

RECOMENDACIÓN UIT-R M.823-1*

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS TRANSMISIONES DIFERENCIALES
EFECTUADAS PARA SISTEMAS MUNDIALES DE NAVEGACIÓN
POR SATÉLITE DESDE RADIOFAROS MARÍTIMOS EN LA BANDA
DE FRECUENCIAS 283,5-315 kHz EN LA REGIÓN 1
Y 285-325 kHz EN LAS REGIONES 2 Y 3**

(Cuestión UIT-R 58/8)

(1992-1995)

Resumen

Muchas administraciones están implantando transmisiones desde estaciones de radiobaliza con correcciones diferenciales para sistemas mundiales de navegación por satélite (Global Navigation Satellite System – GNSS). En esta Recomendación figuran las características técnicas que deben cumplir tales transmisiones para las correcciones a los sistemas de navegación por satélite GPS y GLONASS.

La Recomendación describe igualmente los diversos tipos de mensajes de corrección diferencial empleados para los sistemas de navegación por satélite así como el formato de mensaje. Además, aparecen detalles sobre los planes de transmisión de los mensajes.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) la Resolución N.º 602 de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los servicios móviles (Ginebra, 1987);
- b) que de conformidad con el número 466 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), en la banda 285-325 kHz (283,5-325 kHz en la Región 1), en el servicio de radionavegación marítima, las estaciones de radiofaro pueden también transmitir información suplementaria útil a la navegación utilizando técnicas de banda estrecha, a condición de no afectar de manera significativa a la función primaria del radiofaro;
- c) la Recomendación UIT-R M.631 sobre la utilización de sistemas hiperbólicos de radionavegación marítima en la banda 283,5-315 kHz;
- d) las características técnicas establecidas en las Actas Finales de la Conferencia Administrativa Regional para la Planificación del Servicio de Radionavegación Marítima (Radiofaros) en la Zona Marítima Europea (Ginebra, 1985);
- e) que la exactitud que espera obtenerse, para uso general, mediante los GNSS será de 60 a 100 m (con una probabilidad del 95%);
- f) que esta exactitud, aunque es suficiente para la mayor parte de las necesidades de la navegación general, no lo será para cierta navegación especializada, tal como la que tiene lugar en vías navegables de profundidad limitada y en la aproximación a puerto, o para el sensor de posición en los sistemas de mapas electrónicos;
- g) que otras aplicaciones marítimas especializadas, tales como la pesca, los reconocimientos para la navegación, el dragado, el tendido de cables, la instalación de tuberías, la ubicación de boyas y otras estructuras marítimas, pueden requerir una exactitud mayor que la que proporciona el GNSS para uso general;
- h) que la exactitud e integridad del GNSS puede aumentarse considerablemente mediante la transmisión de correcciones diferenciales desde estaciones de referencia convenientemente ubicadas;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI), la Asociación Internacional de Señalización Marítima (IALA) y el Comité Internacional Radiomarítimo (CIRM).

- j) que el examen de factores de orden técnico, económico y administrativo revela que el uso de radiofaros marítimos sería una solución viable para la transmisión de correcciones diferenciales;
- k) que la propagación de las transmisiones de los radiofaros marítimos se efectúa primordialmente por onda de superficie con un alcance utilizable que no rebasa el alcance de la aplicabilidad de las correcciones de las estaciones de referencia;
- l) que en la actualidad los radiofaros marítimos proporcionan cobertura en aguas costeras de muchas partes del mundo, lo que permite establecer una norma mundial para estas transmisiones diferenciales en forma eficaz y económica;
- m) que aunque los estudios actuales versan sobre la transmisión de correcciones para GPS/GLONASS en particular, los mismos principios se aplican a los sistemas de radionavegación terrenales, tales como el Loran-C/Chayka,

recomienda

- 1 que las características técnicas del servicio de corrección diferencial para el GNSS con empleo de radiofaros marítimos en la banda de frecuencias 285-325 kHz (283,5-315 kHz en la Región 1), y de los receptores correspondientes, se ajusten a las características indicadas en el Anexo 1.

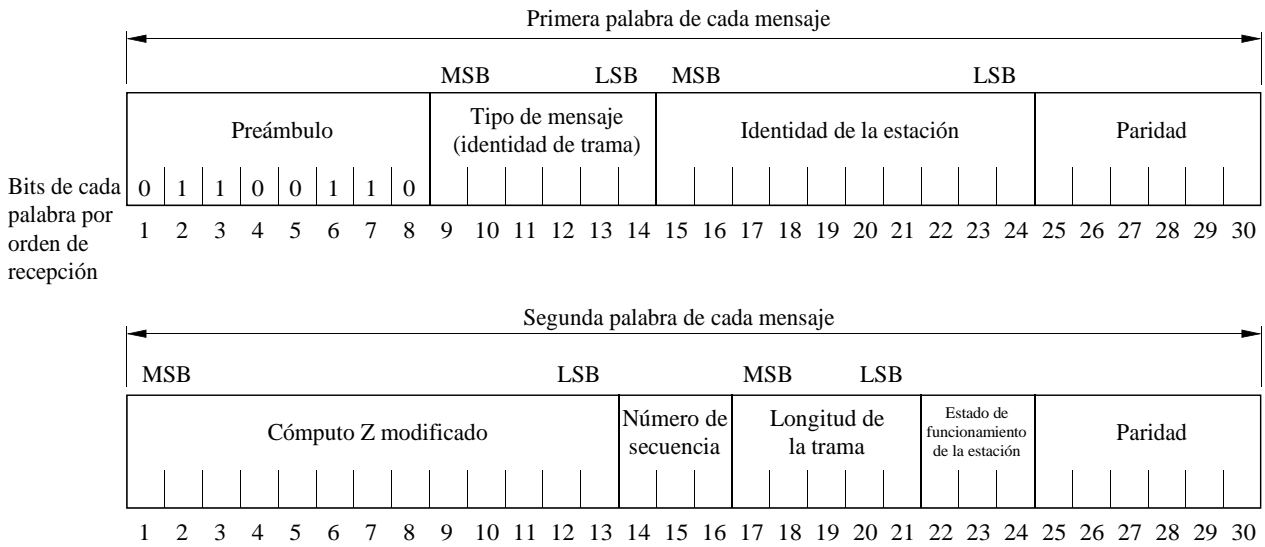
ANEXO 1

Características de los sistemas para sistemas GNSS diferenciales

1 Características técnicas

- 1.1 La frecuencia portadora de la señal de corrección diferencial de una estación de radiofaro ha de ser un múltiplo entero de 500 Hz.
- 1.2 La tolerancia de frecuencia de la portadora debe ser de ± 2 Hz.
- 1.3 El formato general de los mensajes está indicado en la Fig. 1, en la que se detallan las primeras dos palabras de 30 bits de cada tipo de trama o mensaje. Cada trama tendrá una longitud de $N + 2$ palabras, donde N es el número de palabras que contienen los datos del mensaje. Los tipos de mensajes mínimos disponibles para transmisión son los indicados en el Cuadro 1. Los detalles del contenido y formato de estos tipos de mensajes deben ser los indicados en las Figs. 2 a 6 para el sistema mundial de determinación de posición (global positioning system – GPS) y en las Figs. 7 a 11 para el GLONASS. El algoritmo de paridad utilizado ha de vincular palabras de 30 bits dentro de subtramas de 10 palabras y entre ellas, utilizando el código de Hamming (32,26). Los mensajes de tipo 6 o de tipo 34 ($N = 0$ o $N = 1$) deben utilizarse si no se dispone de ningún otro tipo de mensaje.

FIGURA 1
Encabezamiento de dos palabras para todos los mensajes



MSB: bit más significativo
LSB: bit menos significativo

D01

Bits de estado de funcionamiento de la estación:

- 111 Esta secuencia da lugar a que el equipo de usuario indique que la estación de referencia no está funcionando adecuadamente.
- 110 Esta secuencia da lugar a que el equipo de usuario indique que la transmisión no está siendo supervisada.

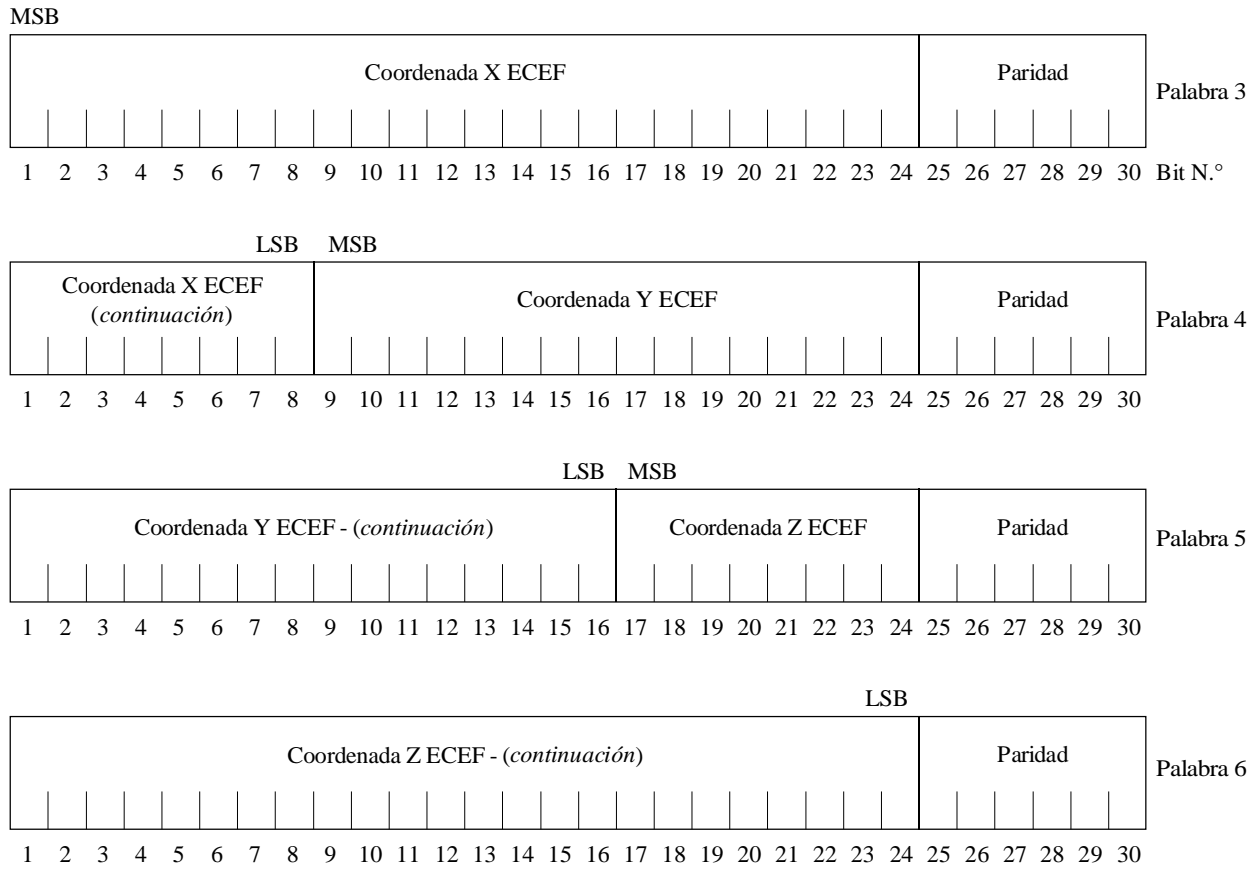
El suministrador del servicio puede definir otros códigos para señalar que la transmisión se está llevando a cabo correctamente.

CUADRO 1

Tipos de mensaje

GPS Número del tipo de mensaje	Título	GLONASS Número del tipo de mensaje
1	Correcciones diferenciales GNSS (conjunto completo de satélites)	31
3	Parámetros de la estación de referencia	32
5	Estado de funcionamiento de la constelación	33
6	Trama nula	34 ($N = 0$ o $N = 1$)
7	Información sobre las transmisiones del radiofaro	35
9	Subconjuntos de correcciones diferenciales GNSS (puede sustituir a los tipos 1 ó 31)	34 ($N > 1$)
16	Mensajes especiales	36

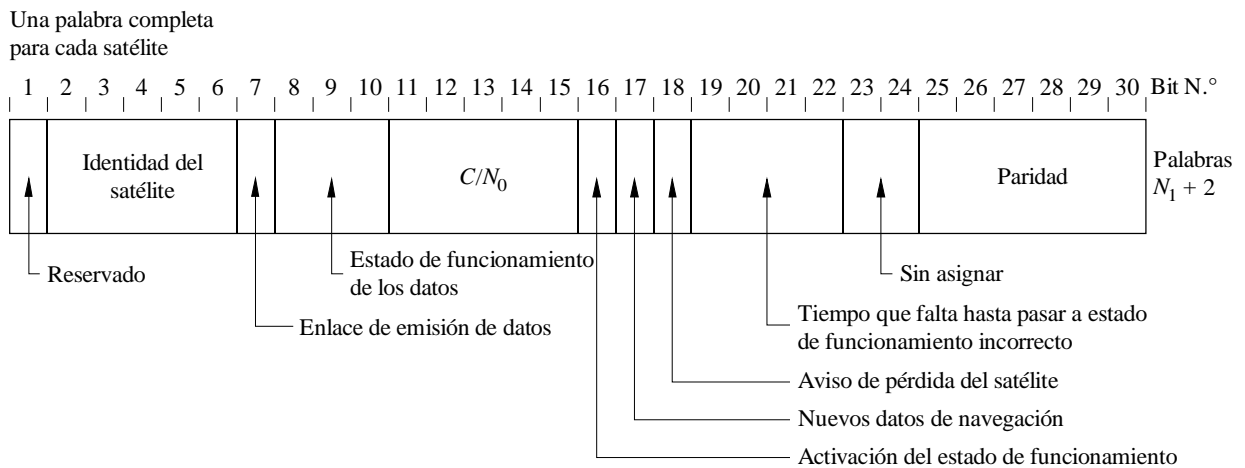
FIGURA 3
Formato de los mensajes de tipo 3
Parámetros de la estación de referencia (GPS)



MSB: bit más significativo
 LSB: bit menos significativo
 ECEF: fija con respecto a la Tierra, centrada en la Tierra, WGS-84,
 a menos que el suministrador del servicio especifique otra cosa

D03

FIGURA 4
Formato de los mensajes de tipo 5
Estado de funcionamiento de la constelación (GPS)
 (véase el Cuadro 2)



D04

CUADRO 2

Contenido de los mensajes de tipo 5 y 33

Parámetro	Número de bit	Explicación
Reservado	1	Un solo bit reservado para la posible futura ampliación de los números de satélite más allá de 32
Identidad del satélite	2-6	Formato normalizado (1-32, 32 se indica poniendo todo ceros)
Enlace de emisión de datos (GPS) Enlace T_b (GLONASS)	7	El bit se pone a «0» para indicar que esta información se refiere a los datos de navegación con emisión de datos o T_b en los mensajes de tipo 1 y 9 (GPS) o 31, 34 (GLONASS)
Estado de funcionamiento de los datos (B_n – GLONASS)	8-10	Información normalizada sobre estado de funcionamiento de los datos de navegación del satélite. Para el GPS tres ceros indican que todos los datos son válidos, cualquiera de los tres bit puesto a «1» indica que existe un problema en alguno de los datos o en todos. Para el GLONASS, el bit 8 puesto a «1» indica que el satélite no está funcionando correctamente, puesto a «0» indica que el satélite funciona correctamente; los bits segundo y tercero son de reserva y el equipo de usuario los descarta
C/N_0	11-15	Relación señal/ruido en el satélite medida en la estación de referencia. Factor de escala 1 dB(Hz). La gama es de 25 a 55 dB(Hz). El bit 15 es el menos significativo. El valor «00000» indica que la estación de referencia no está realizando un seguimiento del satélite. El valor «00001» = 25 dB(Hz) en el extremo inferior y el valor «11111» = 55 dB(Hz) en el extremo superior
Activación del estado de funcionamiento	16	El bit puesto a 1 indica que el equipo de usuario del DGPS/DGLONASS puede considerar que el satélite funciona correctamente a pesar de que los datos sobre la navegación del satélite indican que no es así
Nuevos datos de navegación	17	El bit puesto a 1 indica que la estación de referencia ha adquirido los nuevos datos navegación del satélite y se han integrado en el proceso de generación de la corrección de pseudodistancia. Pronto habrá un nuevo parámetro emisión de datos/ T_b indicado en los mensajes de tipo 1/31 ó 9/34
Aviso de pérdida del satélite	18	El bit puesto a 1 indica que está previsto un cambio en el estado de funcionamiento del satélite a «funcionamiento incorrecto». El tiempo que resta en «estado de funcionamiento correcto» es estimado por los siguientes 4 bits
Tiempo que falta hasta pasar a estado de funcionamiento incorrecto	19-22	Véase el bit 18 anterior. El factor de escala es de 5 min. La gama es de 0 a 75 min. El bit 22 es el bit menos significativo. El valor «0000» indica que el satélite está a punto de pasar al «estado de funcionamiento incorrecto». El valor «1111» indica que el satélite pasará al «estado de funcionamiento incorrecto» en unos 75 min
Sin asignar	23-24	DE RESERVA
Paridad	25-30	

Formato de los mensajes de tipo 6
Trama nula (GPS)

Los mensajes de tipo 6 no contienen parámetros. Se utilizarán como relleno de la transmisión, si es necesario. Su objetivo es proporcionar mensajes cuando la estación de referencia no dispone de otros mensajes listos para su envío, o sincronizar el principio de un mensaje a algún instante no especificado.

Las dos primeras palabras de los mensajes son las habituales con $N = 0$ ó 1 según se necesite una transmisión de relleno par o impar. Si $N = 1$, los 24 bits de datos en la palabra adicional deben rellenarse con unos y ceros alternados. La paridad debe verificarse de la forma habitual.

FIGURA 5
Formato de los mensajes de tipo 7
Informaciones sobre las transmisiones del radiofaro (GPS)

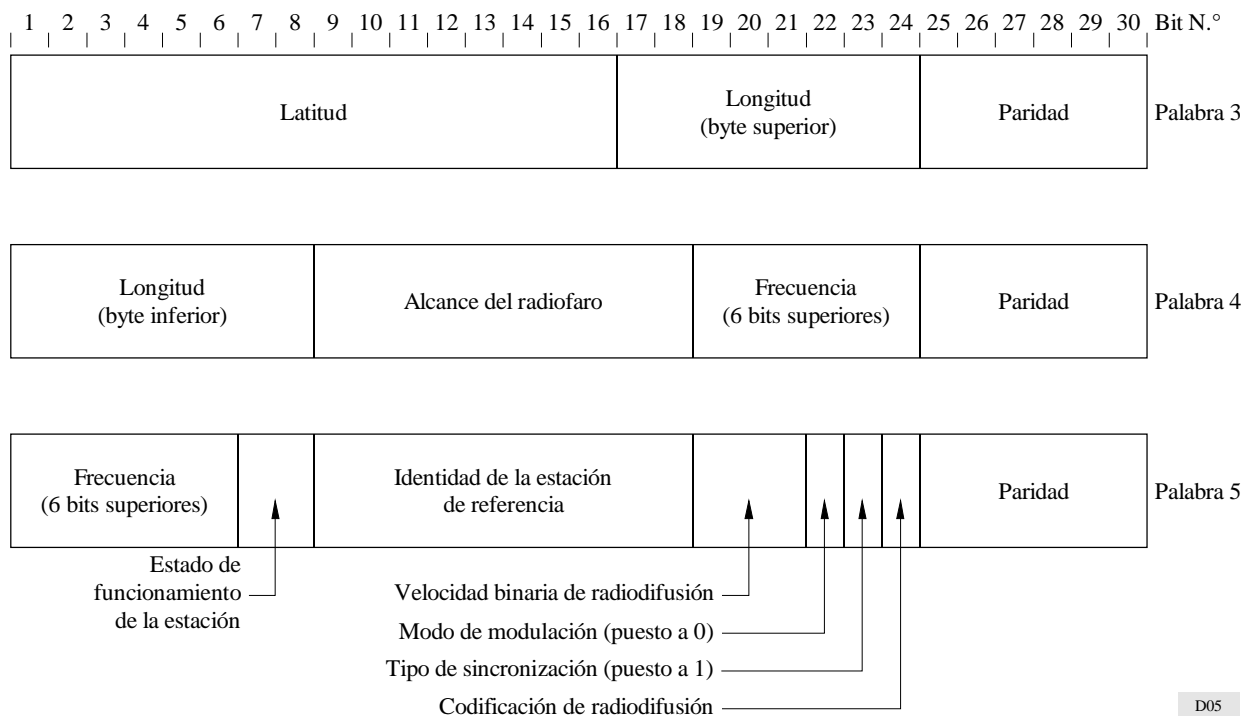
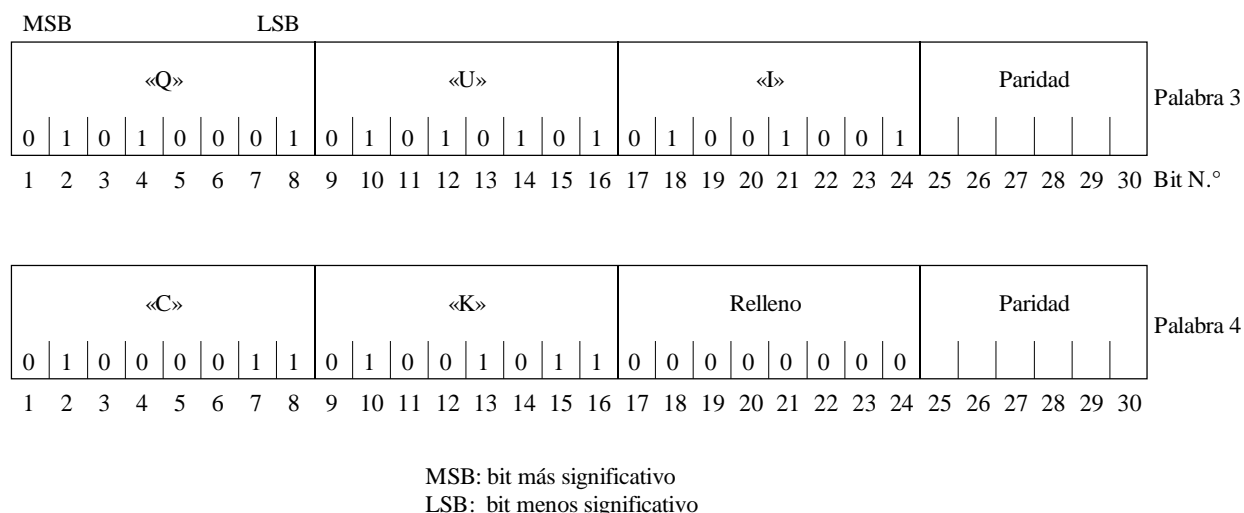


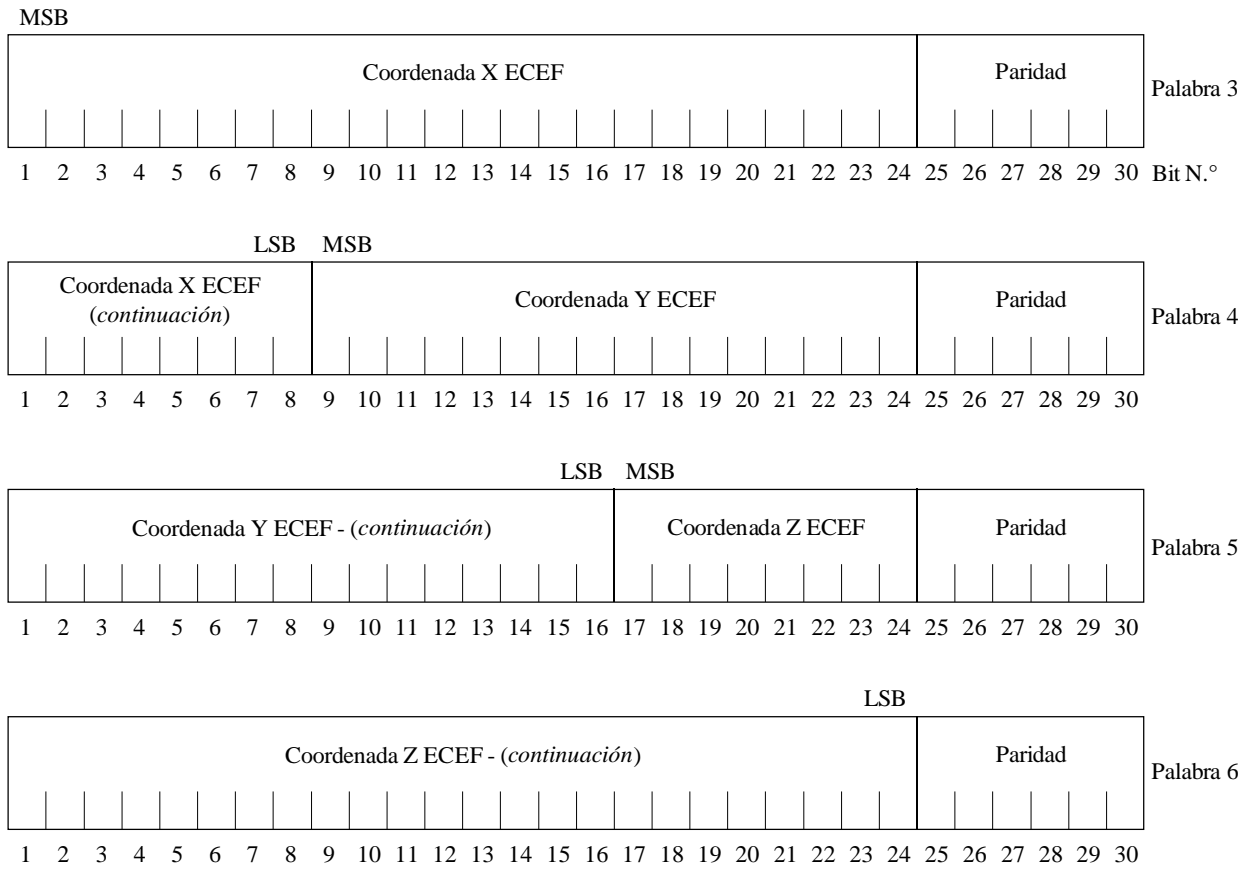
FIGURA 6
Formato de los mensajes de tipo 16
Mensajes especiales (GPS)



Nota 1 – En esta Figura puede verse cómo aparecería la palabra «quick» en un mensaje de tipo 16.

Nota 2 – Los mensajes de tipo 16 se difundirán en inglés. Además, el suministrador del servicio puede realizar la difusión en otro idioma.

FIGURA 8
Formato de los mensajes de tipo 32
Parámetros de la estación de referencia (GLONASS)

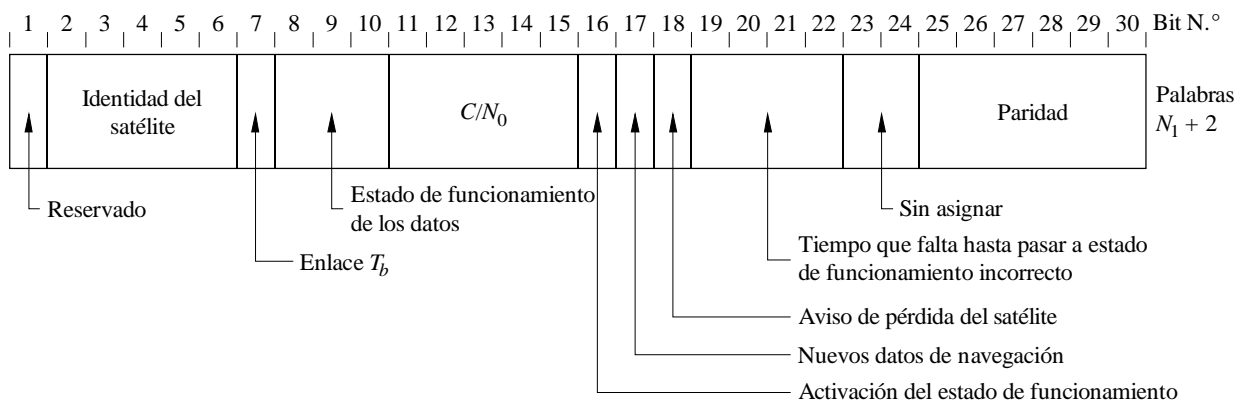


MSB: bit más significativo
 LSB: bit menos significativo
 ECEF: fija con respecto a la Tierra, centrada en la Tierra, SGS-90,
 a menos que el suministrador del servicio especifique otra cosa

D08

FIGURA 9
Formato de los mensajes de tipo 33
Estado de funcionamiento de la constelación (GLONASS)
 (véase el Cuadro 2)

Una palabra completa
 para cada satélite



D09

- 1.4** Cuando se transmiten los mensajes de tipo 9 o de tipo 34 en lugar de los mensajes de tipo 1 o de tipo 31, respectivamente, se transmitirá un número igual de correcciones para cada uno de los satélites en los que se han calculado las correcciones.
- 1.5** La transmisión de datos diferenciales es continua y síncrona, transmitiéndose en primer lugar el bit más significativo.
- 1.6** La velocidad de transmisión de datos puede ser de 25 (únicamente GLONASS), 50, 100 y 200 bit/s.
- 1.7** Se utiliza modulación por desplazamiento mínimo (clase de emisión G1D): 90° de retardo de fase representa el valor binario «0» y 90° de avance de fase representa el valor binario «1». El cambio de fase, con respecto a la portadora, es lineal con una duración de 1 bit.
- 1.8** En la Zona Marítima Europea (EMA) de la Región 1, la máxima anchura de banda ocupada permitida debe ser de 230 Hz.
- 1.9** Los identificativos a las estaciones de difusión y de referencia son números binarios. (La atribución de identificativos a cada estación de referencia y de difusión por radiofaro es coordinada por la IALA.)
- 1.10** La gama de frecuencias de los receptores debe ser por lo menos de 283,5-325 kHz, con selección en pasos de 500 Hz.
- 1.11** El receptor debe tener una gama dinámica de 10 µV/m a 150 mV/m.
- 1.12** El receptor debe funcionar con una proporción de bits erróneos máxima de 1×10^{-3} en presencia de ruido Gaussiano para una relación señal/ruido de 7 dB en la anchura de banda ocupada.
- 1.13** Pueden utilizarse los mensajes de tipo 9 o de tipo 34 parcialmente decodificados si las dos palabras que contienen las correcciones para un satélite determinado han pasado la prueba de paridad y en el mensaje no existe ninguna palabra previa que no haya pasado esta prueba.
- 1.14** El receptor debe tener la estabilidad de frecuencia y la selectividad adecuadas para funcionar con transmisiones espaciadas 500 Hz, con una tolerancia de frecuencia de ± 2 Hz y las relaciones de protección indicadas en el Cuadro 3.
- 1.15** Cuando existen puertos de datos en serie, deben ajustarse a las normas de la CEI, Publicación 1162 de la CEI (Digital Interfaces; Navigational and Radiocommunications equipment on board ships).
- 1.16** El equipo de usuario debe dar una indicación de alarma en caso de pérdida de una solución de navegación válida.
- 1.17** Cuando el receptor cuenta con selección automática de frecuencia, deberá ser capaz de recibir, almacenar y utilizar información sobre las transmisiones del radiofaro procedente de los mensajes de tipo 7 y de tipo 35.

2 Relaciones de protección

Las relaciones de protección que deben aplicarse figuran en el Cuadro 3.

3 Definiciones

3.1 Cómputo Z «modificado»

El cómputo Z representa el tiempo de referencia para los mensajes de datos diferenciales. Comienza en 0, al principio de cada hora en tiempo GPS o GLONASS y alcanza un valor máximo de 3 599,4 s, con una resolución de 0,6 s. Se utiliza para calcular el tiempo GPS o el tiempo GLONASS de las correcciones, de la misma forma que se hacen otros cálculos de tiempo en los receptores de usuario.

3.2 Número de secuencia

El número de secuencia se incrementa en una unidad con cada encabezamiento y puede utilizarse como ayuda a la sincronización.

CUADRO 3

Relaciones de protección

Separación entre las frecuencias de la señal deseada y la señal interferente (kHz)	Relación de protección (dB)			
	Deseada	Radiofaro ⁽¹⁾ (A1A)	Diferencial (G1D)	Diferencial (G1D)
Interferente	Diferencial (G1D)	Radiofaro (A1A)	Diferencial (G1D)	Radiofaro (A1A)
0	15	15	15	15
0,5	-39	-25	-22	-39
1,0	-60	-45	-36	-60
1,5	-60	-50	-42	-60
2,0	-	-55	-47	-

⁽¹⁾ Aplicable a los radiofaros de la Zona Marítima Europea en virtud de los acuerdos de Ginebra de 1985.

3.3 Emisión de datos (GPS)

La emisión de datos (issue of data – IOD) difundida por la estación de referencia es el valor de los mensajes de navegación GPS que corresponde a los datos de efemérides GPS utilizados para calcular las correcciones. Se trata de un punto fundamental para asegurar que los cálculos del equipo de usuario y las correcciones de la estación de referencia se basan en el mismo conjunto de parámetros de reloj y orbitales difundidos.

3.4 Factor de escala

En el Cuadro 4 se definen dos estados del factor de escala que pueden utilizarse para correcciones de pseudodistancia. Los motivos principales para contar con dos niveles de factor de escala son el de mantener un alto grado de precisión la mayoría del tiempo y tener la posibilidad de aumentar la gama de correcciones en las escasas ocasiones en que es necesario.

CUADRO 4

Factor de escala

Código	Número	Indicación
0	(0)	El factor de escala para la corrección de pseudodistancia es 0,02 m y para la corrección de variación de la distancia es 0,002 m/s
1	(1)	El factor de escala para la corrección de pseudodistancia es 0,32 m y para la corrección de variación de la distancia es 0,032 m/s

3.5 Error de distancia diferencial de usuario (user differential range error – UDRE)

Se trata de una estimación del error cuadrático medio en la corrección de pseudodistancia diferencial. Este valor resulta influenciado por factores tales como la relación señal/ruido en el satélite, los efectos de trayectos múltiples y el suavizado de los datos. En el Cuadro 5 se define el formato para el campo UDRE.

CUADRO 5

Error de distancia diferencial de usuario (UDRE)

Código	Número	Error diferencia 1 σ (m)
00	(0)	≤ 1
01	(1)	> 1 y ≤ 4
10	(2)	> 4 y ≤ 8
11	(3)	> 8

3.6 Sistema de coordenadas fijas centrado en la Tierra

WGS 84 es el sistema de coordenadas utilizado para el GPS. Sin embargo, las estaciones de referencia pueden estar situadas en un sistema regional (como por ejemplo el NAD 83 de Estados Unidos de América). SGS 90 es el sistema de coordenadas utilizado para el GLONASS y para las estaciones de referencia del GLONASS diferencial.

3.7 T_b de los datos de navegación (GLONASS)

Se trata del tiempo dentro del periodo que corre de 24 h UTC(SU) que incluye información de explotación transmitida en la trama.

3.8 Mensaje especial

Los mensajes de tipo 16 y 36 se formatean con caracteres ASCII y se difundirán en inglés. Además, el suministrador del servicio puede difundir los mensajes en otros idiomas.

3.9 Plan de transmisión de mensajes

En el Cuadro 6 figura el plan de mensajes para las transmisiones de las correcciones DGPS y en el Cuadro 7 aparece el plan de mensajes para las transmisiones de las correcciones DGPS y DGLONASS cuando se difunden desde la misma estación de radiofaro.

CUADRO 6

Servicio DGPS

Tipo	Frecuencia de transmisión
9 ó 1	Debe difundirse lo más a menudo posible
3	Debe difundirse al menos dos veces cada hora y cuando se produzca cualquier cambio en el emplazamiento de la estación de referencia
5	Debe difundirse 5 min después de la hora entera y posteriormente cada 15 min
6	Debe difundirse cuando sea necesario
7	Debe difundirse en intervalos de 15 min y cuando se produzca cualquier cambio en los datos de la estación de difusión. El mensaje debe incluir datos sobre radiofaros adyacentes
16	Debe difundirse cuando sea necesario

CUADRO 7

DGPS/DGLONASS combinado

GPS		GLONASS	
Tipo	Frecuencia de transmisión	Tipo	Frecuencia de transmisión
9 ó 1	Debe difundirse lo más a menudo posible (aproximadamente cada 15-20 s)	34 ($N > 1$) ó 31	Debe difundirse cada 50-60 s
3	Debe difundirse 15 min y 45 min después de cada hora entera	32	Debe difundirse los 15 + 1 min y 45 + 1 min después de cada hora entera
5	Debe difundirse de 5 min después de la hora entera y posteriormente cada 15 min	33	Debe difundirse 5 + 1 min después de la hora entera y posteriormente cada 15 min
6	Debe difundirse cuando sea necesario	34 ($N = 0$ ó $N = 1$)	Debe difundirse cuando sea necesario
7	Debe difundirse 7 min después de la hora entera y posteriormente cada 15 min	35	Debe difundirse 7 + 1 min después de la hora entera y posteriormente cada 15 min
16	Debe difundirse cuando sea necesario	36	Debe difundirse cuando sea necesario