FICHA TÉCNICA
SENSORES DE MONITOREO MULTIPROPÓSITO

1. Especificaciones Generales para los Equipos y Elementos Requeridos:

1.1 Calidad y Compatibilidad:

1.1.1. El contratista debe garantizar la compatibilidad entre todos y cada uno de los componentes de los Sensores de Monitoreo Multipropósito.
1.1.2. El sistema permitirá la extracción de resultados de medición mediante la transferencia de ficheros en formato estándar.
1.1.3. El contratista proporcionará la documentación relativa a los protocolos y estándares de comunicación y control de los equipos que componen la solución.
1.1.4. Es obligación del contratista suministrar y adecuar todos y cada uno de los bienes requeridos por la entidad y los que hagan parte de su propuesta, incluyendo los manuales de uso de los instrumentos y equipos, en cuanto a instalación, funcionamiento y operación de estos.
1.1.5. Todos y cada uno de los bienes deben ser nuevos. No se aceptan bienes de segunda mano o remanufacturados.
1.1.6. Cualquier licencia de software que sea requerida para el funcionamiento y operación del sistema debe ser provista por el contratista a perpetuidad, sin costos adicionales para la ANE.
1.1.7. El contratista será enteramente responsable por almacenamiento, custodia, buen manejo y transporte de los bienes hasta que la solución sea entregada y recibida integralmente por el supervisor del contrato.
1.1.8. Todos los costos asociados al transporte, nacionalización, configuración, entrega en Bogotá en la sede de la ANE, transferencia de conocimiento, soporte y garantía posventa, así como todos los gastos directos e indirectos estarán a cargo del contratista hasta el recibo a satisfacción de la solución integral por parte de la ANE.
1.1.9. La propuesta técnica y económica deberá contemplar, de manera exhaustiva y detallada, todos los accesorios, componentes y sistemas complementarios necesarios para llevar a cabo la instalación física, la conexión eléctrica y la puesta en servicio operativa del conjunto de antenas y sensor que conforman el sistema de monitoreo y radiogoniometría (DF), según corresponda para cada sensor.

En este sentido, el oferente deberá incluir, como mínimo y sin que esta enumeración tenga carácter limitativo, los siguientes elementos:

Accesorios para la antena de radiogoniómetro (DF)

Se entenderán como tales todos aquellos componentes que permitan el montaje, orientación, fijación y conexión de la antena DF al mástil o estructura de soporte. Esto incluye, de manera enunciativa, los siguientes ítems:

- Soportes mecánicos de fijación, abrazaderas, bridas y adaptadores específicos para el modelo de antena ofertado.
- Elementos de ajuste y nivelación que permitan el alineamiento preciso del conjunto.
- Conectores, acopladores y adaptadores de impedancia para la correcta transmisión de la señal hacia el equipo receptor.

- Cables de interconexión con las longitudes necesarias, debidamente terminados y protegidos, incluyendo su blindaje y conexión a tierra.
- Protecciones contra sobretensiones (pararrayos / descargadores de gas) para resguardar el equipo ante descargas eléctricas atmosféricas.

Accesorios para la antena de monitoreo

De manera análoga, se deberán incluir todos los elementos requeridos para la instalación y operación de la antena destinada a tareas de monitoreo de espectro, considerando al menos:

- Soportes estructurales y bases de anclaje, diseñados para resistir las cargas mecánicas propias del viento y condiciones climáticas adversas.
- Sistemas de articulación o rotación, en caso de que la antena requiera movilidad.
- Cables de alimentación (en caso de contar con preamplificadores activos) y cables de radiofrecuencia con sus respectivos conectores normalizados.
- Kits de fijación para el tendido de cableado, canaletas protectoras y elementos de sujeción a la torre o mástil.
- Dispositivos de adaptación de impedancia y filtros si fuesen necesarios según el rango de frecuencias de operación.

1.1.10. Los accesorios para la solución (Sensores y antenas) pueden variar significativamente según el diseño y las especificaciones del fabricante. No obstante, independientemente del modelo o la marca, estos componentes deben cumplir con tres funciones esenciales: garantizar una instalación segura y precisa, proporcionar estabilidad mecánica frente a condiciones ambientales adversas (viento, lluvia o vibraciones), y asegurar la operatividad continua del sistema sin interferencias ni pérdidas de señal.

Sistema de anclaje, estructura de soporte y cableado general

La propuesta deberá incluir igualmente el sistema integral de anclaje y fijación al terreno o a la infraestructura existente, así como todo el cableado necesario para interconectar los distintos subsistemas. Este punto comprende, sin limitarse a ello:

- Bases de hormigón o placas de anclaje metálicas, pernos de expansión, tensores y tornillería en general, con los grados de resistencia adecuados para la carga estática y dinámica prevista.
- Mástiles, torres o pórticos, incluyendo sus accesorios de arriostramiento (vientos, tensores y aisladores).
- Cableado de alimentación eléctrica y de comunicaciones (Ethernet, USB, etc.), incluyendo canaletas y bandejas portacables, si ello se requiere.
- Sistema para protección contra descargas eléctricas y estática, con sus correspondientes jabalinas, conectores y comprobadores de continuidad.

Otros accesorios necesarios para la correcta instalación

Además de los puntos anteriores, se considerarán como parte de la propuesta todos aquellos elementos auxiliares que, aunque no estén explícitamente

enumerados en este documento, resulten imprescindibles desde un punto de vista técnico para garantizar:

- La integridad mecánica del conjunto frente a cargas de viento, vibraciones, fatiga de materiales y efectos sísmicos (según la zona de instalación).
- La estanqueidad y protección frente a agentes externos como lluvia, polvo, humedad y radiación solar.
- Sistema de conectividad.
- Sistema eléctrico.
- La señalización visual y etiquetado de todos los componentes, cables y conexiones, conforme a la normativa vigente.
- Cualquier herramienta especial, plantillas de montaje, o dispositivos de calibración que sean requeridos para una instalación precisa y segura.

1.2 Diseño:

1.2.1. Todas las especificaciones técnicas relacionadas en la columna "Requerimiento mínimo base" las tablas 1 y 2 del presente documento son las mínimas requeridas. Por lo tanto, el contratista podrá ofrecer mejores calidades y cantidades a las solicitadas por la entidad, tomando como referencia la columna "Especificaciones de Alto Desempeño", la cuales no son objeto de evaluación.
1.2.2. Los bienes que componen la solución deben haber sido fabricados en 2026.
1.2.3. Los sensores, las antenas y los demás elementos que integren la solución deberán conformar un sistema de monitoreo y radiolocalización para Tipo I, y solo monitoreo para Tipo 2, apto para su **instalación temporal y posterior reubicación, cuando aplique,** entre diferentes sitios de interés, de acuerdo con las necesidades de las campañas de medición, búsqueda, análisis y localización de interferencias radioeléctricas definidas por la ANE.
1.2.4. La solución deberá poder instalarse en sitios tales como cubiertas, terrazas o azoteas de edificios; torres, mástiles, postes o estructuras existentes.
1.2.5. La solución no se considera portátil durante su operación ni se requiere que funcione mientras se encuentre en movimiento. Se entenderá como una **estación fija temporal y reubicable**, que deberá permanecer debidamente instalada, nivelada, orientada, asegurada y puesta en funcionamiento durante cada campaña de medición.

1.3. Entrega, Garantía, Soporte y Calibración

1.3.1. Se deberá proveer garantía de tres (3) años para todos y cada uno de los bienes que componen la solución. La garantía se hará efectiva por la ANE en los casos no exonerados por el artículo 16 de la Ley 1480 de 2011.
1.3.2. La garantía técnica postcontractual de todos los bienes de la solución será contada a partir de la fecha de firma por parte del supervisor del "acta de entrega y recibo a satisfacción".
1.3.3. Se deberá proveer soporte y mantenimiento preventivo en sitio para todos y cada uno de los bienes que componen solución por un término de tres (3) años, comprendidos dentro del término de garantía de los equipos a partir de la fecha de firma por parte del supervisor del "acta de entrega y recibo a satisfacción".

1.3.4. Durante los tres (3) años de la garantía, el contratista deberá efectuar el mantenimiento preventivo a los equipos de la presente contratación por lo menos una (1) vez al año, independientemente del lugar en el que se encuentren instalados; incluyendo los repuestos y mano de obra que se requieran, así como actualizar a la última versión disponible del software, con su respectivo firmware, sin costo alguno para la ANE.

1.3.5. Se deberán realizar pruebas de aceptación de los equipos en las instalaciones de la ANE con el acompañamiento del personal técnico delegado por el fabricante y también pruebas de funcionamiento durante la entrega de los elementos que componen la solución, con el fin de garantizar su estabilidad y realizar ajustes, minimizando riesgos en su puesta en funcionamiento.

1.3.6. Al momento de la "entrega y recibo a satisfacción" el contratista deberá suministrar en medio electrónico toda la documentación del proyecto: guía de inicio rápido, manuales de uso, manual de operación del software, manuales de mantenimiento, fichas técnicas, garantías, esquemáticos de conexión, manuales de instalación, plantillas de configuración, usuarios, contraseña y demás que sean requeridos por la supervisión (en español o traducción simple al español).

1.3.7. Durante el periodo de garantía, el contratista deberá realizar el mantenimiento correctivo requerido para subsanar los fallos o defectos de los equipos suministrados que sean atribuibles a su fabricación, independientemente del lugar del territorio nacional en el que se encuentren instalados. Esta obligación incluirá el diagnóstico, la asistencia técnica, los desplazamientos, el transporte, los repuestos, la mano de obra, la configuración, las pruebas y la puesta nuevamente en funcionamiento, sin costo alguno para la ANE.

1.3.8. El contratista deberá entregar los sensores calibrados y garantizar la duración de dicha calibración durante el periodo de la garantía técnica postcontractual.

2. Niveles de Soporte y Tiempos de Atención

El contratista deberá prestar el servicio de soporte técnico durante el periodo contractual y de garantía, asegurando la atención oportuna de las fallas, incidentes o degradaciones que afecten la disponibilidad, operación o desempeño de los equipos y componentes suministrados. Para el cumplimiento de esta obligación, el contratista deberá:

2.1 El servicio de soporte técnico deberá operar como un punto único de recepción y gestión de incidentes reportados por la ANE, habilitando canales formales como correo electrónico, línea telefónica o plataforma en línea para recibir, registrar, clasificar, diagnosticar y atender cada caso.

En este marco, se establece que, ante cualquier evento de indisponibilidad, el contratista deberá realizar un diagnóstico preliminar para determinar el origen de la falla, de modo que la imputación de responsabilidades o la activación de la sustitución del equipo solo proceda una vez verificada la causa del incidente, evitando así acciones prematuras que no se correspondan con el diagnóstico técnico.

Nota 1: Cuando las condiciones particulares de una ubicación establecida por la ANE impidan la aplicación de los plazos previstos en este documento, estos podrán ser ajustados mediante acuerdo entre el (los) supervisor(es) del contrato y el contratista, el cual deberá constar en acta suscrita por ambas partes. De esta manera, los acuerdos

de nivel de servicio reflejarán las condiciones operativas y logísticas de cada emplazamiento.

Nota 2: Cuando la indisponibilidad de una estación no sea atribuible al contratista, por ejemplo cortes de energía o conectividad, restricciones de acceso, caso fortuito, fuerza mayor u otras causas ajenas a su responsabilidad, este deberá reportar dicha circunstancia a la Entidad de manera inmediata y a través de los canales formalmente establecidos, acompañando el reporte con los soportes documentales que permitan verificar la ocurrencia y la temporalidad del evento.

Una vez que la Entidad valide y confirme la situación, se suspenderá el cómputo de los plazos establecidos en los acuerdos de nivel de servicio, contabilizándose dicha suspensión a partir de la fecha y hora del reporte validado. Superadas las causas que motivaron la interrupción, la Entidad notificará al contratista el restablecimiento de las condiciones, momento a partir del cual se reanudará el cómputo de los plazos y el contratista deberá continuar con las actividades que le competen dentro de los términos establecidos.

Nota 3: Las fallas atribuibles a la solución implementada y al funcionamiento de los equipos, sistemas o componentes suministrados en el marco del presente contrato serán atendidas bajo las condiciones de garantía y soporte técnico establecidas en el pliego de condiciones y en el contrato suscrito, sin que ello implique costos adicionales para la Entidad.

En este sentido, el contratista asume la obligación de garantizar la operación de los bienes y servicios durante el período de vigencia de la garantía, respondiendo por cualquier defecto, falla o mal funcionamiento que se presente, siempre que su origen sea imputable a la calidad del equipo, configuración o puesta en operación.

Por el contrario, aquellas situaciones ajenas al objeto del contrato tales como eventos externos, interferencias de terceros, condiciones ambientales adversas no previstas, o cualquier otra circunstancia que no derive de la responsabilidad del contratista no serán objeto de cobertura en el presente anexo técnico.

2.2 Garantizar la atención de los incidentes de acuerdo con su nivel de severidad, como mínimo bajo los siguientes parámetros:

- **Severidad 1, crítica:** se consideran como tales aquellos incidentes que ocasionen la indisponibilidad total de un sensor, equipo o función esencial. En estos casos, el contratista deberá proporcionar una respuesta inicial en un plazo máximo de dos (2) horas hábiles y ejecutar una solución o medida de contingencia que podrá incluir diagnóstico remoto o ajustes operativos dentro de las ocho (8) horas hábiles siguientes. La respuesta y el diagnóstico remoto inicial se mantendrán dentro de los plazos establecidos por la Entidad.

  Nota 1: Si la naturaleza de la falla exige una intervención presencial, el tiempo de atención en sitio se fijará entre veinticuatro (24) y setenta y dos (72) horas, según la ubicación y las condiciones de accesibilidad de cada estación: veinticuatro (24) horas para los emplazamientos de acceso

inmediato, y hasta setenta y dos (72) horas para aquellos remotos o de acceso restringido, considerando los permisos de ingreso, las condiciones de seguridad, las distancias de desplazamiento y la disponibilidad de medios de transporte.

Nota 2: Cuando la indisponibilidad sea atribuible a una falla del equipo suministrado por el contratista, el tiempo total de atención se contabilizará desde la etapa de diagnóstico y hasta la solución definitiva del caso. Si la naturaleza de la falla así lo requiere, las partes podrán acordar un plazo para la reparación o el reemplazo definitivo del bien, el cual no podrá exceder de dos meses y medio (2.5 meses). Dicho plazo deberá ser debidamente justificado por el contratista mediante la documentación técnica que soporte los tiempos estimados para la reparación, y será formalizado entre el contratista y el(los) Supervisor(es) del contrato.

No obstante, lo anterior, el contratista garantizará una respuesta técnica dentro de un plazo de veinticuatro (24) a cuarenta y ocho (48) horas, contadas a partir de que la unidad o equipo haya ingresado a sus instalaciones. Asimismo, el traslado del equipo por el contratista desde la estación hasta sus instalaciones no podrá superar las cuarenta y ocho (48) horas.

- **Severidad 2 – Media:** se consideran como tales aquellos incidentes que, sin llegar a provocar la indisponibilidad total del sistema, degraden significativamente las capacidades de medición, monitoreo, radiolocalización, procesamiento, almacenamiento o transmisión de información, afectando parcialmente el rendimiento o la calidad del sistema. En estos casos, el contratista deberá emitir una respuesta inicial en un plazo máximo de cuatro (4) horas y resolver el incidente de manera definitiva dentro de las cuarenta y ocho (48) horas siguientes, contadas a partir de la recepción del reporte validado por la Entidad.

- **Severidad 3 – Baja:** comprende aquellos incidentes que no afectan la continuidad operativa del sistema, así como consultas técnicas, ajustes menores, solicitudes de información o requerimientos de soporte no críticos. El contratista deberá emitir una respuesta inicial en un plazo máximo de ocho (8) horas y, en caso de requerirse, acordará con la Entidad un plazo razonable para su solución. Dicho plazo deberá quedar formalizado mediante comunicación escrita, y el contratista mantendrá informada a la Entidad sobre el avance de la gestión hasta su cierre definitivo.

2.3 **Realizar el diagnóstico remoto inicial** y ejecutar las acciones necesarias para restablecer el servicio dentro de los tiempos establecidos. Cuando no sea posible resolver el incidente de manera remota, el contratista deberá coordinar y realizar la atención en sitio dentro de las setenta y dos horas hábiles siguientes al reporte o al diagnóstico que determine la necesidad de desplazamiento.

2.4. **Implementar medidas de contingencia** cuando la solución definitiva requiera un plazo superior al establecido para la severidad correspondiente. Estas medidas deberán permitir la continuidad total o parcial de las funciones críticas mientras se realiza la reparación definitiva.

2.5. **Disponer de personal técnico competente**, con conocimiento y experiencia comprobable en los equipos, antenas, accesorios, software firmware y aplicaciones objeto del contrato. Cuando resulte necesario, deberá garantizarse el escalamiento del incidente al fabricante.

2.6. **Mantener actualizados los canales de soporte y escalamiento**, indicando como mínimo los medios de contacto, horarios de atención, responsables, niveles de escalamiento y mecanismos para consultar el estado de cada solicitud.

2.7. **Asignar a cada incidente un número único de identificación** y conservar su trazabilidad desde el momento del reporte hasta el cierre. El registro deberá contener, como mínimo, fecha y hora del reporte, nivel de severidad, diagnóstico, acciones realizadas, tiempos de atención, solución aplicada y fecha de cierre.

2.8. **Informar oportunamente a la ANE sobre el estado del incidente**, especialmente cuando exista riesgo de incumplimiento de los tiempos establecidos, se requiera escalamiento al fabricante o sea necesario aplicar una medida de contingencia.

2.9. **Realizar las reparaciones, reposiciones y actualizaciones cubiertas por la garantía**, incluyendo los costos asociados con diagnóstico, mano de obra, repuestos, transporte, seguros, envío a fábrica, retorno, configuración y pruebas, cuando la falla sea atribuible a defectos de fabricación o a los bienes suministrados.

2.10. **Garantizar la disponibilidad de repuestos, accesorios y componentes esenciales** durante el periodo de soporte y garantía, directamente o por medio del fabricante. El contratista deberá prevenir que la falta de repuestos prolongue injustificadamente la indisponibilidad de los equipos.

2.11. **Ejecutar las actividades de mantenimiento y reparación** de manera que no se alteren las configuraciones, registros, licencias o información almacenada. Cuando exista riesgo de pérdida de información, deberá comunicarlo previamente a la ANE y aplicar las medidas de respaldo correspondientes.

2.12. **Entregar un informe técnico por cada mantenimiento, reparación o intervención**, dirigido al supervisor del contrato. El informe deberá identificar el equipo intervenido, describir la falla, consignar el diagnóstico, relacionar las actividades realizadas, indicar los componentes reparados o reemplazados y documentar las pruebas efectuadas para verificar el restablecimiento del servicio.

2.13. **Presentar un reporte mensual de niveles de servicio**, que incluya como mínimo:

- Número de incidentes por nivel de severidad.
- Tiempos de respuesta y resolución.
- Incidentes abiertos, cerrados y recurrentes.
- Medidas de contingencia aplicadas.
- Equipos reparados o reemplazados.
- Causas identificadas y acciones preventivas o correctivas.

2.14 **Analizar los incidentes críticos o recurrentes** y presentar, cuando sea requerido por la ANE, el correspondiente análisis de causa raíz y el plan de acciones correctivas destinado a evitar su repetición.

2.15 **Cumplir los tiempos establecidos en los ANS** sin perjuicio de que, para reparaciones especializadas que requieran traslado a fábrica, se acuerde un plazo adicional con la ANE. La autorización de un plazo adicional no eximirá al contratista de implementar las medidas de contingencia o de suministrar el equipo de reemplazo correspondiente.

2.16 **Asegurar que el soporte prestado por el fabricante** se encuentre bajo su coordinación y responsabilidad. La participación de terceros no eximirá al

contratista del cumplimiento de los tiempos, obligaciones y resultados establecidos contractualmente.

En las tablas 1 y 2, se describe las características técnicas de los sensores y antenas requeridos:

Tabla 1. Especificaciones Técnicas de los equipos de las estaciones Tipo I

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
1	**Sensor Multipropósito**		
1.1	**Rango de Frecuencias**	9 kHz a 6 GHz	Se puede ofrecer un rango mayor mientras cumpla con el mínimo requerido.
1.2	**Ancho de Banda Instantáneo (IBW)**	≥ 40 MHz (para captura de portadoras LTE/5G completas)	≥ 100 MHz (para análisis de bandas anchas de 5G NR y señales de radar de banda ancha)
1.3	**Exactitud de Frecuencia**	≤ 0.5 ppm, acreditable mediante la especificación del oscilador interno declarada por el fabricante o mediante el desempeño del sistema continuo del oscilador (GPSDO) gobernado por el receptor GNSS/GPS integrado, según la arquitectura de diseño del equipo ofertado	Exactitud de frecuencia nativa ≤ 0.01ppm (mediante oscilador tipo OCXO) o disciplinada por GPS/GNSS de forma continua
1.4	**Ancho de banda de resolución (RBW)**	≤ 100 Hz (ajustable por software), con capacidad de ajuste continuo	≤ 10 Hz (para análisis fino de portadoras y ruido de fase)
1.5	**Velocidad de Escaneo (Scanning Speed)**	El proponente deberá certificar cuál es la velocidad máxima de escaneo (Scanning Speed) del equipo y el Ancho de Banda de Resolución (RBW) al que se logra esa velocidad	≥ 50 GHz/s y especificar el RBW al que se logra este valor.
1.6	**Figura de Ruido (Noise Figure)**	< 14 dB (1 a 44 MHz), < 15 dB garantizado con 12 dB típico (44 MHz a 3 GHz) y < 22 dB (3 a 8 GHz), con atenuador en 0 dB y sin preamplificador. En la porción de 3 a 6 GHz queda por encima del máximo de 12 dB exigido para toda la banda.	
1.7	**Sensibilidad (DANL)**	≤ -150 dBm/Hz (DANL típico, medido según ITU-R SM.1840)	≤ -160 dBm/Hz (receptor de ultra alta sensibilidad para detección de señales clandestinas)
1.8	**Rango Dinámico (Libre de Intermodulación de Tercer Orden TOI-DR)**	≥ 105 dB en el rango de 9 kHz a 3 GHz ≥ 100 dB en el rango de 3 GHz a 6 GHz Condición de medición para verificar: Frecuencia de referencia: 1 GHz. RBW: 1 Hz	≥ 115 dB de manera uniforme en toda la banda de operación (receptor HDR con arquitectura de alto rango dinámico)
1.9	**Punto de Intercepción IP3 - TOI (Linealidad)**	IP3 garantizado: ≥ +20 dBm (3 MHz a 44 MHz), ≥ +4 dBm (44 MHz a 3 GHz), ≥ +4 dBm (3 GHz a 8 GHz) y con típicos de + 10dBm o + 12 dBm a + 14 dBm. Para el rango comprendido entre 9 kHz y 3 MHz, el oferente deberá declarar el valor garantizado o típico disponible, junto con las condiciones de medición, para efectos de conocimiento técnico.	≥ +15 dBm a máxima sensibilidad (receptor HDR de alto rango dinámico)
1.10	**Exactitud de Amplitud**	±2.0 dB o mejor (medición absoluta de nivel de señal)	±0.5 dB o mejor (clase de precisión para referencia primaria)

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
1.11	**Rango de Nivel de Entrada Máximo**	≥ +15 dBm (sin daño al receptor)	≥ +25 dBm (protección contra transmisores de alta potencia cercanos)
1.12	**Procesamiento de Señal en Borde (Edge Processing)**	El sensor deberá incorporar capacidades de procesamiento de señales en el borde (edge processing) que permitan la operación autónoma, la reducción de la carga de datos en el backhaul y la generación local de información procesada. -Capacidad de procesamiento local (mediante FPGA, CPU de alto rendimiento, o una combinación de ambas) que le permita ejecutar, en tiempo real, funciones de procesamiento de señales que incluyan al menos: Cálculo de FFT para análisis espectral, Detección automática de señales por umbral de potencia, Generación de espectros en tiempo real y espectrogramas. - El sensor deberá ser capaz de ejecutar análisis y generar alertas de forma local, sin depender de procesamiento externo, transmitiendo al centro de control únicamente los resultados procesados o los metadatos relevantes.	- FPGA o CPU de alta velocidad con capacidad de procesamiento paralelo o de altas prestaciones que permita manejar anchos de banda instantáneos ≥ 100 MHz y tasas de escaneo ≥ 390 GHz/s - Almacenamiento SSD interno ≥ 1 TB (grado industrial) para procesamiento local y retención de datos ante interrupciones de conectividad - Puerto de expansión para SSD (SATA, NVMe o similar) de fácil acceso, que permita la extracción y reemplazo en campo sin necesidad de desmontar el sensor.
1.13	**Software**	El sistema (sensor + software de control) deberá ser completamente funcional y operativo sin requerir la instalación de software de terceros o la compra de licencias adicionales. Deberá incluir una interfaz de usuario basada en aplicación web (web-based UI) o software embebido que permita su configuración, control, visualización de datos y mediciones esenciales (Numeral 1.14, 1.15 y 1.16) de forma inmediata desde el momento de la entrega.En todo caso el software del sensor deberá tener independencia de software de terceros (propietarios) para su operación, además la licencia de este deberá ser a perpetuidad.	
1.14	**Mediciones esenciales UIT**	Medición de frecuencia Medición de nivel e intensidad de campo Medición de ancho de banda (método β/2 y -X dB)	Medición de frecuencia, Medición de nivel e intensidad de campo, Medición de ancho de banda (método β/2 y -X dB), Medición automática de Potencia de Canal
1.15	**Unidades de medida**	Hz, kHz, MHz, GHz, dBm, dBµV, dBuV/m	Ninguno
1.16	**Modos de Traza**	Normal (Limpiar/Escribir), Promedio, Máximos y Mínimos	
1.17	**Atenuador integrado**	Si, el sensor deberá cumplir los valores establecidos para figura de ruido, sensibilidad y rango dinámico en las condiciones de operación aplicables.	

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
1.18	**Protocolos de comunicación y control**	Exponer interfaces de control y configuración basadas en estándares abiertos de la industria, como por ejemplo SCPI o API Rest o Librerías de desarrollo en Python u otro estándar abierto que permita el control remoto del sensor e integración con sistemas de automatización y software de análisis de terceros	
1.19	**Capacidad de Exportación de Datos**	El software del sensor deberá permitir la exportación de datos de medición (espectros, ocupación de canales, etc.) en formatos de archivo estándar y abiertos, como por ejemplo CSV o XML o JSON u otros; **así como la extracción de datos I/Q**.	
1.20	**Formato de Transmisión de Datos**	Soporte para formato ITU-R SM.2117 (HDF5) y/o streaming VITA 49 / VITA 49.2	Streaming nativo VITA 49.2 + DIFI (IEEE-ISTO Std 4900-2021) para interoperabilidad multi-fabricante
1.21	**Consumo de Energía**	≤ 50 W en condiciones normales de operación y con las funcionalidades requeridas activas.	≤ 15 W (operación pasiva con disipación térmica natural o heat-pipe)
1.22	**Grado de Protección Ambiental (IP Rating)**	IP65, debe tener certificación para garantizar completo hermetismo, al polvo, resistente a la corrosión química y capaz de soportar chorros de agua	IP67 con certificación NEMA 4X y resistencia a corrosión salina (para instalación costera)
1.23	**Rango Térmico de Operación**	-20 °C a +55 °C (operación continua); -40 °C a +70 °C (almacenamiento)	-40 °C a +60 °C (operación continua en climas extremos); certificación MIL-STD-810H deseable
1.24	**Interfaz de Datos**	El oferente deberá acreditar que la capacidad útil y sostenida del enlace es suficiente para transmitir, sin pérdida de muestras, el flujo I/Q máximo en tiempo real ofrecido por el sensor, incluyendo la sobrecarga de los protocolos y conservando margen para metadatos, gestión, sincronización y demás tráfico asociado o proveer una interfaz adicional de red para comunicaciones (Ver numeral 1.26). La acreditación deberá realizarse mediante documentación oficial del fabricante.	Puerto SFP+ que soporte tanto fibra óptica como cobre (SFP+ o RJ45) para máxima flexibilidad Opcional: El sensor podrá contar con interfaces de red que permitan la operación simultánea e independiente de las funciones de transmisión de datos I/Q de alta velocidad y de gestión/control. Se podrá lograr mediante dos puertos físicos dedicados o mediante un único puerto de alta velocidad (≥ 10 Gbps) que, mediante configuraciones de red (VLANs, etc.), garantice el aislamiento y el rendimiento de ambos planos.
1.25	**Conectores de entrada RF**	Conector adecuado para la banda de frecuencia que tenga el equipo. Adaptadores necesarios para conectar todas las antenas provistas.	El sensor podrá contar con interfaces que permitan la conectar las antenas que cubran el rango de operación del sensor.
1.26	**Conectividad de Red - Interfaz de Gestión**	El sensor deberá permitir su conexión a la red mediante: - Conectividad Ethernet, mediante puerto físico para control, gestión, transmisión y metadatos **Ó** - Conectividad celular, mediante módulo LTE y/o 5G embebido en el sensor.	

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
		Nota 1: Cuando el equipo disponga de un único puerto Ethernet para las funciones de gestión, control y transmisión de datos, dicho puerto podrá ser compartido para la interfaz de datos (Ítem 1.24), siempre que su capacidad útil y sostenida sea suficiente para soportar simultáneamente los flujos ofrecidos por el sensor, sin afectar su operación ni producir pérdida de la información requerida. Además, se deberá tener separación efectiva del plano de control, gestión, transmisión y metadatos respecto del plano de datos, con capacidad para las funciones de gestión, acreditable mediante puertos físicos dedicados o mediante segmentación lógica sobre una interfaz de capacidad suficiente para ambos planos, de acuerdo con la arquitectura de diseño del equipo ofertado. **Nota 2:** Cuando el equipo disponga de dos puertos Ethernet, estos podrán destinarse de manera independiente a las funciones de gestión, control, transmisión de datos y del plano de datos, de acuerdo con la arquitectura del fabricante.	
1.27	**Sincronización Temporal**	Receptor GNSS/GPS integrado con disciplina de oscilador; soporte PTP (IEEE 1588) o NTP	Sincronización PTP (IEEE 1588v2) con precisión de sub-nanosegundo para TDoA de alta precisión
1.28	**Alimentación Eléctrica**	PoE++ (IEEE 802.3bt) a través de uno de sus puertos si solo tiene un puerto (Ver Ítem 1.26) ó Alimentación DC externa requerido por el equipo.	PoE++ (IEEE 802.3bt, 90 W) con gestión inteligente de energía; soporte para alimentación solar/remota
1.29	**Formato Físico (SWaP)**	Sensor de diseño compacto optimizado en Tamaño, Peso y Potencia (SWaP); ≤ 15 kg incluyendo disipadores. El valor de peso especificado no incluye mástiles, soportes, herrajes, cables, antenas ni demás accesorios externos de instalación.	≤ 5 kg y ≤ 8 litros (factor de forma ultra-compacto para despliegue en mobiliario urbano)
1.30	**Frecuencia de calibración requerida**	No requerirá calibración durante el tiempo de la garantía (3 años)	

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
1.31	**Arquitectura**	El sensor deberá implementar una arquitectura de receptor basada en Radio Definida por Software (SDR), en la cual la conversión de la señal de radiofrecuencia (RF) a dominio digital se realice mediante convertidores Analógico-Digitales (ADC) de alta velocidad, permitiendo que el procesamiento de señales (demodulación, filtrado, análisis espectral) se ejecute predominantemente en el dominio digital mediante software o firmware configurable. Las funciones de procesamiento, filtrado de canal y demodulación de RF/IF deberán ser implementadas predominantemente mediante software o firmware configurable. Deberá adoptar alguna de las arquitecturas SDR existentes, sin que ninguna de ellas sea excluyente, como, por ejemplo: Muestreo Directo de RF (Direct RF Sampling), Conversión Directa a Banda Base (Zero-IF / Direct Conversion) o Conversión a Frecuencia Intermedia Alta con Muestreo Digital (High-IF Sampling) o Heterodino Digital. El oferente deberá identificar y describir la arquitectura propuesta, así como aportar la documentación técnica que demuestre el cumplimiento de las especificaciones exigidas.	Muestreo Directo de RF (Direct RF Sampling) para máxima estabilidad y eliminación de componentes analógicos
1.32	**Número de Canales**	1 solo canal para Monitoreo de espectro y Radiolocalización. No es necesario que se realicen ambas tareas de manera simultánea, por eso puede tener un solo canal y trabajar de manera serial no paralela.	No requerida
2	**Antena para radiolocalización (DF)**		
2.1	**Rango de Frecuencias**	20 MHz a 6 GHz	
2.2	**DF ancho de banda instantáneo (IBW para DF)**	≥ 20 MHz	Se valorará una IBW para DF de 80 MHz o superior, que permita el direccionamiento de señales 5G NR y sistemas de comunicación modernos de banda ancha.
2.3	**Polarización**	Detectar señales con polarización vertical y horizontal (la polarización necesariamente no debe ser simultanea).	
2.4	**Radiolocalización**	AOA: arreglo de múltiples elementos para calcular la dirección de arribo (AOA) con alta precisión.	
2.5	**Precisión del sistema de DF**	<5° RMS, en áreas libres de reflexiones	≤3°
2.6	**Duración Mínima de señal (Tiempo de Respuesta)**	≤ 3 ms	

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
2.7	**Técnica de DF AOA**	Cualquiera de los especificados en el Manual de Comprobación Técnica del Espectro sección 4.7.2.2, o de reciente desarrollo tecnológico	
2.8	**Grado de Protección Ambiental**	IP65	IP67
2.9	**Arquitectura**	El sistema de antenas para DF deberá ser capaz de operar en modo activo o pasivo, la conmutación entre estos modos debe ser posible de forma remota sin requerir intervención física sobre la antena, ni requerir recalibración del sistema. Utilizar un solo radomo para el sistema de DF.	Suministrar un sistema de antenas que permita tanto el monitoreo de espectro como la radiogoniometría (Direction Finding) en el rango de frecuencias definido para el sensor. El sistema de antenas podrá ser una solución integrada que combine ambas funcionalidades en un único radomo, siempre y cuando esta cumpla con las características técnicas establecidas en los numerales 2.1 a 2.9
3	**Antena para monitoreo**		
3.1	**Rango de Frecuencias**	Antena que opere en la banda de frecuencia del sensor de RF y del procesamiento de señal. Incluir caracterización de la(s) antena(s) para medición de intensidad de campo	El rango de operación de las antenas debe cubrir las bandas de interés definidas para el sensor en principio (9 kHz - 6 GHz), sin embargo, si se ofrece un rango mayor la antena de monitoreo debe cubrir el rango del sensor ofrecido. Incluir caracterización de la(s) antena(s) para medición de intensidad de campo
3.2	**Polarización**	Detectar señales con polarización vertical y horizontal (la polarización necesariamente no debe ser simultanea).	
3.3	**Grado de Protección Ambiental**	IP55	IP67
3.4	**Arquitectura**	El rango de frecuencias de operación se debe cubrir con no más de dos (2) antenas pequeñas, de las cuales deberán tener la opción de funcionar en modo activo o pasivo. Para realizar monitoreo se requiere un patrón omnidireccional que permita captar señales desde cualquier dirección	

Tabla 2. Especificaciones Técnicas de los equipos de las estaciones Tipo II

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
1	**Sensor Multipropósito**		
1.1	**Rango de Frecuencias**	9 kHz a 8 GHz	Se puede ofrecer un rango mayor mientras cumpla con el mínimo requerido.
1.2	**Ancho de Banda Instantáneo (IBW)**	≥ 40 MHz (para captura de portadoras LTE/5G completas)	≥ 100 MHz (para análisis de bandas anchas de 5G NR y señales de radar de banda ancha)
1.3	**Exactitud de Frecuencia**	≤ 0.5 ppm, acreditable mediante la especificación del oscilador interno declarada por el fabricante o mediante el desempeño del sistema continuo del oscilador (GPSDO) gobernado por el receptor GNSS/GPS integrado, según la arquitectura de diseño del equipo ofertado	Exactitud de frecuencia nativa ≤ 0.01ppm (mediante oscilador tipo OCXO) o disciplinada por GPS/GNSS de forma continua

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
1.4	**Ancho de banda de resolución (RBW)**	≤ 100 Hz (ajustable por software), con capacidad de ajuste continuo	≤ 10 Hz (para análisis fino de portadoras y ruido de fase)
1.5	**Velocidad de Escaneo (Scanning Speed)**	El proponente deberá certificar cuál es la velocidad máxima de escaneo (Scanning Speed) del equipo y el Ancho de Banda de Resolución (RBW) al que se logra esa velocidad	1,000 GHz/s (1 THz/s) medido a un RBW de 1 MHz (para monitoreo de espectro en tiempo real de alta densidad)
1.6	**Figura de Ruido (Noise Figure)**	< 14 dB (1 a 44 MHz), < 15 dB garantizado con 12 dB típico (44 MHz a 3 GHz) y < 22 dB (3 a 8 GHz), con atenuador en 0 dB y sin preamplificador. En la porción de 3 a 6 GHz queda por encima del máximo de 12 dB exigido para toda la banda.	≤ 10 dB típico en toda la banda de operación (receptor de ultra bajo ruido)
1.7	**Sensibilidad (DANL)**	≤ -150 dBm/Hz (DANL típico, medido según ITU-R SM.1840)	≤ -160 dBm/Hz (receptor de ultra alta sensibilidad para detección de señales clandestinas)
1.8	**Rango Dinámico (Libre de Intermodulación de Tercer Orden TOI-DR)**	≥ 105 dB en el rango de 9 kHz a 3 GHz ≥ 100 dB en el rango de 3 GHz a 6 GHz Condición de medición para verificar: Frecuencia de referencia: 1 GHz. RBW: 1 Hz	≥ 115 dB de manera uniforme en toda la banda de operación (receptor HDR con arquitectura de alto rango dinámico)
1.9	**Punto de Intercepción IP3 - TOI (Linealidad)**	IP3 garantizado: ≥ +20 dBm (3 MHz a 44 MHz), ≥ +4 dBm (44 MHz a 3 GHz), ≥ +4 dBm (3 GHz a 8 GHz) y con típicos de + 10dBm o + 12 dBm a + 14 dBm. Para el rango comprendido entre 9 kHz y 3 MHz, el oferente deberá declarar el valor garantizado o típico disponible, junto con las condiciones de medición, para efectos de conocimiento técnico.	≥ +15 dBm a máxima sensibilidad (receptor HDR de alto rango dinámico)
1.10	**Exactitud de Amplitud**	±2.0 dB o mejor (medición absoluta de nivel de señal)	±0.5 dB o mejor (clase de precisión para referencia primaria)
1.11	**Rango de Nivel de Entrada Máximo**	≥ +15 dBm (sin daño al receptor)	≥ +25 dBm (protección contra transmisores de alta potencia cercanos)
1.12	**Atenuador integrado**	Si, el sensor deberá cumplir los valores establecidos para figura de ruido, sensibilidad y rango dinámico en las condiciones de operación aplicables.	
1.13	**Modos de Traza**	Normal (Limpiar/Escribir), Promedio, Máximos y Mínimos	
1.14	**Procesamiento de Señal en Borde (Edge Processing)**	El sensor deberá incorporar capacidades de procesamiento de señales en el borde (edge processing) que permitan la operación autónoma, la reducción de la carga de datos en el backhaul y la generación local de información procesada. -Capacidad de procesamiento local (mediante FPGA, CPU de alto rendimiento, o una combinación de	- FPGA o CPU de alta velocidad con capacidad de procesamiento paralelo o de altas prestaciones que permita manejar anchos de banda instantáneos ≥ 100 MHz y tasas de escaneo ≥ 390 GHz/s - Almacenamiento SSD interno ≥ 1 TB (grado industrial) para procesamiento local y retención de datos ante

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
		ambas) que le permita ejecutar, en tiempo real, funciones de procesamiento de señales que incluyan al menos: Cálculo de FFT para análisis espectral, Detección automática de señales por umbral de potencia, Generación de espectros en tiempo real y espectrogramas. - El sensor deberá ser capaz de ejecutar análisis y generar alertas de forma local, sin depender de procesamiento externo, transmitiendo al centro de control únicamente los resultados procesados o los metadatos relevantes.	interrupciones de conectividad - Puerto de expansión para SSD (SATA, NVMe o similar) de fácil acceso, que permita la extracción y reemplazo en campo sin necesidad de desmontar el sensor.
1.15	**Software**	El sistema (sensor + software de control) deberá ser completamente funcional y operativo sin requerir la instalación de software de terceros o la compra de licencias adicionales. Deberá incluir una interfaz de usuario basada en aplicación web (web-based UI) o software embebido que permita su configuración, control, visualización de datos y mediciones esenciales (Numeral 1.13, 1.16, 1.17 y 1.18) de forma inmediata desde el momento de la entrega.En todo caso el software del sensor deberá tener independencia de software de terceros (propietarios) para su operación, además la licencia de este deberá ser a perpetuidad.	
1.16	**Mediciones esenciales UIT**	Medición de frecuencia Medición de nivel e intensidad de campo Medición de ancho de banda (método β/2 y -X dB)	Medición de frecuencia Medición de nivel e intensidad de campo Medición de ancho de banda (método β/2 y -X dB) Medición automática de Potencia de Canal
1.17	**Unidades de medida**	Hz, kHz, MHz, GHz, dBm, dBµV, dBuV/m	Ninguno
1.18	**Modos de Traza**	Normal (Limpiar/Escribir), Promedio, Máximos y Mínimos	
1.19	**Protocolos de comunicación y control**	Exponer interfaces de control y configuración basadas en estándares abiertos de la industria, como por ejemplo SCPI o API Rest o Librerías de desarrollo en Python u otro estándar abierto que permita el control remoto del sensor e integración con sistemas de automatización y software de análisis de terceros.	
1.20	**Capacidad de Exportación de Datos**	El sensor deberá permitir la exportación de datos de medición (espectros, ocupación de canales, etc.) en formatos de archivo estándar y abiertos, como por ejemplo CSV o XML o JSON u otros. **Este Tipo de sensor no requiere que se exporten los datos I/Q.**	

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
1.21	**Consumo de Energía**	≤ 50 W en condiciones normales de operación y con las funcionalidades requeridas activas.	≤ 15 W (operación pasiva con disipación térmica natural o heat-pipe)
1.22	**Grado de Protección Ambiental (IP Rating)**	IP65, debe tener certificación para garantizar completo hermetismo, al polvo, resistente a la corrosión química y capaz de soportar chorros de agua	IP67 con certificación NEMA 4X y resistencia a corrosión salina (para instalación costera)
1.23	**Rango Térmico de Operación**	-20 °C a +55 °C (operación continua); -40 °C a +70 °C (almacenamiento)	-40 °C a +60 °C (operación continua en climas extremos); certificación MIL-STD-810H deseable
1.24	**Conectividad de Red - Interfaz de Gestión**	El sensor deberá permitir su conexión a la red mediante: - Conectividad Ethernet, mediante puerto físico para control, gestión, transmisión y metadatos **Ó** - Conectividad celular, mediante módulo LTE y/o 5G embebido en el sensor. **Nota 1:** Cuando el equipo disponga de un único puerto Ethernet para las funciones de gestión, control y transmisión de datos, dicho puerto podrá ser compartido para la interfaz de datos (Ítem 1.24), siempre que su capacidad útil y sostenida sea suficiente para soportar simultáneamente los flujos ofrecidos por el sensor, sin afectar su operación ni producir pérdida de la información requerida. Además, se deberá tener separación efectiva del plano de control, gestión, transmisión y metadatos respecto del plano de datos, con capacidad para las funciones de gestión, acreditable mediante puertos físicos dedicados o mediante segmentación lógica sobre una interfaz de capacidad suficiente para ambos planos, de acuerdo con la arquitectura de diseño del equipo ofertado. **Nota 2:** Cuando el equipo disponga de dos puertos Ethernet, estos podrán destinarse de manera independiente a las funciones de gestión, control, transmisión de datos y del plano de datos, de acuerdo con la arquitectura del fabricante.	módulos celulares LTE/5G integrados para backhaul remoto
1.25	**Sincronización Temporal**	Receptor GNSS/GPS integrado con disciplina de oscilador; soporte PTP (IEEE 1588) o NTP	

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
1.26	**Alimentación Eléctrica**	PoE++ (IEEE 802.3bt) a través de uno de sus puertos si solo tiene un puerto (Ver Ítem 1.26) ó Alimentación DC externa requerido por el equipo.	PoE++ (IEEE 802.3bt, 90 W) con gestión inteligente de energía; soporte para alimentación solar/remota
1.27	**Formato Físico (SWaP)**	Sesnsor de diseño compacto optimizado en Tamaño, Peso y Potencia (SWaP); ≤ 15 kg incluyendo disipadores. El valor de peso especificado no incluye mástiles, soportes, herrajes, cables, antenas ni demás accesorios externos de instalación.	≤ 5 kg y ≤ 8 litros (factor de forma ultra compacto para despliegue en mobiliario urbano)
1.28	**Conectores de entrada RF**	Conector adecuado para la banda de frecuencia que tenga el equipo. Adaptadores necesarios para conectar todas las antenas provistas.	El sensor podrá contar con interfaces que permitan la conectar las antenas que cubran el rango de operación del sensor.
1.29	**Frecuencia de calibración requerida**	No requerirá calibración durante el tiempo de la garantía (3 años)	
1.30	**Arquitectura**	El sensor deberá implementar una arquitectura de receptor basada en Radio Definida por Software (SDR), en la cual la conversión de la señal de radiofrecuencia (RF) a dominio digital se realice mediante convertidores Analógico-Digitales (ADC) de alta velocidad, permitiendo que el procesamiento de señales (demodulación, filtrado, análisis espectral) se ejecute predominantemente en el dominio digital mediante software o firmware configurable. Las funciones de procesamiento, filtrado de canal y demodulación de RF/IF deberán ser implementadas predominantemente mediante software o firmware configurable. Debera adoptar alguna de las arquitecturas SDR existentes, sin que ninguna de ellas sea excluyente, como, por ejemplo: Muestreo Directo de RF (Direct RF Sampling), Conversión Directa a Banda Base (Zero-IF / Direct Conversion) o Conversión a Frecuencia Intermedia Alta con Muestreo Digital (High-IF Sampling) o Heterodino Digital. El oferente deberá identificar y describir la arquitectura propuesta, así como aportar la documentación técnica que demuestre el cumplimiento de las especificaciones exigidas.	Muestreo Directo de RF (Direct RF Sampling) para máxima estabilidad y eliminación de componentes analógicos
2	**Antena para monitoreo**		

Ítem	Parámetro Técnico	Requerimiento Mínimo (Base)	Especificaciones de Alto Desempeño
2.1	**Rango de Frecuencias**	Antena que opere en la banda de frecuencia del sensor de RF y del procesamiento de señal.	El rango de operación de las antenas debe cubrir las bandas de interés definidas para el sensor en principio (9 kHz - 8 GHz), sin embargo, si se ofrece un rango mayor la antena de monitoreo debe cubrir el rango del sensor ofrecido.
2.2	**Polarización**	Detectar señales con polarización vertical y horizontal (la polarización necesariamente no debe ser simultanea).	
2.3	**Grado de Protección Ambiental**	IP55	IP67
2.4	**Arquitectura**	El rango de frecuencias de operación se debe cubrir con no más de dos (2) antenas pequeñas, de las cuales deberán tener la opción de funcionar en modo activo o pasivo. Para realizar monitoreo se requiere un patrón omnidireccional que permita captar señales desde cualquier dirección	