asignar frecuencias es preciso determinar la anchura de banda necesaria de las emisiones;
- b) que la anchura de banda necesaria es un dato esencial para todo sistema de gestión automática del espectro,

*recomienda*

**1** que, cuando sea requerido por el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), se utilicen las fórmulas y los ejemplos de emisiones que figuran en el Anexo 1.

**Anexo 1****Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones**

**1** La anchura de banda necesaria no es la única característica de una emisión que se ha de considerar al evaluar la interferencia que puede ser causada por esa emisión.

**2** En la redacción del cuadro se ha empleado la siguiente notación:

$B_n$ : anchura de banda necesaria (Hz)

$B$ : velocidad de modulación (Bd)

$N$ : número máximo posible de elementos negros más blancos que han de transmitirse por segundo, cuando se trata de facsímil

$M$ : frecuencia máxima de modulación (Hz)

$C$ : frecuencia de la subportadora (Hz)

$D$ : excursión de frecuencia de cresta, es decir, mitad de la diferencia entre los valores máximo y mínimo de la frecuencia instantánea. La frecuencia instantánea (Hz) es la velocidad de variación de la fase (rad), dividida por  $2\pi$

$t$  duración del impulso (s), entre los puntos de amplitud mitad

$t_r$ : tiempo de subida del impulso (s), comprendido entre el 10% y el 90% de la amplitud

$K$ : factor numérico general que varía según la emisión y que depende de la distorsión admisible de la señal

$N_c$ : número de canales de la banda de base en los sistemas radioeléctricos que emplean multiplexaje multicanal

$f_p$ : frecuencia de la subportadora piloto de continuidad (Hz) (señal continua utilizada para comprobar el funcionamiento de los sistemas de multiplexaje por distribución de frecuencia).

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
I. AUSENCIA DE TODA MODULACIÓN			
Emisión de onda continua	–	–	Ninguna
II. MODULACIÓN DE AMPLITUD			
1. Señal con información cuantificada o digital			
Telegrafía por onda continua, código Morse	$B_n = BK$ $K = 5$ para los circuitos con desvanecimiento $K = 3$ para los circuitos sin desvanecimiento	25 palabras por minuto $B = 20, K = 5$ Anchura de banda: 100 Hz	100HA1AAN
Telegrafía con manipulación por interrupción (señal o nada) de una portadora modulada por una audiofrecuencia, código Morse	$B_n = BK + 2M$ $K = 5$ para los circuitos con desvanecimiento $K = 3$ para los circuitos con desvanecimiento	25 palabras por minuto $B = 20, M = 1\,000, K = 5$ Anchura de banda: 2 100 Hz = 2,1 kHz	2K10A2AAN
Señal de llamada selectiva que utiliza un código secuencial de una sola frecuencia, banda lateral única y portadora completa	$B_n = M$	La frecuencia máxima de código es: 2 110 Hz $M = 2\,110$ Anchura de banda: 2 110 Hz = 2,11 kHz	2K11H2BFN
Telegrafía de impresión directa que utiliza una subportadora de modulación por desplazamiento de frecuencia con corrección de errores, banda lateral única y portadora suprimida (un solo canal)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$	$B = 50$ $D = 35$ Hz (desplazamiento de 70 Hz) $K = 1,2$ Anchura de banda: 134 Hz	134HJ2BCN
Telegrafía, multicanal de frecuencia vocal, corrección de errores, algunos canales son multiplexados por división en el tiempo, banda lateral única, portadora reducida	$B_n =$ frecuencia central más alta + $M + DK$ $M = \frac{B}{2}$	15 canales; la frecuencia central más alta es 2 805 Hz $B = 100$ $D = 42,5$ Hz (desplazamiento de 85 Hz) $K = 0,7$ Anchura de banda: 2 885 Hz = 2,885 kHz	2K89R7BCW

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
2. Telefonía (calidad comercial)			
Telefonía de doble banda lateral (un solo canal)	$B_n = 2M$	$M = 3\,000$ Anchura de banda: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00A3EJN
Telefonía de banda lateral única, portadora completa (un solo canal)	$B_n = M$	$M = 3\,000$ Anchura de banda: 3 000 Hz = 3 kHz	3K00H3EJN
Telefonía de banda lateral única con portadora suprimida (un solo canal)	$B_n = M$ – frecuencia de modulación más baja	$M = 3\,000$ frecuencia de modulación más baja = 300 Hz Anchura de banda: 2 700 Hz = 2,7 kHz	2K70J3EJN
Telefonía con señal separada modulada en frecuencia para controlar el nivel de la señal vocal demodulada, con banda lateral única y portadora reducida (Lincompex) (un solo canal)	$B_n = M$	La frecuencia máxima de control es 2 990 Hz $M = 2\,990$ Anchura de banda: 2 990 Hz = 2,99 kHz	2K99R3ELN
Telefonía con secreto de las comunicaciones, banda lateral única y portadora suprimida (dos o más canales)	$B_n = N_c M$ – frecuencia de modulación más baja en el canal inferior	$N_c = 2$ $M = 3\,000$ La frecuencia de modulación más baja es 250 Hz Anchura de banda: 5 750 Hz = 5,75 kHz	5K75J8EKF
Telefonía de bandas laterales independientes (dos o más canales)	$B_n =$ suma de $M$ para cada banda lateral	2 canales $M = 3\,000$ Anchura de banda: 6 000 Hz = 6 kHz	6K00B8EJN
3. Radiodifusión sonora			
Radiodifusión sonora de doble banda lateral	$B_n = 2M$ $M$ puede variar entre 4 000 y 10 000, según la calidad deseada	Palabra y música, $M = 4\,000$ Anchura de banda: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3EGN
Radiodifusión sonora de banda lateral única con portadora reducida (un solo canal)	$B_n = M$ $M$ puede variar entre 4 000 y 10 000, según la calidad deseada	Palabra y música, $M = 4\,000$ Anchura de banda: 4 000 Hz = 4 kHz	4K00R3EGN
Radiodifusión sonora de banda lateral única con portadora suprimida	$B_n = M$ – frecuencia de modulación más baja	Palabra y música, $M = 4\,500$ frecuencia de modulación más baja = 50 Hz Anchura de banda: 4 450 Hz = 4,45 kHz	4K45J3EGN

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
4. Televisión			
Televisión, imagen y sonido	Para las anchuras de banda comúnmente empleadas en los sistemas de televisión, véanse los documentos correspondientes del UIT-R	Número de líneas: 625 Anchura nominal de la banda de vídeo = 5 MHz Separación de la portadora de sonido respecto de la portadora de imagen: 5,5 MHz Anchura total de la banda de vídeo: 6,25 MHz Anchura de banda del canal de sonido, modulado en frecuencia, incluidas las bandas de guarda: 750 kHz Anchura de banda del canal de radiofrecuencia: 7 MHz	6M25C3F --  750KF3EGN
5. Facsímil			
Facsímil analógico con modulación de frecuencia de la subportadora de una emisión de banda lateral única con portadora reducida, blanco y negro	$B_n = C + \frac{N}{2} + DK$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\ 100$ correspondiente a un índice de cooperación de 352 y a una velocidad de rotación de tambor de 60 rpm. El índice de cooperación es el producto del diámetro del tambor y el número de líneas por unidad de longitud. $C = 1\ 900$ $D = 400$ Hz Anchura de banda: $2\ 890$ Hz = 2,89 kHz	2K89R3CMN
Facsímil analógico; modulación de frecuencia de una subportadora de audiofrecuencia que modula la portadora principal con banda lateral única y portadora suprimida	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\ 100$ $D = 400$ Hz Anchura de banda: $1\ 980$ Hz = 1,98 kHz	1K98J3C --
6. Emisiones complejas			
Sistema de radioenlaces de televisión, de doble banda lateral	$B_n = 2C + 2M + 2D$	Frecuencias de vídeo limitadas a 5 MHz, sonido en subportadora de 6,5 MHz, modulada en frecuencia con excursión de 50 kHz: $C = 6,5 \times 10^6$ $D = 50 \times 10^3$ Hz $M = 15\ 000$ Anchura de banda: $13,13 \times 10^6$ Hz = 13,13 MHz	13M1A8W --
Sistema de radioenlaces de doble banda lateral; multiplexaje por división de frecuencia	$B_n = 2M$	10 canales telefónicos que ocupan la banda de base 1-164 kHz $M = 164\ 000$ Anchura de banda: $328\ 000$ Hz = 328 kHz	328KA8E --

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
6. Emisiones complejas (Cont.)			
Emisión de doble banda lateral de VOR con telefonía (VOR = radiofaro omnidireccional en ondas métricas)	$B_n = 2C_{m\acute{a}x} + 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	La portadora principal está modulada por: – una subportadora de 30 Hz – una portadora que resulta de una frecuencia de tono de 9 960 Hz modulada por un tono de 30 Hz – un canal telefónico – un tono de manipulación de 1 020 Hz para identificación Morse continua $C_{m\acute{a}x} = 9\,960$ $M = 30$ $D = 480$ Hz Anchura de banda: 20 940 Hz = 20,94 kHz	20K9A9WWF
Bandas laterales independientes; varios canales telegráficos con corrección de errores junto con varios canales telefónicos con secreto de las comunicaciones; múltiplex por división de frecuencia	$B_n =$ suma de $M$ para cada banda lateral	Normalmente los sistemas complejos se explotan de conformidad con disposiciones normalizadas de canales (por ejemplo la Rec. UIT-R F.348). 3 canales telefónicos y 15 canales telegráficos necesitan una anchura de banda de: 12 000 Hz = 12 kHz	12K0B9WWF
7. Frecuencia patrón y señales horarias			
7.1 Alta frecuencia (voz)			
Anuncios de voz, doble banda lateral	$B_n = 2M$	Voz $M = 4\,000$ Anchura de banda: 8 000 Hz = 8 kHz	8K00A3XGN
7.2 Alta frecuencia (codificación de tiempo)			
Código de tiempo, como en la telegrafía	$B_n = BK + 2M$	$B = 1/s$ $M = 1$ $K = 5$ Anchura de banda: 7 Hz	7H00A2XAN
7.3 Baja frecuencia (código de tiempo)			
Código de tiempo, como en la telegrafía	$B_n = BK + 2M$	$B = 1/s$ $M = 1$ $K = 3$ Anchura de banda: 5 Hz	5H00A2XAN
III-A. MODULACIÓN DE FRECUENCIA			
1. Señal con información cuantificada o digital			
Telegrafía sin corrección de errores (un solo canal)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BBN
Telegrafía de impresión directa de banda estrecha con corrección de errores (un solo canal)	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BCN

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
1. Señal con información cuantificada o digital ( <i>Cont.</i> )			
Señal de llamada selectiva	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{B}{2}$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BCN
Telegrafía dúplex de cuatro frecuencias	$B_n = 2M + 2DK$ $B =$ velocidad de modulación (Bd) del canal más rápido. Si los canales están sincronizados: $M = \frac{B}{2}$ (de lo contrario, $M = 2B$ ) $K = 1,1$ (valor típico)	Separación entre frecuencias adyacentes = 400 Hz Canales sincronizados $B = 100$ $M = 50$ $D = 600$ Hz Anchura de banda: 1 420 Hz = 1,42 kHz	1K42F7BDX
2. Telefonía (calidad comercial)			
Telefonía comercial	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico, pero en ciertos casos puede ser necesario emplear valores de $K$ más elevados)	Para un caso medio de telefonía comercial, $D = 5\,000$ Hz $M = 3\,000$ Anchura de banda: 16 000 Hz = 16 kHz	16K0F3EJN
3. Radiodifusión sonora			
Radiodifusión sonora	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	Monoaural $D = 75\,000$ Hz $M = 15\,000$ Anchura de banda: 180 000 Hz = 180 kHz	180KF3EGN
4. Facsímil			
Facsímil por modulación directa en frecuencia de la portadora; blanco y negro	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\,100$ elementos/s $D = 400$ Hz Anchura de banda: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F1C --
Facsímil analógico	$B_n = 2M + 2DK$ $M = \frac{N}{2}$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\,100$ elementos/s $D = 400$ Hz Anchura de banda: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F3C --

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
5. Emisiones complejas (véase el Cuadro III-B)			
Sistema de radioenlaces; múltiplex por división de frecuencia	$B_n = 2f_p + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	60 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-300 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 331 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 100 kHz $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 2,02$ $= 1,52 \times 10^6$ Hz $f_p = 0,331 \times 10^6$ Hz Anchura de banda: $3,702 \times 10^6$ Hz $= 3,702$ MHz	3M70F8EJF
Sistema de radioenlaces; múltiplex por división de frecuencia	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	960 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-4 028 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 4 715 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 5,5$ $= 4,13 \times 10^6$ Hz $M = 4,028 \times 10^6$ $f_p = 4,715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2f_p$ Anchura de banda: $16,32 \times 10^6$ Hz $= 16,32$ MHz	16M3F8EJF
Sistema de radioenlaces; múltiplex por división de frecuencia	$B_n = 2f_p$	600 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-2 540 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 8 500 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 4,36$ $= 3,28 \times 10^6$ Hz $M = 2,54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8,5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2f_p$ Anchura de banda: $17 \times 10^6$ Hz = 17 MHz	17M0F8EJF
Radiodifusión sonora estereofónica con subportadora secundaria de telefonía multiplexada	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	Sistema de frecuencia piloto $M = 75\ 000$ $D = 75\ 000$ Hz Anchura de banda: 300 000 Hz = 300 kHz	300KF8EHF

III-B. FACTORES DE MULTIPLICACIÓN QUE DEBEN UTILIZARSE PARA CALCULAR LA EXCURSIÓN DE FRECUENCIA DE CRESTA  $D$  EN LAS EMISIONES MULTICANAL CON MODULACIÓN DE FRECUENCIA Y MÚLTIPLEX POR DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA (MF-MDF)

Para los sistemas MF-MDF, la anchura de banda necesaria es:

$$B_n = 2M + 2DK$$

El valor de  $D$ , excursión de frecuencia de cresta, que aparece en estas fórmulas de  $B_n$  se calcula multiplicando el valor eficaz de la excursión por canal, por el «factor de multiplicación» apropiado que se indica más abajo.

En el caso en que exista una señal piloto de continuidad, de frecuencia  $f_p$  por encima de la frecuencia de modulación máxima  $M$ , la fórmula general pasa a ser:

$$B_n = 2f_p + 2DK$$

En el caso en que el índice de modulación de la portadora principal producido por la señal piloto, sea inferior a 0,25 y la excursión de frecuencia eficaz de la portadora principal producida por la señal piloto sea inferior o igual al 70% del valor eficaz de la excursión por canal, la fórmula general pasa a ser:

$$B_n = 2f_p \quad \text{o} \quad B_n = 2M + 2DK$$

adoptándose el valor que sea mayor.

Factor de multiplicación <sup>(1)</sup>	
Número de canales telefónicos $N_c$	(Factor de cresta) $\times$ antilog $\left[ \frac{\text{Valor en dB por encima del nivel de modulación de referencia}}{20} \right]$
$3 < N_c < 12$	$4,47 \times$ antilog $\left[ \frac{\text{Valor en dB especificado por el fabricante del equipo o por el concesionario de la estación, y sujeto a la aprobación de la administración}}{20} \right]$
$12 \leq N_c < 60$	$3,76 \times$ antilog $\left[ \frac{2,6 + 2 \log N_c}{20} \right]$
Factor de multiplicación <sup>(2)</sup>	
Número de canales telefónicos $N_c$	(Factor de cresta) $\times$ antilog $\left[ \frac{\text{Valor en dB por encima del nivel de modulación de referencia}}{20} \right]$
$60 \leq N_c < 240$	$3,76 \times$ antilog $\left[ \frac{-1 + 4 \log N_c}{20} \right]$
$N_c \geq 240$	$3,76 \times$ antilog $\left[ \frac{-15 + 10 \log N_c}{20} \right]$

(1) En este cuadro, los factores de multiplicación 3,76 y 4,47 corresponden a factores de cresta de 11,5 y 13,0 dB respectivamente.

(2) En este cuadro, el factor de multiplicación 3,76 corresponde a un factor de cresta de 11,5 dB.



Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
<b>IV. MODULACIÓN POR IMPULSOS</b>			
<b>1. Radar</b>			
Emisión de impulsos no modulados	$B_n = \frac{2K}{t}$ <p><math>K</math> depende de la relación entre la duración del impulso y el tiempo de subida del mismo. Su valor, por lo general, está comprendido entre 1 y 10, y en muchos casos no es necesario que exceda de 6</p>	<p>Radar primario                      Poder de resolución en distancia: 150 m  <math>K = 1,5</math> (impulso triangular con <math>t \approx t_r</math>, sólo se consideran los componentes desde el más fuerte hasta 27 dB por debajo)</p> <p>Luego:</p> $t = \left[ \frac{2 \times (\text{poder de resolución en distancia})}{\text{velocidad de la luz}} \right]$ $= \frac{2 \times 150}{3 \times 10^8}$ $= 1 \times 10^{-6} \text{ s}$ <p>Anchura de banda: <math>3 \times 10^6 \text{ Hz} = 3 \text{ MHz}</math></p>	3M00P0NAN
<b>2. Emisiones complejas</b>			
Sistema de radioenlaces	$B_n = \frac{2K}{t}$ <p><math>K = 1,6</math></p>	<p>Impulsos modulados en posición por una banda de base de 36 canales telefónicos.                      Duración del impulso de amplitud mitad = <math>0,4 \mu\text{s}</math>                      Anchura de banda: <math>8 \times 10^6 \text{ Hz} = 8 \text{ MHz}</math>                      (Anchura de banda independiente del número de canales telefónicos)</p>	8M00M7EJT
<b>3. Frecuencias patrón y señales horarias</b>			
<b>3.1 Alta frecuencia (ráfagas de tonos)</b>			
Tics utilizados en la medición del tiempo de referencia	$B_n = 2/t_R$	<p style="text-align: center;"><math>t_R = 1 \text{ ms}</math></p> <p>Anchura de banda: <math>2\,000 \text{ Hz} = 2 \text{ kHz}</math></p>	2K00K2XAN
<b>3.2 Baja frecuencia (código de tiempo)</b>			
Flanco anterior del código de tiempo utilizado en la medición del tiempo de referencia	$B_n = 2/t_R$	<p style="text-align: center;"><math>t_R = 1 \text{ ms}</math></p> <p>Anchura de banda = <math>2\,000 \text{ Hz} = 2 \text{ kHz}</math></p>	2K00K2XAN