Documento de referencia:

Identificación de las necesidades de espectro para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) entre 24.25 GHz y 86 GHz en México

# Índice

[Índice 1](#_Toc487701455)

[Introducción 2](#_Toc487701456)

[¿Qué son las IMT y cuál es su importancia? 1](#_Toc487701457)

[Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 1](#_Toc487701458)

[Comisiones de Estudio y Grupos de trabajo de la UIT. 3](#_Toc487701459)

[Atribuciones en las bandas de frecuencias candidatas entre 24.25 GHz y 86 GHz. 6](#_Toc487701460)

[Situación actual en México para el rango 24.25 – 86 GHz. 14](#_Toc487701463)

[Tendencias mundiales sobre el uso del espectro para IMT en frecuencias superiores a 24 GHz. 17](#_Toc487701464)

[Conclusiones 20](#_Toc487701465)

# 

# Introducción

Este documento de referencia tiene como principal propósito dar contexto a la Opinión Pública que el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) llevará a cabo a fin de recopilar insumos respecto de las necesidades de espectro para las IMT entre 24.25 GHz y 86 GHz en nuestro país. Como ya es sabido, el mecanismo de opinión pública se ha erigido como un vehículo de gran utilidad para el IFT, ya que éste permite conocer las propuestas y comentarios tanto de los ciudadanos como de las partes interesadas sobre las materias que son competencia del IFT.

Las nociones incluidas en el presente documento proporcionarán un marco de referencia técnico para el participante, así como un contexto nacional e internacional sobre el cual se han desarrollado acciones técnicas y regulatorias en bandas de frecuencias comprendidas entre las frecuencias 24.25 GHz y 86 GHz.

Para empezar, hay que decir que las comunicaciones de banda ancha móvil se han desarrollado de manera exponencial en los últimos años. Lo anterior obedece a la proliferación que estos sistemas han tenido en las vidas de los seres humanos, ya que permiten, entre otras cosas, llevar a cabo tareas importantes que ahora forman parte de nuestra vida diaria. Sin este tipo de comunicaciones, no sería posible llevar a cabo actividades tan cotidianas como enviar un correo electrónico, realizar video-conferencias o subir un archivo a la *web*.

Este tipo de comunicaciones utilizan el espectro radioeléctrico como medio de comunicación para el intercambio de información. El espectro radioeléctrico, al ser un recurso extremadamente escaso y de un valor estratégico sin precedentes en el contexto económico y tecnológico actual, requiere una eficiente gestión, administración y planificación. En este contexto, es preciso mencionar que las actividades relacionadas con el uso, aprovechamiento y explotación del mismo, cuentan con una enorme incidencia en los aspectos sociales y económicos del país y también constituyen un componente fundamental para el desarrollo competitivo a nivel mundial.

En este mismo sentido, el desarrollo tecnológico de los servicios de banda ancha móvil, sus características de ubicuidad y movilidad, así como el aumento de la velocidad en la transmisión de datos, han generado un crecimiento exponencial y acelerado en el volumen de tráfico que transportan. Consecuentemente, la demanda de recursos espectrales también se ha incrementado de manera vertiginosa.

Por su parte, el sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R) realiza grandes esfuerzos para determinar las bandas del espectro que se consideran útiles para la provisión de servicios móviles de banda ancha, identificándolas como bandas destinadas para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (o IMT, por sus siglas en inglés).

A su vez, el IFT está realizando una serie de acciones tendientes a incrementar la cantidad actual de espectro asignado para las IMT con el fin de contar con espectro radioeléctrico suficiente para satisfacer la creciente demanda de espectro en nuestro país a corto, mediano y largo plazo.

Es pertinente mencionar que el UIT-R se encarga también de realizar estudios, crear Reportes y elaborar Recomendaciones técnicas con la finalidad de promover una gestión óptima del espectro radioeléctrico a nivel mundial. Para dichos fines, cada tres o cuatro años se lleva a cabo la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR), en donde se examina y, en caso necesario, se modifica el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), que es el tratado internacional por el cual se rige la utilización del espectro para la utilización de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de los satélites geoestacionarios y no geoestacionarios.

Uno de los temas prospectivos que se discutirán y analizarán en la próxima CMR de 2019 (CMR-19) consiste en la identificación de bandas de frecuencias para el futuro desarrollo de las IMT en diversos segmentos entre 24.25 GHz y 86 GHz, particularmente en las bandas de frecuencias siguientes:

24.25 ̶ 27.5 GHz

31.8 ̶ 33.4 GHz

37 ̶ 40.5 GHz

40.5 ̶ 42.5 GHz

42.5 ̶ 43.5 GHz

45.5 ̶ 47 GHz

47 ̶ 47.2 GHz

47.2 ̶ 50.2 GHz

50.4 ̶ 52.6 GHz

66 ̶ 76 GHz

81 ̶ 86 GHz

En este orden de ideas, es que a través de un proceso de opinión pública el IFT pretende recopilar insumos de la industria, la academia y cualquier otro interesado en la materia, con el objeto de identificar áreas de oportunidad respecto a la demanda futura de espectro para servicios y aplicaciones de banda ancha móvil en nuestro país.

# ¿Qué son las IMT y cuál es su importancia?

Las IMT, acrónimo en inglés para el término: “*International Mobile Telecommunications*”, son sistemas móviles de alta calidad, cuyas elevadas velocidades de transmisión de datos permiten el funcionamiento de diversas aplicaciones de banda ancha móvil a gran escala.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) las ha definido como:

*“Los sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), son sistemas móviles que ofrecen acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicación y en particular a servicios móviles avanzados, soportados por las redes móviles y fijas que cada vez más utilizan tecnología de paquetes.*

*Los sistemas IMT soportan aplicaciones de baja a alta movilidad y una amplia gama de velocidades de datos con arreglo a las exigencias de los usuarios y los servicios en múltiples entornos de usuario. Las IMT también tienen capacidades para aplicaciones multimedios de alta calidad dentro de una amplia gama de servicios y plataformas, y ofrecen mejoras importantes de rendimiento y calidad de servicio.”[[1]](#footnote-2)*

El sector Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) ha desarrollado nuevas definiciones y requerimientos para las IMT a medida que han surgido nuevas tecnologías, necesidades del usuario y/o nuevas e innovadoras características de los sistemas móviles. De esta manera, las IMT-2000 integrarían sistemas móviles de tercera generación; las IMT-Avanzadas, al implementar aplicaciones multimedia de elevada calidad, integrarían servicios móviles de cuarta generación; finalmente, a medida que el consumidor ha venido demandado un mayor volumen de tráfico, mejor calidad en la experiencia del usuario y una mejor asequibilidad respecto del costo del servicio y de los equipos terminales, el UIT-R determinó la inclusión de las IMT-2020, con el objeto de dar cabida a los sistemas de quinta generación (5G) que se encuentran en desarrollo. Es de resaltar que las IMT-2020 integran muchas más capacidades que las IMT-Avanzadas en cuanto a mayor velocidad de datos para el usuario, mayor eficiencia espectral, menor latencia y mayor movilidad.

En vista de lo anterior, uno de los grandes retos en materia de la política de espectro radioeléctrico consiste en llevar a cabo estrategias de planeación y reorganización de bandas de frecuencias con el objeto de estar en condiciones de poner a disposición sistemas IMT para la operación de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión con mayor demanda.

# Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019

Durante el mes de noviembre de 2015 en Ginebra, Suiza, la CMR-15 acordó llevar a cabo una CMR en el año 2019 (CMR-19) y se definieron los Puntos del Orden del Día (POD) de su Agenda.

Uno de los POD más relevantes es el **1.13**, el cual expresa lo siguiente[[2]](#footnote-3):

*“****1.13*** *considerar la identificación de bandas de frecuencias para el futuro despliegue de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT), incluidas posibles atribuciones adicionales al servicio móvil a título primario, de conformidad con la Resolución* ***238 (CMR-15)****;”*

En congruencia con lo anterior, la Resolución **238 (CMR-15)** [[3]](#footnote-4) indica lo siguiente:

“*Estudios sobre asuntos relacionados con las frecuencias para la identificación de las telecomunicaciones móviles internacionales, incluidas posibles atribuciones adicionales al servicio móvil a título primario en partes de la gama de frecuencias comprendida entre 24,25 y 86 GHz con miras al futuro desarrollo de las IMT para 2020 y años posteriores”.*

Es de mencionar que para poder proporcionar un tratamiento adecuado a la complejidad que representa el POD 1.13 de la CMR-19, la Comisión de Estudio 5 del UIT-R decidió instituir un Grupo de Tareas, denominado “TG 5/1”, el cual es responsable de realizar los estudios de compartición y compatibilidad en el rango de frecuencias entre 24.25 GHz y 86 GHz, con base en estudios adecuados para determinar las necesidades de espectro para el componente terrenal de las IMT, teniendo en cuenta diferentes aspectos tales como:

* Las características técnicas y de explotación de los sistemas IMT que estarían funcionando en esta gama de frecuencias elevadas y, en particular, la evolución de las IMT gracias a los avances tecnológicos y de las técnicas de eficiencia espectral.
* Los escenarios de despliegue previstos para los sistemas **IMT-2020** y los requisitos conexos derivados de un tráfico de datos muy elevado como el que tiene lugar en zonas urbanas densas y/o durante determinados periodos de tiempo de elevado consumo.
* Las necesidades de los países en desarrollo.
* El periodo de tiempo en el que se necesitaría el espectro.

De igual forma, la Resolución 238 invita a realizar y completar los estudios en comento a tiempo para la CMR-19 en las siguientes bandas de frecuencias:

* Bandas de frecuencias que tienen atribuciones al servicio móvil a título primario en el RR:

**24.25-27.5 GHz[[4]](#footnote-5), 37-40.5 GHz, 42.5-43.5 GHz, 45.5-47 GHz, 47.2-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-76 GHz y 81-86 GHz**.

* Bandas de frecuencias que pueden requerir una atribución adicional al servicio móvil a título primario en el RR:

**31.8-33.4 GHz, 40.5-42.5 GHz y 47-47.2 GHz**.

Lo anterior, se resume en la siguiente Figura:



*Figura 1. Bandas de frecuencias del POD 1.13 de la CMR-19*

En donde:

**A**: 24.25-27.5 GHz **X**: 31.8-33.4

**B**: 37-40.5 GHz **Y**: 40.5-42.5 GHz

**C**: 42.5-43.5 GHz **Z**: 47-47.2 GHz

**D**: 45.5-47 GHz

**E**: 47.2-50.2 GHz

**F**: 50.4-52.6 GHz

**G**: 66-76 GHz

H: 81-86 GHz

Es así que la finalidad del POD 1.13 es que se efectúen los estudios correspondientes para dictaminar la viabilidad de atribuir las bandas de frecuencia mencionadas al servicio móvil a título primario, con el objeto de identificarlas como propicias para la introducción de sistemas IMT y eventualmente utilizarlas para la provisión de servicios móviles de banda ancha móvil.

# Comisiones de Estudio y Grupos de trabajo de la UIT.

Las Comisiones de Estudio del UIT-R desarrollan los estudios preparatorios que sientan las bases técnicas para las decisiones adoptadas en las Conferencias Mundiales y Regionales en materia de radiocomunicaciones y elaboran proyectos de Reportes y Recomendaciones sobre temas relacionados con las radiocomunicaciones para su aprobación por parte de los Estados miembros de la UIT.

En el UIT-R existen seis Comisiones de Estudio, a saber: Comisión de Estudio 1 (CE 1), Gestión del espectro; Comisión de Estudio 3 (CE 3), Propagación de las ondas radioeléctricas; Comisión de Estudio 4 (CE 4), Servicios por satélite; Comisión de Estudio 5 (CE 5), Servicios terrenales; Comisión de Estudio 6 (CE 6), Servicio de radiodifusión; y Comisión de Estudio 7 (CE 7), Servicios científicos.

Cada Comisión de Estudio cuenta con Grupos de Trabajo (GT) especializados, los que se encargan de llevar a cabo estudios, propuestas y contribuciones para la elaboración de Reportes o Recomendaciones para el UIT-R.

En el caso particular del POD 1.13, este documento se enfoca en la CE 5, la cual se encarga de estudiar los Servicios Terrenales. Dicha comisión está conformada por cuatro Grupos de Trabajo, como se aprecia en la Figura 2 del presente documento. Además de éstos, como se ha mencionado anteriormente, en el ciclo de estudios correspondiente a la CMR-19, fue necesaria la creación del Grupo de Tareas TG 5/1 con la finalidad de que en este grupo sea el responsable de los temas relativos al POD 1.13.

Figura 2. Grupos de Trabajo de la Comisión de Estudio 5 de la UIT.

El TG 5/1 ha empezado sus labores y a la fecha ha conducido dos reuniones a través de las cuales ha trazado el plan de trabajo a seguir para definir las necesidades de espectro para el componente terrestre de IMT, así como los parámetros técnicos y los modelos de propagación que se deben utilizar en los estudios de compatibilidad en el rango de frecuencias entre los 24.25 GHz y 86 GHz.

Por otra parte, es preciso mencionar que durante los trabajos de la primera sesión de la Reunión Preparatoria de la Conferencia (RPC) para la CMR-19, celebrada los días 30 de noviembre y 1 de diciembre de 2015, se decidió que el GT 5D se encargaría de los estudios indicados en la Resolución 238 (CMR-15), en lo que respecta a las necesidades de espectro, las características técnicas y operativas, criterios de protección, y los casos de despliegue de la componente terrenal de las IMT, antes del 31 de marzo de 2017.

De acuerdo con la atribución de los trabajos preparatorios del UIT-R para la CMR-19, los Grupos de Trabajo implicados en el POD 1.13[[5]](#footnote-6), pertenecientes a la CE3, CE4, CE5, CE6 y CE7, serán responsables de indicar las características técnicas, así como los criterios de protección de los servicios existentes atribuidos en las bandas, o bien, en las bandas adyacentes del segmento 24.25 - 86 GHz. En el caso particular de los GT de la CE 3, también se encargarán de facilitar los modelos de propagación pertinentes para los estudios de compartición en las mismas bandas de frecuencias.

De esta manera, como se ha descrito en este apartado, los estudios en algunas bandas de frecuencias del segmento 24.25 - 86 GHz ya están en marcha. La culminación de dichos estudios está programada para el año 2019, con la finalidad de estar en posibilidades de poner a disposición espectro para sistemas IMT-2020, a través de los cuales se prevén tres principales escenarios de uso: banda ancha móvil mejorada, comunicaciones ultra-confiables de baja latencia y comunicaciones masivas de tipo máquina[[6]](#footnote-7).

Bajo tales condiciones, y con base en las mejores prácticas internacionales, es importante que el Instituto se encuentre preparado para responder a las necesidades de comunicación inalámbrica del futuro a través de una adecuada y eficiente política prospectiva en la gestión y administración del espectro radioeléctrico; sin dejar de mencionar que al realizar esto deben tomarse en cuenta las medidas de protección para los servicios existentes y que se encuentran en operación por parte de algún usuario a través de sus instrumentos habilitantes.

# Atribuciones en las bandas de frecuencias candidatas entre 24.25 GHz y 86 GHz.

Con la finalidad de determinar la posible identificación de algunas bandas de frecuencias comprendidas entre 24.25 GHz y 86 GHz como propicias para las IMT, a continuación se presentan las atribuciones contenidas en el RR[[7]](#footnote-8) de la UIT, así como en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)[[8]](#footnote-9) de nuestro país.

## **Atribución internacional de las bandas consideras en el POD 1.13 entre 24.25 GHz y 86 GHz (Región 2 del RR de la UIT)**

24.25-27.5 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 24.25 – 24.45 | RADIONAVEGACIÓN |
| 24.45 – 24.65 | ENTRE SATÉLITES  RADIONAVEGACIÓN  5.533 |
| 24.65 – 24.75 | ENTRE SATÉLITES  RADIOLOCALIZACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) |
| 24.75 – 25.25 | FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.535 |
| 25.25 – 25.5 | FIJO  ENTRE SATÉLITES 5.536  MÓVIL  Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio) |
| 25.5 – 27 | EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.536B  FIJO  ENTRE SATÉLITES 5.536  MÓVIL  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) 5.536C  Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)  5.536A |
| 27 – 27.5 | FIJO  FIJO PÓR SATÉLITE (Tierra-Espacio)  ENTRE SATÉLITES 5.536 5.537  MÓVIL |

31.8-33.4 GHz

| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| --- | --- |
| 31.8 – 32 | FIJO 5.547A  RADIONAVEGACIÓN  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (espacio-Tierra)  5.547 5.547B 5.548 |
| 32– 32.3 | FIJO 5.547A  RADIONAVEGACIÓN  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (espacio-Tierra)  5.547 5.547C 5.548 |
| 32.3– 33 | FIJO 5.547A  ENTRE SATÉLITES  RADIONAVEGACIÓN  5.547 5.547D 5.548 |
| 33– 33.4 | FIJO 5.547A  RADIONAVEGACIÓN  5.547 5.547E |

37 - 40.5 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 37-37.5 | FIJO  MÓVIL salvo móvil aeronáutico  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)  5.547 |
| 37.5 – 38 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  MÓVIL salvo móvil aeronáutico  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)  Exploración de la Tierra por satélite (espacio-Tierra)  5.547 |
| 38 – 39.5 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  MÓVIL  Exploración de la Tierra por satélite (espacio-Tierra)  5.547 |
| 39.5 – 40 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.516B  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  Exploración de la Tierra por satélite (espacio-Tierra)  5.547 |
| 40 – 40.5 | EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra- espacio)  FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.516B  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra- espacio)  Exploración de la Tierra por satélite (espacio-Tierra) |

40.5 - 42.5 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 40.5 – 41 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.516B  RADIODIFUSIÓN  RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE  Móvil  Móvil por satélite (espacio-Tierra)  5.547 |
| 41 – 42.5 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.516B  RADIODIFUSIÓN  RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE  Móvil  5.547 5.551F 5.551H 5.551I |

42.5 - 43.5 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 42.5 – 43.5 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio) 5.552  MÓVIL salvo móvil aeronáutico  RADIOASTRONOMÍA  5.149 5.547 |

45.5 - 47 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 43.5 – 47 | MÓVIL 5.553  MÓVIL POR SATÉLITE  RADIONAVEGACIÓN  RADIONAVEGACIÓNPOR SATÉLITE  5.554 |

47 - 47.2 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 47 – 47.2 | AFICIONADOS  AFICIONADOS POR SATÉLITE |

47.2 - 50.2 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 47.2 – 47.5 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio) 5.552  MÓVIL  5.552A |
| 47.5 – 47.9 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio) 5.552  MÓVIL |
| 47.9 – 48.2 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio) 5.552  MÓVIL  5.552A |
| 48.2 – 50.2 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio) 5.516B 5.338A 5.552  MÓVIL  5.149 5.340 5.555 |

50.4 - 52.6 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 50.4 – 51.4 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio) 5.338A  MÓVIL  Móvil por satélite (Tierra-espacio) |
| 51.4 – 52.6 | FIJO 5.338A  MÓVIL  5.547 5.556 |

66 - 76 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 66 – 71 | ENTRE SATÉLITES  MÓVIL 5.553 5.558  MÓVIL POR SATÉLITE  RADIONAVEGACIÓN  RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE  5.554 |
| 71 – 74 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) |
| 74 – 76 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  MÓVIL  RADIODIFUSIÓN  RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE  Investigación espacial (espacio- Tierra)  5.561 |

81 - 86 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 81 – 84 | FIJO 5.338A  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  RADIOASTRONOMÍA  Investigación espacial (espacio- Tierra)  5.149 5.561A |
| 84 – 86 | FIJO 5.338A  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.561B  MÓVIL  RADIOASTRONOMÍA  5.149 |

Para detalles de las atribuciones y notas relevantes de la Región 2, consultar el RR en su edición 2016[[9]](#footnote-10).

## **Atribución nacional de las bandas consideras en el POD 1.13 entre 24.25 GHz y 86 GHz (CNAF)**

24.25 - 27.5 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 24.25 – 24.45 | RADIONAVEGACIÓN  MX261 |
| 24.45 – 24.65 | ENTRE SATÉLITES  RADIONAVEGACIÓN  MX262 |
| 24.65 – 24.75 | ENTRE SATÉLITES  RADIOLOCALIZACIÓN POR SATÉLITE (Tierra-espacio) |
| 24.75 – 25.25 | FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) |
| 25.25 – 25.5 | ENTRE SATÉLITES  FIJO  Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio) |
| 25.5 – 27 | ENTRE SATÉLITES  EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  FIJO  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)  Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)  MX263 |
| 27 – 27.5 | ENTRE SATÉLITES  FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) |

31.8-33.4 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 31.8 – 32.3 | FIJO  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (espacio-Tierra)  RADIONAVEGACIÓN  MX265 |
| 32.3 – 33 | ENTRE SATÉLITES  FIJO  RADIONAVEGACIÓN  MX266 |
| 33 – 33.4 | FIJO  RADIONAVEGACIÓN  MX267 |

37-40.5 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 37 – 37.5 | FIJO  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)  MÓVIL salvo móvil aeronáutico  MX230C MX271 |
| 37.5 – 38 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)  MÓVIL salvo móvil aeronáutico  Exploración de la Tierra por satélite (espacio-Tierra)  MX271 |
| 38 – 39.5 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  MÓVIL  Exploración de la Tierra por satélite  (espacio-Tierra)  MX230C MX271 |
| 39.5 – 40 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  Exploración de la Tierra por satélite (espacio-Tierra) |
| 40 – 40.5 | EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio)  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  Exploración de la Tierra por satélite (espacio-Tierra)  MX272 |

40.5-42.5GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 40.5 – 41 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  RADIODIFUSIÓN  RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE  Móvil  Móvil por satélite (espacio-Tierra) |
| 41 – 42.5 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  RADIODIFUSIÓN  RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE  Móvil |

42.5-43.5 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 42.5 – 43.5 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  MÓVIL salvo móvil aeronáutico  RADIOASTRONOMÍA  MX273 |

45.5-47 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 43.5 – 47 | MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE  RADIONAVEGACIÓN  RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE  MX274 |

47-47.2 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 47 – 47.2 | AFICIONADOS  AFICIONADOS POR SATÉLITE  MX28 |

47.2-50.2 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 47.2 – 50.2 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  MÓVIL |

50.4-52.6 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 50.4 – 51.4 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  MÓVIL  Móvil por satélite (Tierra-espacio) |
| 51.4 – 52.6 | FIJO  MÓVIL |

66-76 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 66 – 71 | ENTRE SATÉLITES  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE  RADIONAVEGACIÓN  RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE  MX282 MX283 |
| 71 – 74 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra)  MX283 MX284 |
| 74 – 76 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  MÓVIL  RADIODIFUSIÓN  RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE  Investigación espacial (espacio-Tierra)  MX283 MX284 |

81-86 GHz

|  |  |
| --- | --- |
| Segmento de frecuencias  (GHz) | Atribución |
| 81 – 84 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  MÓVIL  MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  RADIOASTRONOMÍA  Investigación espacial (espacio-Tierra)  MX283 MX284 |
| 84 – 86 | FIJO  FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)  MÓVIL  RADIOASTRONOMÍA  MX283 MX284 |

Para detalles de las atribuciones y notas relevantes en México, consultar el CNAF[[10]](#footnote-11).

# Situación actual en México para el rango 24.25 – 86 GHz.

Con el objeto de conocer la viabilidad para que una banda de frecuencias eventualmente adopte las recomendaciones del UIT-R, e identificar las bandas de frecuencias incluidas en el POD 1.13 como propicias para el desarrollo de las IMT, es imprescindible llevar a cabo un análisis de la situación actual de dichas bandas de frecuencias en nuestro país.

En lo que respecta a las atribuciones móviles, la siguiente tabla muestra un resumen de las bandas de frecuencias incluidas en el POD 1.13 correspondientes al segmento 24.25 GHz a 86 GHz que cuentan con atribución para el servicio móvil a título primario, secundario, así como aquellas bandas que no cuentan con atribución alguna para el servicio móvil en nuestro país:

| Bandas de Frecuencias POD 1.13 CMR-19 | Banda de Frecuencias (GHz) | Atribución en México al Servicio Móvil a Título Primario | Atribución en México al Servicio Móvil a Título Secundario | Sin Atribución en México al Servicio Móvil |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 24.25 – 27.5 | 24.25 – 27.5 |  |  | X |
| 31.8 – 33.4 | 31.8 – 33.4 |  |  | X |
| 37 – 40.5 | 37 – 37.5 | X |  |  |
| 37.5 – 38 | X |  |  |
| 38 – 39.5 | X |  |  |
| 39.5 – 40 | X |  |  |
| 40 – 40.5 | X |  |  |
| 40.5 – 42.5 | 40.5 – 41 |  | X |  |
| 41 – 42.5 |  | X |  |
| 42.5 – 43.5 | 42.5 – 43.5 | X |  |  |
| 45.5 – 47 | 43.5 – 47 | X |  |  |
| 47 – 47.2 | 47 – 47.2 |  |  | X |
| 47.2 – 50.2 | 47.2 – 50.2 | X |  |  |
| 50.4 ̶ 52.6 GHz | 50.4 – 51.4 | X |  |  |
| 51.4 – 52.6 | X |  |  |
| 66 ̶ 76 GHz | 66 – 71 | X |  |  |
| 71– 74 | X |  |  |
| 74 – 76 | X |  |  |
| 81 ̶ 86 GHz | 81 – 84 | X |  |  |
| 84 – 86 | X |  |  |

*Tabla 1. Bandas de frecuencias incluidas en el POD 1.13 en el rango 24.25 GHz a 86 GHz que cuentan con atribución para el servicio móvil a título primario, secundario, así como aquellas sin atribución a servicio móvil.*

Con lo anterior se muestra que, de un total de 33.25 GHz considerados en las bandas de frecuencia del POD 1.13 para su posible identificación como sistemas IMT, 26.2 GHz, correspondientes al 79%, tienen atribución para servicio móvil a título primario; 2 GHz, correspondientes al 6%, tienen atribución para servicio móvil a titulo secundario; mientras que los 5.05 GHz restantes, correspondientes al 15%, se encuentran sin atribución al servicio móvil.

*Figura 3. Atribución para Servicio Móvil de espectro radioeléctrico en el rango 24.25- 86 GHz*

Siendo así, se resume que en nuestro país las únicas bandas de frecuencias del POD 1.13 en el rango 24.25 GHz a 86 GHz que cuentan con atribución al servicio móvil suman un total de 28.2 GHz como se muestra a continuación:

| Banda de Frecuencias (GHz) | Espectro con atribución a Servicio Móvil Primario (P) o Secundario (S) | Espectro Libre con atribución a Servicio Móvil Primario (P) |
| --- | --- | --- |
| 37 – 40.5 | P |  |
| 40.5 – 42.5 | S |  |
| 42.5 – 43.5 | P |  |
| 45.5 – 47 | P |  |
| 47.2 – 50.2 | P |  |
| 50.4 – 52.6 | P |  |
| 66 – 71 | P |  |
| 71 – 76 |  | P |
| 81 – 86 |  | P |

*Tabla 2. Bandas de frecuencias del POD 1.13 en el rango 24.25 GHz a 86 GHz que cuentan con atribución a servicio móvil*



*Figura 4. Bandas de frecuencias del POD 1.13 atribuidas en el CNAF a Servicio Móvil*

En donde:

**a:** 37-43.5GHz **y:** 71-76 GHz

**b:** 45.5-47 GHz **z:** 81-86 GHz

**c:** 47.2-50.2 GHz

**d:** 50.4-52.6 GHz

**e:** 66-71 GHz

Por otro lado, un punto importante a considerar es la existencia de diversas bandas de frecuencias que, por encontrarse atribuidas a diversos servicios relacionados con la seguridad de la vida humana, están destinadas para su uso por otros servicios. A continuación se muestra una tabla en donde se enlistan las bandas de frecuencias del POD 1.13 en el rango 24.25 GHz a 86 GHz contempladas para otros servicios y clasificaciones con base en lo estipulado en el CNAF:

| **Bandas de Frecuencias POA 1.13 CMR-19**  **(GHz)** | **Banda de Frecuencias**  **(GHz)** | **Espectro para servicio de Radionavegación** | **Espectro para servicio de Radionavegación por satélite** | **Espectro para servicio de Radioastronomía** | **Espectro para servicio de Exploración de la Tierra por satélite** | **Espectro Libre** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 24.25 – 27.5 | 24.25 – 24.45 | X |  |  |  |  |
| 24.45 –24.65 | X |  |  |  |  |
| 25.5 – 27 |  |  |  | X |  |
| 31.8 – 33.4 | 31.8 – 33.4 | X |  |  |  |  |
| 37 – 40.5 | 40 – 40.5 |  |  |  | X |  |
| 42.5 – 43.5 | 42.5 – 43.5 |  |  | X |  |  |
| 45.5 – 47 | 43.5 – 47 | X | X |  |  |  |
| 66 – 76 | 66 – 71 | X | X |  |  |  |
| 71 – 76 |  |  |  |  | X |
| 81 – 86 | 81 – 86 |  |  |  |  | X |

*Tabla 3. Bandas de frecuencias del POD 1.13 en el rango 24.25 GHz a 86 GHz que cuentan con servicios relacionados con la seguridad de la vida humana, así como espectro libre.*

Ahora bien, es de mencionar que en nuestro país se cuenta con registro de diversos servicios de radiocomunicaciones prestados a través de las bandas de frecuencias en el segmento 24.25 – 86 GHz. Tal es el caso del registro que se tiene de diversos títulos de concesión en la banda de frecuencias de 37 GHz, particularmente en el segmento 37 – 38.6 GHz, para la provisión de capacidad para el establecimiento de enlaces de microondas punto a punto, pertenecientes al servicio fijo.

Finalmente, el día 9 de marzo de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el “Acuerdo por el que se establecen las bandas de frecuencias de 71 a 76 GHz y de 81 a 86 GHz, como bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso libre, y las condiciones de operación a que deberán sujetarse los sistemas y dispositivos para su operación en estas bandas”[[11]](#footnote-12), a través del cual se pacta clasificar dichas bandas como espectro libre.

# Tendencias mundiales sobre el uso del espectro para IMT en frecuencias superiores a 24 GHz.

El espectro radioeléctrico en frecuencias superiores a 24 GHz es un recurso que se está proyectando a nivel mundial para el desarrollo y despliegue de futuros estándares para los sistemas móviles de quinta generación o 5G. Se prevé que alrededor del año 2019 un gran número de dispositivos de corto alcance y potencia limitada se encuentren operando a través de las bandas de frecuencias milimétricas en el contexto de las comunicaciones tipo máquina a nivel masivo y el Internet de las cosas (IoT).

Por estas razones, diversos países en el mundo han comenzado a sumar esfuerzos con el objeto de armonizar bandas de frecuencias propicias para satisfacer la inmensa demanda que se prevé tengan este tipo de comunicaciones a nivel global.

Así pues, existen regiones y/o países en el mundo que ya han comenzado a realizar acciones tendientes a la implementación de sistemas IMT de banda ancha y estrecha en las bandas de frecuencias incluidas en el POD 1.13 de la CMR-19. Por ejemplo, la **Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones** (CEPT, por sus siglas en francés) ha adoptado diversas medidas para armonizar espectro radioeléctrico en la banda de 24.25-27.5 GHz[[12]](#footnote-13) para desplegar redes 5G y ha llevado a cabo un primer acercamiento hacia una postura regional.

Aunado a lo anterior, se conoce que la CEPT llevó a cabo una consulta pública el año pasado. El propósito de su cuestionario era reunir las opiniones de las administraciones de la CEPT y la industria sobre las bandas de frecuencia en estudio para la CMR-19 respecto al POD 1.13. Estas aportaciones preliminares por parte de la CEPT pueden apreciarse en la siguiente tabla:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Banda | Prioridad de estudio de la CEPT | Intereses particulares en esta banda |
| 24.25 – 27.5 GHz | Alta prioridad de estudio “Banda pionera 5G” | Ancho de banda razonable (3.25 GHz) es la banda más baja de la lista del UIT-R tienen mejores características de propagación que las otras bandas enumeradas. |
| 31.8 – 33.4 GHz | Alta prioridad de estudio | Banda bastante estrecha (1.6 GHz). El espectro se utiliza en Europa para *trunking*, por lo que se necesitarán estudios compartidos para demostrar viabilidad |
| 37 – 40.5 GHz  40.5 – 42.5 GHz  42.5 – 43.5 GHz | Alta prioridad de estudio | Banda razonablemente ancha. Atractiva para el ajuste de implementaciones de alcance para realizar economías de escala. |
| 45.5 – 47 GHz  47 – 47.2 GHz  47.2 – 50.2 GHz | Baja prioridad de estudio | No hay signos de desarrollo del ecosistema de la industria en este rango. |
| 50.4 – 52.6 GHz |
| 66 – 71 GHz | Prioridad media de estudio. | Banda ancha y relativamente poco utilizada. |
| 71 – 76 GHz | Gran ancho de banda para alta capacidad dirigida a células pequeñas debido a las características de propagación. |
| 81 – 86 GHz |

*Tabla 4. Postura de la CEPT respecto a las bandas de frecuencias del POD 1.13 en el rango 24.25 GHz a 86 GHz*

Ahora bien, como se había mencionado en la sección “Comisiones de Estudio y Grupos de trabajo de la UIT” del presente documento, algunas administraciones enviaron insumos al GT 5D de la UIT acerca del el POD 1.13 de la CMR-19, los cuales arrojaron diversas consideraciones que estimaron conveniente compartir, así como la cantidad de espectro radioeléctrico necesaria respecto de las bandas de frecuencia objeto de estudio.

A continuación se presenta la tabla de manera íntegra respecto de los resultados obtenidos para el caso de la cantidad de espectro necesaria:

| Necesidades de espectro por país | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Bandas de frecuencias contempladas en el POD 1.13 de la CMR-19 | Suecia | Egipto | Bahréin | Rusia | Brasil |
| 24.25 – 27.5 GHz | 3 GHz | 2 GHz | 10 GHz | 2 GHz | 4 GHz |
| 31.8 – 33.4 GHz | 0 GHz |
| 37 – 40.5 GHz | 2.5 GHz | 2 GHz | - |
| 40.5 – 42.5 GHz |
| 42.5 – 43.5 GHz |
| 45.5 – 47 GHz | 2.5 GHz | 2 GHz | 5 GHz |
| 47 – 47.2 GHz |
| 47.2 – 50.2 GHz |
| 50.4 – 52.6 GHz | 2 GHz |
| 66 – 76 GHz | 4.5 GHz | 4 GHz | Al menos 6 GHz |
| 81 – 86 GHz | 3 GHz |
| TOTAL | **12.5 GHz** | **15 GHz** | **10 GHz** | **7 GHz** | **10-18 GHz** |

*Tabla 5. Necesidades de espectro por país manifestada por algunas administraciones al GT 5D de la UIT acerca del el POD 1.13 de la CMR-19.*

En lo que concierne a otros aspectos importantes que cada país está considerando en el segmento de frecuencias comprendido entre 24.25 GHz y 86 GHz, administraciones como **Corea del Sur** ha expuesto que las bandas de frecuencias por debajo de 40 GHz serían un elemento clave para el éxito en los amplios despliegues de las IMT-2020.

Por lo que hace a **Estados Unidos**, se sabe que en julio de 2016 la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) aprobó el uso con licencia en las bandas 27.5 - 28.35 GHz y 37 - 40 GHz, así como el uso sin licencia (espectro libre) en la banda 64 - 71 GHz[[13]](#footnote-14).

En **Suecia** se está analizando la posibilidad de implementar una regulación que permita la convivencia de espectro concesionado y espectro libre, en donde la cantidad de espectro sin licencia se encuentre en frecuencias muy altas.

**Rusia** considera que las bandas inferiores a 43.5 GHz serían adecuadas para el despliegue de micro células para coberturas en espacios exteriores e interiores, cuyas tasas de datos sean moderadas; pero que cuenten con cobertura continua principalmente en áreas suburbanas y urbanas pobladas. Por su parte, planea que las bandas por encima de 43.5 GHz se consideran adecuadas para el despliegue de puntos de acceso a Internet (*hotspots*) que pueden contar con tasas de datos más altas o para proveer servicio móvil de banda ancha a las ubicaciones más densamente pobladas.

Cabe señalar que existen países que están adoptando el uso de otras bandas de frecuencias para la provisión de servicios móviles. Tal es el caso de Estados Unidos, que considera el uso de las bandas 27.5 - 28.35 GHz para sistemas de banda ancha móvil compartidos con otros servicios existentes, incluyendo el servicio fijo por satélite. Así mismo, otro caso importante de mencionar es Corea del Sur, quien ya ha empezado a realizar pruebas de 5G en la banda 26.5 - 29.5 GHz.

En este sentido, si bien la banda de frecuencias **27.5 – 29.5 GHz** no se encuentra listada dentro de las bandas bajo estudio de la UIT-R para la CMR-19 bajo el POD 1.13, las discusiones respecto a la factibilidad de utilizar esta banda para el futuro despliegue de aplicaciones de banda ancha móvil entre las administraciones, reguladores y la industria se han vuelto cada vez más constantes.

Finalmente, es de señalar también que en el marco de los trabajos del TG 5/1, diversas Agencias Espaciales y Comités de radioastronomía y Ciencia Espacial han manifestado la necesidad de establecer criterios de protección para que los servicios científicos que operan en las bandas adyacentes a las bandas de frecuencias candidatas en el POD 1.13, cuenten con la calidad de funcionamiento adecuada y se encuentren libres de toda interferencia por parte del servicio móvil.

# Conclusiones

Es evidente que la armonización de bandas de espectro radioeléctrico para la provisión de servicios de radiocomunicaciones en el mundo ha permitido el desarrollo de economías de escala, particularmente en el ecosistema de los servicios de banda ancha móvil, brindando a los usuarios una calidad de servicio mejor, proporcionando velocidades de transmisión de datos cada vez más altas, así como *Roaming* internacional.

Eventos como las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, así como las Reuniones de los diversos organismos regionales, permiten a los países recabar insumos de los trabajos y contribuciones presentadas, con el objeto de tomar decisiones importantes en materia de gestión del espectro radioeléctrico. Además, estos insumos permiten a los países prever de manera prospectiva una política de espectro radioeléctrico que permita la operación de los diversos servicios de radiocomunicaciones para el despliegue de servicios de interés general en ciertas bandas de frecuencias.

La demanda de servicios de banda ancha móvil se ha acrecentado considerablemente; es así que la tendencia por identificar y establecer bandas de frecuencias para el servicio de banda ancha móvil es cada vez mayor. De acuerdo con el último reporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el cual incluye la última actualización de estadísticas de banda ancha de sus países miembros, México se encuentra en el lugar 30 de 35 en penetración de banda ancha por número de habitantes. Estas cifras muestran que en nuestro país existen 70 suscriptores por cada 100 habitantes.[[14]](#footnote-15)

De acuerdo con las primeras tendencias por parte de diversas administraciones y organismos regionales, se ha observado una tendencia hacia las bandas de frecuencias 24.25 - 27.5 GHz, 31.8 - 33.4 GHz y 37– 43.5 GHz para el despliegue de redes 5G.

Por todo lo anteriormente expuesto, cada vez más países se dan a la tarea de evaluar diferentes alternativas de uso del espectro para sistemas IMT buscando propiciar la armonización en el uso del espectro, con el fin de solventar las necesidades actuales y futuras para servicios de banda ancha móvil.

1. Recomendación UIT-R M.1224-1 “Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT)”. Serie M, Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos. 2013. [↑](#footnote-ref-2)
2. Ver Resolución 809 del documento: Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 (CMR-19), disponible en: <https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/14/02/R14020000010001PDFS.pdf> [↑](#footnote-ref-3)
3. Ver Resolución 238, del documento: Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 (CMR-19), disponible en: <https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/14/02/R14020000010001PDFS.pdf> [↑](#footnote-ref-4)
4. La Resolución 238 indica que cuando se realicen estudios sobre la banda de frecuencias 24.5-27.5 GHz, se tendrá en cuenta la necesidad de garantizar la protección de las estaciones terrenas existentes y la implantación futura de estaciones terrenas receptoras en el marco de la atribución al servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (espacio-Tierra) y al servicio de investigación espacial (SIE) (espacio-Tierra) en la banda de frecuencias 25.5-27 GHz. [↑](#footnote-ref-5)
5. Consultar la distribución de responsabilidades de los diversos GT para todos los POD de la CMR-19 en la Circular Administrativa CA/226. Disponible en: https://www.itu.int/dms\_pub/itu-r/md/00/ca/cir/R00-CA-CIR-0226!!PDF-S.pdf [↑](#footnote-ref-6)
6. Ver Recomendación ITU-R M.2083. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083/en> [↑](#footnote-ref-7)
7. Disponible en: <http://www.itu.int/es/publications/ITU-R/pages/publications.aspx?parent=R-REG-RR-2016&media=electronic> [↑](#footnote-ref-8)
8. Disponible en: <http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5475276&fecha=03/03/2017> , o bien, en el aplicativo: <http://cnaf.ift.org.mx> [↑](#footnote-ref-9)
9. El RR se encuentra disponible en el siguiente enlace: <http://www.itu.int/es/publications/ITU-R/pages/publications.aspx?parent=R-REG-RR-2016&media=electronic> [↑](#footnote-ref-10)
10. El CNAF se encuentra disponible en el siguiente enlace: <http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5475276&fecha=03/03/2017> , o bien, en el aplicativo: <http://cnaf.ift.org.mx> [↑](#footnote-ref-11)
11. Disponible en: <http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5237903&fecha=09/03/2012> [↑](#footnote-ref-12)
12. “*Spectrum for wireless broadband – 5G*”.Disponible en: <https://cept.org/ecc/topics/spectrum-for-wireless-broadband-5g> [↑](#footnote-ref-13)
13. *FCC takes steps to facilitate mobile broadband and next generation wireless technologies in spectrum above 24 GHz.* Disponible en : <https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-340301A1.pdf> [↑](#footnote-ref-14)
14. Actualización de estadísticas de banda ancha de la OCDE. Febrero 2017. Disponible en: <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/actualizacion-de-estadisticas-de-banda-ancha-de-la-ocde.htm> [↑](#footnote-ref-15)