

23 de diciembre de 2020

Abogado David Matamoros Batson
Comisionado Presidente
Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)
HONDURAS
consulta publica@conatel.gob.hn

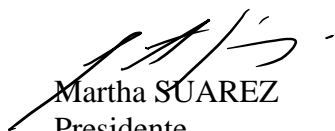
**Re: Comentarios de la Dynamic Spectrum Alliance (DSA) al anteproyecto de resolución
“ACTUALIZACIÓN DEL PLAN NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS (PNAF)”**

Respetado Comisionado Presidente,

Atendiendo la consulta pública sobre el anteproyecto de resolución “ACTUALIZACIÓN DEL PLAN NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS (PNAF)”, publicada en el sitio Web de la Institución el día 23 de noviembre de 2020, y en mi calidad de presidente de la Dynamic Spectrum Alliance (DSA) ¹ me permito enviar los comentarios que se encuentran a continuación.

Agradezco su atención y quedo a su disposición para brindar cualquier información adicional que sea necesaria.

Atentamente,



Martha SUAREZ
Presidente
Dynamic Spectrum Alliance

¹ La *Dynamic Spectrum Alliance* es una alianza global que promueve el uso eficiente del espectro con el fin de brindar conectividad y capacidad para todos a través de una gestión dinámica e innovadora de este recurso. La DSA representa a las grandes empresas multinacionales de tecnología, así como pequeñas y medianas empresas, universidades y entidades de investigación a nivel mundial. Una lista completa de los miembros de la DSA está disponible en el sitio web de la Alianza www.dynamicspectrumalliance.org/members/.

COMENTARIOS DE LA DYNAMIC SPECTRUM ALLIANCE AL ANTEPROYECTO DE RESOLUCIÓN “ACTUALIZACIÓN DEL PLAN NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS (PNAF)”

La DSA se permite enviar sus comentarios sobre este anteproyecto de resolución y felicita a CONATEL por esta iniciativa de actualización que contempla una modernización del PNAF y abre las posibilidades para que tecnologías como TVWS y Wi-Fi 6E puedan ser usadas en Honduras, en beneficio de sus habitantes y para lograr una mayor inclusión digital.

Comentarios sobre la nota HND34A

La nota HND34A indica que “los Dispositivos de Espacios en Blanco cuentan con Licencia General para operar en el rango de frecuencias 470-698 MHz, cumpliendo con las disposiciones emitidas por CONATEL. Entendiéndose por espacios en blanco aquellas frecuencias que no están asignadas en el rango 470-698 MHz en un área específica sin causar interferencias perjudiciales a las estaciones de un servicio primario o secundario a las que se le hayan asignado o se le asignen frecuencias en el futuro, asimismo, no podrán pedir protección contra interferencias.”²

La DSA encuentra que esta propuesta además de maximizar el uso eficiente del espectro en el rango 470-698 MHz, va a permitir robustecer la presencia del estado en el territorio nacional por medio de la conectividad, ya que las características físicas de las ondas consideradas tienen excelentes características de propagación que permiten mayor cobertura y resistencia a obstáculos sin línea de vista, lo cual resulta fundamental para brindar soluciones de Internet de banda ancha a los hondureños que viven en lugares que hoy en día están desatendidos o sub-atendidos y por lo tanto no tienen las oportunidades que trae la digitalización, bien por su ubicación geográfica o por su condición socioeconómica. Los dispositivos de espacios en blanco brindan una oportunidad para cerrar la brecha digital, su correcto funcionamiento permitirá que cada vez sean más los ciudadanos que tengan acceso a la red y que por muy remotas, escondidas o alejadas que estén algunas regiones, todas puedan gozar de la conectividad, el IoT y todos los beneficios sociales, económicos y culturales que la tecnología y la digitalización ofrecen. La DSA considera que esta tecnología es una oportunidad tecnológica adicional para llevar conectividad asequible a personas que aún no la tienen.

La DSA prevé que la autorización de uso de dispositivos de espacios en blanco estimulará un mejor servicio de banda ancha para los usuarios por parte de los proveedores de acceso a Internet inalámbrico (WISP) locales y comunitarios. Un WISP comunitario funcionaría al interior de una sola comunidad y podría o no tener fines de lucro.

² Ver anteproyecto de resolución “actualización del plan nacional de atribución de frecuencias (PNAF)” publicado por CONATEL, disponible en <http://www.conatel.gob.hn/index.php/2020/11/23/conatel-avisa-que-el-anteproyecto-de-resolucion-actualizacion-del-plan-nacional-de-atribuciones-de-frecuencias-pnaf-esta-disponible-para-consulta-publica-en-el-sitio-web-de-la-ins/>

Los dispositivos de espacios en blanco pueden operar en la banda UHF, pero también en la banda de VHF. Una de las principales ventajas de esta tecnología es que al operar en estas bandas, se beneficia de sus excelentes propiedades de propagación para brindar cobertura en áreas rurales con baja densidad de población, ya que se pueden cubrir grandes distancias con menos repetidoras, lo cual reduce significativamente los costos de despliegue. La DSA sugiere respetuosamente que CONATEL considere también habilitar la operación de dispositivos de espacios en blanco en el segmento de 174 a 216 MHz.

Con respecto al desempeño que se puede esperar de esta tecnología, hace solo un par de años la máxima tasa de transmisión de datos de un enlace de espacios en blanco era de alrededor de 30 Mbps, actualmente, algunos radios de espacios en blanco pueden alcanzar hasta 150 Mbps.³ Actualmente, hay al menos 10 fabricantes de equipos de espacios en blanco, y a su vez más países que adoptan regulaciones para esta tecnología o incluso que modernizan los marcos regulatorios existentes para hacerlos más flexibles, como fue la reciente decisión de la FCC en los Estados Unidos a finales de octubre de este año.⁴

Finalmente, con respecto a las disposiciones específicas para su funcionamiento, invitamos a CONATEL a revisar el modelo de reglas técnicas de la DSA para este tipo de aplicaciones de uso compartido⁵. Desde la DSA estamos disponibles para discutir más en detalle cualquier inquietud que pueda surgir o si es necesario, brindar información adicional sobre los comentarios aquí expuestos.

Comentarios sobre la nota HND40A

Acierta CONATEL al permitir que los Sistemas de Acceso Inalámbrico que incluyen las Redes Radioeléctricas de Área Local (*Wireless Access Systems/Radio Local Area Network*, (WAS /RLAN, por sus siglas en inglés)) cuenten con Licencia General para operar en la banda de 5925 a 7125 MHz (Banda de 6 GHz), permitiendo por ejemplo el despliegue de redes Wi-Fi 6E, la nueva generación de Wi-Fi, también conocida como Wi-Fi 6 o 802.11ax, que usa la banda de 6 GHz.

Wi-Fi 6 permite usar canales de 160 MHz de ancho de banda, soporta más clientes en ambientes densos, y también presenta mayor eficiencia, flexibilidad, escalabilidad y seguridad en las redes. Permitir la operación de Wi-Fi 6E en Honduras habilita que en el país se puedan desplegar redes con tasas de transmisión de datos del orden de gigabits por segundo (Gbps), con disponibilidad de

³ Ver “The TV White Space (TVWS) Ecosystem is advancing to unlock new possibilities”, disponible en <https://connect-world.com/global-2020/>

⁴ Ver <https://www.fcc.gov/document/fcc-increases-unlicensed-wireless-operations-tv-white-spaces>

⁵ *Model Rules and Regulations for the Use of Television White Spaces Version 2.0*, Dynamic Spectrum Alliance, December 2017 <http://dynamicspectrumalliance.org/wp-content/uploads/2018/01/Model-Rules-and-Regulations-for-the-use-of-TVWS.pdf>

siete canales de 160 MHz que permiten flexibilidad y disponibilidad en sitios altamente congestionados, con capacidad para conectar a la red más dispositivos al mismo tiempo y a su vez con una mayor eficiencia energética y seguridad en las comunicaciones.⁶

Esta decisión también va a impulsar la transición tecnológica hacia aplicaciones banda ancha de nueva generación. La DSA considera que dentro del ecosistema 5G se debe considerar el rol tan importante que desempeña el acceso al espectro no licenciado. En efecto, el uso libre del espectro y en particular en la banda de 6 GHz va a ser un habilitador fundamental del ecosistema 5G, tal como lo reconoce la FCC en su *5G Fast Plan*, en el que se indica que la FCC ha tomado acciones para que esté disponible más espectro para servicios 5G en bandas altas, bandas medias, bandas bajas y bandas con acceso no licenciado.⁷ De hecho, Honduras está dando un paso en la dirección correcta ya que al implementar las modificaciones propuestas en la banda de 6 GHz para acceso no licenciado se suma a la lista de diversos países líderes en el impulso y despliegue de sistemas 5G que además habilitan Wi-Fi 6E como son Estados Unidos⁸, el Reino Unido⁹, la República de Corea¹⁰ y Chile¹¹.

Además es importante mencionar que Honduras hace parte del grupo de países pioneros en la región que está contemplando el uso no licenciado del espectro en la banda de 6 GHz, ya que aparte de Estados Unidos y Chile que han decidido habilitar el uso no licenciado de 1200 MHz en la banda, hay muchos países de la región que han hecho o tienen consultas públicas en curso sobre el futuro de la banda de 6 GHz, tales como Canadá, México, Costa Rica, Colombia, Brasil, Perú y Argentina. Debido a lo anterior, la CONATEL con esta decisión estará alineada con las mejores prácticas internacionales y tendrá la posibilidad de beneficiarse de economías de escala para los equipos de Wi-Fi 6E y otros dispositivos inalámbricos que están siendo desarrolladas para toda la banda de 6 GHz.

El tiempo en el que se pone a disposición el espectro es fundamental en la gestión del espectro y en el éxito de las políticas públicas en el sector de las telecomunicaciones. La DSA elaboró un estudio sobre el valor económico del uso no licenciado del espectro en la banda de 6 GHz en Brasil¹² y encontró que valor económico acumulado entre 2021 y 2030 asociado con permitir el acceso no licenciado a 1200 MHz en la banda de 6 GHz asciende a 112.14 billones¹³ de dólares en contribución al producto interno bruto, 30.03 billones de dólares en excedente al productor que es un beneficio para las empresas brasileras y 21.19 billones de dólares en excedente al consumidor

⁶ Ver https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/pdf/smc-wifi6-evolution-latam-white-paper.pdf

⁷ Ver <https://www.fcc.gov/5G>

⁸ Ver <https://www.federalregister.gov/documents/2020/05/26/2020-11236/unlicensed-use-of-the-6-ghz-band>

⁹ Ver <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/improving-spectrum-access-for-wi-fi>

¹⁰ Ver <https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId= policycom2&artId=3140715>

¹¹ Ver <https://legislacion.vlex.cl/vid/diario-oficial-n-42-850686788>

¹² Ver <http://dynamicspectrumalliance.org/wp-content/uploads/2020/11/1-DSA-Valor-Economico-Uso-Nao-Licenciado-6-GHz-Brasil-1.pdf>

¹³ Esto según la definición del inglés en la que un billón es equivalente a mil millones

que beneficia a la población brasilera. Lo más interesante no es sólo este resultado, que claramente es muy específico para el caso brasilero, sino que el estudio también muestra que no tomar acciones para abrir la banda en el corto plazo, sino por ejemplo esperar para hacerlo hasta en el año 2024, en el caso de Brasil conllevaría a que se deje de recibir esta contribución económica y tendría un costo de oportunidad que asciende a 16.94 billones de dólares.

Por eso, desde la DSA estamos convencidos que la CONATEL con esta decisión de aprobar el uso libre de los 1200 MHz de la banda de 6 GHz está permitiendo que los hondureños puedan beneficiarse de Wi-Fi 6 en el muy corto plazo, sacando provecho de las economías de escala y de la disponibilidad de los equipos de Wi-Fi 6E. Al respecto vale la pena mencionar que en días pasados vimos que la FCC ya certificó el primer chip de Wi-Fi 6E.¹⁴

Wi-Fi es un excelente ejemplo de los beneficios de economías de escala para los usuarios finales, que resultan de la armonización global en el uso del espectro. Esta disponibilidad de equipos habilita usos innovadores y de última tecnología. Así mismo, permite mejorar la conectividad en las redes Wi-Fi en hogares, empresas y sitios públicos que tanto lo necesitan como hospitales, bibliotecas, centros comunitarios, entre otros.

La decisión de incluir el rango de frecuencia de 5925-715 MHz en la nota HND40A del PNAF referente a los Sistemas de Acceso Inalámbrico que incluyen las Redes Radioeléctricas de Área Local (*Wireless Access Systems/Radio Local Area Network*, (WAS/RLAN, por sus siglas en inglés)), permite que Honduras pueda contar con el espectro necesario para el óptimo funcionamiento de las redes Wi-Fi de nueva generación, atendiendo la demanda actual pero también los requerimientos futuros, tal como lo contempla el Artículo 57 del Reglamento General de la Ley Marco del Sector de Telecomunicaciones que establece que “el PNAF es un instrumento normativo técnico, cuya finalidad es optimizar y racionalizar el uso del espectro radioeléctrico, para satisfacer **oportuna y adecuadamente** las necesidades de frecuencias para el desarrollo de los actuales servicios de radiocomunicaciones y para responder eficientemente a los requerimientos de los nuevos servicios de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico”.

Según CISCO, en su estudio *Visual Networking Index: Forecast and trends, 2017-2022*, se espera que el 71% del tráfico total de IP en el 2022 sea generado por servicios móviles e inalámbricos, que el tráfico de datos móviles para 2022 aumente hasta siete veces en un promedio de un 46% anual y que para ese mismo año los dispositivos móviles a nivel mundial crezcan de 8,6 mil millones a 12,3 mil millones, de los cuales más de 422 millones estarán habilitados y en capacidad para desarrollar 5G.¹⁵ Ese crecimiento de tráfico, número de usuarios y servicios también se manifiesta frente a las redes Wi-Fi. Efectivamente, el mismo estudio prevé que la descarga de

¹⁴ Ver FCC, “Grant of equipment authorization QDS-BRCM1095 ([link](#))”.

¹⁵ Ver Cisco Systems, “Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2017-2022”. ([link](#)).

tráfico de las redes celulares en redes WLAN/RLAN (*offload traffic*) va a pasar del 74% actual a 79% en 2022, es decir, las redes WLAN/RLAN van a transportar una muy buena parte del tráfico de las redes celulares de quinta generación. Esto permitirá bajar los costos de despliegue de las redes para los operadores móviles (como ya se viene haciendo), así como incentivar la inversión de parte de nuevos proveedores de redes (como por ejemplo redes neutras, o compañías de cable, o empresas que deseen construir sus propias redes privadas para aplicaciones especializadas). Esto también bajará los costos para los consumidores y adicionalmente dará la posibilidad de desplegar redes rurales y en ambientes suburbanos con velocidades del orden de gigabits por segundo (Gbps) en regiones que hoy están desatendidas o que tienen cobertura pero que no es de banda ancha.

Además de esto, los usuarios cada vez requieren nuevas aplicaciones con altas capacidades de transmisión de datos del orden de Gbps, aplicaciones como realidad virtual y realidad aumentada (VR/AR), contenido interactivo, video de alta definición (4k y 8k) e inteligencia artificial. Estos requerimientos asociados al mayor consumo de video requieren redes adaptadas con mayores anchos de banda y espectro adicional para redes WAS/RLAN pueden ser atendidos por Wi-Fi 6E.

La banda de frecuencia de 6 GHz es crucial para la correcta implementación de Wi-Fi 6 y el proyecto propuesto va a permitir tener siete (7) canales de alta capacidad (160 MHz) y así atender la demanda de millones de usuarios, incluso en ambientes densos tales como aeropuertos, estadios, centros comerciales o sitios públicos altamente concurridos. Wi-Fi es una tecnología de acceso inalámbrico muy costo eficiente, según Intel, los costos de licenciamiento de la propiedad intelectual necesaria para equipos celulares 5G es tres veces (3x) más que la de los chipsets Wi-Fi, y el costo entero de un modem celular 5G es cincuenta veces (50x) más el costo de un chipset Wi-Fi.¹⁶

Es importante aclarar que a nivel internacional se han identificado tres tipos de casos de usos no licenciados en la banda de 6 GHz: (i) las aplicaciones de muy baja potencia (*Very Low Power – VLP*) que pueden operar en interiores o exteriores y que como su nombre lo indica operan a niveles de potencia muy bajos, principalmente consideradas para redes de área corporal y accesorios inalámbricos como gafas, controles u otros accesorios inalámbricos asociados al uso de realidad virtual o aumentada, (ii) las aplicaciones de baja potencia indoor (*Low Power Indoor - LPI*) que solo pueden operar en espacios cerrados y proveen excelentes desempeños para redes LAN y (iii) las aplicaciones de potencia estándar (*Standard Power – SP*) que pueden operar en exteriores e interiores. La nota HND40A indica que los sistemas WAS/WLAN que operen en la banda de 6 GHz deberán cumplir con las disposiciones emitidas por CONATEL. La DSA espera que en esas condiciones se consideren y habiliten los tres tipos de casos de uso descritos, ya que de esta manera se maximizará el beneficio de la banda.

¹⁶ Fuente: Eric McLaughlin, General Manager Wireless Solutions Group, Intel during the WBA Congress in Frankfurt in September/October 2019.

La DSA respetuosamente se permite recomendar que en las disposiciones específicas que serán emitidas por CONATEL para toda la banda de 6 GHz, se indique que se permite el uso de dispositivos VLP con niveles de Máxima Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (EIRP o PIRE, dBm) de 17 dBm y una densidad espectral de potencia máxima (PSD) de 10 dBm/MHz. Así mismo, que se permita la operación de dispositivos LPI con uso está restringido para interiores, con niveles de densidad espectral de potencia PIRE máxima de 8 dBm/MHz.

Finalmente, las aplicaciones de potencia estándar usadas en exteriores deberían poder operar a niveles de potencia máxima PIRE de 36 dBm y los clientes de 30 dBm. Estas aplicaciones de potencia estándar requieren una base de datos automatizada u otro sistema de gestión del acceso para garantizar la protección a los enlaces fijos existentes. CONATEL podría evaluar en qué segmentos de la banda no hay uso de enlaces fijos y habilitar inicialmente sólo esos segmentos para dispositivos de potencia estándar, lo cual al menos permitiría que algunos canales se puedan usar en redes en espacios abiertos o estén disponibles para los proveedores de acceso a Internet inalámbrico que dependen actualmente de solo el espectro no licenciado en las bandas de 2.4 y 5 GHz. Otra alternativa, ideal para el mediano plazo, es evaluar la implementación de un sistema de coordinación automática de frecuencias, conocido como AFC por sus siglas en inglés (*Automated Frequency Coordination*). Al respecto, la DSA tiene amplia experiencia y está dispuesta a acompañar a CONATEL en este proceso.

Las anteriores recomendaciones, que están alineadas con las decisiones regulatorias tomadas por diferentes administraciones, son resultado de los numerosos estudios técnicos de convivencia adelantados en Estados Unidos¹⁷ y Europa¹⁸ para proteger a los usuarios actuales de la banda¹⁹, sin que se requiera ningún tipo de migración o liberación de la banda.

Este último punto es muy importante: la habilitación de la banda de 6 GHz para sistemas WAS/WLAN como Wi-Fi 6E **maximizará el uso eficiente del espectro** y las posibilidades de conectividad inalámbrica de banda ancha a bajo costo, protegiendo los servicios incumbentes que operan en la banda y sin limitar sus posibilidades de crecimiento a futuro. El uso eficiente de la banda es evidente al permitir que los asignatarios de la banda que hacen uso del espectro hoy en día sigan operando y creciendo y **al mismo tiempo** permitiendo que millones de hondureños se beneficien de un mejor Wi-Fi.

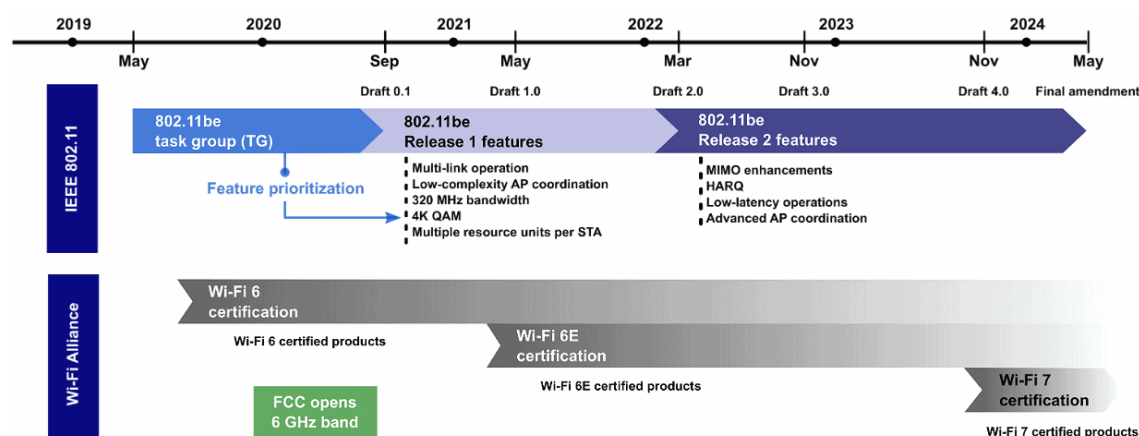
Honduras tiene la oportunidad de habilitar el uso no licenciado de la banda de 6 GHz (5925-7125 MHz), tomando una decisión alineada con la tendencia regional, permitiéndole a sus ciudadanos gozar de los beneficios de Wi-Fi 6E y numerosos casos de uso innovadores en el corto

¹⁷ Ver <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-51A1.pdf>

¹⁸ Ver “Sharing and compatibility studies related to Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks (WAS/RLAN) in the frequency band 5925-6425 MHz” ([link](#)) and “Harmonised technical parameters for WAS/RLANs operating on a coexistence basis with appropriate mitigation techniques and/or operational compatibility/coexistence conditions, operating on the basis of a general authorization” ([link](#))

¹⁹ Vale la pena destacar que en el caso de Estados Unidos hay más de 100.000 enlaces fijos en la banda de 6 GHz.

plazo y así mismo, dejando las bases para la adopción temprana de Wi-Fi 7²⁰. En efecto, en el proceso de estandarización de la próxima generación del estándar de la familia IEEE 802.11, el 802.11be también conocido como Wi-Fi 7, se tiene previsto el borrador inicial (0.1) quede definido en el primer semestre del 2021, con el lanzamiento de los procesos de certificación a finales de 2023, incluyendo canales de hasta 320 MHz de ancho de banda para conexiones Wi-Fi y otras funcionalidades. De esta manera, con la propuesta actual de CONATEL se están dejando de una vez las bases para esta evolución tecnológica y un mejor servicio para todos.



Es posible que CONATEL reciba comentarios en los que se solicite que la parte alta de la banda de 6425 a 7025 MHz sea reservada para posibles usos futuros de IMT, y que se mencione como referencia la agenda de la conferencia mundial de radiocomunicaciones de 2023 (CMR-23). Vale la pena destacar que esta banda **no está bajo consideración para la región 2**, que es la región Américas. En efecto, el punto 1.2 de la agenda de la CMR sólo está estudiando este segmento para la región 1, y esto fue por la decisión propia de las mismas administraciones que participaron en la CMR-19, de manera que es poco probable que las mismas administraciones de las regiones 2 y 3 que decidieron no incluir estos estudios en la agenda de la CMR-23 vayan a cambiar esta posición en el 2023. Incluso para la región 1 que está estudiando este segmento de la banda, no hay ninguna certeza sobre la posible identificación de la banda para IMT, ya que, como se ha mencionado anteriormente, esta banda está siendo ampliamente utilizada por otras aplicaciones del servicio móvil, además de los usos del servicio fijo y el servicio fijo por satélite.

En la agenda de la Conferencia en el mismo punto 1.2 sí se está estudiando a nivel global el segmento de 7025 a 7125 MHz, es decir que a lo sumo se armonizarían 100 MHz de espectro para IMT, en caso de que los estudios demuestren la viabilidad técnica.

²⁰ Wi-Fi Alliance, "Capacity, efficiency, and performance for advanced connectivity". Ver <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-certified-6>

Ahora, con respecto a los requerimientos de espectro adicional para usos móviles, en Honduras a la fecha ya se dispone de abundante espectro identificado para IMT que aún no ha sido asignado, según el estudio publicado por 5G Americas²¹, Honduras tiene en uso 290 MHz para servicios móviles, que representan el 22,3% de la cantidad de espectro necesario de acuerdo con la sugerencia de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para 2015, y el 14,8% de la recomendación para 2020. El país puede continuar con sus planes de asignación del espectro disponible ya identificado para IMT²² y al mismo tiempo habilitar los 1200 MHz de espectro en la banda de 6 GHz para uso por parte de los sistemas WAS/RLAN tal como lo propone el anteproyecto de resolución de la consulta pública.

Este año ha dejado en evidencia que el acceso a internet es crucial para una verdadera inclusión. Durante la pandemia, el acceso a Wi-Fi ha sido fundamental para la productividad laboral, la educación y las relaciones interpersonales. La flexibilidad y los beneficios que ofrece Wi-Fi a las economías digitales han demostrado proporcionar beneficios esenciales durante la pandemia de COVID-19.²³ Facilitar el acceso a Internet a través de redes Wi-Fi es un paso en la dirección correcta para tener mejor conectividad de banda ancha en Honduras.

²¹ Ver “Análisis de las recomendaciones de espectro de la UIT en América Latina”, publicado por 5G Américas, Junio 2020, disponible en www.5gamericas.org.

²² Ver notas HND31, HND35A, HND36A, HND37, HND40, HND44, HND48, HND49, HND50, HND51A, HND52, HND52B, HND66, HND68 y HND69A.

²³ Covid-19 and the economic value of Wi-Fi. Katz, Jung and Callorda, December 2020.