



**ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS
ORGANIZATION OF AMERICAN STATES**

**Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
Inter-American Telecommunication Commission**

**47 REUNIÓN DEL COMITÉ
CONSULTIVO PERMANENTE II:
RADIOCOMUNICACIONES
6 al 10 de abril de 2026
Portsmouth, Dominica**

**OEA/Ser.L/XVII.4.2.47
CCP.II-RADIO/doc. 6451/26
16 marzo 2026
Original: Español**

**CÓMO DEFINIR ESPECIFICACIONES TÉCNICAS NEUTRALES EN
PROCESOS DE ADQUISICIÓN DE SENSORES Y EQUIPOS DE
MONITOREO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

(Punto del temario: 3.3)

(Documento presentado por TES America)

Impacto en el sector:

Esta contribución aporta criterios técnicos que permiten a las administraciones regulatorias formular especificaciones basadas en los objetivos y funciones del monitoreo del espectro, favoreciendo la definición de especificaciones técnicas neutras en los procesos de adquisición de equipos. Este enfoque contribuye a evitar la reproducción de parámetros derivados de hojas técnicas de fabricantes, reduciendo el riesgo de sobre especificaciones innecesarias y optimizando los costos de despliegue de las redes de monitoreo. Asimismo, facilita la implementación de arquitecturas modernas de monitoreo basadas en sensores distribuidos y plataformas centralizadas de análisis del espectro.

Resumen Ejecutivo:

El documento propone principios y parámetros técnicos orientativos para formular especificaciones neutrales en procesos de adquisición de sensores y equipos de monitoreo del espectro. Se promueve un enfoque basado en requerimientos funcionales y desempeño, diferenciando entre sensores de monitoreo continuo y unidades especializadas para análisis técnico, con el fin de facilitar la implementación de redes de monitoreo modernas, escalables y tecnológicamente abiertas.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	3
2. Principios para formular especificaciones técnicas neutras.....	4
2.1. Definir primero la función del monitoreo.....	4
2.2. Diferenciar entre monitoreo continuo y análisis técnico especializado.....	5
2.3. Formular especificaciones basadas en los parámetros técnicos clave.....	6
2.4. Considerar el entorno radioeléctrico donde operarán los sensores.....	7
2.5. Adoptar arquitecturas heterogéneas de red.....	7
3. Sesgos derivados de hojas técnicas de fabricantes.....	7
4. Plataformas de monitoreo para redes de próxima generación (PMNGN).....	8
4.1. Principales funcionalidades de una PMNGN.....	8
4.2. Inteligencia Espacial del Espectro.....	9
5. Especificaciones para sensores de monitoreo continuo.....	10
6. Especificaciones para estaciones de monitoreo especializadas.....	12
6.1. Radiogoniometría manual.....	13
6.2. Radiogoniometría automática (DF).....	13
7. Consideraciones finales para las administraciones.....	14

1. Introducción

De acuerdo con el *ITU Spectrum Monitoring Handbook* (§3.1.1), el equipamiento de una estación de monitoreo debe seleccionarse en función de las mediciones que dicha estación debe realizar, las cuales se derivan de las tareas asignadas dentro del sistema nacional de monitoreo del espectro.

En los últimos años, la evolución tecnológica ha impulsado la transición desde estaciones de monitoreo aisladas hacia **arquitecturas de monitoreo de próxima generación**, basadas en redes distribuidas de sensores capaces de recolectar información espectral de forma continua y consolidarla en plataformas centralizadas de análisis. Este enfoque ha sido reconocido en el Reporte **ITU-R SM.2542**, que describe sistemas de monitoreo capaces de integrar grandes volúmenes de datos provenientes de múltiples puntos de observación.

En este nuevo modelo, el valor del sistema de monitoreo no reside únicamente en las capacidades individuales de cada equipo de medición, sino en la capacidad de la red para generar conocimiento sobre el uso del espectro mediante el análisis agregado de datos espectrales. Para ello, las redes modernas suelen desplegar sensores compactos de monitoreo integrados con capacidades de procesamiento local (*edge computing*), mientras que el análisis avanzado y la correlación de datos se realizan en plataformas centralizadas.

Este enfoque se encuentra alineado con la **Recomendación ITU-R SM.1880**, relativa a metodologías de medición de ocupación del espectro, así como con la **Recomendación ITU-R SM.1537**, que aborda la integración entre los sistemas de monitoreo y las plataformas de gestión del espectro.

En este contexto, resulta fundamental que las especificaciones técnicas de los sensores se definan a partir de las funciones que deben cumplir dentro del sistema de monitoreo y de las necesidades operativas de las administraciones regulatorias, evitando reproducir directamente las especificaciones comerciales de equipos disponibles en el mercado.

En particular, esta contribución analiza los parámetros técnicos relevantes para sensores utilizados en redes de monitoreo distribuidas y propone rangos de especificación coherentes con los objetivos operativos de las administraciones regulatorias, facilitando la definición de especificaciones técnicas neutrales y el despliegue eficiente de redes modernas de monitoreo del espectro.

2. Principios para formular especificaciones técnicas neutrales

Para lograr este objetivo, es recomendable que las especificaciones técnicas se estructuren según algunos principios fundamentales.

2.1. Definir primero la función del monitoreo

Antes de establecer parámetros técnicos específicos para sensores o estaciones de monitoreo, la administración debe identificar con claridad **qué objetivos operativos y regulatorios desea cubrir mediante el monitoreo del espectro**. La definición de estos objetivos permite dimensionar adecuadamente la arquitectura del sistema de monitoreo y evitar la incorporación de requisitos técnicos innecesarios que no aportan valor a las funciones que se desea cumplir.

En términos estratégicos, las redes modernas de monitoreo del espectro están orientadas a responder un conjunto de **preguntas clave para la gestión regulatoria del recurso**, tales como: qué emisiones están presentes en el espectro radioeléctrico, dónde se originan, cuándo ocurren, con qué nivel de ocupación utilizan las diferentes bandas y si dichas emisiones corresponden a transmisiones debidamente autorizadas y registradas en las bases de datos regulatorias o a emisiones no autorizadas.

Responder a estas preguntas permite a las administraciones fortalecer sus capacidades de **supervisión, control y cumplimiento regulatorio**, así como generar información objetiva que puede apoyar procesos de planificación del espectro, reorganización de bandas (refarming) y la implementación de esquemas de uso compartido del espectro (spectrum sharing).

Entre los objetivos operativos más comunes del monitoreo del espectro se encuentran:

- Generar inventarios continuos del uso del espectro en bandas como FM, TV, TDT, VHF, UHF e IMT
- apoyar procesos de planificación, reorganización o refarming del espectro
- detectar emisiones no autorizadas o transmisiones fuera de los parámetros regulatorios
- investigar casos de interferencia perjudicial

Cada uno de estos objetivos puede requerir **distintos niveles de capacidad técnica**.

Por ejemplo, el monitoreo continuo de la ocupación del espectro requiere sensores capaces de observar de manera estable las bandas asignadas y registrar estadísticas de uso a lo largo del tiempo. Sin embargo, estas funciones no necesariamente requieren las capacidades más avanzadas de análisis de señales disponibles en el mercado, que suelen estar asociadas a equipos especializados utilizados en investigaciones técnicas específicas.

Estas preguntas pueden representarse conceptualmente como el núcleo analítico de las redes modernas de monitoreo del espectro, como se ilustra en la siguiente **figura**.

RED NACIONAL DE MONITOREO DEL ESPECTRO
(Sensores + Plataforma)

↓
Información continua del espectro

↓
Preguntas estratégicas del monitoreo

1. ¿Qué emisiones están presentes en el espectro?
→ Identificación de señales activas en cada banda
2. ¿Dónde se originan?
→ Localización geográfica de las emisiones
3. ¿Cuándo ocurren?
→ Análisis temporal del uso del espectro
4. ¿Con qué nivel de ocupación utilizan las bandas?
→ Estadísticas de ocupación del espectro
5. ¿Están autorizadas?
→ Comparación con bases de datos regulatorias
y detección de emisiones no autorizadas

↓
Inteligencia del espectro para la regulación

- Supervisión y cumplimiento regulatorio
- Planificación y reorganización del espectro (refarming)
- Uso compartido del espectro (spectrum sharing)
- Optimización del uso del recurso radioeléctrico

2.2. Diferenciar entre monitoreo continuo y análisis técnico especializado

En una red moderna de monitoreo es importante distinguir entre dos tipos de funciones.

Monitoreo continuo del espectro

- medición de ocupación de bandas
- generación de estadísticas de uso
- Detección automática de emisiones no autorizadas.

Estas funciones suelen cubrir la mayor parte del territorio y pueden realizarse mediante **sensores de complejidad moderada desplegados en mayor número.**

Análisis técnico especializado

- Localización de emisiones
- Identificación de interferencias
- Análisis de las diferentes modulaciones
- Identificación de emisiones no deseadas (armónicos, intermodulaciones)

Estas tareas normalmente se realizan mediante **equipos con amplias capacidades técnicas**, que se configuran según las necesidades, típicamente, son transportables y se utilizan en investigaciones técnicas puntuales.

Separar estas funciones permite evitar que todas las estaciones de la red requieran capacidades avanzadas que solo se utilizarán ocasionalmente.

2.3. Formular especificaciones basadas en los parámetros técnicos clave

Para garantizar la neutralidad tecnológica, las especificaciones deben centrarse en **parámetros técnicos clave** y evitar referencias implícitas o explícitas a parámetros adicionales definidos por fabricantes o derivados de algún equipo en particular. Los parámetros fundamentales se describen a continuación:

Parámetros técnicos clave en sensores de monitoreo del espectro (explicados en términos operativos)

Parámetro	Explicación y utilidad práctica
Rango de frecuencia	Define las bandas que el equipo puede observar. Determina si el sensor puede monitorear servicios como FM, TV, TDT, VHF, UHF y redes móviles IMT .
Sensibilidad (Noise Floor)	Capacidad del equipo para detectar señales muy débiles. Permite identificar transmisiones lejanas o de baja potencia, por ejemplo, emisoras rurales o señales provenientes de zonas distantes. También depende de la topografía.
Rango dinámico	Permite medir señales débiles incluso cuando existen transmisores muy potentes cercanos. Es importante en puntos con alta concentración de emisoras o estaciones, depende de la selección del punto de monitoreo
Resolución espectral (RBW)	Permite identificar señales que están muy próximas en frecuencia. Por ejemplo, en sistemas donde los canales están separados por 12.5 kHz , el equipo debe utilizar una RBW de aproximadamente 10 kHz o menor para diferenciar claramente cada señal.
Ancho de banda de análisis en tiempo real (RTBW)	Determina cuánto espectro puede observar el equipo simultáneamente sin perder eventos breves. Es útil para detectar señales de muy corta duración , del orden de milisegundos, utilizadas por algunos sistemas complejos.
Precisión de amplitud	Indica la exactitud con la que el equipo mide el nivel de potencia de una señal. Permite comparar mediciones a lo largo del tiempo o detectar cambios significativos en el comportamiento de una transmisión.
Preselector RF	Sistema interno que filtra señales fuertes antes de que ingresen al receptor. Evita saturación del equipo en entornos urbanos con muchos transmisores.
Preamplificador	Amplifica señales débiles antes de su análisis. Mejora la capacidad de detectar transmisiones lejanas.
Operación continua (24/7)	Permite que el sensor funcione automáticamente todo el tiempo, generando estadísticas de ocupación del espectro durante días, semanas o meses.
Interfaz de integración con plataformas	Permite que el sensor envíe datos a plataformas centrales de análisis. Esto es esencial para integrar el sensor en redes de monitoreo de próxima generación y sistemas de análisis del espectro.

Definir rangos razonables de desempeño permite que **distintos fabricantes ofrezcan soluciones equivalentes** y evita sesgos involuntarios en los procesos de adquisición.

2.4. Considerar el entorno radioeléctrico donde operarán los sensores

No todas las estaciones de monitoreo operan bajo las mismas condiciones. Es recomendable diferenciar al menos dos tipos de entorno:

Entorno	Características
Urbano	gran número de transmisores y altos niveles de señal
Rural o remoto	menor congestión radioeléctrica

Los sensores destinados a entornos urbanos muy congestionados pueden requerir características adicionales para evitar la saturación del receptor, mientras que en entornos rurales estas capacidades pueden no ser necesarias.

2.5. Adoptar arquitecturas heterogéneas de red

La experiencia internacional demuestra que las redes de monitoreo más eficientes **no utilizan un único tipo de sensor**, sino que combinan distintos tipos de estaciones en una arquitectura heterogénea.

Tipo de estación	Función
Sensores de monitoreo continuo	cobertura territorial y estadísticas de ocupación
Unidades especializadas transportables o portátiles	investigación de interferencias y radiolocalización

Este enfoque permite **maximizar la cobertura territorial y optimizar el uso de recursos públicos**, evitando que todas las estaciones tengan que incorporar las capacidades técnicas más avanzadas.

3. Sesgos derivados de hojas técnicas de fabricantes

Uno de los principales retos para las administraciones regulatorias al modernizar sus redes de monitoreo del espectro consiste en definir **especificaciones técnicas apropiadas en los procesos de adquisición**, de modo que se garantice la capacidad operativa requerida sin introducir requisitos innecesarios que incrementen significativamente el costo del despliegue.

En la práctica, es frecuente que los procesos de adquisición incorporen especificaciones extremadamente exigentes que, aunque técnicamente atractivas, no siempre responden a las necesidades operativas reales de la administración. Como resultado, pueden adquirirse sensores o sistemas con capacidades muy avanzadas para funciones que podrían realizarse de manera eficiente con equipos de menor complejidad.

Un riesgo adicional surge cuando las especificaciones técnicas se elaboran a partir de **hojas técnicas (datasheets) de equipos específicos disponibles en el mercado**. Cuando no existe una definición clara de los requerimientos operativos, es común que los equipos técnicos analicen primero soluciones comerciales existentes y utilicen sus características como referencia para redactar los pliegos de adquisición. Aunque este enfoque puede parecer práctico, puede conducir a que las especificaciones reflejen decisiones de diseño propias de un equipo en particular, en lugar de responder a los requerimientos funcionales del regulador.

Dado que cada fabricante adopta arquitecturas distintas en sus receptores digitales y analizadores de espectro —por ejemplo, en el procesamiento digital de señal, la organización del ancho de banda de análisis, la implementación de filtros o preselectores y la estructura del software—, reproducir parámetros específicos de un equipo puede excluir soluciones tecnológicamente equivalentes que cumplen plenamente la función requerida.

Por esta razón, resulta recomendable que las especificaciones se formulen **a partir de requerimientos funcionales y de desempeño**, en lugar de replicar parámetros de equipos existentes en el mercado. Este enfoque permite estructurar procesos de adquisición más neutrales, competitivos y técnicamente equilibrados, alineados con los objetivos operativos reales de la administración.

4. Plataformas de monitoreo para redes de próxima generación (PMNGN)

Las redes nacionales de monitoreo del espectro están evolucionando hacia arquitecturas modernas basadas en sensores distribuidos, procesamiento en el borde de la red (edge computing) y plataformas centralizadas de análisis del espectro. En este modelo, las **Plataformas de Monitoreo para Redes de Próxima Generación (PMNGN)** constituyen el núcleo de la arquitectura del sistema, al permitir la integración, correlación y análisis de la información generada por múltiples sensores desplegados en el territorio.

A diferencia de los esquemas tradicionales, en los que cada estación de monitoreo operaba de manera relativamente independiente, las arquitecturas modernas transforman los sensores en nodos de una red integrada de observación del espectro. Cada sensor incorpora capacidades de procesamiento local mediante minicomputadores embebidos, lo que permite realizar análisis preliminares directamente en el sitio de medición antes de transmitir la información a la plataforma central.

Este enfoque arquitectónico combina **procesamiento distribuido (edge computing)** con **capacidad analítica centralizada (cloud computing)**, permitiendo manejar grandes volúmenes de datos espectrales provenientes de múltiples ubicaciones y bandas de frecuencia.

En consecuencia, el valor principal del sistema no reside únicamente en las capacidades individuales de cada sensor, sino en la plataforma que integra y analiza la información generada por toda la red de monitoreo.

4.1. Principales funcionalidades de una PMNGN

- Integra sensores de distintos fabricantes, facilitando la construcción de redes heterogéneas de monitoreo
- Correlaciona automáticamente las mediciones con bases de datos regulatorias de asignaciones y concesiones
- Identifica emisiones no autorizadas o transmisiones fuera de los parámetros técnicos establecidos
- Analiza patrones de ocupación del espectro en el tiempo y el espacio

De esta manera, la red de monitoreo evoluciona hacia un **sistema nacional de inteligencia del espectro**, en el cual los sensores distribuidos alimentan continuamente herramientas avanzadas de análisis que apoyan la toma de decisiones regulatorias basadas en datos.

4.2. Inteligencia Espacial del Espectro

Un elemento distintivo de las redes de monitoreo de próxima generación es la incorporación del concepto de **Inteligencia Espacial del Espectro**, que consiste en analizar el comportamiento del espectro radioeléctrico considerando simultáneamente **sus dimensiones geográficas, temporales y regulatorias**.

En los modelos tradicionales de monitoreo, las mediciones del espectro se realizaban de forma aislada y se analizaban principalmente como observaciones técnicas puntuales. En contraste, las plataformas modernas permiten **correlacionar de forma continua múltiples fuentes de información**, transformando las mediciones en conocimiento operativo para la gestión del espectro.

La inteligencia espacial del espectro surge de la integración de tres elementos principales:

a) Datos de monitoreo distribuidos

Sensores desplegados en el territorio que capturan información sobre el uso real del espectro en distintas bandas de frecuencia. y en diferentes momentos del tiempo.

b) Información regulatoria

Bases de datos que contienen las asignaciones, las concesiones y los parámetros técnicos autorizados para cada servicio o estación radioeléctrica.

c) Análisis geoespacial y temporal

Herramientas analíticas que permiten observar el comportamiento de las emisiones en función de su cobertura geográfica y su evolución a lo largo del tiempo.

Al fusionar estas fuentes de información, las plataformas de monitoreo pueden generar capacidades avanzadas como:

- identificación automática de emisiones no autorizadas mediante comparación con bases de datos regulatorias
- detección de subutilización de bandas asignadas
- generación de mapas dinámicos de ocupación del espectro
- Análisis de tendencias en el uso del espectro a lo largo del tiempo.

Estas capacidades adquieren especial relevancia en un contexto de creciente demanda por el espectro radioeléctrico, impulsada por el despliegue de nuevas tecnologías y servicios de conectividad.

En este escenario, la disponibilidad de información objetiva y actualizada sobre el uso real del espectro se convierte en un insumo fundamental para habilitar **modelos regulatorios más avanzados**, como el uso compartido del espectro (*spectrum sharing*), que permiten optimizar la utilización del recurso sin generar interferencias perjudiciales.

De esta manera, las redes de monitoreo de próxima generación no solo permiten supervisar el uso del espectro, sino también generar **inteligencia regulatoria**, facilitando su gestión eficiente y apoyando la evolución hacia modelos más dinámicos y flexibles de acceso al espectro.

5. Especificaciones para sensores de monitoreo continuo

(FM, TV, TDT, VHF, UHF e IMT)

Parámetro	Especificación técnica neutral recomendada	Justificación técnica (referencias UIT-R)
Rango de frecuencia	Cobertura continua al menos entre 50MHz y 4 GHz	Permite monitorear los principales servicios de radiocomunicaciones (FM, VHF, UHF, TV/TDT e IMT). Compatible con metodologías de monitoreo de espectro descritas en ITU-R SM.1880.
Sensibilidad del receptor (Displayed Average Noise Level -DANL)	≤ -140 dBm/Hz en condiciones típicas de medición	La sensibilidad de un receptor depende del ruido interno, ancho de banda efectivo de ruido y relación señal-ruido requerida , según ITU-R SM.331.
Rango dinámico	≥ 90 dB	Permite detectar señales débiles en presencia de transmisores fuertes, un rango dinámico de al menos 90 dB permite al analizador estar preparado para diferentes intensidades de señal. Este principio es consistente con los criterios de diseño de receptores descritos en la Recomendación ITU-R

Parámetro	Especificación técnica neutral recomendada	Justificación técnica (referencias UIT-R)
		SM.331, la cual establece la necesidad de garantizar suficiente sensibilidad y linealidad en equipos destinados a monitoreo del espectro.
Nivel máximo de entrada	$\geq +10$ dBm	Para proteger la entrada del receptor en presencia de señales muy fuertes.
IP3	$\geq +10$ dBm Urbano $\geq +5$ dBm Rural (valores orientativos)	Este parámetro caracteriza la linealidad del receptor y su capacidad para operar en presencia de señales fuertes sin generar productos de intermodulación que puedan distorsionar las mediciones. Dado que la densidad espectral y el nivel agregado de potencia varían significativamente entre entornos urbanos y rurales, resulta recomendable que este parámetro se especifique considerando el entorno operativo del sistema de monitoreo de manera que se propicie la masificación en áreas amplias, el impacto en costo es de 1 a 3.
Resolución espectral (RBW)	≤ 100 Hz (ajustable)	Permite analizar servicios de diferentes anchos de banda, desde canales estrechos (VHF/UHF) hasta servicios de banda ancha. La elección del ancho de banda influye directamente en la sensibilidad del receptor según ITU-R SM.331 .
Velocidad de exploración	≥ 10 GHz/s	El sensor deberá contar con capacidad de exploración multibanda que permita generar mediciones periódicas del espectro compatibles con los conceptos de observation time y revisit time definidos en la Recomendación ITU-R SM.1880 para mediciones de ocupación. El sensor tendrá como función la adquisición continua de datos espectrales, mientras que el cálculo de los indicadores de ocupación del espectro se realizará en la Plataforma de Monitoreo de Redes de Próxima Generación (PMNGN) o sistema central de análisis.
Precisión de amplitud	± 2 dB o mejor	Adecuada para comparar niveles de señal respecto a un umbral de ocupación sin requerir precisión metrológica de laboratorio.
Interfaz de control	SCPI, TCP/IP o equivalente	Permite integrar sensores de distintos fabricantes dentro de plataformas automatizadas de monitoreo del espectro, conforme al concepto de sistemas integrados descrito en ITU-R SM.1537 .
Operación continua	Capacidad de operación 24/7	Necesario para generar estadísticas horarias, diarias y semanales de ocupación del espectro, conforme a la metodología estadística de ITU-R SM.1880 .
Arquitectura de integración	Compatible con plataformas automatizadas de monitoreo y análisis de datos	Permite consolidar redes de sensores heterogéneas y generar indicadores de uso del espectro para la gestión regulatoria moderna.

Los valores indicados corresponden a parámetros funcionales mínimos derivados de las metodologías de monitoreo del espectro descritas en las recomendaciones UIT-R. Estos valores no corresponden a especificaciones de un equipo o fabricante en particular, sino a niveles de desempeño típicos observados en receptores modernos utilizados en aplicaciones de monitoreo del espectro.

En el monitoreo continuo, el valor del sistema no se basa en una medición puntual, sino en la acumulación estadística de millones de mediciones pequeñas. Eso es exactamente lo que permite **pasar de las campañas de medición a la inteligencia del espectro**.

Nota técnica importante

Para **monitoreo de ocupación del espectro**, no es necesario que los sensores incorporen capacidades avanzadas como:

- demodulación de señales, a excepción de FM que ya viene incluido como básico
- análisis profundo de modulación
- radiolocalización (Direction Finding)
- Análisis en tiempo real de muy alto ancho de banda.

Estas capacidades son útiles en **investigaciones técnicas especializadas**, pero normalmente se realizan con **equipos portátiles o estaciones especializadas**, no con sensores desplegados masivamente en una red nacional.

Ventaja de este enfoque

Definir parámetros equilibrados permite:

- **reducir significativamente el costo de cada sensor**
- **aumentar el número de estaciones desplegadas**
- **mejorar la cobertura territorial del monitoreo**
- **Generar estadísticas más representativas del uso del espectro.**

Este enfoque es coherente con el concepto de **redes de monitoreo de próxima generación**, en las que múltiples sensores de costo moderado alimentan plataformas centrales de análisis capaces de generar **inteligencia del espectro a escala nacional**.

6. Especificaciones para estaciones de monitoreo especializadas

Objetivo: Investigación de interferencias, análisis avanzado del espectro y radiolocalización

Parámetro técnico	Especificación técnica neutral recomendada	Justificación operativa
Tipo de equipo	Receptor de monitoreo del espectro multipropósito, fija portátil o transportable con capacidades de análisis espectral avanzado y radiolocalización	Permite realizar investigaciones técnicas de interferencias, campañas de medición especializadas y localización de emisores. La arquitectura multipropósito proporciona versatilidad operativa al permitir que una misma plataforma tecnológica se configure como estación fija, transportable o portátil según la necesidad del monitoreo. Este enfoque optimiza costos y aumenta la flexibilidad operativa de la red nacional de monitoreo.
Rango de frecuencia	Cobertura continua al menos entre 9 kHz y 8 GHz	Permite investigar interferencias en servicios HF, VHF, UHF, radiodifusión, servicios móviles y otras aplicaciones de microondas bajas utilizadas en radiocomunicaciones.
Sensibilidad del receptor (noise floor)	≤ -145 dBm/Hz en condiciones típicas de medición	Permite detectar emisiones débiles durante investigaciones de interferencias y campañas de búsqueda de señales.
Rango dinámico	≥ 120 dB	Permite detectar señales débiles en presencia de transmisores cercanos de alta potencia, condición frecuente en entornos urbanos densos.
Nivel máximo de entrada	$\geq +10$ dBm con protección contra sobrecarga	Reduce el riesgo de saturación del receptor durante mediciones en proximidad a transmisores de alta potencia.

Parámetro técnico		Especificación técnica neutral recomendada	Justificación operativa
IP3	> +10 dBm	Este parámetro caracteriza la linealidad del receptor y su capacidad para operar en presencia de señales fuertes sin generar productos de intermodulación que puedan distorsionar las mediciones.	
Linealidad del receptor		Diseño de alta linealidad para minimizar productos de intermodulación	Permite realizar mediciones confiables en entornos con alta densidad espectral.
Ancho de banda instantáneo en tiempo real (RTBW)		≥ 25 MHz	Permite observar simultáneamente segmentos amplios del espectro y detectar señales transitorias o intermitentes, particularmente en bandas de sistemas móviles de banda ancha como LTE o tecnologías similares.
Resolución espectral (RBW)		Ajustable al menos entre 1 Hz y 100 kHz	Permite analizar tanto señales de banda estrecha como emisiones de mayor ancho de banda durante investigaciones técnicas.
Precisión de amplitud		≤±2 dB	Adecuada para mediciones comparativas de niveles de señal durante investigaciones de interferencias.
Precisión / estabilidad de frecuencia		≤ 0.5 ppm o mejor	Permite identificar correctamente emisiones y compararlas con asignaciones regulatorias.
Detectores de señal		Detectores Peak y RMS	Permiten caracterizar diferentes tipos de señales durante el análisis espectral.
Capacidad de registro de datos		Almacenamiento local de espectrogramas, niveles de señal y registros de eventos espectrales	Permite documentar campañas de medición e investigaciones técnicas.
Interfaces de comunicación		USB, Ethernet u otras interfaces equivalentes	Permite conexión a computadores portátiles o sistemas de análisis.
Software de análisis		Herramientas de visualización espectral, análisis de señales y registro de mediciones	Facilita la identificación y caracterización de interferencias.
Georreferenciación		GNSS integrado o compatible	Permite registrar la ubicación geográfica de las mediciones durante campañas de campo georreferenciando correctamente la información.
Modo portátil		Operación autónoma con batería recargable y pantalla integrada	Permite realizar mediciones directamente en campo por personal técnico.
Modo transportable / vehicular		Posibilidad de instalación en vehículos de monitoreo o sistemas transportables	Permite realizar campañas de medición móviles o despliegues temporales.

6.1. Radiogoniometría manual

Parámetro técnico	Especificación técnica neutral recomendada	Justificación operativa
Compatibilidad con antenas directivas	El receptor deberá ser compatible con antenas directivas calibradas para los diferentes rangos de frecuencia	Permite realizar la búsqueda inicial de emisores mediante técnicas de orientación manual o asistida, práctica común en investigaciones de interferencias.
Configuración de antenas directivas	Posibilidad de utilizar antenas direccionales intercambiables optimizadas para diferentes bandas	Permite mejorar la ganancia direccional y la precisión de localización en diferentes rangos de frecuencia.

Parámetro técnico	Especificación técnica neutral recomendada	Justificación operativa
	de frecuencia y que cubran el rango de frecuencias del receptor.	
Polarización de antena	Compatible con polarización vertical u horizontal , dependiendo de la antena utilizada	Permite adaptarse a distintos tipos de servicios de radiocomunicación.
Visualización direccional de señal	Visualización de nivel de señal en función de la orientación de la antena	Permite identificar la dirección de máxima recepción durante la búsqueda manual de emisores.
Georreferenciación de mediciones	Integración con GNSS para registro de posición durante mediciones	Permite correlacionar las mediciones direccionales con la ubicación geográfica durante campañas de campo.

6.2. Radiogoniometría automática (DF)

Parámetro técnico	Especificación técnica neutral recomendada	Justificación operativa
Método de radiogoniometría	Compatible con técnicas de radiolocalización tales como Watson-Watt, interferometría correlativa u otros métodos equivalentes	Permite estimar automáticamente la dirección de llegada de emisiones radioeléctricas utilizando diferentes tecnologías disponibles en el mercado.
Cobertura angular	360° de cobertura azimutal	Permite determinar la dirección de llegada de señales desde cualquier orientación.
Precisión de radiogoniometría (bearing accuracy)	$\leq 2^\circ$ RMS en condiciones nominales de señal	Precisión adecuada para investigaciones de interferencias y campañas de búsqueda de emisores.
Relación señal-ruido mínima para precisión DF	Precisión especificada para señales con $SNR \geq 10$ dB	Define condiciones mínimas de señal para garantizar la precisión del sistema de radiogoniometría.
Inmunidad a multitrayecto (multipath immunity)	Sistema DF con algoritmos de mitigación de multitrayecto	Mejora la precisión de radiolocalización en entornos urbanos complejos donde predominan reflexiones de señal.
Tiempo de estimación de dirección	Estimación de dirección cercana a tiempo real	Permite seguimiento dinámico de emisores durante campañas móviles.
Configuración de antenas DF	Compatible con antenas de radiogoniometría de banda ancha o arreglos de antenas equivalentes	Permite estimar la dirección de llegada de señales en múltiples bandas.
Operación DF móvil	Capacidad de operación en modo estacionario o vehicular	Permite realizar campañas de búsqueda de emisores y triangulación desde diferentes ubicaciones.
Visualización del bearing	Presentación gráfica de dirección de llegada y registro de mediciones	Facilita la interpretación de resultados durante investigaciones de interferencias.

7. Consideraciones finales para las administraciones

La modernización de las redes de monitoreo del espectro representa una oportunidad para que administraciones regulatorias evolucionen de modelos tradicionales basados en estaciones

aisladas hacia arquitecturas distribuidas de observación del espectro apoyadas en plataformas avanzadas de análisis de datos.

En este contexto, la definición adecuada de las especificaciones técnicas en los procesos de adquisición resulta un elemento clave para garantizar que los sistemas implementados respondan de manera efectiva a los objetivos operativos de la administración, evitando tanto la sobreespecificación innecesaria como la adopción de requisitos que limiten la competencia tecnológica.

La adopción de especificaciones basadas en **criterios funcionales y de desempeño**, junto con arquitecturas de monitoreo apoyadas en **sensores distribuidos y plataformas centralizadas de análisis**, permite optimizar el uso de los recursos públicos y facilitar el despliegue de redes de monitoreo escalables, tecnológicamente abiertas y alineadas con las recomendaciones internacionales de la UIT-R.

En este sentido, esta contribución busca aportar elementos orientativos que puedan servir de referencia a las administraciones de la región al estructurar procesos de adquisición neutrales y técnicamente equilibrados, favoreciendo el desarrollo de **redes de monitoreo del espectro de próxima generación capaces de generar inteligencia regulatoria para una gestión más eficiente del recurso radioeléctrico.**