

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R M.1478-3**  
(09/2014)

## **Criterios de protección de los instrumentos Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento en la banda 406-406,1 MHz**

**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
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión (sonora)
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	<b>Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos</b>
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radioastronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	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.1478-3

**Criterios de protección de los instrumentos Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento en la banda 406-406,1 MHz**

(2000-2004-2011-2014)

**Cometido**

Esta Recomendación describe los criterios de protección de los instrumentos Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento situados a bordo de satélites en órbitas geoestacionarias y terrestres medias y bajas y que reciben señales de radiobalizas de localización de siniestros y de otras radiobalizas de socorro que funcionan en la banda 406-406,1 MHz.

**Términos**

Cospas-Sarsat; criterios de protección; instrumentos de búsqueda y salvamento; 406-406,1 MHz.

**Siglas/glosario**

EPIRBs – Radiobalizas de localización de siniestros

DRU – Unidad de recuperación de datos

GOES – Satélites geoestacionarios operativos del medio ambiente

MSG – METEOSAT de segunda generación

SARP – Procesador de búsqueda y salvamento

SARR – Repetidor de búsqueda y salvamento

**Recomendaciones e Informes de la UIT conexos**

Recomendación UIT-R M.1731-2 Criterios de protección para los terminales de usuario local del sistema Cospas-Sarsat en la banda 1 544-1 545 MHz.

Recomendación UIT-R M.1787-2 Descripción de sistemas y redes del servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra y espacio-espacio) y características técnicas de estaciones espaciales transmisoras que funcionan en las bandas 1 164-1 215 MHz, 1 215-1 300 MHz y 1 559-1 610 MHz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que el sistema mundial de búsqueda y salvamento por satélite Cospas-Sarsat se explota en base a una atribución exclusiva en la banda 406-406,1 MHz;
- b) que en el Anexo 1 se proporciona un análisis sobre los requisitos relativos a la máxima densidad espectral de flujo de potencia (dfp espectral) de los procesadores de búsqueda y salvamento (SARP, *search and rescue processor*) Sarsat para proteger a éstos de las emisiones fuera de banda de banda ancha, así como los límites superiores de variación de frecuencia Doppler asociados a las emisiones del SMS recibidas por el sistema Sarsat;
- c) que en el Anexo 2 se proporciona un análisis de los requisitos de máxima densidad de flujo de potencia (dfp) permitida de los procesadores SARP Sarsat en relación con la emisiones no esenciales de banda estrecha;

- d) que en el Anexo 3 se proporcionan directrices para la utilización de los requisitos de protección en la banda 406-406,1 MHz para los instrumentos SARP Sarsat (equipos a bordo de satélites);
- e) que en el Anexo 4 se proporciona criterios de protección de los servicios de seguridad que gozan de una atribución primaria en la banda 406-406,1 MHz (sistema Cospas-Sarsat (C-S)) contra las emisiones procedentes de los enlaces descendentes de los sistemas del servicio móvil por satélite (SMS) no OSG por debajo de 406 MHz;
- f) que en los Anexos 5, 6 y 7 se dan orientaciones para la protección de los repetidores de búsqueda y salvamento (SARR, *search and rescue repeaters*) en la banda 406-406,1 MHz en los satélites en órbita terrestre baja (LEO) de Sarsat, en los satélites geoestacionarios operacionales del medio ambiente (GOES) y en los satélites meteorológicos de la segunda generación (MSG, *meteosat second generation*), respectivamente;
- g) que en los Anexos 8 y 9 se dan orientaciones para la protección de repetidores de búsqueda y salvamento (SARR) de 406-406,1 MHz en satélites geoestacionarios (Electro) y satélites de navegación (GLONASS) respectivamente;
- h) que el Anexo 10 proporciona orientación para la protección de los repetidores de búsqueda y salvamento (SARR) en 406-406,1 MHz sobre satélites de navegación (Galileo);
- i) que en el Anexo 11 se resumen las características de funcionamiento presentes y futuras de todos los instrumentos de abordo de los diversos tipos de satélites en órbitas LEO, MEO u órbitas OSG,

*recomienda*

- 1 que el análisis para determinar el efecto que tienen sobre los instrumentos SARP Sarsat los sistemas que utilizan las bandas de frecuencia adyacentes se base en una máxima dfp espectral aceptable de  $-198,6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  en la antena Sarsat;
- 2 que el análisis para determinar el efecto sobre los instrumentos SARP Sarsat de las emisiones no esenciales de banda estrecha (por ejemplo, emisiones armónicas, emisiones parásitas, productos de intermodulación y productos debidos a la conversión de frecuencias) se base en una máxima dfp de  $-166,2 \text{ dB(W/m}^2)$  en una antena Sarsat dentro de una anchura de banda con una resolución de 19 Hz;
- 3 que el análisis para determinar el efecto sobre los instrumentos SARP Cospas de sistemas que utilizan bandas de frecuencia adyacentes se base en una máxima dfp espectral aceptable de  $-198,6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  en la antena Cospas;
- 4 que el análisis para determinar el efecto sobre los instrumentos SARP Cospas de las emisiones no esenciales de banda estrecha (por ejemplo, emisiones armónicas, emisiones parásitas, productos de intermodulación y productos debidos a la conversión de frecuencias) se base en una máxima dfp de  $-170,6 \text{ dB(W/m}^2)$  en la antena Cospas dentro de una anchura de banda con una resolución de 40 Hz;
- 5 que el análisis para determinar el efecto sobre los instrumentos Cospas-Sarsat de los sistemas del SMS no OSG propuestos que emplean la banda de frecuencias 405-406 MHz utilice un límite superior del desplazamiento Doppler de 20 kHz;
- 6 que los análisis para determinar el efecto sobre los repetidores LEO Sarsat de sistemas que utilizan bandas de frecuencias adyacentes se base en una máxima dfp espectral de  $-181,3 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  en la antena Sarsat;

- 7** que el análisis para determinar el efecto sobre los repetidores geoestacionarios GOES de sistemas que utilizan bandas de frecuencias adyacentes se base en una máxima dfp espectral de  $-201,1 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  en la antena Sarsat;
- 8** que los análisis para determinar el efecto sobre los repetidores geoestacionarios MSG de sistemas que utilizan bandas de frecuencias adyacentes se base en una máxima dfp espectral de  $-206,4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  en la antena Sarsat;
- 9** que el análisis para determinar el efecto sobre los repetidores Electro GEO de sistemas que utilizan bandas de frecuencias adyacentes se base en una máxima dfp espectral de  $-198,7 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  en la antena Cospas;
- 10** que el análisis para determinar el efecto sobre los repetidores GLONASS MEO de sistemas que utilizan bandas de frecuencias adyacentes se base en una máxima dfp espectral de  $-205,2 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  en la antena Cospas.
- 11** que el análisis para determinar el efecto sobre los repetidores Galileo MEO de sistemas que utilizan bandas de frecuencias adyacentes se base en una máxima dfp espectral en la antena de  $-206,1 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ ;
- 12** que el análisis para determinar el efecto sobre los repetidores Galileo MEO de las emisiones no esenciales de banda estrecha se base en una máxima dfp espectral en la antena de  $-206,1 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ .

## **Anexo 1**

### **Criterios de protección de los sistemas Cospas-Sarsat en la banda de 406-406,1 MHz respecto a las emisiones de banda ancha fuera de banda**

#### **1 Introducción**

Este Anexo proporciona información relativa al sistema C-S y sus requisitos de protección de las emisiones fuera de banda de banda ancha.

#### **2 Antecedentes**

Existen otros textos de la UIT que proporcionan información sustancial sobre los elementos siguientes:

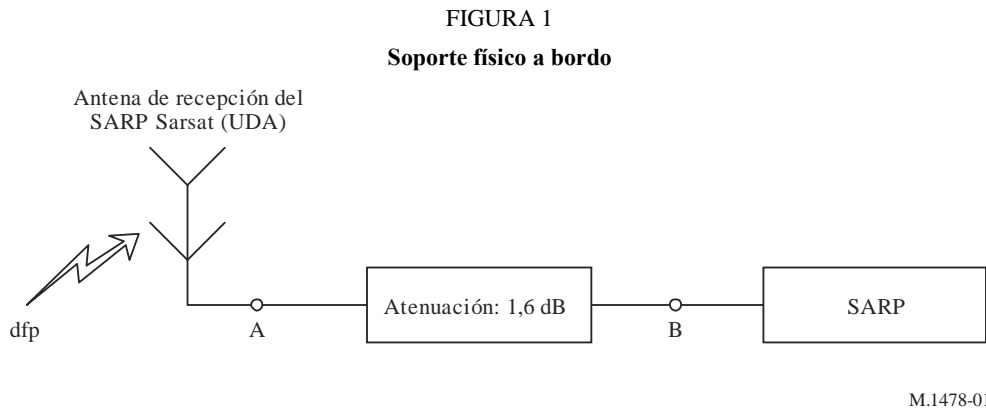
- parámetros de varias redes del SMS no OSG;
- nivel umbral de la dfp de la interferencia;
- protección a los servicios de búsqueda y salvamento (SAR) que utilicen técnicas de conformación o filtrado espectral.

#### **3 Nivel umbral de la dfp espectral de la interferencia**

La adición de ruido de banda ancha al sistema SARP Sarsat traerá como consecuencia el aumento de la proporción de bits erróneos (BER) del sistema y, por lo tanto, afectará negativamente a su calidad

de funcionamiento. Tal como han identificado los trabajos del UIT-R, la BER máxima aceptable en el enlace ascendente para el sistema SARP Sarsat no puede exceder de  $5 \times 10^{-5}$ . En base a este requisito, este análisis identifica la dfp máxima aceptable asociada al ruido de banda ancha en el enlace ascendente del sistema SARP Sarsat. En este análisis no se trata el efecto de las emisiones de banda estrecha (por ejemplo, líneas espectrales), que también afectarán negativamente a la calidad de funcionamiento del SARP, ni tampoco se consideran los requisitos de protección de todos los instrumentos C-S (por ejemplo, repetidores de búsqueda y salvamento Sarsat, SARP Cospas).

En la Fig. 1 se muestra los principales elementos del soporte lógico a bordo de los satélites NOAA (y en los futuros satélites METOP).



La especificación del diagrama de ganancia de la antena UDA se expresa conforme al ángulo nadir del Cuadro 1:

CUADRO 1

**Diagrama de ganancia (UDA) de una antena de recepción SARP**

Ángulo nadir del satélite	62	59	54	47	39	31	22	13	5	0
Ganancia con polarización dextrógira	3,85	3,54	2,62	1,24	-0,17	-1,33	-2,24	-3,08	-3,80	-3,96
Ganancia con polarización levógira	-5,69	-6,23	-7,52	-9,39	-11,39	-13,12	-14,52	-15,77	-17,17	-18,00
Relación axial	6,02	5,85	5,59	5,26	4,90	4,57	4,31	4,11	3,78	3,49

Las cifras del Cuadro 1 son las especificadas para los diagramas de antena de los receptores Sarsat 406 MHz para el SARP para los satélites NOAA y METOP.

Las cifras típicas del equipo Sarsat son las siguientes: factor de ruido = 2,5 dB (parámetro de entrada para los SARP C-S), temperatura de ruido de fondo nominal = 1 000 K (parámetro de entrada de C-S), la atenuación entre la antena y el receptor SARP = 1,6 dB. Por lo tanto, la temperatura de ruido del sistema a la entrada del receptor SARP (punto B de la Fig. 1) es igual a 1 010 K y, por tanto, la densidad espectral de ruido es igual a  $N_0 = -198,6$  dB(W/Hz).

La especificación del caso peor establece que el SARP está diseñado para funcionar correctamente cuando la señal recibida tiene una potencia de  $C = -161$  dBW (nivel mínimo de la señal recibida) a la entrada del receptor, lo cual proporciona un valor efectivo de  $E_b/N_0 = 9,1$  dB en el detector binario

del SARP si se tiene en cuenta la forma de onda de la baliza y las diversas pérdidas existentes. En este caso, la correspondiente BER es  $2,6 \times 10^{-5}$ .

Por lo tanto, para conseguir una BER de  $5 \times 10^{-5}$  (que es aproximadamente el doble de la BER) la degradación máxima aceptable es de 0,3 dB. Con una  $E_b/N_0 = 8,8$  dB, la BER es  $4,8 \times 10^{-5}$ .

A continuación se calcula el ruido aditivo correspondiente a una degradación de 0,3 dB para la  $C/N_0$ .

Sea  $I_0$  la densidad de potencia de ruido aditiva procedente de sistemas SMS no OSG interferentes.

El ruido inicial  $N_0$  pasa a ser  $N_0 + I_0$ .

La relación señal/ruido  $C/N_0$  pasa a ser  $C/(N_0 + I_0)$ .

La degradación es de 0,3 dB =  $10 \log ((C/N_0)/(C/(N_0 + I_0)))$ , por tanto,  $I_0/N_0 = -11,5$  dB e  $I_0 = -210,1$  dB(W/Hz) que corresponde a una temperatura de 70,8 K, y por tanto a un aumento de la temperatura de ruido del sistema del 7% a la entrada del receptor SARP.

Por lo tanto, el máximo nivel admisible de nivel de densidad de ruido es  $I_0 = -210,1$  dB(W/Hz) (calculado para el punto B de la Fig. 1).

Tal como se muestra en la Fig. 1, la densidad de ruido,  $I_0$ , tiene en cuenta la atenuación y la ganancia de la antena. Dado que se necesita la dfp espectral, es preciso transformar esta cifra en dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)). El área de la superficie equivalente de una antena con una ganancia  $G$

es  $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$ . Por tanto, la dfp espectral correspondiente es  $-210 + 1,6$  (pérdidas)  $- 10 \log_{10}$

$S = -198,6$  dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)), teniendo en cuenta el ángulo nadir más elevado del satélite.

El nivel máximo de interferencia de ruido de banda ancha en la banda 406-406,1 MHz no deberá exceder de  $-198,6$  dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) para proteger los instrumentos del SARP Sarsat.

#### 4 Límite superior del desplazamiento Doppler

Cualquiera que sea la anchura de banda propuesta, se deberá tener en cuenta el desplazamiento debido al efecto Doppler. El valor máximo del desplazamiento Doppler debe examinarse con cuidado. El caso peor tiene lugar cuando el satélite Sarsat y el satélite SMS no OSG están ubicados en la misma órbita y viajan en sentidos opuestos. En ese caso siempre es aplicable el análisis siguiente.

La señal SMS no OSG procede del punto A. El satélite Sarsat se representa por el punto B. El satélite Sarsat se desplaza a una velocidad  $V_B$ . Si el satélite SMS no OSG no se estuviera moviendo, la frecuencia recibida en B sería  $F_B = F_A (1 + \frac{V_B}{c})$  en el caso peor. Por otro lado, la frecuencia recibida en

B tiene el mismo valor si el satélite Sarsat no se está moviendo y el satélite SMS no OSG se está moviendo. Si la altitud del satélite es de 850 km, su velocidad es de 7 426 m/s.

Si ambos satélites se mueven en sentidos opuestos, el límite superior del desplazamiento Doppler es:

$$2F_A (V_B/c) = 20 \text{ kHz}$$

Se trata de la situación en el caso peor y no es necesariamente aplicable a todos los sistemas SMS propuestos.

#### 5 Conclusiones y recomendaciones

Sobre la base de los cálculos anteriores, las conclusiones y recomendaciones sobre el impacto de las emisiones procedentes de las bandas de frecuencia adyacentes sobre el SARP Sarsat son las siguientes:

- el nivel máximo de interferencia debido a ruido de banda ancha en la banda de 406-406,1 MHz no excederá  $-198,6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  para proteger los instrumentos del SARP Sarsat;
- el límite superior del desplazamiento Doppler es de 20 kHz;
- se recomienda que se realicen estudios adicionales para determinar el impacto sobre los C-S de sistemas del SMS que hagan uso de la banda 405-406 MHz con una dfp espectral de  $-198,6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ , un desplazamiento Doppler adecuado y teniendo en cuenta el escenario del caso peor asociado a toda la constelación del SMS prevista.

## Anexo 2

### Criterios de protección de los sistemas C-S en la banda 406-406,1 MHz contra emisiones no esenciales de banda estrecha

#### 1 Introducción

En este Anexo se proporciona información sobre el sistema C-S y sus requisitos de protección contra las emisiones no esenciales de banda estrecha.

#### 2 Antecedentes

El Anexo 1 incluye los criterios de protección para SARP Sarsat en la banda 406-406,1 MHz que deben utilizarse como base para el análisis de interferencia procedentes de emisiones fuera de banda. Este Anexo proporciona los requisitos de protección para los instrumentos SARP Sarsat en relación con la interferencia de emisiones no esenciales de banda estrecha (emisiones armónicas, emisiones parásitas, productos de intermodulación y productos de conversión de frecuencia).

La terminología utilizada en este Anexo se deriva de la Recomendación UIT-R SM.328 – Espectros y anchuras de banda de las emisiones, y de la Recomendación UIT-R SM.329 – Emisiones no deseadas en el dominio no esencial.

Este Anexo trata de los criterios de protección exclusivamente para instrumentos SARP Sarsat y no representa necesariamente cuales deben ser los criterios de protección para todos los instrumentos Cospas-Sarsat.

#### 3 Requisitos de protección frente a emisiones no esenciales de banda estrecha

La Fig. 1 muestra los principales elementos del soporte físico del sistema SARP Sarsat.

Para una comprensión más cabal de esta especificación, es necesario recordar brevemente cual es el funcionamiento de la instrumentación SARP.

La transmisión de la radiobaliza de socorro Sarsat comienza con una portadora de 160 ms. no modulada que permite que un bucle de enganche de fase se sincronice más fácilmente a la portadora. La Fig. 2 representa el formato del mensaje C-S.



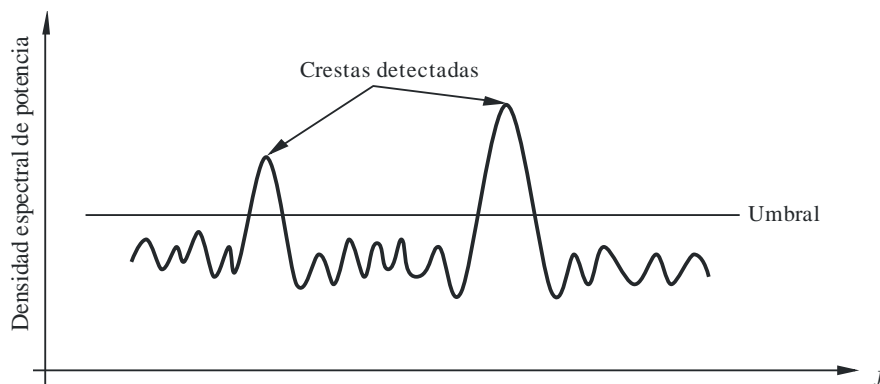
FIGURA 2  
Formato del mensaje C-S

Portador de 160 ms	Bits de sincronización	Bits del mensaje de la radiobaliza de socorro
--------------------	------------------------	---

M.1478-02

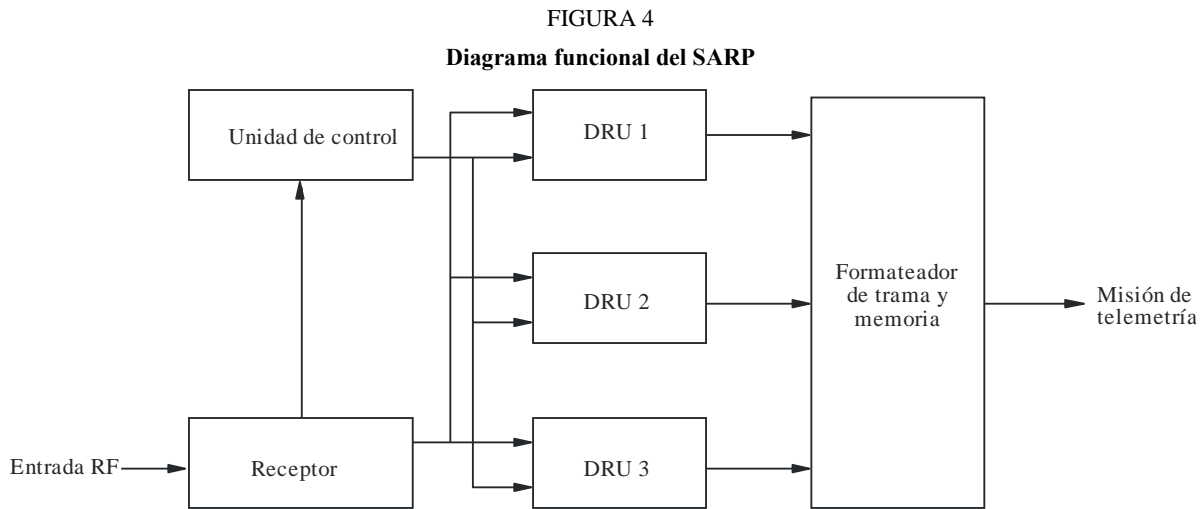
Un analizador de espectro de la instrumentación SARP supervisa continuamente toda la anchura de banda de cobertura en búsqueda de la parte de portadora pura que transmite una radiobaliza de socorro. Cuando el analizador de espectro detecta una de dichas líneas, considera que se trata del inicio de un mensaje C-S. La teoría se basa en la detección de una onda portadora pura (onda sinusoidal) en un entorno de ruido blanco, aditivo y gaussiano. La densidad espectral de potencia de la señal recibida (portadora pura + ruido) se calcula utilizando las técnicas de la transformada rápida de Fourier, procesándose toda señal que se encuentre por encima del umbral del sistema como si fuese una radiobaliza de socorro (véase la Fig. 3).

FIGURA 3  
Detección de una onda sinusoidal en presencia de ruido blanco Gaussiano



M.1478-03

Las señales que se encuentren por encima del umbral se asignan a una unidad de recuperación de datos (DRU, *data recovery unit*) abordo para su ulterior procesamiento y transmisión a la tierra sobre el canal de telemetría de la misión (véase la Fig. 4).



M.1478-04

Para satisfacer los requisitos de calidad de funcionamiento de los sistemas de SAR en lo que se refiere a las radiobalizas de socorro de baja potencia, los instrumentos SARP Sarsat han sido diseñados para detectar y procesar señales extremadamente débiles. Su calidad de funcionamiento es tal que cualquier señal,  $C_{\min}$ , cuyo nivel de densidad de ruido local exceda los 21 dB(Hz) ( $C_{\min}/N_0 > 21$  dB(Hz)) se asigna a una DRU para su ulterior tratamiento. En consecuencia, las señales interferentes de banda estrecha que cumplan estos criterios hacen que se les asigne una DRU. En consecuencia, la calidad de funcionamiento de la SARP en términos de capacidad (es decir, el número de mensaje de socorro simultáneos que pueden ser procesados) se degradaría seriamente.

Las cifras típicas del equipo Sarsat son las siguientes: factor de ruido = 2,5 dB (cifra típica de los SARP C-S), temperatura de ruido de fondo nominal = 1 000 K (parámetro de entrada de C-S), la atenuación entre la antena y el receptor SARP = 1,6 dB. Por lo tanto, la temperatura de ruido del sistema a la entrada del receptor SARP (punto B de la Fig. 1) es igual a 1 010 K y, por tanto, la densidad espectral de ruido es igual a  $N_0 = -198,6$  dB(W/Hz).

Dado que  $C_{\min}/N_0 = 21$  dB(Hz), entonces  $C_{\min} = -177,6$  dBW. Por lo tanto, cualquier emisión no esencial superior a  $-177,6$  dBW a la entrada del SARP (punto B de la Fig. 1), daría lugar a una degradación de la capacidad del sistema.

Es por lo tanto necesario calcular dicho nivel máximo admisible de línea espectral a la entrada de la antena Sarsat.

La especificación del diagrama de ganancia de la antena de recepción del SARP Sarsat se expresa en función del ángulo del nadir tal como se recoge en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Diagrama de ganancia de la antena de recepción del SARP (UDA)

Ángulo nadir del satélite	62	59	54	47	39	31	22	13	5	0
Ganancia con polarización dextrógira	3,85	3,54	2,62	1,24	-0,17	-1,33	-2,24	-3,08	-3,80	-3,96
Ganancia con polarización levógira	-5,69	-6,23	-7,52	-9,39	-11,39	-13,12	-14,52	-15,77	-17,17	-18,00
Relación axial	6,02	5,85	5,59	5,26	4,90	4,57	4,31	4,11	3,78	3,49

Por lo tanto, la máxima potencia admisible en el punto A de la Fig. 1 es  $-177,6 + 1,6$  (pérdidas) =  $-176$  dBW, teniendo en cuenta el máximo ángulo nadir del satélite. Dado que se necesita la dfp, esta cifra debe convertirse en dB(W/m<sup>2</sup>). El área de la superficie equivalente de una antena cuya ganancia  $G$  sea  $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi} = 0,105 \text{ m}^2$  corresponde al ángulo nadir más elevado del satélite. Por lo tanto, la dfp correspondiente es  $-176 - 10 \log_{10} S = -166,2$  dB(W/m<sup>2</sup>).

El nivel de protección requerido es: no se debe producir ninguna emisión no esencial de banda estrecha superior a  $-166,2$  dB(W/m<sup>2</sup>) a la entrada de cualquier antena de satélite de SARP Sarsat.

#### **4 Conclusión**

De acuerdo con los cálculos anteriores, las conclusiones y recomendaciones relativas al efecto de las emisiones no esenciales de banda estrecha sobre el SARP Sarsat no deberán exceder de  $-166,2$  dB(W/m<sup>2</sup>) a la entrada de cualquier antena de satélite de SARP Sarsat.

### **Anexo 3**

#### **Directrices para la utilización de los requisitos de protección en la banda 406-406,1 MHz (sistema C-S)**

##### **1 Definición de las características de las emisiones**

###### **1.1 Emisión fuera de banda**

Emisión en una o varias frecuencias situadas inmediatamente fuera de la anchura de banda necesaria, resultante del proceso de modulación, excluyendo las emisiones no esenciales.

###### **1.2 Emisión no esencial**

Emisión en una o varias frecuencias situadas fuera de la anchura de banda necesaria, cuyo nivel puede reducirse sin afectar la transmisión de la información correspondiente. Las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y los productos de la conversión de frecuencia están comprendidos en las emisiones no esenciales, pero están excluidas las emisiones fuera de banda.

###### **1.3 Emisiones no deseadas**

Conjunto de las emisiones no esenciales y de las emisiones fuera de banda.

###### **1.4 Anchura de banda necesaria**

Para una clase de emisión dada, anchura de la banda de frecuencias estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de la información a la velocidad y con la calidad requeridas en condiciones especificadas.

## 2 Procedimiento de cálculo del nivel de emisiones no deseadas en relación con el SARP Sarsat

### 2.1 Emisiones fuera de banda

La unidad de la emisión no deseada fuera de banda es el  $\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Hz}))$  (dfp espectral). La dfp espectral total es, de hecho, una dfp espectral combinada que se define como la suma de todas las dfp espectrales procedentes de todas las fuentes potenciales de emisiones no deseadas fuera de banda.

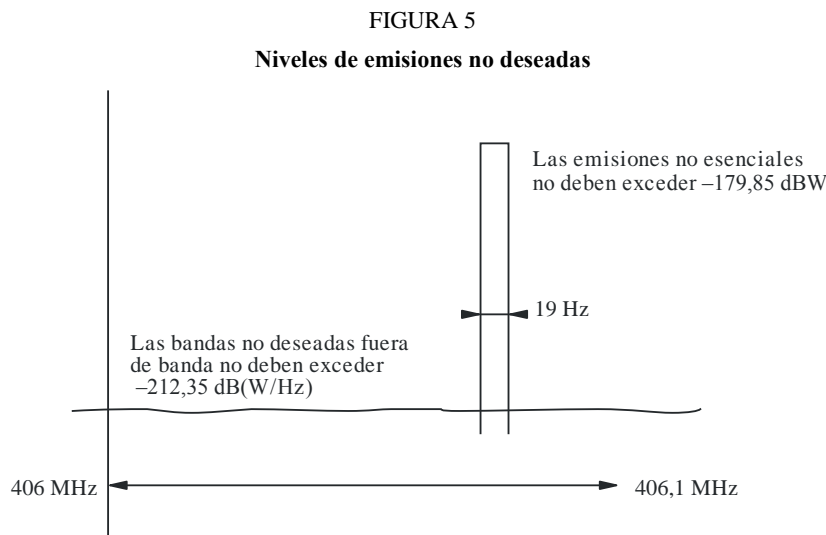
### 2.2 Emisiones no esenciales

Los procesadores del receptor C-S se diseñan para detectar las componentes espectrales discretas (portadora no modulada de la baliza). Los requisitos de protección se expresan en términos de dfp, siendo a unidad de la emisión no esencial el  $\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2)$  (dfp).

La anchura de banda de resolución de los instrumentos SARP Sarsat es 19 Hz. Ello significa que la separación de frecuencia mínima entre líneas espectrales (también llamada potencia de resolución del análisis espectral) que puede detectar el receptor SARP Sarsat es de 19 Hz. En consecuencia, el nivel de emisión no esencial debe calcularse en una anchura de banda de referencia de 19 Hz.

### 2.3 Límites de las emisiones no deseadas

En la Fig. 5 se recogen a modo de resumen los valores de los límites de las emisiones no deseadas.



Las emisiones no deseadas fuera de banda no deben superar los  $-198,6 \text{ dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Hz}))$  a la entrada de cualquier antena SARP Sarsat: esta cifra puede también convertirse en una densidad espectral de potencia ( $\text{dB}(\text{W}/\text{Hz})$ ):

$$-210,1 \text{ dB}(\text{W}/\text{Hz}) \text{ (a la entrada de los instrumentos SARP)} + 1,6 \text{ (pérdidas)} - 3,85 \text{ (ganancia de antena)} = -212,35 \text{ dB}(\text{W}/\text{Hz}) \text{ a la entrada de cualquier antena SARP Sarsat.}$$

La emisión no esencial de banda estrecha no debe superar los  $-166,2 \text{ dB}(\text{W}/\text{m}^2)$  a la entrada de cualquier antena de satélite Sarsat: esta cifra puede también convertirse en una densidad espectral de potencia (dBW):

$$-177,6 \text{ dBW} \text{ (a la entrada de los instrumentos SARP)} + 1,6 \text{ (pérdidas)} - 3,85 \text{ (ganancia de antena)} = -179,85 \text{ dBW} \text{ a la entrada de cualquier antena SARP Sarsat.}$$

Todos los valores anteriores son válidos a la entrada de cualquier antena SARP Sarsat.

## Anexo 4

### **Protección de servicios de seguridad con atribución primaria en la banda de 406-406,1 MHz (sistema C-S) de las emisiones del enlace descendente de sistemas SMS no OSG por debajo de 406 MHz**

#### **1 Introducción**

El sistema internacional C-S ha estado operacional desde 1985 y ha contribuido a salvar miles de vidas en todo el mundo. Es por tanto esencial proteger adecuadamente su funcionamiento.

#### **2 Antecedentes**

Existen otros textos de la UIT que proporcionan información sustancial sobre los elementos siguientes:

- parámetros de varias redes del SMS no OSG;
- nivel del umbral de la dfp de la interferencia;
- protección de los SAR mediante técnicas de conformación o filtrado espectral.

En el Anexo 1 se proporcionan criterios de protección del SARP Sarsat en la banda de 406-406,1 MHz. Este Anexo proporciona información adicional relativa a los requisitos de protección del receptor SARP Cospas.

#### **3 Criterios de protección del SARP Cospas en la banda de 406-406,1 MHz contra emisiones de banda ancha fuera de banda**

La calidad de funcionamiento del SARP se expresa mediante su BER y está directamente relacionada con la relación señal/densidad ruido,  $C/N_0$  (dB(Hz)).

La temperatura de ruido del receptor Cospas es de 300 K. La temperatura de ruido de fondo normal varía entre 300 K en la Antártida y 1 000 K en zonas muy densamente pobladas. Dado que una baliza de socorro puede ponerse en funcionamiento en cualquier punto del mundo y que su decodificación no debe verse degradada por la interferencia procedente de sistemas del SMS, la situación más sensible a la interferencia tiene lugar con la temperatura de ruido de fondo más baja, es decir, 300 K.

La atenuación entre la antena y el receptor SARP Cospas es 1,6 dB. La temperatura de ruido del cable es 300 K. Por lo tanto, la temperatura de ruido del sistema a la entrada del receptor del SARP es de 600 K y, en consecuencia, la densidad espectral de ruido,  $N_0$  es  $-200,82$  dB(W/Hz).

La BER del SARP Cospas especificada es menor de  $1 \times 10^{-5}$ . De acuerdo con la calidad de funcionamiento teórica de la modulación MDP-2, ello corresponde a una  $E_b/N_0 = 9,6$  dB en el detector de bits del SARP.

Tal como se ha identificado en los trabajos realizados por el UIT-R, la máxima BER aceptable en el enlace ascendente Cospas-Sarsat no debe ser superior a  $5 \times 10^{-5}$ , lo cual se consigue cuando  $E_b/N_0 = 8,8$  dB.

Por lo tanto, la máxima degradación aceptable de  $E_b/N_0$  es 0,8 dB, que corresponde a un aumento de densidad de ruido de  $N_0 = -200,02$  dB(W/Hz).

Si  $I$  es la contribución de la densidad de potencia aditiva procedente de sistemas interferentes del SMS no OSG, el valor de la densidad de ruido pasa a ser  $N_0 + I$  y la relación de energía por bit a densidad de ruido es  $E_b/(N_0 + I)$ .

La degradación aceptable es  $0,8 \text{ dB} = 10 \log ((E_b/N_0)/(E_b/(N_0 + I)))$ . Por tanto  $I/N_0 = -6,94 \text{ dB}$  e  $I = -207,8 \text{ dB(W/Hz)}$  que corresponde a un aumento de temperatura de ruido de  $120,23 \text{ K}$  (un aumento del 20% en la temperatura de ruido del sistema a la entrada del receptor SARP Cospas).

El nivel máximo admisible de densidad de ruido,  $I$ , es  $-207,8 \text{ dB(W/Hz)}$  a la entrada del receptor del satélite.

La densidad de ruido,  $I$ , tiene en cuenta la atenuación y la ganancia de la antena. Para expresar la cifra en términos de dfp espectral es necesario transformar este valor en  $\text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ . El área de la superficie equivalente de una antena con una ganancia  $G$  es  $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$ . Dado que la máxima ganancia de una antena de cono en espiral instalada en un satélite Cospas es de  $6 \text{ dBi}$ , entonces  $S = 0,174 \text{ m}^2$ . Por lo tanto, la correspondiente dfp espectral es  $-207,8 + 1,6$  (pérdidas)  $- 10 \log_{10} S = -198,6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ .

El nivel máximo de ruido interferente de banda ancha en la banda de  $406\text{-}406,1 \text{ MHz}$  no deberá ser superior a  $-198,6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  a fin de proporcionar una protección adecuada a los instrumentos del SARP Cospas.

#### 4 Criterio de protección para el SARP Cospas en la banda 406-406,1 MHz contra las emisiones no esenciales de banda estrecha

El SARP Cospas explora continuamente la banda  $406\text{-}406,1 \text{ MHz}$  (la duración de la exploración es de  $60 \text{ ms}$ ) buscando señales de balizas que superen el umbral de detección del SARP. Después de detectar una señal, DRU del SARP se sincronizará al menos durante  $520 \text{ ms}$  a la frecuencia de la señal. Una única señal interferente procedente de un satélite del SMS en la banda  $406\text{-}406,1 \text{ MHz}$  podría capturar ambas DRU de abordaje haciendo que un satélite Cospas fuera incapaz de procesar señales de socorro procedentes de balizas.

A fin de satisfacer los requisitos de calidad de funcionamiento de la SAR en lo que se refiere a las balizas de socorro de baja potencia, la instrumentación del SARP Cospas se ha diseñado para detectar y procesar señales extremadamente débiles. Su calidad de funcionamiento es tal que cualquier emisión,  $C_{\text{mín}}$ , a un nivel de potencia superior en  $21 \text{ dB}$  al nivel de densidad de potencia de ruido ( $C_{\text{mín}}/N_0 > 21 \text{ dB(Hz)}$ ) sería asignada a una DRU para su procesamiento adicional. En consecuencia, cualquier señal interferente en la banda de procesamiento de  $406\text{-}406,1 \text{ MHz}$  que cumpliera estos criterios haría que se asignara una DRU a la misma. De esta forma, se podría perder el mensaje procedente de una baliza incluso si la señal interferente de banda estrecha no afectase directamente a la señal de la baliza.

La densidad espectral de ruido,  $N_0$ , se ha calculado que sea  $-200,82 \text{ dB(W/Hz)}$ .

Dado que  $C_{\text{mín}}/N_0 = 21 \text{ dB(Hz)}$ ,  $C_{\text{mín}} = -179,82 \text{ dBW}$ . Por lo tanto, cualquier emisión no esencial de banda estrecha mayor que  $-179,82 \text{ dBW}$  a la entrada del SARP degradaría la capacidad de procesamiento de la baliza SARP Cospas.

La ganancia máxima de la antena del receptor SARP Cospas es de  $6 \text{ dBi}$ . Por lo tanto, la máxima potencia admisible a la entrada de la antena es de  $-179,82 + 1,6$  (pérdidas)  $= -178,22 \text{ dBW}$ . Dado que se necesita la dfp, es necesario transformar esta cifra en  $\text{dB(W/m}^2)$ . El área de la superficie equivalente de una antena con una ganancia  $G = 6 \text{ dBi}$  es  $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi} = 0,174 \text{ m}^2$ . Por lo tanto, la correspondiente densidad de flujo es  $-178,2 - 10 \log_{10} S = -170,6 \text{ dB(W/m}^2)$ .

El nivel máximo de emisiones no esenciales no debe superar los  $-170,6 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$  a la entrada de la antena de satélite del SARP Cospas para proporcionar una protección adecuada a la instrumentación del SARP Cospas.

Los procesadores del receptor C-S están diseñados para detectar componentes espectrales discretas (portadoras de baliza no moduladas). Por lo tanto, los requisitos de protección se expresan en términos de espectro de potencia en lugar de densidad espectral de potencia y la unidad de emisiones no esenciales es  $\text{dB(W/m}^2\text{)}$  (dfp). La anchura de banda de resolución del receptor de la instrumentación del SARP Cospas es de 40 Hz. Por lo tanto, la separación de frecuencia mínima entre líneas espectrales, también llamada potencia de resolución del análisis espectral) que puede detectar el receptor del SARP Cospas es de 40 Hz. En consecuencia, el nivel de emisión no esencial debe calcularse dentro de una anchura de banda de referencia de 40 Hz.

### 5 Desensibilización y sobreexcitación de las etapas de entrada del receptor Cospas

Los satélites Cospas utilizan receptores de alta sensibilidad con amplificadores de bajo nivel de ruido (ABR) de banda ancha y pueden experimentar sobrecarga o, en el peor de los casos, una sobreexcitación de las etapas de entrada debido a emisiones de satélites del SMS no OSG.

En general, se observa que se produce bloqueo o desensibilización cuando la ausencia del filtrado de RF da lugar a la saturación del ABR de la etapa de entrada y, por tanto, una disminución de su ganancia y de la sensibilidad del receptor. Conjuntamente con lo anterior, se pueden producir también otros efectos tales como la mezcla de la señal interferente con el ruido de fase del ABR. En general, la experiencia muestra que cuando un transmisor de banda estrecha trabaja cercano a un receptor de banda ancha, el bloqueo o la desensibilización es a menudo la causa dominante de los problemas de interferencia.

Los ABR de los receptores Cospas a 406 MHz pueden soportar señales de  $-60 \text{ dBW}$  (sobreexcitación de las etapas de entrada) y de  $-100 \text{ dBW}$  (desensibilización). Dado que la potencia del satélite SMS no OSG puede llegar a ser de hasta  $24 \text{ dBW}$ , parece claro que la sobreexcitación de los receptores de los satélites Cospas puede ocurrir si no se evita mediante la separación de frecuencias.

El nivel de potencia de señales del SMS no OSG a la entrada del receptor Cospas depende de muchos factores, siendo el más importante la distancia entre los satélites Cospas y SMS no OSG, que en teoría puede llegar a ser 0 para algunas de las constelaciones de satélites SMS no OSG previstas. A la vista de las catastróficas consecuencias de a sobre excitación de las etapas de entrada de los receptores front-end burn out Cospas, las frecuencias portadoras del SMS no OSG deben seleccionarse para garantizar que su anchura de banda declarada se extiende más allá de los 406 MHz. El Cuadro 3 presenta los factores clave necesarios para calcular la banda de guarda mínima necesaria para proteger a los receptores Cospas de la sobreexcitación debida a emisiones de satélites del SMS no OSG.

CUADRO 3

Desplazamiento Doppler definido	20 kHz $2 \times 406\,000 \times (7,4/300\,000)$
Estabilidad del transmisor de la estación espacial en esta banda	8,12 kHz $20 \times 10^{-6} \times 406\,000$
Estabilidad del receptor del SARP por año, suponiendo una vida del satélite de 12 años (el Sarsat-3 se lanzó en 1986)	2,45 kHz
Anchura de banda declarada de los satélites del SMS no OSG/2	1,2-500 kHz $(2,4-1\,000)/2$
Banda de guarda	31,8-530,6 kHz

Los resultados del Cuadro 3 indican que se necesita una banda de guarda de al menos 32 kHz (405,968-406 MHz) en caso de que se atribuyera la banda de frecuencias 405-406 MHz para ser utilizada por satélites del SMS no OSG.

## Anexo 5

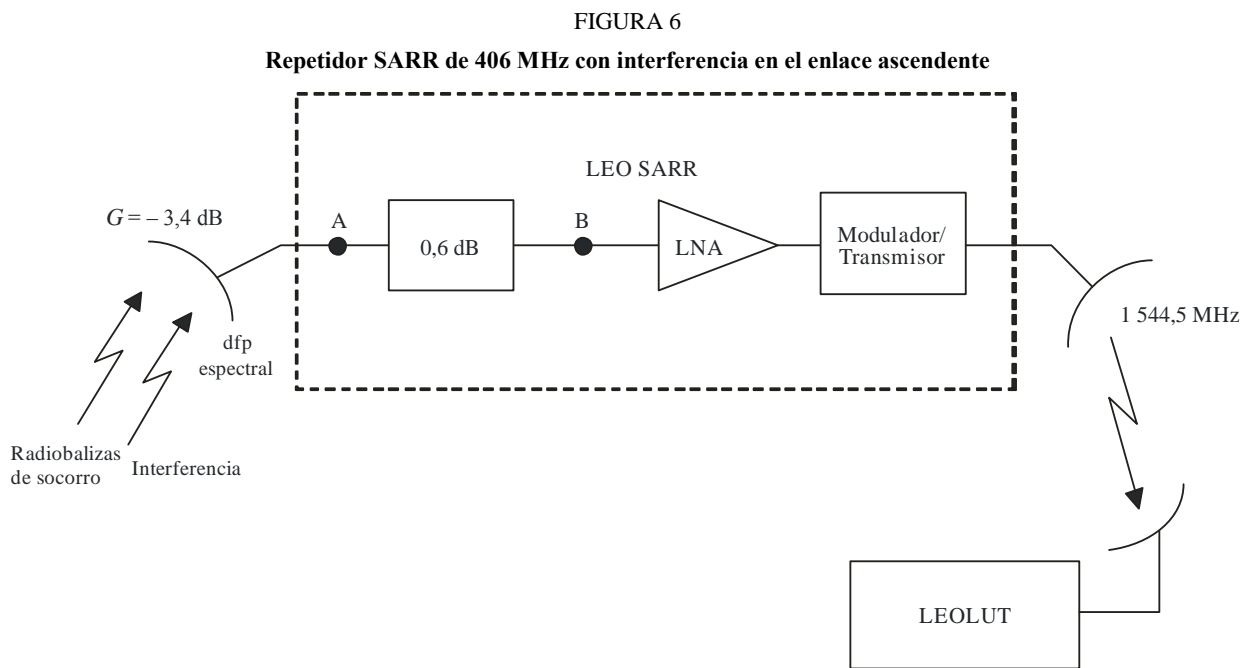
### Criterios de protección en la banda 406-406,1 MHz para los instrumentos SARR de Sarsat

#### 1 Mínima calidad de funcionamiento aceptable para el canal SARR de 406 MHz en satélites NOAA

Para detectar con fiabilidad las radiobalizas de socorro de 406 MHz utilizando los repetidores del satélite LEO de 406 MHz de Sarsat, la BER del canal no debe rebasar el valor de  $5 \times 10^{-5}$ .

#### 2 Análisis de la dfp espectral que causa la interferencia

La BER de un canal de comunicaciones se obtiene a partir de la relación entre la energía contenida en cada bit de datos,  $E_b$ , y la densidad de ruido, que viene determinada por el ruido provocado por los equipos de Cospas-Sarsat,  $N_0$ , y el ruido causado por la interferencia procedente de otros sistemas,  $I_0$ . La Fig. 6 representa el canal de 406 MHz SARR LEO con interferencia en el enlace ascendente.



M.1478-06

Para lograr una BER de  $5 \times 10^{-5}$ , la relación entre la energía por bit y la densidad de ruido más interferencia,  $E_b/(N_0 + I_0)$ , en el demodulador del terminal local de usuario del satélite LEO (LEOLUT) debe ser igual o superior a 8,8 dB. Este análisis determina la máxima cantidad de interferencia similar al ruido de banda ancha especificada como dfp espectral a la entrada de la antena



del satélite LEO de 406 MHz Sarsat que podría admitirse sin degradar en el enlace la relación global  $E_b/(N_0 + I_0)$  a un valor por debajo de 8,8 dB.

Como se representa en la Fig. 6, las señales de la radiobaliza de socorro de 406 MHz son recibidas por el repetidor de búsqueda y salvamento LEO y moduladas en fase sobre una portadora del enlace descendente de 1 544,5 MHz para su detección y procesamiento por el LEOLUT. Los valores de la ganancia de antena y de temperatura del ruido del sistema en el repetidor del satélite son, respectivamente, -4 dBi y 1 000 K en el punto B (véase la Fig. 6).

Este análisis supone tres radiobalizas activas transmitiendo simultáneamente en el mismo instante con tres frecuencias distintas en la banda 406-406,1 MHz. La radiobaliza deseada tiene un ángulo de elevación de 5° con respecto al vehículo espacial. Las otras dos radiobalizas se incluyen en el análisis porque comparten la potencia del repetidor del satélite disponible.

Cuando no hay ninguna fuente de interferencia externa, el valor global de  $C/N_0$  es de 38,8 dB(Hz), que equivale a un valor de  $E_b/N_0$  de 12,8 dB. Teniendo en cuenta las pérdidas de realización y de demodulación de datos de la radiobaliza, la relación efectiva  $E_b/N_0$  toma un valor de 10,8 dB. Como el canal exige un valor global de  $E_b/(N_0 + I_0)$  de al menos 8,8 dB para satisfacer con fiabilidad los requisitos de calidad, no puede admitirse una acumulación de la interferencia de banda ancha en el enlace ascendente que reduzca la relación global portadora/densidad de ruido más interferencia más de 2 dB.

Dado que el valor global de  $C/N_0$  en ausencia de interferencia es de 38,8 dB(Hz), la interferencia similar al ruido de banda ancha en el enlace ascendente que degrada el enlace global 2 dB da lugar a una relación  $(C/N_0)_{global}$  de:

$$\begin{aligned} (C/N_0)_{global \text{ coninterferencia}} &= (C/N_0)_{OI} = (C/N_0)_{global} - 2 \text{ dB} \\ (C/N_0)_{OI} &= 38,8 \text{ dB(Hz)} - 2 \text{ dB} \\ (C/N_0)_{OI} &= 36,8 \text{ dB(Hz)} \end{aligned} \quad (1)$$

El valor de  $(C/N_0)_{OI}$  puede calcularse a partir de las relaciones entre la portadora y la densidad de ruido más interferencia del enlace ascendente y el enlace descendente, como se indica a continuación:

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)^{-1}_{\text{ascendente con interferencia}} + (C/N_0)^{-1}_{\text{descendente con interferencia}})^{-1} \quad (\text{numérico}) \quad (2)$$

Como este análisis se refiere a la interferencia en el enlace ascendente,  $(C/N_0)_{\text{ascendente con interferencia}}$  en la ecuación (2) pasa a ser:

$$(C/N_0)_{\text{ascendente con interferencia}} = (C_{\uparrow} / (N_0 + I_0)) \quad (\text{numérico}) \quad (3)$$

La fuente de interferencia también afecta la relación portadora/densidad de ruido en el enlace descendente,  $(C/N_0)_{\downarrow}$ , aumentando la potencia total compartida en la anchura de banda SAR. Este aumento de la potencia total reduce las pérdidas de compartición de potencia y afecta a la relación  $(C/N_0)_{\downarrow}$  de la forma siguiente:

$$(C/N_0)_{\text{descendente con interferencia}} = (C/N_0)_{\downarrow} \times (L_{psi} / L_{ps}) \quad (\text{numérico}) \quad (4)$$

siendo  $L_{ps}$  las pérdidas de compartición de potencia sin interferencia y  $L_{psi}$  las pérdidas de compartición de potencia con interferencia.  $L_{psi}$  se calcula como sigue:

$$L_{psi} = C_{\uparrow} / (C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0B) \quad (\text{numérico}) \quad (5)$$

donde  $C_2$  es el nivel de la potencia procedente de una de las otras dos radiobalizas recibidas simultáneamente por el repetidor LEOSAR.

Sustituyendo la ecuación (5) en la ecuación (4), sustituyendo a continuación las ecuaciones (3) y (4) en la ecuación (2) y resolviendo para  $I_0$  se obtiene la siguiente ecuación:

$$I_0 = (C_{\uparrow}((C/N_0)_{OI}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow}) / (1 + Lps(C/N)_{\downarrow}^{-1}) \quad (\text{numérico}) \quad (6)$$

$(C/N_0)_{OI}$  es 36,8 dB(Hz) (véase la ecuación (1)),  $C_{\uparrow}$  es -157,3 dB,  $(C/N_0)_{\downarrow}$  es 42,5 dB(Hz),  $N_{0\uparrow}$  es -198,6,  $Lps$  es -15,3 y  $(C/N)_{\downarrow}$  es 42,5 dB(Hz) menos  $10 \log(80 \text{ k})$  o -6,5 dB. Entrando con estos valores numéricos en la ecuación (6) se obtiene:

$$I_0 = -198,9 \text{ dB(W/Hz)}$$

Es conveniente caracterizar los criterios de protección en términos del umbral de interferencia de la dfp espectral especificada en dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) a la entrada de la antena de recepción de 406 MHz del satélite. La apertura efectiva de una antena,  $A_e$ , de ganancia  $G$  es  $A_e = G \lambda^2 / 4\pi$ . Para una antena receptora de un satélite LEO con una ganancia de -3,4 dB, la apertura efectiva es 0,02 m<sup>2</sup>. Por consiguiente, la máxima interferencia combinada aceptable especificada como dfp espectral es:

$$dfp \text{ espectral} = I_0 - L_{\text{Línea}} - A_e$$

Suponiendo unas pérdidas en la línea de 0,6 dB (véase la Fig. 6):

$$dfp \text{ espectral} = -198,9 + 0,6 - 10 \log(0,02) = -181,3 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

El máximo nivel de interferencia similar al ruido de banda ancha en la banda 406-406,1 MHz medido en la antena del satélite LEO no deberá rebasar el valor de -181,3 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)).

### 3 Procedimiento para calcular el nivel de interferencia causada al canal del repetidor LEOSAR de 406 MHz

La interferencia provocada al Cospas-Sarsat es a menudo el resultado de emisiones fuera de banda procedentes de servicios que funcionan en bandas adyacentes o casi adyacentes.

Debe examinarse la anchura de banda de la emisión para determinar si se transmite energía en la banda 406-406,1 MHz. Hay que tener especial precaución cuando se analizan las repercusiones de los sistemas móviles (por ejemplo, los satélites no geoestacionarios y los transmisores a bordo de aeronaves) para tener en cuenta los efectos del desplazamiento Doppler generados por su movimiento.

Se calcula el nivel de interferencia procedente de todas las fuentes que transmiten energía en la banda 406-406,1 MHz expresada como nivel de dfp espectral en la antena del satélite. El nivel combinado de todas las fuentes de interferencia no debe rebasar el valor de -181,3 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) en ninguna parte de esta gama.

## Anexo 6

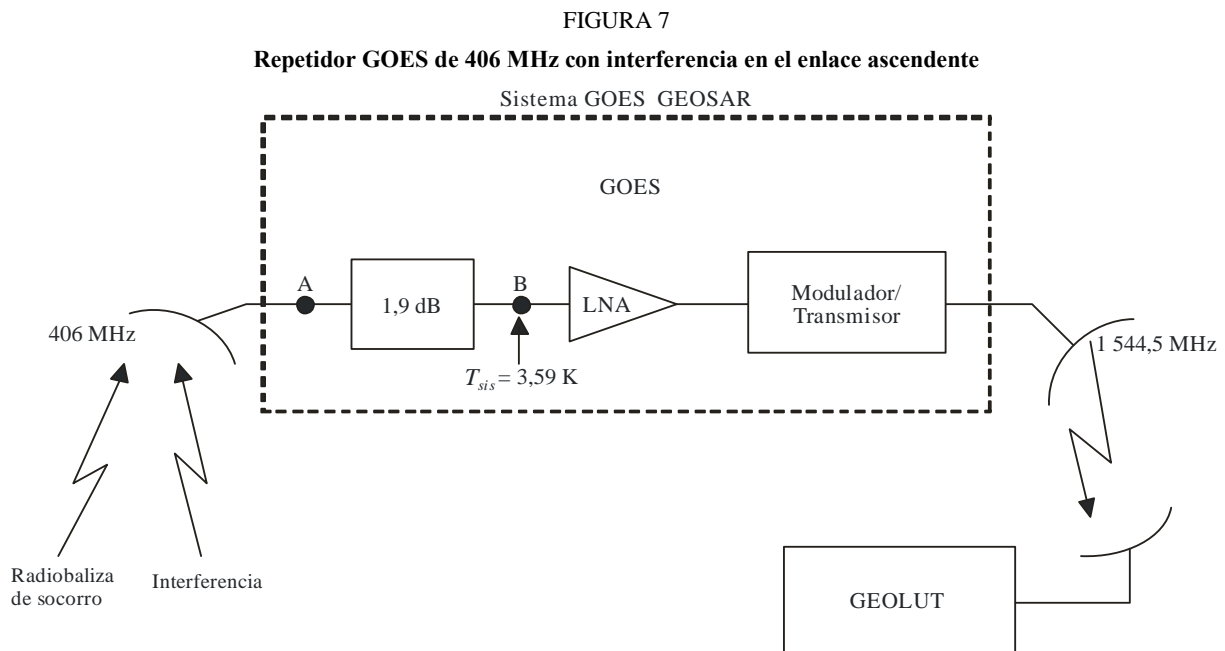
### Criterios de protección en la banda 406-406,1 MHz para los servicios GOES GEOSAR y la serie GOES-R

#### 1 Mínima calidad de funcionamiento aceptable para la detección de señales de las radiobalizas de localización de siniestros retransmitidas a través del canal SARR 406 MHz GOES

Para detectar con fiabilidad las señales de las radiobalizas de socorro a 406 MHz utilizando repetidores del satélite GOES de 406 MHz, la BER del canal no debe rebasar el valor de  $5 \times 10^{-5}$ .

#### 2 Análisis de la dfp espectral que provoca interferencia

La BER de un canal de comunicaciones se obtiene a partir de la relación entre la energía contenida en cada bit de datos,  $E_b$ , y la densidad de ruido, que viene determinada por el ruido desarrollado por el equipo Cospas-Sarsat,  $N_0$ , y el ruido provocado por la interferencia procedente de otros sistemas,  $I_0$ . La Fig. 7 representa el canal SARR de 406 MHz GOES con interferencia en el enlace ascendente.



M.1478-07

Para lograr una BER de  $5 \times 10^{-5}$ , la relación entre la energía por bit y la densidad de ruido más interferencia  $E_b/(N_0 + I_0)$  en el demodulador del terminal local de usuario del satélite geostacionario, GEOLUT, debe ser igual o superior a 8,8 dB. Este análisis determina la máxima cantidad de interferencia similar al ruido de banda ancha especificada como dfp espectral a la entrada de la antena del satélite GOES de 406 MHz que podría admitirse sin degradar en el enlace la relación global  $E_b/(N_0 + I_0)$  a un valor por debajo de 8,8 dB.

Como se representa en la Fig. 7, las señales de la radiobaliza de socorro de 406 MHz son recibidas por el repetidor de búsqueda y salvamento GOES y moduladas en fase sobre una portadora del enlace descendente de 1 544,5 MHz para detección y procesamiento por el GEOLUT. Los valores de ganancia de antena y de temperatura de ruido del sistema en el repetidor del satélite son,

respectivamente, 10,1 dBi y 359 K en el punto B (véase la Fig. 7). Para la serie GOES-R, la ganancia de la antena será de 12,4 dBi y la temperatura de ruido del sistema de 531 K. Utilizando técnicas sofisticadas de procesamiento de la señal digital y de integración de ráfagas, puede determinarse que cuando no hay interferencia el valor global de la relación portadora/densidad de ruido,  $C/N_0$ , es de 31,1 dB(Hz).

Este análisis supone tres radiobalizas activas transmitiendo simultáneamente en el mismo instante con tres frecuencias distintas en la banda 406-406,1 MHz para representar un entorno operativo realista. La radiobaliza deseada tiene un ángulo de elevación de 5° con respecto al vehículo espacial. Las otras dos radiobalizas se incluyen en el análisis porque comparten la potencia del repetidor del satélite disponible.

Cuando no hay ninguna fuente de interferencia externa, el valor global de  $C/N_0$  es 31,1 dB(Hz) lo que equivale a un valor de  $E_b/N_0$  de 5,1 dB. Teniendo en cuenta las pérdidas de realización y de demodulación de los datos de la radiobaliza y la ganancia de procesamiento, la relación efectiva  $E_b/N_0$  toma un valor de 10,1 dB. Como el canal exige un valor global de  $E_b/(N_0 + I_0)$  de al menos 8,8 dB para funcionar eficazmente, no puede aceptarse una interferencia de banda ancha en el enlace ascendente que reduzca el valor global de la relación portadora/densidad de ruido más interferencia más de 1,3 dB.

Dado que el valor global de  $C/N_0$  en ausencia de interferencia es de 31,1 dB(Hz), la interferencia similar al ruido de banda ancha en el enlace ascendente que degrada el enlace global 1,3 dB, da lugar a una relación  $(C/N_0)_{\text{global con interferencia}}$  de:

$$\begin{aligned} (C/N_0)_{\text{global con interferencia}} &= (C/N_0)_{OI} = (C/N_0)_{\text{global}} - 1,3 \text{ dB} \\ (C/N_0)_{OI} &= 31,1 \text{ dB(Hz)} - 1,3 \text{ dB} \\ (C/N_0)_{OI} &= 29,8 \text{ dB(Hz)} \end{aligned} \quad (7)$$

El valor  $(C/N_0)_{OI}$  se calcula a partir de las relaciones entre la portadora y la densidad de ruido más interferencia del enlace ascendente y del enlace descendente como se indica a continuación:

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)_{\text{enlace ascendente con interferencia}}^{-1} + (C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}}^{-1})^{-1} \quad (\text{numérico}) \quad (8)$$

Como este análisis se refiere a la interferencia en el enlace ascendente,  $(C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}}$  en la ecuación (8) se convierte en:

$$(C/N_0)_{\text{enlace ascendente con interferencia}} = (C_{\uparrow}/(N_{0\uparrow} + I_0)) \quad (\text{numérico}) \quad (9)$$

La fuente de interferencia también afecta a la relación entre la portadora del enlace descendente y la densidad de ruido,  $(C/N_0)_{\downarrow}$ , aumentando la potencia total compartida en la anchura de banda SAR. Este aumento de la potencia total reduce las pérdidas de compartición de potencia y afecta al valor de  $(C/N_0)_{\downarrow}$  de la forma siguiente:

$$(C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}} = (C/N_0)_{\downarrow} \times (L_{psi}/L_{ps}) \quad (\text{numérico}) \quad (10)$$

siendo  $L_{ps}$  las pérdidas de compartición de potencia sin interferencia y  $L_{psi}$  las pérdidas de compartición de potencia con interferencia.  $L_{psi}$  se calcula como sigue:

$$L_{psi} = C_{\uparrow}/(C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0 B) \quad (\text{numérico}) \quad (11)$$

donde  $C_2$  es el nivel de la potencia procedente de una de las otras dos radiobalizas recibidas simultáneamente por el GOES SARR y  $B$  es la anchura de banda del receptor GOES.

Sustituyendo la ecuación (11) en la ecuación (10), sustituyendo a continuación las ecuaciones (9) y (10) en la ecuación (8) y resolviendo para  $I_0$  se obtiene:

$$I_0 = (C_{\uparrow}((C/N_0)_{OI}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow}) / (1 + Lps(C/N)_{\downarrow}^{-1}) \quad (\text{numérico}) \quad (12)$$

$(C/N_0)_{OI}$  es 29,8 dB(Hz) (véase la ecuación (7)),  $C_{\uparrow}$  es -171,7 dBW,  $(C/N_0)_{\downarrow}$  es 43,8 dB(Hz),  $N_{0\uparrow}$  es -203 dB(W/Hz),  $Lps$  es -18,3 dB y  $(C/N)_{\downarrow}$  es 43,8 dB(Hz) menos  $10 \log(80 \text{ kHz})$  o -5,2 dB. Entrando con estos valores numéricos en la ecuación (12) se obtiene:

$$I_0 \text{ GOES} = (10^{-171,7/10} (10^{-29,8/10} - 10^{-43,8/10}) - 10^{-203/10}) / (1 + 10^{-18,3/10} \times 10^{5,2/10})$$

o:

$$I_0 \text{ GOES} = -207,7 \text{ dB(W/Hz)}$$

o:

$$I_0(\text{GOES} - R) = -205,92 \text{ dB(W/Hz)}$$

Es conveniente caracterizar los criterios de protección en términos del umbral de interferencia de la dfp espectral de la interferencia especificada en dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) a la entrada de la antena receptora del satélite de 406 MHz. La apertura efectiva de una antena,  $A_e$ , de ganancia  $G$  es  $A_e = G \lambda^2 / 4\pi$ . Para una antena receptora GOES con una ganancia de 12 dBi, la apertura efectiva es 0,689 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, la máxima interferencia combinada aceptable especificada como dfp espectral es:

$$dfp \text{ espectral} = I_0 - L_{\text{línea}} - A_e$$

Suponiendo unas pérdidas en la línea de 1,9 dB (véase la Fig. 7):

$$dfp \text{ espectral} = -207,7 + 1,9 - 10 \log(0,689) = -204,2 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

Para la serie GOES-R, la ganancia de la antena receptora es de 14,3 dBi, la apertura efectiva es de 1,617 m<sup>2</sup>. La interferencia combinada máxima aceptable expresada mediante la dfp espectral es:

$$dfp \text{ espectral} = -205,9 + 1,9 - 10 \log(1,617) = -204,67 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

El máximo nivel de la interferencia similar al ruido de banda ancha en la banda 406-406,1 MHz medida en la antena del satélite GOES no deberá rebasar el valor de -204,2 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) para los actuales satélites GOES y el valor de -204,7 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) para la serie GOES-R.

### 3 Procedimiento para calcular el nivel de interferencia causada al canal SARR GOES de 406 MHz

La interferencia provocada al Cospas-Sarsat es a menudo el resultado de emisiones fuera de banda procedentes de servicios que funcionan en bandas adyacentes o casi adyacentes.

Debe examinarse la anchura de banda de la emisión para determinar si se transmite energía en la banda 406-406,1 MHz. Hay que tener especial precaución al analizar la repercusión de los sistemas móviles (por ejemplo, satélites no geostacionarios y transmisores a bordo de aeronaves) para tener en cuenta los efectos del desplazamiento Doppler generados por su movimiento.

Se calcula el nivel de interferencia procedente de todas las fuentes que transmiten energía en la banda expresada como nivel de dfp espectral en la antena del satélite. El nivel combinado de todas las fuentes interferentes no debe rebasar el valor de -204,2 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) en cualquier parte de esta gama para los sistemas GOES antiguos y el valor de -204,7 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) para la serie GOES-R.

## Anexo 7

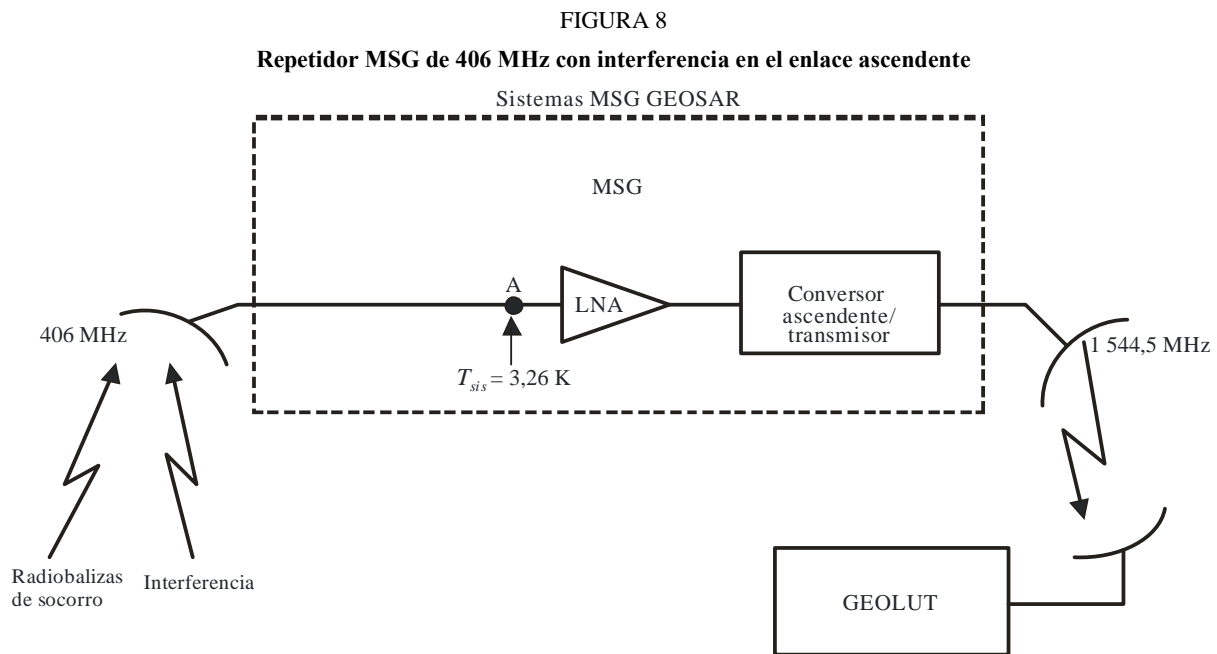
### Criterios de protección en la banda 406-406,1 MHz para los servicios MSG GEOSAR

#### 1 Mínima calidad de funcionamiento aceptable para la detección de señales de las radiobalizas de localización de siniestros retransmitidas a través del canal SARR de 406 MHz MSG

Para detectar con fiabilidad las señales de las radiobalizas de socorro a 406 MHz utilizando repetidores del satélite MSG de 406 MHz, la BER del canal no debe rebasar el valor de  $5 \times 10^{-5}$ .

#### 2 Análisis de la dfp espectral que provoca interferencia

La BER de un canal de comunicaciones se obtiene a partir de la relación entre la energía contenida de cada bit de datos,  $E_b$ , y la densidad de ruido, que viene determinada por el ruido desarrollado por el equipo Cospas-Sarsat,  $N_0$ , y el ruido causado por la interferencia procedente de otros sistemas,  $I_0$ . La Fig. 8 representa el canal SARR de 406 MHz MSG con interferencia en el enlace ascendente.



M.1478-08

Para lograr una BER de  $5 \times 10^{-5}$ , la relación entre la energía por bit y la densidad de ruido más interferencia,  $E_b/(N_0 + I_0)$  en el demodulador GEOLUT debe ser igual o superior a 8,8 dB. Este análisis determina la máxima cantidad de interferencia similar al ruido de banda ancha especificada como dfp espectral a la entrada de la antena del satélite MSG de 406 MHz que podría admitirse sin degradar en el enlace la relación global  $E_b/(N_0 + I_0)$  a un valor por debajo de 8,8 dB.

Como se representa en la Fig. 8, las señales de la radiobaliza de socorro de 406 MHz son recibidas por el repetidor de búsqueda y salvamento MSG y se modulan en fase en una portadora del enlace descendente de 1 544,5 MHz para su detección y procesamiento por los GEOLUT. La ganancia de antena y la temperatura de ruido del sistema en el repetidor del satélite son de 3 dBi y 326 K en el punto A, respectivamente (véase la Fig. 8). Utilizando técnicas sofisticadas de procesamiento de la

señal digital y de integración de ráfagas, puede determinarse que cuando no hay interferencia el valor global de la relación portadora/densidad de ruido,  $C/N_0$ , es de 27,4 dB(Hz).

Este análisis supone tres radiobalizas activas transmitiendo simultáneamente en el mismo instante con tres frecuencias distintas en la banda 406-406,1 MHz para representar un entorno de funcionamiento realista. La radiobaliza deseada tiene un ángulo de elevación de 5° con respecto al vehículo espacial. Las otras dos radiobalizas se incluyen en el análisis porque comparten la potencia del repetidor del satélite disponible.

Cuando no hay fuentes externas de interferencias, el valor global de  $C/N_0$  es 27,4 dB(Hz), que equivale a un valor  $E_b/N_0$  de 1,4 dB. Teniendo en cuenta las pérdidas de realización y de demodulación de datos de la radiobaliza así como la ganancia de procesamiento, el valor efectivo de la relación  $E_b/N_0$  es de 8,9 dB. Como el canal exige un valor global de  $E_b/(N_0 + I_0)$  de al menos 8,8 dB para funcionar con eficacia, no puede admitirse una interferencia de banda ancha en el enlace ascendente que reduzca el valor global de la relación portadora/densidad de ruido más interferencia más de 0,1 dB.

Dado que el valor global de  $C/N_0$  en ausencia de interferencia es de 27,4 dB(Hz), la interferencia similar al ruido de banda ancha en el enlace ascendente que degrada el enlace global 0,1 dB da lugar a una relación de  $(C/N_0)_{global\ con\ interferencia}$  de:

$$(C/N_0)_{global\ con\ interferencia} = (C/N_0)_{OI} = (C/N_0)_{global} - 0,1\text{ dB}$$

$$(C/N_0)_{OI} = 27,4\text{ dB(Hz)} - 0,1\text{ dB}$$

$$(C/N_0)_{OI} = 27,3\text{ dB(Hz)}$$

El valor total de la relación portadora/densidad de ruido más interferencia puede calcularse a partir de las relaciones entre la portadora y la densidad de ruido más interferencia en el enlace ascendente y en el enlace descendente como se indica a continuación:

$$(C/N_0 + I_0)_{global} = ((C/N_0 + I_0)^{-1}_{\uparrow} + (C/N_0 + I_0)^{-1}_{\downarrow})^{-1}$$

Como ese análisis se refiere únicamente al enlace ascendente, se supone que no hay interferencia en el enlace descendente y la ecuación se puede simplificar para que quede:

$$(C/N_0 + I_0)_{global} = ((C/N_0 + I_0)^{-1}_{\uparrow} + (C/N_0)^{-1}_{\downarrow})^{-1}$$

Sustituyendo los valores para  $(C/N_0 + I_0)_{global}$  (27,3 dB(Hz)) y  $(C/N_0)_{\downarrow}$  (35,5 dB(Hz)), el valor de la relación aceptable de caso más desfavorable entre la portadora y la densidad de ruido más interferencia  $((C/N_0 + I_0)_{\uparrow})$  es 28 dB(Hz):

$$C/(N_0 + I_0)_{\uparrow} = ((C/N_0 + I_0)_{global}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1})^{-1}$$

o:

$$C/(N_0 + I_0)_{\uparrow} = 10 \log((10^{-27,3/10} - 10^{-35,5/10})^{-1})$$

entonces:

$$C/(N_0 + I_0)_{\uparrow} = 28\text{ dB(Hz)}$$

Resolviendo para  $I_0$  se obtiene:

$$I_0 = 10 \log(10^{(C_{\uparrow} - (C/(N_0 + I_0)_{\uparrow})/10)} - 10^{(N_0(\uparrow)/10)})$$

La dfp espectral del enlace ascendente sin interferencia en el punto A es  $N_0 = k T$ , siendo  $k$  la constante de Boltzmann y  $T$  la temperatura de ruido del repetidor con referencia al punto A. Por lo tanto,  $N_{0\uparrow} = -228,6 + 25,1 = -203,5$  dB(W/Hz). La potencia de portadora del enlace ascendente es  $C_{\uparrow} = -ef = -175,7$  dBW. Por lo tanto, el máximo valor aceptable para la densidad de ruido en el enlace ascendente  $(I_0)_{\uparrow}$  es:

$$(I_0)_{\uparrow} = 10 \log(10^{(-175,7-28)/10} - 10^{(-203,5/10)})$$

o:

$$(I_0)_{\uparrow} = -217 \text{ dB(W/Hz)}$$

Es conveniente caracterizar los criterios de protección en términos del valor umbral de la dfp espectral de la interferencia especificada en dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) a la entrada de la antena receptora del satélite de 406 MHz. La apertura efectiva de una antena,  $A_e$ , de ganancia  $G$  es  $A_e = G \lambda^2/4\pi$ . Para antenas receptoras MSG con ganancias de 3 dBi la apertura efectiva es de 0,087 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, la máxima interferencia combinada aceptable especificada como dfp espectral es:

$$dfp \text{ espectral} = I_0(\text{máx}) - A_e$$

$$dfp \text{ espectral} = -217 - 10 \log(0,087) = -206,4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

El máximo nivel de la interferencia similar al ruido de banda ancha en la banda 406-406,1 MHz medida en la antena del satélite MSG no deberá rebasar el valor de -206,4 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)).

### 3 Procedimiento para calcular el nivel de interferencia causada a un canal SARR MSG de 406 MHz

La interferencia provocada al Cospas-Sarsat es a menudo el resultado de las emisiones fuera de banda procedentes de servicios que funcionan en bandas adyacentes o casi adyacentes.

Debe examinarse la anchura de banda de la emisión para determinar si se transmite energía en la banda 406-406,1 MHz. Hay que tener especial precaución al analizar la repercusión de los sistemas móviles (por ejemplo, satélites no geoestacionarios y transmisores a bordo de aeronaves) para tener en cuenta los efectos del desplazamiento Doppler generados por su movimiento.

Se calcula el nivel de interferencia procedente de todas las fuentes que transmiten energía en la banda expresado como nivel de dfp espectral en la antena del satélite. El nivel combinado de todas las fuentes interferentes no debe rebasar el valor de -206,4 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) en cualquier parte de esta gama.

## Anexo 8

### Criterios de protección para instrumentos Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento en la banda 406-406,1 MHz (satélites SAR/Electro)

#### 1 Introducción

Los repetidores Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento situados a bordo de satélites Electro reciben señales de radiobalizas de socorro de 406 MHz y retransmiten las señales a los GEOLUT Cospas-



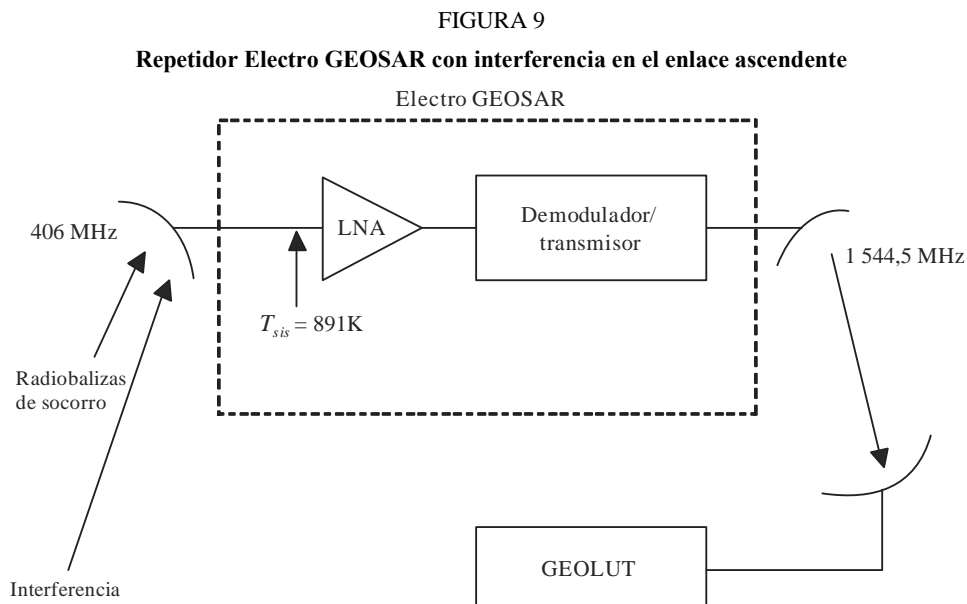
Sarsat en frecuencias de enlace descendente de la banda 1 544-1 545 MHz. El análisis que se presenta en este Anexo establece los criterios de protección contra interferencias en la banda 406,0-406,1 MHz para servicios Electro GEOSAR.

## 2 Mínima calidad de funcionamiento aceptable para la detección de señales de radiobalizas de socorro a 406 MHz retransmitidas a través de satélites Electro

Para detectar con fiabilidad las señales de las radiobalizas de socorro a 406 MHz utilizando repetidores del satélite GOES de 406 MHz, la BER del canal no debe rebasar el valor de  $5 \times 10^{-5}$ .

## 3 Análisis de la dfp espectral de la interferencia

La BER de un canal de comunicaciones se obtiene a partir de la relación entre la energía contenida en cada bit de datos,  $E_b$ , y la densidad de ruido, que viene determinada por el ruido desarrollado por el equipo Cospas-Sarsat,  $N_0$ , y el ruido provocado por la interferencia procedente de otros sistemas,  $I_0$ . La Fig. 9 representa el canal SARR de 406 MHz GOES con interferencia en el enlace ascendente.



Para lograr una BER de  $5 \times 10^{-5}$ , la relación entre la energía por bit y la densidad de ruido más interferencia  $E_b/(N_0 + I_0)$  en el demodulador del terminal local de usuario del satélite geoestacionario, GEOLUT, debe ser igual o superior a 8,8 dB. Este análisis determina la máxima cantidad de interferencia similar al ruido de banda ancha especificada como dfp espectral a la entrada de la antena del satélite GOES de 406 MHz que podría admitirse sin degradar en el enlace la relación global  $E_b/(N_0 + I_0)$  a un valor por debajo de 8,8 dB.

Este análisis supone la presencia de tres radiobalizas activas simultáneamente, que retransmiten en el mismo instante en tres frecuencias distintas de la banda 406,0-406,1 MHz. La radiobaliza de «nivel bajo», que es objeto del presente análisis, tiene un ángulo de elevación de 5 grados con respecto al vehículo espacial. Las otras dos radiobalizas retransmiten a «niveles nominales» y con ángulos de elevación de 40 grados con respecto al vehículo espacial. Las dos radiobalizas de «nivel nominal» están incluidas en el análisis porque comparten la potencia disponible del repetidor del satélite y, por lo tanto, afectan al balance del enlace.

Como se observa en la Fig. 9, las señales de 406 MHz de las radiobalizas de socorro son recibidas por el Electro SAR. La carga útil es modulada en fase y retransmitida a un enlace descendente de 1 544,5 MHz para su detección y procesamiento en los GEOLUT. Los valores de ganancia de antena y de temperatura de ruido del sistema en el repetidor del satélite son de 12 dBi y 891 K (29,5 dB(K), respectivamente. La relación  $G/T$  correspondiente es de  $-17,5$  dB/K.

La señal de radiobaliza de 3 dBW p.i.r.e. tiene un ángulo de elevación de  $5^\circ$  con respecto al vehículo espacial. De no haber fuentes externas de interferencia, la relación global  $C/N_0$  es de 32,2 dB-Hz, lo cual equivale a una relación  $E_b/N_0$  de 6,2 dB (32,2 dB(Hz)  $-$  26 dB/s) para 400 bit/s. Teniendo en cuenta las pérdidas de realización (1,0 dB), las pérdidas de modulación de los datos de la radiobaliza (1,0 dB) y la ganancia de procesamiento (7,0 dB) en el GEOLUT, se obtiene un valor eficaz de la relación  $E_b/N_0$  de 11,2 dB. Como el canal requiere un valor global de  $E_b/(N_0 + I_0)$  de al menos 8,8 dB para satisfacer con fiabilidad la mínima calidad de funcionamiento, no puede aceptarse una acumulación de la interferencia de banda ancha en el enlace ascendente que reduzca más de 2,4 dB la relación global entre portadora y densidad de ruido más interferencia.

Dado que el valor global de  $C/N_0$  en ausencia de interferencia es de 32,2 dB(Hz), la interferencia similar al ruido de banda ancha en el enlace ascendente que degrada el enlace global 2,4 dB da lugar a una relación  $(C/N_0)_{\text{global con interferencia}}$  de:

$$\begin{aligned} (C/N_0)_{\text{global con interferencia}} &= (C/N_0)_{OI} = (C/N_0)_{\text{global}} - 2,4 \text{ dB} \\ &= 32,2 \text{ dB(Hz)} - 2,4 \text{ dB} = 29,8 \text{ dB(Hz)} \\ (C/N_0)_{OI} &= 29,8 \text{ dB(Hz)} \end{aligned} \quad (13)$$

El valor  $(C/N_0)_{OI}$  se calcula a partir de las relaciones entre la portadora y la densidad de ruido más interferencia del enlace ascendente y del enlace descendente como se indica a continuación:

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)_{\text{enlace ascendente con interferencia}}^{-1} + (C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}}^{-1})^{-1} \quad (\text{numérico}) \quad (14)$$

Como este análisis se refiere a la interferencia en el enlace ascendente,  $(C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}}$  en la ecuación (2) se convierte en:

$$(C/N_0)_{\text{enlace ascendente con interferencia}} = (C_{\uparrow} / (N_{0\uparrow} + I_0)) \quad (\text{numérico}) \quad (15)$$

La fuente de interferencia también afecta a la relación entre la portadora del enlace descendente y la densidad de ruido,  $(C/N_0)_{\downarrow}$ , aumentando la potencia total compartida en la anchura de banda SAR. Este aumento de la potencia total reduce las pérdidas de compartición de potencia y afecta al valor de  $(C/N_0)_{\downarrow}$  de la forma siguiente:

$$(C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}} = (C/N_0)_{\downarrow} \times (L_{psi} / L_{ps}) \quad (\text{numérico}) \quad (16)$$

siendo  $L_{ps}$  las pérdidas de compartición de potencia sin interferencia y  $L_{psi}$  las pérdidas de compartición de potencia con interferencia.  $L_{psi}$  se calcula como sigue:

$$L_{psi} = C_{\uparrow} / (C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0 B) \quad (\text{numérico}) \quad (17)$$

donde  $C_2$  es el nivel de la potencia procedente de una de las otras dos radiobalizas recibidas simultáneamente por el GOES SARR y  $B$  es la anchura de banda del receptor GOES.

Sustituyendo la ecuación (17) en la ecuación (16), sustituyendo a continuación las ecuaciones (15) y (16) en la ecuación (14) y resolviendo para  $I_0$  se obtiene:

$$I_0 = (C_{\uparrow} ((C/N_0)_{OI}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow}) / (1 + L_{ps} (C/N)_{\downarrow}^{-1}) \quad (\text{numérico}) \quad (18)$$

$C_2$  es  $-161,1$  dBW,  $B$  es  $80$  kHz,  $(C/N_0)_{OI}$  es  $29,8$  dB(Hz),  $C_{\uparrow}$  es  $-166,8$  dBW,  $(C/N_0)_{\downarrow}$  es  $48,5$  dB(Hz),  $N_{0\uparrow}$  es  $-199,1$  dB(W/Hz),  $L_{ps}$  es  $-17,4$  dB, y  $(C/N)_{\downarrow}$  es  $48,5$  dB(Hz) menos  $10 \log(80k)$  o  $-0,53$  dB. Entrando con estos valores numéricos en la ecuación (18) se obtiene:

$$I_0 = (10^{-166,8/10} (10^{-29,8/10} - 10^{-48,5/10}) - 10^{-199,1/10}) / (1 + 10^{-17,4/10} \times 10^{0,53/10})$$

$$I_0 = -200,3 \text{ dB(W/Hz)}$$

Es conveniente caracterizar los criterios de protección en términos del umbral de interferencia de la dfp espectral de la interferencia especificada en dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) a la entrada de la antena receptora del satélite de 406 MHz. La apertura efectiva de una antena,  $A_e$ , de ganancia  $G$  es  $A_e = G \lambda^2/4\pi$ . Para una antena receptora GOES con una ganancia de 12 dBi, la apertura efectiva es  $0,7$  m<sup>2</sup>. Por lo tanto, la máxima interferencia combinada aceptable especificada como dfp espectral es:

$$dfp \text{ espectral} = I_0 - L_{\text{línea}} - A_e$$

Suponiendo que  $L_{\text{línea}} = 0$ :

$$dfp \text{ espectral} = -200,3 - 0 - 10 \log(0,7)$$

$$dfp \text{ espectral} = -198,7 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

El máximo nivel de la interferencia similar al ruido de banda ancha en la banda 406-406,1 MHz medida en la antena del satélite GOES no deberá rebasar el valor de  $-198,7$  dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)).

#### 4 Procedimiento para calcular el nivel de interferencia causada al canal SARR GOES de 406 MHz

La interferencia provocada al Cospas-Sarsat es a menudo el resultado de emisiones fuera de banda procedentes de servicios que funcionan en bandas adyacentes o casi adyacentes.

Debe examinarse la anchura de banda de la emisión para determinar si se transmite energía en la banda 406-406,1 MHz. Hay que tener especial precaución al analizar la repercusión de los sistemas móviles (por ejemplo, satélites no geoestacionarios y transmisores a bordo de aeronaves) para tener en cuenta los efectos del desplazamiento Doppler generados por su movimiento.

Se calcula el nivel de interferencia procedente de todas las fuentes que transmiten energía en la banda 406-406,1 MHz expresada como nivel de dfp espectral en la antena del satélite. El nivel combinado de todas las fuentes interferentes no debe rebasar el valor de  $-198,7$  dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) en cualquier parte de esta gama.

## Anexo 9

### Criterios de protección para instrumentos Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento en la banda 406-406,1 MHz (SAR/GLONASS)

#### 1 Introducción

Los repetidores Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento situados a bordos de satélites GLONASS reciben señales de radiobalizas de socorro de 406 MHz y retransmiten las señales a MEOLUT Cospas-Sarsat en frecuencias de enlace descendente de la banda 1 544-1 545 MHz. El análisis

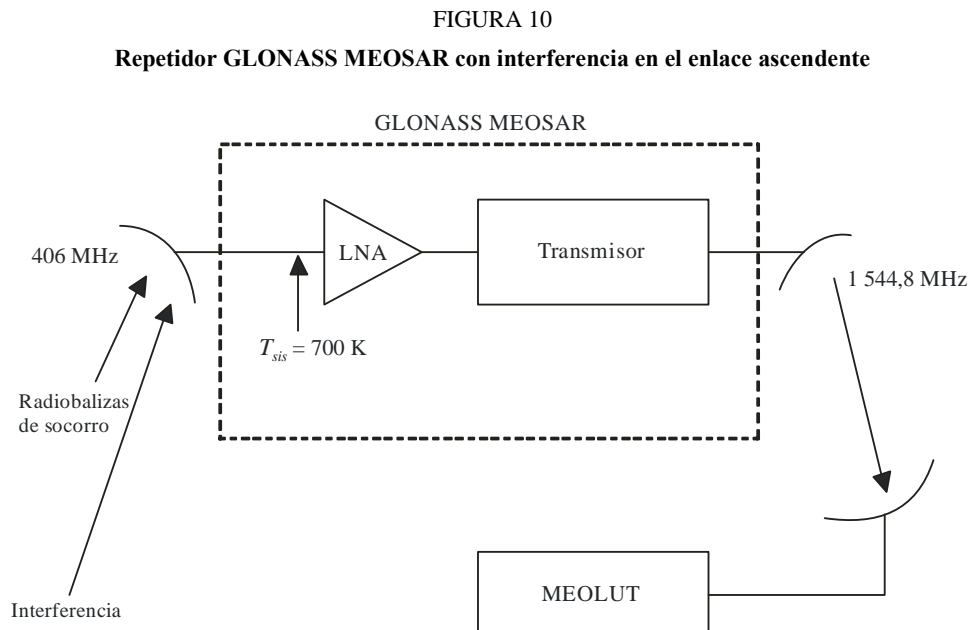
presente en este Anexo establece los criterios de protección contra interferencias en la banda 406,0-406,1 MHz para servicios GLONASS MEOSAR.

## 2 Mínima calidad de funcionamiento aceptable para la detección de señales de radiobalizas de socorro a 406 MHz retransmitidas a través de satélites GLONASS

Para detectar con fiabilidad las señales de las radiobalizas de socorro a 406 MHz utilizando repetidores del satélite GLONASS de 406 MHz, la BER del canal no debe rebasar el valor de  $5 \times 10^{-5}$ .

## 3 Análisis de la dfp espectral que provoca interferencia

La BER de un canal de comunicaciones se obtiene a partir de la relación entre la energía contenida de cada bit de datos,  $E_b$ , y la densidad de ruido, que viene determinada por el ruido desarrollado por el equipo Cospas-Sarsat,  $N_0$ , y el ruido causado por la interferencia procedente de otros sistemas,  $I_0$ . La Fig. 10 representa el canal SARR de 406 MHz GLONASS con interferencia en el enlace ascendente.



Para lograr una BER de  $5 \times 10^{-5}$ , la relación entre la energía por bit y la densidad de ruido más interferencia,  $E_b/(N_0 + I_0)$  en el demodulador MEOLUT debe ser igual o superior a 8,8 dB. Este análisis determina la máxima cantidad de interferencia similar al ruido de banda ancha especificada como dfp espectral a la entrada de la antena del satélite GLONASS de 406 MHz que podría admitirse sin degradar en el enlace la relación global  $E_b/(N_0 + I_0)$  a un valor por debajo de 8,8 dB.

Este análisis supone la presencia de tres radiobalizas activas simultáneamente, que retransmiten en el mismo instante en tres frecuencias distintas de la banda 406,0-406,1 MHz. La radiobaliza de «nivel bajo», que es objeto del presente análisis, tiene un ángulo de elevación de 5 grados con respecto al vehículo espacial. Las otras dos radiobalizas retransmiten a «niveles nominales» y con ángulos de elevación de 40 grados con respecto al vehículo espacial. Las dos radiobalizas de «nivel nominal» están incluidas en el análisis porque comparten la potencia disponible del repetidor del satélite y, por lo tanto, afectan al balance del enlace.

Como se observa en la Fig. 10, las señales de 406 MHz de la radiobaliza de socorro son recibidas por el GLONASS SAR y la carga útil es retransmitida a un enlace descendente de 1 544,9 MHz para su detección y procesamiento en los MEOLUT. Los valores de ganancia de antena y de temperatura de ruido del sistema en el repetidor del satélite son de 11,5 dBi y 700 K (28,5 dB(K)) respectivamente. La relación  $G/T$  correspondiente es de  $-17,0$  dB/K.

La señal de radiobaliza tiene un ángulo de elevación de  $5^\circ$  con respecto al vehículo espacial. De no haber fuentes externas de interferencia, la relación global  $C/N_0$  es de 35,5 dB(Hz), lo cual equivale a una relación  $E_b/N_0$  de 9,5 dB ( $35,5$  dB(Hz)  $- 26$  dB/s para 400 bit/s). Teniendo en cuenta las pérdidas de realización (1,0 dB), las pérdidas de modulación de los datos de la radiobaliza (1,0 dB) y la ganancia de procesamiento (2,0 dB) en el MEOLUT, se obtiene un valor eficaz de la relación  $E_b/N_0$  de 9,5 dB. Como el canal requiere un valor global de  $E_b/(N_0 + I_0)$  de al menos 8,8 dB para satisfacer con fiabilidad la mínima calidad de funcionamiento, no puede aceptarse una acumulación de la interferencia de banda ancha en el enlace ascendente que reduzca más de 0,7 dB la relación global entre portadora y densidad de ruido más interferencia.

Dado que el valor global de  $C/N_0$  en ausencia de interferencia es de 35,5 dB-Hz, la interferencia similar al ruido de banda ancha en el enlace ascendente que lo degrada 0,7 dB da lugar a una relación  $(C/N_0)_{global}$  de:

$$\begin{aligned} (C/(N_0+I_0))_{global} &= (C/N_0)_{global} - 0,7 \text{ dB} \\ &= 35,5 \text{ dB(Hz)} - 0,7 \text{ dB} \\ &= 34,8 \text{ dB(Hz)} \end{aligned} \quad (19)$$

El valor  $(C/N_0)_{OI}$  se calcula a partir de las relaciones entre la portadora y la densidad de ruido más interferencia del enlace ascendente y del enlace descendente como se indica a continuación:

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)_{\text{enlace ascendente con interferencia}}^{-1} + (C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}}^{-1})^{-1} \quad (\text{numérico}) \quad (20)$$

Como este análisis se refiere a la interferencia en el enlace ascendente,  $(C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}}$  en la ecuación (2) se convierte en:

$$(C/N_0)_{\text{enlace ascendente con interferencia}} = (C_{\uparrow}/(N_{0\uparrow} + I_0)) \quad (\text{numérico}) \quad (21)$$

La fuente de interferencia también afecta a la relación entre la portadora del enlace descendente y la densidad de ruido,  $(C/N_0)_{\downarrow}$ , aumentando la potencia total compartida en la anchura de banda SAR. Este aumento de la potencia total reduce las pérdidas de compartición de potencia y afecta al valor de  $(C/N_0)_{\downarrow}$  de la forma siguiente:

$$(C/N_0)_{\text{enlace descendente con interferencia}} = (C/N_0)_{\downarrow} \times (L_{psi}/L_{ps}) \quad (\text{numérico}) \quad (22)$$

siendo  $L_{ps}$  las pérdidas de compartición de potencia sin interferencia y  $L_{psi}$  las pérdidas de compartición de potencia con interferencia.  $L_{psi}$  se calcula como sigue:

$$L_{psi} = C_{\uparrow}/(C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0 B) \quad (\text{numérico}) \quad (23)$$

donde  $C_2$  es el nivel de la potencia procedente de una de las otras dos radiobalizas recibidas simultáneamente por el GLONASS SARR y  $B$  es la anchura de banda del receptor GLONASS.

Sustituyendo la ecuación (23) en la ecuación (22), sustituyendo a continuación las ecuaciones (21) y (22) en la ecuación (20) y resolviendo para  $I_0$  se obtiene:

$$I_0 = (C_{\uparrow}((C/N_0)_{OI}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow})/(1 + L_{ps}(C/N)_{\downarrow}^{-1}) \quad (\text{numérico}) \quad (24)$$

$C_2$  es  $-158,5$  dBW,  $B$  es  $80$  kHz,  $(C/N_0)_{OI}$  es  $34,8$  dB(Hz),  $C_{\uparrow}$  es  $-164,3$  dBW,  $(C/N_0)_{\downarrow}$  es  $47,6$  dB(Hz),  $N_{0\uparrow}$  es  $-200,2$  dB(W/Hz),  $L_{ps}$  es  $-14,7$  dB, y  $(C/N)_{\downarrow}$  es  $47,6$  dB(Hz) menos  $10 \log(80k)$  o  $-1,4$  dB. Entrando con estos valores en la ecuación (24) se obtiene:

$$I_0 = (10^{-164,3/10} (10^{-34,8/10} - 10^{-47,6/10}) - 10^{-200,2/10}) / (1 + 10^{-14,7/10} \times 10^{1,4/10})$$

$$I_0 = -207,3 \text{ dB(W/Hz)}$$

Es conveniente caracterizar los criterios de protección en términos del umbral de interferencia de la dfp espectral de la interferencia especificada en dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) a la entrada de la antena receptora del satélite de 406 MHz. La apertura efectiva de una antena,  $A_e$ , de ganancia  $G$  es  $A_e = G \lambda^2/4\pi$ . Para una antena receptora GLONASS con una ganancia de  $11,5$  dBi, la apertura efectiva es  $0,61$  m<sup>2</sup>. Por lo tanto, la máxima interferencia combinada aceptable especificada como dfp espectral es:

$$dfp \text{ espectral} = I_0 - L_{línea} - A_e$$

Suponiendo que  $L_{LÍNEA} = 0$ :

$$dfp \text{ espectral} = -207,3 - 0 - 10 \log(0,61)$$

$$dfp \text{ espectral} = -205,2 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

El máximo nivel de la interferencia similar al ruido de banda ancha en la banda 406-406,1 MHz medida en la antena del satélite GLONASS no deberá rebasar el valor de  $-205,2$  dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)).

#### 4 Procedimiento para calcular en nivel de interferencia en el canal SAR/GLOBASS de 406 MHz

La interferencia provocada al Cospas-Sarsat es a menudo el resultado de emisiones fuera de banda procedentes de servicios que funcionan en bandas adyacentes o casi adyacentes.

Debe examinarse la anchura de banda de la emisión para determinar si se transmite energía en la banda 406-406,1 MHz. Hay que tener especial precaución al analizar la repercusión de los sistemas móviles (por ejemplo, satélites no geoestacionarios y transmisores a bordo de aeronaves) para tener en cuenta los efectos del desplazamiento Doppler generados por su movimiento.

Se calcula el nivel de interferencia procedente de todas las fuentes que transmiten energía en la banda expresada como nivel de dfp espectral en la antena del satélite. El nivel combinado de todas las fuentes interferentes no debe rebasar el valor de  $-205,2$  dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz)) en cualquier parte de esta gama.

## Anexo 10

### Criterios de protección de los instrumentos Cospas-Sarsat de búsqueda y salvamento en la banda 406-406,1 MHz (SAR/Galileo)

#### 1 Introducción

Los transpondedores de búsqueda y salvamento Cospas-Sarsat se encuentran a bordo de los satélites Galileo. Estos repetidores reciben señales en 406 MHz procedentes de radiobalizas de socorro y retransmiten las señales a los MEOLUT Cospas-Sarsat en frecuencias del enlace descendente en la banda 1 544-1 545 MHz. El análisis que figura en el presente Anexo establece los criterios de

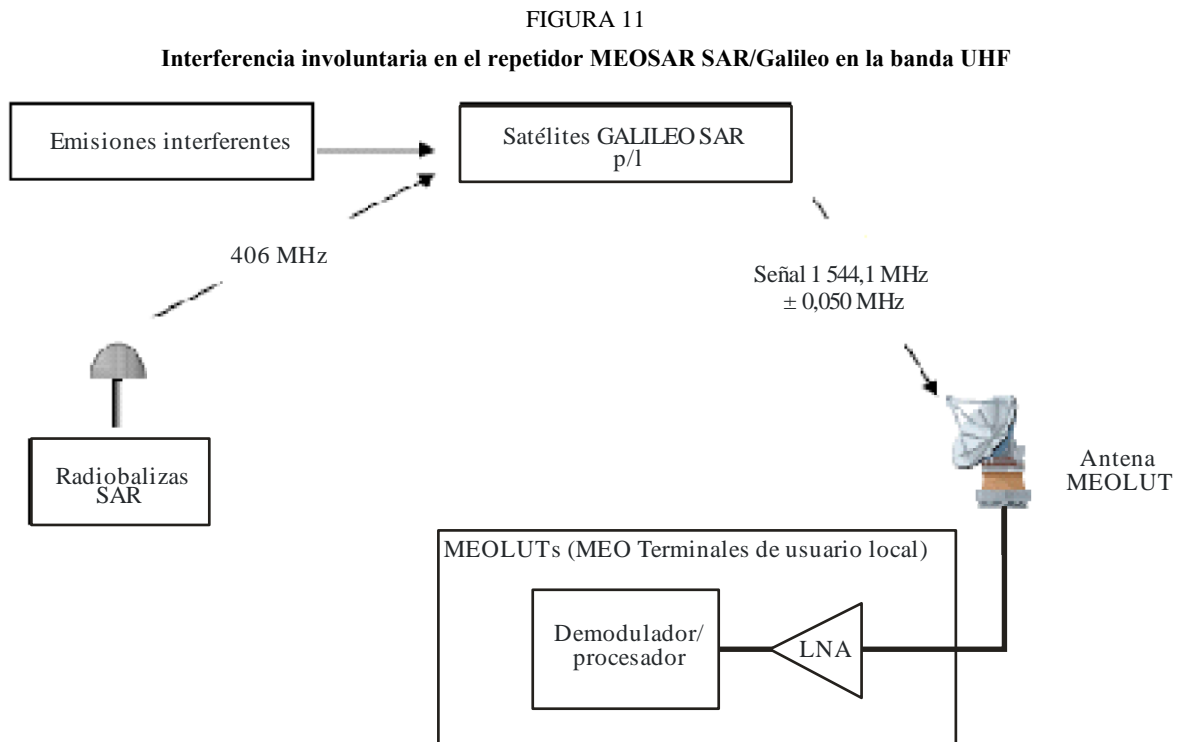
protección contra la interferencia para los satélites Galileo que reciben las señales del enlace descendente de radiobalizas de Socorro.

**2 Mínima calidad de funcionamiento aceptable para la detección de las señales de radiobalizas de socorro de 406 MHz retransmitidas por los satélites SAR/Galileo**

A fin de evaluar el nivel máximo aceptable para las emisiones de banda ancha, el parámetro de calidad de funcionamiento considerado es la BER (tasa de errores en los bits) mínima admisible: a fin de detectar con fiabilidad las radiobalizas de socorro a 406 MHz utilizado repetidores de satélites Galileo 406 MHz, la BER del canal no debe rebasar  $5 \times 10^{-5}$ . Además, dado que el enlace ascendente es dominante en el enlace de extremo a extremo (en términos de  $C/N_0$ ), la consiguiente  $C/N_0$  considerada será la del enlace ascendente.

**3 Análisis de la dfp espectral de la interferencia**

En la Fig. 11 se describe la interferencia potencial presente en la banda UHF de SAR UHF.



M.1478-11

**3.1 Interferencia de banda ancha**

La adición de ruido de banda ancha a la carga útil SAR de Galileo Sarsat causará un aumento de la VER del sistema y, por tanto, afectará negativamente a su calidad de funcionamiento. Según los estudios del UIT-R, la BER máxima aceptable en el enlace ascendente para el sistema SAR no puede rebasar  $5 \times 10^{-5}$ . Partiendo de este requisito, en el presente análisis se determina la densidad de flujo de potencia máxima aceptable del ruido de banda ancha en el canal ascendente de Galileo. La temperatura de ruido del sistema en la carga útil Galileo Sarsat a la entrada del receptor de carga útil SAR es de 600 K (= 27,7 dBK).

Así, la densidad espectral de ruido es:

$$N_0 = -228,6 + 27,7 = -200,9 \text{ dB(W/Hz)} \quad (25)$$

La especificación del caso más desfavorable estipula que el MLT SAR Galileo se ha diseñado para funcionar correctamente cuando la potencia mínima de la señal recibida es de  $C = -165,2 \text{ dBW}$ ; este es el valor de la señal recibida correspondiente al mínimo enlace ascendente  $C/N_0$  de  $35,7 \text{ dB(Hz)}$ , a la entrada del receptor, que produce una  $E_b/N_0 = 9,7 \text{ dB}$  (suponiendo una velocidad de datos de información de  $400 \text{ bit/s}$  ( $26 \text{ dB}$ )) en el detector de bits de la carga útil de SAR. La correspondiente BER es igual a  $8 \times 10^{-6}$ .

Por consiguiente, a fin de lograr una BER de  $5 \times 10^{-5}$  la máxima degradación aceptable es de  $0,9 \text{ dB}$ . A  $E_b/N_0 = 8,8 \text{ dB}$ , la BER es igual a  $5 \times 10^{-5}$ .

A continuación se calcula el ruido aditivo correspondiente a la degradación de  $0,9 \text{ dB}$  para  $C/N_0$ . Sea  $I_0$  la densidad de potencia de ruido aditiva procedente de las fuentes de interferencia.

El ruido  $N_0$  inicial se convierte en  $N_0 + I_0$ . La relación portadora-ruido  $C/N_0$  se convierte en  $C/(N_0 + I_0)$ .

La degradación viene dada por:

$$0,9 \text{ dB} = 10 \log ((C/N_0)/(C/(N_0 + I_0))) \quad (26)$$

así  $I_0/N_0 = -6,38 \text{ dB}$  e  $I_0 = -207,28 \text{ dB(W/Hz)}$ .

Por consiguiente, el nivel máximo aceptable de densidad de ruido es  $I_0 = -207,28 \text{ dB(W/Hz)}$  (calculado a la entrada del receptor PL de SAR).

La densidad de ruido,  $I_0$ , tiene en cuenta la atenuación y la ganancia de la antena. Como se requiere obtener el valor de la densidad espectral de flujo de potencia, es necesario transformar este valor en  $\text{dB(W/(m}^2 \text{ Hz))}$ .

La superficie equivalente de una antena de ganancia  $G$  es  $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$ .  $G$  oscila entre  $11,6$  y  $13 \text{ dBi}$ .

$S = -0,6 \text{ dB(m}^2)$  (suponiendo una eficiencia de  $0,7\%$  y una ganancia máxima de  $= 13 \text{ dBi}$ ).

Por tanto, la correspondiente densidad espectral de flujo de potencia del satélite es igual a:

$$dfp \text{ espectral} = -207,28 + 0,51 \text{ (pérdidas)} - (-0,6) = -206,1 \text{ dB(W/(m}^2 \text{ Hz))} \quad (27)$$

teniendo en cuenta el ángulo nadir máximo del satélite.

A la entrada del satélite, el nivel máximo de interferencia de ruido de banda ancha en la banda  $406\text{-}406,1 \text{ MHz}$  no deberá rebasar los  $-206,1 \text{ dB(W/(m}^2 \text{ Hz))}$  para proteger el MLT SAR Galileo.

### 3.2 Interferencia de banda estrecha

Como carga útil SAR Galileo SAR es transparente, el SART traducirá la interferencia de banda estrecha en la banda  $406\text{-}406,1 \text{ MHz}$  a la banda  $1\ 544\text{-}1\ 595 \text{ MHz}$ ; a nivel del MLT, el receptor puede detectar esta señal interferente como una señal de socorro SAR genuina.

El parámetro de calidad de funcionamiento para determinar la máxima interferencia de banda estrecha admisible será, por tanto, el umbral de adquisición MeoLUT, que se considera igual a  $34,8 \text{ dB(Hz)}$ .

Sea  $I$  la potencia de la señal interferencia en la antena MLT; si el nivel  $I/N_0$  de interferencia es superior al umbral de adquisición del MLT, el MLT detectará la interferencia.



Habida cuenta de que el nivel de ruido del sistema calculado en § 3.1 es  $N_0 = -200,9 \text{ dB(W/Hz)}$ , la potencia de la señal interferente (a nivel de SART) es igual a:  $I = I/N_0 + N_0 = -166,1 \text{ dBW}$ .

A fin de obtener la densidad de flujo de potencia en la antena PL SAR, se ha de tomar en consideración la superficie equivalente de la antena; siguiendo los mismos pasos que en § 3.1, la densidad de flujo de potencia puede calcularse del modo siguiente:

$$dfp = -166,1 + 0,51 \text{ (pérdidas)} - (-0,6) = -166,2 \text{ dB(W/m}^2\text{)} \quad (28)$$

teniendo en cuenta al ángulo nadir más grande del satélite.

A la entrada del satélite, el nivel máximo de interferencia de ruido de banda estrecha en la banda 406-406,1 MHz no deberá rebasar los  $-166,2 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$  para garantizar la correcta detección de la señal.

## Anexo 11

### Resumen de las características generales de todos los instrumentos

En el Cuadro 4 se resumen las características generales de cada tipo de instrumento Cospas-Sarsat.

CUADRO 4

#### Resumen de las características de los instrumentos Cospas-Sarsat

Tipo de instrumento	Características orbitales, número de satélites que se han de desplegar	Criterios de protección contra las emisiones no esenciales a la entrada del procesador o LNA en la aeronave	Criterios de protección contra las emisiones de banda ancha
Instrumento SARP para satélite Sarsat LEO	Órbita circular de 830 km, inclinación de 98°	-147,6 dBm	-198,6 dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz))
Instrumento SARP para instrumento Cospas LEO	Órbita circular de 830 km, inclinación de 98°	-147,6 dBm	-198,6 dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz))
Instrumento SARR Sarsat para satélite LEO	Órbita circular de 830 km, inclinación de 98°	-147,6 dBm	-204,7 dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz))
Repetidor a bordo del satélite GOES	Órbita geoestacionaria	-140,9 dBm	-201,1 dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz))
Repetidor a bordo del satélite MSG	Órbita geoestacionaria	-147 dBm	-206,4 dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz))
Repetidor a bordo de satélites Electro	Órbita geoestacionaria	-139,8 dBm	-198,7 dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz))

CUADRO 4 (*fin*)

<b>Tipo de instrumento</b>	<b>Características orbitales, número de satélites que se han de desplegar</b>	<b>Criterios de protección contra las emisiones no esenciales a la entrada del procesador o LNA en la aeronave</b>	<b>Criterios de protección contra las emisiones de banda ancha</b>
Repetidor a bordo del satélite Galileo	Satélites en órbita terrestre media utilizados: 27 satélites en órbita circular a una altitud de 23 225 km con un ángulo de inclinación de 56° (véase la Recomendación UIT-R M.1787, en la que se describe en detalle las características orbitales del sistema Galileo).	-136,8 dBm	-206,1 dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz))
Repetidor a bordo del satélite GLONASS	Satélites en órbita terrestre media utilizados: 27 satélites en órbita circular a una altitud de 19 100 km con un ángulo de inclinación de 64,8° (véase la Recomendación UIT-R M.1787, en la que se describe en detalle las características orbitales del sistema GLONASS).	-147,1 dBm	-205,2 dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz))