

Recomendación

## **UIT-T G.9901 (2017) Amd. 1 (04/2023)**

SERIE G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales

Redes de acceso – Redes internas

---

Transceptores de comunicación por la línea eléctrica de banda estrecha con modulación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) – Especificación de la densidad espectral de potencia

### **Enmienda 1**

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
**Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales**

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100-G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200-G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300-G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400-G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450-G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	G.600-G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700-G.799
REDES DIGITALES	G.800-G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900-G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN MULTIMEDIOS – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000-G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000-G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000-G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000-G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000-G.9999
Redes de acceso metálicas	G.9700-G.9799
Sistemas de línea óptica para las redes locales y de acceso	G.9800-G.9899
<b>Redes internas</b>	<b>G.9900-G.9999</b>

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## Recomendación UIT-T G.9901

### Transceptores de comunicación por la línea eléctrica de banda estrecha con modulación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) – Especificación de la densidad espectral de potencia

#### Enmienda 1

##### Resumen

En la Recomendación UIT-T G.9901 se especifican la tensión de salida transmitida en la banda 9535 kHz, los parámetros de control que determinan el contenido espectral, los requisitos de la máscara de densidad espectral de potencia (PSD), una serie de herramientas para el soporte de la reducción de la PSD de transmisión, los medios para medir esa PSD en la transmisión por líneas eléctricas, así como la potencia total de transmisión permitida con una impedancia de terminación especificada.

La Recomendación UIT-T G.9901 también complementa a las especificaciones de la arquitectura de sistema, la capa física (PHY) y la capa de enlace de datos (DLL) de las Recomendaciones UIT-T G.9902 (G.hnem), UIT-T G.9903 (G3-PLC) y UIT-T G.9904 (PRIME).

La presente edición contiene las siguientes modificaciones:

- La ampliación de los límites de intensidad de salida fijados para la banda FCC-2 de G.9902 a la tecnología G.9903 y su consecuente integración en el cuerpo principal. Se ha procurado hacer referencia a las normas vigentes en la medida de lo posible.
- La aclaración de la característica de enmascaramiento de tono que figura en el Anexo B.

En el Corrigendum 1 se subsanan algunos errores en los parámetros de control del CENELEC-B del Anexo B.

En la Enmienda 1 se añaden, en el Anexo B, las bandas FCC inferior y FCC superior.

##### Historia \*

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único
1.0	ITU-T G.9901	2012-11-20	15	11.1002/1000/11827
1.1	ITU-T G.9901 (2012) Amd. 1	2013-07-12	15	11.1002/1000/11895
2.0	ITU-T G.9901	2014-04-04	15	11.1002/1000/12089
3.0	ITU-T G.9901	2017-06-30	15	11.1002/1000/13171
3.1	ITU-T G.9901 (2017) Cor. 1	2022-11-13	15	11.1002/1000/15161
<b>3.2</b>	<b>ITU-T G.9901 (2017) Amd. 1</b>	<b>2023-04-28</b>	<b>15</b>	<b>11.1002/1000/15245</b>

##### Palabras clave

Límites de emisión conducida, G3-PLC, comunicaciones por línea eléctrica de banda estrecha, densidad espectral de potencia, PRIME.

\* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <https://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación.

## PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no se pronuncia en lo que respecta a la existencia, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reclamados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patentes/derechos de autor de *software*, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar las correspondientes bases de datos del UIT-T disponibles en el sitio web del UIT-T en <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2023

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones.....	2
3.1    Términos definidos en otros documentos.....	2
3.2    Términos definidos en esta Recomendación .....	2
4 Abreviaturas y acrónimos .....	2
5 Convenios .....	2
6 Especificaciones relacionadas con la tensión de potencia transmitida referentes a la banda 3 kHz–148,5 kHz .....	2
7 Especificaciones relacionadas con la tensión de potencia transmitida referentes a la banda 148,5 kHz–535 kHz .....	3
7.1    Red eléctrica artificial.....	3
Anexo A – Especificaciones de densidad espectral de potencia para transceptores G.hnem..	4
A.1    Especificación de la banda de frecuencias .....	4
A.2    Máscara de densidad espectral de potencia de transmisión.....	7
Anexo B – Especificaciones de densidad espectral de potencia para transceptores G3-PLC .	8
B.1    Especificaciones de banda de frecuencias.....	8
B.3    Máscara de densidad espectral de potencia de transmisión.....	10
Anexo C – Especificaciones de densidad espectral de potencia para transceptores PRIME...	14
C.1    Introducción.....	14
C.2    Parámetros PHY .....	14
C.3    Banda CENELEC .....	15



## Recomendación UIT-T G.9901 (2017) Amd. 1

### Transceptores de comunicación por la línea eléctrica de banda estrecha con modulación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) – Especificación de la densidad espectral de potencia

#### Enmienda 1

*Nota editorial: la presente es una publicación de texto completo. Las modificaciones introducidas por medio de la presente enmienda figuran con marcas de revisión en relación con la Recomendación UIT-T G.9901 (2017), incluido su Corrigéndum 1.*

#### 1 Alcance

Esta Recomendación UIT-T G.9901 especifica los parámetros de control que determinan el contenido espectral, los requisitos de la máscara de densidad espectral de potencia (PSD), una serie de herramientas para el soporte de la reducción de la PSD de transmisión, los medios para medir esa PSD en la transmisión por líneas eléctricas, así como la potencia total de transmisión permitida con una impedancia de terminación especificada. Esta Recomendación complementa a las especificaciones de la arquitectura de sistema, la capa física (PHY) y la capa de enlace de datos (DLL) de [UIT-T G.9902] (G.hnem), [UIT-T G.9903] (G3-PLC) y [UIT-T G.9904] (PRIME).

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [UIT-T G.9902] Recomendación UIT-T G.9902 (2012), *Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexación por división ortogonal de frecuencia – G.hnem.*
- [UIT-T G.9903] Recomendación UIT-T G.9903 (2014), *Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexación por división ortogonal de frecuencia – G3-PLC.*
- [UIT-T G.9904] Recomendación UIT-T G.9904 (2012), *Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexación por división ortogonal de frecuencia – PRIME.*
- [IEC 61334-5-1] IEC 61334-5-1: 2001, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 5-1: Lower layer profiles – The spread frequency shift keying (S-FSK) profile.*
- [CISPR 16-1-2] CISPR 16-1-2: 2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements.*

- [EN 50065-1] EN 50065-1: 2011, *Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances.*
- [ARIB STD-T84] ARIB STD-T84 (2002), *Power line communication equipment (10 Hz-450 kHz).*

### 3 Definiciones

#### 3.1 Términos definidos en otros documentos

En la presente Recomendación se utilizan los siguientes términos definidos en otros documentos:

**3.1.1 banda (*bandplan*)** [UIT-T G.9902]: Gama específica del espectro de frecuencias definida por una frecuencia inferior y una superior.

#### 3.2 Términos definidos en esta Recomendación

Ninguno.

### 4 Abreviaturas y acrónimos

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas y acrónimos:

AMN	Red eléctrica artificial ( <i>artificial mains network</i> )
CES	Servicio de emulación de circuito ( <i>circuit emulation service</i> )
DLL	Capa enlace de datos ( <i>data link layer</i> )
FCH	Encabezamiento de control de trama ( <i>frame control header</i> )
FFT	Transformada rápida de Fourier ( <i>fast fourier transform</i> )
LV	Baja tensión ( <i>low voltage</i> )
NB-PLC	Comunicación por línea eléctrica de banda estrecha ( <i>narrowband power line communication</i> )
OFDM	Multiplexación por división de frecuencia ortogonal ( <i>orthogonal frequency division multiplexing</i> )
PFH	Encabezamiento de trama PHY ( <i>PHY frame header</i> )
PHY	Capa física ( <i>physical layer</i> )
PLC	Comunicación por la línea eléctrica ( <i>power line communication</i> )
PMSC	Subportadora permanentemente enmascarada ( <i>permanently masked subcarrier</i> )
PSD	Densidad espectral de potencia ( <i>power spectral density</i> )
S-FSK	Modulación por desplazamiento de fase ampliada ( <i>spread frequency shift keying</i> )

### 5 Convenios

Ninguno.

### 6 Especificaciones relacionadas con la tensión de potencia transmitida referentes a la banda 3 kHz–148,5 kHz

Para Europa, se aplica [EN 50065-1].

## **7 Especificaciones relacionadas con la tensión de potencia transmitida referentes a la banda 148,5 kHz–535 kHz**

Se cumplirán los siguientes límites:

- 1) La intensidad de la señal de salida medida con un detector de cresta en una anchura de banda de 200 Hz no superará, en ninguna porción de la banda de frecuencias, los 120 dB( $\mu$ V), cuando se cargue en una red eléctrica artificial (AMN).
- 2) La intensidad de la señal de salida medida con un detector de cresta en toda la banda, cuando se cargue en una AMN, no rebasará los 137 dB( $\mu$ V).
- 3) La intensidad de la señal de salida fuera de la banda 148,5 kHz–535 kHz cumplirá con lo dispuesto en [EN 50065-1].

### **7.1 Red eléctrica artificial**

La AMN cumplirá con la cláusula 4.4 de [CISPR16-1-2].

La configuración de prueba cumplirá con la Figura 4 de [EN50065-1] para los sistemas PLC monofásicos, y con la Figura 6 de [EN 50065-1] para los sistemas PLC trifásicos.

## Anexo A

### Especificaciones de densidad espectral de potencia para transceptores G.hnem

(Este anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

NOTA – En este anexo se presentan las especificaciones de PSD relacionadas con la Recomendación UIT T G.9902.

#### A.1 Especificación de la banda de frecuencias

A fin de cumplir con los requisitos de la presente Recomendación, es obligatorio soportar al menos una de las bandas CENELEC y al menos una de las bandas FCC.

##### A.1.1 Banda CENELEC

Cuando se utilice la banda CENELEC (3 kHz–148,5 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro A.1 (véase la cláusula 8.4.7 de [UIT-T G.9902]).

**Cuadro A.1 – Parámetros de control del modulador con multiplexación por división de frecuencia ortogonal para la banda CENELEC**

Notación	Valor
$N$	128
$f_{SC}$	1,562 5 kHz
$N_{GI-PL}$	12 – 1, mapeado de 2 bits 24 – 3, mapeado de 4 bits
$N_{GI-HD}$	0
$N_{GI-CES}$	0
$\beta$	8
$f_{US}$	$64 \times f_{SC}$

La banda CENELEC se divide en subbandas que forman las bandas A, B y CD descritas en las cláusulas A.1.1.1 a A.1.1.3.

##### A.1.1.1 Banda CENELEC-A

Los parámetros para la banda CENELEC-A se definen en el Cuadro A.2.

**Cuadro A.2 – Parámetros para la banda CENELEC-A**

Notación	Valor	Nota
$f_{START}$	35,937 5 kHz	Frecuencia más baja de la banda CENELEC-A (subportadora número 23)
$f_{END}$	90,625 kHz	Frecuencia más alta de la banda CENELEC-A (subportadora número 58)
Índices de subportadoras permanentemente enmascaradas	0 a 22, 59 a 127	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT.T G.9902]

### A.1.1.2 Banda CENELEC-B

Los parámetros para la banda CENELEC-B se definen en el Cuadro A.3.

**Cuadro A.3 – Parámetros para la banda CENELEC-B**

Notación	Valor	Nota
$f_{START}$	98,437 5 kHz	Frecuencia más baja de la banda CENELEC-B (subportadora número 63)
$f_{END}$	120,312 5 kHz	Frecuencia más alta de la banda CENELEC-B (subportadora número 77)
Índices de subportadoras permanentemente enmascaradas	0 a 62, 78 a 127	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT.T G.9902]

### A.1.1.3 Banda CENELEC-CD

Los parámetros para la banda CENELEC-CD se definen en el Cuadro A.4.

**Cuadro A.4 – Parámetros para la banda CENELEC-CD**

Notación	Valor	Nota
$f_{START}$	125 kHz	Frecuencia más baja de la banda CENELEC-CD (subportadora número 80)
$f_{END}$	143,75 kHz	Frecuencia más alta de la banda CENELEC-CD (subportadora número 92)
Índices de subportadoras permanentemente enmascaradas	0 a 79, 93 a 127	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

### A.1.2 Banda FCC

Cuando se utilice la banda FCC (9 kHz–490 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro A.5 (véase la cláusula 8.4.7 de [UIT-T G.9902]).

**Cuadro A.5 – Parámetros de control del modulador con multiplexación por división de frecuencia ortogonal para la banda FCC**

Notación	Valor
$N$	256
$f_{SC}$	3,125 kHz
$N_{GI}$	24 – 1, mapeado de 2 bits 48 – 3, mapeado de 4 bits
$N_{GI-HD}$	0
$N_{GI-CES}$	0
$B$	16
$f_{US}$	$128 \times f_{SC}$

En las cláusulas A.1.2.1 a A.1.2.3 se describen las bandas FCC, FCC-1 y FCC-2 dentro de la banda FCC. Quedan en estudio otras bandas dentro de la banda FCC.

#### A.1.2.1 Banda FCC

En el Cuadro A.6 se definen los parámetros para la banda FCC.

**Cuadro A.6 – Parámetros para la banda FCC**

Notación	Valor	Nota
$f_{START}$	34,375 kHz	Frecuencia más baja de la banda FCC (subportadora número 11)
$f_{END}$	478,125 kHz	Frecuencia más alta de la banda FCC (subportadora número 153)
Índices de subportadoras permanentemente enmascaradas	0 a 10, 154 a 255	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

#### A.1.2.2 Banda FCC-1

Los parámetros para la banda FCC-1 se definen en el Cuadro A.7.

**Cuadro A.7 – Parámetros para la banda FCC-1**

Notación	Valor	Nota
$f_{START}$	34,375 kHz	Frecuencia más baja de la banda FCC (subportadora número 11)
$f_{END}$	137,5 kHz	Frecuencia más alta de la banda FCC (subportadora número 44)
Índices de subportadoras permanentemente enmascaradas	0 a 10, 45 a 255	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

#### A.1.2.3 Banda FCC-2

Los parámetros para la banda FCC-2 se definen en el Cuadro A.8.

**Cuadro A.8 – Parámetros para la banda FCC-2**

Notación	Valor	Nota
$f_{START}$	150 kHz	Frecuencia más baja de la banda FCC (subportadora número 48)
$f_{END}$	478,125 kHz	Frecuencia más alta de la banda FCC (subportadora número 153)
Índices de subportadoras permanentemente enmascaradas	0 a 47, 154 a 255	Cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902]

### A.1.3 Banda ARIB

La banda ARIB deberá cumplir los requisitos específicos en la cláusula 3.4 de [ARIB STD-T84].

Cuando se utilice la banda ARIB un nodo empleará los parámetros especificados en la cláusula A.1.2 con la siguiente modificación: los tonos 134–153 se definen como subportadora permanentemente enmascarada (PMSC; véase en la cláusula 8.4.2.1 de [UIT-T G.9902] la definición de los tonos PMSC).

## A.2 Máscara de densidad espectral de potencia de transmisión

### A.2.1 Aplicación de filtro de banda eliminada

La Recomendación UIT-T G.9902 soporta la aplicación de filtros de banda eliminada con fines reglamentarios y de coexistencia. El filtro se aplicará a todos los componentes de la trama PHY [preámbulo, encabezamiento de trama PHY (PFH), servicio de emulación de circuito (CES) y cabida útil] y a todas las tramas PHY transmitidas en el dominio.

Si el filtro de banda eliminada se aplica enmascarando subportadoras, estas se determinarán siguiendo las siguientes reglas:

- Una región de frecuencias entre dos subportadoras consecutivas ( $f_{sc}$ ) se divide en cuatro secciones con idéntico espaciamiento, que posteriormente se agrupan en dos regiones iguales: R1 alrededor de cada subportadora y R2 en medio de dos subportadoras, como se muestra en la Figura A.1.
- Si la banda filtrada cae en la región R1 de una subportadora, esta subportadora y las dos subportadoras adyacentes estarán enmascaradas [es decir, en total tres subportadoras, cuyos índices son  $(n - 1)$ ,  $n$  y  $(n + 1)$ , si la frecuencia filtrada cae en la región R1 que contiene la subportadora  $n$ ].
- Si la banda filtrada cae en la región R2, las dos subportadoras más cercanas por ambos lados estarán enmascaradas [es decir, en total cuatro subportadoras, cuyos índices son  $(n - 1)$ ,  $n$ ,  $(n + 1)$  y  $(n + 2)$ , si la banda filtrada cae en la región R2 entre las subportadoras  $n$  y  $(n + 1)$ ].

NOTA – En función de la posición relativa de la frecuencia a que se ha de aplicar el filtro con respecto a las subportadoras, puede variar el número de subportadoras enmascaradas, pero la banda filtrada está como mínimo a  $(7 \times f_{sc}/4)$  kHz de la subportadora más próxima no enmascarada.

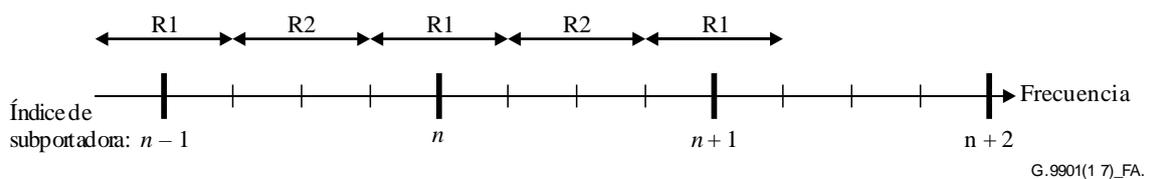


Figura A.1 – Aplicación de filtro de banda eliminada

## Anexo B

### Especificaciones de densidad espectral de potencia para transceptores G3-PLC

(Este anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

NOTA – En este anexo se presentan las especificaciones de PSD relacionadas con la Recomendación UIT-T G.9903.

#### B.1 Especificaciones de banda de frecuencias

##### B.1.1 Banda CENELEC

##### B.1.1.1 Banda CENELEC-A

Cuando se utilice la banda CENELEC-A (3-95 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.1.

**Cuadro B.1 – Parámetros de control del modulador con multiplexación por división de frecuencia ortogonal para la banda CENELEC-A**

Número de puntos de transformada rápida de Fourier (FFT)	$N = 256$
Número de muestras solapadas	$N_O = 8$
Número de muestras de prefijo cíclico	$N_{CP} = 30$
Número de símbolos de encabezamiento de control de trama (FCH)	$N_{FCH} = 13$
Frecuencia de muestreo	$f_s = 0,4 \text{ MHz}$
Número de símbolos en el preámbulo	$N_{pre} = 9,5$

Cuando se utilice la banda CENELEC-A, un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.2.

**Cuadro B.2 – Parámetros de la banda CENELEC-A**

	Número de subportadoras	Primera subportadora (kHz)	Última subportadora (kHz)
CENELEC A	36	35,937 5	90,625

##### B.1.1.2 Banda CENELEC-B

Cuando se utilice la banda CENELEC-B (95-125 kHz), un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.2-1.

**Cuadro B.2-1 – Parámetros de control del modulador con multiplexación por división de frecuencia ortogonal para las bandas CENELEC**

Número de puntos de transformada rápida de Fourier (FFT)	$N = 256$
Número de muestras solapadas	$N_O = 8$
Número de muestras de prefijo cíclico	$N_{CP} = 30$
Número de símbolos de encabezamiento de control de trama (FCH)	$N_{FCH} = 30$
Frecuencia de muestreo	$f_s = 0,4 \text{ MHz}$
Número de símbolos en el preámbulo	$N_{pre} = 9,5$

Cuando se utilice la banda CENELEC-B, un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.3.

**Cuadro B.3 – Parámetros de la banda CENELEC-B**

	Número de subportadoras	Primera subportadora (kHz)	Última subportadora (kHz)
CENELEC B	16	98,437 5	121,875

## B.1.2 Banda FCC

### B.1.2.1 Banda FCC

Cuando se utilice la banda FCC (9 kHz–490 kHz) y la banda FCC, un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.4.

**Cuadro B.4 – Parámetros de control del modulador con multiplexación por división de frecuencia ortogonal para la banda FCC**

Número de puntos FFT	$N = 256$
Número de muestras solapadas	$N_O = 8$
Número de muestras de prefijo cíclico	$N_{CP} = 30$
Número de símbolos FCH	$N_{FCH} = 12$
Frecuencia de muestreo	$f_s = 1,2 \text{ MHz}$
Número de símbolos en el preámbulo	$N_{pre} = 9,5$

Cuando se utilice la banda FCC, un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.5.

**Cuadro B.5 – Parámetros para la banda FCC**

Banda	Número de subportadoras	Primera subportadora (kHz)	Última subportadora (kHz)
FCC	72	154,687 5	487,5

### B.1.2.2 Banda FCC inferior

Cuando se utilice la banda FCC (9 kHz–490 kHz) y la banda FCC inferior, un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.5-1.

**Cuadro B.5-1 – Parámetros de control del modulador con multiplexación por división de frecuencia ortogonal para la banda FCC inferior**

<u>Número de puntos FFT</u>	<u><math>N = 256</math></u>
<u>Número de muestras solapadas</u>	<u><math>N_O = 8</math></u>
<u>Número de muestras de prefijo cíclico</u>	<u><math>N_{CP} = 30</math></u>
<u>Número de símbolos FCH</u>	<u><math>N_{FCH} = 27</math></u>
<u>Frecuencia de muestreo</u>	<u><math>f_s = 1,2 \text{ MHz}</math></u>
<u>Número de símbolos en el preámbulo</u>	<u><math>N_{pre} = 9,5</math></u>

Cuando se utilice la banda FCC inferior, un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.5-2.

**Cuadro B.5-2 – Parámetros para la banda FCC inferior**

<u>Banda</u>	<u>Número de subportadoras</u>	<u>Primera subportadora (kHz)</u>	<u>Última subportadora (kHz)</u>
<u>FCC</u>	<u>33</u>	<u>154,687 5</u>	<u>304,687 5</u>

### **B.1.2.3 Banda FCC superior**

Cuando se utilice la banda FCC (9 kHz–490 kHz) y la banda FCC superior, un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.5-3.

**Cuadro B.5-3 – Parámetros de control del modulador con multiplexación por división de frecuencia ortogonal para la banda FCC superior**

<u>Número de puntos FFT</u>	<u><math>N = 256</math></u>
<u>Número de muestras solapadas</u>	<u><math>N_O = 8</math></u>
<u>Número de muestras de prefijo cíclico</u>	<u><math>N_{CP} = 30</math></u>
<u>Número de símbolos FCH</u>	<u><math>N_{FCH} = 27</math></u>
<u>Frecuencia de muestreo</u>	<u><math>f_s = 1,2 \text{ MHz}</math></u>
<u>Número de símbolos en el preámbulo</u>	<u><math>N_{pre} = 9,5</math></u>

Cuando se utilice la banda FCC superior, un nodo utilizará los parámetros de control especificados en el Cuadro B.5-4.

**Cuadro B.5-4 – Parámetros para la banda FCC superior**

<u>Banda</u>	<u>Número de subportadoras</u>	<u>Primera subportadora (kHz)</u>	<u>Última subportadora (kHz)</u>
<u>FCC</u>	<u>32</u>	<u>337,5</u>	<u>482,812 5</u>

### **B.3 Máscara de densidad espectral de potencia de transmisión**

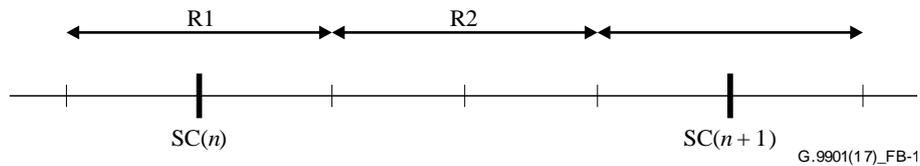
La PHY de [UIT-T G.9903] está configurada para permitir características de enmascaramiento de tono a fin de:

- 1) proporcionar flexibilidad en el cumplimiento de las reglamentaciones regionales; por ejemplo, facilitando la coexistencia con servicios de radiocomunicaciones;
- 2) permitir la coexistencia con otras tecnologías de comunicación por línea eléctrica que funcionan en la misma banda, por ejemplo, con los sistemas con modulación por desplazamiento de fase ampliada (S-FSK) de acuerdo con [CEI 61334-5-1];
- 3) permitir la flexibilidad separando los dominios [UIT-T G.9903] por división de frecuencia; por ejemplo, asignando bandas no solapadas a distintos dominios [UIT-T G.9903].

El transmisor utilizará un esquema apropiado para insertar filtros de banda eliminada profundos en el espectro. En particular, se aplicará el filtro de banda eliminada a dos frecuencias mencionadas en la norma [CEI 61334-5-1] como frecuencias de marca y espacio  $f_M$  y  $f_S$ , a las que se aplicará el citado filtro para que cohabiten con los sistemas S-FSK.

En función de la posición relativa de la frecuencia de filtro de banda eliminada requerida respecto de las subportadoras, algunas de estas últimas quedan enmascaradas. No se envía ningún dato por las subportadoras enmascaradas. De acuerdo con la Figura B.1, si la frecuencia del filtro de banda

eliminada se sitúa en la Región 1,  $SC(n-1)$ ,  $SC(n)$  y  $SC(n+1)$  quedan enmascaradas (tres subportadoras en total). Si la frecuencia del filtro de banda eliminada se sitúa en la Región 2, las dos subportadoras más cercanas en cada lado [es decir,  $SC(n-1)$ ,  $SC(n)$ ,  $SC(n+1)$  y  $SC(n+2)$ ] quedan enmascaradas (cuatro subportadoras en total).



**Figura B.1 – Aplicación del filtro de banda eliminada a las frecuencias**

El mapa de filtros de banda eliminada debería ser un parámetro global que se fija en la fase de inicialización de los dispositivos. Según se describe más arriba, para proporcionar filtros de banda eliminada suficientemente profundos para una banda de frecuencias concreta, es necesario atribuir valor cero a una (a veces dos) subportadoras adicionales antes y después de dicha banda, dependiendo de la posición del filtro de banda eliminada respecto de las subportadoras. Puede utilizarse el pseudocódigo siguiente para decidir entre una o dos subportadoras adicionales.

si  $\text{NotchFreq} / \text{SamplingFreq} \times \text{FFTSize}$  se encuentra en R1

$$Sc(n-1) = Sc(n) = Sc(n+1) = 0;$$

si  $\text{NotchFreq} / \text{SamplingFreq} \times \text{FFTSize}$  se encuentra en R2

$$Sc(n-1) = Sc(n) = Sc(n+1) = Sc(n+2) = 0;$$

$\text{SamplingFreq}$  y  $\text{FFTSize}$  son 400 kHz y 256 respectivamente.

$Sc$  es una matriz que determina qué subportadoras se utilizan para transmitir datos [si  $Sc(i)$  es cero, no se envía ningún dato a través de esa subportadora].

La aplicación del filtro de banda eliminada a las frecuencias reduce el número de tonos activos que se utilizan para transmitir información. Dado que el filtro de banda eliminada se aplica para todas las señales de transmisión, incluyendo FCH, el número de símbolos en FC depende del número de tonos activos.

El siguiente segmento de código puede determinar el número de símbolos de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) que se utilizan para transmitir FC de 33 bits:

```
fcSize = 33; // Tamaño de FC
```

```
rxFCSymNum = ceil(((fcSize + 6) * 2 * 6) / freqNum);
```

donde  $\text{freqNum}$  es el número de subportadoras disponibles después de la aplicación del filtro de banda eliminada a la frecuencia y  $\text{ceil}$  es la función de redondeo a la unidad superior.

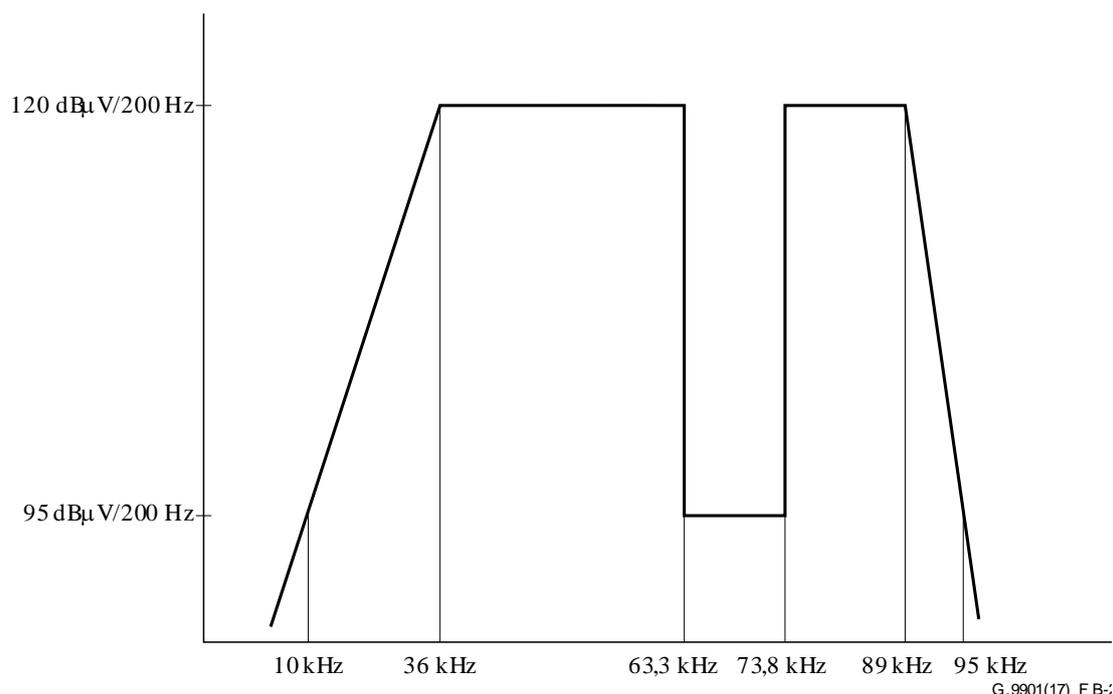
Por ejemplo, en caso de coexistencia con [IEC 61334-5-1], con el fin de reducir al mínimo sus efectos en la señal S-FSK, el modem OFDM no transmitirá ninguna señal entre frecuencias S-FSK, es decir, en la banda de 63 kHz–74 kHz. Las subportadoras a las que se ha aplicado el filtro de banda eliminada en este modo se muestran en el Cuadro B.6.

**Cuadro B.6 – Subportadoras a las que se ha aplicado el filtro de banda eliminada en modo de cohabitación**

Subportadora número	Frecuencia de la subportadora
39	60,937 5
40	62,500 0
41	64,062 5
42	65,625 0
43	67,187 5
44	68,750 0
45	70,312 5
46	71,875 0
47	73,437 5
48	75,000 0
49	76,562 5

En consecuencia, 11 subportadoras no pueden transmitir datos. Considerando el hecho de que hay un total de 36 subportadoras disponibles, quedan 25 subportadoras para la transmisión de datos, lo cual resulta en FC con 19 símbolos OFDM ya que  $\text{ceil} [(33 + 6) \times 2 \times 6/25] = 19$ .

Todas las estaciones deberán utilizar una máscara de tono en las subportadoras especificada en cada subestación a fin de satisfacer la máscara de espectro de transmisión. La PSD transmitida de la frecuencia ranurada estará 25 dB por debajo de los límites especificados para el resto de las subportadoras – véase por ejemplo la Figura B.2.



**Figura B.2 – Espectro con dos filtros de banda eliminada insertados para cohabitar con el módem de comunicación por línea eléctrica con modulación por desplazamiento de fase ampliada**

Las mediciones se hacen utilizando un analizador de espectro con una anchura de banda de resolución de 200 Hz y un detector de cuasi-cresta. El transmisor deberá configurarse para que transmita repetidamente paquetes de esquema de datos de máxima longitud.

### **B.3.1 Transmisión no esencial**

El fabricante tiene la obligación de garantizar que las transmisiones no esenciales se adapten a la reglamentación en vigor en el país en el que se utiliza esta estación.

## Anexo C

### Especificaciones de densidad espectral de potencia para transceptores PRIME

(Este anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

NOTA – En este anexo se presentan las especificaciones de PSD relacionadas con la Recomendación UIT-T G.9904.

#### C.1 Introducción

En este anexo se presentan las especificaciones de PSD relacionadas con [UIT-T G.9904]. La Recomendación UIT-T G.9904 es un esquema de comunicaciones PLC con OFDM en la banda CENELEC A, como se define en el cuerpo de la presente Recomendación. La entidad PHY utiliza frecuencias de la banda 3 kHz–95 kHz y se limita a aplicaciones para el seguimiento o el control de la red de distribución de bajo voltaje, incluida la utilización de energía de los equipos e instalaciones conectadas. Sin embargo, es bien sabido que las frecuencias inferiores a 40 kHz presentan diversos problemas en las líneas eléctricas de baja tensión (LV) típicas. Por ejemplo:

- el módulo de la impedancia de carga para los transmisores es a veces inferior a  $1 \Omega$ , especialmente en el caso de nodos base situados en los transformadores;
- la amplitud del ruido de fondo de color, que está siempre presente en las líneas de energía eléctrica y viene provocado por la suma de numerosas fuentes de ruido de potencia relativamente baja, aumenta exponencialmente hacia las frecuencias más bajas;
- las salas de medidores plantean un problema adicional, pues se sabe que el comportamiento del usuario tiene una mayor repercusión sobre las propiedades del canal a bajas frecuencias; es decir, el funcionamiento de todo tipo de electrodomésticos provoca una variación en el tiempo significativa e impredecible tanto de las características de la función de transferencia como de las hipótesis de ruido.

En consecuencia, la señal OFDM utilizará una anchura de banda de 47,363 kHz situada en las frecuencias elevadas de la banda CENELEC-A.

La propia señal OFDM empleará 97 subportadoras equiespaciadas (96 de datos y 1 piloto) con un breve prefijo.

#### C.2 Parámetros PHY

En el Cuadro C.1 se presentan los parámetros de control y temporización OFDM.

**Cuadro C.1 – Parámetros de frecuencia y temporización de PHY PRIME**

Reloj en banda base (Hz)	250 000	
Separación de las subportadoras (Hz)	488,281 25	
Número de subportadoras de datos	84 (encabezamiento)	96 (cabida útil)
Número de subportadoras piloto	13 (encabezamiento)	1 (cabida útil)
Intervalo FFT (muestras)	512	
Intervalo FFT ( $\mu$ s)	2 048	
Prefijo cíclico (muestras)	48	
Prefijo cíclico ( $\mu$ s)	192	
Intervalo de símbolo (muestras)	560	
Intervalo de símbolos ( $\mu$ s)	2 240	
Periodo del preámbulo ( $\mu$ s)	2 048	

### **C.3 Banda CENELEC**

Las frecuencias de comienzo y final son:  $f_s = 41\ 992\ \text{Hz}$  y  $f_f = 88\ 867\ \text{Hz}$ , respectivamente.





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación