

## RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1158-3\*

**Viabilidad de la compartición de frecuencias en la banda 1 670-1 710 MHz entre el servicio de meteorología por satélite (espacio-Tierra) y el servicio móvil por satélite (Tierra-espacio)**

(Cuestión UIT-R 204/7)

(1995-1997-1999-2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (Málaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) ha atribuido la banda 1 675-1 710 MHz a título primario en la Región 2 al servicio móvil por satélite (SMS) (Tierra-espacio) y ha mantenido la categoría primaria del servicio de meteorología por satélite (servicio MetSat) (espacio-Tierra);
- b) que cada uno de estos dos servicios puede ser proporcionado por sistemas de satélites OSG y no OSG;
- c) que los operadores del servicio MetSat han acordado dividir la banda 1 670-1 710 MHz en cuatro sub-bandas que se utilizan, y se espera que sigan siendo utilizadas, de la forma siguiente:
  - 1 670-1 683 MHz: estaciones terrenas principales en emplazamientos fijos para la recepción de datos de imágenes sin procesar, recogidas de datos y telemidas de vehículos espaciales procedentes de satélites meteorológicos OSG;
  - 1 683-1 690 MHz: estaciones terrenas principales en emplazamientos fijos para la recepción de datos de imágenes sin procesar, recogidas de datos y telemidas de vehículos espaciales procedentes de satélites meteorológicos OSG; estaciones de usuario para servicios de presentación directa procedentes de satélites meteorológicos OSG (GVAR y S-VISSR) (véase la Nota 1);
  - 1 690-1 698 MHz: estaciones de usuario para servicios de presentación directa desde satélites meteorológicos OSG;
  - 1 698-1 710 MHz: estaciones de usuario para servicios de presentación directa y datos de imágenes previamente grabadas en las estaciones terrenas principales desde satélites meteorológicos no OSG;
- d) que la banda 1 670-1 690 MHz es y va a seguir siendo utilizada sobre todo, pero no de manera exclusiva, por un número limitado de estaciones terrenas meteorológicas principales (telemando y adquisición de datos (TAD)) y que la parte de la banda 1 683-1 690 MHz es y va a seguir siendo utilizada además por estaciones de usuario de presentación directa (GVAR y S-VISSR);
- e) que la porción de la banda 1 670-1 675 MHz la utilizan muy pocas estaciones terrenas MetSat;
- f) que existen miles de estaciones terrenas MetSat en la banda 1 690-1 710 MHz, muchas de las cuales utilizan antenas de pequeño tamaño;

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y a la Comisión de Estudio 8 (GT 8D) de Radiocomunicaciones.

- g) que para las distintas funciones proporcionadas por el servicio MetSat, las estaciones terrenas meteorológicas en la banda 1 690-1 710 MHz y en la banda 1 683-1 690 MHz pueden ser fijas, móviles o transportables;
- h) que en la Recomendación UIT-R SA.1027 aparecen criterios de compartición para los actuales sistemas MetSat que utilizan satélites en órbita terrestre baja (LEO);
- j) que en la Recomendación UIT-R SA.1161 aparecen criterios de compartición para los actuales sistemas MetSat que utilizan satélites OSG;
- k) que se espera la instalación de transmisores de estación terrena del SMS cerca o en el interior de la zona de servicio MetSat;
- l) que algunos operadores de satélites meteorológicos tienen previsto aumentar las anchuras de banda de canal y revisar los planes de asignaciones de frecuencia para las nuevas generaciones de satélites MetSat, lo que podría hacer impracticable la intercalación de canales de satélites meteorológico y móvil;
- m) que las estaciones espaciales MetSat OSG que dan servicio inicialmente a una cierta zona pueden ser reubicadas, de vez en cuando, para ofrecer cobertura a otra zona;
- n) que en los Anexos 1, 2, 3 y 4 aparecen consideraciones sobre aspectos técnicos de la compartición en el servicio MetSat y el SMS que funcionan en la banda 1 670-1 710 MHz;
- o) que ya se dispone de técnicas de transmisión móvil por satélite, o pueden desarrollarse, que impiden de forma automática y dinámica las transmisiones procedentes de estaciones terrenas situadas en las proximidades de las estaciones terrenas de recepción MetSat, y que tales técnicas se describen en el Anexo 3,

*reconociendo*

- 1 que, según el número 5.377 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), en la banda 1 675-1 710 MHz las estaciones del SMS no deberán causar interferencia perjudicial a los servicios de MetSat y de ayudas a la meteorología, ni obstaculizarán su desarrollo, y la utilización de esta banda estará sujeta a coordinación con arreglo al número 9.11A del RR;
- 2 que ciertos estudios (véase el Anexo 1) han indicado que la posible interferencia causada a las estaciones terrenas meteorológicas por las estaciones terrenas del SMS funcionando en la misma frecuencia sería aceptable cuando las estaciones terrenas meteorológicas estén protegidas mediante zonas de exclusión con radios de hasta varios centenares de kilómetros y se apliquen medidas técnicas apropiadas para evitar las transmisiones de estaciones terrenas móviles dentro de las respectivas zonas de exclusión;
- 3 que el control de las estaciones terrenas móviles (ETM) podría llevarse a cabo con un sistema de determinación de la localización que forma parte del sistema móvil por satélite; este sistema de determinación de la localización puede requerir un canal de señalización de banda estrecha transmitido desde la ETM al satélite del servicio móvil;
- 4 que ciertos estudios indican que la interferencia procedente de las emisiones de la estación terrena del SMS en la banda 1 670-1 675 MHz sobre las estaciones terrenas meteorológicas sería aceptable con restricciones limitadas de las operaciones del SMS;
- 5 que ciertos estudios concluyen la extrema dificultad de la solución al complejo problema de la compartición del SMS en la banda 1 683-1 690 MHz considerando el creciente número de estaciones GVAR y S-VISSR (véase la Nota 1), especialmente las estaciones transportables y las futuras;
- 6 que la compartición en la banda 1 690-1 710 MHz no sería viable en razón del elevado número de estaciones del MetSat, sus emplazamientos generalmente desconocidos y la creciente utilización del servicio,

*recomienda*

- 1 que las ETM que posiblemente funcionen en parte de la banda 1 675-1 690 MHz no transmitan, salvo en un canal de señalización de banda estrecha, dentro de las zonas de exclusión en torno a las estaciones terrenas meteorológicas principales (TAD y estaciones de usuarios de datos primarios (PDUS)), teniendo en cuenta los radios indicados en el *reconociendo* 2, aumentadas en la precisión (km) de los sistemas de determinación de la localización a los que se hace referencia en el *reconociendo* 3 (véase la Nota 2);
- 2 que los sistemas móviles por satélite se equipen con capacidad de determinación de la localización demostrada, permitiendo la determinación de la posición de las ETM, para asegurar el cumplimiento del *recomienda* 1;
- 3 que el canal de señalización de banda estrecha, que puede ser necesario a escala mundial por ciertos sistemas de determinación de la localización, se asigne de acuerdo con los operadores meteorológicos interesados;
- 4 que el SMS podría compartir la banda 1 670-1 675 MHz con el servicio MetSat en base a restricciones de menor importancia destinadas a evitar la repercusión mundial de las operaciones del servicio MetSat en la banda 1 670-1 710 MHz.

NOTA 1 – GOES (satélite geoestacionario operacional del medio ambiente.); GVAR (variante del GOES); VISSR (radiómetro de barrido giratorio en el espectro visible e infrarrojo, *visual and infrared spin scan radiometer*); S-VISSR (VISSR ampliado).

NOTA 2 – Se invita a la OMM a que informe a la UIT, periódicamente, de la posición geográfica de las estaciones terrenas meteorológicas principales.

## Anexo 1

### **Análisis de la compartición entre el servicio MetSat y el SMS en las bandas de frecuencias 1 670-1 675 MHz y 1 683-1 690 MHz**

#### **1 Introducción**

El UIT-R ha realizado una amplia serie de estudios relativos a la situación potencial de compartición entre el SMS y el servicio MetSat en la banda 1 683-1 690 MHz o en su proximidad. La banda 1 683-1 690 MHz la utilizan principalmente tres tipos distintos de estaciones terrenas meteorológicas. A pesar del limitado número de estaciones terrenas MetSat principales desplegado en las tres Regiones de la UIT, hay un gran número de estaciones terrenas meteorológicas que funcionan en las Regiones 2 y 3, gran parte de cuyas posiciones son desconocidas. Algunas de ellas, además, son móviles (montadas sobre barcos o camiones) o transportables. En la CMR-2000 se reconoció asimismo el creciente uso de estas estaciones en las Regiones 2 y 3 y el hecho de que el funcionamiento potencial del SMS no debería limitar el desarrollo actual y futuro del servicio MetSat como especifica el número 5.377 del RR.

En lo que a estaciones terrenas meteorológicas se refiere, las estaciones principales cuentan con antenas de hasta 15 m de diámetro y con estaciones de datos de usuario tales como el GVAR y el S-VISSR y funcionan en la banda 1 683-1 690 MHz. Sólo hay un pequeño número de estaciones principales funcionando en la banda 1 670-1 675 MHz. Los criterios de compartición e interferencia para los sistemas de transmisión de datos espacio-Tierra en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y MetSat se han definido en varias Recomendaciones UIT-R. El Apéndice 7 del RR y la Recomendación UIT-R SA.1160 pueden utilizarse como referencias.

La Recomendación UIT-R M.1184 proporciona información sobre las características de los sistemas móviles por satélite que han de utilizarse en los estudios de compartición con otros servicios primarios en la banda 1-3 GHz. Dado que la interferencia sobre las estaciones MetSat viene determinada principalmente por la cantidad de energía radiada hacia el horizonte y la troposfera, la antena podrá discriminar la interferencia hasta cierto punto. Salvo que el terminal del SMS funcione realmente con ángulos de elevación bajos, el efecto global será muy semejante al de los sistemas que utilizan antenas omnidireccionales. Por consiguiente se ha supuesto que los terminales móviles funcionan de modo que se obtiene una ganancia muy baja, en torno a 0 dBi, hacia el horizonte.

En vista de las enormes diferencias que pueden surgir al considerar el caso más favorable y el más desfavorable, los Grupos de Trabajo de Radiocomunicaciones implicados han acordado utilizar características del SMS, del servicio MetSat y de apantallamiento que obvien el caso más favorable y el más desfavorable para considerar una situación de compartición típica más representativa con ciertas desviaciones hacia las situaciones de compartición favorables y desfavorables.

Las distancias de separación necesarias son en gran medida función del ángulo de elevación y del apantallamiento del terreno. El ángulo de elevación varía entre 3° y 90° para las estaciones receptoras de datos de los satélites geoestacionarios. Las estaciones principales nunca funcionarán con ángulos de elevación inferiores a 5°. El apantallamiento para las estaciones principales suele ser bastante eficaz debido a las características típicas de las instalaciones en las ubicaciones remotas. No obstante, las estaciones de usuario se suelen instalar en la parte superior de los edificios donde la vista de los alrededores está libre de obstáculos.

## 2 Características del sistema que constituyen las hipótesis del análisis

Las características indicadas en el Cuadro 1 se han adoptado para representar una diversidad de sistemas del SMS y MetSat. Los valores de los parámetros corresponden a condiciones de compartición favorables, típicas y desfavorables, no representando forzosamente las condiciones correspondientes al caso más favorable ni al más desfavorable.

CUADRO 1

### Parámetros del sistema utilizados en los estudios de compartición entre el servicio MetSat y el SMS

	Caso de compartición favorable	Caso 1 de compartición típica	Caso 2 de compartición típica	Caso de compartición desfavorable
<i>Características del SMS</i>				
p.i.r.e. máxima por canal (dBW)	3,5	21	17	10,9
Ganancia máxima de la antena (dBi)	0	16,5	10	No aplicable
Velocidad de datos en el canal (kbit/s)	23,4	732	5,6	4,5
Anchura de banda asignada (separación de canales) (kHz)	31,24	200	12,5	6
Ganancia media de la antena hacia el horizonte (dBi)	1	0	0	0
p.i.r.e. media hacia el horizonte (dBW)	3,5	4,5	7	6,9
Densidad de p.i.r.e. media hacia el horizonte (dB(W/4 kHz))	-5,4	-12,5	2,1	5,1
Altura de la antena de la ETM sobre el nivel del suelo (m)	2	2	2	10

CUADRO 1 (Fin)

	Caso de compartición favorable	Caso 1 de compartición típica	Caso 2 de compartición típica	Caso de compartición desfavorable
<i>Características del SMS (Cont.)</i>				
Altura del obstáculo medio en la proximidad de la ETM (m)	90	50	50	10
Distancia del obstáculo a la ETM (km)	10	10	10	5
Anchura de banda del satélite (grados)	0,7	1,5	7	2
Porcentaje de transmisión de la ETM (%)	60	75	75	90
Discriminación de polarización (dB)	3	3	3	3
<i>Características de las estaciones principales MetSat</i>				
Diámetro de la antena (m)	15	15	15	15
Altura central de la antena sobre el nivel del suelo (m)	15	20	20	25
Ángulo de elevación mínimo de la antena (grados)	20	15	15	10
Nivel de interferencia admisible a largo plazo (20%) (dB(W/4 kHz))	-182	-182	-182	-182
Nivel de interferencia admisible a corto plazo (dB(W/4 kHz))	-178	-178	-178	-178
Porcentaje de tiempo de la interferencia <sup>(1)</sup> a corto plazo (%)	0,011	0,011	0,011	0,011
Anchura de banda del receptor (kHz)	5 200	5 200	5 200	30
Altura del obstáculo en la proximidad de la estación principal (m)	200	150	150	25
Distancia del obstáculo a la estación principal (km)	10	10	10	10
Zona radioclimática típica de la estación principal	A2	A2	A2	A1
<i>Características de las estaciones de usuario MetSat</i>				
Diámetro de la antena (m)	3,6	3,6	3,6	3,6
Altura central de la antena sobre el nivel del suelo (m)	5	25	25	50
Ángulo de elevación mínimo de la antena (grados)	20	15	15	5
Nivel de interferencia admisible a largo plazo (dB(W/4 kHz))	-180	-180	-180	-180
Nivel de interferencia admisible a corto plazo (dB(W/4 kHz))	-175,3	-175,3	-175,3	-175,3
Porcentaje de tiempo de la interferencia (%)	0,025	0,025	0,025	0,025
Anchura de banda del receptor (kHz)	6 000	4 200	4 200	4 200
Altura del obstáculo en la proximidad de la estación del usuario (m)	50	25	25	0
Distancia del obstáculo a la estación del usuario (km)	10	10	10	No applicable
Zona radioclimática típica de la estación del usuario	A2	A1	A1	A1

<sup>(1)</sup> Este porcentaje se refiere a la interferencia agregada de todas las ETM.

Deberían estudiarse combinaciones de las anteriores hipótesis de sistemas. En los estudios que contemplen la interferencia en bandas adyacentes, deberá considerarse la Recomendación UIT-R SA.1160 relativa a los criterios de protección para pequeñas estaciones de usuario con diámetros de antena comprendidos entre 1,2 y 2,4 m. En lo que respecta a las emisiones fuera de banda de los terminales ETM se utilizará como referencia la Recomendación UIT-R M.1480.

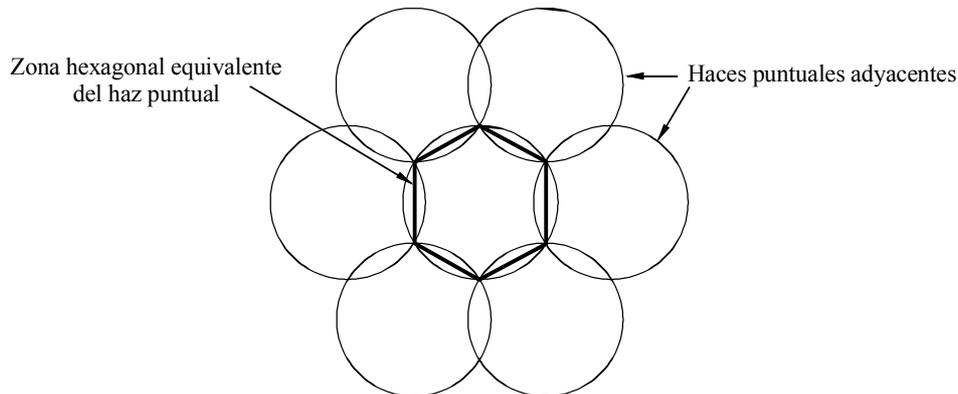
### 3 Metodología del análisis

#### 3.1 Densidad de ETM

En este punto se presenta un análisis que contempla varias ETM en funcionamiento en cuanto a los parámetros del sistema. Por ello, debe calcularse la distribución y densidad de las ETM en cada uno de los casos de compartición. El primer paso del análisis consiste en determinar el tamaño del haz puntual proyectado sobre la superficie terrestre. Para mayor simplicidad se supondrá que el eje central del haz puntual es perpendicular a la superficie terrestre y que la superficie encerrada en el haz puntual es aproximadamente plana. Los haces puntuales adyacentes se solaparán. Para simplificar aún más el análisis, el área de cada haz puntual se convertirá en un hexágono regular. Esto es posible porque cada haz puntual puede corresponder a una ETM dentro de la zona de solapamiento (véase la Fig. 1). Para calcular la densidad de ETM, las áreas de solapamiento pueden dividirse por igual entre los haces que se solapan.

FIGURA 1

Conversión de los haces puntuales circulares en zonas hexagonales equivalentes



1158-01

El área del hexágono viene dada por:

$$A = (h * \text{tg}(\theta / 2))^2 (3\sqrt{3}) / 2$$

siendo:

$h$ : altitud (km) de la órbita OSG

$\theta$ : anchura del haz puntual (grados).

## CUADRO 2

**Zona cuadrada equivalente de los haces puntuales sobre la superficie terrestre correspondiente a los casos del Cuadro 1**

Caso de compartición	Anchura del haz puntual (grados)	Área equivalente (km <sup>2</sup> )	Factor de reutilización de la frecuencia
Caso favorable	0,7	$1,25 \times 10^5$	7
Caso típico 1	7,0	$1,25 \times 10^7$	2
Caso típico 2	1,5	$5,77 \times 10^5$	7
Caso desfavorable	2,0	$1,03 \times 10^6$	7

En la siguiente fase se determina la densidad de ETM dentro de la zona de servicio en estudio (zona de análisis). Como los haces puntuales son inferiores o aproximadamente iguales al tamaño de las zonas de exclusión, la zona de análisis necesaria es mayor que las estampas de los haces puntuales. En los tres casos de compartición definidos en el Cuadro 1 se indican la anchura del haz de la antena receptora (anchura del haz del satélite), la separación de canales (anchura de banda asignada) y el factor de carga del sistema (porcentaje de transmisión de la ETM). La densidad de ETM puede calcularse a partir de estos valores. A continuación puede utilizarse la densidad de ETM transmisoras para determinar el número de ETM transmisoras dentro de la zona de análisis seleccionada.

El número máximo de canales disponibles en la ETM que pueden compartir un mismo canal con la estación MetSat se calcula dividiendo la anchura de banda de la estación MetSat entre la separación de canales. Como la reutilización de canales entre haces puntuales adyacentes es problemática, se adoptó la hipótesis de que los canales de reutilización de los haces puntuales deberían separarse por un haz puntual, como mínimo. El análisis se llevó a cabo utilizando un factor de reutilización de frecuencias de 7.

Otra consideración adicional es que cada caso de compartición tiene un factor de carga específico. Por consiguiente, el número total de canales disponibles por haz puntual debe reducirse por el factor de carga para obtener el número real de ETM que funcionan dentro de un haz puntual en cualquier instante.

El número de ETM en funcionamiento que utilizan frecuencias dentro de un único haz puntual puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$n = (1 / F) * (BW_{metsat} / S_{etm}) * L$$

siendo:

- $F$ : factor de reutilización de frecuencias
- $n$ : número de ETM transmisoras por haz puntual
- $BW_{metsat}$ : anchura de banda del receptor MetSat
- $S_{etm}$ : separación de canales de la ETM
- $L$ : factor de carga del sistema SMS.

La densidad media de ETM transmisoras se calcula dividiendo de número de ETM transmisoras por haz puntual, por el área del haz puntual:

$$D = n / A$$

siendo:

- $D$ : densidad de ETM transmisoras (ETM/km<sup>2</sup>)  
 $n$ : número de ETM transmisoras por haz puntual  
 $A$ : área del haz puntual (cuadrado equivalente) (km<sup>2</sup>).

### CUADRO 3

#### Densidad de ETM transmisoras correspondientes a los casos del Cuadro 1

Sistema del SMS	Número de ETM transmisoras: $n$ (Estación principal caso favorable-típico-desfavorable)	Densidad media de ETM transmisoras: $D$ (ETM/10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	Número de ETM transmisoras: $n$ (Estación de usuario caso favorable-típico-desfavorable)	Densidad media de ETM transmisoras: $D$ (ETM/10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )
SMS favorable	14,3/17,8/0,12	114/142/9,83	16,5/14,4/17,3	131/115/138
SMS típico 1	2,23/2,79/0,02	3,86/4,83/0,033	2,57/2,25/2,7	4,46/3,9/4,68
SMS típico 2	125/156/1,08	9,91/12,4/0,08	144/126/151	11,4/10/12
SMS desfavorable	74/93/0,64	72/91/109	86/75/90	83,6/73,1/87,7

### 3.2 Ganancia de la antena de una estación MetSat en dirección del horizonte

Para calcular la interferencia procedente de una agregación de ETM, es conveniente utilizar un diagrama de ganancia de antena que sea representativo del nivel medio de los lóbulos laterales. Para compensar el hecho, bastante probable, de que el diagrama del Apéndice 7 del RR sobreestime la ganancia media de la antena meteorológica en dirección a un número de interferentes potencialmente grande, se considera más conveniente utilizar una combinación del diagrama de la Recomendación UIT-R F.1245 y el del Apéndice 7 del RR. Para las estaciones MetSat se utiliza un diagrama de antena correspondiente a las Recomendaciones UIT-R F.699 (Apéndices 7 y 8 del RR) y UIT-R F.1245. Para cada uno de los valores del ángulo fuera del eje, la ganancia se toma como el promedio de los valores de las Recomendaciones UIT-R F.699 y UIT-R F.1245. Se puede determinar un único valor de ganancia de antena hacia el horizonte teniendo en cuenta el ángulo de elevación de la estación terrena MetSat y el ángulo de acimut. Para cada ángulo de acimut, la ganancia media de antena hacia el horizonte se determina utilizando los diagramas del lóbulo lateral descritos anteriormente. Cada uno de los valores de la ganancia de la antena hacia el horizonte (dBi) se convierte a una relación de potencia lineal y se calcula el valor medio.

La ganancia de la antena especificada en la Recomendación UIT-R F.699, así como en el Apéndice 7 del RR (y en el Apéndice 8 del RR), correspondiente a una relación entre el diámetro de la antena y la longitud de onda de 100 como máximo, viene determinada por la siguiente ecuación:

$$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left( \frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{para } 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{para } \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D}$$

$$G(\varphi) = 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi \quad \text{para } 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{para } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

siendo:

- $G_{m\acute{a}x}$ : ganancia máxima de la antena (dBi)
  - $G(\varphi)$ : ganancia (dBi) relativa a la antena isotropica
  - $\varphi$ : ngulo fuera del eje (grados)
  - $D$ : diámetro de la antena
  - $\lambda$ : longitud de onda
- } expresados en la misma unidad
- $G_1$ : ganancia del primer lóbulo lateral =  $2 + 15 \log (D/\lambda)$

$$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{m\acute{a}x} - G_1} \quad \text{grados}$$

$$\varphi_r = 12,02 (D/\lambda)^{-0,6} \quad \text{grados}$$

En los casos en que la relación entre el diámetro de la antena y la longitud de onda es menor o igual que 100, la Recomendación UIT-R F.1245 proporciona la siguiente ecuación:

$$G(\varphi) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left( \frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{para} \quad 0 \leq \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = 39 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi \quad \text{para} \quad \varphi_m \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = -3 - 5 \log (D/\lambda) \quad \text{para} \quad 48^\circ \leq \varphi < 148^\circ$$

Para cada valor del ángulo fuera del eje, la ganancia se obtiene como media de los valores proporcionados por las Recomendaciones UIT-R F.699 y UIT-R F.1245 en términos lineales.

Se puede determinar un único valor de ganancia de la antena hacia el horizonte mediante los siguientes pasos.

*Paso 1:* Considerando el ángulo de elevación de la estación terrena MetSat, se determina el ángulo fuera del eje para cada acimut en torno a la estación terrena MetSat.

*Paso 2:* Para cada acimut, se determina la ganancia de antena hacia el horizonte utilizando los diagramas de lóbulo lateral descritos anteriormente.

*Paso 3:* Los valores de ganancia de la antena hacia el horizonte (dBi) se convierten en una relación de potencia lineal y se determina el valor medio.

La ganancia eficaz utilizada en los cálculos es la mitad de la suma lineal de ambas componentes. El Cuadro 4 muestra los resultados correspondientes a los diversos ángulos de elevación utilizados en los cálculos.

CUADRO 4

**Promedio de la ganancia media de la antena para las estaciones meteorológicas**

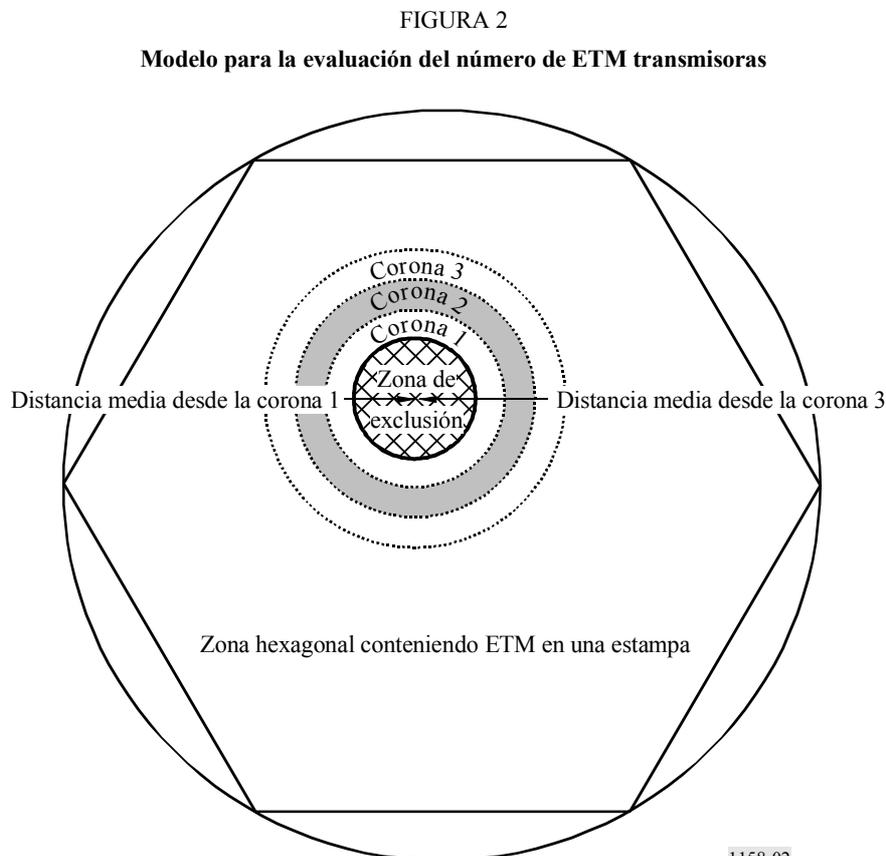
ngulo de elevación	Estación meteorológica principal (dBi)	Estación meteorológica de usuario (dBi)
5 (caso más desfavorable para las estaciones de usuario)	(-0,3)	5,1
10 (caso más desfavorable para las estaciones principales)	-4,6	(0,9)
15 (caso típico)	-6,8	-1,3
20 (caso más favorable)	-8,1	-2,7

Es conveniente asimismo considerar la ganancia real de la antena en dirección del medio de dispersión troposférico. La Recomendación UIT-R P.452 tenía inicialmente por objeto la coordinación de los enlaces del servicio fijo en los que la elevación de la antena se limitaba a ángulos próximos al horizonte siendo la ganancia de la antena hacia la troposfera decreciente, normalmente, al aumentar el ángulo de elevación. Esta situación no corresponde a las antenas con ganancia creciente hacia ángulos de elevación más elevados. Debe tenerse en cuenta la ganancia real de ambas antenas en dirección de la troposfera que podría calcularse del siguiente modo: la altura media de la troposfera puede suponerse en torno a 5 000 m y el ángulo de elevación medio en dirección a la troposfera se determina a continuación a partir de esta altura y de la mitad de la distancia entre el transmisor y el receptor. Para las estaciones MetSat, los valores de ganancia del Cuadro 4 pueden interpolarse a fin de calcular la media de la ganancia de la antena en dirección a la troposfera. La contribución de la antena de la ETM suele ser mucho menos importante debido a que su ganancia suele ser muy inferior y su ángulo de elevación alto.

### 3.3 Áreas de análisis

Para modelar los efectos de varias ETM en torno a una estación MetSat, debe definirse un área de análisis que sea lo suficientemente grande como para abarcar todas las ubicaciones de ETM que podrían contribuir a la interferencia.

Se coloca una zona de exclusión en torno a la estación terrena MetSat a una distancia  $d$ . Se dibujan tres circunferencias concéntricas con radios  $d(n/2 + 1)$  siendo  $n$  el número de la circunferencia.



Dentro de cada corona el número de ETM se calcula a partir de la superficie de la corona y de la densidad media. En condiciones típicas de funcionamiento, las ETM no estarán distribuidas uniformemente por la estampa sino que se concentrarán en las zonas de gran demanda. Para tener en cuenta esto, el número medio de ETM se multiplica por 1,5. Esto podría no ser conveniente para las coronas 2 y 3, si la zona de exclusión ocupa una fracción grande de la estampa del SMS. La contribución de la interferencia de cada corona se estima calculando la atenuación del trayecto hasta un punto a mitad de camino entre los radios interior y exterior de cada corona y aumentando la interferencia desde una única ETM en  $10 \log N_n$ , siendo  $N_n$  el número de ETM de cada corona. Además, para tener en cuenta la posibilidad de que las ETM se muevan desde el interior de la zona de exclusión al exterior de la misma, se supone que el 50% del número medio de ETM de la zona de exclusión transmiten desde el límite de la misma. Este porcentaje se reduce al 35% en el caso de situaciones desfavorables para el MetSat y el apantallamiento porque en tales casos la zona de exclusión aumenta de modo importante.

### 3.4 Cálculo de la interferencia

El modelo de propagación se basa en una implementación de la Recomendación UIT-R P.452 correspondiente a una latitud de  $45^\circ$ . Para el modelo de propagación por conductos sólo se deberá considerar una ETM. Para las transmisiones desde el borde de la zona de exclusión, el número mínimo de ETM a tener en cuenta deberá ser 1. La interferencia total agregada dentro de la anchura de banda del receptor se compara con el nivel de interferencia admisible en la escala correspondiente a la anchura de banda del receptor. El tamaño de la zona de exclusión se ajusta hasta que la interferencia prevista satisfaga exactamente el nivel admisible.

En los casos correspondientes a la zona radioclimática A1, puede suponerse que el 50% del trayecto de propagación cae dentro de la zona A2 a fin de evitar la hipótesis del caso más desfavorable.

Utilizando el número de ETM dentro de cada corona y en el borde de la zona de exclusión, la atenuación de propagación para las distancias asociadas correspondientes al borde de la zona de exclusión y a la distancia media de la corona, puede calcularse la interferencia acumulativa procedente de cada zona de exclusión y de cada corona. La fórmula de la interferencia acumulativa (en condiciones ajenas a la propagación por conductos) es:

$$P_i = 10 \log \left( 10^{(P_e/10)} + 10^{(P_1/10)} + 10^{(P_2/10)} + 10^{(P_3/10)} \right)$$

siendo,

- $P_e$ : potencia de la interferencia acumulativa procedente de las ETM en el borde de la zona de exclusión
- $P_1$ : potencia de la interferencia acumulativa procedente de las ETM en la corona 1
- $P_2$ : potencia de la interferencia acumulativa procedente de las ETM en la corona 2
- $P_3$ : potencia de la interferencia acumulativa procedente de las ETM en la corona 3.

Los valores de  $P_e$  se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$P_e = p.i.r.e.etm - L_e + G_{metsat} + 10 \log (N_e) - L_{pol}$$

siendo:

- $p.i.r.e.etm$ : p.i.r.e. de la ETM en dirección al horizonte (la del Cuadro 1)
- $L_e$ : atenuación del trayecto correspondiente a la distancia desde la estación terrena MetSat hasta el borde de la zona de exclusión

$G_{metsat}$ : ganancia media de la antena del MetSat en dirección al horizonte (la del Cuadro 4)

$N_e$ : número de ETM funcionando en el borde de la zona de exclusión

$L_{pol}$ : atenuación de polarización (la del Cuadro 1).

Los valores de  $P_n$  en condiciones ajenas a la propagación por conductos, se calculan utilizando la siguiente ecuación, en la que  $n$  es el número de corona (1, 2 ó 3):

$$P_n = p.i.r.e.etm - L_n + G_{metsat} + 10 \log (N_n) - L_{pol}$$

siendo:

$p.i.r.e.etm$ : p.i.r.e. de la ETM en dirección al horizonte (la del Cuadro 1)

$L_n$ : atenuación del trayecto correspondiente a la distancia de la estación terrena MetSat hasta la distancia media de la corona  $n$

$G_{metsat}$ : ganancia media de la antena del MetSat en dirección al horizonte (la del Cuadro 4)

$N_n$ : número de ETM que funcionan en la corona  $n$

$L_{pol}$ : atenuación de polarización (la del Cuadro 1).

Los valores de la potencia de interferencia,  $P$ , en condiciones de propagación por conducto con una única ETM, se calculan por medio de la siguiente ecuación:

$$P = p.i.r.e.etm - L_n + G_{metsat} - L_{pol}$$

siendo:

$p.i.r.e.etm$ : p.i.r.e. de la ETM en dirección al horizonte (la del Cuadro 1)

$L_n$ : atenuación del trayecto correspondiente a la distancia desde la estación terrena MetSat hasta la ETM (radio de la zona de exclusión)

$G_{metsat}$ : ganancia media de la antena del MetSat en dirección al horizonte (la del Cuadro 4)

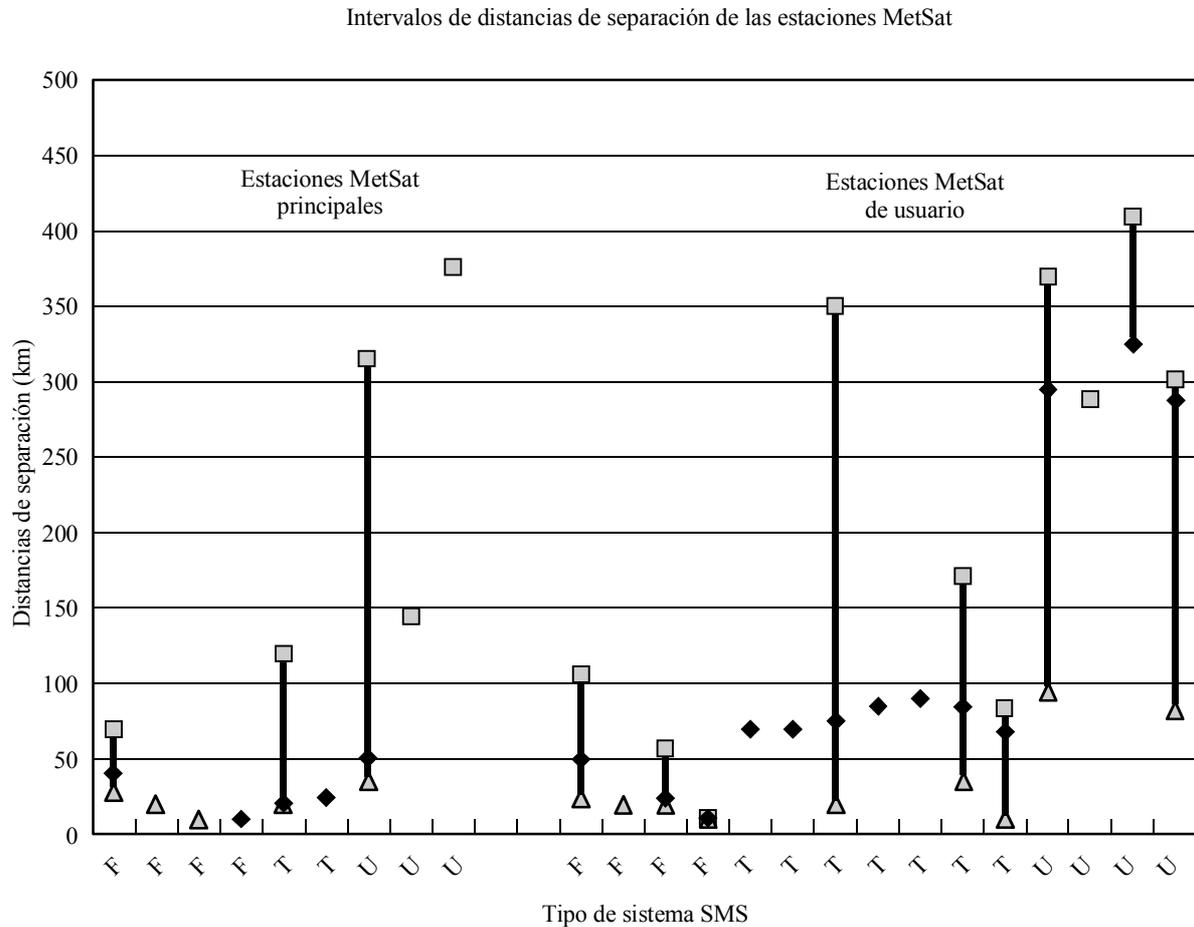
$L_{pol}$ : atenuación de polarización (la del Cuadro 1).

## 4 Resumen de los resultados

### 4.1 Resumen de las distancias de separación

La Fig. 3 proporciona un esquema de las distancias de separación necesarias para las estaciones MetSat principal y de usuario obtenidas de cuatro estudios de colaboración con el UIT-R. El triángulo inferior representa las distancias de separación correspondientes al caso más favorable (F), mientras que el rectángulo superior representa las distancias de separación correspondientes al caso más desfavorable (U). Los rombos intermedios son las distancias de separación correspondientes a los casos típicos (T).

FIGURA 3  
Resumen de los cálculos de la distancia de separación correspondientes a las estaciones principal y de usuario



1158-03

#### 4.2 Resumen de las distancias de coordinación

Se han recibido asimismo varias colaboraciones relativas a las distancias de coordinación necesarias. El Apéndice 7 del RR contiene la metodología y los parámetros necesarios para determinar la zona de coordinación de las ETM respecto a las estaciones terrenas MetSat. Como los procedimientos del Apéndice 7 del RR están bien definidos, se considera suficiente resumir las conclusiones de los estudios correspondientes. Para el funcionamiento del SMS en el territorio de una administración sería necesario coordinarse con las estaciones MetSat explotadas por otra administración si la estación terrena MetSat está situada dentro de la zona de coordinación de los terminales SMS. La zona de coordinación es la zona de servicio de las ETM ampliada en la distancia de coordinación. Los resultados proporcionados por los estudios muestran que en la zona climática más favorable, la A2, las distancias de coordinación necesarias suelen superar algunos centenares de kilómetros y constituirían un problema de coordinación importante para el SMS. La complejidad del problema de coordinación dependería del número y posición de las estaciones MetSat implicadas. El problema se complica en las zonas costeras donde en ciertos casos se necesitarían distancias de coordinación superiores a 1 000 km. Además, las distancias de separación podrían ser superiores a las ciudades. Asimismo se necesitaría coordinar las estaciones terrenas SMS con las MetSat dentro del territorio de una administración determinada aunque se trate más bien de un problema de carácter nacional y no internacional.

## 5 Conclusiones

El UIT-R ha llevado a cabo varios estudios relativos a las distancias de separación necesarias entre las estaciones terrenas del SMS y MetSat considerando en particular las estaciones terrenas GVAR/S-VISSR. Estos estudios se han realizado en base a un abanico de características del sistema SMS y de distintos escenarios de instalación de las estaciones MetSat principales y GVAR/S-VISSR. Se ha intentado evitar las hipótesis correspondientes al caso más favorable y al más desfavorable considerando hipótesis del sistema y de apantallamiento que van de las condiciones más favorables a las más desfavorables. Los estudios pusieron de manifiesto que las condiciones de apantallamiento eran las que más repercutían en las distancias de separación necesarias. Los siguientes resultados se obtuvieron para una gama de parámetros del sistema SMS donde los términos «favorable, típico y desfavorable» se refieren principalmente a las condiciones de instalación y apantallamiento de las estaciones MetSat. Las distancias de separación son menores sobre todo cuando los parámetros del SMS son más favorables, mientras que son mayores cuando los parámetros del SMS son más desfavorables:

CUADRO 5

	<b>Estaciones MetSat principales: SMS favorable-desfavorable</b>	<b>Estaciones GVAR/S-VISSR: parámetros SMS favorable-desfavorable</b>
Condiciones favorables (km)	< 20-35	20-100
Condiciones típicas (km)	< 20-45	35-300
Condiciones desfavorables (km)	75-320	70-370

En estos momentos, las estaciones MetSat GVAR se utilizan sobre todo en muchos países de la Región 2 mientras que las estaciones MetSat S-VISSR están instaladas principalmente en países de la Región 3. En los países de la Región 1 hay pocas estaciones MetSat GVAR/S-VISSR. En las tres Regiones se han instalado más de 15 estaciones principales MetSat. Se prevé que el servicio MetSat utilice esta banda con más intensidad en el futuro. Sin embargo también hay estaciones GVAR/S-VISSR transportables en las Regiones 2 y 3. Aunque se necesitan zonas de exclusión, en la práctica no pueden definirse para las estaciones terrenas transportables que pueden cambiar de posición periódicamente.

La compartición de la banda 1 683-1 690 MHz necesitaría el establecimiento de una separación geográfica entre estaciones terrenas SMS y estaciones MetSat en la misma frecuencia. En la actualidad hay más de 15 estaciones terrenas principales que funcionan en las tres Regiones y más de 400 estaciones de usuario de datos registradas que funcionan principalmente en las Regiones 2 y 3, habiendo además algunas en la Región 1. El número de estaciones de usuarios de datos registradas está aumentando y el número real de estaciones existentes se prevé supere las 1000. Los estudios concluyeron que, aunque sea viable en ciertas partes del mundo, la implementación de la compartición quedaría sujeta a tales restricciones y limitaciones de orden práctico para el SMS que debería considerarse inadecuada para ofrecer el espectro del SMS con carácter mundial.

Los estudios realizados han concluido que las distancias de separación que se necesitan realmente son de 70-105 km, típicamente, pero pueden llegar hasta 400 km. En ciertos casos esto supondría que las zonas de servicio grandes no estarían al alcance del SMS, y que funciones típicas de este servicio, como la cobertura mundial o regional y la movilidad sin límites, serían posibles sin utilizar la agilidad de frecuencias seleccionable. La Resolución 227 (CMR-2000) reconoce asimismo que la utilización de estaciones de usuarios de datos es cada vez mayor y que dadas las repercusiones del número 5.377 del RR, esto supondría un riesgo imprevisto de que cualquier operador de SMS

perdiera zonas de servicio adicionales a las actualmente inaccesibles. Otro inconveniente para el sistema sería que las ubicaciones de las ETM tendrían que calcularse con la exactitud suficiente para satisfacer las distancias de separación necesarias. No obstante, hay sistemas SMS en funcionamiento que implementan configuraciones de haz puntual (150-300 haces puntuales), reutilización de frecuencias y funciones de determinación de posición. La agilidad de frecuencias seleccionable, combinada con la disponibilidad de espectro fuera de la banda 1 683-1 690 MHz, aumentaría la posibilidad de compartición de esta banda entre el SMS y el servicio MetSat.

Además de la interferencia dentro de la banda 1 683-1 690 MHz, el problema de la interferencia de las bandas adyacentes para las miles de estaciones terrenas meteorológicas que funcionan en la banda 1 690-1 698 MHz exige o bien una banda de guarda por debajo de 1 690 MHz o bien un límite para las emisiones fuera de banda. Los estudios evidencian que si se aplican los límites de la emisión fuera de banda propuestos en la Recomendación UIT-R M.1480 (y los proyectos de revisión de esta Recomendación), a las ETM que funcionan en la banda 1 683-1 690 MHz, podrían ser idóneos para proteger las estaciones terrenas MetSat que funcionan por encima de 1 690 MHz. Tal vez sea conveniente profundizar en estos estudios.

## Anexo 2

### CUADRO 6

#### Información sobre los sistemas MetSat mundiales

Sistema MetSat	Función	Frecuencia (MHz)	Anchura de banda de RF (MHz)	p.i.r.e. (dBW)
GMS (OSG)	Sensor	1 681,600	20,000	27,0
	S-VISSR	1 687,100	6,000	25,0
	WEFAX1	1 691,000	0,260	17,0
	WEFAX2	1 691,000	0,032	7,0
	Medición de distancias 1	1 684,000	1,000	17,0
	Medición de distancias 2	1 688,200	1,000	-4,5
	Medición de distancias 3	1 690,200	1,000	-4,5
	Informe PRD	1 694,500	0,400	4,0
	Telemedida	1 694,000	0,400	10,0
FY-2 (OSG)	Datos de imágenes sin procesar	1 681,6	20	27
	S-VISSR	1 687,5	2	25,5
	WEFAX	1 691,0	0,260	21
	Medición de distancias 1	1 690,5	1	18
	Medición de distancias 2	1 686,5	1	3
	Medición de distancias 3	1 684,5	1	3
	Informe de plataforma de recogida de datos (PRD)	1 709,5	1	9
	Telemedida	1 702,5	0,4	15
	Sensor W/B	1 676,000	5,000	19,0
	Sensor de imágenes sin procesar	1 681,600	25,000	27,9
	Multisensor	1 681,478	0,500	19,0
	Sensor de modo AAA	1 685,700	5,000	19,0

CUADRO 6 (Fin)

Sistema MetSat	Función	Frecuencia (MHz)	Anchura de banda de RF (MHz)	p.i.r.e. (dBW)
GOES (OSG)	Medición de distancias 1	1 684,000	1,000	27,9
	Medición de distancias 2	1 688,200	1,000	27,9
	Medición de distancias 3	1 690,200	1,000	27,9
	Presentación directa	1 687,100	3,500	27,9
	WEFAX	1 691,000	0,026	27,9
	Telemedida	1 694,000	0,020	19,0
	Informe PRD 1	1 694,450	0,400	19,0
	Informe PRD 2	1 694,500	0,400	21,1
	Informe PRD 3	1 694,800	0,400	19,0
METEOSAT-MOP (OSG)	Informes PRD	1 675,281	0,435	12,5
	Telemedida	1 675,929	0,030	5,0
	Sensor	1 686,833	5,300	10,7
	Medición de distancias 1	1 691,000	0,660	21,3
	Medición de distancias 2	1 694,500	0,660	21,3
	Fax de alta resolución 1	1 691,000	0,660	21,3
	Fax de alta resolución 2	1 694,500	0,660	21,3
	WEFAX1	1 691,000	0,026	21,3
	WEFAX2	1 694,500	0,026	21,3
	MDD	1 695,770	0,720	9,0
	HRIT	1 695,150	1,960	18,4
LRIT	1 691,000	0,660	16,6	
METEOSAT-MSG (OSG)	Telemetría (PRD)	1 675,281	0,750	14,5
	Datos de imágenes sin procesar	1 686,833	6,000	15,9
	HRIT	1 695,150	4,000	22,4
	LRIT 1	1 691,000	2,000	19,8
	LRIT 2	1 695,150	2,000	19,8
GOMS (OSG)	Sensor	1 685,000	5,000	23,0
	WEFAX1	1 671,48 1 690,8	0,018	18,8
	WEFAX2	1 674,48 1 691,4	0,018	18,8
	Fax de alta resolución 1	1 672,48 1 691,0	0,0024	12,3
	Fax de alta resolución 2	1 673,48 1 691,2	0,0024	12,3
	PCD 1	1 697,0	2,000 (300 × 3 kHz)	9,7
	PCD 2	1 688,5	1,000 (100 × 10 kHz)	12,0
Satélite LEO típico del MetSat	Caso más desfavorable	1 698-1 710	3,000	9,0

### Anexo 3

## Técnicas de compartición para las estaciones terrenas del SMS y del servicio MetSat en la banda de frecuencias 1 675-1 690 MHz

El UIT-R ha estudiado un cierto número de técnicas para aumentar la capacidad de compartición del espectro radioeléctrico entre sistemas móviles o móviles por satélite y los sistemas de otros servicios. El problema básico considerado en estos estudios es que cuando el servicio móvil o el SMS comparte una banda de frecuencias con otro servicio, se supone que la estación móvil o la estación terrena del SMS funcionan en cualquier parte de la zona de servicio del sistema interferido y transmiten en la misma frecuencia a la que recibe la unidad interferida. En consecuencia, estos estudios llegan a la conclusión de que dentro de la zona de servicio la estación terrena móvil o del SMS puede provocar interferencia perjudicial a estaciones del otro servicio.

Se supone que estas estaciones móviles o del SMS son explotadas por personal no acostumbrado a tomar medidas para evitar la interferencia radioeléctrica perjudicial entre estaciones. Por ese motivo, las técnicas empleadas para controlar la magnitud de la interferencia a fin de que ésta se encuentre dentro de los límites acordados, deben activarse sin que ello exija ninguna acción por parte del usuario de dichas estaciones terrenas. A continuación se describen brevemente algunas de las técnicas que pueden aplicarse para limitar la interferencia causada por una estación terrena transmisora del SMS a una estación terrena receptora de servicio MetSat. Las técnicas que pueden emplearse de forma individual o conjunta son las siguientes:

- asignación de frecuencia por emplazamiento,
- zonas de protección determinadas por radiobalizas,
- prevención de la interferencia mediante selección de frecuencias,
- utilización de frecuencias en una zona de cobertura del haz del SMS únicamente cuando las estaciones terrenas del servicio MetSat no están utilizándolas (es decir, compartición en el tiempo con prioridad con prioridad al servicio MetSat).

### 1 Asignación de frecuencia por emplazamiento

#### 1.1 Método para asegurar la adecuada separación de frecuencia-distancia (para el caso de la zona de exclusión fija)

Utilizando un canal de señalización sin interferencia, la ETM informa sobre su emplazamiento al centro de operaciones de la red (esta capacidad es inherente en algunos sistemas planificados de satélites no OSG del SMS). A continuación se asignan los canales de funcionamiento libres de interferencia basándose en un cuadro visual generado por ordenador que indica las frecuencias cuya utilización no provocará interferencias en el emplazamiento indicado y una lista de frecuencias que aún no han sido asignadas en la zona de cobertura del haz. El cuadro visual se basa en asignaciones de frecuencia y emplazamientos conocidos de las estaciones terrenas del servicio MetSat.

#### 1.2 Comentarios

- Los canales de señalización del SMS que no causarán interferencia perjudicial deben estar disponibles para su utilización en cada una de las zonas de cobertura del satélite del SMS.
- Las estaciones terrenas del SMS deben contar con dispositivos de determinación de la posición.

- El emplazamiento de la estación terrena del SMS debe ser conocido por el centro de control de la red antes de asignar un canal de servicio.
- El programa informático y la base de datos para la asignación basada en el emplazamiento de la estación terrena del SMS deben integrarse con las disposiciones para otros algoritmos de asignación de canal.
- El sistema informático de control de red debe ser capaz de mantener un valor aceptable del retardo de acceso a la red.

## **2 Zonas de protección determinadas por radiobalizas**

### **2.1 Método flexible para asegurar la adecuada separación frecuencia-distancia**

El transmisor de radiobaliza debe ubicarse en el mismo emplazamiento que cada estación terrena receptora del servicio MetSat que va a protegerse con unos desplazamientos de frecuencia mínimos aceptables entre la radiobaliza y el receptor de la estación terrena del servicio MetSat. La estación terrena del SMS utiliza una señal de radiobaliza para determinar si se trata de una zona de frecuencia restringida. Esta información se transmite al centro de operaciones de la red que asigna un canal que no provocará interferencia, para su utilización en la zona de frecuencia restringida cuando sea necesario.

### **2.2 Comentarios**

- Los canales de señalización del SMS que no causarán interferencia perjudicial deben estar disponibles para su utilización en cada una de las zonas de cobertura del satélite del SMS.
- Deben instalarse radiobalizas en cada estación terrena MetSat que va a protegerse (este método es práctico únicamente si debe protegerse un pequeño número de receptores).
- Las estaciones terrenas del SMS deben ir equipadas con dispositivos de procesamiento de la señal de radiobaliza.
- El centro de funcionamiento de la red debe conocer el emplazamiento de las estaciones terrenas del SMS antes de efectuar la asignación de canal (o la zona de radiobaliza específica donde se encuentra situada la estación terrena del SMS).
- El programa informático y la base de datos para la asignación basada en el emplazamiento de la estación terrena del SMS en relación con los radiofaros específicos deben integrarse con las disposiciones para otros algoritmos de asignación de canal.
- El sistema informático de control de red debe ser capaz de mantener un valor aceptable del retardo de acceso a la red.
- Esta técnica debe facilitar igualmente la compartición en el tiempo.

## **3 Prevención de la interferencia mediante selección de frecuencias**

### **3.1 Método para evitar la interferencia a los tipos de estación terrena del servicio MetSat con muchas instalaciones**

Las técnicas de prevención de la interferencia descritas anteriormente son adecuadas cuando sólo se utilizan unas pocas estaciones terrenas del servicio MetSat para recibir señales procedentes de un satélite de dicho servicio (por ejemplo, datos de imágenes sin procesar). Sin embargo, estas técnicas no son pertinentes cuando existen cientos o miles de pequeñas estaciones terrenas utilizadas en la distribución de los datos meteorológicos; por ejemplo, para WEFAX, de transmisión de imágenes de alta resolución, etc. Estas frecuencias pueden ser distintas en los diferentes sistemas del servicio MetSat y además pueden existir algunos servicios de distribución de datos del servicio MetSat que quizás no lleguen a todas partes.

Estos canales de distribución de datos son generalmente bastante estrechos. La interferencia a estas estaciones terrenas del servicio MetSat tan distribuidas se evita impidiendo que el sistema del SMS utilice las frecuencias empleadas por los canales de distribución de datos del servicio MetSat y estableciendo una banda de guarda adecuada alrededor de ellos.

### **3.2 Comentarios**

- Los canales de señalización del SMS que no causen interferencia perjudicial deben estar disponibles.
- Como los canales de distribución de datos tienen una anchura de banda estrecha, probablemente podrá aceptarse la disminución de frecuencias y capacidad en un sistema del SMS.
- Los centros de control de red de los sistemas de satélites no OSG del SMS deben tener la capacidad de reconocer y adoptar protocolos de asignación de frecuencia flexibles, puesto que los distintos sistemas del servicio MetSat con diferentes zonas de cobertura pueden utilizar diversas frecuencias y anchuras de banda en sus canales de distribución de datos.
- En algunas zonas del mundo no se pueden instalar por todas partes pequeñas estaciones terrenas de distribución de datos meteorológicos. En tales zonas puede ser útil el empleo de estaciones terrenas del SMS.

## **4 Utilización de frecuencias en una zona de cobertura del haz del SMS únicamente cuando las estaciones terrenas del servicio MetSat no están utilizándolas**

### **4.1 Compartición en el tiempo de las frecuencias**

Es una antigua idea que ha sido empleada durante algún tiempo en el servicio MetSat por las estaciones espaciales no OSG. Se trata de que una estación espacial no OSG da servicio únicamente a una pequeña parte de la superficie de la Tierra en un instante de tiempo. En consecuencia, las mismas frecuencias utilizadas por la estación espacial en ese instante pueden ser empleadas en el resto de la superficie de la Tierra en ese mismo instante. En otras palabras, los sistemas del servicio MetSat y del SMS con satélites no OSG comparten en el tiempo la utilización de las frecuencias en todos los emplazamientos sobre la superficie de la Tierra.

### **4.2 Comentarios**

- Los canales de señalización del SMS que no causen interferencia perjudicial deben estar disponibles.
- En este caso, es posible la aparición de interferencia causada por las estaciones espaciales del servicio MetSat a los receptores de las estaciones espaciales del SMS. Esta posibilidad se discute en el Anexo 1.
- El centro de control de red del SMS debe guardar un registro de las posiciones orbitales y cobertura de sus propias estaciones espaciales así como de las estaciones espaciales no OSG del servicio MetSat.
- Esta técnica puede utilizarse junto con los métodos de zona de exclusión fija y determinada por radiobaliza descritos anteriormente.
- Deben establecerse buenos canales de coordinación entre los organismos de explotación de los sistemas del SMS y del servicio MetSat.
- En el caso de sistemas multihaz del SMS, este método puede utilizarse haz por haz.

## Anexo 4

### **Consideraciones de compartición para la sub-banda 1 698-1 710 MHz basadas en el concepto de separación en el tiempo**

#### **1 Introducción**

En este Anexo se tratan los aspectos de compartición entre el servicio MetSat y el SMS en la sub-banda 1 698-1 710 MHz. Los estudios efectuados en el UIT-R dieron por resultado que la compartición basada en la separación por distancia no sería viable en esta sub-banda debido a la muy elevada cantidad de estaciones terrenas receptoras y sus posiciones generalmente desconocidas. En la actualidad, la OMM tiene registradas unas 1 000 estaciones terrenas de transmisión de imágenes de alta resolución (HRPT). Se prevé que esa cantidad aumentará considerablemente en el futuro pues es la banda de principal expansión para los nuevos sistemas del servicio MetSat no OSG.

Como alternativa a la separación por distancia, se ha propuesto aplicar el concepto de compartición en el tiempo teniendo en cuenta la posibilidad de utilizar una porción limitada de anchura de banda. Esta solución depende principalmente del tamaño del haz del satélite móvil. Sin embargo, también se ha reconocido que existen inconvenientes en la coordinación en tiempo real continuo donde intervienen entre 10 y 20 satélites meteorológicos operados por diferentes administraciones u organizaciones internacionales, debido a la incapacidad de utilizar grandes porciones del espectro en intervalos de tiempo irregulares. Por lo tanto, no sería práctico este concepto de compartición. Se concluyó que sería necesario efectuar ulteriores estudios con respecto a sistemas de haces muy estrechos que pudieran tener alguna posibilidad de compartición. Las características técnicas de los sistemas del SMS para ser utilizados en asuntos de coordinación, figuran en la Recomendación UIT-R M.1184.

#### **2 Características de los sistemas de meteorología por satélite**

Diversos satélites meteorológicos LEO funcionan actualmente en la banda 1 698-1 710 MHz. De particular interés es el emplazamiento planificado de tales sistemas a medio plazo teniendo en cuenta la disposición del número 5.377 del RR que establece, entre otras consideraciones, que el SMS no debe limitar el desarrollo del servicio meteorológico por satélite. Las características del sistema han sido recogidas de diversas administraciones y organizaciones internacionales que se pueden considerar representativas para la siguiente serie de satélites meteorológicos LEO ya emplazados o proyectados para el decenio siguiente.

Algunas administraciones tienen planes para instalar sistemas similares pero las características detalladas no se disponen actualmente. Puede ser razonable suponer que en el mediano y largo plazo futuros se emplacen entre 20 y 25 satélites meteorológicos en todo el mundo. La mayoría de los operadores tendrán al menos 2 satélites simultáneamente en órbita. En consecuencia, se puede suponer que funcionarán entre 10 y 20 satélites en la banda 1 698-1 710 MHz en cualquier momento en el futuro. La posible reutilización de frecuencias pondrá un límite en la cantidad de satélites y en algún momento se utilizará todo intervalo en el espectro. Ya en el presente, es necesario efectuar una cuidadosa planificación para reducir la interferencia al mínimo.

A los fines del presente estudio, se supuso que 14 satélites utilizarían esta banda en el siguiente decenio. Se han tomado 7 satélites de los que ya se encuentran en funcionamiento o en fase de proyecto con un límite de 2 por administración u organización internacional. Se prevén otros 5 satélites como ocupantes de posición orbital para otras administraciones que aún no dispongan de planes concretos o de administraciones que posiblemente tengan más de 2 satélites simultáneamente en órbita. En el Cuadro 7 figuran las características de satélite utilizados para el modelo supuesto.

## CUADRO 7

**Datos de los satélites meteorológicos utilizados para el modelo supuesto**

Satélite	Altura de la órbita (km)	Inclinación (grados)	Frecuencia inferior (MHz)	Frecuencia superior (MHz)
FY-1	870	98,7	1 698	1 703
	870	98,7	1 705,5	1 710
METOP	827	98,7	1 698,75	1 703,25
	827	98,7	1 704,75	1 709,25
SPOT	822	98,7	1 703	1 705
METEOR	1 020	99,6	1 698,5	1 701,5
	1 020	99,6	1 703,5	1 706,5
NOAA	850	98,7	1 698,75	1 703,25
	850	98,7	1 704,75	1 709,25
ADMIN1-A	840	98,7	1 698	1 702
ADMIN1-B	840	98,7	1 702	1 706
ADMIN2-A	840	98,7	1 702	1 706
ADMIN2-B	840	98,7	1 706	1 710
ADMIN3	840	98,7	1 706	1 710

Se debe señalar además que la mayoría de los satélites del servicio MetSat transmiten a sus correspondientes estaciones TAD una señal de mucho mayor anchura cuando están en coordinación. Estas estaciones generalmente están ubicadas en latitudes elevadas con tiempos de contacto entre el 6% y el 13% por órbita. Los haces puntuales del SMS que apuntan por encima de latitudes medias encontrarán por tanto otras limitaciones operacionales no tratadas en este estudio.

Las estaciones terrenas de satélites meteorológicos reciben normalmente datos en ángulos de elevación típicos de 5° pero tienen que soportar ocasionalmente que el satélite pase con ángulos de elevación inferiores. También sucede frecuentemente que los datos se reciben mientras el satélite meteorológico se encuentra en la línea de visión directa. Asimismo, el proceso de adquisición inicial de la señal y sincronización de datos requiere algún tiempo y se inicia normalmente tan pronto como el satélite aparece en la línea de visión directa. La interferencia durante este periodo puede ser muy perjudicial. Además, la posición de incertidumbre del satélite meteorológico aumenta con el intervalo de tiempo entre procedimientos de localización. Por consiguiente, se requieren algunos márgenes de seguridad con respecto a imprecisiones relativas a la posición orbital de los satélites meteorológicos. Por las razones expuestas se estimó que sería necesaria la protección de la estación de transmisión de imágenes de alta resolución durante el periodo total cuando el satélite es visible, es decir, para ángulos de elevación por debajo de 0°. Esto da como resultado un ángulo de elevación operacional de unos 5° como se determina en la Recomendación UIT-R SA.1026. En consecuencia, una ETM no transmitirá cuando una estación de transmisión de imágenes de alta resolución esté en la línea de visión directa de su satélite meteorológico correspondiente.

### 3 Características de los sistemas móviles por satélite

El presente estudio se basa en las características técnicas de los sistemas del SMS que serán utilizadas para estudios de compartición. La información incluida en la Recomendación UIT-R M.1184 enumera una serie de sistemas OSG y no OSG. Para los sistemas OSG, se han considerado anchuras de haz entre 1° y 17° con zonas de servicio de 3 dB correspondientes comprendidas entre 1 millón de km<sup>2</sup> y 217 millones de km<sup>2</sup>. Se han escogido tres sistemas para las simulaciones con anchuras de haz mínima de 1°, media de 6° y máxima de 17°.

Para los sistemas móviles por satélite no OSG fue necesario efectuar una selección de un subconjunto entre once sistemas. Se han elegido los sistemas A, B y G para tener un conjunto representativo de alturas de órbita, ángulos de inclinación y anchuras de haz. Para estos sistemas, el área de servicio cubierta por una zona de iluminación de antena abarca la gama entre 180 000 km<sup>2</sup> y 8 400 000 km<sup>2</sup>. En el Cuadro 8 se resumen las características del SMS utilizadas para este estudio. Se debe señalar que los sistemas basados en la técnica de acceso múltiple por división de código (AMDC) utilizan en general frecuencias de segmento considerablemente elevadas que requieren la disponibilidad de una gran porción de la anchura de banda de 12 MHz.

CUADRO 8

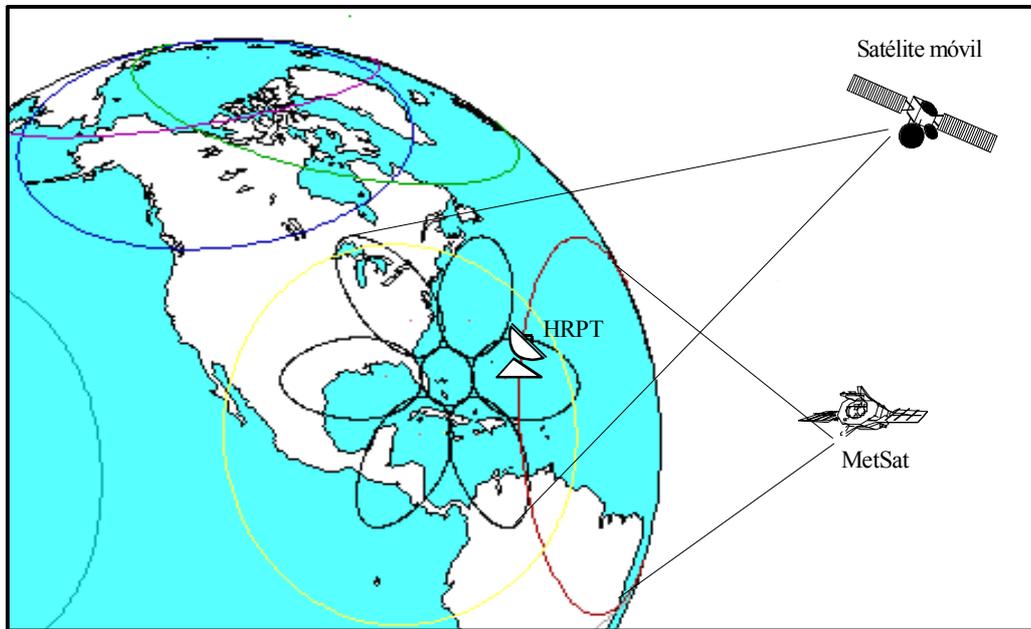
#### Características de los sistemas móviles por satélites utilizadas para la simulación

	INMARSAT-M	OSG-A	OSG-C	LEO-A	LEO-B	LEO-G
Altura de la órbita (km)	36 000	36 000	36 000	780	10 355	1 500
Ángulo de inclinación (grados)	1	1	1	86	50	74
Anchura del haz (grados)	17	1	6	34	13	95
Número de haces	1	180	7	48	37	6
Separación del canal RF (kHz)	10	No aplicable	6	42	No aplicable	50
Anchura de banda de modulación (kHz)	8	8 330	4,7	32	2 500	5 800
Tamaño del haz máximo (km <sup>2</sup> )	$215 \times 10^6$	–	–	700 000	1 000 000	8 400 000

### 4 Simulación y análisis técnico

La evaluación de compartición se basa en una simulación de computadora en la que intervienen 14 satélites meteorológicos y un satélite del sistema móvil. Las alturas de las órbitas para los satélites meteorológicos están comprendidas entre 827 y 1 020 km con una inclinación típica de alrededor de 99°. Los satélites del sistema móvil constituyen un subconjunto de los que figuran en la Recomendación UIT-R M.1184. Para los satélites no OSG, se han elegido los sistemas A, B y G y para los sistemas OSG, los sistemas A (OSG-A) y C (OSG-C), así como el sistema INMARSAT-M (OSG-M). La constelación geométrica se ilustra en la Fig. 4.

FIGURA 4  
Ilustración de la zona de exclusión para el satélite móvil



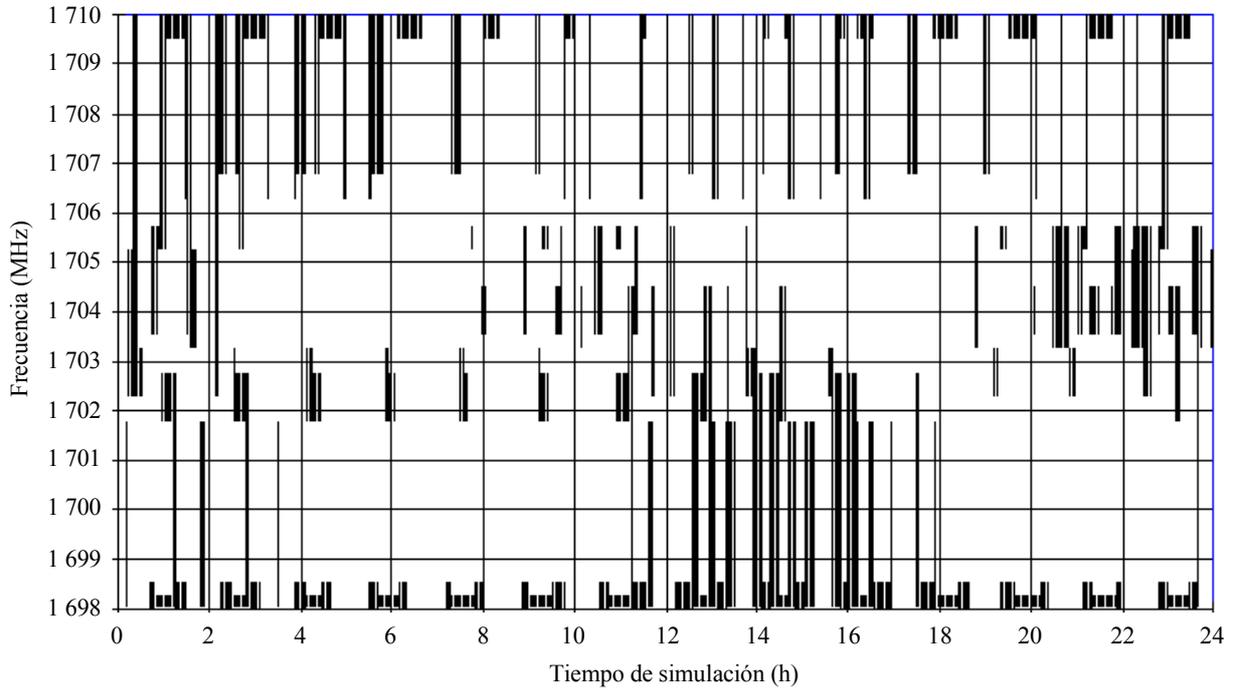
1158-04

Cuando una estación de transmisión de imágenes de alta resolución está dentro de la zona de servicio de un haz de antena del satélite móvil, y cuando un satélite meteorológico está en el campo de visión de la transmisión de imágenes de alta resolución, la anchura de banda utilizada por el satélite meteorológico no está disponible para terminales móviles dentro de la zona de servicio en la medida en que cualquier estación transmisión de imágenes de alta resolución pudiera recibir datos. En este ejemplo se puede observar, que la zona de iluminación del satélite del SMS se cruza con dos zonas de servicio de satélites meteorológicos y que las correspondientes bandas de frecuencias no se pueden utilizar. Asimismo, se puede observar que los haces con alguna distancia al punto subsatélite abarcan una superficie considerablemente mayor lo cual produce un tiempo de interrupción mayor. Durante la simulación, se ha seleccionado únicamente el punto central más septentrional. Como las simulaciones consumen mucho tiempo, sólo se han evaluado 24 h con muestras tomadas cada 30 s.

De todos los resultados de la simulación disponibles, se ha seleccionado como caso representativo el sistema OSG con un ángulo de zona de servicio (bilateral) de  $6^\circ$  (OSG-C). La Fig. 5 muestra los intervalos de espectro disponibles en la gama de frecuencias total en función del tiempo de simulación.

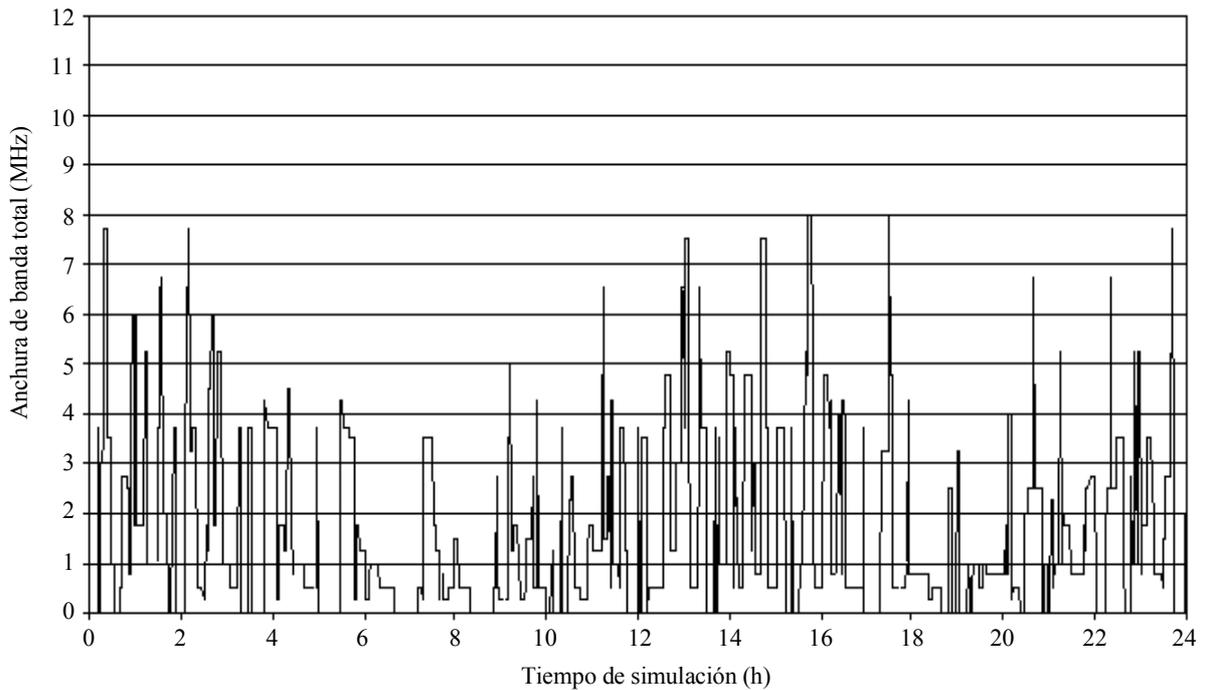
La Fig. 6 muestra la anchura de banda total disponible. Cabe señalar que cualquier anchura de banda dada está generalmente disponible en diversos intervalos que varían con el tiempo. Se puede observar que la anchura de banda disponible es bastante limitada y cambia rápidamente en tiempo y frecuencia. Otros sistemas móviles arrojaron resultados similares.

FIGURA 5  
Intervalos de espectro disponibles para sistemas móviles OSG-C



1158-05

FIGURA 6  
Anchura de banda total disponible para sistemas móviles OSG-C



1158-06

## 5 Conclusiones

En intervalos de tiempo irregulares, la anchura de banda disponible cae a 0 MHz lo que es equivalente a una interrupción de tráfico total. Esto excluiría cualquier comunicación vocal. Sólo podrían ser viables las transmisiones de datos de banda estrecha y corta duración.

Los sistemas del SMS que utilizan la técnica AMDC no podrían funcionar pues sería muy difícil disponer de anchuras de banda de varios MHz.

La anchura de banda disponible puede variar en el término de unos minutos entre menos de 1 MHz y más de 10 MHz, así como entre diferentes sub-bandas en la gama 1 698-1 710 MHz que requieren interrupción frecuente y reubicación de canales de frecuencias móviles.

Se requeriría la coordinación en tiempo real continuo en la que intervienen entre 10 y 20 satélites MetSat activos operados por diferentes administraciones u organizaciones internacionales, junto con mayores necesidades de determinación de órbitas más precisas de los satélites meteorológicos.

Todas las simulaciones se basaron en 14 satélites MetSat únicamente. En razón del rápido crecimiento de proyectos de redes de satélites en el marco mundial, y teniendo en cuenta el número 5.377 del RR referente a la no obstaculización en el desarrollo de futuros sistemas meteorológicos, el considerable aumento de satélites MetSat que se produciría no dejaría espectro disponible ni aun para sistemas de haces muy estrechos.

Los sistemas del SMS con haces puntuales dirigidos a latitudes septentrionales más elevadas encontrarán nuevos obstáculos operacionales cuando los satélites meteorológicos transmiten señales de banda ancha a sus correspondientes estaciones TAD.

En vista de los resultados precedentes, se puede concluir que la posibilidad de compartición es muy limitada y compleja. Teniendo en cuenta el futuro aumento previsto de sistemas meteorológicos y su protección, como se establece en el número 5.377 del RR, esta sub-banda no puede considerarse práctica para la compartición entre el servicio MetSat y el SMS.

---