

5G FWA

Propuestas y Recomendaciones para el Desarrollo de 5G FWA en México



Mesa 3: Aplicaciones y
servicios vinculados a 5G

Enero 2024



Introducción

En los últimos años el acceso a Internet en el mundo se ha incrementado a gran escala.¹ En México hemos observado un aumento sustancial en el uso de este servicio, pasando de 46 millones de personas usuarias en abril de 2013² a 93.1 millones en diciembre de 2022.³ Es indudable que el Internet se ha convertido en una tecnología de comunicación fundamental para el desarrollo de diversos sectores productivos, económicos, sociales, educativos, culturales, políticos, entre otros muchos, de gran importancia para los países. Prácticamente, el Internet es el elemento esencial de la economía moderna y el habilitador para el acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

Desafortunadamente, en la actualidad no todas las personas en el mundo tienen acceso a Internet. De acuerdo con el Informe sobre la conectividad mundial de 2022 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la tercera parte de la humanidad (2,900 millones de personas) carece aún de acceso a Internet y existen muchos usuarios que sólo gozan de conectividad básica; es decir, muchas de las zonas, especialmente rurales que disponen de dicho acceso, cuentan con una conexión de mala calidad o de baja velocidad, lo que genera una brecha digital, obstaculizando el desarrollo económico y propiciando el incremento de las desigualdades.⁴ Además, la ausencia de conectividad en las zonas rurales es particularmente grave, considerando que a escala mundial, en 2020, sólo el 39% de los hogares de dichas zonas tenían acceso a Internet, en contraste con el 76% de hogares en zonas urbanas.⁵ No cabe duda que los beneficios de la conectividad son importantes para todos, en particular para los grupos marginados y vulnerables, que con frecuencia son los menos conectados.

Es cierto que la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19) aceleró el uso de las tecnologías digitales y generó un incremento en el número de personas conectadas a Internet. En perspectiva, en 2019 el 87% de las personas de países desarrollados utilizaban Internet frente a un 44% de las personas en los países en desarrollo; sin embargo, a partir de la pandemia, el aumento de la conectividad se realizó de manera paulatina: en 2020 el número de usuarios de Internet creció más del 11%,⁶ el mayor aumento en una década mientras que, en los países de ingresos bajos y medianos, el uso de Internet aumentó un 15%. Ya para mediados de 2022, 5,300 millones de personas contaban con conexión a

¹ De conformidad con la UIT, en los últimos 30 años, el número de usuarios de Internet ha pasado de unos pocos millones a casi 5,000 millones. Tan solo en 2019 a 2021 pasó de 4,100 millones de usuarios de Internet a 4,900 millones.

Consultable en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-GLOBAL.01-2022-SUM-PDF-S.pdf y en <https://www.itu.int/es/mediacentre/Pages/PR-2021-11-29-FactsFigures.aspx#>

² Consultable en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift//boletin-de-prensa-y-nota-tecnica-modutih-2013.pdf>

³ Equivalente al 78.6% de las personas mayores de seis años en el país. Consultable en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/ENDUTIH/ENDUTIH_22.pdf

⁴ Consultable en: <https://www.itu.int/hub/publication/d-ind-global-01-2022/#>

⁵ Consultable en: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/digital-inclusion-of-all.aspx>

⁶ Se estima que 466 millones de personas empezaron a usar Internet por primera vez en 2020.

Comité Técnico en Materia de Despliegue de 5G en México

Mesa 3: Aplicaciones y Servicios Vinculados a 5G

Internet, lo que representó alrededor del 63% de la población mundial frente al 54% de 2019.⁷ No obstante, las desigualdades entre población urbana y rural, tanto de países desarrollados como en desarrollo, permanecieron a pesar del impulso que generó la pandemia en la conectividad global.

En México, la emergencia sanitaria nos permitió avanzar 10 años en el uso de las tecnologías digitales,⁸ sin embargo, hubo muchas personas que no tuvieron conectividad o que fue de mala calidad, lo que exacerbó la brecha digital.⁹ De conformidad con el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) al menos una tercera parte de los niños en edad escolar de todo el mundo no tuvo acceso a educación a distancia durante el cierre de las escuelas por COVID-19.¹⁰

Las brechas digitales en México aún persisten, particularmente la brecha de cobertura. Para poner en perspectiva esta situación, sabemos que México tuvo un crecimiento del 89% de penetración de banda ancha fija de diciembre 2013 a diciembre 2022, llegando a más de 25 millones de accesos de este servicio, de los cuales el 41.1% son de fibra óptica, 37.8% de cable coaxial, 15.5% con DSL,¹¹ 0.9% a través de satélites y el resto con otras tecnologías. Respecto de la Banda Ancha Móvil, en ese mismo periodo de tiempo, la penetración de ese servicio tuvo un crecimiento del 197.7%, al pasar de 29 líneas por cada 100 habitantes a 87.¹² Asimismo, de conformidad con la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), entre 2021 y 2022,¹³ las personas usuarias de Internet de seis años o más en México incrementaron 3 puntos porcentuales al pasar del 75.6% al 78.6% (88.6 millones de usuarios en 2021 respecto a 93.1 millones en 2022),¹⁴ sin embargo, y a pesar de los importantes avances que se han logrado para aumentar la conectividad en nuestro país, aún existe mucha población mexicana que no cuenta con conectividad.

En el estudio "Conectividad de banda ancha fija y costeo de redes de fibra óptica a nivel municipal en México", elaborado por la Unidad de Política Regulatoria del Instituto Federal

⁷ Consultable en: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/digital-inclusion-of-all.aspx> y <https://www.broadbandcommission.org/publication/state-of-broadband-2022/>

⁸ Consultable en: <https://www.gaceta.unam.mx/mas-uso-de-internet-en-pandemia-pero-permanece-brecha-digital/>

⁹ Consultable en <https://www.unicef.org/mexico/comunicados-prensa/al-menos-una-tercera-parte-de-los-ni%C3%B1os-en-edad-escolar-de-todo-el-mundo-no-tuvo>

¹⁰ Consultable en <https://www.unicef.org/mexico/comunicados-prensa/al-menos-una-tercera-parte-de-los-ni%C3%B1os-en-edad-escolar-de-todo-el-mundo-no-tuvo>

¹¹ Línea de suscriptor digital (del inglés, DSL, *Digital Subscriber Line*).

¹² Consultable en: <https://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/el-incremento-anual-en-la-penetracion-de-banda-ancha-fija-en-mexico-es-mayor-que-el-promedio-de-los#> y <https://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics/>

¹³ ENDUTIH 2021 https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2023/EAP_Internet23.pdf y ENDUTIH 2022 <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicadoendutih2022.pdf>

¹⁴ En 2022 se tuvo un incremento de 7.1 puntos porcentuales respecto 2020 al pasar de 71.5% al 78.6% de población usuaria de Internet (83 millones de usuarios en 2020 respecto a 93.1 millones en 2022).

Comité Técnico en Materia de Despliegue de 5G en México

Mesa 3: Aplicaciones y Servicios Vinculados a 5G

de Telecomunicaciones (IFT, 2023),¹⁵ se menciona que en el país existen cerca de 5 millones de personas (4% del total de la población) sin presencia de accesos para banda ancha fija en 1.3 millones de hogares (3.6% de los hogares totales).¹⁶ Además, se identificó que de los 2,462 municipios en el país, en sólo 473 se localiza el 95.7% de los accesos de banda ancha fija reportados en el BIT, en los que se concentra el 78.3% de los hogares y el 76.9% de la población.

Asimismo, en el mencionado estudio, de la evaluación de variables como: densidad de hogares, penetración de redes de fibra óptica o coaxial, distancia a la red de transporte, presencia relativa de redes, así como cobertura actual de las redes, se estimó el costo de la infraestructura para cubrir con redes de fibra óptica a los hogares que no tienen presencia de estos servicios, el cual asciende a 216 mil 337 millones de pesos,¹⁷ los cuales se pueden desagregar por región y estado de la República. Por poner un ejemplo, se identificaron municipios que tienen menor grado de marginación (en Ciudad de México, Estado de México y Morelos) que registran en promedio la menor distancia a la red de transporte respecto a las demás regiones con 14.2 km y tienen la mayor densidad de hogares con 612.1 hogares por km² en promedio, lo que se traduce en la región que registra la penetración de fibra óptica y cable coaxial promedio más alta con 34.8 accesos por cada 100 hogares. En contraste, hay regiones como la Suroeste (Chiapas, Guerrero y Oaxaca) con un grado de marginación alto y un promedio municipal de 50.9 km de distancia a la red, una densidad de 30.3 hogares por km² y una penetración relativa de fibra óptica y cable coaxial de 2 accesos por cada 100 hogares. Ello significa que la región cuenta con escasa infraestructura de fibra óptica, de manera que sería necesario un mayor despliegue de infraestructura para ofrecer servicios a través de este medio, derivado de su cobertura y distancia a la red.

En lo que respecta al acceso a Internet por zonas del país, como en años anteriores,¹⁸ de conformidad con la ENDUTIH 2022,¹⁹ el uso de Internet se concentró en áreas urbanas; la diferencia con las rurales fue de 21.5 puntos porcentuales: 83.8% de la población de 6 años o más utilizó Internet en áreas urbanas, mientras que, en el ámbito rural, el 62.3% de la población usó esta herramienta, lo que confirma que aún existen diferencias por zonas del país en el uso de este servicio.

¹⁵ Consultable en: https://despliegueinfra.ift.org.mx/docs/Estudio%20conectividad%20y%20costeo_DGCI_UPR_0_0.pdf

¹⁶ Estimaciones realizadas con base en el Censo de Población y Vivienda 2020 de INEGI.

¹⁷ Este monto representa la inversión inicial por el despliegue de una red de fibra óptica. Sin embargo, para que dicha red pueda cubrir los costos de despliegue resulta necesario considerar los flujos necesarios a dicha red que permitan recuperar la inversión inicial y los costos operativos. Por ello se estimó el valor anual o anualidad necesario para recuperar a nivel promedio la depreciación de la red, adicional a la consideración de los costos operativos de cada uno de estos elementos por la provisión del mismo.

¹⁸ En 2021 la diferencia con las rurales fue de 25.1 puntos porcentuales, 81.6 % de usuarios en zonas urbanas y 56.5 % en zonas rurales.

¹⁹ Consultable en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicadoendutih2022.pdf>

Comité Técnico en Materia de Despliegue de 5G en México

Mesa 3: Aplicaciones y Servicios Vinculados a 5G

En la Reforma Constitucional publicada el 11 de junio de 2013,²⁰ en la que se reformaron y adicionaron diversas disposiciones, entre ellas el artículo 6º. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Constitución) en materia de telecomunicaciones, radiodifusión y competencia económica, se reconoce que el Estado debe garantizar el acceso a Internet como un derecho para todos los mexicanos (inclusión digital universal). La Constitución menciona que el Estado garantizará el derecho de acceso a las TIC, así como a los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, incluido el de banda ancha e Internet, para que un mayor número de usuarios acceda a dichos servicios en mejores términos de calidad y precio. De ahí que uno de los objetivos sea lograr la conectividad universal y efectiva, para el bienestar y la inclusión de toda la sociedad a la economía digital.

En la actualidad, por lo que respecta a la red de acceso, conocida como última milla,²¹ las tecnologías que permiten el acceso a Internet de banda ancha se pueden clasificar en dos grandes grupos: fijas (las tres principales con mayor número de usuarios son xDSL,²² cable coaxial²³ y fibra óptica²⁴) y móviles. Las primeras usan líneas de transmisión o cables, y las segundas utilizan el espectro radioeléctrico para realizar la conexión, sin dejar de señalar la relevancia de la conectividad satelital que brinda servicio tanto móvil como fijo por satélite que, a diferencia de las redes terrestres fijas, hacen uso de recursos orbitales y del espectro radioeléctrico. En la actualidad, las tecnologías fijas han predominado sobre las tecnologías móviles para brindar el servicio de acceso a Internet de banda ancha en los hogares, considerando que logran mayores tasas de transmisión de datos debido a que el usuario se mantiene fijo.²⁵ En especial, la creciente demanda de servicios multimedia se ha visto satisfecha con la llegada de la fibra óptica, que se ha introducido en los hogares, particularmente en zonas urbanas, gracias a tecnologías como Fibra hasta el Hogar (FTTH, *Fiber To The Home*, por sus siglas en inglés),²⁶ la cual aumenta drásticamente la velocidades de conexión disponibles, prometiendo velocidades de conexión de hasta 100 Mbps, 20 a 100 veces más rápidas que las conexiones típicas por cable coaxial o DSL.²⁷ Sin embargo, en muchas zonas de nuestro país, principalmente en las zonas rurales, aún no cuentan con acceso a redes fijas ni mucho menos a fibra óptica. Las tecnologías que por el momento han

²⁰ Consultable en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013#gsc.tab=0

²¹ Conexión entre la arquitectura de red y los hogares.

²² Digital Subscriber Line (Línea de Suscriptor Digital). Conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre los circuitos locales de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red.

²³ Distribución del servicio de conectividad a Internet sobre la infraestructura de telecomunicaciones a través de cable.

²⁴ Filamento de material dieléctrico, hecho de vidrio o plástico. Este filamento es capaz de conducir y transmitir impulsos luminosos de un extremo a otro, permitiendo la transmisión de datos a gran velocidad y distancia, sin necesidad de utilizar señales eléctricas.

²⁵ Consultable en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8825811>

²⁶ Se basa en el uso de líneas de fibra óptica para la provisión de servicios. Es la instalación y el uso de fibra óptica desde un punto central directamente a edificios individuales como residencias, edificios de departamentos y empresas para proporcionar una alta velocidad

²⁷ Consultable en: https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/white%20paper/2019/huawei_wttx_4g_5g_fwa_broadband_industry_white_paper.pdf?la=en

contribuido en la provisión de servicios de acceso a Internet en comunidades y zonas rurales han sido las satelitales (WiFi comunitario satelital) y el Acceso Inalámbrico Fijo²⁸ (FWA, *Fixed Wireless Access*, por sus siglas en inglés).²⁹ Lo anterior responde a los altos costos que representa el despliegue de fibra óptica en zonas aisladas y/o que aún no son rentables para los operadores comerciales. Para poder desplegar fibra óptica es necesario adquirir permisos de las distintas autoridades municipales y estatales que, en la gran mayoría de los casos, representan varias semanas o meses de espera desde el inicio de la solicitud hasta la activación del servicio. Además, el costo de despliegue de infraestructura para estas tecnologías fijas es elevado, por la gran inversión que significa la instalación de fibra óptica a través de los diferentes tipos de terrenos, relieves, rocas, arena y orografía, en general, así como de la gran cantidad de kilómetros de cable de fibra que se requiere para llegar hasta las zonas aisladas o rurales.³⁰

Derivado de las complicaciones que muchas veces surgen para el despliegue de fibra óptica, 5G FWA se identifica como una potencial tecnología para contribuir en la reducción de la brecha digital de cobertura. Por un lado, 5G FWA presenta grandes beneficios económicos: elimina la necesidad de desplegar fibra óptica de manera masiva; reutiliza la infraestructura de sitios móviles existentes; permite la instalación de nuevos sitios en menor tiempo y a menor costo; el *backhaul* para estos sitios puede proveerse a través de fibra óptica, enlaces de microondas o satelitales; reduce la cantidad de permisos necesarios para la instalación de los sitios; y disminuye el costo del servicio por hogar.³¹

Por otro lado, 5G FWA presenta beneficios tecnológicos: proporciona velocidades de transferencia de datos de aproximadamente 100 Mbps e incluso Gbps, por lo que se convierte en una alternativa de FTTH, ayudando a los operadores a brindar servicios de banda ancha similares a los de fibra óptica; aumenta significativamente la eficiencia espectral (bps/Hz) y energética (bits/Hz/J) en comparación con 4G FWA LTE; permite brindar servicios adicionales a FWA de manera simultánea por medio de redes virtuales con el uso del *Network Slicing*. Por ejemplo, se pueden proveer tanto el servicio de 5G FWA como el servicio móvil al mismo tiempo a través del mismo sitio. Todos estos beneficios tecnológicos se deben a las siguientes características de 5G:³²

- **Beamforming:** capacidad de atender diversos hogares y usuarios móviles al mismo tiempo, a través de la formación dinámica de múltiples haces, para enfocar la energía

²⁸ FWA es una de las arquitecturas diseñadas para llevar el acceso a Internet de banda ancha a los hogares que consiste en reemplazar la última milla de cables por interfaz aérea para que un solo transceptor de red brinde servicio de banda ancha a múltiples hogares provistos de *Customer Premises Equipment* (CPE) específicos.

²⁹ Consultable en: <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2021/11/5G-FWA-WP.pdf>

³⁰ Consultable en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/oth/07/23/D07230000020003PDFS.pdf

³¹ De acuerdo con la revista *Broadband Communities* (2021), el costo por hogar conectado en los hogares rurales es 2.5 veces mayor para fibra en comparación con FWA cuando el 30% de los hogares están suscritos. Consultable en: <https://www.ericsson.com/en/fixed-wireless-access>

³² Consultable en: <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2021/11/5G-FWA-WP.pdf>

de la señal de transmisión y recepción en la dirección del usuario y con ello mejorar la eficiencia espectral, capacidad y calidad de la comunicación;

- **MU-MIMO (*Multiple User - Multiple Input Multiple Output*, por sus siglas en inglés):** capacidad de comunicación inalámbrica multitrayectoria que permite que un arreglo de antenas mejore la comunicación a través de múltiples conexiones para varios usuarios, a través del uso de técnicas de antenas como el *beamforming*, con el fin de aumentar la eficiencia espectral y la capacidad de la comunicación;
- **Rendimiento:** capacidad de ofrecer un mayor rendimiento de varios Gbps;
- **Cobertura:** capacidad de ampliar la cobertura y la capacidad de la conexión a través de Agregación de Portadoras (CA, *Carrier Aggregation*, por sus siglas en inglés), haciendo uso combinado de frecuencias bajas, medias y altas;
- **Network Slicing:** capacidad de crear redes virtuales para diferenciar y proveer múltiples servicios, a través del mismo enlace de comunicación físico, sin interferir ni afectar la calidad de cada uno de los servicios que se provean;
- **Modulación:** capacidad de emplear altos ordenes de modulación que se adaptan a la demanda, sistema y canales de control de tráfico, con el fin de acelerar el procesamiento de las señales y potenciar la capacidad de la comunicación, y
- **Espectro:** capacidad de usar diversas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico: bajas, medias y altas (*mmWaves*), para adaptarse al medio, zona y necesidades de comunicación.

Si bien 5G FWA brinda potenciales ventajas económicas y técnicas para contribuir a la reducción de la brecha digital, también es cierto que presenta diversos retos y desafíos para el despliegue de esta tecnología. La disponibilidad de espectro radioeléctrico, el acceso oportuno a infraestructura, la flexibilidad para instalar nuevos sitios y antenas, la disponibilidad y compatibilidad de tecnologías e infraestructura para *backhaul*, y la existencia de subsidios para los usuarios rurales son algunos de los retos más importantes para el desarrollo de esta tecnología.

Discusión

Guía de parámetros técnicos mínimos para 5G FWA

Para hacer frente a los problemas de conectividad que se presentan particularmente en zonas rurales y aisladas de nuestro país, es necesario contemplar diversos factores como lo son los costos y la complejidad que existe para el despliegue de infraestructura. Muchas zonas desatendidas de nuestro país se encuentran en regiones con orografías complicadas, que dificultan el despliegue de infraestructura para cumplir en tiempo con servicios de calidad, generando que la provisión de dichos servicios, en muchos casos, no sea rentable para los operadores. Esta situación propicia que se obstaculice el desarrollo económico, se incrementen las desigualdades y las brechas digitales de esas zonas. De ahí que el reto consista en garantizar que los servicios de telecomunicaciones sean asequibles, eficaces y

eficientes para todos. Por tal motivo, es indispensable que existan políticas regulatorias que contribuyan a reducir la brecha digital de cobertura, mediante un servicio de banda ancha que sea asequible sin importar la tecnología que se utilice.

Al respecto, la tecnología y servicio de 5G FWA tiene el potencial para mejorar la disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones tanto en zonas rurales como en urbanas, de manera más rápida y a menor costo. Además, promueve y atrae la inversión para el desarrollo de servicios emergentes, como lo son los servicios inteligentes.

De manera general, podemos decir que FWA es una tecnología de acceso inalámbrico, en la que tanto el punto de conexión del usuario final como el punto de acceso a la red, al que se conecta el usuario final, están fijos. Al respecto, los dispositivos empleados en tecnologías 5G deben cumplir con el rendimiento que define esta tecnología, lo que representa diferentes desafíos y complejidades para el despliegue y provisión del servicio de 5G FWA, considerado el conjunto de protocolos, herramientas, hardware y software que constituyen la base de esta tecnología emergente. Actualmente no existe ningún documento de referencia en el que se establezcan de forma específica los parámetros técnicos mínimos aplicables para 5G FWA.

Al respecto, con la finalidad de validar el servicio de 5G FWA, que garantice un servicio de buena calidad y una conectividad eficiente, resulta imperativo contar con una guía que establezca los parámetros técnicos y requisitos de referencia para considerar que realmente se está brindando un servicio de 5G FWA.

Derivado de esta necesidad, para garantizar que se provean servicios 5G FWA con base en las características propias de 5G, se propone que el IFT elabore una guía de parámetros técnicos mínimos de referencia para los servicios de 5G FWA. Por ejemplo, sería viable considerar, entre otros aspectos, los valores de velocidades de transferencia de datos de subida y de bajada que corresponderían de acuerdo con el ancho de banda de espectro con el que se cuente. Además, esta guía podría mencionar otros aspectos técnicos inherentes a la tecnología 5G FWA tales como configuraciones de red, potencias, disponibilidad, KPIs, arreglo de antenas, entre otros que sirvan de referencia para validar este servicio.

Asignación de códigos de identificación para redes privadas

Por otro lado, es importante destacar que una Red Móvil Terrestre Pública (del inglés, PLMN, *Public Land Mobile Network*), instalada, operada y explotada por una administración u operador, cuenta con su identificador PLMN (ID PLMN), el cual está conformado por el código del país (del inglés, MCC, *Mobile Country Code*) y el código de la red (del inglés, MNC, *Mobile Network Code*), con el fin de proporcionar los diversos servicios de telecomunicaciones móviles a los usuarios finales y para que dicha red sea identificada al interconectarse con otras redes.

Al respecto, se ha identificado que no se asignan códigos de identificación a redes privadas de participantes que no sean operadores establecidos, por lo que resultaría imposible identificar dichas redes privadas en caso de que en algún momento interoperen con redes comerciales públicas. Si bien es cierto que comúnmente las redes privadas son empleadas en áreas geográficas específicas, pequeñas, aisladas y controladas, lo cierto también es que en ocasiones no existe la distancia física suficiente para que el equipo receptor únicamente perciba una red en zonas en las que existen varias redes privadas, lo que genera que los dispositivos intenten conectarse a otra red sin ser parte de ella. Esto se traduce en una mala percepción del servicio y desempeño de las redes privadas. Por lo anterior, es relevante que el IFT, con independencia de la tecnología que se emplee, considere la posibilidad de asignar y regular el uso de códigos de identificación y, en su caso, tome como referencia el ID PLMN 999/99 para redes privadas, con el fin de distinguir e identificar a una red privada cuando requiera interoperar con otra red. Esta propuesta tiene mayor sentido con la expectativa del empleo de redes privadas en zonas industriales o de empresas en las que también pudieran existir redes 5G FWA, con el fin de distinguir las y evitar que el receptor intente conectarse a más de una red.

Espectro para 5G FWA

Adicionalmente, la evolución de las redes hacia 5G tiene el potencial de llevar a FWA a un nivel completamente nuevo. Esto se debe a que 5G ofrece opciones tecnológicas sin precedentes, que permiten utilizar mayores porciones del espectro radioeléctrico, así como brindar baja latencia y mayor capacidad en las comunicaciones.

Para permitir velocidades de transferencia de datos más altas y una mayor capacidad del sistema, la tecnología de radio 5G utiliza, entre otras técnicas, nuevas bandas de frecuencias que por su disponibilidad se encuentran en las bandas más altas. Las opciones de bandas más destacadas que se están utilizando actualmente son las bandas de 3.5 GHz, 28 GHz y 39 GHz, además de las bandas utilizadas en las tecnologías celulares heredadas (4G, 3G y 2G).

Los despliegues de 5G se pueden llevar a cabo de acuerdo con el estándar de 3GPP y a través de 2 tipos de configuraciones de red: *Non-Stand Alone* (NSA), el cual requiere de una banda de LTE que se usa como “ancla” para la parte de control de la sesión, en la que se reutiliza el Core de 4G existente (con una actualización en SW para soportar 5G); o *Standalone* (SA), en la que no se requiere de una banda de LTE, pero requiere tener un núcleo de 5G disponible. Para ambos escenarios, actualmente existen los dispositivos en el mercado que tienen la capacidad de conectarse a los dos tipos de configuración de red. No obstante, será con base en las condiciones de despliegue lo que determinará la mejor opción a utilizar.

Como se ha mencionado, las redes 5G FWA tienen un gran potencial para brindar conectividad eficiente en zonas rurales, así como para brindar servicio de calidad en zonas de alta demanda. La disponibilidad de espectro radioeléctrico es fundamental para el

desarrollo eficiente de estas redes y en el mundo se utilizan diversas bandas de frecuencias para los sistemas 5G FWA; es decir, existen diferentes disposiciones de frecuencias para los sistemas 5G FWA, así como estudios para su compartición.

En el caso de México, la banda de 3.5 GHz cuenta con espectro suficiente para establecer portadoras de 100 MHz, y al poder ser un espectro TDD, existen soluciones tecnológicas para obtener el mayor provecho de este espectro. Por ejemplo, se cuenta con la opción de utilizar los radios tradicionales (con 2, 4 u 8 ramas de Transmisión / Recepción), así como con los radios “*Massive MIMO*” que ofrecen la posibilidad de dar mejor cobertura y capacidad (alta eficiencia espectral), mediante el uso de técnicas de formación de haces “*beamforming*” y “*Multi-user MIMO*”.

Sin embargo, en México aún no se han analizado las bandas susceptibles para una posible utilización en 5G FWA, ni se han llevado a cabo estudios de compartición de espectro para tal fin. Es necesario que los despliegues de 5G FWA deban acompañarse de un análisis de requerimientos de capacidades y cobertura para la zona de interés, con el objetivo de identificar claramente las necesidades de espectro. En ese sentido, en este documento se propone que el IFT establezca los criterios y metodología de referencia para llevar a cabo un análisis de bandas del espectro radioeléctrico susceptibles de ser empleadas para 5G FWA en México. Estos criterios deben considerar la zona de demarcación de servicio (rural, suburbano y urbano), toda vez que existen bandas de frecuencias que son más propicias para ciertas zonas geográficas que otras.

Ofertas de servicios 5G FWA

En otro orden de ideas, por lo que hace a las ofertas de servicios de telecomunicaciones, conviene mencionar que uno de los beneficios en la implementación y desarrollo de 5G FWA es medir el retorno de la inversión (ROI, por sus siglas en inglés), el cual permite predecir el tiempo en el que se recuperará la inversión, haciendo atractivo el caso de negocio de esta tecnología. Para ello, es indispensable llevar a cabo un análisis de las opciones de tecnologías existentes para brindar cobertura de banda ancha tanto en hogares como en zonas en la que existen comercios o negocios. El ROI es uno de los factores críticos para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, con el fin de analizar el retorno de la inversión en un tiempo definido y, posteriormente, generar ingresos. En particular, la tecnología FWA, por sus menores tiempos de implementación, permite que el ROI se cumpla en menores tiempos en comparación con otras tecnologías, lo que hace que este caso de negocio sea más óptimo y seguro. En ese sentido, esta característica particular debe verse reflejada en los precios de los paquetes que se ofrezcan a los usuarios finales.

En el sector empresarial, particularmente en el área de pequeñas y medianas empresas (PYMES), los usuarios necesitan tecnología competitiva que les permita cubrir tanto sus necesidades de conectividad como disminuir al máximo sus costos. Muchos negocios y

empresas operan en lugares en los que las tecnologías alámbricas (por fibra) no son accesibles o implican mayores costos. Es así como 5G FWA puede representar una opción adecuada para satisfacer las necesidades de conectividad de las PYMES, considerando sus menores tiempos de implementación y costos para los operadores. Sin embargo, actualmente se identifica una problemática en los esquemas de cobros y precios de los servicios fijos inalámbricos disponibles, que suponen cobros excesivos o servicios de mala calidad que no son comparables con servicios fijos tradicionales.

En ese sentido, comúnmente las ofertas de los servicios fijos inalámbricos (por ejemplo, FWA con redes 4G LTE) operan bajo un esquema de servicio similar al de los de banda ancha móvil, utilizando SIMs de teléfonos móviles en equipos módem fijos de banda ancha móvil (MBB, por sus siglas en inglés), que se ofrecen a hogares e inmuebles con cobertura desde radio bases móviles. Al respecto, se ha identificado que estas ofertas, para ser competitivas, requieren de esquemas de precios basados en bolsas de datos limitadas; sin embargo, a la fecha no se identifican paquetes con precios estándar para servicios fijos inalámbricos similares a los de banda ancha fija tradicional por fibra. Los planes o paquetes que actualmente existen cuentan con ciertas limitaciones:

- **Mejor Esfuerzo (*Best Effort*):** El manejo de dispositivos de MBB, en términos de configuración minorista, aprovisionamiento y gestión de fallas, se realiza como si fuera un teléfono móvil sin pantalla, toda vez que el operador no ofrece un nivel de servicio garantizado (SLA), considerando que su modelo operativo es generalizado y la oferta deriva de una variante del servicio de banda ancha móvil;
- **Bolsas de paquetes:** La suscripción normalmente reutiliza los paradigmas de los servicios de banda ancha móvil; es decir, actualmente se requieren de diferentes bolsas de paquetes, con mayores asignaciones de datos, para satisfacer las necesidades de todos los hogares. Se manejan ofertas escalonadas con planes “básicos” y planes “*plus*”, diferenciados según el requerimiento de datos que se necesiten.

Adicionalmente, es de destacar que los contratos de suscripción normalmente son sólo válidos en la ubicación suscrita, ya sea inherentemente a través de un CPE con soporte fijo, o de manera lógica para que, si se el CPE cambia de ubicación, la unidad no funcione o se requiera la modificación de la suscripción. Además, en términos de precios, las ofertas de Calidad de Servicio (QoS, por sus siglas en inglés) garantizadas normalmente significan una tarifa mensual más alta que las ofertas de mejor esfuerzo, considerando el mayor rendimiento solicitado, cuyos niveles de precios son similares a las ofertas de banda ancha fija disponibles en el mercado.

Por lo anterior, se perciben importantes beneficios en la definición de precios para los planes del servicio fijo inalámbrico, especialmente para los servicios fijos inalámbricos con tecnología 5G, tomando en cuenta que entre las ventajas técnicas que brinda este servicio

se encuentran la eficiencia espectral y energética, así como el uso de *Network Slicing*, que potencialmente permitirán reducir los costos y aumentar la capacidad del servicio fijo inalámbrico para hogares y PYMES. Por esta razón, se propone que el IFT analice y, en su caso, establezca un esquema guía de precios estándar con datos ilimitados para la provisión del servicio de 5G FWA, sin violar la libertad tarifaria establecida en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR).

Despliegue de 5G FWA en desarrollos inmobiliarios, en zonas industriales, empresariales y/o PYMES

Por lo que se refiere a prácticas anticompetitivas, es posible que en zonas privadas, principalmente en desarrollos inmobiliarios delimitados o confinados, se firmen contratos de exclusividad con proveedores del servicio fijo para la provisión de servicios de telecomunicaciones, lo cual deja a los hogares en total dependencia de un sólo proveedor tanto en ofertas como en tiempos de provisión del servicio.

De manera similar, pudieran existir casos en zonas industriales y empresariales donde sólo hay un proveedor de servicios de telecomunicaciones, limitando la capacidad de elección de los usuarios. Por lo anterior, y derivado de los beneficios potenciales que significa 5G FWA con tiempos de implementación menor y con mejor calidad en comparación con otras tecnologías, se sugiere que se facilite el despliegue de sitios o radiobases que provean el servicio de 5G FWA en desarrollos inmobiliarios existentes y nuevos, así como en zonas industriales, empresariales y/o de PYMES como alternativa complementaria a redes fijas tradicionales para favorecer la competencia efectiva y evitar prácticas anticompetitivas.

A razón de lo mencionado, se propone que el IFT desarrolle documentos de mejores prácticas, para que en desarrollos inmobiliarios y en zonas industriales, empresariales y/o de PYMES, se permita la flexibilización en la instalación y provisión de servicios de telecomunicaciones a través de 5G FWA, generando así mayor competencia para que, por un lado, los desarrollos inmobiliarios y en zonas industriales, empresariales y/o de PYMES tengan la opción de contratar servicios con más de un operador y, por otro lado, que en algunas zonas en las que no haya cobertura y se requiera de mucho tiempo para el despliegue de infraestructura fija, 5G FWA sea una alternativa viable y complementaria a las redes fijas.

Sandbox regulatorio para 5G FWA

Ahora bien, respecto a pruebas que pudieran desarrollarse enfocadas a la comprobación y desarrollo de 5G FWA para los diferentes escenarios en hogares, empresas, industria, gobierno, academia, entre otros, es de destacar que previo a que un servicio o tecnología salga al mercado, es necesario realizar una serie de pruebas de funcionamiento y operación. Asimismo, para la implementación de un servicio, es necesario probar diversos equipos, dispositivos (que pueden o no ser del mismo fabricante) y configuraciones del sistema.

Al respecto, de conformidad con el artículo 76, fracción III, inciso b de la LFTR, el IFT cuenta con la atribución de otorgar concesiones sobre el espectro radioeléctrico y los recursos orbitales para uso privado con propósito de experimentación, comprobación de viabilidad técnica y económica de tecnologías en desarrollo, así como para pruebas temporales de equipo o radioaficionados, cuya vigencia de la concesión es por dos años improrrogables, excepto cuando se trate de radioaficionados, en cuyo caso se podrán otorgar hasta por cinco años prorrogables, de conformidad con el artículo 82 de la LFTR. Cabe señalar que en este tipo de concesiones no se confiere el derecho de usar, aprovechar y explotar comercialmente bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso determinado. En este sentido, el Instituto emitió los Lineamientos Generales para el otorgamiento de las concesiones a que se refiere el Título Cuarto de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, en los cuales se establecen los plazos, procedimientos y requisitos para obtener este tipo de concesiones.

Si bien, como se indica en el párrafo anterior, existe la posibilidad de obtener una concesión de uso privado con propósito de experimentación, el plazo máximo para resolver una solicitud a cargo del Instituto está establecido en 120 días hábiles. Además, si se diera el caso que durante el desarrollo del proyecto se llegara a identificar que se requirieran hacer pruebas sobre algún segmento de frecuencias que no esté contenido en la concesión otorgada, se tendría que solicitar ante el Instituto una nueva concesión de uso experimental, lo cual, además de atrasar los tiempos para realizar las pruebas, reduciría el tiempo efectivo para llevar a cabo las pruebas, toda vez que, como lo indica la LFTR, este tipo de concesiones se otorgan por dos años improrrogables.

Al efecto, y toda vez que se considera indispensable tener un ambiente de pruebas útil, efectivo y rápido, se sugiere el empleo del esquema de *sandbox* regulatorio para 5G FWA, el cual podría ser utilizado para la comprobación y validación de esta tecnología en diversos entornos, como los comerciales, académicos, industriales o de investigación. El empleo de *sandbox* regulatorio hace referencia a una flexibilización del marco regulatorio que se le confiere al solicitante, con la finalidad de que se lleven a cabo pruebas de corta duración, con requisitos regulatorios reducidos, para la comprobación de la viabilidad técnica y económica, a través de la experimentación con maquetas que ejecuten bancos de pruebas (*testbeds*), previo a la puesta en marcha del servicio, así como para identificar futuros retos de las tecnologías bajo prueba, sin poner en riesgo concesiones y autorizaciones existentes. De esta manera se podría incentivar de manera más eficiente el uso de nuevas tecnologías como 5G FWA para impulsar el desarrollo económico y la adopción de nuevas tecnologías o modelos de negocio.

A razón de lo anterior, se propone que el IFT defina un marco normativo, con mecanismos ágiles y transparentes, para la solicitud y el otorgamiento de autorizaciones de *sandbox* regulatorios para 5G FWA.

PROPUESTAS

Con fundamento en las Reglas 3, 5, 6 y 16 de las Reglas de Operación del Comité Técnico en Materia de Despliegue de 5G, los integrantes de la Mesa de Trabajo 3 “Aplicaciones y servicios vinculados a 5G (casos de uso e innovación tecnológica)” proponen a este honorable Comité del IFT evaluar las siguientes propuestas consistentes en: 1. Elaboración de una guía de parámetros técnicos mínimos relacionados con 5G FWA; 2. Asignación de códigos de identificación para redes privadas; 3. Análisis de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico susceptibles de ser empleadas para 5G FWA en México; 4. Esquemas guía de precios con datos ilimitados para el servicio de 5G FWA; 5. Documento de mejores prácticas para flexibilizar la instalación y provisión del servicio 5G FWA en desarrollos inmobiliarios y en zonas industriales, empresariales y/o de PYMES; y 6. La definición de un *Sandbox* regulatorio para 5G FWA.

- 1. Guía de parámetros técnicos mínimos de referencia para los servicios de 5G FWA:** se propone que el IFT elabore una guía de parámetros técnicos mínimos de referencia, considerando las mejores prácticas y los estándares internacionales, en la que se contemplen las características inherentes de 5G para un servicio de FWA. Se sugiere que en esta guía se consideren las características propias de la tecnológica para validar que realmente se está brindando un servicio de 5G FWA. Como base de partida, y como apoyo para que el IFT elabore la guía, se sugiere tomar en consideración la siguiente información:
 - Identificar si la configuración de la red es NSA o SA;
 - Tomar como base al menos el *Release 15* 3GPP, tanto en las terminales (CPE) como en el sistema de radio y *core*, con sus respectivas interfaces;
 - Contemplar los requisitos de las antenas de acuerdo con su uso: integradas o externas;
 - Contemplar los niveles de potencia radiada o intensidad de campo eléctrico o magnético;
 - Verificar las velocidades de subida y bajada, conforme al ancho de banda del espectro disponible.

La tabla 1 muestra las velocidades pico aproximadas en tecnología 5G según la cantidad de espectro que se utilice. Se identificó que con al menos 40 MHz de espectro es posible ofrecer tasas de velocidad de transferencia de datos atractivas a los usuarios.³³

³³ Despliegue con portadoras de al menos 40 MHz (espectro continuo ya sea en FDD o TDD), por ejemplo: la banda 3.5GHz (n78 en 3GPP es una banda TDD). La tabla se desarrolló a través del método de cálculo 3GPP 38.306 4.1.2, con velocidad de datos máxima admitida en el Rel. 15.9.0.

Comité Técnico en Materia de Despliegue de 5G en México
Mesa 3: Aplicaciones y Servicios Vinculados a 5G

	AB	DL (Mbps)		UL (Mbps)	
		Relación TDD 4:1	Relación TDD 3:1	Relación TDD 4:1	Relación TDD 3:1
Sub-6GHz	40MHz	544	449	72	120
	50MHz	683	563	91	150
	60MHz	936	686	111	183
	80MHz	1114	919	149	245
	90MHz	1258	1038	168	277
	100MHz	1402	1156	187	309
Ondas milimétricas	50MHz	303	258	97	133
	100MHz	606	533	202	266
	200MHz	1212	1066	404	533
	400MHz	2424	2133	808	1066

Tabla 1. Velocidades pico en 5G por cantidad de espectro.

AB: Ancho de banda; DL: Enlace descendente, *Downlink* del inglés; UL: Enlace ascendente, *Uplink* del inglés.

Algunas consideraciones para los valores mostrados:

Numero de capas en DL: 4 para Sub 6-GHz y 2 para ondas milimétricas (*mmWave*)

Numero de capas en UL: 2 para Sub 6-GHz y 2 para ondas milimétricas (*mmWave*)

Patrón TDD en 2 modalidades 4:1 y 3:1 (relación DL: UL)

Modulación en DL y UL: 64QAM

FR1 μ :30kHz; y FR2 μ :120kHz

- Códigos de Identificación para redes privadas.** Se propone que el IFT regule el uso y asignación de códigos de identificación para redes privadas, con independencia de la tecnología empleada, particularmente en aquellos lugares en los que los despliegues sean realizados por otros participantes que no sean los operadores establecidos (comerciales, públicos y sociales), con el fin de poder identificar y distinguir a una red privada de otras redes. Para ello se sugiere, en su caso, tomar como referencia el ID PLMN 999/99 de la UIT y definir a los elementos centrales (elementos de Core) y de acceso.
- Análisis de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico susceptibles para 5G FWA en México:** Se recomienda que el IFT establezca los criterios y metodología de referencia que permitan analizar las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico susceptibles de ser empleadas para 5G FWA en México, tomando en consideración las zonas de demarcación del servicio (rural, suburbano y urbano). Para ello se sugiere considerar el hecho de que en ciertas bandas de frecuencias hay una tendencia cada vez más pronunciada a la convergencia entre las aplicaciones de los servicios fijos inalámbricos y móviles, con el fin de aprovechar tecnologías móviles heredadas para los sistemas FWA. Asimismo, se sugiere contemplar que la

reutilización de frecuencias es más eficaz en frecuencias más altas (ondas milimétricas).

Además, se sugiere que para el análisis de bandas de frecuencias para 5G FWA, el IFT tome como referencia la recomendación UIT-R F.1401-1³⁴ de la UIT, la cual proporciona un listado de principales características y aplicaciones de bandas de frecuencias que pueden ser oportunas para servicios de FWA. Este listado se muestra en el Anexo 1 del presente documento. Adicionalmente, esta recomendación proporciona una metodología, que el IFT podría tomar como base, para analizar las frecuencias adecuadas para los sistemas 5G FWA. Los pasos que se indican en la mencionada metodología son:

Paso 1: Identificar las bandas para el servicio fijo o el servicio móvil, o ambos, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Bandas ya utilizadas para FWA o para las que se dispone de equipos.
- Bandas atribuidas a los servicios fijo o móvil del Reglamento de Radiocomunicaciones.
- Bandas con las mayores posibilidades de armonización mundial (menores restricciones de compartición).
- Bandas del servicio fijo que pueden estar infrautilizadas (candidatas para la reasignación).

Paso 2: Considerar las implicaciones relativas al espectro de los requisitos de calidad y disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones necesarios.

Paso 3: Considerar la rentabilidad y la disponibilidad de los equipos para las bandas objeto de estudio.

Paso 4: Identificar las restricciones de compartición y de reglamentación:

- Lista de Recomendaciones UIT-R aplicables (técnicas).
- Reglamento de Radiocomunicaciones, incluidas las notas (de reglamentación).

Paso 5: Identificar los estudios de compartición complementarios con otros servicios radioeléctricos primarios en las bandas identificadas de conformidad con el Paso 1.

Paso 6: Si los *Pasos 4 y 5* indican que los estudios de compartición del UIT-R no han llegado a conclusiones, o si cabe la posibilidad de ocasionar interferencia perjudicial, realizar análisis para determinar si la compartición entre estos sistemas FWA y estos servicios es factible.

³⁴ Consultable en: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.1401-1-200401-1!!PDF-S.pdf

Paso 7: Identificar las bandas de frecuencias que hayan pasado las pruebas mencionadas anteriormente.

4. **Definición de un esquema guía de precios estándar con datos ilimitados para la provisión de servicios 5G FWA:** Se propone que el IFT analice y, en su caso, establezca un esquema guía de precios para la provisión del servicio de 5G FWA sin violar la libertad tarifaria establecida en la LFTR, basado en bolsas de datos ilimitados con precios estándar, con el fin de que el usuario tenga la posibilidad de contratar un servicio 5G FWA más similar al de un servicio de banda ancha fija que al de un servicio de banda ancha móvil.
5. **Documento de mejores prácticas para facilitar la instalación y provisión del servicio 5G FWA en desarrollos inmobiliarios y en zonas industriales, empresariales y/o de PYMES:** Se propone que el IFT elabore un documento de mejores prácticas para que en desarrollos inmobiliarios y en zonas industriales, empresariales y/o de PYMES, se permita la instalación y provisión de servicios de telecomunicaciones a través de 5G FWA.
6. **Sandbox regulatorio para 5G FWA:** se propone que el IFT defina un marco normativo, con mecanismos ágiles y transparentes, para la solicitud y el otorgamiento de autorizaciones de *sandbox* regulatorios para la realización de pruebas que permitan comprobar y validar servicios de 5G FWA. El mecanismo que se defina podría contemplar que la solicitud de la autorización pueda realizarse a través del portal del IFT. Como base de partida, y como apoyo para que el IFT cuente con la información necesaria para poder otorgar una autorización para un *sandbox* 5G FWA, se sugiere solicitar lo siguiente:
 - El objetivo del proyecto;
 - Las frecuencias de operación para las pruebas;
 - La ubicación del lugar en el que se realizarán las pruebas, incluyendo si es escenario en exterior, interior, controlado de interferencias, etc.;
 - El tiempo que se requerirá para realizar las pruebas (días o semanas);
 - El *testbed* o sábana de pruebas que se realizarían;
 - Los equipos y dispositivos que se utilizarían tanto para la red como para las terminales;
 - Los parámetros técnicos para realizar las pruebas, tales como: potencias, tipo de antenas, anchos de banda, entre otros;
 - La configuración de la red 5G para proveer el servicio de FWA (SA o NSA);

Comité Técnico en Materia de Despliegue de 5G en México
Mesa 3: Aplicaciones y Servicios Vinculados a 5G

- Las características de la tecnología 5G que se probarían, tales como: velocidad de transferencia de datos, latencia, conectividad masiva, *beamforming*, *Network Slicing*, *MU-MIMO*, rendimiento, eficiencia, cobertura, entre otros;
- Los estándares o recomendaciones que se tomarían como referencia para comprobar que es un servicio 5G;
- En su caso, las necesidades específicas de flexibilización regulatoria para realizar las pruebas; y
- En su caso, la metodología a emplearse.

Anexo 1

Categorización a grandes rasgos de las bandas de frecuencias por servicio y demarcación.

- Tipo 1: Señales analógicas, como voz y datos en banda vocal, a velocidades de hasta 64 kbit/s (mínimo audio a 3,1 kHz como se identifica en la Recomendación UIT-T G.174).
- Tipo 2: Servicio portador de acceso de 64 kbit/s hasta velocidades binarias inferiores a la velocidad primaria.
- Tipo 3: Servicios digitales que funcionan a la velocidad primaria o superior.

Clase de servicio	Demarcación del servicio		
	Rural (GHz)	Suburbano (GHz)	Urbano (GHz)
Tipo 1	< 4 ⁽¹⁾	< 5	< 5
Tipo 2	< 4 ⁽¹⁾	1-11	1-11
Tipo 3	< 1-4	3-70	3-70

⁽¹⁾ Las bandas de frecuencia por debajo de 1 GHz podrían resultar más convenientes cuando los trayectos típicos se extiendan más allá del horizonte radioeléctrico o sean objeto de bloqueo del terreno.

Características sobresalientes del espectro radioeléctrico para la implementación del FWA. La mayoría de estas características también son importantes para otros servicios.

Por debajo de 1 GHz

- telefonía y datos a baja velocidad;
- buena propagación para sistemas de larga distancia – más allá del horizonte (sistemas rurales);
- excelente nivel de fiabilidad de la cobertura;
- disponibilidad limitada de anchura de banda;
- intensa utilización de muchas bandas por parte de los servicios móvil y de radiodifusión entre otros;
- dificultad de conseguir ganancias de antena elevadas con estructuras de antena pequeñas;
- facilidad de generación de una potencia de transmisión elevada en la estación base;
- facilidad de obtención de los componentes;
- las distancias de coordinación entre sistemas cocanal son bastante grandes;
- las frecuencias inferiores a 50 MHz están expuestas a anomalías de propagación – propagación guiada ocasionada por la inversión de temperaturas, salto ionosférico.

1-3 GHz

- telefonía y datos a velocidad baja/media;
- buena propagación – trayecto transhorizonte limitado (particularmente adecuado para las aplicaciones tanto fijas como móviles);
- buena fiabilidad de la cobertura – pocos problemas de bloqueo;
- los servicios existentes móvil, fijo, por satélite y radiobúsqueda/radionavegación hacen uso intensivo de muchas bandas;
- disponibilidad moderada de anchura de banda;
- buena gama para las aplicaciones urbanas y rurales;
- las estructuras de antena pueden ser bastante pequeñas (por ejemplo, celular, sin cordón);
- facilidad de generación de una potencia de transmisión elevada en la estación base;
- facilidad de obtención de los componentes.

3-10 GHz

- telefonía y datos a velocidad baja/media/alta;
- propagación generalmente restringida a la línea de visibilidad directa (LoS) en distancias cortas;
- la propagación a través del follaje es relativamente buena;
- longitud del trayecto generalmente inferior a 20 km para P-MP, pero superior para P-P;
- más anchura de banda disponible;
- muchas bandas fijas/móviles compartidas con sistemas de satélite: – las restricciones de compartición favorecen a los sistemas P-P;
- disponibilidad y costos razonables de los componentes;
- la generación de potencia de transmisión es más dificultosa;
- la fiabilidad de la cobertura es moderada a mediocre debido a bloqueos;
- bandas adecuadas para las aplicaciones FWA que emplean antenas de ganancia elevada en la estación de base y en la estación de abonado.

10-30 GHz

- telefonía, datos a velocidad baja, media y alta, vídeo;
- tecnología P-P y multipunto madura;
- propagación: – exige la LoS;
- la atenuación debida a la lluvia es un factor significativo;
- aplicaciones urbanas/suburbanas;
- emplea estructuras de antena pequeñas;
- longitudes de trayecto generalmente inferiores a 10 km para P-MP, aunque superiores para P-P, que utilizan antenas directivas en ambos emplazamientos del enlace;

Comité Técnico en Materia de Despliegue de 5G en México

Mesa 3: Aplicaciones y Servicios Vinculados a 5G

- se dispone de considerables bandas contiguas del espectro del servicio fijo;
- soporta aplicaciones de banda ancha;
- la potencia de transmisión es más dificultosa;
- alto nivel de reutilización de frecuencias, especialmente en la gama 20-30 GHz; – muchas bandas del servicio fijo/servicio móvil compartidas con los servicios por satélite;
- en las aplicaciones de alta densidad, la compartición entre el servicio fijo (incluido el FWA) y el SFS/SMS plantea problemas.

30-50 GHz

- telefonía, datos a velocidad baja, media y alta, vídeo;
- propagación: la LoS es indispensable;
- la atenuación debida a la lluvia es un factor significativo;
- las estructuras de antena pueden ser muy pequeñas y de altos niveles de ganancia;
- longitudes de trayecto generalmente inferiores a 5 km para P-MP, aunque superiores para P-P, que utilizan antenas directivas en ambos emplazamientos del enlace;
- grandes bandas de espectro contiguas disponibles para las aplicaciones FWA de banda ancha;
- aplicaciones urbanas/suburbanas;
- nivel muy alto de reutilización de frecuencias;
- en aplicaciones de alta densidad, la compartición entre el servicio fijo (incluido el FWA) y el SFS/SMS puede plantear problemas;
- algunos países tienen sistemas FWA de banda ancha en la banda de 38 GHz mientras que otros han planificado sistemas FWA/MWS en la banda de 40 GHz.

Por encima de 50 GHz

- alta tasa de atenuación atmosférica en la gama 55-66 GHz;
- propagación: la LoS es indispensable;
- la atenuación debida a la lluvia es un factor significativo;
- la distancia alcanzada no suele superar los 2 km;
- muy alto nivel de reutilización de frecuencias;
- tecnología en desarrollo.



5G FWA

Mesa 3