

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Informe UIT-R SM.2454-0
(06/2019)

Técnicas de comprobación técnica del espectro en las bandas de frecuencias del servicio de radionavegación por satélite

Serie SM
Gestión del espectro



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 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 los Informes UIT-R

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

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

Nota: Este Informe UIT-R fue aprobado en inglés por la Comisión de Estudio conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2020

© UIT 2020

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

INFORME UIT-R SM.2454-0

Técnicas de comprobación técnica del espectro en las bandas de frecuencias del servicio de radionavegación por satélite

(2019)

Consideraciones generales

Cientos de millones de personas en todo el mundo utilizan sistemas de navegación por satélite. El servicio de radionavegación por satélite (SRNS) es la piedra angular de muchas aplicaciones, entre ellas la navegación y la señalización horaria. Los gobiernos, el sector privado y los particulares utilizan estos servicios en su día a día y en situaciones críticas en términos de seguridad. Para que estos servicios funcionen, se necesita un nivel elevado de fiabilidad, disponibilidad y precisión de las señales.

Existen diferentes sistemas de radionavegación (en el sentido espacio-Tierra), diseñados para ofrecer una cobertura mundial (véase el Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS)) o regional. Todos ellos son sensibles a las interferencias de radiofrecuencias (IRF), puesto que, en relación con los transmisores terrenales, la potencia de la señal recibida en la Tierra es muy baja. En ese sentido, se adoptan medidas técnicas para permitir una separación adecuada entre la señal y el ruido del receptor. Por otra parte, la interferencia o el ruido excesivo pueden mermar la disponibilidad de las señales en una zona amplia. Estas IRF pueden proceder de transmisores que funcionan en bandas del SRNS y/o en bandas adyacentes o cercanas.

Las interferencias en la recepción de señales del SRNS y el uso de equipos interferentes ilegales son motivo de preocupación para los operadores de sistemas de navegación por satélite. El Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (ICG) creó el Grupo de Tareas de Detección y Atenuación de Interferencias (IDM), con miras a la elaboración de una estrategia propicia a los mecanismos de detección y atenuación de las fuentes de interferencia electromagnética. En los informes de los miembros del Grupo de Tareas de IDM procedentes de la Unión Europea, China, los Estados Unidos de América y la Federación de Rusia se expresó una cierta inquietud por el problema de la interferencia y se brindaron ejemplos de los efectos negativos de estas últimas.

Preocupaba especialmente el aumento de la disponibilidad y el uso de equipos interferentes ilegales de GNSS, que provocan fallos en los receptores. Dichos equipos se venden públicamente a través de Internet y los consumidores pueden utilizarlos con facilidad. Debido a la baja intensidad de las señales del SRNS en la Tierra, un equipo interferente con una potencia relativamente baja puede afectar a una zona bastante amplia.

En el presente Informe se describen varias técnicas de comprobación técnica del espectro en las bandas de frecuencias del SRNS, que son independientes del funcionamiento real de los sistemas del SRNS. El objetivo de la comprobación técnica es evaluar las condiciones de recepción de las señales del SRNS. Las técnicas descritas en este Informe pueden utilizarse para realizar un seguimiento de señales específicas, detectar y localizar fuentes de interferencia e incluso facilitar la elaboración de estudios sobre los efectos relacionados con la propagación.

ÍNDICE

Página

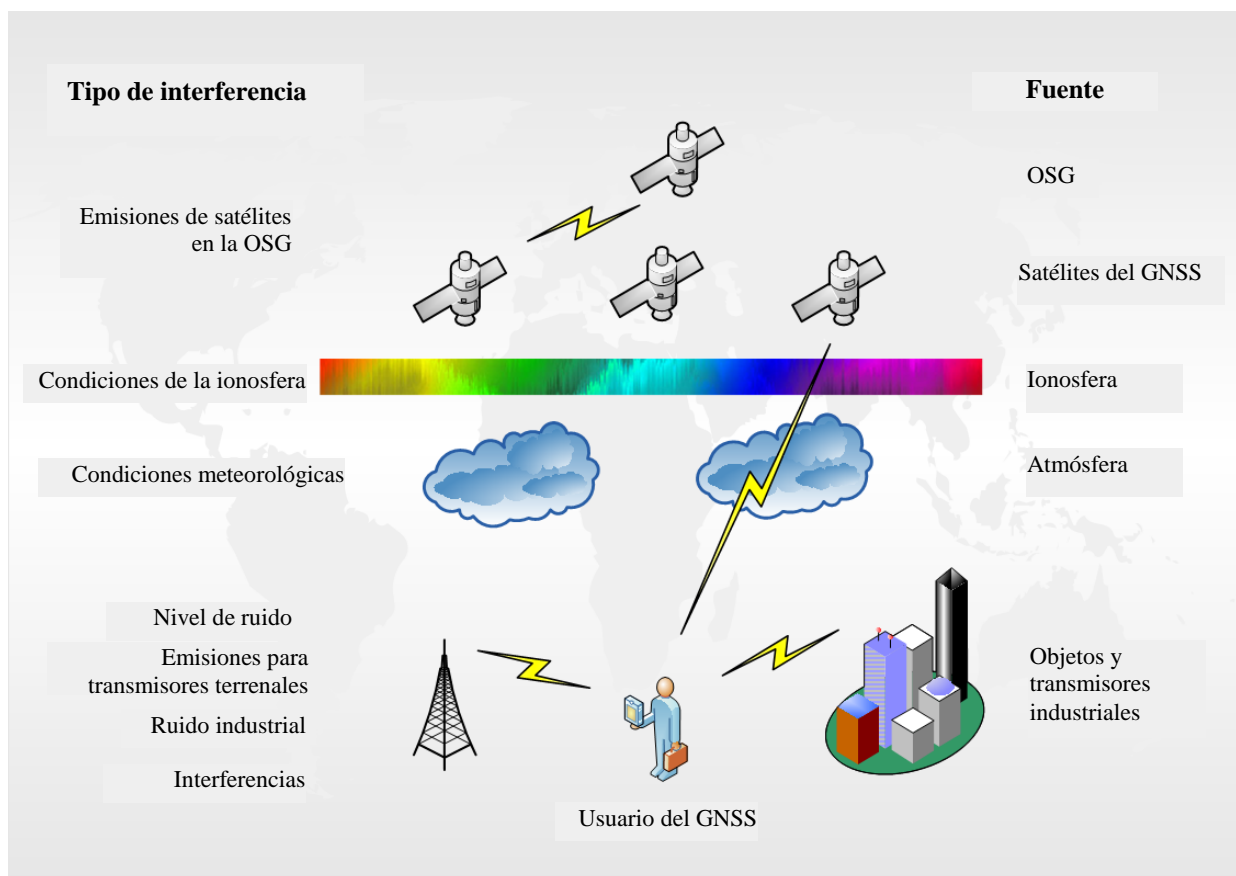
1	Metodología de comprobación técnica del espectro en las bandas de frecuencias del SRNS	4
1.1	Descripción general	4
1.2	Análisis de la información sobre las estaciones radioeléctricas transmisoras en las inmediaciones	4
1.3	Realización de mediciones, registros de espectro y cálculos de valores característicos	4
1.4	Elaboración de diagramas de distribución espacial de emisiones y ángulos de llegada de la potencia espectral	7
1.5	Evaluación de los resultados.....	9
2	Requisitos del equipo de comprobación técnica.....	9
2.1	Requisitos generales	9
2.2	Requisitos del equipo de medición	10
3	Ejemplo práctico de comprobación técnica en las bandas del SRNS.....	11
3.1	Equipo de medición para la comprobación técnica en la banda de frecuencias del GLONASS	11
3.2	Punto de medición	11
3.3	Análisis de las asignaciones de frecuencias.....	11
3.4	Realización de mediciones, registros de espectro y cálculos de valores característicos	11
3.5	Elaboración de diagramas y análisis de resultados.....	14

Introducción

En el presente Informe se describen métodos de comprobación técnica del espectro en las bandas de frecuencias utilizadas para el servicio de radionavegación por satélite (SRNS).

Los receptores de servicios de radionavegación, tales como los sistemas mundiales de navegación por satélite, funcionan con unos niveles de señal muy bajos, por lo que son sumamente sensibles a las interferencias y al ruido. Ello da lugar a una reducción de la precisión cronométrica de los equipos, lo que en última instancia provoca errores en la información de posición comunicada por los dispositivos. Debido al uso generalizado de estos receptores, por ejemplo, para la radionavegación aeronáutica, o la referencia de frecuencia de los radiotransmisores, las interferencias en estas bandas pueden tener consecuencias graves. La comprobación técnica del espectro puede contribuir a la protección del espectro del SRNS, mediante la detección de emisiones terrenales no deseadas capaces de causar interferencias a las señales del SRNS. La Fig. 1 ilustra posibles fuentes de emisiones de este tipo en las bandas de frecuencias consideradas.

FIGURA 1
Posibles fuentes de emisión e interferencia para las señales del SRNS



En el presente Informe se describen técnicas que se adaptan adecuadamente a los bajos niveles de señal asociados a los servicios de navegación por satélite. Además, se muestran métodos encaminados a simplificar la visualización de los datos de comprobación técnica complejos, lo que facilita la evaluación de numerosos puntos de medición. Todo ello permite proceder a la comprobación técnica de toda una banda de frecuencias del SRNS, en lugar de ceñirse a una única emisión.

De los resultados de las mediciones se infieren conclusiones acerca del nivel de ruido de fondo electromagnético y de la presencia de emisiones potencialmente perjudiciales en la banda de frecuencias desde el punto exacto de las mediciones.

El Informe incluye una descripción general de la metodología y un ejemplo práctico.

1 Metodología de comprobación técnica del espectro en las bandas de frecuencias del SRNS

1.1 Descripción general

A continuación, se describe un método de comprobación técnica del espectro de frecuencias, que permite detectar las condiciones de funcionamiento y las posibles fuentes de interferencia existentes en un punto de medición específico. En el marco de este método, se considera que el nivel de recepción de las señales del SRNS en la Tierra es muy bajo. Por consiguiente, se realizan mediciones para detectar señales de mayor nivel, capaces de causar interferencias o ruidos elevados. La medición no sólo produce una representación de espectro única, sino que además indica la dirección en términos de azimut y (opcionalmente) de elevación de las emisiones detectadas. De esta forma, se obtiene un conjunto de datos de medición muy amplio. No obstante, también se utilizan técnicas para reducir los datos de medición a unos pocos números, permitiendo así una rápida caracterización de los resultados del ejercicio de comprobación técnica en el caso de que deban examinarse muchas mediciones.

El método se basa en el uso de una antena direccional. En algunos casos, puede utilizarse una antena omnidireccional para complementar el conjunto de equipos de comprobación técnica y proporcionar datos adicionales. El sistema receptor de las mediciones suele hallarse bajo el control de una computadora, a fin de reducir el tiempo necesario para recopilar los datos. Durante el proceso de medición, la antena direccional se utiliza para evaluar el espectro a lo largo de varios ángulos azimutales.

El método se articula en torno a una serie de pasos consistentes en:

- obtener información sobre las estaciones radioeléctricas transmisoras situadas en las inmediaciones del punto de medición, cuando sea posible;
- realizar mediciones, registros de espectro y cálculos de valores característicos;
- representar los resultados de la medición en diagramas; y
- evaluar los resultados.

Estos pasos se detallan en las secciones que figuran a continuación.

1.2 Análisis de la información sobre las estaciones radioeléctricas transmisoras en las inmediaciones

De ser posible, cabe obtener información sobre las estaciones radioeléctricas transmisoras situadas en las inmediaciones del punto de medición. El análisis de esta información podría ayudar a los equipos de medición a determinar la probabilidad de recepción de emisiones desde una cierta dirección.

1.3 Realización de mediciones, registros de espectro y cálculos de valores característicos

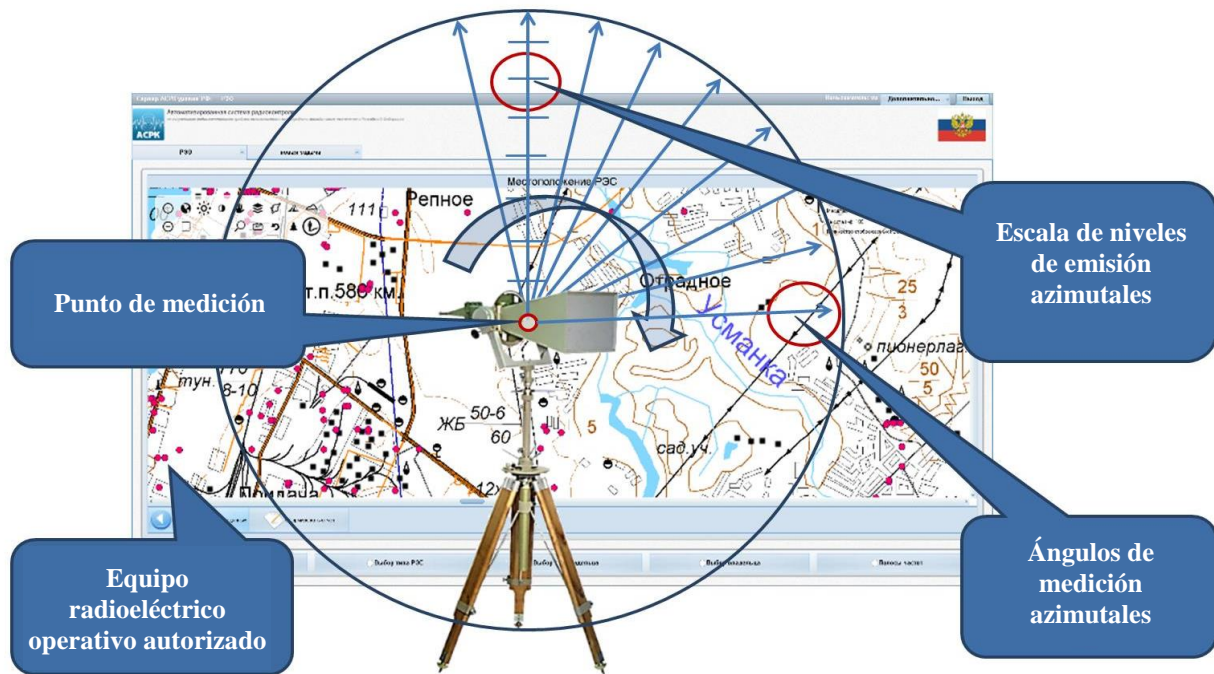
Las mediciones deben realizarse con una antena direccional instalada según se indica en la Fig. 2. Además de la antena direccional, cabe la posibilidad de utilizar una antena omnidireccional para verificar los resultados de la medición espectral por comparación.

En el punto de medición, la comprobación técnica del espectro en la banda de frecuencias escogida se lleva a cabo girando la antena direccional por tramos hasta completar una vuelta (véase la Fig. 2). En cada etapa, se efectúa un registro de espectro para su procesamiento ulterior. Además, se almacenan las coordenadas del punto de medición, el espectro tal como se ve en la antena direccional, los datos cronológicos de la medición y los ángulos de azimut y elevación de la antena direccional.

La resolución angular durante este proceso de barrido depende de la resolución espacial deseada y está limitada por el ancho del haz de la antena. En general, se suele optar por unos 15 grados.

FIGURA 2

Barrido espacial mediante antena direccional a efectos de la medición de espectro y la elaboración de diagramas de distribución espacial de emisiones



Los resultados de las mediciones pueden documentarse según se indica en el Cuadro 1.

Una vez completadas todas las mediciones, cada representación de espectro se caracteriza por tres parámetros (potencia media, potencia de cresta y potencia de ruido), conforme a lo descrito en los siguientes párrafos.

1.3.1 Cálculo de la potencia de ruido

La potencia de ruido en toda la banda de frecuencias objeto de comprobación se mide con arreglo a los métodos especificados en la Recomendación UIT-R SM.1753 para cada uno de los registros de espectro.

A los efectos del cálculo, las muestras de potencia espectral se clasifican en orden ascendente. A continuación, el primer 20% de las muestras que superan el nivel mínimo de potencia de ese registro se selecciona y utiliza para calcular el valor medio del nivel de ruido:

$$P_n = 10 \log \left(\frac{1}{C} \sum_{i=1}^C 10^{\frac{P_i}{10}} \right) \quad (1)$$

siendo:

- P_n : el nivel medio de potencia de ruido, en dBm
- C : el número de elementos en el primer 20% de las muestras
- P_i : el valor de la i -ésima muestra, en dBm.

1.3.2 Cálculo de la potencia de cresta

La potencia de cresta en toda la banda de frecuencias objeto de comprobación se calcula para cada uno de los registros de espectro tomando el valor máximo de las muestras de potencia espectral o utilizando las funciones de marcador adecuadas del analizador de espectro/receptor:

$$P_{peak} = \text{MAX}(P_i), i=1, \dots, N \quad (2)$$

siendo:

- P_{peak} : la potencia de cresta de las emisiones, en dBm
- P_i : el valor de la i -ésima muestra, en dBm
- N : el número total de muestras registradas.

1.3.3 Cálculo de la potencia media

La potencia media en toda la banda de frecuencias objeto de comprobación se calcula para cada uno de los registros de espectro promediando todas las muestras de potencia espectral:

$$P_{mean} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{P_i}{10}} \right) \quad (3)$$

siendo:

- P_{mean} : la potencia media de las emisiones en la banda de frecuencias, en dBm
- N : el número de muestras de espectro
- P_i : la potencia de la i -ésima muestra de espectro medida, en dBm.

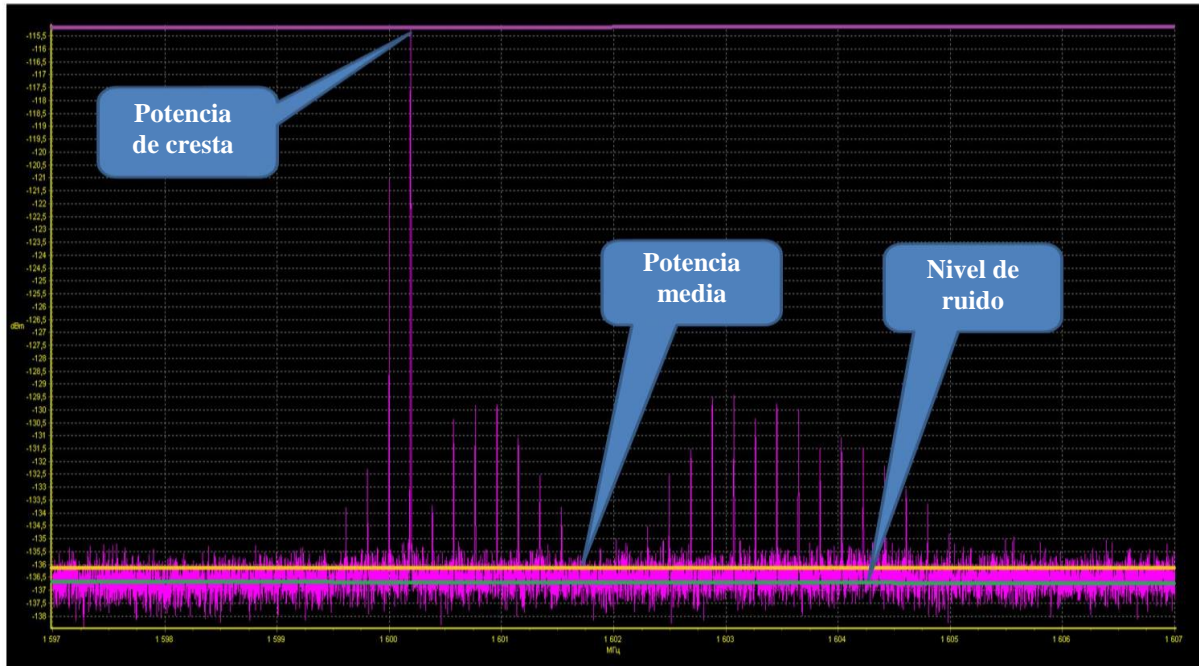
La Fig. 3 ilustra las características integrales calculadas de las emisiones combinadas en la banda de frecuencias objeto de comprobación, de acuerdo con el conjunto de muestras de potencia espectral.

1.4 Elaboración de diagramas de distribución espacial de emisiones y ángulos de llegada de la potencia espectral

Para cada registro de espectro, cabe elaborar un diagrama que muestre el espectro registrado, junto con los niveles de ruido, potencia de cresta y potencia media, calculados según se indica *supra* y en la Fig. 3.

FIGURA 3

Características integrales calculadas de las emisiones combinadas en la banda de frecuencias comprobada

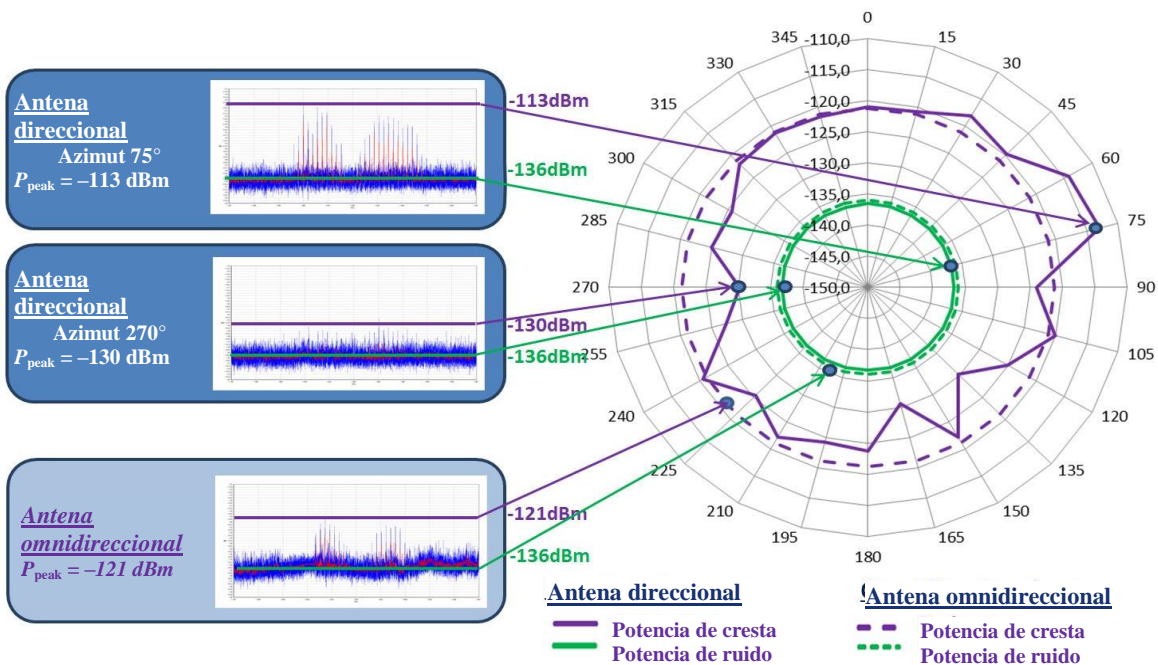


Al utilizar los tres valores combinados de las antenas direccional y omnidireccional adicional, conforme a lo descrito en los § 1.3.1 a 1.3.3, se crea un diagrama circular que representa el resultado del barrido azimutal. El centro del diagrama representa el punto de medición. La Fig. 4 ilustra un ejemplo.

El § 3 comprende un diagrama aún más especializado, que representa un barrido hemisférico con antena direccional. Este método permite analizar señales procedentes de fuentes terrestres y espaciales.

FIGURA 4

Construcción de un diagrama azimutal basado en los registros de espectro tomados en un punto de medición



1.5 Evaluación de los resultados

Los valores y diagramas obtenidos a partir de las mediciones pueden utilizarse para comprobar la existencia de emisiones no deseadas. El barrido azimutal también puede proporcionar una dirección hacia esas emisiones.

Las emisiones especialmente no deseadas o interferentes pueden detectarse por medio del establecimiento de valores umbral adecuados en relación con los valores de cresta, o de un aumento inesperado de la potencia de ruido.

Las diferencias entre la potencia de cresta, la potencia media y la potencia de ruido pueden normalizarse para simplificar la comparación y la categorización de las señales. De esta forma, se puede facilitar la detección de posibles señales interferentes.

2 Requisitos del equipo de comprobación técnica

2.1 Requisitos generales

La gama de frecuencias de funcionamiento del equipo de medición debería abarcar la correspondiente banda de frecuencias del SRNS. En el Cuadro 2 figuran las atribuciones de frecuencias a los servicios del SRNS – GLONASS (L1, L2, L3), GPS (L1, L2, L5), Galileo (E1, E5, E6), BeiDou (B1, B2, B3).

CUADRO 2

Bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radionavegación por satélite

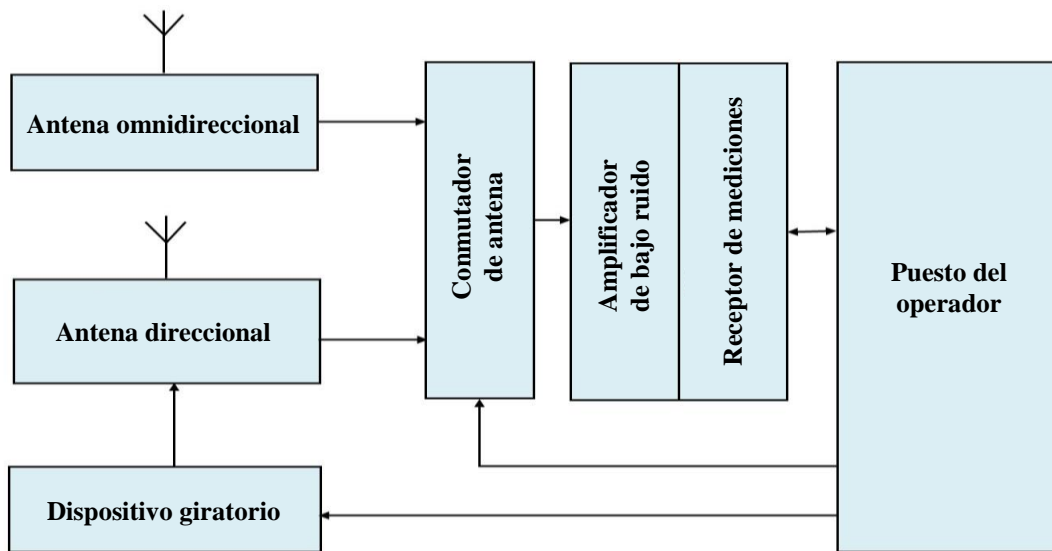
Nº	Banda de frecuencias (MHz)
L1, E1, B1	1 559-1 610
L2, E6, B3	1 215-1 300
L3, L5, E5, B2	1 164-1 215

El equipo de comprobación técnica se compone de los siguientes elementos:

- antena de medición direccional, instalada sobre un trípode con una base giratoria;
- antena omnidireccional (opcional);
- conmutador de antena;
- amplificador de bajo ruido (opcional);
- filtro de paso de banda (opcional);
- receptor de mediciones o analizador de espectro;
- receptor de navegación para registrar las coordenadas de medición; y
- ordenador con interfaz de control remoto.

La Fig. 5 ilustra un diagrama esquemático del equipo.

FIGURA 5
Diagrama esquemático del equipo de medición



La información relativa a los niveles de interferencia admisibles puede consultarse en las Recomendaciones UIT-R M.1902, UIT-R M.1093 y UIT-R M.1905. En consecuencia:

- la sensibilidad del receptor en un ancho de banda de 1 kHz debería ser de $-115... -119$ dBm;
- el ruido del receptor en un ancho de banda de 1 Hz (DANL) debería ser de $-155... -160$ dBm.

2.2 Requisitos del equipo de medición

Los requisitos de este equipo se basan en la experiencia adquirida en la explotación de las bandas de frecuencias del SRNS y en los requisitos especificados en la Recomendación UIT-R SM.1753. En este caso se utilizaron analizadores de espectro en tiempo real, dado que, a diferencia de los analizadores de barrido, permiten detectar, visualizar y registrar eventos pulsátiles de corta duración.

A estos efectos, se utilizan los siguientes tipos de antena:

- direccional: antena de bocina o parabólica para el barrido azimutal, si las fuentes terrestres revisten interés;
- direccional: antena parabólica, para el barrido en azimut y elevación, si las señales de fuentes aéreas y espaciales revisten interés;
- omnidireccional: antena dipolo o bicónica para el barrido panorámico (equipo auxiliar).

De ser posible, la polarización de las antenas de medición debe corresponderse con la polarización del sistema del SRNS protegido. Si se utilizan antenas parabólicas con alimentadores, cabe modificar la dirección de la polarización debido al reflector: los sistemas del SRNS suelen tener una polarización circular dextrógira; no obstante, cambian a una polarización circular levógira cuando la onda es guiada desde el reflector hasta la antena parabólica.

3 Ejemplo práctico de comprobación técnica en las bandas del SRNS

A continuación, figura un ejemplo de comprobación técnica en un punto de medición específico en la gama de frecuencias 1 597-1 607 MHz, que ilustra la configuración de medición y los procedimientos de registro y evaluación de los datos de medición, incluidas la elaboración de los diagramas resultantes y su interpretación. El sistema del SRNS de interés es el Sistema Mundial de Satélites de Navegación (GLONASS).

3.1 Equipo de medición para la comprobación técnica en la banda de frecuencias del GLONASS

Para realizar las mediciones se utilizó un equipo compuesto por los siguientes elementos:

- 1) Analizador de espectro:
 - banda de frecuencias L1 del GLONASS: 1 597-1 607 MHz;
 - ancho de banda de resolución (RBW) – 1 kHz;
 - tipo de detector – promediación;
 - número de promedios de espectro – 100.
- 2) Antena de bocina de medición:
 - polarización – vertical lineal;
 - altura de la antena – 2,85 m;
 - ángulo de elevación – 0°;
 - azimut de la antena – 0° a 360° con tramos de 15°.
- 3) Antena parabólica de medición: diámetro – 2 m.
- 4) Antena omnidireccional para comparación:
 - polarización – vertical lineal;
 - altura de la antena – 2,85 m.

3.2 Punto de medición

Se seleccionó un punto de medición situado en una ciudad con edificios de baja y media altura.

3.3 Análisis de las asignaciones de frecuencias

Según el plan de frecuencias y la base de datos de asignaciones de frecuencias, no cabía esperar ningún transmisor terrenal activo en las bandas de frecuencias del SRNS.

3.4 Realización de mediciones, registros de espectro y cálculos de valores característicos

En el punto de medición, se utilizó una antena de bocina para realizar un barrido de azimuts con miras al análisis de espectro («barrido azimutal»). En este caso, las mediciones se realizaron por medio de una antena omnidireccional. Por último, se empleó una antena parabólica para realizar un barrido hemisférico («barrido en elevación»). A continuación, se calcularon los valores característicos (véanse los § 1.3.1 a 1.3.3). La gama de frecuencias objeto de comprobación es la banda L1 del GLONASS (1 597-1 607 MHz).

3.4.1 Valores registrados en el plano azimutal

Los resultados del barrido azimutal se exponen en el Cuadro 3 y se resumen en el Cuadro 4. Los resultados de la antena omnidireccional figuran en el Cuadro 5. Los datos de ambos Cuadros se combinaron en la Fig. 4.

CUADRO 3

Características del espectro observado con la antena direccional

Azimut (grado)	Potencia de cresta de las emisiones (dBm)	Potencia media de las emisiones (dBm)	Potencia de ruido (dBm)
0	-121,0	-136,1	-136,5
15	-120,7	-136,0	-136,6
30	-118,1	-136,1	-136,6
45	-119,7	-135,8	-136,6
60	-114,2	-136,1	-136,6
75	-113,0	-136,2	-136,7
90	-124,0	-136,3	-136,7
105	-120,0	-136,1	-136,7
120	-125,1	-136,2	-136,7
135	-130,2	-136,2	-136,7
150	-115,0	-136,2	-136,7
165	-130,6	-136,2	-136,7
180	-123,7	-136,1	-136,7
195	-124,3	-136,2	-136,7
210	-122,2	-136,3	-136,7
225	-125,4	-136,6	-136,7
240	-120,5	-136,6	-136,7
255	-127,3	-136,6	-136,7
270	-130,2	-136,6	-136,7
285	-125,0	-136,5	-136,7
300	-125,7	-136,3	-136,7
315	-121,9	-136,0	-136,6
330	-121,4	-135,9	-136,6
345	-121,6	-136,2	-136,7

CUADRO 4

Valores máximo, mínimo y medio de potencia obtenidos durante las mediciones

Tipo de potencia	Potencia de cresta de las emisiones (dBm)	Potencia media de las emisiones (dBm)	Potencia de ruido (dBm)
Valor medio	-120,1	-136,2	-136,7
Valor máximo	-113,0	-135,8	-136,5
Valor mínimo	-130,6	-136,6	-136,7

CUADRO 5

Características del espectro observado con la antena omnidireccional

Parámetro	Valor medido (dBm)
Potencia de cresta de las señales en la banda	-118,7
Potencia media en la banda	-130,5
Potencia de ruido	-134,4
Potencia de ruido del receptor	-136,4

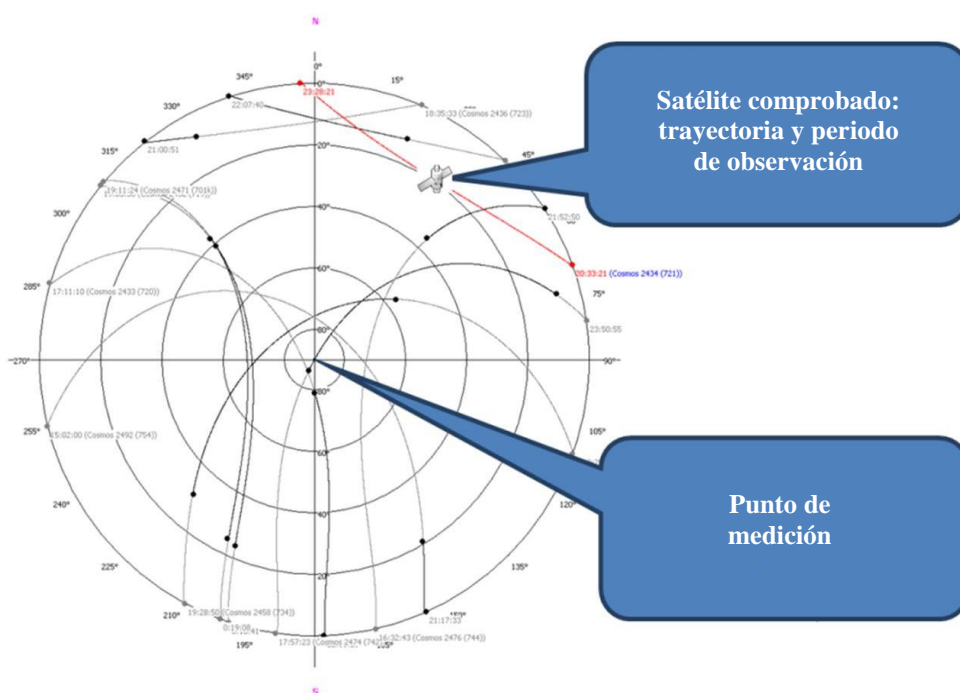
3.4.2 Valores registrados durante el barrido en elevación/hemisférico

Los resultados de las mediciones efectuadas con la antena parabólica son idóneos para analizar señales de fuentes de emisiones terrestres, aeronáuticas y espaciales. Si se desea analizar todo el hemisferio, es preciso realizar muchos más registros y utilizar muchos más ángulos de antena.

Durante el proceso de medición, se rastreó el satélite Cosmos-2434 (721) del GLONASS utilizando sus datos de trayectoria para el periodo de visibilidad radioeléctrica; la Fig. 6 ilustra en rojo la trayectoria resultante del satélite. Las trayectorias de los demás satélites del GLONASS figuran en negro. Los puntos representan los lugares en que los satélites entraron y salieron de la zona de visibilidad desde el punto de medición.

Además, la Fig. 6 muestra las trayectorias de todos los satélites GLONASS con visibilidad radioeléctrica durante las mediciones, utilizando el sistema de coordenadas de azimuth/elevación centrado en el punto de medición. Los puntos negros representan el inicio y el final del periodo de visibilidad radioeléctrica de los satélites durante el tiempo de medición.

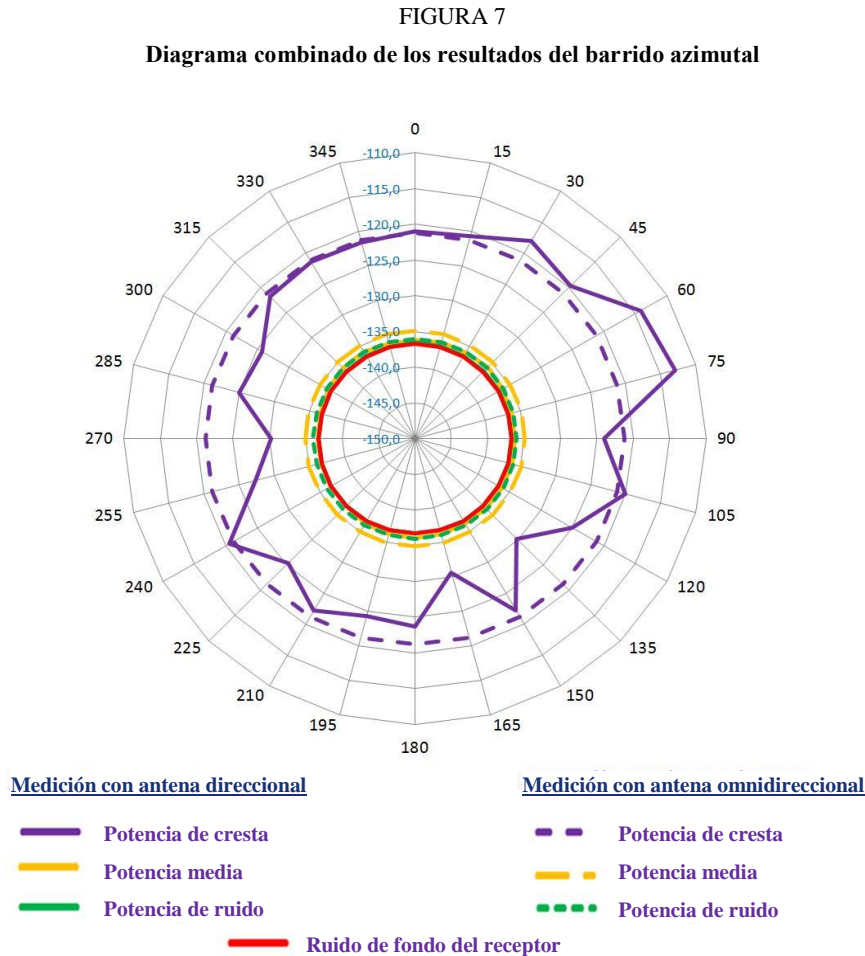
FIGURA 6
Trayectorias de los satélites del GLONASS durante las mediciones



3.5 Elaboración de diagramas y análisis de resultados

3.5.1 Diagramas e interpretación de los resultados del barrido azimutal

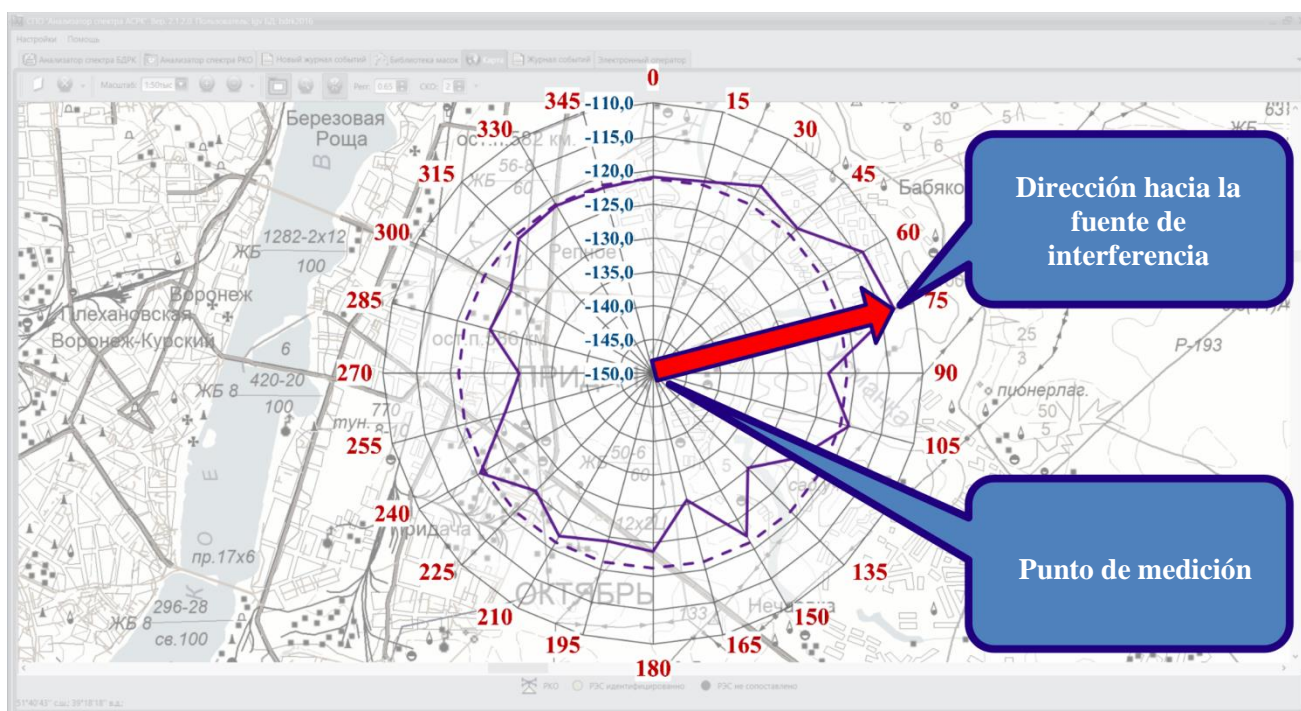
En la Fig. 7 se combinan los datos de los Cuadros 3 y 4 en un único diagrama.



La figura muestra un valor máximo distinto en la dirección de 60°-75°. La Fig. 8 muestra el diagrama superpuesto en un mapa digital, que muestra claramente la presencia y las direcciones de las fuentes de emisión e interferencia. Las direcciones de las fuentes de emisión e interferencia se determinan a través de los valores máximos de los datos.

FIGURA 8

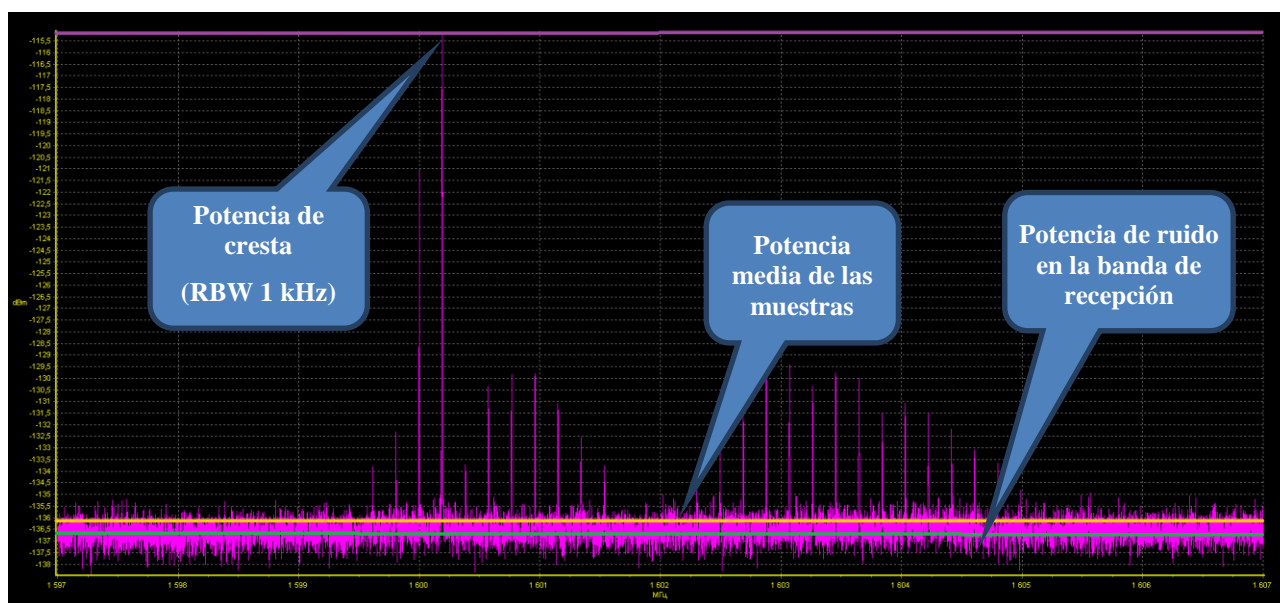
Los resultados en un mapa digital indican la dirección hacia la posible fuente de interferencia



Habida cuenta de que no se esperaban transmisiones activas en la dirección de 60°-75°, ese registro de espectro se analiza con mayor detenimiento. La Fig. 9 ilustra el espectro de la banda de frecuencias L1 en el punto de medición en la dirección del nivel de cresta. El nivel de cresta se halla unos 17 dB por encima del nivel medio.

FIGURA 9

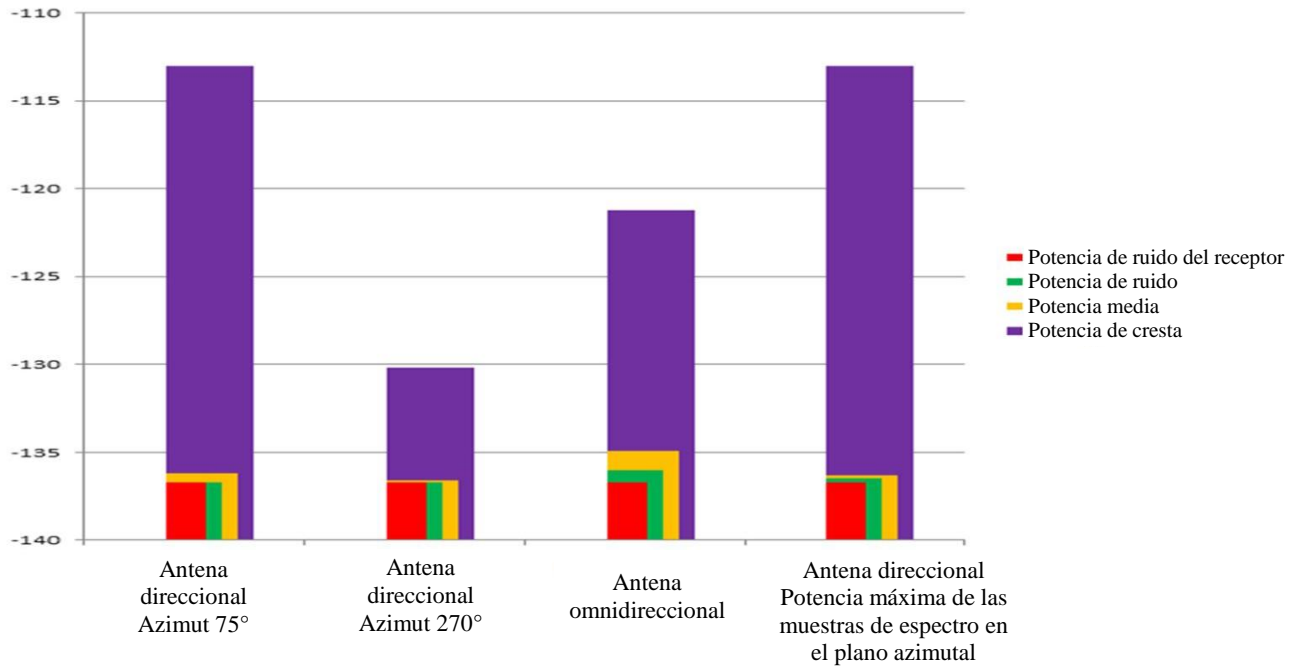
Espectro de la banda de frecuencias L1 del GLONASS (antena direccional, ángulo azimutal 75°)



La Fig. 9 muestra los resultados de las mediciones de espectro de la antenna direccional y no direccional.

FIGURA 10

Resumen de los niveles de recepción característicos en la banda de frecuencias L1 del GLONASS

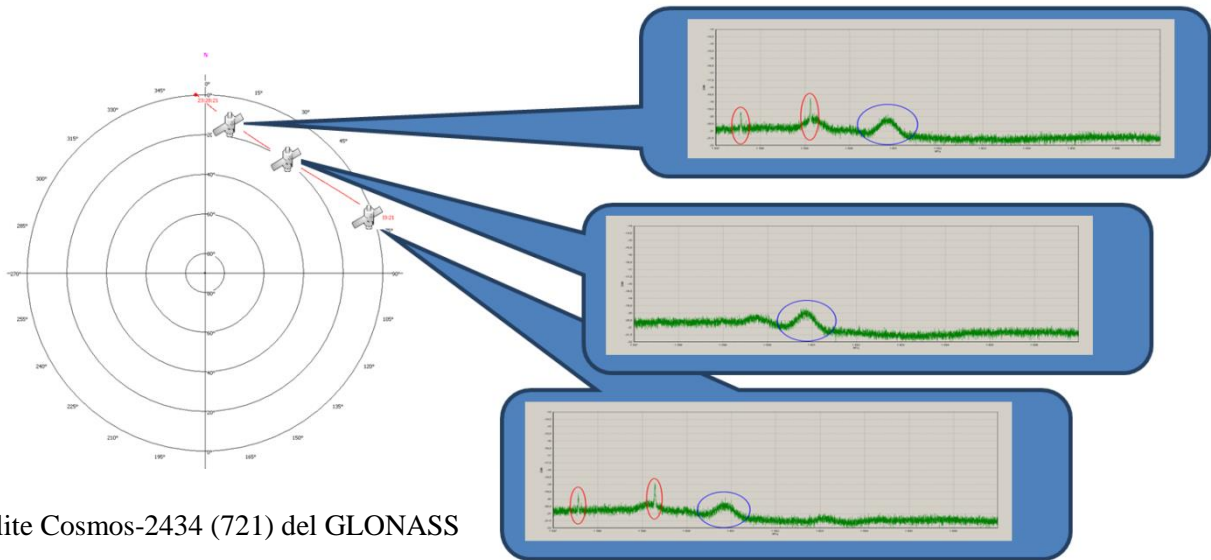


3.5.2 Diagramas e interpretación de los resultados del barrido hemisférico

La Fig. 11 muestra el espectro observado en la banda de frecuencias 1 597-1 607 MHz (banda L1 del GLONASS) desde tres ángulos azimutales distintos con respecto al satélite del GLONASS. La señal del satélite del GLONASS objeto de comprobación en el espectro representado aparece delimitada por un círculo azul. La Fig. 10 también ilustra el espectro de las emisiones interferentes (delimitadas por círculos rojos) recibidas en pequeños ángulos de elevación.

FIGURA 11

Espectro observado en la banda de frecuencias L1 del GLONASS 1 597-1 607 MHz desde tres ángulos azimutales con respecto al satélite del GLONASS



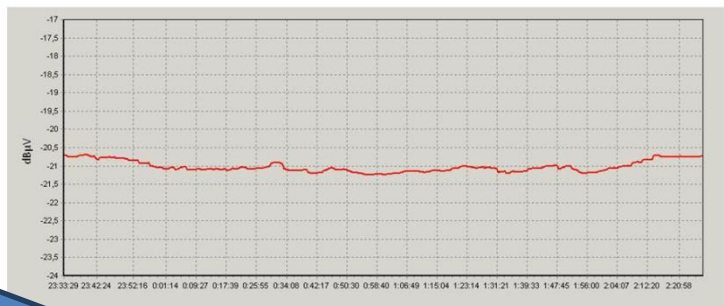
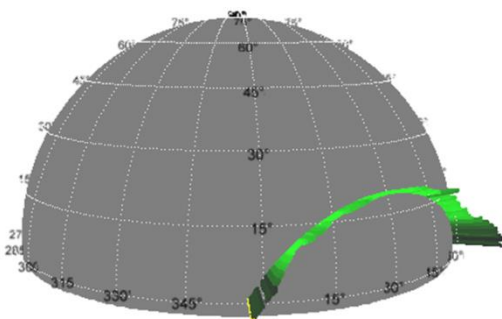
La Fig. 12 ilustra una combinación de los valores medios registrados en la dirección del satélite objeto de comprobación en dos sistemas de coordenadas, a saber:

- Diagrama del hemisferio en 3D con coordenadas de «azimut/elevación/nivel de emisión». Los niveles de emisión figuran en color verde. El hemisferio está centrado en el punto de medición.
- Diagrama en 2D con «nivel de emisión en la banda con respecto a los datos cronológicos del periodo de observación», en el que cada valor temporal se corresponde con un determinado ángulo de azimut y elevación con respecto al satélite objeto de comprobación.

FIGURA 12

Combinación de valores medios de emisión en la banda de frecuencias 1 597-1 607 MHz (GLONASS L1)

Nivel medio de emisión del satélite comprobado con respecto a los datos cronológicos del periodo de observación



Satélite Cosmos-2434 (721) del GLONASS

Hemisferio centrado en el punto de medición

