



43 REUNIÓN DEL COMITÉ
CONSULTIVO PERMANENTE II:
RADIOCOMUNICACIONES
15 al 19 de abril de 2024
Montevideo, Uruguay

OEA/Ser.L/XVII.4.2.43
CCP.II-RADIO/doc. 6000/24
23 marzo 2024
Original: Español

TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA GESTIÓN Y MONITOREO
DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

(Punto del temario: 3.3)

(Documento informativo presentado por TES America)

Impacto en el sector:

La incorporación de tecnologías de vanguardia de la cuarta revolución industrial plantea un cambio de paradigma en la gestión, monitoreo y control del espectro radioeléctrico. Tales tecnologías incluyen la computación en la nube (Cloud computing), la computación de borde (Edge computing), la utilización de receptores digitales compactos que realizan monitoreo continuo y generan grandes volúmenes de datos sobre la ocupación del espectro radioeléctrico, el aprendizaje de máquina (machine learning) y la Inteligencia Artificial. Además, la modalidad de software como servicio (SAAS) se suma a esta transformación. Estas innovaciones facilitan la toma de decisiones informadas de manera más efectiva y rápida, a menores costos y con una implementación sencilla.

Resumen Ejecutivo:

Un sistema de gestión de espectro eficiente es esencial para el desarrollo económico, la innovación tecnológica, el acceso a servicios de comunicación y la mejora de la calidad de vida de cada país. Ayuda a aprovechar al máximo un recurso limitado y a construir una infraestructura de comunicación robusta y competente.

En este sentido, la consolidación de la suite TES Monitor Planning® (TMP) con una estructura modular “web-responsive” enfocada a la información para la acción y centrada en el usuario no experto, se convierte en una importante alternativa para modernizar y/o potenciar los sistemas existentes para la gestión y monitoreo del espectro, mejorando la relación costo-beneficio, además de ser fácil y rápida de implementar y usar,

Este enfoque puede brindar importantes beneficios a las administraciones miembros de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL).

Por otra parte, este enfoque y estas experiencias pueden ser valiosas contribuciones para los trabajos de la Comisión de Estudio 1 de Gestión del Espectro del sector de radiocomunicaciones de la Unión

Internacional de Telecomunicaciones (UIT), las cuales podrían verse reflejadas en las futuras versiones de los Manuales de Gestión y Comprobación Técnica del Espectro.

Objetivo

Dar a conocer los beneficios que las administraciones de Colombia, El Salvador y Uruguay han obtenido con la adopción e integración de las tecnologías 4.0 y el modelo de software como servicio, lo que ha derivado en mayores capacidades y versatilidad, garantizando la seguridad, confidencialidad e integridad de la información, dando cabida a nuevos enfoques que mejoran significativamente las prácticas de gestión del espectro y que pueden ser de utilidad a las administraciones miembros de la CITEL.

Antecedentes

El espectro radioeléctrico dada su esencia etérea, es difícil de interpretar por los sectores políticos y la ciudadanía, para las dependencias involucradas y para los expertos ha sido complejo dar a conocer su importancia como un recurso escaso y estratégico a nivel nacional que requiere atención especial y una gestión eficiente, además para los países en vías de desarrollo y las economías emergentes se suman los siguientes retos:

- **Limitado número de expertos:** La mayoría de los países en vías de desarrollo y con economías emergentes cuentan con un número limitado de expertos, por lo que se dificulta establecer y mantener un sistema de gestión del espectro eficiente. Esto afecta el alcance de supervisión, asignación y control de frecuencias de cualquier administración. De igual forma, el costo de los equipos de monitoreo tradicionales ha limitado el número de estaciones monitoras disponibles en los países con menores presupuestos, lo que ha llevado a proponer el uso de dispositivos de bajo costo en el apoyo de las tareas de monitoreo (Recomendación ITU-R SM.2039-0 y Reporte UIT-R SM.2355-2).
- **Complejidad inherente:** Las soluciones de gestión y monitoreo tradicionales que han sido desplegadas en la mayoría de los países de la región han requerido de un tiempo importante para su implementación, en promedio dos o tres años, son complejas y no es fácil su actualización por las nuevas inversiones que requieren, para los sistemas de monitoreo la cobertura nacional es limitada por los costos de las estaciones fijas tipo UIT y además se necesita que el personal involucrado tenga una formación específica sobre las plataformas adquiridas, lo que limita su explotación y amplia utilización.
- **Regulación y marco legal:** La ausencia de un marco legal claro y competente para la gestión del espectro puede dificultar su eficiencia. La falta de regulación adecuada puede generar inconvenientes para hacer cumplir las normativas, lo que puede dar lugar a la interferencia entre servicios de telecomunicaciones y conflictos en la asignación del espectro radioeléctrico.
- **Uso no autorizado del espectro:** En la mayoría de los casos, un control y vigilancia de frecuencias deficiente da lugar a interferencias entre diferentes servicios de comunicación, generadas entre otras causas por emisiones no autorizadas que hacen uso ilegal del espectro o que incumplen los parámetros técnicos autorizados. Esto se ha equiparado al mismo impacto que tiene un ataque cibernético ya que en el peor de los casos impide las comunicaciones y en los casos más comunes afecta la buena calidad de los servicios y limita la capacidad para satisfacer la creciente demanda de comunicaciones.
- **Falta de coordinación entre entidades gubernamentales:** La gestión del espectro a menudo involucra a múltiples entidades gubernamentales, como agencias de telecomunicaciones, reguladores y autoridades de planificación y entidades que hacen uso del espectro para usos no comerciales (Aeronáuticos, marítimos, científicos). La falta de plataformas que faciliten la coordinación y colaboración entre estas entidades puede dificultar la implementación coherente de un sistema de gestión del espectro.

- **Factores políticos y económicos:** En algunos casos, las decisiones sobre la asignación del espectro pueden estar influenciadas por presiones políticas y económicas; Si el sistema de gestión del espectro no es robusto ni transparente pueden asignarse frecuencias que afectan negativamente la eficiencia y la equidad en el uso del espectro.
- **Cambios tecnológicos rápidos:** La rápida evolución de las tecnologías de comunicación hace difícil y complejo que las administraciones se mantengan al día con los cambios y hace aún más difícil mantener actualizados sus sistemas y adaptar sus políticas y regulaciones de gestión del espectro de manera efectiva.

Tecnologías utilizadas para superar los retos planteados

Los retos en la gestión y monitoreo del espectro se enfrentan mediante una combinación de tecnología, colaboración, regulación y educación, con el objetivo de garantizar un uso óptimo y sostenible de este recurso vital. A continuación se describe el modelo que se desarrolló y las tecnologías utilizadas.

Algoritmos Inteligentes

En concordancia con la recomendación de mejorar la eficiencia en la gestión del espectro, en el modelo de gestión, control y vigilancia se ha adicionado una capa inteligente que permite simplificarlas utilizando Robots de software (RPA's) para los análisis complejos y repetitivos, permitiendo su automatización y la simplificación de las decisiones para asignación y/o control utilizando algoritmos inteligentes sin necesidad de que intervenga un operador experto todo el tiempo. Con el uso de estas capacidades se habilita de manera eficiente un mayor número de profesionales, tanto para la planeación como para la asignación y control del espectro, permitiendo una mejor gestión, en línea con los objetivos de calidad del servicio establecidos en los manuales de gestión y comprobación técnica de la UIT.



Ilustración 1. Modelo de gestión utilizando las tecnologías 4.0

Computación en la Nube

El funcionamiento de la solución en la nube fomenta la colaboración y la coordinación entre las partes interesadas al brindar acceso desde un navegador, sin límite de usuarios y todos consultando un único repositorio de información, con altos estándares de seguridad y disponibilidad, siguiendo las recomendaciones de flexibilidad y adaptabilidad para que fácilmente se personalice por país. La adopción de estas tecnologías reduce los costos de infraestructura (CAPEX) y personal de TI (OPEX), mejora la accesibilidad, permite una mejor experiencia de usuario al experimentar tiempos de respuesta menores y facilita la interconexión entre diferentes entidades gubernamentales y reguladoras.

Receptores digitales compactos y eficiencia energética

En sintonía con la tendencia global de promover prácticas sostenibles, al no requerir servidores in situ y con el enfoque de monitorear de manera continua únicamente los servicios de mayor demanda; FM, TV, e IMT en las bandas VHF & UHF, se pueden utilizar sensores de monitoreo digitales compactos, de bajo costo y de bajo consumo eléctrico, basados en arquitectura de radio definida por software (SDR) con el uso de Procesado Digital de Señal o Digital Signal Processing (DSP), lo que además de disminuir los costos de monitoreo mejora la eficiencia energética en las infraestructuras de gestión y monitoreo del espectro. Esto se alinea con la necesidad de considerar aspectos medioambientales y de sostenibilidad.

Aprendizaje de máquina e Inteligencia Artificial (IA)

La implementación de sensores de monitoreo operativos las 24 horas del día, los 7 días de la semana, genera grandes volúmenes de datos (Big Data) de forma sistemática y organizada sobre la utilización efectiva del espectro radioeléctrico. Esto posibilita la aplicación de técnicas de análisis de datos y aprendizaje de máquina (machine learning) en diversas direcciones. Dentro de la plataforma implementada, se han desarrollado modelos de aprendizaje de máquina que han dado lugar a modelos de propagación adaptativos, los cuales se ajustan y perfeccionan para identificar la ubicación de emisoras de radio autorizadas y no autorizadas. Esta innovación allana el camino para futuros trabajos enfocados en la utilización de IA para la asignación dinámica del espectro, entre otras posibilidades que aún están explorándose.

Casos de Estudio:

En consonancia con el llamado del manual a proporcionar orientación práctica, esta contribución destaca los sistemas implementados en Colombia, Uruguay y El Salvador como casos de estudio. Estos casos ilustran la implementación exitosa de nuevas tendencias tecnológicas en la gestión del espectro, brindando ejemplos tangibles que pueden ser de gran utilidad como casos de mejores prácticas tanto en el manual de gestión como en el de comprobación técnica de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

TES Monitor Planning® (TMP)

TES Monitor Planning® (TMP) ha sido la plataforma implementada, es una suite de varios módulos que permite superar los diferentes retos que se presentan en las administraciones y fortalece procesos que impulsan su transformación digital sostenible, la forma como se abordaron los diferentes desafíos se detalla a continuación:

Concientización

Con el módulo “Análítica y estadísticas de la ocupación del espectro” muestra de forma simple la forma como está siendo utilizado el espectro por los diferentes servicios, teniendo en cuenta la distribución geográfica con la visualización de enlaces, áreas de cobertura y población cubierta por género y edades, incluyendo los servicios fijos en las diferentes bandas así como los de radiodifusión sonora y Televisión y servicios móviles en las bandas VHF y UHF, y se adapta a la segmentación geográfica y administrativa de cada país.

Esto se logra mediante la sincronización de la plataforma con la base de datos del sistema de gestión de espectro existente. En caso de que no exista un sistema de gestión de espectro con una base de datos actualizada, se pueden cargar los archivos de Excel existentes y/o la información en bases de datos como Access. Además, es posible digitalizar archivos PDF. De esta manera, se unifica la información y se hace visible a todos los actores a través de la plataforma.

Mediante esta funcionalidad se tiene de manera sencilla información útil para la planeación del uso del espectro y acompañada de campañas de difusión en medios se logra hacer visible la magnitud de la cantidad de sistemas autorizados y por ende se hace visible la importancia de la gestión del espectro.

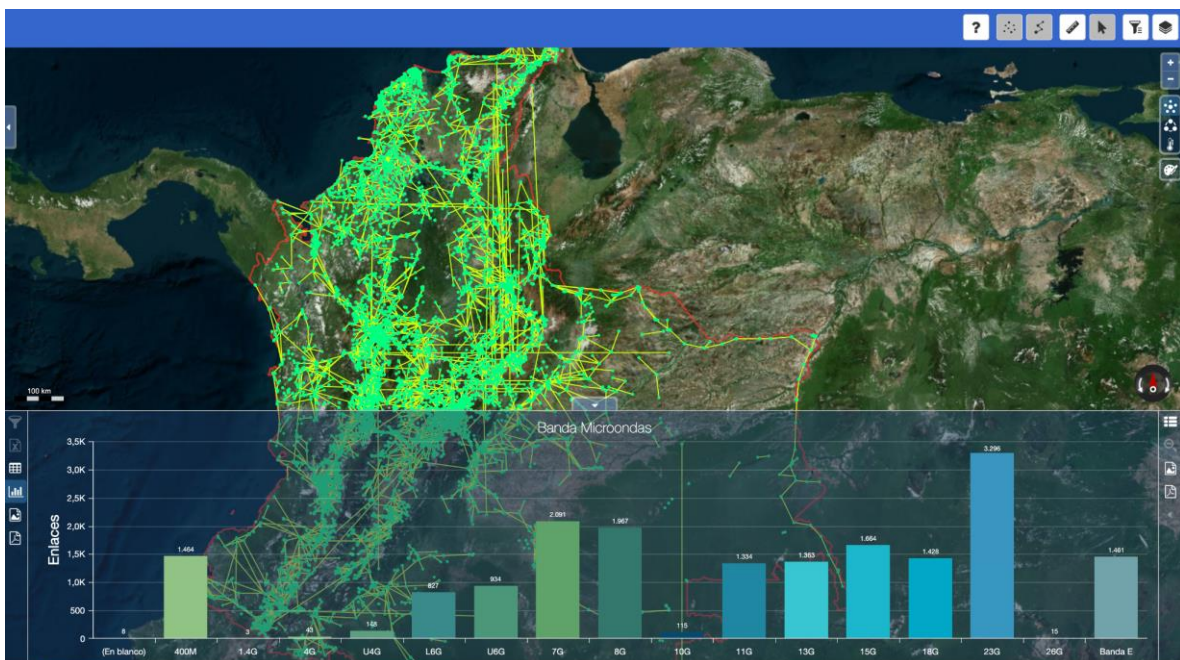


Ilustración 2. Enlaces de microondas autorizados en todas las bandas¹

Capacidades técnicas:

En colaboración con los expertos de cada administración, utilizando RPAs y algoritmos inteligentes se han logrado automatizar análisis de coberturas e interferencias con solo unos clics del mouse para enlaces de Microondas, y estaciones FM, TV, e IMT en banda VHF y UHF con lo cual se logran superar las limitaciones técnicas y de recurso especializado. La interfaz intuitiva y el acceso basado en la nube de la plataforma, permite que operadores y concesionarios en general y de manera concurrente sin límite de accesos puedan realizar análisis de prefactibilidad antes de solicitar frecuencias reduciendo la carga a la administración de manera importante.

¹ Fuente: Visor de espectro de la Agencia Nacional del Espectro Colombia (ANE)
CCPII-2024-43-6000_e_Transformación digital gestión y monitoreo ERE.docx
23.03.24

Existe un módulo para cada uno de los servicios, lo que permite una configuración modular de acuerdo a las necesidades. En las siguientes ilustraciones se presentan resultados de dichos módulos.

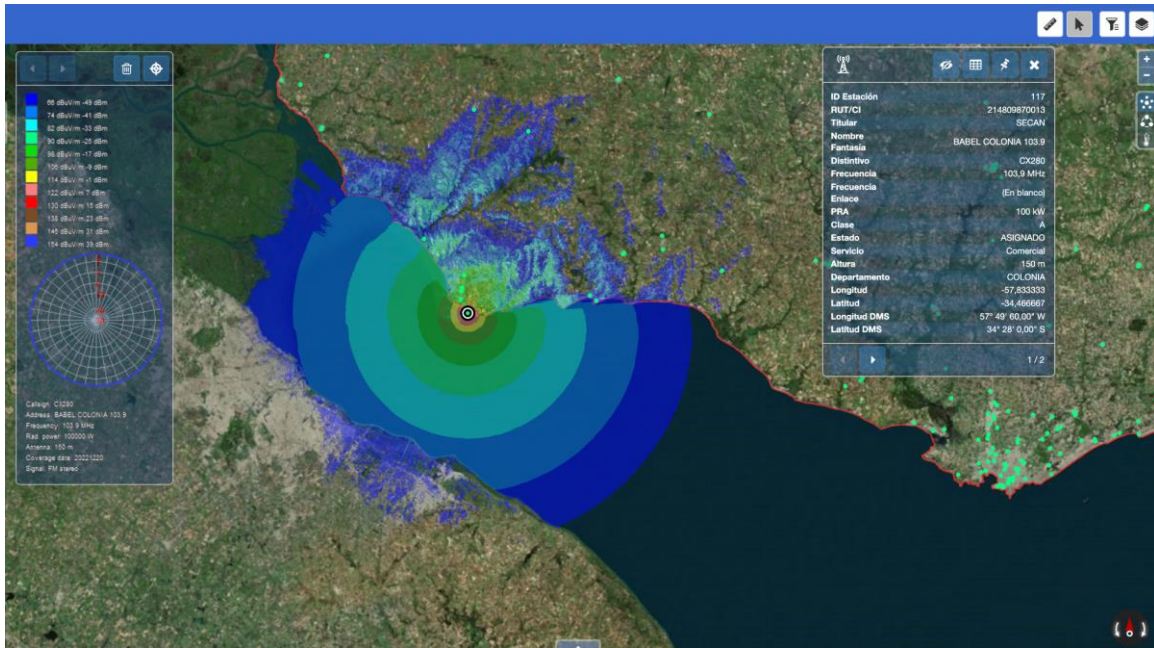


Ilustración 3. simulación FM con tres clics²

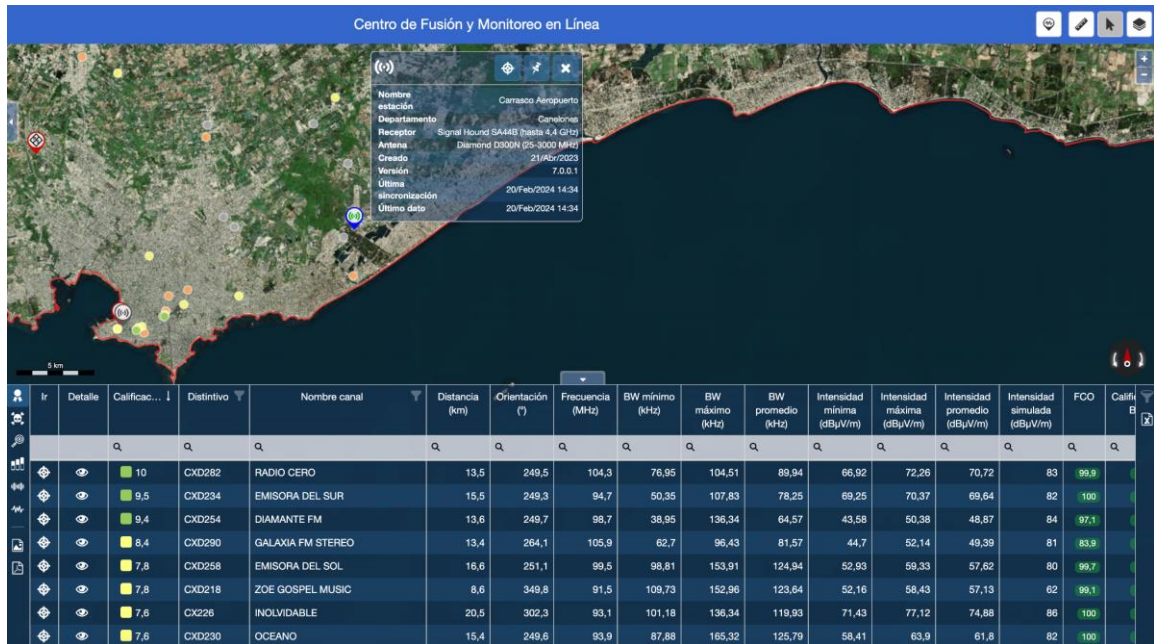


Ilustración 4. Medición continua del servicio de radiodifusión en FM³

Cabe resaltar que en el caso presentado en la anterior ilustración los sensores permiten la detección automática de emisoras FM con calificación ponderada.

² Fuente: Espectro Visor de la Unidad Reguladora de Servicios de Comunicaciones (URSEC), Uruguay

³ Fuente: Espectro Visor de la Unidad Reguladora de Servicios de Comunicaciones (URSEC), Uruguay

Costos mucho más reducidos para monitoreo

El módulo de monitoreo denominado Centro de Fusión y Monitoreo (CFyM) es la evolución del modelo planteado en el año 2017 en la contribución 4408/17 y es la concreción del nuevo paradigma formulado en el año 2021 en la contribución 5363/21 ambas presentadas al CCPII de la CITEL.

El CFyM permite la identificación de emisiones no autorizadas de forma automática, se sincroniza con los sistemas de monitoreo existentes, y permite la conexión de sensores remotos compactos que miden 24x7 de manera simultánea los servicios de FM, TV, e IMT en las bandas VHF & UHF generando el big data de la ocupación del espectro en estas bandas, lo que ha permitido desarrollar modelos de propagación adaptativos al entorno utilizando IA para la localización de emisiones.

Sin importar el fabricante o proveedor de los sistemas de gestión y monitoreo del espectro radioeléctrico ya existentes, la plataforma los complementa y actualiza de manera dinámica adicionando una capa de inteligencia que permite estandarizar procesos, simplificar y automatizar análisis y transformar el sistema de monitoreo en una plataforma abierta enfocada a los datos y no al hardware, permitiendo una mayor capilaridad de la red de monitoreo.

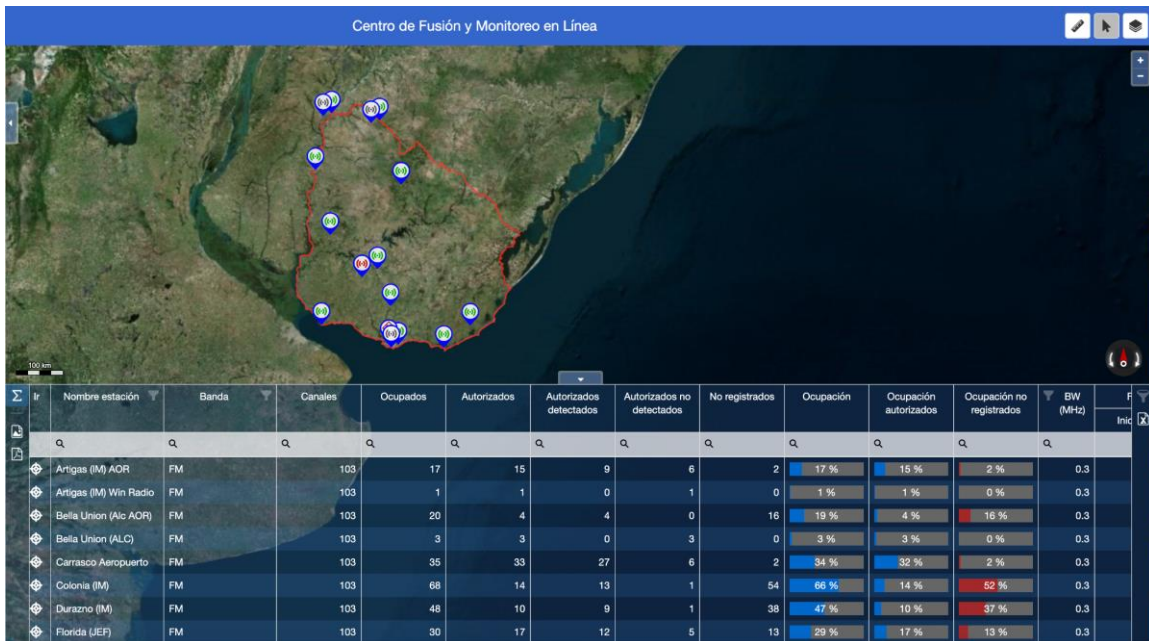


Ilustración 5. Red Nacional de Monitoreo de Uruguay⁴

El resultado presentado Combina una estación Rohde & Schwarz con 18 sensores de 3 proveedores diferentes.

Regulación y marco legal

La plataforma se adapta a regulaciones locales e internacionales, con la inclusión de la infraestructura de telecomunicaciones no inalámbrica como nodos de fibra óptica, centros digitales de atención y puntos de servicios postal entre otros, se puede obtener un Centro de integración y visualización de la infraestructura y conectividad nacional, lo cual es el insumo necesario para definir o mejorar el marco normativo que responda a las necesidades para la reducción de la brecha digital y mejora de la calidad de los servicios, lo cual puede dar pie a una regulación dinámica que interprete el estatus de la conectividad nacional de cada país.

⁴ Fuente: Espectro Visor de la Unidad Reguladora de Servicios de Comunicaciones (URSEC), Uruguay
CCPII-2024-43-6000_e_Transformación digital gestión y monitoreo ERE.docx
23.03.24

Vigilancia y control proactiva

Con la integración de las estaciones de monitoreo tipo UIT y el despliegue de múltiples sensores compactos operando 24 x 7 con almacenamiento de hasta un año, se puede verificar la ocupación del espectro por regiones con trazabilidad de días y horas, y se pueden identificar de forma automática emisiones no autorizadas con lo que se potencia la capacidad de control y vigilancia, enfocando los recursos de la administración a la resolución de manera proactiva de problemas de interferencia y uso no autorizado del espectro, garantizando la calidad de los servicios.



Ilustración 6. Detección automática de emisiones discrepantes de FM⁵

La Red nacional de Monitoreo de El Salvador, integra 19 estaciones monitoras TCI y más de 50 sensores en proceso de despliegue.

Coordinación entre entidades gubernamentales

La utilización de computación en la nube y la naturaleza web de la solución permite accesos globales sin límite de usuarios. Utilizando el navegador del dispositivo móvil o del computador portátil o de escritorio, cualquier entidad involucrada y autorizada puede consultar la misma información, con lo que automáticamente se logra una sincronización por medio de los datos y la unificación de la información facilitando la coordinación.

Factores políticos y económicas

Con la implementación de la plataforma se permite un uso transparente de la información de los sistemas autorizados, de la ocupación real del espectro, de su distribución y se identifican automáticamente las emisiones no autorizadas, por lo que la asignación del espectro bajo este marco hará evidente y visible la equidad en la asignación de frecuencias y obedecerá a criterios técnicos, minimizando las presiones políticas y económicas.

⁵ Fuente: Superintendencia general de electricidad y telecomunicaciones (SIGET), El Salvador
CCPII-2024-43-6000_e_Transformación digital gestión y monitoreo ERE.docx
23.03.24

Actualización tecnológica

El modelo de Software como servicio (SAAS) permite actualizar la plataforma y sus funcionalidades como parte del *roadmap* sin costos adicionales para la administración, manteniéndose vigente con la rápida evolución de las tecnologías de comunicación, y adaptándose a las nuevas políticas y regulaciones de gestión del espectro de manera efectiva.

Por todas las características destacadas anteriormente se puede validar que TES Monitor Planning® es una solución orientada al resultado y al usuario, con lo cual apoya y simplifica de manera importante los procesos de gestión y monitoreo al aprovechar el potencial de la tecnología para generar una real transformación digital.

Impacto real

La Agencia Nacional del Espectro (ANE) de Colombia lideró la política de datos abiertos del uso del espectro que incluye los datos técnicos necesarios para el análisis de interferencias y coberturas de cada servicio. Desde el año 2019 implementó el módulo de analítica y estadísticas de ocupación del espectro de TMP, el cual además de visualizar de manera georreferenciada todas los servicios autorizados, permite descargar en línea y en formato Excel la información que el mismo usuario puede filtrar además se obtienen en línea estadísticas por división política, frecuencias y número de asignaciones.

En el año 2020 implementó el módulo de microondas que permite a un operador subir en Excel su solicitud de frecuencias de hasta 500 nuevos enlaces y el módulo le retorna en segundos las frecuencias viables para cada enlace. En los años subsecuentes implementó los módulos de FM, TDT y de redes privadas VHF&UHF.

En el mes de febrero del año 2024 la ANE ha hecho público parte del impacto de la adopción de TMP bajo el nombre de Visor de Espectro: [Agencia Nacional del Espectro | Noticias \(ane.gov.co\)](https://www.ane.gov.co/noticias/agencia-nacional-del-espectro)



Asignación de permisos de uso del espectro radioeléctrico 2024

14 de Febrero de 2024

El Ministerio TIC publicó Aviso de Convocatoria para el Proceso de Selección Objetiva que otorga permisos de uso del espectro radioeléctrico para el 2024.

La ANE como Entidad aliada, ha atendido 16.231 solicitudes de enlaces y 4.566 solicitudes de frecuencias en los últimos 4 años.

Bogotá D.C., 14 de febrero de 2024. (@ANE_Colombia). La Agencia Nacional del Espectro (ANE) apoyará al Ministerio TIC, en el proceso de asignación de espectro radioeléctrico en 2024.

A través de un Proceso de Selección Objetiva (PSO), la ANE se encargará de revisar que las redes que se van a desplegar no interfieran ni sean interferidas por permisos existentes.

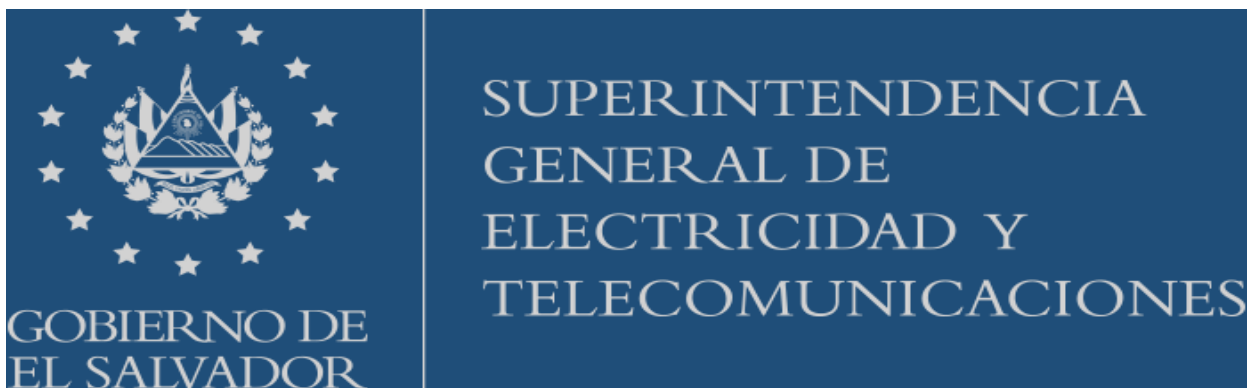
En los últimos cuatro años, para enlaces punto a punto, se han atendido **16,231** solicitudes, pasando de atender **cuatro a nueve solicitudes por año**, agilizando la gestión técnica del espectro y reduciendo los tiempos de atención de **49 a 17 días**.

Por su parte, para Sistemas de Cubrimiento, se han atendido 4,566 solicitudes de frecuencias, pasando de atender **tres a siete por año**, y reduciendo los tiempos de atención **de 44 a 36 días**.

Una de las herramientas que facilita y agiliza estas labores es el **visor de Espectro**, un aplicativo web que facilita el análisis masivo de áreas de servicio. De esta manera, los operadores pueden diseñar, pre-validar sus diseños, solicitar el permiso de espectro y desplegar sus redes más rápidamente.

Estas importantes acciones se han desarrollado en coordinación con el MinTIC y benefician a empresas de vigilancia, ambulancias, taxis, entre otras, para mantener comunicados sus vehículos y las personas de sus organizaciones a través de sistemas de cubrimiento en las bandas HF, VHF y UHF y para que los operadores móviles realicen adecuadamente interconexiones en sus redes para enlaces microondas o punto a punto en las bandas SHF y EHF.

Con su experiencia y avances tecnológicos, la Agencia Nacional del Espectro respaldará al Ministerio TIC durante las etapas de evaluación técnica posterior a la Convocatoria de la asignación de permisos de uso del espectro radioeléctrico 2024.



Por otra parte, la Superintendencia general de electricidad y telecomunicaciones (SIGET) de El Salvador, redujo dramáticamente los tiempos de análisis y generación de reportes de ocupación del espectro de los canales asignados en la banda de VHF&UHF al pasar de meses a minutos utilizando TMP, pero además se implementaron funciones avanzadas para atender el requerimiento de integrar los resultados de ocupación de todas las estaciones monitoras a nivel nacional y así generar de manera automática y en línea reportes de ocupación de todos los canales asignados, incluyendo gráficas estadísticas de su uso.

Los reportes en línea permiten una visualización instantánea de canales asignados y no utilizados por el periodo de tiempo que el usuario defina, se identifican de igual manera emisiones discrepantes y las estaciones que las detectan, facilitando la identificación y ubicación de emisiones ilegales

Con esta nueva dinámica la SIGET pasa de un control reactivo a uno totalmente proactivo y prospectivo con la capacidad de adicionar sensores que aumenten su capilaridad y control, de cara a una asignación dinámica del espectro.



Finalmente, la Unidad Reguladora de Servicios de Comunicaciones (URSEC) de Uruguay ha estado a la vanguardia en sistemas de monitoreo, ya que desde hace más de 10 años viene utilizando sensores compactos de bajo costo para el monitoreo de la ocupación del espectro en combinación con una estación fija tipo UIT, con la implementación de TMP se ha incorporado el edge computing en cada sensor para el monitoreo continuo y en simultánea de varios servicios y se han integrado en una sola plataforma con la estación fija tipo UIT, llevando su red de monitoreo a un siguiente nivel con la actualización y ampliación de sensores compactos.

Por requerimiento de los expertos URSEC se implementó la funcionalidad de reporte del estado de los sensores, el cual se envía por email reportando el estado de cada uno de ellos con la periodicidad que el administrador decida.

La URSEC también ha sido pionera en plantear la simplificación de la coordinación internacional de frecuencias (por ejemplo, para la coordinación de radioenlaces punto a punto, estaciones bases de sistemas IMT), para lo cual solicito la extensión del área de análisis de cobertura y de evaluación de interferencia de todos sus servicios en promedio 300 km más allá de sus fronteras, a la vez de estar en condiciones de asignar oportunamente accesos especiales a las Administraciones con las que colinda para que ingresen a la plataforma y verifiquen en línea si una potencial emisión causa o no interferencia a sus redes existentes, evitando trámites innecesarios y dándole una dinámica más eficiente a la coordinación internacional.

La implementación de la plataforma por más países de la región permitirá estandarizar el manejo de los datos y automatizar y simplificar los procesos de ingeniería y coordinación internacional y proyecta de facto una integración regional para la visualización real y proyectada del uso del espectro que permita identificar usos regionales de las diferentes bandas para una mejor toma de decisiones en la atribución y asignación de las bandas del espectro.

Conclusiones:

La incorporación de tecnologías de vanguardia de la cuarta revolución industrial, tales como la computación en la nube (cloud computing), la computación de borde (edge computing), la utilización de RPAs, receptores digitales compactos, el aprendizaje de maquina (machine learning) utilizando grandes volúmenes de información y la Inteligencia Artificial, así como la modalidad de software como servicio (SAAS) y monitoreo como servicio (MAAS) plantean un cambio de paradigma en la gestión, monitoreo y control del espectro radioeléctrico, facilitando la toma de decisiones informadas de manera más efectiva, rápida, a menores costos y de implementación sencilla.

Estas soluciones están siendo adoptadas por las administraciones miembro de la CITEL y su implementación se incrementará con el tiempo por las ventajas que ofrece.

Por lo anterior, se invita a las administraciones a explorar y considerar la implementación de pilotos funcionales de la plataforma para validar sus funcionalidades y el impacto que tienen, es además una solución eficiente y de bajo costo para la gestión del espectro, que además permite simplificar la coordinación internacional de frecuencias sin desmedro del cumplimiento de la totalidad de los requerimientos y estándares técnicos aplicables. Asimismo estamos convencidos que en los trabajos de la Comisión de Estudio 1 de Gestión del Espectro del ITU-R referidos al Manual de Gestión y Comprobación Técnica del Espectro, el nuevo enfoque y las experiencias recogidas pueden ser valiosos insumos para su inclusión en las futuras versiones de dicho Manual.

Reconocimientos

TES Monitor Planning® (TMP) es el resultado del trabajo conjunto y de cooperación con las administraciones de Colombia, Uruguay, El Salvador, de las casi dos décadas de trabajo y aprendizaje por medio de la participación tanto en el CCPII de la CITEL, como en las conferencias y talleres regionales de la UIT y del aprendizaje en las conferencias mundiales de radiocomunicaciones.

Reconocimiento especial a Diana Paola Morales Mora de la ANE y su equipo, a Hector Bude, Leslie Green de la URSEC y su equipo y a Carlos Valle, Rafael Arbizu de SIGET y sus equipos de trabajo.

Destacamos la labor conjunta realizada durante más de una década con la Universidad ICESI (Colombia), bajo la dirección del Señor Andrés Navarro y su grupo de investigación. Su invaluable contribución ha sido fundamental en la elaboración de prototipos tanto de los sensores como en la conceptualización del centro de fusión. Asimismo, resaltamos el fructífero trabajo desarrollado con la Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia), liderado por Leonardo Betancur y su equipo de investigación, quienes han contribuido significativamente en el desarrollo de competencias especializadas en analítica, machine learning e IA.

Es importante resaltar que algunas de estas colaboraciones han dado lugar a contribuciones al Comité Consultivo Permanente II (CCPII) de la CITEL, lo cual subraya la relevancia de la participación dinámica del sector académico en los esfuerzos de la CITEL.

Destacamos los espacios de presentación y consejos brindados por el Sr. Oscar León director ejecutivo de la CITEL y todo su equipo de trabajo, igualmente un gran reconocimiento a los colegas de la oficina de radiocomunicaciones de la UIT y en particular a su director el Sr. Mario Maniewicz, al Sr. Sergio Buonomo, al Sr. Philippe Aubineau y al Sr. Joaquin Restrepo quienes han brindado valiosas opiniones y recomendaciones en el ámbito de la Comisión de Estudio 1.

Finalmente, reconocemos el esfuerzo y dedicación de TES America y de todo su equipo de Trabajo para lograr de forma autónoma el desarrollo y concreción de la plataforma y sus funcionalidades.

Información de Contacto:

ANE	Sra. Diana Paola Morales Mora	diana.morales@ane.gov.co
URSEC	Sr. Hector Bude	hbude@ursec.gob.uy
SIGET	Sr. Carlos Valle	cvalle@siget.gob.sv
TES America	Sr. Daniel Rosas	daniel.rosas@tesamerica.com.co
TES America	Sr. Duvan Mejía	duvan.mejia@tesamerica.com.co

Cumplimiento con recomendaciones de la UIT

TES Monitor Planning® (TMP) está alineado con las mejores prácticas establecidas por la UIT, y da un salto cuántico en la simplificación de los análisis de ingeniería y de la detección de emisiones no autorizadas, TMP cumple con las siguientes recomendaciones:

SIMULACIONES DE RADIOPROPAGACIÓN		
RECOMENDACIONES UIT-R*		
P.525-4	(08/2019)	Cálculo de la atenuación en el espacio libre (Nota - Esta versión de la Recomendación se incorpora por referencia en el Reglamento de Radiocomunicaciones.)
P.526-15	(10/2019)	Propagación por difracción (Nota - Esta versión de la Recomendación se incorpora por referencia en el Reglamento de Radiocomunicaciones.)
P.530-18	(09/2021)	Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa
P.838-3	(03/2005)	Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción (Nota - Esta versión de la Recomendación se incorpora por referencia en el Reglamento de Radiocomunicaciones.)
P.1546-6	(08/2019)	Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 4 000 MHz

ASIGNACIÓN		
RECOMENDACIONES UIT-R*		
F.382-8	(04/2006)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en las bandas de 2 y 4 GHz
F.383-10	(02/2021)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos de alta capacidad que funcionan en la parte inferior de la banda de 6 GHz (5 925 a 6 425 MHz)
F.384-11	(03/2012)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos digitales de media y gran capacidad que funcionan en la banda 6 425 7 125 MHz
F.385-10	(03/2012)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 7 110-7 900 MHz
F.386-9	(02/2013)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de 8 GHz (7 725 a 8 500 MHz)
F.387-13	(11/2019)	Disposiciones de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de 10,7-11,7 GHz
F.497-7	(09/2007)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos (FWS) que funcionan en la banda de 13 GHz (12,75 13,25 GHz)
F.595-11	(02/2022)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de frecuencias de 17.7-19.7 GHz
F.635-7	(02/2013)	Disposición de radiocanales basada en un plan homogéneo para sistemas de radioenlaces que funcionan en la banda de 4 GHz (3 400-4 200 MHz)
F.636-5	(11/2019)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 14,4-15,35 GHz
F.637-5	(02/2022)	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 21.2-23.6 GHz

ASIGNACIÓN		
RECOMENDACIONES UIT-R*		
F.1099-5	(02/2013)	Disposiciones de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos digitales de capacidad alta y media en la parte superior de la banda de 4 GHz (4 400-5 000 MHz)
F.1242-0	(05/97)	Disposición de radiocanales para los sistemas radioeléctricos digitales que funcionan en la gama 1 350-1 530 MHz
F.1496-1	(02/02)	Disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 51,4-52,6 GHz
F.1497-2	(02/2014)	Disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 55,78-66 GHz
F.2006-0	(03/2012)	Disposición de canales y bloques de radiofrecuencia en los sistemas inalámbricos fijos que funcionan en las bandas de 71-76 GHz y 81-86 GHz

MEDICIÓN Y ANÁLISIS		
RECOMENDACIONES UIT-R*		
BS.412-9	(12/98)	Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas
SM.328-11	(05/2006)	Espectros y anchuras de banda de las emisiones
SM.377-4	(02/2007)	Precisión de las mediciones de frecuencia en las estaciones de comprobación técnica internacional
SM.1268-5	(08/2019)	Método de medición de la máxima desviación de frecuencia de las emisiones de radiodifusión en frecuencia modulada (FM) a utilizar en las estaciones de comprobación técnica

MEDICIÓN Y ANÁLISIS		
RECOMENDACIONES UIT-R*		
SM.1537-1	(08/2013)	Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro
SM.1880-2	(09/2017)	Mediciones y evaluación de la ocupación del espectro
RECOMENDACIONES UIT-T*		
K.83	(01/2022)	Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético

INTERFERENCIAS		
RECOMENDACIONES UIT-R*		
P.530-18	(09/2021)	Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa

*TMP ha incorporado las versiones más recientes de las publicaciones arriba citadas, cada trimestre se hacen revisiones actualizar o generar nuevas versiones de la plataforma, de ser necesario.

Documentos de la UIT considerados

TES Monitor Planning® (TMP) se ha guiado por los siguientes documentos:

GESTIÓN NACIONAL DEL ESPECTRO		
Reglamento de Radiocomunicaciones	Edición 2020	Volumen I CAPÍTULO II - ARTÍCULO 5 - Atribuciones de frecuencia
Manual sobre la Gestión Nacional del Espectro	Edición 2015	Cap. 5 - Práctica de la ingeniería del espectro
		Cap. 7 - Automatización de las actividades de gestión del espectro
		ANEXO 1 - Formación en gestión del espectro
		ANEXO 3 - Prácticas más idóneas para la gestión nacional del espectro
Manual de Comprobación Técnica del Espectro	Edición 2011	Cap. 3- Equipo de comprobación técnica y automatización de las operaciones de comprobación técnica
		Cap. 4 - Mediciones
		Cap. 5.2 - Comprobación técnica de los servicios de radiodifusión
Manual sobre técnicas informatizadas para la gestión del espectro (CAT)	Edición 2015	Cap 1.3 - Ventajas de automatizar el proceso de gestión del espectro
		Cap 2.4.3 - Diseño del sistema