



Origen: Documento 9/80

## Comisión de Estudio 9 de Radiocomunicaciones

### PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE LA RECOMENDACIÓN UIT-R F.763-4

#### **Transmisión de datos por circuitos de ondas decamétricas que utilizan modulación por desplazamiento de fase o modulación de amplitud en cuadratura**

(Cuestión UIT-R 145/9)

(1992-1994-1995-1997-1999)

#### **1 Resumen**

Esta Recomendación se refiere a sistemas de transmisión de datos por canales de ondas decamétricas utilizando MDP o modulación de amplitud en cuadratura. En el Anexo 6 figura información sobre la transmisión de datos a velocidades entre 3 200 y 12 800 bit/s.

#### **2 Proyecto de modificación**

Añádase un nuevo *recomienda* siguiente:

**6** que para las transmisiones de datos con velocidades binarias comprendidas entre 3 200 y 12 800 bit/s utilizando módems de transmisión serie, las características preferentes del sistema sean las descritas en el Anexo 6.

Añádase el nuevo Anexo que figura en el Suplemento.

**Suplemento:** 1

## SUPLEMENTO

### Anexo 6

#### **Formas de onda de gran velocidad de datos en 3 200/4 800/6 400/8 000/9 600/12 800 bit/s con un módem de transmisión serie por circuitos de ondas decamétricas**

##### **1 Introducción**

Este Anexo ofrece una descripción detallada de las formas de ondas de módem con las que se asegura el funcionamiento en las redes radioeléctricas de ondas decamétricas. También se conoce a esta familia de formas de onda como STANAG 4539. Se describe una familia de formas de onda autoidentificadas para el funcionamiento codificado desde 3 200 bit/s a 9 600 bit/s (con funcionamiento sin codificar opcional en 12 800 bit/s). El aspecto de autoidentificación<sup>1</sup> de esta familia de formas de onda permite la adaptación rápida de la modulación para responder a las condiciones cambiantes del canal. Los aspectos clave de esta forma de onda son:

- a) Capacidad para rastrear un canal de ondas decamétricas con un desvanecimiento multitrayecto de 3-5 ms.
- b) Capacidad para corregir errores causados por el desvanecimiento, la propagación multitrayecto y el ruido.
- c) Requisito de anchura de banda de paso del equipo: 300 a 3 050 Hz.
- d) Velocidad de datos automática y detección de entrelazado.
- e) Capacidad para tolerar una deriva de  $\pm 75$  Hz entre las portadoras de ondas decamétricas de transmisión y de recepción.

##### **1.1 Panorámica**

Este punto presenta una forma de onda de módem y una codificación para velocidades de datos de 3 200, 4 800, 6 400, 8 000, 9 600 y la del funcionamiento opcional sin codificar de 12 800 bit/s.

Se utiliza un entrelazador de bloque para obtener 6 longitudes de entrelazado que van desde 0,12 a 8,64 s. Se emplea una opción única de codificación, con longitud restringida 7, y código convolucional de tasa 1/2, perforado con índice 3/4 para todas las velocidades de datos. Se sigue el enfoque de corte completo de cola para producir códigos de bloque a partir de este código convolucional que tienen la misma longitud que el entrelazador.

Los valores de la velocidad de datos y del entrelazador se transmiten explícitamente en la onda, formando parte del preámbulo inicial y posteriormente de forma periódica como preámbulo reinsertado y en los bloques de símbolos periódicos conocidos. Este aspecto de autoidentificación es importante al elaborar protocolos eficaces (ARQ) para los canales de ondas decamétricas. El módem de recepción es capaz de deducir los valores de la velocidad de datos y del entrelazador a partir del preámbulo o de la parte de datos posterior de la onda.

---

<sup>1</sup> Los símbolos enviados en las fases de preámbulo y de prueba del canal especifican la velocidad de datos y la profundidad del entrelazador.

## 1.2 Modulación

La velocidad de símbolos para todos ellos es de 2 400 símbolos por segundo, lo que debe ser preciso con un mínimo de  $\pm 0,024$  símbolos por segundo (10 ppm) cuando el reloj de datos de transmisión se genera en el módem y no viene dado por el equipo terminal de datos (ETD). Se utilizan las técnicas de modulación por desplazamiento de fase (MDP) y de modulación de amplitud en cuadratura (MAQ). La subportadora (o el par de subportadoras en cuadratura en el caso de la MAQ) está centrada en 1 800 Hz con una precisión de 0,018 Hz (10 ppm). La fase de la subportadora en cuadratura respecto a la de la portadora en fase es de 90 grados. La densidad espectral de potencia de la señal de salida del modulador se impone a un valor mínimo de 20 dB por debajo del nivel de la señal medida en 1 800 Hz, probándola fuera de la banda comprendida entre 200 Hz y 3 400 Hz. El filtro empleado debe introducir un rizado no superior a  $\pm 2$  dB en la gama comprendida entre 800 Hz y 2 800 Hz. El filtro utilizado es un filtro de Nyquist de raíz cuadrada con  $\alpha = 0,35$ .

### 1.2.1 Símbolos conocidos

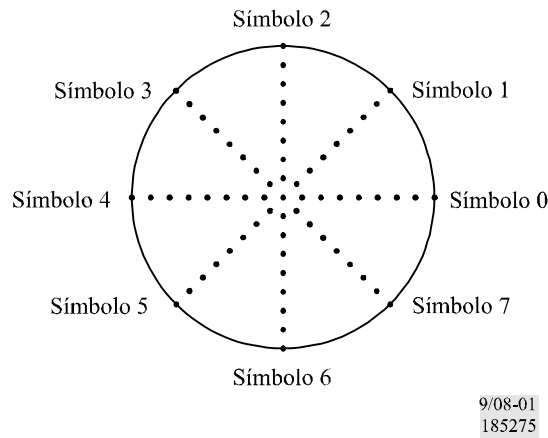
Para todos los símbolos conocidos, la modulación utilizada es la MDP con la correspondencia de símbolos que se representan en el Cuadro 1 y la Fig. 1. No se aplica la aleatorización a los símbolos conocidos.

CUADRO 1

Correspondencia de símbolos MDP-8

Número de símbolo	Fase	En fase	Cuadratura
0	0	1,000000	0,000000
1	$\pi/4$	0,707107	0,707107
2	$\pi/2$	0,000000	1,000000
3	$3\pi/4$	-0,707107	0,707107
4	$\pi$	-1,000000	0,000000
5	$5\pi/4$	-0,707107	-0,707107
6	$3\pi/2$	0,000000	-1,000000
7	$7\pi/4$	0,707107	-0,707107

FIGURA 1  
Constelación de la señal MDP-8 y correspondencia de símbolos



### 1.2.2 Símbolos de datos

Para los símbolos de datos, la modulación utilizada dependerá de la velocidad de los datos. El Cuadro 2 describe la modulación utilizada con cada velocidad de datos.

CUADRO 2  
Modulación utilizada para obtener cada velocidad de datos

Velocidad de datos (bit/s)	Modulación
3 200	MDPQ
4 800	MDP-8
6 400	MAQ-16
8 000	MAQ-32
9 600	MAQ-64
12 800	MAQ-64

Las constelaciones MAQ-16 y MAQ-32 emplean anillos MDP múltiples para mantener una buena relación entre valores de cresta y valores medios, y la constelación MAQ-64 es una variante de la constelación MAQ cuadrada normalizada, que se ha modificado para mejorar la relación entre valor de cresta y valor medio.

#### 1.2.2.1 Símbolos de datos MDP

En las constelaciones MDP, se distingue entre las velocidades de datos y el número de símbolos, a efectos de la aleatorización de la modulación MDPQ para que aparezcan como MDP-8 en el aire. La aleatorización se efectúa como adición módulo 8 de una secuencia de aleatorización al número de símbolos MDP-8. La transcodificación es una operación que vincula un símbolo que ha de transmitirse a un grupo de bits de datos.

### 1.2.2.1.1 Correspondencia de símbolos MDPQ-4

Para la velocidad de datos de usuario de 3 200 bit/s la transcodificación se logra vinculando uno de los símbolos especificados en el Cuadro 1 a un conjunto de dos bits de datos consecutivos (dibit), tal como se indica en el Cuadro 3. En este Cuadro, el bit situado más a la izquierda del dibit es el bit más antiguo, es decir, el que se ha tomado del entrelazador antes del bit situado más a la derecha.

CUADRO 3

#### Transcodificación para 3 200 bit/s

Dibit	Símbolo
00	0
01	2
11	4
10	6

### 1.2.2.1.2 Correspondencia de símbolos MDP-8

Para la velocidad de datos de usuario de 4 800 bit/s, la transcodificación se logra vinculando un símbolo a un conjunto de tres bits de datos consecutivos (tribit) tal como se muestra en el Cuadro 4. En este Cuadro, el bit situado más a la izquierda del grupo tribit es el bit más antiguo, es decir, el que se ha tomado del entrelazador antes de los otros dos, y el situado más a la derecha es el bit más reciente.

CUADRO 4

#### Transcodificación para 4 800 bit/s

Tribit	Símbolo
000	1
001	0
010	2
011	3
100	6
101	7
110	5
111	4

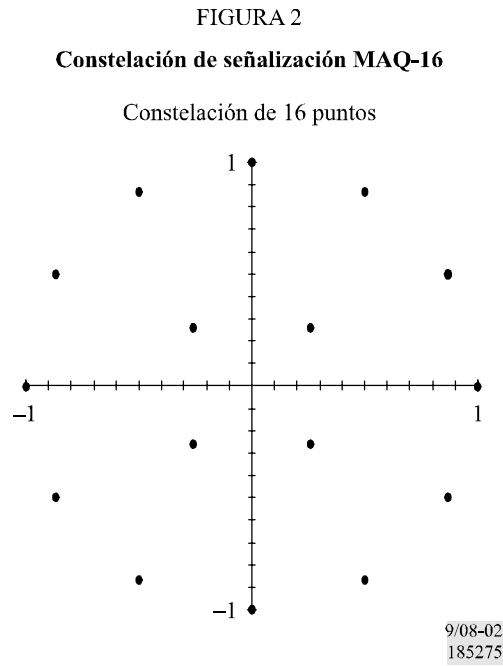
### 1.2.2.1.3 Símbolos de datos MAQ

Para las constelaciones MAQ no se hace distinción entre el número formado directamente a partir de los bits de datos y el número de símbolos. Cada conjunto de 4 bits (MAQ-16), y de 5 bits (MAQ-32) o de 6 bits (MAQ-64) se hace corresponder directamente con un símbolo MAQ. Por ejemplo, el grupo de cuatro bits 0111 se correspondería con el símbolo 7 en la constelación MAQ-16, mientras que el grupo de 6 bits 100011 se correspondería con el símbolo 35 en la constelación MAQ-64. Una vez más, en cada caso, el bit situado más a la izquierda es el más antiguo, es decir, el que se ha tomado del entrelazador antes de los otros bits, y el bit situado más a la derecha es el bit más reciente.

La correspondencia de los bits con símbolos para las constelaciones MAQ se ha seleccionado de forma que se minimice el número de errores binarios cometidos cuando los errores incluyen puntos de señalización adyacentes en la constelación.

#### 1.2.2.1.4 Constelación MAQ-16

Los puntos de la constelación MAQ-16 se representan en la Fig. 2 y se describen en términos de sus componentes en fase y en cuadratura en el Cuadro 5. Como puede verse en la Figura, la constelación MAQ-16 comprende dos anillos MDP: símbolos MDP-4 interiores y símbolos MDP-12 exteriores.



CUADRO 5

**Componentes en fase y en cuadratura de cada símbolo MAQ-16**

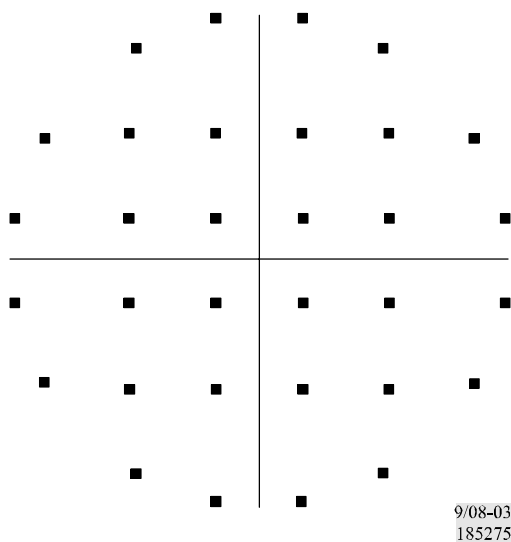
<b>Número de símbolo</b>	<b>En fase</b>	<b>Cuadratura</b>
0	0,866025	0,500000
1	0,500000	0,866025
2	1,000000	0,000000
3	0,258819	0,258819
4	-0,500000	0,866025
5	0,000000	1,000000
6	-0,866025	0,500000
7	-0,258819	0,258819
8	0,500000	-0,866025
9	0,000000	-1,000000
10	0,866025	-0,500000
11	0,258819	-0,258819
12	-0,866025	-0,500000
13	-0,500000	-0,866025
14	-1,000000	0,000000
15	-0,258819	-0,258819

**1.2.2.1.5 Constelación MAQ-32**

Los puntos de la constelación MAQ-32 se representan en la Fig. 3 y se especifican en términos de sus componentes en fase y en cuadratura en el Cuadro 6. Esta constelación contiene un anillo exterior de 16 símbolos y un cuadrado interior de 16 símbolos.

FIGURA3

Constelación de señalización MAQ-32



CUADRO 6

Componentes en fase y en cuadratura de cada símbolo MAQ-32

Número de símbolo	En fase	En cuadratura	Número de símbolo	En fase	En cuadratura
0	0,866380	0,499386	16	0,866380	-0,499386
1	0,984849	0,173415	17	0,984849	-0,173415
2	0,499386	0,866380	18	0,499386	-0,866380
3	0,173415	0,984849	19	0,173415	-0,984849
4	0,520246	0,520246	20	0,520246	-0,520246
5	0,520246	0,173415	21	0,520246	-0,173415
6	0,173415	0,520246	22	0,173415	-0,520246
7	0,173415	0,173415	23	0,173415	-0,173415
8	-0,866380	0,499386	24	-0,866380	-0,499386
9	-0,984849	0,173415	25	-0,984849	-0,173415
10	-0,499386	0,866380	26	-0,499386	-0,866380
11	-0,173415	0,984849	27	-0,173415	-0,984849
12	-0,520246	0,520246	28	-0,520246	-0,520246
13	-0,520246	0,173415	29	-0,520246	-0,173415
14	-0,173415	0,520246	30	-0,173415	-0,520246
15	-0,173415	0,173415	31	-0,173415	-0,173415

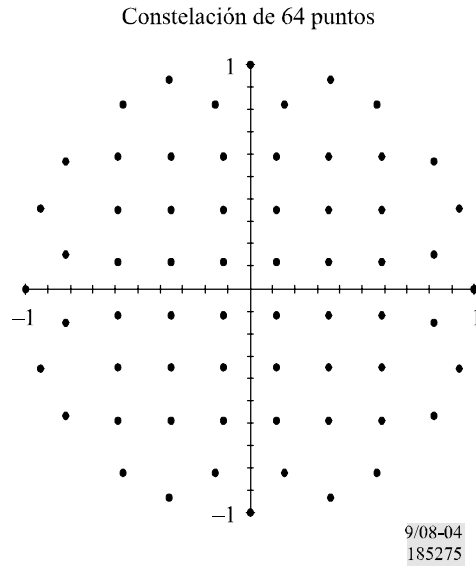
### 1.2.2.1.6 Constelación MAQ-64

Los puntos de la constelación utilizada para la modulación MAQ-64 se representan en la Fig. 4 y se definen en términos de sus componentes en fase y en cuadratura en el Cuadro 7. Esta constelación



es una variación de la constelación normal cuadrada  $8 \times 8$  que logra una mejor relación entre los valores de cresta/promedio sin sacrificar las propiedades muy buenas del código pseudo-Gray de la constelación cuadrada.

FIGURA 4  
Constelación de señalización MAQ-64



CUADRO 7

Componentes en fase y en cuadratura de cada símbolo MAQ-64

Número de símbolo	En fase	En cuadratura	Número de símbolo	En fase	En cuadratura
0	1,000000	0,000000	32	0,000000	1,000000
1	0,822878	0,568218	33	-0,822878	0,568218
2	0,821137	0,152996	34	-0,821137	0,152996
3	0,932897	0,360142	35	-0,932897	0,360142
4	0,000000	-1,000000	36	-1,000000	0,000000
5	0,822878	-0,568218	37	-0,822878	-0,568218
6	0,821137	-0,152996	38	-0,821137	-0,152996
7	0,932897	-0,360142	39	-0,932897	-0,360142
8	0,568218	0,822878	40	-0,568218	0,822878

CUADRO 7 (continuación)

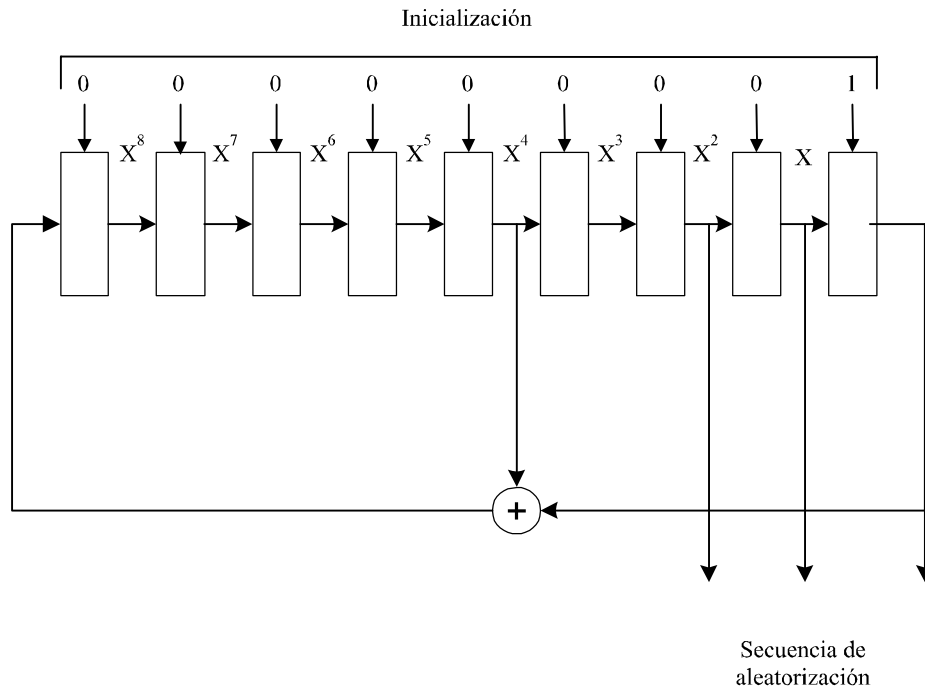
Número de símbolo	En fase	En cuadratura	Número de símbolo	En fase	En cuadratura
9	0,588429	0,588429	41	-0,588429	0,588429
10	0,588429	0,117686	42	-0,588429	0,117686
11	0,588429	0,353057	43	-0,588429	0,353057
12	0,568218	-0,822878	44	-0,568218	-0,822878
13	0,588429	-0,588429	45	-0,588429	-0,588429
14	0,588429	-0,117686	46	-0,588429	-0,117686
15	0,588429	-0,353057	47	-0,588429	-0,353057
16	0,152996	0,821137	48	-0,152996	0,821137
17	0,117686	0,588429	49	-0,117686	0,588429
18	0,117686	0,117686	50	-0,117686	0,117686
19	0,117686	0,353057	51	-0,117686	0,353057
20	0,152996	-0,821137	52	-0,152996	-0,821137
21	0,117686	-0,588429	53	-0,117686	-0,588429
22	0,117686	-0,117686	54	-0,117686	-0,117686
23	0,117686	-0,353057	55	-0,117686	-0,353057
24	0,360142	0,932897	56	-0,360142	0,932897
25	0,353057	0,588429	57	-0,353057	0,588429
26	0,353057	0,117686	58	-0,353057	0,117686
27	0,353057	0,353057	59	-0,353057	0,353057
28	0,360142	-0,932897	60	-0,360142	-0,932897
29	0,353057	-0,588429	61	-0,353057	-0,588429
30	0,353057	-0,117686	62	-0,353057	-0,117686
31	0,353057	-0,353057	63	-0,353057	-0,353057

### 1.2.3 Aleatorización de datos

Los símbolos de datos para la constelación de símbolos MDP-8 (3 200 bit/s, 4 800 bit/s) se aleatorizan mediante una adición de módulo 8 con una secuencia de aleatorización. Los símbolos de datos para las constelaciones MAQ-16, MAQ-32 y MAQ-64 se aleatorizan utilizando una operación O exclusiva (XOR). Secuencialmente, se aplica a los bits de datos que forman cada símbolo (4 para MAQ-16, 5 para MAQ-32 y 6 para MAQ-64) una operación XOR con un número igual de bits procedentes de la secuencia de aleatorización. En todos los casos, el polinomio generador de la secuencia de aleatorizador es  $x^9 + x^4 + 1$  y el generador se inicializa en 1 al principio de cada trama de datos. La Fig. 5 muestra un diagrama de bloques del generador de la secuencia de aleatorización.

FIGURA 5

Generador de secuencia de aleatorización que ilustra el generador de aleatorización para símbolos MDP- 8



9/08-05  
185275

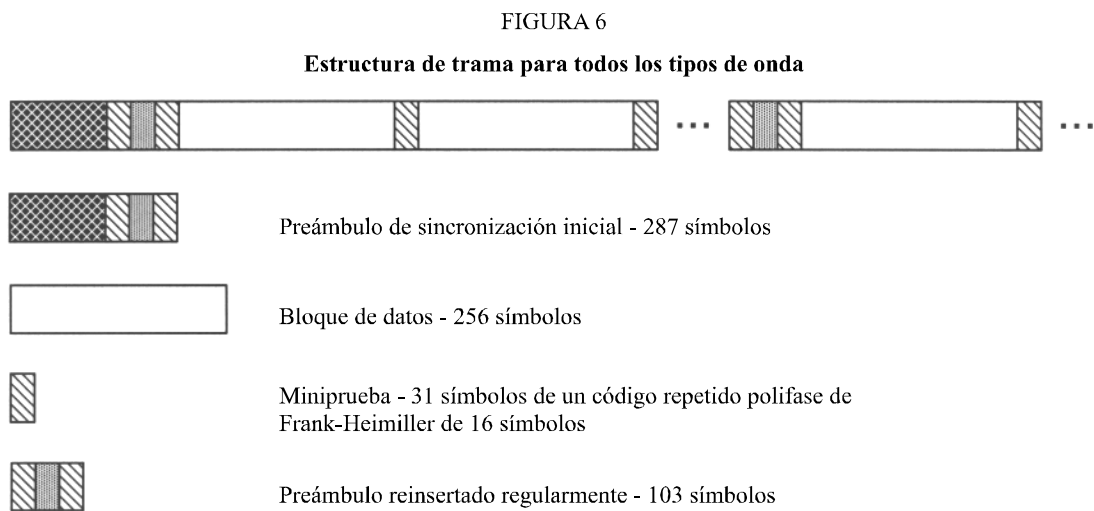
Para los símbolos MDP-8 (3 200 bit/s y 4 800 bit/s), la aleatorización se efectúa tomando la suma en módulo 8 del valor numérico del trio binario compuesto por los tres últimos bits (más a la derecha) del registro de desplazamiento y el número de símbolo (valor transcodificado). Por ejemplo, si los últimos tres bits del registro de desplazamiento de la secuencia de aleatorización fuesen 010, lo que tiene un valor numérico igual a 2, y el número de símbolo antes de la aleatorización fuese 6, se transmitiría el símbolo 0 pues:  $(6 + 2) \text{ módulo } 8 = 0$ . Para símbolos MAQ-16, la aleatorización se efectúa aplicando la operación XOR en el número de 4 bits compuestos por los cuatro últimos bits (más a la derecha) del registro de desplazamiento con el número de símbolo. Por ejemplo, si los últimos cuatro bits del registro de desplazamiento de la secuencia de aleatorización fuesen 0101 y el número de símbolo MAQ-16 antes de la aleatorización era 3 (es decir, 0011), se transmitiría el símbolo 6 (0110). Para símbolos MAQ-32, la aleatorización se efectúa aplicando la operación XOR en el número de 5 bits formado por los últimos cinco bits (más a la derecha) del registro de desplazamiento con el número de símbolo. Para símbolos MAQ-64, la aleatorización se efectúa aplicando la operación XOR al número de 6 bits formado por los últimos seis bits (más a la derecha) del registro de desplazamiento con el número de símbolo.

Tras aleatorizar cada símbolo de datos, el generador se repite (se desliza) el número necesario de veces para producir todos los nuevos bits que se utilizarán en la aleatorización del siguiente símbolo (es decir 3 repeticiones para MDP-8, 4 repeticiones para MAQ-16, 5 repeticiones para MAQ-32 y 6 repeticiones para MAQ-64). Como el generador se ha repetido después de utilizar los bits, el primer símbolo de datos de cada trama de datos debe aleatorizarse mediante el número apropiado de bits a partir del valor de inicialización de 00000001.

La longitud de la secuencia de aleatorización es de 511 bits. Para un bloque de datos de 256 símbolos con 6 bits por símbolo, esto significa que la secuencia de aleatorización se repetirá apenas algo más que tres veces, aunque en términos de símbolos no habrá repetición.

### 1.3 Estructura de trama

La estructura de trama utilizada para los tipos de onda de este Anexo se representa en la Fig. 6. A un preámbulo de símbolo 287 inicial le siguen 72 tramas en alternancia de datos y símbolos conocidos. Cada trama de datos tiene un bloque de datos compuesto de 256 símbolos de datos, seguidos de una miniprueba de 31 símbolos de datos conocidos. Tras las 72 tramas de datos, se reinserta un subconjunto de 72 símbolos del preámbulo inicial a fin de facilitar la adquisición tardía, la eliminación de la deriva Doppler y el ajuste de la sincronización. La longitud total de los datos conocidos en este segmento es realmente de 103 símbolos: los 72 símbolos de preámbulo reinsertados más el segmento precedente de miniprueba de 31 símbolos que sigue al último bloque de datos de 256 símbolos.



9/08-06  
185275

#### 1.3.1 Sincronización y preámbulos reinsertados

El preámbulo de sincronización se utiliza para la sincronización inicial rápida. El preámbulo reinsertado se utiliza para facilitar la adquisición de una transmisión en curso (adquisición de datos).

##### 1.3.1.1 Preámbulo de sincronización

El preámbulo de sincronización consta de dos partes. La primera parte se compone de al menos N bloques de 184 símbolos MDP-8 que se utilizarán exclusivamente para el CAG de la etapa radioeléctrica y el módem. El valor de N es configurable y oscila en valores comprendidos entre 0 y 7 (para N = 0 esta primera sección no se envía). Estos 184 símbolos se forman tomando la conjugada compleja de los primeros 184 símbolos de la secuencia especificada más adelante para la segunda sección.

La segunda sección consta de 287 símbolos. Los primeros 184 símbolos se destinan exclusivamente a la sincronización y a la eliminación de la deriva Doppler, mientras que los últimos 103 símbolos, que son comunes al preámbulo reinsertado, cursan también información relativa a la velocidad de datos y a los parámetros del entrelazador. Expresándola en términos de frecuencia de símbolos MDP-8 y utilizando los números de símbolos del Cuadro 1, la segunda sección del preámbulo de sincronización es como sigue:

1, 5, 1, 3, 6, 1, 3, 1, 1, 6, 3, 7, 7, 3, 5, 4, 3, 6, 6, 4, 5, 4, 0,  
2, 2, 2, 6, 0, 7, 5, 7, 4, 0, 7, 5, 7, 1, 6, 1, 0, 5, 2, 2, 6, 2, 3,  
6, 0, 0, 5, 1, 4, 2, 2, 2, 3, 4, 0, 6, 2, 7, 4, 3, 3, 7, 2, 0, 2, 6,  
4, 4, 1, 7, 6, 2, 0, 6, 2, 3, 6, 7, 4, 3, 6, 1, 3, 7, 4, 6, 5, 7, 2,  
0, 1, 1, 1, 4, 4, 0, 0, 5, 7, 7, 4, 7, 3, 5, 4, 1, 6, 5, 6, 6, 4, 6,  
3, 4, 3, 0, 7, 1, 3, 4, 7, 0, 1, 4, 3, 3, 3, 5, 1, 1, 1, 4, 6, 1, 0,  
6, 0, 1, 3, 1, 4, 1, 7, 7, 6, 3, 0, 0, 7, 2, 7, 2, 0, 2, 6, 1, 1, 1,  
2, 7, 7, 5, 3, 3, 6, 0, 5, 3, 3, 1, 0, 7, 1, 1, 0, 3, 0, 4, 0, 7, 3,

0, 0, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 0, 4, 0, 4, 0, 6, 4, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 0, 4, 0, 4, 0, 6, 4,  
2,

(D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0 + 0, 4, 0, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 0, 0, 0, 0)  
Módulo 8

(D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1 + 0, 4, 0, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 0, 0, 0, 0)  
Módulo 8

(D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2 + 0, 4, 0, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 0, 0, 0, 0)  
Módulo 8

6,

4, 4, 4, 4, 4, 6, 0, 2, 4, 0, 4, 0, 4, 2, 0, 6, 4, 4, 4, 4, 4, 6, 0, 2, 4, 0, 4, 0, 4, 2, 0.

donde los símbolos de datos  $D_0$ ,  $D_1$  y  $D_2$  toman uno de los 30 grupos de valores seleccionados del Cuadro 8 para indicar la velocidad de datos y los parámetros del entrelazador. Las operaciones de módulo tienen por objeto significar que cada uno de los valores D se utilizan para derivar la fase de un código Barker de 13 bits de longitud (0101001100000) realizando la suma en módulo 8 del valor D con cada uno de los valores del código Barker de 13 fases (0 ó 4). Esta operación puede codificar 6 bits de información utilizando la modulación MDP-4 de los códigos Barker de 13 bits (segmentos). Como las tres secuencias de código Barker ocupan únicamente 39 símbolos, las minipruebas de 31 símbolos se alargan hasta 32 símbolos cada una a fin de prever los dos símbolos adicionales necesarios para rellenar los tres códigos de Barker de 13 símbolos hasta un total de 41 símbolos.

CUADRO 8

**Valores de los símbolos MDP-8 D0, D1 y D2  
en función de la velocidad de datos y de la longitud del entrelazador**

Velocidad de datos (bit/s)	Longitud del entrelazador en tramas (bloque de datos de 256 símbolos)					
	1	3	9	18	36	72
3 200	0,0,4	0,2,6	0,2,4	2,0,6	2,0,4	2,2,6
4 800	0,6,2	0,4,0	0,4,2	2,6,0	2,6,2	2,4,0
6 400	0,6,4	0,4,6	0,4,4	2,6,6	2,6,4	2,4,6
8 000	6,0,2	6,2,0	6,2,2	4,0,0	4,0,2	4,2,0
9 600	6,0,4	6,2,6	6,2,4	4,0,6	4,0,4	4,2,6
12 800	6,6,2*	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

\* Para 12 800 bit/s 1 entrelazador de tramas se interpreta como falta de entrelazado.

La correspondencia escogida para crear el Cuadro 8 utiliza 3 bits en cada caso para especificar la velocidad de datos y la longitud del entrelazador. Los 3 bits de velocidad de datos son los tres bits más significativos (MSB) de los 3 símbolos dibit y los bits de la longitud del entrelazador son los bits menos significativos (LSB). La fase del código Barker se determina a partir de las 3 palabras dibit resultantes de la utilización del Cuadro 3, que es el Cuadro de transcodificación de dibit. Los 3 bits de velocidad de datos y las correspondencias de la longitud del entrelazador se representan en el Cuadro 9. Véase que la transcodificación tiene el efecto de situar los 3 bits de la longitud del entrelazador en cuadratura con los 3 bits de velocidad de datos.

CUADRO 9

**Esquemas binarios para especificar la velocidad de datos y la longitud del entrelazador**

Datos	Correspondencia de 3 bits	Longitud del entrelazador	Correspondencia de 3 bits	Nombre
3 200	001	1 Trama	001	Ultra breve (US)
4 800	010	3 Tramas	010	Muy breve (VS)
6 400	011	9 Tramas	011	Breve (S)
8 000	100	18 Tramas	100	Media (M)
9 600	101	36 Tramas	101	Larga (L)
12 800	110	72 Tramas	110	Muy larga (VL)

Como el código Barker está desequilibrado en términos del número de ceros y unos, se han elegido esquemas de 3 bits para evitar los esquemas 000 ó 111 con el fin de minimizar el desequilibrio en los tres símbolos combinados. Más específicamente, se cambia siempre la fase de una de las tres repeticiones del código Barker que aparece en cada uno de los componentes en cuadratura, en 180 grados respecto a los otros dos. Ello se traduce en un desequilibrio neto en cada componente en cuadratura de los 39 símbolos que provoca siempre una distribución de 17 a 22, en vez de ser siempre de 12 a 27.

### 1.3.1.2 Preámbulo reinsertado

El preámbulo insertado es idéntico a los 72 símbolos finales del preámbulo de sincronización. De hecho, los 103 símbolos finales son comunes al preámbulo de sincronización y al bloque contiguo compuesto del preámbulo reinsertado y de la miniprueba que le precede inmediatamente. Los 103 símbolos de datos conocidos (incluyendo la miniprueba de 31 símbolos de la trama de datos precedente) son pues:

0, 0, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 0, 4, 0, 4, 0, 6, 4, 2, 0, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 0, 4, 0, 4, 0, 6, 4, 2, (D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0, D0 + 0, 4, 0, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 0, 0, 0, 0) Módulo 8 (D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1, D1 + 0, 4, 0, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 0, 0, 0, 0) Módulo 8 (D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2, D2 + 0, 4, 0, 4, 0, 0, 4, 4, 0, 0, 0, 0, 0) Módulo 8 6, 4, 4, 4, 4, 4, 6, 0, 2, 4, 0, 4, 0, 4, 2, 0, 6, 4, 4, 4, 4, 4, 6, 0, 2, 4, 0, 4, 0, 4, 2, 0.
---

en donde los símbolos de datos  $D_0$ ,  $D_1$  y  $D_2$  adoptan de nuevo uno de los 30 juegos de valores seleccionados a partir del Cuadro 8 para indicar la velocidad de datos y los parámetros del entrelazador que se describen en el punto relativo al preámbulo de sincronización. Véase que los primeros 31 de estos símbolos preceden inmediatamente la miniprueba que sigue al último de los 72 bloques de datos.

### 1.3.2 Minipruebas

Se insertan minipruebas con una longitud de 31 símbolos tras cada bloque de datos de 256 símbolos y al final de cada preámbulo (en cuyo caso se consideran que forman parte de éste). Utilizando la correspondencia de símbolos MDP-8, cada miniprueba se basa en la secuencia repetida de Frank-Heimiller. La secuencia que se utiliza, especificada en términos de los números de símbolo MDP-8 viene dada por:

0, 0, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 0, 4, 0, 4, 0, 6, 4, 2, 0, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 0, 4, 0, 4, 0, 6, 4.

Esta miniprueba se designará como «+». La versión con fase invertida de ella es:

4, 4, 4, 4, 4, 6, 0, 2, 4, 0, 4, 0, 4, 2, 0, 6, 4, 4, 4, 4, 4, 6, 0, 2, 4, 0, 4, 0, 4, 2, 0.

y las minipruebas que utilizan esta secuencia se designarán como «-», pues la fase de cada símbolo se ha girado 180 grados respecto a la de «+».

Hay un total de 73 minipruebas para cada grupo de 72 bloques de datos. Por motivos de conveniencia, se numera secuencialmente cada miniprueba, definiendo la miniprueba 0 como la de los últimos 31 símbolos del preámbulo precedente (reinsertado), y la miniprueba 1 es la que sigue al primer bloque de datos tras un preámbulo (reinsertado). La miniprueba 72 sigue al 72º bloque de datos y es también el primer grupo de 31 símbolos del siguiente preámbulo reinsertado de 103 símbolos. Se han definido las minipruebas 0 y 72 como la parte del preámbulo de reinsertación que tiene los signos - y + respectivamente. La información de velocidad de datos y de longitud del entrelazador codificada en los preámbulos de sincronización y reinsertado se codifica también en

minipruebas numeradas 1 a 72. Estas 72 minipruebas se agrupan en cuatro grupos de 18 minipruebas consecutivas (1 a 18, 19 a 36, 37 a 54 y 55 a 72). Véase que el bloque de datos de 256 símbolos que sigue inmediatamente a la miniprueba 18<sup>a</sup>, en cada uno de los primeros tres grupos, es también el primer bloque de datos de un bloque entrelazador con longitudes de trama de 1, 3, 9 y 18. El bloque entrelazador de longitud 36 empieza tras el segundo grupo y se inicia un preámbulo reinsertado después del cuarto grupo. Esta estructura permite que los datos empiecen a demodularse tan pronto como se conoce el contorno del entrelazador.

Cada secuencia de 18 minipruebas consta de siete signos -, un signo +, seguido de seis valores de signo que son independientes de la velocidad de datos y de la longitud del entrelazador, tres valores de signo que especifican de cuál de los cuatro grupos de 18 minipruebas se trata y finalmente un signo +. Para el cuarto grupo este signo + final (miniprueba 72) es también la miniprueba inicial del siguiente preámbulo reinsertado (que utiliza la fase +).

A modo de imagen, esta secuencia de longitud 18 es: - - - - - + S<sub>0</sub> S<sub>1</sub> S<sub>2</sub> S<sub>3</sub> S<sub>4</sub> S<sub>5</sub> S<sub>6</sub> S<sub>7</sub> S<sub>8</sub> +, en la que los primeros seis valores de signo S<sub>i</sub> se definen en el Cuadro 10. Véase que estos 6 esquemas binarios (el + es un 0) corresponden a la concatenación de las tres correspondencias binarias del Cuadro 9 para la velocidad de datos (S<sub>0</sub> S<sub>1</sub> S<sub>2</sub>) y la longitud del entrelazador (S<sub>3</sub> S<sub>4</sub> S<sub>5</sub>). Los tres valores finales de signo S<sub>i</sub> que especifican el grupo de miniprueba (cómputo) se definen en el Cuadro 11.

CUADRO 10

**Valores (signo) de S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub> en función de la velocidad de datos y de los parámetros del entrelazador**

Velocidad de datos (bit/s)	Longitud en tramas del entrelazador (bloques de datos de 256 símbolos)					
	1	3	9	18	36	72
3 200	++-+-	++-+-	++-+-	++-+-	++-+-	++-+-
4 800	+--++	+--++	+--++	+--++	+--++	+--++
6 400	+-+--	+-+--	+-+--	+-+--	+-+--	+-+--
8 000	-+++-	-+++-	-+++-	-+++-	-+++-	-+++-
9 600	-+-++	-+-++	-+-++	-+-++	-+-++	-+-++
12 800	--+++	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

CUADRO 11

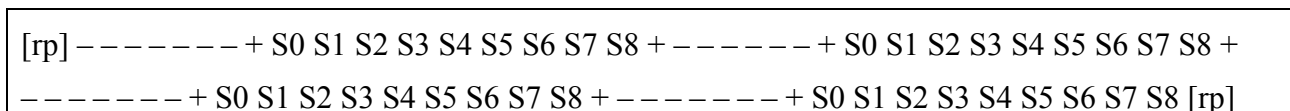
**Valores (signo) de S<sub>6</sub>, S<sub>7</sub>, S<sub>8</sub> en función del grupo de minipruebas**

Grupo de minipruebas			
1 a 18	19 a 36	37 a 54	55 a 72
+-	+--	+-	-++

Las primeras ocho minipruebas de cada grupo (- - - - - +) sitúan de forma única el punto de inicio para los siguientes 9 valores S<sub>i</sub>. Ello es posible pues las secuencias S<sub>i</sub> utilizadas contienen como mucho pases de cuatro fases + o -. Ello hace que sea imposible que una secuencia de siete minipruebas con la misma fase seguidas por una con una fase invertida se produzca en cualquier momento, excepto al principio de una de las secuencias de 18 minipruebas. Una vez



situado este esquema fijo de ocho minipruebas, se resuelve también la ambigüedad de la fase de 0 o de 180°, de forma que las siguientes 9 minipruebas puedan adaptarse adecuadamente a la velocidad de datos, la longitud del entrelazador y el cómputo del grupo de minipruebas. La secuencia completa de minipruebas es la siguiente:



en donde [rp] presenta los 103 símbolos de preámbulo reinsertados (si se incluyen las minipruebas 72 y 0).

#### 1.4 Codificación y entrelazado

El entrelazador es un entrelazador de bloques. Cada bloque de datos de entrada se codifica también utilizando una técnica de codificación de bloques con un tamaño de código igual al tamaño del entrelazador de bloques. De esta manera, los bits de datos de entrada se enviarán como bloques sucesivos de bits a lo largo de la duración de la longitud del entrelazador seleccionada. El Cuadro 12 muestra el número de bits de datos de entrada por bloque en función de la velocidad de datos y de la longitud del entrelazador. Véase que un «bloque de datos de entrada» no debe confundirse con el bloque de datos de 256 símbolos que forma parte de una trama de datos en el formato del tipo de onda. Los bits de un bloque de datos de entrada se harán corresponder, mediante la codificación y el entrelazado, con el número de tramas de datos, y de ahí con bloques de datos de 256 símbolos que definen la longitud del entrelazador.

CUADRO 12

**Tamaño del bloque de datos de entrada en bits, en función de la velocidad de datos y la longitud del entrelazador**

Velocidad de datos (bit/s)	Longitud del entrelazador en tramas					
	1	3	9	18	36	72
	Número de bits de datos de entrada por bloque					
3 200	384	1 152	3 456	6 912	13 824	27 648
4 800	576	1 728	5 184	10 368	20 736	41 472
6 400	768	2 304	6 912	13 824	27 648	55 296
8 000	960	2 880	8 640	17 280	34 560	69 120
9 600	1 152	3 456	10 368	20 736	41 472	82 944

##### 1.4.1 Alineación del límite del bloque

Cada bloque de códigos se entrelaza en un único bloque entrelazador del mismo tamaño. Los límites de estos bloques se alinean de forma que el principio de cada primera trama de datos que sigue a cada preámbulo reinsertado coincida con un límite del entrelazador. De esta manera, para una longitud del entrelazador de tres tramas, las primeras tres tramas de datos que siguen a un preámbulo reinsertado contendrán todos los bits codificados para un único bloque de datos de entrada. El primer símbolo de datos de la trama primera de datos en cada grupo del entrelazador tendrá como bit más significativo el primer bit tomado del entrelazador.

### 1.4.2 Codificación de bloques

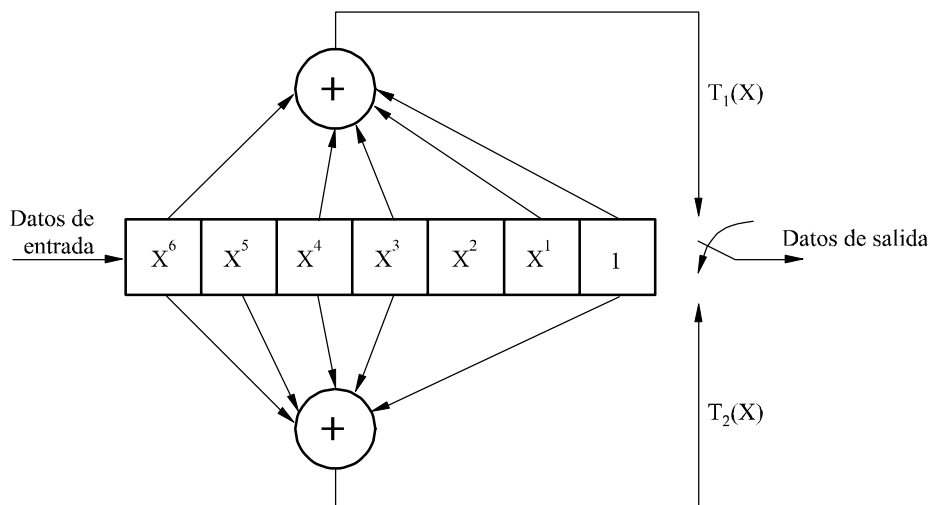
Se utilizan las técnicas de recorte pleno de cola y de perforación con un código convolucional de velocidad 1/2 para producir un código de bloque de velocidad 3/4 cuya longitud es la misma que la del entrelazador.

### 1.4.3 Código convolucional 1/2

Se utiliza un código convolucional de velocidad 1/2 y longitud restringida antes de la perforación. La Fig. 7 representa el codificador. Los polinomios generadores utilizados son:

FIGURA 7

Codificador convolucional de velocidad 1/2 y longitud restringida 7



$$T_1 = X^6 + X^4 + X^3 + X + 1$$
$$T_2 = X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + 1$$

9/08-07  
185275

Los dos nodos sumadores de la figura representan la suma módulo 2. Para cada entrada binaria al codificador, se toman dos bits de éste, tomando en primer lugar el bit de salida superior,  $T_1(x)$ .

#### 1.4.3.1 Codificación de recorte pleno de cola

Para iniciar la codificación de cada bloque de datos de entrada, se precarga el codificador desplazando los primeros seis bits de datos de entrada sin tomar ningún bit de salida. Estos seis bits de entrada se guardan temporalmente, de forma que pueden utilizarse para «vaciar» el codificador. Los dos primeros bits de entrada codificados se toman después de que el séptimo bit ha sido desplazado y se definen como los dos primeros bits del código de bloque resultante. Tras codificar el último bit de datos de entrada, se codifican los primeros seis bits de entrada «guardados». Véase que el registro de desplazamiento del codificador no debe cambiarse antes de codificar estos bits guardados; es decir, debe llenarse con los últimos siete bits de datos de entrada. Los seis bits de datos «guardados» se codifican desplazándoles en el codificador uno a uno, empezando con el primero de los seis. La codificación continúa tomando los dos bits de salida codificados resultantes a medida que se desplazan hacia dentro cada uno de los seis bits guardados. Estos seis bits codificados son los bits finales del código de bloque resultante (no perforado). Antes de la perforación, el código de bloque resultante tendrá exactamente el doble de bits que el número de bits de información de entrada. La perforación del código de velocidad 1/2 para la velocidad requerida 3/4 se efectúa antes de enviar los bits al entrelazador.

### 1.4.3.2 Perforación para la velocidad 3/4

A fin de obtener un código de velocidad 1/2 a partir del código de velocidad 3/4 utilizado, la salida del codificador debe perforarse, dejando de transmitir 1 bit de cada 3. La perforación se efectúa utilizando una máscara de perforación de 1 1 1 0 0 1, aplicada a la salida binaria del codificador. En esta notación, un 1 indica que el bit se retiene y un 0 indica que el bit no se transmite. Para una secuencia generada por el codificador de:

$$T_1(k), T_2(k), T_1(k+1), T_2(k+1), T_1(k+2), T_2(k+2) \dots$$

la secuencia transmitida será:

$$T_1(k), T_2(k), T_1(k+1), T_1(k+2) \dots$$

Definiendo  $T_1(0)$ ,  $T_2(0)$  como los dos primeros bits del código de bloque generado, tal como se define en el punto 1.4.2, con lo que el valor de  $k$  en las secuencias anteriores es un múltiplo entero de 3. El código de bloques se perfora de esta manera antes de pasarlo al entrelazador.

### 1.4.4 Estructura del entrelazador de bloques

El entrelazador de bloques utilizado se diseña para separar bits vecinos en el código de bloque perforado, lo más posible a lo largo de la amplitud del entrelazador, resultando las separaciones más amplias para los bits que originalmente estaban más próximos entre sí. Dadas las 30 combinaciones diferentes de velocidades de datos y longitudes del entrelazador, se necesita una estructura flexible del entrelazador.

#### 1.4.4.1 Tamaño en bits del entrelazador

El entrelazador consiste en un grupo de una única dimensión, numerada entre 0 y su tamaño en bits -1. El tamaño del grupo depende de la velocidad de datos y de la longitud del entrelazador seleccionadas, tal como se representa en el Cuadro 13.

CUADRO 13

**Tamaño en bits del entrelazador en función de la velocidad de datos y de la longitud del entrelazador**

Velocidad de datos (bit/s)	Longitud del entrelazador en tramas					
	1	3	9	18	36	72
	Tamaño en bits del entrelazador					
3 200	512	1 536	4 608	9 216	18 432	36 864
4 800	768	2 304	6 912	13 824	27 648	55 296
6 400	1 024	3 072	9 216	18 432	36 864	73 728
8 000	1 280	3 840	11 520	23 040	46 080	92 160
9 600	1 536	4 608	13 824	27 648	55 296	110 592

#### 1.4.4.2 Carga del entrelazador

Los bits de código de bloque perforado se cargan en el grupo entrelazador empezando con el emplazamiento 0. El emplazamiento para la carga de cada bit sucesivo se obtiene a partir del emplazamiento precedente, incrementando un «valor de incremento del entrelazador» que se especifica en el Cuadro 14, con el módulo de «tamaño del entrelazador en bits».

Definiendo el primer bit de código de bloque perforado en B(0), el emplazamiento de carga para B(n) viene dado por:

$$\text{Emplazamiento de carga} = (n * \text{Valor de incremento del entrelazador}) \text{ M\u00f3dulo (tama\u00f1o del entrelazador en bits)}$$

As\u00ed pues, para 3 200 bit/s, con un entrelazador de una trama (tama\u00f1o de 512 bits con un incremento de 97), los 8 primeros emplazamientos de carga del entrelazador son: 0, 97, 194, 291, 388, 485, 582, y 679.

CUADRO 14

**Valor del incremento del entrelazador en funci\u00f3n de la velocidad de datos y de la longitud del entrelazador**

Velocidad de datos (bit/s)	Longitud del entrelazador en tramas					
	1	3	9	18	36	72
	Valor del incremento del entrelazador					
3 200	97	229	805	1 393	3 281	6 985
4 800	145	361	1045	2 089	5 137	10 273
6 400	189	481	1393	3 281	6 985	11 141
8 000	201	601	1741	3 481	8 561	14 441
9 600	229	805	2 089	5 137	10 273	17 329

Estos valores de incremento se han elegido para asegurar que los ciclos combinados de perforaci\u00f3n y asignaci\u00f3n de posiciones de bits en cada s\u00edmbolo para la constelaci\u00f3n espec\u00edfica que se utilice son los mismos que en el caso en que no hubiera entrelazado. Ello es importante porque cada s\u00edmbolo de una constelaci\u00f3n contiene posiciones de bits «fuertes» y «d\u00e9biles», excepto para la velocidad de datos menor. Las posiciones de los bits se refieren al emplazamiento del bit que est\u00e1 entre el MSB y el LSB, en la correspondencia de s\u00edmbolos. Una posici\u00f3n de bit fuerte es la que tiene una distancia media grande entre todos los puntos de la constelaci\u00f3n en los que el bit es 0 y el punto m\u00e1s pr\u00f3ximo en que es un 1. T\u00edpicamente, el MSB es un bit fuerte y el LSB es un bit d\u00e9bil. Una estrategia de entrelazado que no distribuya uniformemente estos bits en la forma en que se producen sin entrelazado podr\u00eda degradar la calidad.

#### 1.4.4.3 Posiciones en el entrelazador

La secuencia de posiciones para todas las velocidades de datos y longitudes del entrelazador se inicia con el emplazamiento 0 de \u00e9ste y se incrementa la posici\u00f3n en 1. Se trata de un posicionamiento lineal simple desde el principio hasta el final del entrelazador.

### 1.5 Aspectos operacionales y protocolos de mensajes

El formato de esta forma de onda de gran velocidad de datos se ha dise\u00f1ado para permitir un funcionamiento correcto con la mayor\u00eda de los protocolos utilizados y que se prev\u00e9 emplear en altas frecuencias. El pre\u00e1mbulo reinsertado facilita la adquisici\u00f3n (o la readquisici\u00f3n) de una transmisi\u00f3n de radiodifusi\u00f3n en curso. La longitud reducida del pre\u00e1mbulo de sincronizaci\u00f3n, la amplia gama de longitudes de entrelazado y la utilizaci\u00f3n de la codificaci\u00f3n de recorte pleno de cola ofrecen un funcionamiento eficaz con protocolos ARQ. Para continuar mejorando el funcionamiento de estos protocolos, en el m\u00f3dem de alta frecuencia se incluyen los aspectos indicados a continuaci\u00f3n.

### **1.5.1 Inicio de la transmisión**

El módem inicia una transmisión no más tarde de 100 ms una vez recibido un bloque de datos de entrada completo (número de bits suficiente para llenar un bloque codificado y entrelazado), o al recibir el último bit de datos de entrada, de que ocurra primero. El segundo caso sólo ocurriría cuando el mensaje sea más corto que un bloque del entrelazador. Se define que una transmisión empieza con el arranque de la señal radioeléctrica, al que sigue la salida de la onda del preámbulo tras el retardo configurado previo, de haberlo.

El retardo entre el momento en que el módem recibe el primer bit de datos de entrada y el arranque de la transmisión dependerá en gran medida de los medios para la entrega de los bits de datos de entrada al módem. Una interfaz serie síncrona a la velocidad de datos del usuario presentará el retardo máximo. Por este motivo, es aconsejable la utilización de una interfaz asíncrona de gran velocidad (puerto serie o Ethernet) con control de flujo, si este retardo supone un problema para la aplicación particular.

### **1.5.2 Fin de mensaje**

La utilización de un fin de mensaje (EOM) en la onda transmitida es una opción configurable. Cuando se selecciona la utilización de un EOM, se adjunta un esquema EOM de 32 bits tras el último bit de datos de entrada del mensaje. El EOM, expresado en notación hexadecimal es 4B65A5B2, enviándose en primer lugar el bit situado más a la izquierda. Si el último bit del EOM no llena un bloque de datos de entrada, los bits restantes del bloque de datos de entrada se ponen en cero antes de la codificación y el entrelazado del bloque.

Si se ha inhibido la utilización de un EOM y el último bit de datos de entrada no llena un bloque de datos de entrada, los bits restantes de dicho bloque se ponen en cero antes de la codificación y el entrelazado del bloque. Se prevé que la utilización de un EOM sólo se inhiba cuando el protocolo de datos ARQ utiliza bloques ARQ con llenado completo (o casi) del bloque de datos de entrada seleccionado (bloque del entrelazador). Sin esta característica, la utilización de un EOM exigiría la transmisión de un bloque del entrelazador adicional en estas circunstancias.

### **1.5.3 Terminación de una transmisión**

El módem debe dar por terminada una transmisión únicamente después de la transmisión de la trama de datos final, incluyendo una miniprueba, asociada al final del bloque del entrelazador. Véase que una trama de datos consta de un bloque de datos de 256 símbolos seguido de una miniprueba. Además, todo procesamiento de la señal y/o los retardos del filtro en el módem y el transmisor de ondas decamétricas deben tenerse en cuenta (en la temporización del control de la línea de computación) para asegurar que toda la miniprueba final se transmita antes de apagar la potencia del transmisor.

### **1.5.4 Terminación del procesamiento de los datos recibidos**

Hay una serie de eventos, que pueden hacer que el módem de ondas decamétricas cese el procesamiento de la señal recibida para recuperar datos y vuelva al modo de adquisición. Ello es necesario porque un módem no es capaz de adquirir una nueva transmisión mientras que está tratando de demodular y decodificar datos.

#### **1.5.4.1 Detección del EOM**

El módem de ondas decamétricas debe siempre explorar todos los bits decodificados del esquema EOM de 32 bits definido en el punto 1.5.2. Tras la detección del EOM, el módem volverá al modo de adquisición. El módem debe continuar entregando bits decodificados al usuario (ETD) hasta que se haya entregado el bit final que precede inmediatamente al EOM.

#### **1.5.4.2 Recepción de un número especificado de bloques de datos**

La duración máxima del mensaje medida en número de bloques de datos de entrada (bloques del entrelazador) es un parámetro configurable. La fijación en cero de este parámetro especificará que puede recibirse un número ilimitado. Una vez que el módem ha efectuado la decodificación y entrega al usuario (ETD), el número de bits se corresponde con la duración máxima del mensaje configurado, el módem de ondas decamétricas debe volver al modo de adquisición y dar por terminada la entrega de bits decodificados al usuario (ETD). Puede utilizarse el funcionamiento con un número especificado de bloques de datos de entrada mediante un protocolo ARQ cuando el tamaño del paquete ARQ sea fijo o se haya modificado ocasionalmente para encajar las condiciones cambiantes de propagación. En este caso, se prevé que este parámetro (duración máxima del mensaje) se envíe al extremo receptor del enlace formando parte del protocolo ARQ. Debe enviarse al módem de recepción a través de la interfaz de control distante, pues no va incluido en la propia forma de onda al igual que los parámetros de velocidad de datos y longitud del entrelazador.

### **1.6 Capacidades de calidad**

En este punto se indican las capacidades de calidad para el módem de gran velocidad de datos. Estos resultados de prueba demuestran que el módem funciona de forma fiable en circuitos de ondas decamétricas para las degradaciones de canal ensayadas.

#### **1.6.1 Características del simulador**

Se ensayó el modo de velocidad de datos elevada utilizando un simulador de banda de base de alta frecuencia que imitaba el modelo Watterson conforme a la Recomendación UIT-R F.1487. Como fuente de ruido se utilizó un ruido gaussiano aditivo blanco (AWGN). Se midió la potencia de la señal y la del ruido en una anchura de banda de 3 kHz.

#### **1.6.2 Filtros radioeléctricos**

Se utilizaron filtros de respuesta impulsiva finita (FIR) que reflejan los requisitos de la banda de paso radioeléctrica. Se trataba de filtros FIR  $N = 63$  con los coeficientes indicados a continuación (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) y una velocidad de muestreo de 16 000 muestras por segundo:

3,4793306E-04	-4,6615634E-05	3,6863006E-05	6,8983925E-04
1,2186785E-03	7,1322870E-04	-6,2685051E-04	-1,1305640E-03
3,8082659E-04	2,2257954E-03	1,0150929E-03	-3,6258003E-03
-6,9094691E-03	-4,2534569E-03	1,1371180E-03	-1,0868903E-04
-1,1312117E-02	-2,2036370E-02	-1,8856425E-02	-4,9115933E-03
-1,3025356E-03	-2,1579735E-02	-4,8379221E-02	-4,8040411E-02
-1,4815010E-02	9,8565688E-03	-2,0275153E-02	-9,0223589E-02
-1,1587973E-01	-2,2672007E-02	1,6315786E-01	3,1537800E-01
3,1537800E-01	1,6315786E-01	-2,2672007E-02	-1,1587973E-01
-9,0223589E-02	-2,0275153E-02	9,8565688E-03	-1,4815010E-02
-4,8040411E-02	-4,8379221E-02	-2,1579735E-02	-1,3025356E-03
-4,9115933E-03	-1,8856425E-02	-2,2036370E-02	-1,1312117E-02
-1,0868903E-04	1,1371180E-03	-4,2534569E-03	-6,9094691E-03
-3,6258003E-03	1,0150929E-03	2,2257954E-03	3,8082659E-04
-1,1305640E-03	-6,2685051E-04	7,1322870E-04	1,2186785E-03
6,8983925E-04	3,6863006E-05	-4,6615634E-05	3,4793306E-04

### 1.6.3 Calidad en términos de la BER

Se midió la calidad en términos de la BER utilizando filtros radioeléctricos en los que se programaba el simulador del canal de alta frecuencia para simular los canales siguientes con una BER de  $10^{-4}$ :

- El canal AWGN consiste en un trayecto único sin desvanecimiento. Se midió cada condición durante 15 minutos.
- El canal de Rice consta de dos trayectos independientes pero con igual potencia media y un retardo fijo de 2 ms entre trayectos. El primer trayecto no presentaba desvanecimientos. El segundo tenía un desvanecimiento de Rayleigh con una anchura de banda de desvanecimiento 2-sigma de 2 Hz. Cada condición se midió durante 2 horas.
- La condición «latitudes medias perturbadas» de la Recomendación UIT-R F.1487 (canal deficiente) consta de dos trayectos independientes pero con potencia media igual y desvanecimiento de Rayleigh, y un retardo fijo de 2 ms entre trayectos y una anchura de banda de desvanecimiento 2-sigma de 1 Hz. Cada condición se midió durante 2 horas.

La calidad medida, empleando el periodo máximo de entrelazado (entrelazador «muy largo» de 72 tramas) para cada una de las condiciones enumeradas con una BER de  $10^{-4}$  se representa en el Cuadro 15.

### CUADRO 15

#### Pruebas de calidad en el modo de gran velocidad de datos para una BER de $10^{-4}$

Velocidad de datos de usuario (bit/s)	SNR (dB) media para una BER no mayor de $10^{-4}$		
	Canal AWGN	Canal de Rice	Canal deficiente.
12 800*	27	–	–
9 600	21	30	30
8 000	19	25	26
6 400	16	21	23
4 800	13	17	20
3 200	9	12	14

\* Velocidad de datos opcional

#### 1.6.4 Características de la deriva Doppler

Durante la deriva Doppler, el módem de prueba adquirió y mantuvo el sincronismo durante al menos 5 minutos con una señal de prueba que tenía las características siguientes: 9 600 bit/s/entrelazador muy largo, separación de frecuencia  $\pm 75$  Hz, dispersión del retardo 2 ms, anchura de banda de desvanecimiento de 1 Hz y SNR media de 30 dB.

#### 1.7 Equipo de comunicaciones asociado

Las constelaciones MAQ descritas en este Anexo son más sensibles a las variaciones del equipo que las constelaciones MDP descritas en otra parte de esta Recomendación. Debido a esta sensibilidad, los filtros radioeléctricos tendrán un efecto significativo en la calidad de los módems que implementan las formas de onda de gran velocidad de datos. Además, dado el carácter sensible al nivel de las constelaciones MAQ, los transistores de arranque, el CAG y el CAL pueden dar lugar a una degradación significativa de la calidad.

---