

## RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1599

**Determinación de la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro a efectos de planificación de frecuencias**

(Cuestión UIT-R 66/1)

(2002)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que la disponibilidad de frecuencias radioeléctricas del espectro no ocupadas es una condición para satisfacer la demanda de espectro;
- b) que en la planificación de las frecuencias (es decir, la asignación de frecuencia a las nuevas estaciones radioeléctricas) en la práctica los métodos cuantitativos para determinar las mejores asignaciones que permitan un uso más económico del espectro se utilizan de manera limitada;
- c) que en el proceso de redistribución de bandas de frecuencias en interés de otros servicios de radiocomunicaciones, se sigue el criterio general de utilizar métodos heurísticos junto con datos empíricos individuales que indiquen las probabilidades de que se produzcan interferencias perjudiciales entre estaciones radioeléctricas;
- d) que a efectos de planificación de frecuencias es útil conocer la capacidad potencial de recursos de frecuencias disponibles en función de la situación geográfica del emplazamiento notificado de la estación radioeléctrica y que, para ello, es necesario disponer de métodos suficientemente precisos a fin de determinar la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro definido con carácter general en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R SM.1046,

*recomienda*

- 1 que las administraciones utilicen, en los procesos de planificación, datos sobre la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro;
- 2 que para determinar la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro se apliquen los métodos que figuran en el Anexo 1.

## ANEXO 1

**Métodos para determinar la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro****1 Descripción general de los métodos**

Existen diversos métodos para obtener información detallada sobre el grado de congestión del espectro que se basan en el cálculo de las características de potencia del entorno electromagnético creado por las emisiones de las estaciones radioeléctricas.

Uno de ellos requiere la creación de un panorama de frecuencias de la congestión del espectro, que indique la intensidad de campo o la densidad espectral de potencia de las emisiones recibidas en un punto geográfico determinado en función de la frecuencia, y la determinación de las bandas de frecuencias, en las cuales el nivel de las características del entorno electromagnético considerado supere un determinado umbral. Este método globalmente da una idea de la situación respecto a la utilización del espectro, si bien los resultados así obtenidos son aproximados por las siguientes razones. En el proceso para determinar las características del entorno electromagnético, prácticamente no se tienen en cuenta los parámetros de tiempo de las emisiones. En particular, los parámetros de modulación de señal continua y los datos de clase de emisión se pierden completamente. Las señales impulsivas se tratan como señales continuas con potencia media constante. Debido a la diversidad de señales emitidas por las estaciones radioeléctricas existentes es necesario fijar un valor flotante (diferente para las distintas señales) para el nivel admisible de las características del entorno electromagnético que determinan las fronteras entre los sectores congestionados del espectro, lo que se convierte en una tarea relativamente complicada cuando el entorno electromagnético es complejo. Establecer un umbral único no es realmente conveniente y conduce a resultados aproximados.

Otro método sumamente conocido de evaluación del uso del espectro presenta deficiencias similares. Ese método implica la realización de representaciones bidimensionales de las isolíneas de intensidad del campo electromagnético combinado procedente de fuentes de interferencia radioeléctrica (mapas de entorno electromagnético). El resultado es que no se puede determinar de manera sencilla si la frecuencia considerada está o no congestionada para una determinada estación radioeléctrica en un punto con un nivel de intensidad de campo dado. Por consiguiente, esos métodos se aplican principalmente en situaciones en que las señales emitidas por las diferentes fuentes pertenecen a una misma clase.

Una manera más lógica de encarar la tarea de obtener datos detallados sobre el grado de utilización del espectro en diferentes zonas se basa en la obtención de muestras de los recursos geográficos y de las frecuencias de que se trate con la ayuda de una estación radioeléctrica de referencia y verificando si se reúnen las condiciones necesarias para garantizar la compatibilidad de esa estación radioeléctrica con las existentes, cuyas frecuencias se han asignado previamente.

Los principales inconvenientes de este método, que en la práctica limitan su uso generalizado, son los siguientes:

- los cálculos requieren mucho tiempo, debido a que es necesario determinar directamente las condiciones de potencia de la interacción entre las señales y la interferencia en relación con todos los puntos de muestreo de distribución geográfica y de frecuencia considerados;
- los organismos responsables de las frecuencias radioeléctricas, encargados de examinar las notificaciones de frecuencias, necesitan disponer un gran volumen de datos iniciales, que en muchos casos puede ser muy difícil de obtener, en particular sobre las características técnicas de las estaciones radioeléctricas.

A continuación, se describe un método más sencillo y más cómodo para obtener datos detallados sobre el grado de utilización del espectro en diferentes zonas geográficas, basado en un uso generalizado de las reglas de separación en frecuencia y en distancia establecidas de manera general en el Anexo 2 a la Recomendación UIT-R SM.337.

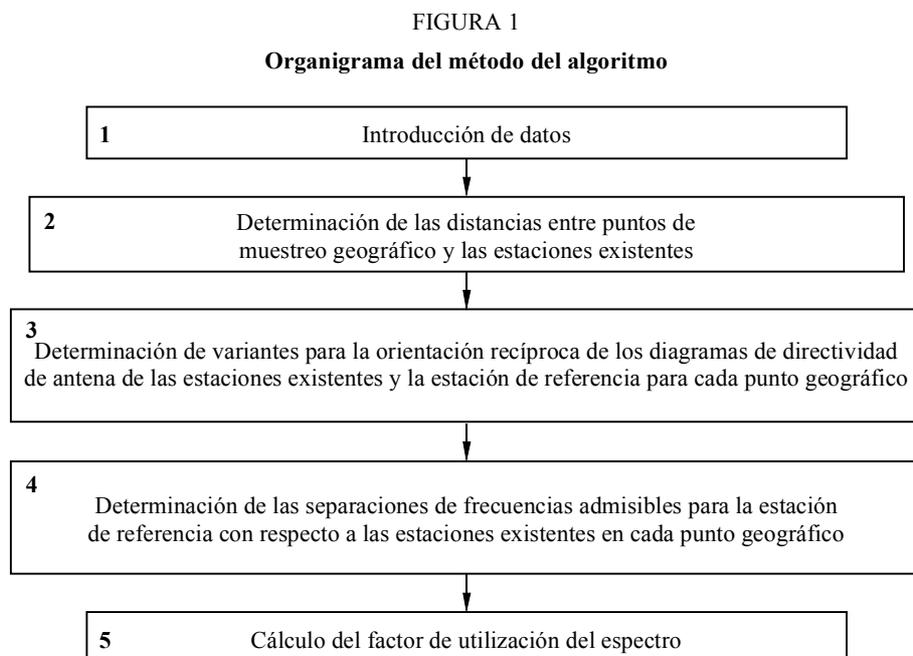
## 2 Método simplificado de evaluación detallada del grado de congestión del espectro

### 2.1 Descripción del método

La finalidad de este método es obtener datos objetivos sobre el grado de congestión del espectro en forma de una función que refleje las limitaciones del uso del espectro por parte de una estación radioeléctrica de referencia adicional particular, según su frecuencia de funcionamiento y su emplazamiento.

Los cálculos realizados con este método serán más precisos cuanto más completas sean las reglas de separación en frecuencia y en distancia. Abarcarán de manera global todos los parámetros necesarios y las condiciones básicas relativas a la interacción entre señales e interferencias (canal común, canal adyacente y canal lateral) y permitirán verificar eficazmente las condiciones que garanticen la compatibilidad de las estaciones radioeléctricas con respecto a los puntos del muestreo geográfico y de frecuencias.

En la Fig. 1 aparece un organigrama del método de algoritmo.



1599-01

El contenido de los recuadros es el siguiente:

Recuadro 1 – Introducción de datos iniciales que incluyen: las dimensiones de la zona geográfica considerada, los límites inferior y superior de la banda de frecuencias en cuestión, las características de las estaciones radioeléctricas existentes (frecuencias nominales asignadas, coordenadas geográficas, orientación de diagramas de directividad de antena), las reglas de separación en frecuencia y en distancia aplicables a las estaciones radioeléctricas de referencia y existentes, la base para efectuar los cálculos (en puntos concretos de la zona, en la totalidad de la zona, en toda la banda y en frecuencias específicas) y los intervalos del muestreo geográfico y de frecuencias.

Recuadro 2 – Determinación de las distancias entre los puntos de muestro geográfico y las estaciones radioeléctricas existentes. Los datos iniciales son las coordenadas de los emplazamientos de las estaciones radioeléctricas existentes y de los puntos de muestreo correspondientes.

Recuadro 3 – Determinación de variantes para la orientación recíproca de los diagramas de directividad de antena de las estaciones existentes y la estación de referencia para cada punto de muestreo geográfico. Las posibles variantes son: la interacción a través de un lóbulo lateral, un lóbulo lateral y el lóbulo principal o los lóbulos principales de los diagramas de directividad de antena. Los datos iniciales utilizados son las coordenadas del emplazamiento de las estaciones radioeléctricas existentes y de referencia, los acimuts de directividad de antena y la anchura del lóbulo principal de los diagramas de directividad de antena en el plano horizontal. Si no se dispone de datos precisos sobre los acimuts de antena de las estaciones radioeléctricas existentes, a efectos del estudio esos datos se pueden obtener de manera determinística o creando valores aleatorios.

Recuadro 4 – Determinación de las mínimas separaciones admisibles de frecuencias entre las estaciones radioeléctricas existentes y la estación de referencia. Para ello, se utilizan los datos disponibles sobre las reglas de separación en frecuencia y en distancia y sobre las distancias entre las estaciones radioeléctricas y los acimuts de antena. La información obtenida sobre las separaciones de frecuencias admisibles se presenta en forma de matrices. Cuando no se disponga de datos sobre las asignaciones de frecuencia reales a las estaciones radioeléctricas existentes, a efectos del estudio se puede asignar la frecuencia mediante uno de los algoritmos de asignación formalmente reconocidos.

Recuadro 5 – Determinación de diferentes valores para el factor de utilización del espectro, que indiquen la tasa de ocupación:

Valores individuales del factor (para cada punto):

$Z(f_i, x_j, y_j) = 1$  si la separación de frecuencias entre la  $i$ -ésima frecuencia muestreada asignada a la estación radioeléctrica de referencia en el punto del espacio  $j$  de coordenadas  $(x_j, y_j)$  y si por lo menos una frecuencia de una de las estaciones radioeléctricas existentes es inferior al límite admisible;

$Z(f_i, x_j, y_j) = 0$  en el caso opuesto.

Valores generales del factor:

– promedio con respecto a todos los puntos geográficos:

$$\bar{Z}_i = \frac{1}{N_p} \sum_{j=1}^{N_p} Z(f_i, x_j, y_j) \quad (1)$$

– promedio con respecto a todas las frecuencias y todos los puntos geográficos:

$$\bar{Z}_i = \frac{1}{N_f \cdot N_p} \sum_{i=1}^{N_f} \sum_{j=1}^{N_p} Z(f_i, x_j, y_j) \quad (2)$$

donde  $N_f$  y  $N_p$  son el número de los puntos de muestreo de distribución de frecuencia y geográfica, respectivamente.

## 2.2 Ejemplo de aplicación del método

Se ha de elaborar un ejemplo de este método. En el Apéndice 1 al Anexo 1 se proporciona un ejemplo preliminar sólo a título ilustrativo.

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

**Problema:** Se debe determinar la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro calculando el grado de congestión de una banda de frecuencias de 1 MHz en una zona cuadrada de lado  $A \times A$  ( $A = 10$  km) suponiendo que contiene 50 estaciones radioeléctricas del mismo tipo (las coordenadas de los emplazamientos de las estaciones radioeléctricas y sus frecuencias se indican en el Cuadro 1 y se representan mediante puntos en la Fig. 2), a fin de determinar las frecuencias preferidas para una nueva estación radioeléctrica (de referencia) del mismo tipo que las existentes en otros tres casos posibles con respecto al emplazamiento:

*Caso 1:* La zona para el emplazamiento posible de la nueva estación está limitada por un cuadrado  $a_1 \times a_1$  ( $a = 3$  km), cuyos vértices tienen por coordenadas: (0;0), (0;3), (3;0), (3;3) km (sector 1 de la Fig. 2).

*Caso 2:* La zona para el emplazamiento de la nueva estación es un cuadrado  $a_1 \times a_1$  ( $a = 3$  km), cuyos vértices tienen por coordenadas: (4;4), (4;7), (7;7), (7;4) km (sector 2 de la Fig. 2).

*Caso 3:* La zona para el emplazamiento de la nueva estación coincide con la zona inicial  $A \times A$  (sector 3 de la Fig. 2).

CUADRO 1

Datos de cálculo

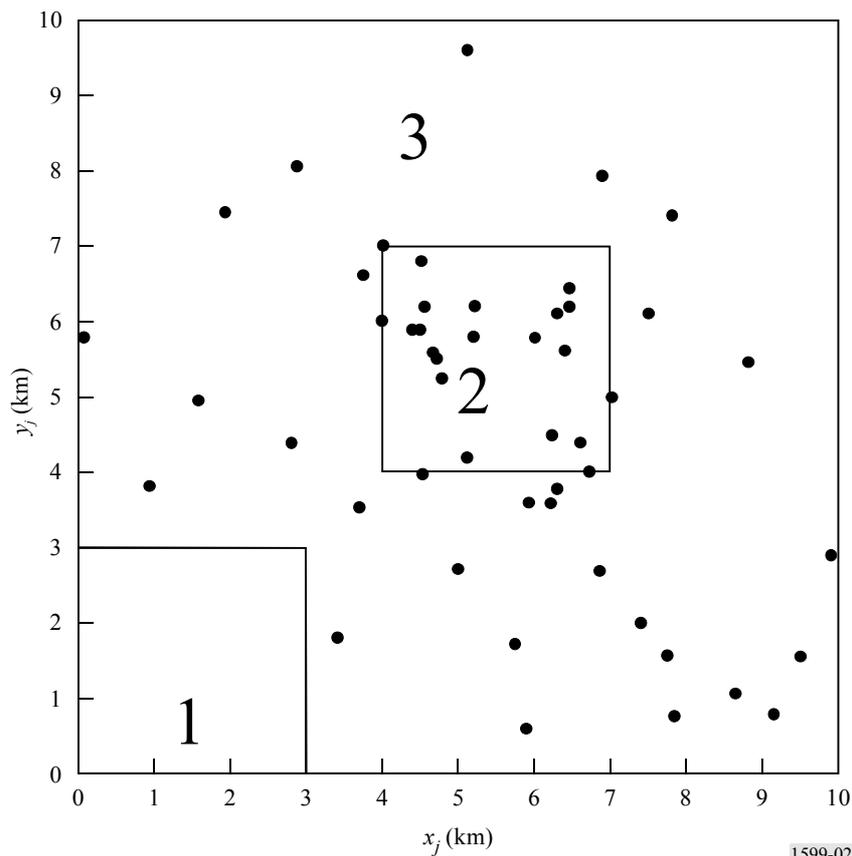
N.º	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_j$ (km)	3,75	6,44	3,71	4,53	6,71	4,79	6,21	4,65	5,94	6,45
$y_j$ (km)	6,61	6,4	3,57	3,99	4,00	5,25	3,58	5,58	3,58	6,21
$f_i$ (MHz)	0	0,144	0	0,161	0,509	0,408	0,607	0,813	0,105	0,460
N.º	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$x_j$ (km)	6,01	4,57	4,07	4,65	5,13	4,36	6,39	4,48	5,19	4,02
$y_j$ (km)	5,78	6,20	5,98	5,45	4,22	5,88	5,57	6,84	5,75	6,99
$f_i$ (MHz)	0,871	0,616	0,089	0,927	0,311	0,510	0,668	0,354	0,996	0,191
N.º	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$x_j$ (km)	6,56	4,51	6,20	6,29	5,22	4,95	8,82	5,10	5,73	9,53
$y_j$ (km)	4,35	5,87	4,53	3,80	6,20	2,73	5,44	9,61	1,74	1,57
$f_i$ (MHz)	0,765	0,720	0,044	0,363	0,253	0,454	0	0	0,206	0,206
N.º	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$x_j$ (km)	6,85	3,39	0,08	7,05	9,89	7,74	7,50	1,98	1,94	9,14
$y_j$ (km)	2,68	1,77	5,77	4,98	2,85	1,56	6,10	7,40	7,46	0,80
$f_i$ (MHz)	0,262	0,092	0	0,204	0,046	0	0,301	0,241	0,049	0,095
N.º	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
$x_j$ (km)	7,84	5,89	8,65	6,89	2,88	0,94	6,29	2,80	8,77	1,61
$y_j$ (km)	0,76	0,60	1,07	7,96	8,06	3,82	6,12	4,37	7,41	4,94
$f_i$ (MHz)	0,153	0,050	0,309	0,047	0,136	0,050	0,562	0,23	0,098	0,132

Las principales hipótesis adoptadas para realizar los cálculos son las siguientes:

- Un valor cero en el recuadro  $f_i$  (MHz) indica un punto de partida de la banda de frecuencias considerada.
- Los diagramas de directividad de antena son circulares.
- Para el cálculo de las reglas de separación en frecuencia y en distancia, se considera que la superficie de la Tierra es lisa y que la Tierra es una esfera perfecta.
- No se tienen en cuenta las interferencias perjudiciales de los efectos de bloqueo o de intermodulación.

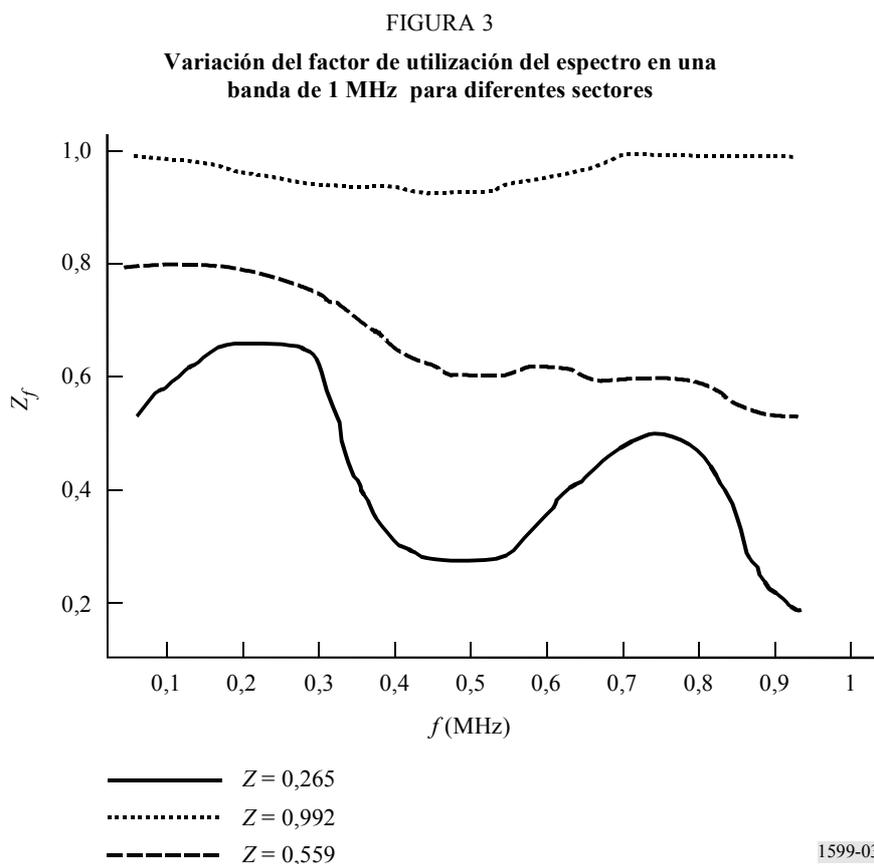
FIGURA 2

Emplazamientos de las estaciones existentes en la zona considerada y posibles sectores para la instalación de la estación radioeléctrica de referencia



1599-02

Los resultados se indican en la Fig. 3, en función del factor  $Z_f$  en la banda de 1 MHz para los tres casos concretos con respecto al emplazamiento de la nueva estación radioeléctrica, y como valores medios del indicador  $Z$  de conformidad con las ecuaciones (1) y (2).



De los resultados contenidos en la Fig. 3, se desprende que en la zona con alta densidad de estaciones radioeléctricas existentes (sector 2 de la Fig. 2), la ocupación de la banda considerada es prácticamente plena. Por lo tanto, no parece factible que en la práctica se asignen frecuencias en esta banda a una nueva estación radioeléctrica en ese sector. Por otra parte, existen buenas posibilidades de asignar frecuencias en la misma banda cuando la nueva estación se sitúa en el sector 1 o en la zona considerada en su totalidad. Por consiguiente, en la medida en que se considera el sector 1, las frecuencias que se prefiere asignar a la nueva estación radioeléctrica, desde el punto de vista de la compatibilidad se encuentran en la región de los 0,4-0,6 MHz y 0,85-1 MHz de la banda considerada.

Además, suponiendo que la densidad geográfica de las estaciones radioeléctricas es la más alta posible (caso de la más elevada duplicación de asignación de frecuencias) a efectos de satisfacer la demanda de frecuencias de la mejor manera posible, será más adecuado escoger las frecuencias que se han de asignar a la nueva estación radioeléctrica dentro de la gama de 0,8-1 MHz de la banda considerada.

Del mismo modo, en el caso de nuevas estaciones que puedan estar situadas en cualquier punto de la zona (sector 3), para igualar la carga en la totalidad de la banda de frecuencias de 1 MHz, sería conveniente utilizar las frecuencias que están dentro de la gama de 0,4-1 MHz, procurando que las frecuencias sean las más elevadas.

Es muy sorprendente que la ocupación en el sector 1 considerado en su conjunto sea superior al 25%, a pesar de que no contiene ninguna estación y de que sólo hay una situada directamente adyacente a sus límites.

Por consiguiente, la Fig. 2 muestra claramente que este método permite identificar las zonas del espectro que están congestionadas y las que están disponibles en una banda de frecuencias dada y en una zona geográfica dada, lo que facilita la selección de frecuencias para las nuevas estaciones radioeléctricas que entran en funcionamiento y ayuda a mejorar la eficacia global del proceso de planificación de las frecuencias.

Este método, si se adapta o se amplía; se podría aplicar a entornos con fenómenos de interferencia y condiciones de propagación de mayor complejidad.

---