**Documento de Referencia**

**IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE COORDINACIÓN DE FRECUENCIAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL ESPECTRO**

El presente documento fue elaborado por la Unidad de Espectro Radioeléctrico del Instituto Federal de Telecomunicaciones con la finalidad de brindar información respecto de los sistemas automáticos de coordinación de frecuencias.

Este documento es únicamente informativo, por lo que en ningún caso lo establecido en éste prejuzga la opinión que el Pleno del Instituto pudiera tener sobre el particular, ni prejuzga sobre las determinaciones futuras que se establezcan en la planificación del uso de las bandas de frecuencias.

Contenido

[Acrónimos y Abreviaturas 4](#_Toc86911163)

[Introducción 5](#_Toc86911164)

[Objetivo 5](#_Toc86911165)

[Marco Jurídico 5](#_Toc86911166)

[Compartición del espectro radioeléctrico 8](#_Toc86911167)

[Experiencia internacional de la compartición del espectro radioeléctrico 9](#_Toc86911168)

[SACF para la compartición del espectro radioeléctrico 11](#_Toc86911169)

[Casos de uso a nivel internacional de los SACF 14](#_Toc86911170)

[Estados Unidos de América 14](#_Toc86911171)

[Canadá 16](#_Toc86911172)

[Conclusiones 17](#_Toc86911173)

[Fuentes Consultadas 19](#_Toc86911174)

Lista de imágenes

[Figura 1. Elementos básicos de los SACF 12](#_Toc86911175)

[Figura 2. Información contenida en la base de datos de los SACF 12](#_Toc86911176)

[Figura 3. Sistema de cálculo automático de los SACF 13](#_Toc86911177)

[Figura 4. Operación de los SACF 15](#_Toc86911178)

[Figura 5. Zona de protección calculada para enlaces del SF 16](#_Toc86911179)

# Acrónimos y Abreviaturas

|  |  |
| --- | --- |
| **ACE** | Acceso Concurrente al Espectro |
| **AFCSA** | Sistema Administrador de Coordinación de Frecuencias Automatizada |
| **CBRS** | Servicio de Radio de Banda Ancha para Ciudadanos |
| **Constitución** | Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos |
| **ECC** | Comité de Comunicaciones Electrónicas |
| **EUA** | Estados Unidos de América |
| **FCC** | Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América |
| **GHz** | Unidad de frecuencia de mil millones de ciclos por segundo |
| **Instituto** | Instituto Federal de Telecomunicaciones |
| **ISED** | Departamento de Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico de Canadá |
| **Ley** | Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión |
| **LSA** | Acceso Compartido con Licencia  |
| **MHz** | Unidad de frecuencia de un millón de ciclos por segundo |
| **Ofcom** | Oficina de Comunicaciones del Reino Unido |
| **PIRE** | Potencia Isotrópica Radiada Equivalente |
| **SACF** | Sistemas Automáticos de Coordinación de Frecuencias |
| **SAS** | Sistemas de Acceso al Espectro |
| **SF** | Servicio Fijo |
| **SFS** | Servicio Fijo por Satélite |
| **SMS** | Sistema Administrador de Espectro |
| **TIC** | Tecnologías de la Información y la Comunicación |
| **UIT** | Unión Internacional de Telecomunicaciones |
| **ULS** | Sistema Universal de Licencias |
| **W** | Watt |

# Introducción

El presente documento contiene información general respecto de los SACF como una herramienta alternativa para la gestión y administración del espectro radioeléctrico. Este tipo de herramientas podrían propiciar la compartición del recurso espectral fomentando su uso óptimo y eficiente previniendo interferencias perjudiciales.

En primera instancia se describen las atribuciones que la Constitución, la Ley y el Estatuto Orgánico, confieren al Instituto para ejercer la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico para la prestación de los servicios de radiodifusión y de telecomunicaciones en México, así como del acceso a la infraestructura activa y pasiva y otros insumos esenciales, además de dictar cuales son los objetivos generales que persigue durante la planeación y administración del recurso espectral en los ámbitos de uso eficiente, así como nuevas formas de optimizar dicho recurso.

Posteriormente se incluye información respecto de la situación actual referente a los mecanismos y tendencias sobre la optimización de uso del recurso espectral, así como sistemas que permiten el uso compartido de ciertas bandas de frecuencias.

Finalmente, se expone la tendencia sobre el uso compartido del espectro, ejemplos de los recursos que se pueden utilizar, los beneficios que se podrían obtener del uso de los SACF y consideraciones sobre su implementación.

# Objetivo

El objetivo de este documento es proporcionar al público en general un contexto sobre métodos de compartición del espectro radioeléctrico a través del uso de los SACF, a fin de que los interesados en esta materia formulen comentarios, opiniones o aportaciones en el marco de la consulta pública de integración sobre dicho tema. Asimismo, se busca resaltar nuevas opciones tecnológicas que coadyuven en la optimización del recurso espectral y en la promoción de mejores prácticas para su eficiente uso y explotación en beneficio del usuario final.

# Marco Jurídico

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 28 de la Constitución; 7 de la Ley, y 1 del Estatuto Orgánico, el Instituto es un órgano público autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto el desarrollo eficiente de la radiodifusión y las telecomunicaciones, además de ser también la autoridad en materia de competencia económica de los sectores de radiodifusión y telecomunicaciones.

Para tal efecto, el Instituto tiene a su cargo la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, los recursos orbitales, los servicios satelitales, las redes públicas de telecomunicaciones y la prestación de los servicios de radiodifusión y de telecomunicaciones, así como del acceso a la infraestructura activa y pasiva y otros insumos esenciales.

El artículo 27, párrafos cuarto y sexto de la Constitución establece que corresponde a la Nación el dominio directo del espacio situado sobre el territorio nacional, y dado que las ondas electromagnéticas del espectro radioeléctrico pueden propagarse en dicho espacio, su explotación, su uso y aprovechamiento, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas no podrá realizarse sino mediante concesiones otorgadas por el Instituto, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes.

Es así que, en cumplimiento a lo que establece la Constitución, el artículo 2, cuarto párrafo, y el artículo 5 de la Ley disponen que en todo momento el Estado mantendrá el dominio originario, inalienable e imprescriptible sobre el espectro radioeléctrico, otorgándole a este bien el carácter de vía general de comunicación.

Por su parte, el artículo 3, fracción XXI de la Ley define espectro radioeléctrico como sigue:

***"TÍTULO PRIMERO***

***Del Ámbito de Aplicación de la Ley y de la***

***Competencia de las Autoridades***

***Capítulo I***

***Disposiciones Generales***

*(…)*

***Artículo 3.*** *Para los efectos de esta Ley se entenderá por:*

*(…)*

***XXI. Espectro radioeléctrico:*** *Espacio que permite la propagación, sin guía artificial, de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente por debajo de los 3,000 gigahertz;*

*(…)"*

En esta tesitura, cabe señalar que desde la iniciativa de la Ley se consideró que la planificación del espectro radioeléctrico constituye una de las tareas más relevantes del Estado, toda vez que este recurso es el elemento primario e indispensable de las comunicaciones inalámbricas, por lo que se convierte en un recurso extremadamente escaso y de gran valor.

En concordancia con lo anterior, los artículos 54 y 56 de la Ley establecen que, para una adecuada planeación, administración y control del espectro radioeléctrico, el Instituto deberá observar diversas consideraciones:

*“****Artículo 54.*** *El espectro radioeléctrico y los recursos orbitales son bienes del dominio público de la Nación, cuya titularidad y administración corresponden al Estado.*

*Dicha administración se ejercerá por el Instituto en el ejercicio de sus funciones según lo dispuesto por la Constitución, en esta Ley, en los tratados y acuerdos internacionales firmados por México y, en lo aplicable, siguiendo las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y otros organismos internacionales.*

*La administración incluye la elaboración y aprobación de planes y programas de uso, el establecimiento de las condiciones para la atribución de una banda de frecuencias, el otorgamiento de las concesiones, la supervisión de las emisiones radioeléctricas y la aplicación del régimen de sanciones sin menoscabo de las atribuciones que corresponden al Ejecutivo Federal.*

*Al administrar el espectro, el Instituto perseguirá los siguientes objetivos generales en beneficio de los usuarios:*

1. *La seguridad de la vida;*
2. *La promoción de la cohesión social, regional o territorial;*
3. *La competencia efectiva en los mercados convergentes de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión;*
4. *El uso eficaz del espectro y su protección;*
5. *La garantía del espectro necesario para los fines y funciones del Ejecutivo Federal;*
6. *La inversión eficiente en infraestructuras, la innovación y el desarrollo de la industria de productos y servicios convergentes;*
7. *El fomento de la neutralidad tecnológica, y*
8. *El cumplimiento de lo dispuesto por los artículos 2o, 6o, 7o y 28 de la Constitución,*

*Para la atribución de una banda de frecuencias y la concesión del espectro y recursos orbitales, el Instituto se basará en criterios objetivos, transparentes, no discriminatorios y proporcionales.*

*(…)*

***Artículo 56.*** *Para la adecuada planeación, administración y control del espectro radioeléctrico y para su uso y aprovechamiento eficiente, el Instituto deberá mantener actualizado el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias con base en el interés general. El Instituto deberá considerar la evolución tecnológica en materia de telecomunicaciones y radiodifusión, particularmente la de radiocomunicación y la reglamentación en materia de radiocomunicación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. (…)”*

De lo anterior, se deduce lo siguiente:

* La administración del espectro radioeléctrico como bien de dominio público de la Nación se ejercerá por el Instituto, según lo dispuesto por la Constitución, la Ley, los tratados y acuerdos internacionales firmados por México y, en lo aplicable; siguiendo las recomendaciones de la UIT y otros organismos internacionales.
* La administración del espectro radioeléctrico comprende la elaboración y aprobación de planes y programas de su uso, el establecimiento de las condiciones para la atribución de una banda de frecuencias, el otorgamiento de las concesiones, la supervisión de las emisiones radioeléctricas y la aplicación del régimen de sanciones, sin menoscabo de las atribuciones que corresponden al Ejecutivo Federal.
* El Instituto debe perseguir diversos objetivos generales en beneficio de los usuarios de servicios de telecomunicaciones. Para el caso de la modificación de las condiciones técnicas de operación de ciertas bandas de frecuencias se promueve el uso eficaz del espectro radioeléctrico, su protección y el cumplimiento de lo dispuesto por los artículos 2o., 6o., 7o., y 28 de la Constitución.
* Para una mejor administración y aprovechamiento del espectro radioeléctrico se deberá considerar la evolución tecnológica en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.

Es así que el Instituto, como rector del desarrollo nacional de las telecomunicaciones y la radiodifusión, al observar los elementos vertidos con anterioridad, puede instituir una regulación eficiente y ordenada que tenga como finalidad el aprovechamiento máximo del espectro radioeléctrico, considerando su naturaleza de recurso finito.

# Compartición del espectro radioeléctrico

La sociedad está experimentando una revolución tecnológica en la que cada vez más personas forman parte de un ecosistema digital por medio del cual pueden acceder a servicios de comunicación a través del uso de las TIC, como es el caso de las tecnologías inalámbricas. No obstante, para que las tecnologías inalámbricas puedan operar, deben hacer uso de diversas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico lo cual hace de éste un bien imprescindible y de gran valor para la sociedad.

Es en este sentido que el espectro radioeléctrico como recurso finito debe administrarse bajo las mejores prácticas tecnológicas y regulatorias a fin de asegurar la provisión de servicios de radiocomunicaciones que satisfagan las necesidades actuales y futuras de comunicación fomentando al mismo tiempo el uso y desarrollo de nuevas tecnologías que permitan utilizar el recurso espectral de una manera óptima.

En particular, es de gran relevancia señalar que en virtud de ser un recurso finito, existe una tendencia, a que las bandas de frecuencias sean utilizadas bajo condiciones de compartición por diversos servicios, por lo que se prevé conveniente evaluar y, en todo caso, fomentar aquellas tecnologías que permitan el uso compartido y el acceso dinámico al espectro radioeléctrico, así como la adopción de mecanismos que permitan la optimización y la operación entre servicios en una misma banda de frecuencias.

Es por esto que se estima oportuno considerar nuevas tecnologías que permitan hacer uso del espectro radioeléctrico bajo la implementación de sistemas que fomenten el uso compartido del mismo, de tal forma que técnicamente sea posible compartirlo entre varios usuarios bajo medidas de coexistencia que aseguren la convivencia entre los servicios que operan en una particular banda de frecuencias y que minimicen el riesgo de interferencias perjudiciales.

Al respecto, como lo indica la UIT-R en su Recomendación SM.1132-2[[1]](#footnote-2), la compartición del espectro radioeléctrico considera cuatro dimensiones sobre las cuales se pueden definir los parámetros para la coexistencia de diversos equipos, aplicaciones o servicios en una misma banda de frecuencias, dichas dimensiones se basan en la frecuencia, tiempo, ubicación espacial y separación entre señales. En este sentido, es ineludible analizar diferentes tipos de acceso compartido al espectro radioeléctrico los cuales son:

* En frecuencia. El uso de las bandas de frecuencias se otorga a través de concesiones individuales las cuales determinan el uso de canales definidos. Este tipo de mecanismos de compartición es muy socorrido en virtud de que se establecen segmentos de frecuencias o canales específicos (planes de bandas de frecuencias) para cada usuario;
* En ubicación espacial. Se permite el uso de un mismo segmento de frecuencias o canales otorgados a diferentes concesionarios los cuales están ubicados en distintas áreas geográficas, asimismo pueden establecerse zonas de exclusión que delimitan la ubicación de equipos transmisores o receptores;
* En tiempo. Algunos concesionarios podrían no hacer uso del recurso espectral las 24 horas del día, o incluso pueden realizar transmisiones de duración fija o corto plazo definido, por lo que el resto del tiempo puede ser utilizado por otro concesionario. Uno de los ejemplos más representativo son los emplazamientos temporales para eventos especiales, y
* En separación entre señales o basados en tecnologías. Este método considera las características de las señales entre las cuales destacan las técnicas de modulación digital, que contemplan la codificación y procesamiento de señales. Se utiliza principalmente en bandas de frecuencias clasificadas como espectro libre donde el equipo es capaz de trabajar con diferentes tecnologías.

Por lo anterior, han surgido métodos y técnicas tales como la asignación dinámica de frecuencias en tiempo real, la cual, como su nombre lo indica facilita la compartición del espectro radioeléctrico en las dimensiones de frecuencia y periodo. En este sentido, la compartición dinámica del recurso espectral bajo dominios diferentes puede considerarse como un sistema de capas entre las cuales se pueden establecer prioridades entre servicios, incluso puede regular el acceso al espectro radioeléctrico de acuerdo con la demanda y necesidades de los servicios, fomentando así su uso eficaz, de tal manera de que no se realicen asignaciones preestablecidas de espectro radioeléctrico, sino que se puedan evaluar los requisitos y variables en lo que respecta a ancho de banda, potencia de señal y prioridades entre servicios.

# Experiencia internacional de la compartición del espectro radioeléctrico

En la última década se han realizado esfuerzos que promueven la compartición del espectro radioeléctrico bajo diferentes aproximaciones. Con la finalidad de optimizar el uso del recurso espectral, algunos países han implementado el uso compartido de bandas de frecuencias a través de nuevas categorías de licenciamiento combinadas con el uso de bases de datos. Las bases de datos permiten acceder a información sobre el uso del espectro radioeléctrico en una zona determinada a efectos de analizar si la operación de un nuevo sistema de radiocomunicaciones es posible bajo una visión de compartición y uso eficiente del espectro radioeléctrico, pues la operación del nuevo equipo, aplicación o servicio de radiocomunicaciones quedaría sujeto a la disponibilidad de frecuencias o canales en esa banda. En este sentido, en la presente sección se menciona de manera general algunas de las acciones identificadas a nivel internacional sobre compartición del espectro radioeléctrico.

Por ejemplo, en Estados Unidos de América, la FCC ha llevado a cabo acciones para la compartición del espectro radioeléctrico mediante técnicas de licenciamiento basado en servicios prioritarios, esto se destaca en la banda de frecuencias 3.5 GHz, específicamente en el segmento de frecuencias 3550-3700 MHz. A partir de 2015, este segmento se determinó como CBRS y se creó un marco de acceso y autorización para el uso compartido de la banda de frecuencias entre uso federal y no federal.

El uso de la banda es administrado por un sistema de acceso al espectro denominado SAS, los cuales coordinarán las operaciones de los usuarios catalogados en tres niveles de autorización dentro de la banda 3.5 GHz, denominados “acceso para incumbentes”, “acceso prioritario” y” acceso general autorizado”.[[2]](#footnote-3)

Para el caso particular de Francia, se han seguido los trabajos desarrollados por la ECC[[3]](#footnote-4) sobre LSA, esta propuesta se observó como una herramienta complementaria en la administración del espectro radioeléctrico pues el principio de compartición del LSA permite la inclusión de usuarios de banda ancha móvil sin la necesidad de reacomodar usuarios preexistentes, otorgando derechos de uso del espectro radioeléctrico mediante reglas de compartición sin comprometer la calidad del servicio.

Francia no ha descartado la eventual implementación de una base de datos de geolocalización para hacer uso del espectro radioeléctrico con técnicas de compartición que incluyan equipos de radiocomunicaciones más robustos y menos susceptibles a interferencias perjudiciales.

Por su parte, en julio de 2020 Reino Unido[[4]](#footnote-5) determinó la compartición de bandas de frecuencias móviles, poniendo a disposición segmentos de frecuencias en 1800 MHz, 2300 MHz, 3.8-4.2 GHz y 26 GHz. Este enfoque considera el otorgamiento de licencias de acuerdo con el nivel de potencia solicitado, denominando así dos tipos de concesión, licencia de baja potencia o licencia por área geográfica y licencia de potencia media o licencia por estación base.

En particular, en la banda de frecuencias 1800 MHz, los licenciatarios llamados ACE compartían la banda de frecuencias al regirse por un código de prácticas de ingeniería acordado entre los interesados, además se coordinaban a través de una base de datos gestionada por un tercero. Sin embargo, Ofcom replanteó el uso de la banda de frecuencias a través de dos tipos de licencia (de potencia baja o de potencia media), el cual sería administrado por la misma Ofcom de acuerdo con las nuevas reglas de operación.

La banda de frecuencias 2300 MHz es utilizada por sistemas de telemetría, sistemas terrestres, radioaficionados y para fines de realización de programas y eventos especiales. En este caso, Ofcom busca coordinar el acceso al espectro radioeléctrico a través de los dos tipos de licencias mencionadas previamente.

En la banda de frecuencias 3.8-4.2 GHz se permitiría que las redes inalámbricas móviles y fijas (punto a multipunto) coordinen el uso compartido de canales vacantes de forma co-primaria con las estaciones terrenas del SFS existentes y las estaciones terrenas fijas de punto a punto. Tanto las licencias de baja potencia como las licencias de potencia media serían inicialmente coordinadas por Ofcom y posiblemente después por los SACF.

Finalmente, la banda de frecuencias 26 GHz fue considerada para compartir aplicaciones 5G en interiores, así como sistemas Satelitales de Exploración de la Tierra y SF. Este tipo de licencia se otorga por localidad con el principio de primero en llegar primero en ser atendido.

Es así que de los casos de uso mencionados anteriormente se puede observar que existen diferentes formas de compartir el espectro radioeléctrico mediante el uso de nuevos recursos tecnológicos que facilitan la creación de mecanismos y sistemas innovadores por medio de los cuales se logra compartir de forma dinámica el recurso espectral al considerar las características técnicas de los servicios en la banda de frecuencias, la prioridad entre servicios, así como ciertas reglas de operación que son determinadas por cada Administración.

# SACF para la compartición del espectro radioeléctrico

Ante el aumento de la demanda de conectividad inalámbrica se han desarrollado diversos sistemas que promueven la optimización del recurso espectral. En este sentido, se destaca el uso de los SACF los cuales sirven para administrar y coordinar el acceso al uso del espectro radioeléctrico a través del procesamiento de la información de los sistemas existentes. Su función principal es coadyuvar en determinar si un nuevo dispositivo inalámbrico puede operar en una banda de frecuencias sin causar afectaciones a los servicios existentes proveyendo al nuevo dispositivo información en tiempo real sobre el canal disponible para operar o informándole que no es posible operar dada la ocupación de la banda de frecuencias. De lo anterior se infiere que, el empleo de los SACF para coordinar de forma dinámica el uso del espectro radioeléctrico se podría convertir en una alternativa para la administración y regulación de éste.

En términos generales los SACF se componen de dos elementos que realizan principalmente seis funciones tal como se observa en la Figura 1.

Base de datos

**SACF**

Sistema de cálculo automático

Función de actualización de la regulación nacional

Función de protección a los servicios existentes

Función de disponibilidad del espectro radioeléctrico

Función de respuesta

Función de registro

Función de base de datos interna

#### **Figura 1. Elementos básicos de los SACF[[5]](#footnote-6)**

El primer elemento de los SACF, como se muestra en la Figura 2, consiste en una base de datos que contiene la información que proporcionan las partes interesadas, por ejemplo: la normatividad aplicable, los datos de los concesionarios, la categoría de los servicios existentes, las características de los sistemas receptores que pudieran ser interferidos perjudicialmente, las características de transmisión de los sistemas que podrían interferir, modelos de propagación de señales, características de desvanecimiento de señales, criterios de interferencia, parámetros del equipo como la PIRE, ancho de banda, diagrama de radiación de la antena, entre otros.

Proveedores de servicios

Regulador de telecomunicaciones

Concesionarios

Fabricantes

Partes interesadas

Características de sistemas

Normatividad, derechos, uso actual

Datos de los concesionarios

Ancho de banda, PIRE, certificación, etc.

Base de datos de los SACF

#### **Figura 2. Información contenida en la base de datos de los SACF[[6]](#footnote-7)**

Cabe señalar, que el uso de dichas bases de datos comenzó de forma manual y ha evolucionado a procedimientos dinámicos y automáticos, con lo cual los equipos, aplicaciones o dispositivos que requieren hacer uso del recurso espectral bajo mecanismos de compartición podrían acceder a información sobre el canal o canales disponibles prácticamente en tiempo real en las bandas de frecuencias que son compartidas entre dos o más equipos, aplicaciones o servicios.

El segundo elemento de los SACF, como se muestra en la Figura 3, consta de un sistema que a partir de la información contenida en la base de datos evalúa la disponibilidad de frecuencias y calcula, con base en las reglas aplicables de la banda de frecuencias y un estudio de compatibilidad electromagnética, los posibles parámetros técnicos de coexistencia y operación aplicables a los sistemas que permitirían proteger a los equipos, aplicaciones o servicios que ya operen en la banda de frecuencias de interés. Cabe mencionar que dichos parámetros técnicos son variables para cada sistema, aplicación o servicio por lo que su definición se basa en la valoración de las características pertinentes a sistemas específicos.

Toma de Decisión

Coexistencia

Estudio de Compatibilidad Electromagnética

Base de Datos de los SACF

Sistema de cálculo automático de los SACF

#### **Figura 3. Sistema de cálculo automático de los SACF[[7]](#footnote-8)**

La base de datos y el sistema de cálculo automático se correlacionan entre sí a través de las seis funciones siguientes:

* la función de actualización de la regulación nacional, mantiene actualizada la información sobre las reglas de uso para la banda de frecuencias, es decir, permite borrar y renovar dicha información a fin de mantenerla vigente;
* la función de protección a los servicios existentes, realiza los cálculos para permitir que los nuevos dispositivos operen bajo condiciones técnicas que permitan la protección a los servicios existentes;
* la función de disponibilidad del espectro radioeléctrico, se encarga de generar una respuesta a las solicitudes de uso del espectro radioeléctrico recibidas por un dispositivo entrante;
* la función de respuesta, es la encargada de recibir y contestar las solicitudes de nuevos sistemas que pretenden hacer uso del espectro radioeléctrico;
* la función de registro, es la responsable de construir un registro de las operaciones que cumplen con los requisitos de operación y de la regulación nacional, y
* la función de base de datos interna, se encarga de almacenar y recuperar de forma segura cualquier dato necesario para el funcionamiento adecuado de los SACF.

Debido a lo anterior, el funcionamiento de los SACF requiere de una retroalimentación constante para fomentar un uso adecuado del recurso espectral. Además, requieren de un sistema que calcule y determine la procedencia de uso en tiempo real a efectos de atender cualquier solicitud de acceso al espectro radioeléctrico, por lo que es importante que cada parte interesada nutra la base de datos de manera tal que sea lo suficientemente robusta para la determinación del uso compartido de espectro radioeléctrico.

## Casos de uso a nivel internacional de los SACF

Como se ha mencionado, los SACF pueden considerarse como una solución disruptiva al hacer el uso de elementos adicionales e innovadores que permiten la asignación del recurso espectral de manera dinámica y compartida. Es así que en esta sección se presentan ejemplos sobre casos de uso a nivel internacional en torno al desarrollo, implementación y uso de los SACF.

### Estados Unidos de América

En abril de 2020 la FCC[[8]](#footnote-9) determinó la implementación de los SACF en la banda de frecuencias 5925-7125 MHz, comúnmente conocida como banda de 6 GHz. Tal sistema se observó conveniente en virtud de la compartición de espectro que se pretende promover entre sistemas del SF y la operación de dispositivos de potencia estándar del orden de 4 W como se muestra en la Figura 4. En particular, la FCC definió las características que los dispositivos de potencia estándar deben incluir de conformidad con lo siguiente:

* deberán determinar su geolocalización automáticamente;
* deberán solicitar una lista de canales disponibles a los SACF cada 24 horas;
* la solicitud de un canal disponible incluirá datos como la geolocalización del dispositivo de potencia estándar, el identificador otorgado por la FCC (FCCID) y el número de serie del dispositivo de potencia estándar; y
* deberá dejar de transmitir si pierde contacto con los SACF.

Base de datos ULS

Operadores del SF

Actualización de licencias

SACF

Dispositivos de potencia estándar

**Figura 4. Operación de los SACF[[9]](#footnote-10)**

Dada la naturaleza de las atribuciones de la banda de 6 GHz en EUA, se pretende proteger de interferencias perjudiciales a los sistemas del SF por lo que los SACF calculan una zona de protección frente a cada receptor de SF como se muestra en la Figura 5. Dicha zona de protección se establece en función de los datos obtenidos de la base de titulares de licencias ULS de la FCC, las formas de las zonas de protección varían de acuerdo con el tipo de antena y la potencia de los dispositivos de potencia estándar. Los SACF detectan si existen emisiones del dispositivo de potencia estándar que tocan la zona de protección del enlace del SF y en caso de ser así, el dispositivo de potencia estándar tiene prohibido usar cualquier canal que se superponga con los enlaces del SF.

Zona de Protección

Área permitida para operación de dispositivos de potencia estándar

Receptor

Transmisor

Área restringida para operaciones de dispositivos de potencia estándar

**Figura 5. Zona de protección calculada para** **enlaces del SF[[10]](#footnote-11)**

El ULS es la base de datos oficial de licencias de la FCC y contiene datos técnicos extensos para las licencias basadas en el sitio, incluidas ubicaciones de transmisores y receptores, frecuencias, anchos de banda, polarizaciones, PIRE del transmisor, altura de la antena, marca, modelo de la antena y el equipo. Por lo tanto, el ULS tendría la información necesaria para que los SACF puedan establecer los parámetros que protegerían los enlaces del SF frente a la introducción de dispositivos de potencia estándar. Por lo tanto, la información utilizada por los SACF debe ser precisa y actualizada para su óptimo rendimiento.

De conformidad a una revisión de los datos del ULS, un enlace del SF casi nunca entra en funcionamiento menos de 30 días después de que la FCC recibe y envía la solicitud correspondiente a la ULS. Por lo tanto, los SACF podrían proteger los enlaces del SF siempre que las implementaciones de los SACF obtengan información actualizada al menos una vez cada 30 días y protejan los enlaces que se han solicitado, pero que aún no se han otorgado.

### Canadá

Por su parte el ISED en mayo de 2021[[11]](#footnote-12) también optó por utilizar un modelo de SACF en la banda de 6 GHz para controlar el funcionamiento de los puntos de acceso de potencia estándar pretendiendo armonizarlo con el modelo propuesto por la FCC, en el que una base de datos centralizada simple proporcionaría los datos necesarios para evitar interferencias perjudiciales. Para obtener información de los titulares que se encuentren operando dentro de la banda se utilizará la base de datos de SMS de ISED, como son, frecuencia operativa, ancho de banda, marca y modelo de la antena en uso, polarización de la antena, altura de la antena y ubicación del receptor. Dichos datos serán la fuente principal de información de los titulares utilizada por los SACF para calcular las zonas de exclusión.

Asimismo, el ISED indicó que para el correcto funcionamiento de los SACF es necesario que las bases de datos actualicen la información que obtienen al menos una vez al día, esto requiere que los titulares que ocupan la banda deben proporcionar la información completa del uso de la banda. Los titulares que usen la banda de frecuencia y cuyos datos estén incompletos, defectuosos o desactualizados correrán el riesgo de no obtener suficiente protección en contra de interferencias perjudiciales provenientes de dispositivos de potencia estándar exentos de licencia, por lo tanto, la provisión de datos precisos y actuales sigue siendo responsabilidad del titular según los términos de su licencia y, como tal, cualquier interferencia resultante de información incorrecta de la licencia será responsabilidad exclusiva del concesionario.

El ISED requerirá de los SACF para proteger las estaciones del SF con licencia y de los sitios de radioastronomía, así también tendrá en cuenta el impacto de la posible operación de drones en el desarrollo de las normas técnicas aplicables. Además, dentro de los asuntos generales relacionados con la implementación de los SACF el ISED considerará puntos a tratar como los requisitos técnicos y de procedimiento sobre la elegibilidad y los términos del contrato aplicables a los AFCSAs.

Derivado de todo lo anterior se puede advertir, por un lado, que los SACF no sólo proporcionarían una alternativa novedosa para la administración eficiente y eficaz del espectro radioeléctrico, sino que además promoverían la optimización del recurso espectral. Por otro lado, darían oportunidad de robustecer la gestión nacional del espectro radioeléctrico a través de la constante actualización de información la cual puede ser aprovechada para proporcionar capacidades adicionales.

# Conclusiones

Se reconoce que las comunicaciones inalámbricas son fundamentales para la provisión de los servicios de radiocomunicaciones, por lo que se considera oportuno habilitar nuevos sistemas, redes y tecnologías por medio de los cuales se permita la adopción de medidas técnicas para la operación y coexistencia entre equipos, aplicaciones o servicios en una misma banda de frecuencias que promuevan el uso compartido del espectro y minimicen las posibilidades de que se presenten interferencias perjudiciales a los servicios existentes.

Asimismo, se destaca que la planificación adecuada del espectro radioeléctrico habilita y promueve el desarrollo de comunicaciones inalámbricas de nueva generación, fomentando la creación de nuevas redes de comunicaciones, así como el uso compartido del recurso espectral por diversos equipos, aplicaciones o servicios. En este sentido, la provisión del acceso dinámico al espectro radioeléctrico a través del uso de los SACF puede responder a las necesidades de compartición de tal recurso y del ejercicio de la administración del espectro radioeléctrico.

Por lo cual, el uso de los SACF podría ser una herramienta de apoyo para la coordinación y gestión del uso del espectro radioeléctrico de manera automática con el objetivo de minimizar la presencia de interferencias perjudiciales a los sistemas que pudieran estar operando en las bandas de frecuencias de interés.

En consecuencia, la evolución tecnológica abre la oportunidad de gestionar el espectro radioeléctrico bajo nuevas alternativas al emplear la automatización de procesos y que como resultado podrían generar ventajas en fomento del uso óptimo del recurso espectral, de las cuales se pueden prever las siguientes:

1. Podrían coadyuvar con las acciones de administración del espectro radioeléctrico de manera autónoma a través del uso de las TIC;
2. El empleo de nuevos sistemas tecnológicos, adicionales a los utilizados para la provisión de los servicios de radiocomunicaciones, podrían coadyuvar en las labores actuales de optimización en el uso del espectro radioeléctrico;
3. Su uso fomentaría la compartición dinámica del espectro radioeléctrico por medio de tecnologías de última generación;
4. Optimizarían la coexistencia entre servicios que hagan uso de una misma banda de frecuencias;
5. Podrían controlar y negar de manera automática la operación de nuevos sistemas en circunstancias en las que los recursos espectrales y las características del entorno no sean adecuadas, y
6. Podrían facilitar las transacciones del mercado secundario y reducir los costos de transacción y el cumplimiento a las condiciones de operación, por ejemplo, licencias, límites de potencia, entre otros.

Así, el desarrollo de los SACF pudiera ser benéfico al considerar el uso de tecnologías disruptivas para la asignación del recurso espectral de manera óptima, así como para efectuar una administración expedita del espectro radioeléctrico.

# Fuentes Consultadas

* DSA, 2019. Automated Frequency Coordination. An Established Tool for Modern Spectrum Management.

<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/consultaspublicas/documentos/20210119-cpi6ghz2020-185.pdf>

* ECC, 2014. Report 205, Licensed Shared Access (LSA). <https://docdb.cept.org/download/992>
* FCC, 2019. COMMENTS OF APPLE INC., BROADCOM INC., CISCO SYSTEMS, INC., FACEBOOK, INC., GOOGLE LLC, HEWLETT PACKARD ENTERPRISE, INTEL CORPORATION, MARVELL SEMICONDUCTOR, INC., MICROSOFT CORPORATION, QUALCOMM INCORPORATED, AND RUCKUS NETWORKS, AN ARRIS COMPANY.

[https://ecfsapi.fcc.gov/file/10216633127609/6%20GHz%20RLAN%20Group%20Comments%20(Feb%2015%202019).pdf](https://ecfsapi.fcc.gov/file/10216633127609/6%20GHz%20RLAN%20Group%20Comments%20%28Feb%2015%202019%29.pdf)

* FCC, 2020. Unlicensed Use of the 6 GHz Band; Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz.

<https://www.fcc.gov/document/fcc-opens-6-ghz-band-wi-fi-and-other-unlicensed-uses-0>

* FCC, 2020. 3.5 GHz band overview.

<https://www.fcc.gov/35-ghz-band-overview>

* Federated wireless, 2019. Automated Frequency Coordination (AFC) Prototype Demonstration.

<https://ecfsapi.fcc.gov/file/100302586574/2019-10-01%20OET%20AFC%20Demo%20Ex%20Parte.pdf>

* IFT, 2017. Tecnologías de Acceso Dinámico y Uso Compartido del Espectro. <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/tecnologiasdeaccesodinamicoyusocompartidodelespectro_0.pdf>
* ISED, 2021. Decision on the Technical and Policy Framework for License-Exempt Use in the 6 GHz Band.

[https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/SMSE-006-21-2021-05EN.pdf/$file/SMSE-006-21-2021-05EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/SMSE-006-21-2021-05EN.pdf/%24file/SMSE-006-21-2021-05EN.pdf)

* OFCOM, 2016. A framework for spectrum sharing.

<https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0028/68239/statement.pdf>

* OFCOM, 2019. Enabling wireless innovation through local licensing.

<https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf>

* UIT, 2001. Rec. UIT-R SM.1132-2, Principios y métodos generales de compartición entre servicios de radiocomunicación o entre estaciones radioeléctricas.

[https://www.itu.int/dms\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1132-2-200107-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1132-2-200107-I%21%21PDF-S.pdf)

* Wi-Fi Alliance, 2021. Global Regulatory and AFC Update.

<https://www.wi-fi.org/download.php?file=/sites/default/files/private/202106_Global_Regulatory_and_AFC_Update.pdf>

* Wi-Fi Alliance, 2021. AFC System Reference Model.

<https://www.wi-fi.org/downloads-registered-guest/AFC_Specifications_and_Test_Plans.zip/38132>

1. UIT, 2001. Rec. UIT-R SM.1132-2, Principios y métodos generales de compartición entre servicios de radiocomunicación o entre estaciones radioeléctricas. Consultable en el siguiente enlace:

https://www.itu.int/dms\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1132-2-200107-I!!PDF-S.pdf [↑](#footnote-ref-2)
2. FCC, 2020. 3.5 GHz band overview. Consultable en el siguiente enlace: <https://www.fcc.gov/35-ghz-band-overview> [↑](#footnote-ref-3)
3. ECC, 2014. Report 205, Licensed Shared Access (LSA). Consultable en el siguiente enlace: <https://docdb.cept.org/download/992> [↑](#footnote-ref-4)
4. Ofcom, 2019, Enabling wireless innovation through local licensing. Consultable en el siguiente enlace:

<https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf> [↑](#footnote-ref-5)
5. Elaboración propia con información obtenida del documento “AFC System Reference Model”, WiFi Alliance, 2021. Consultable en el siguiente enlace: <https://www.wi-fi.org/downloads-registered-guest/AFC_Specifications_and_Test_Plans.zip/38132> [↑](#footnote-ref-6)
6. Elaboración propia con información obtenida del documento “Automated Frequency Coordination. An Established Tool for Modern Spectrum Management”. DSA, 2019. Consultable en el siguiente enlace:

<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/consultaspublicas/documentos/20210119-cpi6ghz2020-185.pdf> [↑](#footnote-ref-7)
7. Elaboración propia con información obtenida del documento “Automated Frequency Coordination. An Established Tool for Modern Spectrum Management”. DSA, 2019. Consultable en el siguiente enlace: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/consultaspublicas/documentos/20210119-cpi6ghz2020-185.pdf> [↑](#footnote-ref-8)
8. FCC, 2020. Unlicensed Use of the 6 GHz Band; Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz. Consultable en el siguiente enlace: <https://www.fcc.gov/document/fcc-opens-6-ghz-band-wi-fi-and-other-unlicensed-uses-0> [↑](#footnote-ref-9)
9. Elaboración propia con información obtenida del documento “Global Regulatory and AFC Update”. Wi-Fi Alliance, 2021. Consultable en el siguiente enlace: <https://www.wi-fi.org/download.php?file=/sites/default/files/private/202106_Global_Regulatory_and_AFC_Update.pdf> [↑](#footnote-ref-10)
10. Elaboración propia con información obtenida del documento “Automated Frequency Coordination. An Established Tool for Modern Spectrum Management”. DSA, 2019. Consultable en el siguiente enlace: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/consultaspublicas/documentos/20210119-cpi6ghz2020-185.pdf> [↑](#footnote-ref-11)
11. ISED, 2021. Decision on the Technical and Policy Framework for License-Exempt Use in the 6 GHz Band. Consultable en el siguiente enlace: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/SMSE-006-21-2021-05EN.pdf/$file/SMSE-006-21-2021-05EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/SMSE-006-21-2021-05EN.pdf/%24file/SMSE-006-21-2021-05EN.pdf) [↑](#footnote-ref-12)