

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.2010
(03/2012)

**Características del sistema digital
«Datos de navegación para difundir
información de seguridad marítima
e información de seguridad conexa
de costa a barco en la banda
de 500 kHz»**

Serie M

**Servicios móviles, de radiodeterminación,
de aficionados y otros servicios
por satélite conexos**

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2015

© UIT 2015

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

RECOMENDACIÓN UIT-R M.2010

Características del sistema digital «Datos de navegación para difundir información de seguridad marítima e información de seguridad conexas de costa a barco en la banda de 500 kHz»

(2012)

Cometido

En esta Recomendación se describe un sistema de radiocomunicaciones en ondas hectométricas, denominado Datos de Navegación (NAVDAT), para el servicio móvil marítimo en la banda de 500 kHz, destinado a la difusión digital de costa-barco de información de seguridad marítima e información de seguridad conexas. Las características operativas y la arquitectura de este sistema de radiocomunicaciones se describen en los Anexos 1 y 2. Las dos modalidades de difusión de datos se detallan en los Anexos 3 y 4.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la difusión de datos a alta velocidad de costa a barco mejora la seguridad marítima y la eficiencia operativa;
- b) que el actual sistema de Información de Seguridad Marítima en ondas hectométricas (NAVTEX) tiene una capacidad limitada;
- c) que el sistema de navegación electrónica de la Organización Marítima Internacional (OMI) aumenta la demanda de transmisión de datos de costa a barco;
- d) que la banda de 500 kHz tiene una buena cobertura para sistemas digitales,

reconociendo

que el Sistema Digital Radio Mondiale (DRM) mencionado en el Anexo 4 se ha incorporado en la Recomendación UIT-R BS.1514-2,

observando

que en el Informe UIT-R M.2201 se dan las bases del sistema NAVDAT,

recomienda

- 1** que las características operativas para la difusión de información de seguridad marítima e información de seguridad conexas estén en consonancia con el Anexo 1;
- 2** que la arquitectura del sistema de difusión de información de seguridad marítima e información de seguridad conexas de costa a barco en la banda de frecuencias HF esté en consonancia con el Anexo 2;
- 3** que las características técnicas y los protocolos de módem para la transmisión digital de costa a barco en la banda de 500 kHz estén en consonancia con el Anexo 3 o el Anexo 4.

Anexo 1

Características operativas

El sistema NAVDAT utiliza una atribución de intervalo de tiempo similar a la del sistema NAVTEX, de cuya coordinación podría encargarse la OMI de la misma manera.

Este sistema NAVDAT también podría utilizar una red monofrecuencia (SFN), como se describe en el Anexo 4. En este caso, se sincroniza la frecuencia de los transmisores y los datos de transmisión deben ser idénticos para todos ellos.

El sistema digital de NAVDAT a 500 kHz permite la transmisión por difusión de cualquier tipo de mensaje de costa a barco, con posibilidad de encriptación.

1 Tipos de mensajes

Todo mensaje de difusión debe proceder de una fuente controlada y segura.

Se pueden difundir, entre otros, los siguientes tipos de mensaje:

- seguridad de navegación;
- seguridad;
- pirateo;
- búsqueda y rescate;
- mensajes de meteorología;
- mensaje del piloto o del puerto;
- transferencia de ficheros del sistema de tráfico de barcos.

2 Modos de difusión

2.1 Difusión general

Estos mensajes se difunden a la atención de todos los barcos.

2.2 Difusión selectiva

Estos mensajes se difunden a la atención de un determinado grupo de barcos o una zona de navegación específica.

2.3 Mensaje dedicado

Estos mensajes están destinados a un barco en concreto, utilizando la identidad del servicio móvil marítimo.

Anexo 2

Arquitectura del sistema

1 Cadena de difusión

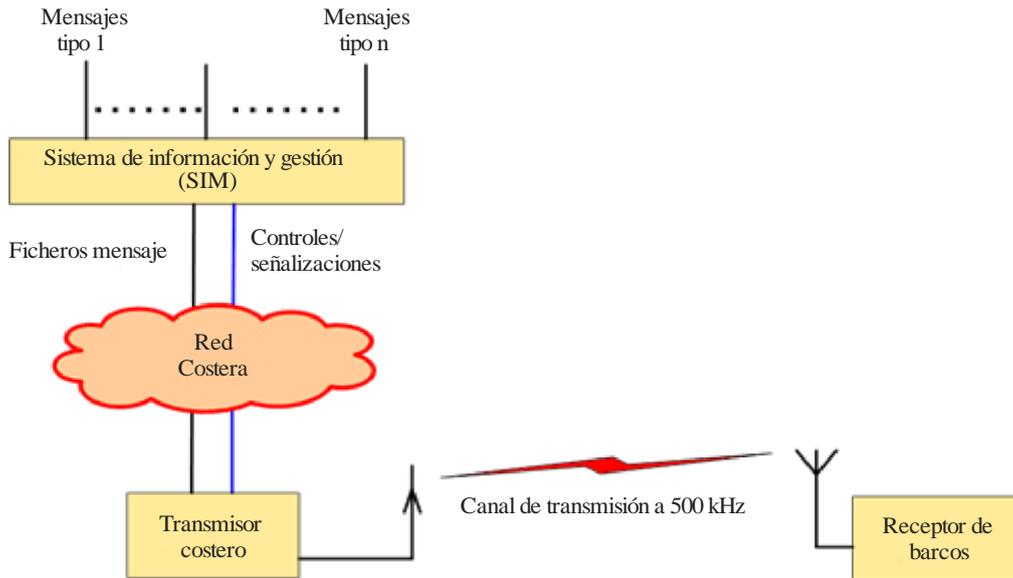
El sistema NAVDAT está estructurado en cinco vectores para realizar las siguientes funciones:

- Sistema de información y gestión (SIM):
 - recopila y controla todo tipo de información;
 - crea ficheros mensaje para su transmisión;
 - crea un programa de transmisión con arreglo a la prioridad de ficheros mensaje y la necesidad de repetición.
- Red costera:
 - garantiza que los ficheros mensaje se transporten desde el origen a los transmisores.
- Transmisor costero:
 - recibe los ficheros mensaje del SIM;
 - traduce los ficheros mensaje a una señal MDFO (modulación por división de frecuencia ortogonal);
 - transmite la señal RF a la antena para su difusión a los barcos.
- Canal de transmisión:
 - Transporta la señal RF a 500 kHz.
- Receptor de barco:
 - demodula la señal MDFO RF;
 - reconstruye los ficheros mensaje;
 - ordena y distribuye los ficheros mensaje al equipo especializado en función de la aplicación de los ficheros mensaje.

En la Fig. 1 se muestra el diagrama de bloques de la cadena de difusión.

FIGURA 1

Diagrama de bloques de la cadena de difusión NAVDAT a 500 kHz



M.2010-01

1.1 Sistema de información y gestión

El SIM comprende:

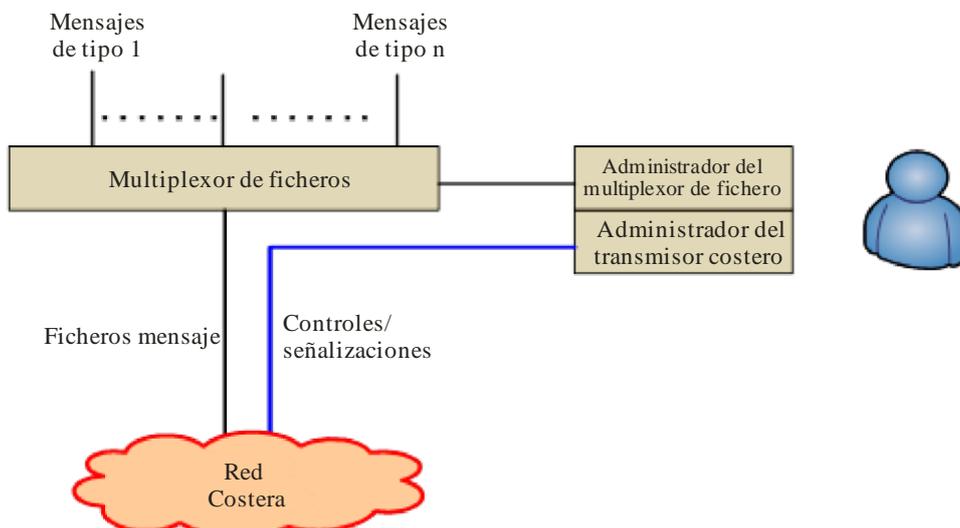
- todas las fuentes que generan mensajes fichero (por ejemplo, estaciones de meteorología, organizaciones de seguridad, etc.);
- el multiplexor de ficheros, aplicación que se ejecuta en un servidor;
- el administrador del multiplexor de ficheros;
- el administrador de transmisores costeros.

Todas las fuentes están conectadas en red al multiplexor de fichero.

En la Fig. 2 se muestra el diagrama general del SIM.

FIGURA 2

Diagrama de bloques del sistema de información y gestión de NAVDAT



M.2010-02

1.1.1 Multiplexor de ficheros

El multiplexor de ficheros:

- recoge los ficheros mensaje procedentes de las fuentes de datos;
- encripta, en su caso, los ficheros mensaje;
- formatea los mensajes fichero con la información del destinatario, la prioridad y la validez de tiempo;
- envía los ficheros mensaje al transmisor.

1.1.2 Administrador del multiplexor de ficheros

El administrador del multiplexor de ficheros es una interfaz hombre-máquina que permite al usuario realizar, entre otras, las siguientes tareas:

- echar un vistazo a los ficheros mensaje procedentes de cualquier fuente;
- especificar la prioridad y periodicidad de cualquier fichero mensaje;
- especificar el destinatario del fichero mensaje;
- gestionar la encriptación del mensaje del fichero.

Algunas de estas funcionalidades se pueden automatizar. Por ejemplo, la prioridad y periodicidad de un mensaje puede seleccionarse con arreglo a su procedencia o el origen puede especificar la prioridad del mensaje.

1.1.3 Administrador del transmisor costero

El administrador de la estación costera es una interfaz hombre-máquina conectada al transmisor a través de la red; hace posible supervisar indicaciones de estado del transmisor tales como:

- acuse de recibo de transmisión;
- alarmas;
- potencia de transmisión efectiva;
- informe de sincronización;

y cambiar parámetros del transmisor, como por ejemplo:

- potencia de transmisión;
- parámetros MDFO (soportadoras piloto, codificación de errores, etc.);
- plan de transmisión.

1.2 Red costera

La red costera puede utilizar un enlace de banda ancha, un enlace de baja velocidad de datos o la compartición de ficheros locales.

1.3 Descripción del transmisor costero

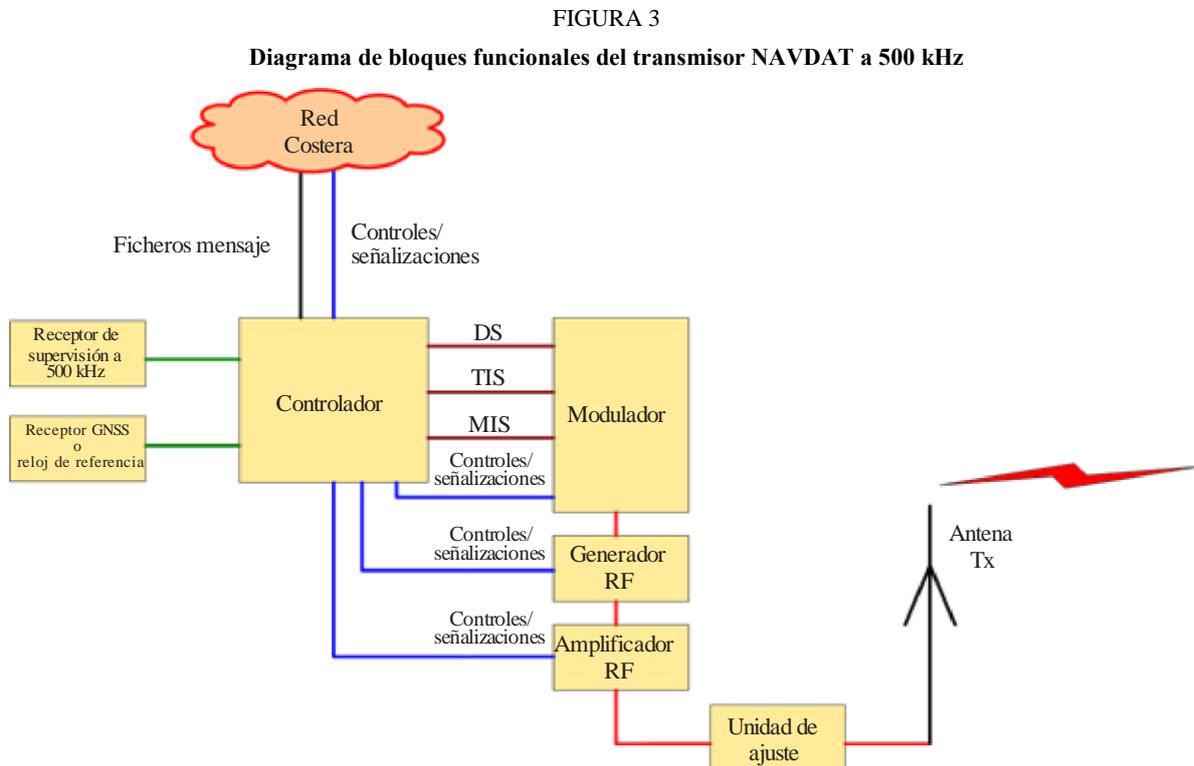
La estación transmisora costera consta de la siguiente configuración mínima:

- un servidor local conectado a un acceso protegido;
- un modulador MDFO;
- un amplificador a 500 kHz;
- una antena de transmisión con unidad de concordancia;

- un receptor GNSS o un reloj atómico para la sincronización;
- un receptor de supervisión con su antena.

1.3.1 Arquitectura del sistema costero

En la Fig. 3 se muestra el diagrama de bloques de un transmisor digital a 500 kHz.



M.2010-03

1.3.2 Controlador

Esta unidad recibe cierta información:

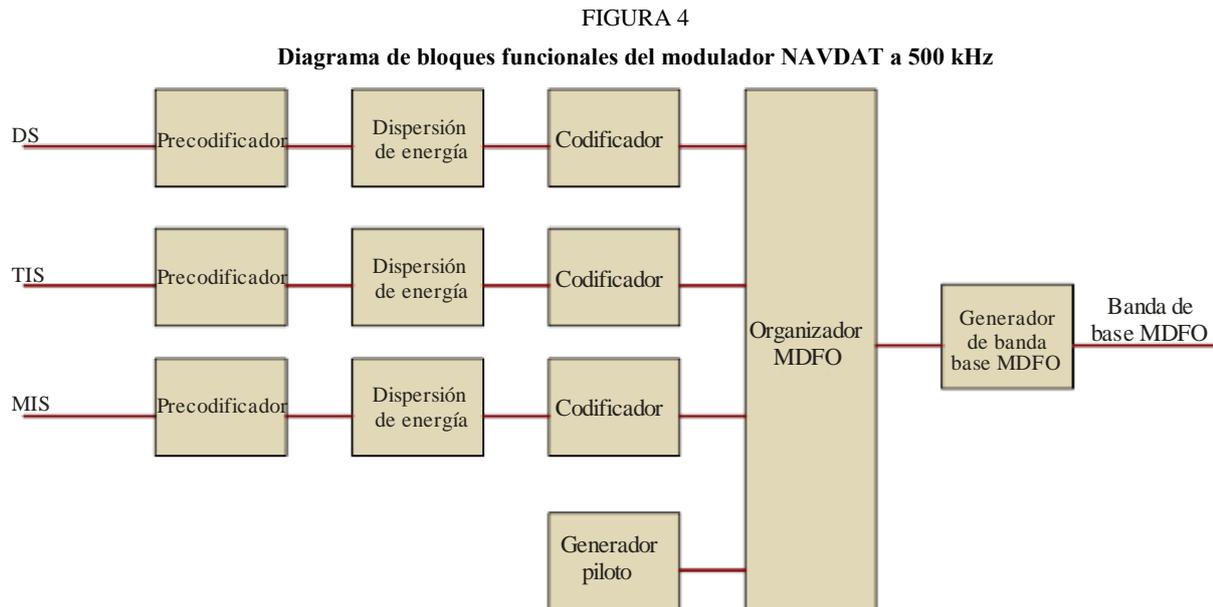
- ficheros mensaje del SIM;
- GNSS o reloj de referencia para la sincronización;
- señal a 500 kHz procedente del receptor de supervisión;
- señales de control del transmisor y del modulador a 500 kHz.

La función del controlador es:

- comprobar si la banda de frecuencia está libre antes de transmitir;
- sincronizar todas las señales en la estación costera con el reloj de sincronización;
- controlar los parámetros de transmisión, hora y programación;
- formatear los ficheros mensaje que se van a transmitir (divididos en paquetes).

1.3.3 Modulador

En la Fig. 4 se muestra el diagrama del modulador.



M.2010-04

1.3.3.1 Flujos de entrada

Para funcionar, el modulador necesita tres flujos de entrada:

- flujo de información de modulación (MIS);
- flujo de información del transmisor (TIS);
- flujo de datos (DS).

Estos flujos se transcodifican y luego se introducen en la señal MDFO mediante un organizador de células.

1.3.3.1.1 Flujo de información de modulación

Este flujo se utiliza para facilitar información sobre:

- el grado de ocupación del espectro;
- la modulación para el flujo de información de transmisión y el flujo de datos (MAQ-4, MAQ-16 ó MAQ-64).

Este flujo MIS se codifica siempre en subportadores MAQ-4 para la correcta demodulación en el receptor.

1.3.3.1.2 Flujo de información del transmisor

Este flujo se utiliza para suministrar información al receptor sobre:

- la codificación de errores para flujos de datos (debería ser diferente para la propagación por onda de suelo durante el día y para la propagación por onda de suelo y ondas ionosféricas durante la noche);
- el identificador del transmisor;
- la fecha y la hora.

Este flujo TIS puede codificarse con MAQ-4 o MAQ-16.

1.3.3.1.3 Flujo de datos

Contiene los ficheros mensaje que se van a transmitir (formateados previamente por el multiplexador de ficheros).

1.3.3.2 Codificación de errores

El plan de corrección de errores determina la robustez de la codificación. La tasa de codificación es la relación entre la tasa útil y la tasa de datos brutos. Da una idea de la eficiencia de la transmisión y varía entre 0,5 y 0,75 dependiendo del plan de corrección de errores y los patrones de modulación.

1.3.3.3 Generación de la MDFO

Se da formato a los tres flujos (MIS, TIS y DS):

- codificación;
- dispersión de energía.

El organizador de células organiza las células MDFO con los flujos formateados y las células piloto. Las células piloto se transmiten para que el receptor estime el radiocanal y se sincronice con la señal RF.

El generador de señales MDFO crea la banda de base MDFO con arreglo a la salida del organizador de células.

1.3.4 Generador RF a 500 kHz

El generador a 500 kHz en HF realiza una transposición de la señal en la banda de base a la portadora de salida RF a 500 kHz.

El amplificador aumenta la potencia de la señal RF hasta el nivel deseado.

1.3.5 Amplificador RF

La función de esta etapa es amplificar la señal a 500 kHz procedente de la salida del generador hasta el nivel necesario para obtener la cobertura radioeléctrica deseada.

La transmisión MDFO introduce un factor de cresta en la señal RF, que debe permanecer en el intervalo de 7 a 10 dB a la salida del amplificador RF para obtener una tasa de errores de modulación (MER) correcta.

1.3.6 Antena de transmisión con unidad de ajuste

El amplificador RF está conectado a la antena de transmisión por medio de la unidad de ajuste de impedancia.

1.3.7 Receptor mundial de navegación por satélite y reloj atómico de referencia auxiliar

Este reloj se utiliza para sincronizar el controlador local.

1.3.8 Receptor de supervisión

El receptor de supervisión comprueba que la frecuencia esté libre antes de iniciar la transmisión y ofrece la posibilidad de verificar la transmisión.

1.4 Canal de transmisión: estimación de la cobertura radioeléctrica

La cobertura podría calcularse sobre la base de las Recomendaciones UIT-R P.368-9 y UIT-R P.372-10. Véase un ejemplo en el Informe UIT-R M.2201.

Anexo 3

Características técnicas de NAVDAT

1 Principio de modulación

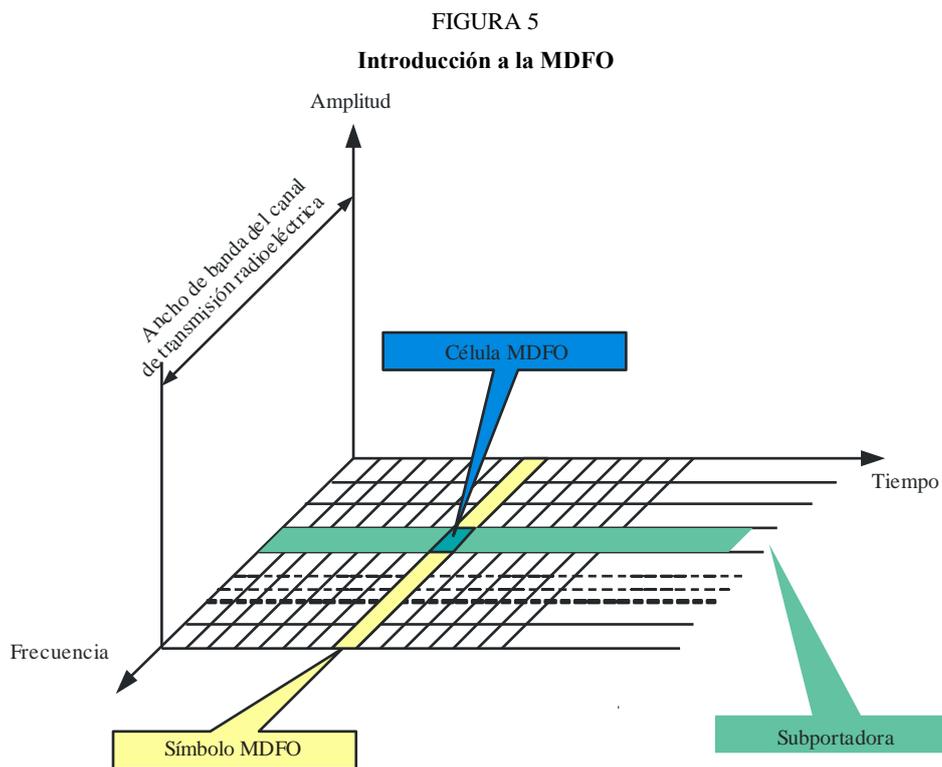
El sistema utiliza MDFO, una tecnología de modulación para transmisiones digitales.

1.1 Introducción

La anchura de banda del canal de transmisión radioeléctrica en el dominio de la frecuencia se divide para generar subportadoras.

El canal de transmisión radioeléctrica se organiza en el tiempo para componer símbolos.

Una célula MDFO equivale a una subportadora en un símbolo MDFO.



M.2010-05

1.2 Principio

La MDFO utiliza un gran número de subportadoras ortogonales cercanas (41,66 Hz) para que la transmisión de datos se realice con una elevada eficiencia espectral. Estas subportadoras están separadas en frecuencia ($F_u = 1/T_u$), donde T_u es la duración de un símbolo MDFO.

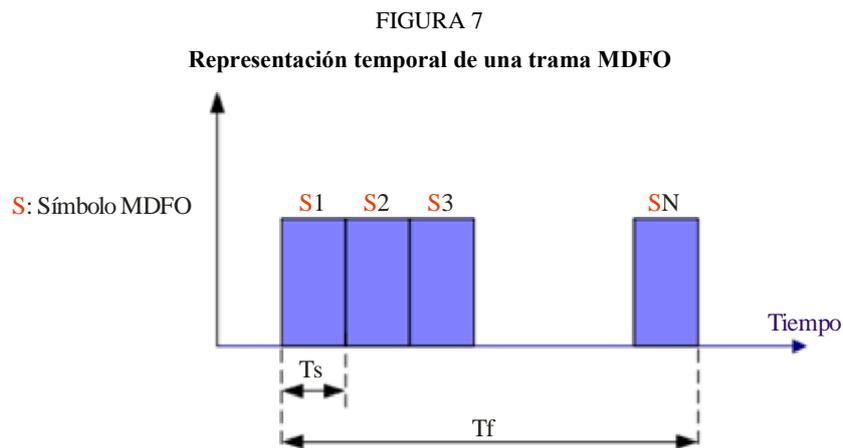
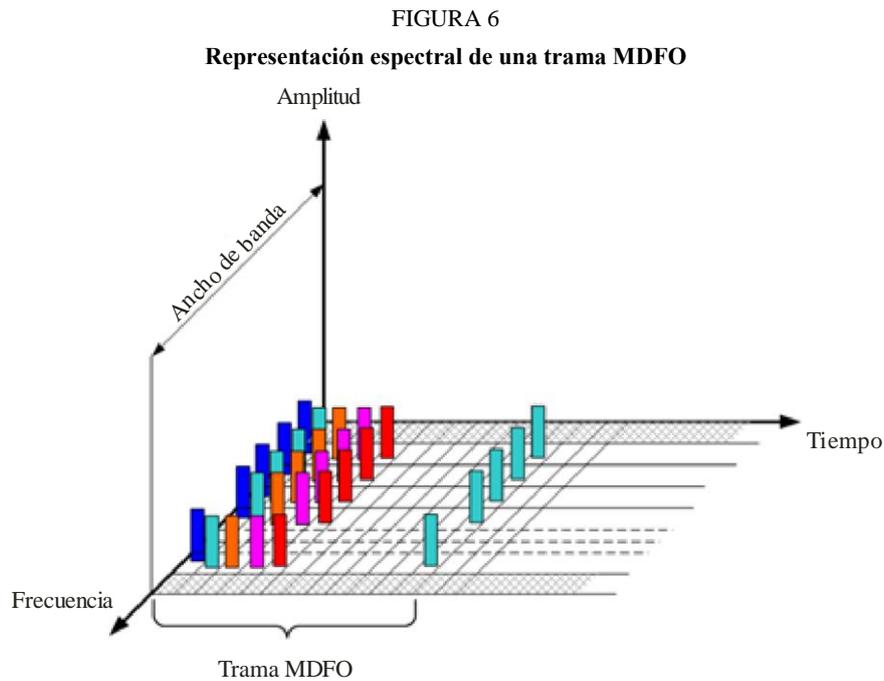
Las fases de las subportadoras son ortogonales entre sí para mejorar la diversidad de la señal causada por los trayectos múltiples, particularmente en distancias largas.

En cada símbolo MDFO se inserta un intervalo de guarda (T_d) para reducir el efecto de los trayectos múltiples, reduciendo así la interferencia entre símbolos.

La duración del símbolo MDFO es $T_s = T_u + T_d$.

Los símbolos MDFO se concatenan para constituir una trama MDFO.

La duración de la trama MDFO es T_f .



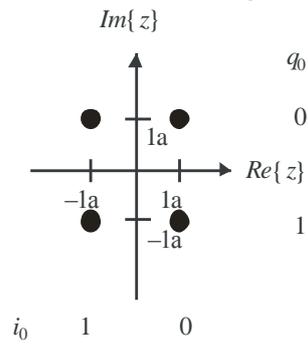
1.3 Modulación

Cada subportadora se modula en amplitud y en fase (MAQ, modulación de amplitud en cuadratura).

Los esquemas de modulación pueden ser de 64 estados (6 bits, MAQ-64), 16 estados (4 bits, MAQ-16), o 4 estados (2 bits, MAQ-4).

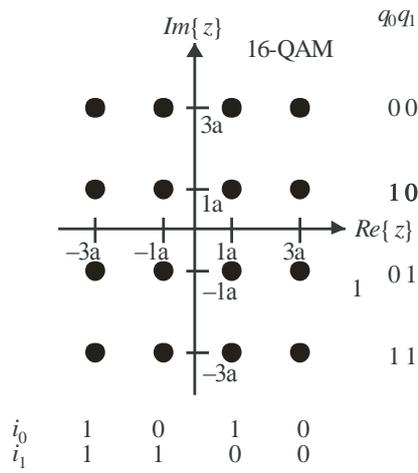
El esquema de modulación es función de la robustez deseada de la señal.

FIGURA 8
Constelación MAQ-4
4-QAM



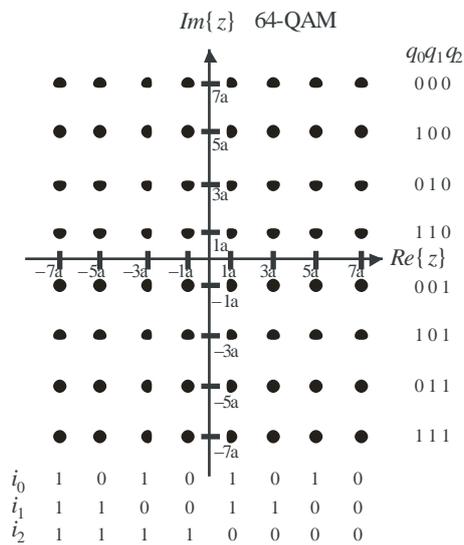
M.2010-08

FIGURA 9
Constelación MAQ-16
16-QAM



M.2010-09

FIGURA 10
Constelación MAQ-64
64-QAM



M.2010-10

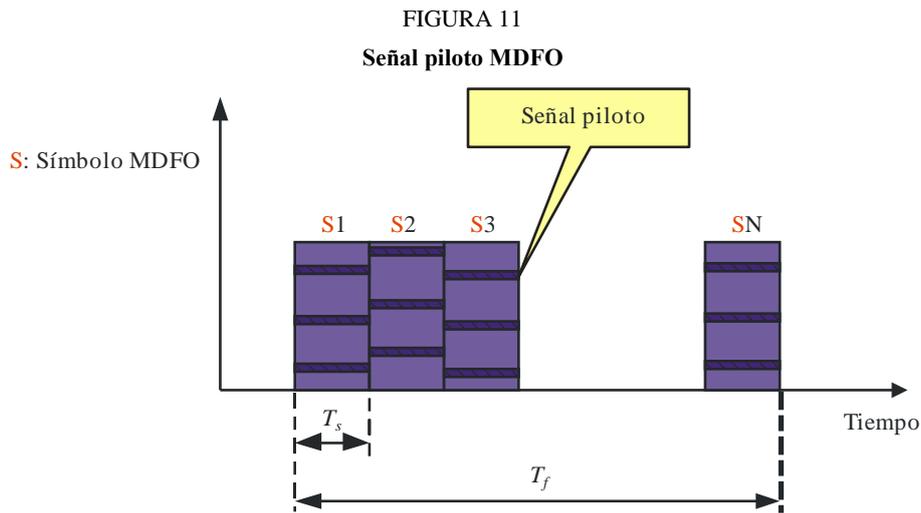
1.4 Sincronización

Para una correcta demodulación de las subportadoras, la respuesta del canal radioeléctrico debe estar determinada para cada subportadora, siendo recomendable la ecualización. Por este motivo, algunos símbolos MDFO pueden transportar señales piloto.

La señal piloto permite al receptor:

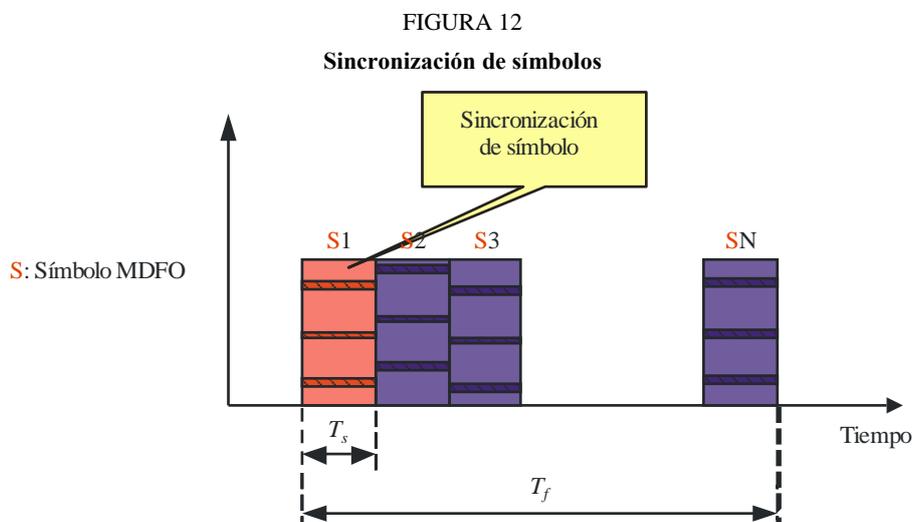
- detectar si se ha recibido una señal;
- estimar el desplazamiento de frecuencia;
- estimar el canal de transmisión radioeléctrica.

El número de señales piloto es función de la robustez deseada de la señal.



M.2010-11

En el primer símbolo de cada trama MDFO, el receptor utiliza las subportadoras como referencia de tiempo para su sincronización.

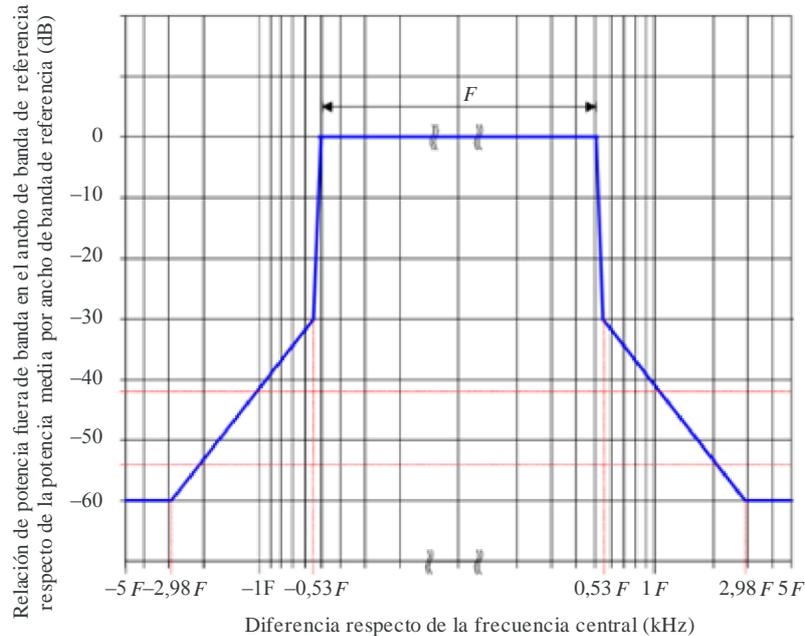


M.2010-12

1.5 Ocupación espectral de la señal RF

FIGURA 13

Ocupación espectral de la señal NAVDAT RF con ancho de banda $F = 10$ kHz



M.2010-13

2 Velocidad de datos utilizable estimada

En el ancho de banda del canal 10 kHz con propagación a 500 kHz, la velocidad de datos brutos para el flujo de datos suele ser de unos 25 kbit/s con una señal MAQ-16.

El número de subportadoras que guardan datos puede variar a fin de ajustar la protección del canal. Cuanto mayor sea la protección del canal (protección contra trayectos múltiples, desvanecimiento, retraso, etc.) menor será el número de subportadoras útiles.

Debe aplicarse una codificación de errores a la velocidad de datos brutos para obtener una velocidad de datos útil. Con una velocidad de código de 0,5 a 0,75, la velocidad de datos útiles estará comprendida entre 12 y 18 kbit/s.

Cuanto mayor sea la velocidad de código mayor será la velocidad de datos útiles, pero la cobertura radioeléctrica se verá reducida en consecuencia.

3 Receptor de barco NAVDAT

3.1 Descripción del receptor de barco NAVDAT

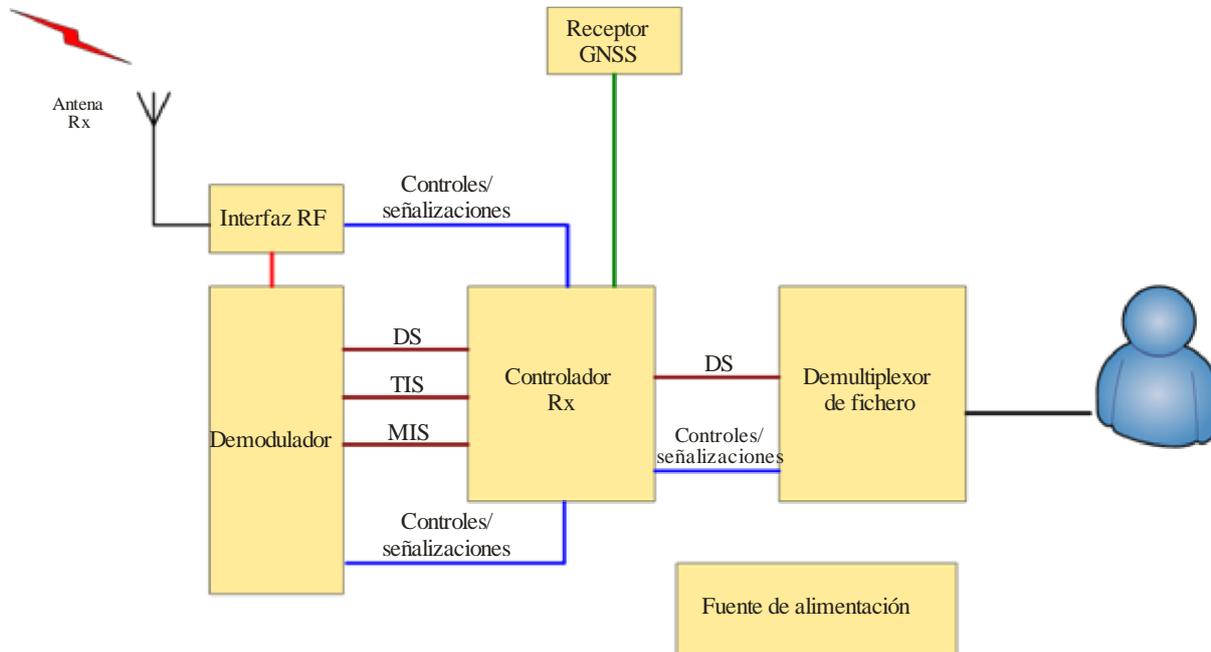
La Fig. 14 ilustra el diagrama de bloques del receptor de barco.

El receptor digital típico de NAVDAT 500 kHz está integrado por varios bloques básicos:

- antena de recepción y antena GNSS;
- interfaz RF;
- demodulador;
- demultiplexor de ficheros;

- controlador;
- fuente de alimentación.

FIGURA 14
Diagrama lógico del receptor NAVDAT



M.2010-14

3.1.1 Antena de recepción y antena del sistema mundial de navegación por satélite

La antena receptora a 500 kHz puede ser una antena de campo H (recomendado en un barco ruidoso) o una antena de campo E.

También se necesita una antena del GNSS (o la conexión al receptor GNSS disponible en el barco) para poder obtener la posición del barco.

3.1.2 Interfaz RF

Este componente integra el filtro RF, el amplificador RF y la salida en la banda de base.

Se requiere una sensibilidad y una gama dinámica elevadas.

3.1.3 Demodulador

Esta etapa demodula la señal MDFO en la banda de base y crea de nuevo el flujo de datos que contiene los ficheros mensaje transmitidos.

Realiza las siguientes funciones:

- sincronización de tiempo/frecuencia;
- estimación del canal;
- recuperación automática de la modulación;
- corrección de errores.

El receptor NAVDAT debe ser capaz de detectar automáticamente los siguientes parámetros de modulación:

- MAQ-16 ó MAQ-64;
- plan de subportadoras;
- tipo de codificación de errores.

Además del flujo de datos, contiene información aportada en el TIS y el MIS. Asimismo, incluye información complementaria sobre el canal, como:

- valor estimado de la SNR;
- BER;
- MER.

3.1.4 Demultiplexor de ficheros

El demultiplexor de ficheros:

- recibe los ficheros mensaje del controlador;
- verifica que los ficheros mensaje estén marcados para su atención (tipo de modo difusión);
- descifra los ficheros mensaje si procede o puede;
- pone los ficheros mensaje a la disposición de la aplicación del terminal que los utilizará;
- borra los ficheros mensaje obsoletos.

Dependiendo de la aplicación final, el fichero mensaje puede:

- almacenarse en un servidor abordo accesible por la red del barco;
- enviarse directamente a la aplicación final.

Se debe disponer de una interfaz hombre-máquina para poder mostrar los mensajes especiales y configurar la interfaz con los dispositivos de abordo especiales de la aplicación (por ejemplo, navegación electrónica) y gestionar los permisos de abordo (identificación del barco, encriptación). Esta interfaz puede consistir en una aplicación especial que se ejecuta en un computador externo, mientras que el receptor puede ser una caja negra.

3.1.5 Controlador

El controlador:

- extrae los ficheros mensaje del flujo de datos (fusiona paquetes en ficheros);
- interpreta el TIS y el MIS y otros elementos de información que ofrece el demodulador;
- recaba la siguiente información procedente del demultiplexor de ficheros:
 - número total de ficheros mensaje decodificados;
 - número de ficheros mensaje disponibles;
 - eventos de error (por ejemplo, descifra los errores).

Puede haber una interfaz hombre-máquina para visualizar y comprobar los parámetros de recepción.

3.1.6 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación principal debe adaptarse a la fuente de alimentación principal del barco.

4 Especificaciones de funcionamiento del receptor de barco NAVDAT

Las especificaciones del receptor de barco que figuran a continuación permiten obtener supuestamente una mínima SNR para la buena demodulación del MDFO (MAQ-16 o MAQ-64).

CUADRO 1

Especificaciones de funcionamiento del receptor del barco NAVDAT

Banda de frecuencias	495 a 505 kHz
Protección del canal adyacente	> 40 dB @ 5 kHz
Factor de ruido	< 20 dB
Sensibilidad utilizable para BER = 10^{-4} después de la corrección de errores	< -100 dBm
Dinámica	> 80 dB
Mínimo campo RF utilizable (con antena de recepción adaptada)	25 dB(μ V/m)

Anexo 4

Modo de red monofrecuencia de Digital Radio Mondiale

1 Descripción de Digital Radio Mondiale

Digital Radio Mondiale (DRM) es una norma internacional de radiodifusión digital utilizada para la radiodifusión digital radio en ondas hectométricas (MF) y decamétricas (HF). DRM es una tecnología de eficacia probada que ofrece mayor cobertura, mejora la fidelidad de la señal (mediante la codificación digital de errores), elimina la interferencia por trayectos múltiples (comprendida la interferencia por ondas ionosféricas) y, por ende, amplía la cobertura de las señales propagadas por ondas ionosféricas. La difusión DRM utiliza los modos de modulación MAQ-16 y MAQ-64, dependiendo de los requisitos de cobertura, la ubicación del transmisor, la potencia y la altura de la antena.

1.1 Modo de funcionamiento de red monofrecuencia

El sistema DRM es capaz de funcionar en el denominado modo de funcionamiento de «red monofrecuencia (SFN)». Consiste en que varios transmisores emiten en la misma frecuencia y al mismo tiempo señales de datos idénticas. Por lo general, estos transmisores están dispuestos para traslapar zonas de cobertura, donde las radios recibirán señales procedentes de más de un transmisor. Siempre que estas señales lleguen con una diferencia de tiempo de menos de un intervalo de guarda, reforzarán la señal. De este modo se mejora la cobertura del servicio en dicha ubicación respecto a la que se obtendría con un solo transmisor. Si la SFN se diseña meticulosamente y se utiliza un número adecuado de transmisores, se puede abarcar totalmente una región o país utilizando una sola frecuencia y, en esta aplicación, un solo intervalo de tiempo, lo que mejora enormemente la eficiencia espectral.

Anexo 5

Glosario

BER	Tasa de errores en los bits
DRM	Digital Radio Mondiale
DS	Flujo de datos
GNSS	Sistema mundial de navegación por satélite
LF	Ondas kilométricas
MER	Tasa de errores de modulación
MF	Ondas hectométricas
MIS	Flujo de información de modulación
NAVDAT	Datos náuticos (el nombre del sistema)
NAVTEX	Télex náutico (el nombre del sistema)
NM	Milla náutica (1 852 metros)
MAQ	Modulación de amplitud en cuadratura
MDFO	Multiplexación por división de frecuencia ortogonal
OMI	Organización Marítima Internacional
PEP	Potencia de cresta de la envolvente
RMS	Valor cuadrático medio
SFN	Red monofrecuencia
SIM	Sistema de información y gestión
SMSSM	Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos
SNR	Relación señal-ruido
TIS	Flujo de información del transmisor
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
