



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Opciones tecnológicas para
lograr la plena conectividad de
los mexicanos en
telecomunicaciones e Internet**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero en Telecomunicaciones

P R E S E N T A

Jesús Alberto Carrillo Ríos

DIRECTOR DE TESIS

Mtro. Enrique Octavio Díaz Cerón



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

Agradecimientos

A mis padres, que me han apoyado desde niño a cumplir mis metas. Son mi más grande ejemplo de trabajo, superación, constancia y fortaleza. Todo lo que soy es gracias a ustedes, gracias por su amor y motivarme cada día.

A mi hermana, que siempre hemos estado juntos, gracias por apoyarme y motivarme para seguir adelante.

A mis abuelos, Pedro y Gabina, por su amor, confiar en mí en todo momento y brindarme su apoyo incondicional cuando lo necesitaba.

A mi abuela Julia, por su apoyo, amor y confianza en lograr una carrera universitaria.

Al profesor Enrique Díaz Cerón por sus enseñanzas. Le agradezco inmensamente por su tiempo y paciencia brindada para el desarrollo de la presente tesis.

A todos mis familiares que confiaron en mí y me motivaban para salir adelante.

A todos mis amigos y maestros a lo largo de mi vida, por compartir conocimientos y experiencias que hacen de mí una mejor persona.

A todas las personas que he conocido en mi vida que, con buenas o malas experiencias, me han dejado grandes enseñanzas.

A la UNAM y a mi facultad, por brindarme las herramientas, habilidades y conocimientos para desarrollarme profesionalmente como ingeniero en telecomunicaciones. Es un profundo orgullo pertenecer a esta gran universidad.

Finalmente, pero no por eso menos importante, a Frida, Camila, Sofia y Rebeca.

“La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica”

-Aristóteles

Índice

Introducción	1
Problemática a resolver	5
Objetivos.....	7
Metodología	8
Capítulo 1. La conectividad alámbrica e inalámbrica en telecomunicaciones e Internet. Tecnologías e infraestructuras.	10
1.1 Redes de par de cobre.....	11
1.2 Redes de microondas.....	18
1.3 Enlaces satelitales.....	22
1.4 Redes de fibra óptica.....	26
1.5 Cables submarinos que proporcionan servicios de Internet alrededor del mundo.....	31
1.6 Acceso a Internet mediante la instalación de IXP.....	34
1.7 Radio Definido por Software.....	37
1.8 Tecnología WiFi.....	43
1.9 WiFi mesh	47
1.10 Súper WiFi	51
1.11 WiFi Comunitario de ViaSat.	55
1.12 Constelación de satélites de órbita baja para el acceso a Internet de banda ancha a nivel global.	57
1.13 LiFi, el nuevo WiFi mediante luz.	63
1.14 Tecnología de la red móvil 5G.	67
1.15 Proyecto “Datos sobre ruedas”	71
1.16 Proyecto “Loon”	75
1.17 Infraestructura del usuario final.....	78
Capítulo 2. Análisis comparativo de la situación de la conectividad a Internet en México con el contexto internacional.	81
2.1 Infraestructura de las redes de par de cobre.....	82
2.2 Infraestructura de las redes de microondas.....	88
2.3 Infraestructura de los enlaces satelitales	94
2.4 Infraestructura de las redes de fibra óptica	99
2.5 Comparativo de la infraestructura de cables submarinos.....	106
2.6 Comparativo de la infraestructura de instalaciones IXP para el acceso a Internet	119
2.7 Proyectos de la tecnología Radio Definido por Software	125
2.8 Comparativo de la cobertura de la tecnología WiFi.....	129

2.9 Comparativo de la infraestructura de la tecnología WiFi Mesh	136
2.10 Comparativo de la infraestructura de la tecnología Súper WiFi	137
2.11 Cobertura actual del WiFi Comunitario de ViaSat en la actualidad.....	140
2.12 Cobertura de los satélites de órbita baja (LEO) en México y en el mundo	142
2.13 Comparativo de la infraestructura internacional de la tecnología LiFi	147
2.14 Comparativo de la infraestructura actual de la red móvil 5G.....	151
2.15 Uso del proyecto “Datos sobre ruedas” en el mundo.....	156
2.16 Cobertura y uso del proyecto “Loon” en el ámbito internacional	161
2.17 Situación actual y global de la infraestructura del usuario final.....	166
Capítulo 3. Internet en México. Situación actual de cobertura. Conectividad en zonas urbanas, suburbanas, rurales y geográficamente alejadas e indígenas. El proyecto actual del gobierno federal.....	169
3.1 La cobertura y conectividad del servicio de Internet en el país, según datos del INEGI.....	170
3.1.1 Población usuaria de Internet en México.	170
3.1.2 Cobertura de la telefonía celular para el servicio de Internet móvil en México.	177
3.2 Proyecto actual del Gobierno Federal “Internet para Todos”.	189
3.3 Cobertura y conectividad de la Red Compartida.	193
Capítulo 4. Encuesta.....	199
Capítulo 5. Propuesta de una solución para la conectividad plena en telecomunicaciones e Internet en México mediante las tecnologías analizadas.....	222
Capítulo 6. Conclusión.....	238
Capítulo 7. Recomendaciones	247
Referencias.....	250
Listado de figuras, gráficas y tablas	261
Anexos.....	265
Anexo 1: Tabla de tecnologías de telecomunicaciones investigadas con sus características	266
Anexo 2: Encuesta presentada electrónicamente	279
Anexo 3: Glosario	283

Introducción

El presente trabajo de tesis tiene como principal objetivo exponer diferentes tecnologías de telecomunicaciones, tanto de forma alámbrica e inalámbrica, las cuales fueron estudiadas y analizadas para brindar cobertura y conectividad a las diferentes comunidades en México. Las cuales se encuentran en las zonas urbanas, suburbanas, rurales, indígenas y más alejadas dentro del territorio nacional.

Anteriormente se ha planteado proporcionar el servicio de Internet a lo largo de todo el país, pero nunca se han logrado concretar correctamente estos proyectos. Actualmente, mediante el proyecto “Internet para Todos”¹, el gobierno pretende la integración de la población a los servicios de Internet y telefonía móvil en todo el territorio mexicano.

Para lograr esto, se creó la empresa “CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos”, subsidiaria de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), debido a que pretende maximizar el uso de las capacidades de la Red Nacional de Fibra Óptica, la infraestructura pasiva y activa que disponga la CFE.²

Sin embargo, el territorio mexicano es muy complejo a lo largo de toda su extensión, por lo tanto, la instalación de fibra óptica se complicaría y requeriría de una mayor inversión. Por ello, a lo largo de este trabajo se presenta una variedad de tecnologías con las que se pueden lograr la conectividad entre diferentes destinos geográficamente, capaces de resolver el problema expresado anteriormente y de proporcionar adecuadamente los servicios de telecomunicaciones e Internet, logrando complementar así el proyecto federal.

La importancia de estudiar este tema radica en la brecha digital que ha existido por años en México, donde no todos los mexicanos tienen la posibilidad económica de contratar los diferentes servicios de telecomunicaciones básicos como lo son: telefonía fija y móvil, así como el esencial acceso a Internet. La pandemia por la enfermedad COVID-19 ha hecho que la brecha digital en México fuera evidenciada completamente, debido a que niños y jóvenes

¹ Coordinación de Estrategia Digital Nacional. (2020). *Internet para Todos*. Recuperado el 08 de septiembre de 2021 de: <https://www.gob.mx/cedn>

² Forbes. (2020). *CFE invertirá 550 millones de dólares en el plan “Internet para Todos”*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.forbes.com.mx/economia-cfe-550-millones-dolares-plan-internet-todos/>

dejaron sus estudios por la falta de acceso a Internet o a una televisión para poder ver las clases educativas transmitidas por el gobierno durante esta contingencia sanitaria.

Con la realización de este trabajo se buscó proponer diferentes soluciones para lograr brindar la cobertura y conectividad en todo el territorio mexicano sin importar la ubicación de las comunidades.

Esto mediante diferentes tecnologías de telecomunicaciones, las cuales quedarán plasmadas en este trabajo de tesis para que el gobierno federal, iniciativa privada, emprendedores y sociedad en general puedan consultarlas para su utilidad.

La idea del proyecto “Internet para Todos” es excelente, todos los mexicanos deben tener garantizado el acceso a Internet para su desarrollo personal y de su comunidad en conjunto. Sin embargo, utilizar solamente las redes de fibra óptica no es la mejor idea debido a la dimensión del territorio nacional y el complejo relieve que existe a lo largo de este.

Los habitantes de las comunidades alejadas de nuestro país tienen que realizar viajes de varias horas a una comunidad cercana o a la cabecera municipal que cuente con una mayor infraestructura en telecomunicaciones para poder comunicarse, incurriendo en gastos adicionales de pasajes, tiempo y comida.

Por lo cual, mediante la instalación de puntos de acceso a Internet en cada una de las diferentes comunidades alejadas se eliminará esta práctica y podrán comunicarse mediante sus dispositivos electrónicos o a través del centro comunitario digital de su localidad.

Este trabajo no solamente se centra en las comunidades alejadas, sino también en las personas que viven en las zonas urbanas y suburbanas del país que no tienen la posibilidad económica de pagar por el servicio de Internet en su casa, ya sea porque no existe la infraestructura de telecomunicaciones adecuada o porque sus ingresos no lo permiten.

Para la elaboración de este trabajo se utilizaron diferentes metodologías, como la investigación de información sobre las diferentes tecnologías de telecomunicaciones mediante el análisis de las referencias bibliográficas y electrónicas, así como conocimientos adquiridos en mi carrera universitaria.

En el contenido del primer Capítulo de este trabajo se encuentra una investigación de cada una de las 17 tecnologías elegidas para ser analizadas como una opción para brindar la plena conectividad de los mexicanos a los servicios de telecomunicaciones e Internet, ya sea de forma alámbrica o inalámbrica. Cada tecnología es diferente y tiene distintas ventajas respecto a otras, por consiguiente, su viabilidad es mayor. Estas tecnologías son:

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. Redes de par de cobre | 10. Súper WiFi |
| 2. Redes de microondas | 11. WiFi Comunitario |
| 3. Enlaces satelitales | 12. Constelaciones satelitales de órbita
baja |
| 4. Redes de fibra óptica | 13. LiFi |
| 5. Cables submarinos | 14. Red móvil 5G |
| 6. IXP | 15. Proyecto “Datos sobre ruedas” |
| 7. Radio Definido por Software | 16. Proyecto “Loon” |
| 8. Tecnología WiFi | 17. Infraestructura de usuario final |
| 9. WiFi mesh | |

En el segundo Capítulo del trabajo, para cada una de las 17 tecnologías, se presenta un análisis comparativo de su situación actual en México respecto a diferentes países del mundo. Observando de esta forma la situación de nuestro país en el despliegue de estas tecnologías con relación a otros países, determinando si existe un rezago o se encuentra a la par de estos.

Posteriormente, en el tercer Capítulo se plasman los resultados de una investigación sobre la situación actual en materia de conectividad en las diferentes zonas del país, esta investigación se basa en los datos proporcionados por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) mediante la ENDUTIH (Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares) 2018 y 2019. Así como la situación actual de la cobertura y conectividad de la Red Compartida, mediante datos proporcionados por la empresa operadora.

Se consideró importante tener en cuenta la experiencia de los usuarios finales con la infraestructura de telecomunicaciones en México, de manera que en el Capítulo 4 se presentan los resultados de una encuesta, la cual se divulgó a través de redes sociales y fue

respondida por 161 personas. Logrando presentar una pequeña muestra de la situación actual de esta infraestructura y la experiencia de los diferentes usuarios finales.

En el Capítulo 5 se expone una propuesta para mejorar la cobertura y conectividad a lo largo del territorio nacional de los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet. Para cada una de las diferentes tecnologías se propuso la mejor forma de aprovecharlas en beneficio de los mexicanos.

En el Capítulo 6 se encuentra la “Conclusión”, la cual se realizó mediante todo lo establecido a lo largo de los 5 diferentes capítulos del trabajo. Esta se basa en las tecnologías existentes, la situación actual del país respecto a la implementación de estas y qué acciones se deben realizar para poder mejorar la infraestructura del país, garantizando de esta manera la cobertura y conectividad de las zonas marginadas y alejadas del país, además de zonas suburbanas donde existen personas que no cuentan con los recursos económicos para poder pagar por algún servicio de telecomunicaciones o Internet.

Buscando el bien de la sociedad mexicana, debido a que todos tienen derecho de acceder a los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet para lo que deseen hacer. Sin embargo, primordialmente debe ser para mejorar el bienestar y desarrollo de las comunidades y sus habitantes mediante el acceso a una mejor educación, integración social, desarrollo social, así como servicios a distancia como la telemedicina y gobierno electrónico (e-Gobierno).

Por último, se encuentra la sección de “Recomendaciones”, cuyo propósito es dar a conocer a diferentes sectores, como son, el social, el económico, gubernamental, empresarial y educativo, acciones para lograr la plena conectividad de los mexicanos a los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet.

También es necesario considerar el avance de las tecnologías de acceso a estos servicios para que exista una mejora continua en ellos, debido a ello, se deben de actualizar los conocimientos de las tecnologías de comunicación, con la finalidad de que el servicio sea de calidad y accesible a todos los mexicanos.

Problemática a resolver

México tiene un extenso territorio, cuenta con una superficie de 1,973 millones de kilómetros cuadrados, en el cual se encuentran comunidades alejadas de las principales ciudades de cada estado. El país tiene principalmente un gran problema en la falta de cobertura y conectividad en las comunidades alejadas e indígenas donde se carece de servicios básicos de telecomunicaciones, así como de la conexión a la red de Internet, debido a la falta de infraestructura, dificultades económicas, problemas técnicos, imposibilidad de los usuarios para conectarse, entre otros.

Debido a esto, aún existe una gran brecha digital en nuestro país, la cual limita el crecimiento de las comunidades y el desarrollo personal de los habitantes de estas.

El INEGI realiza cada año la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), en la edición 2018 indicó que los mexicanos que usaron Internet fueron aproximadamente 74.3 millones de personas. De acuerdo con la misma encuesta del INEGI, el 65.8% de la población mexicana de seis años o más tuvo acceso a Internet en el año 2018. Mientras que 38.7 millones de personas en México no tuvieron acceso a Internet (34.2%).³

Lo anterior, mediante la ENDUTIH 2018, equivale a que 18.3 millones de hogares en el país tuvieron acceso a Internet, lo cual represento el 52.9% de los hogares del país. Mientras que el resto de los hogares del país no tienen acceso a Internet, es decir, 47.1% de hogares mexicanos se encuentran en la brecha digital.⁴

En nuestro país la brecha digital es un problema que existe tanto en las regiones urbanas como rurales. Con base en los datos mostrados en la ENDUTIH 2018⁵ se determinó que en las áreas urbanas el 73.1% de la población urbana tuvo acceso a Internet, mientras que en las zonas rurales solamente el 40.6% de los habitantes pudieron disfrutar de este servicio.

³ INEGI. (2019). *Comunicado de prensa núm. 252/19*. p.3. Recuperado el 1 de abril de 2020 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2019/internet2019_Nal.pdf

⁴ Ídem.

⁵ Ibídem 3.

Es decir, en las zonas urbanas existe una mayor posibilidad de acceder al servicio de Internet debido a que la infraestructura de telecomunicaciones y la cobertura es mayor. Sin embargo, existen habitantes en estas áreas que no pueden disfrutar de este servicio. Mientras que en las regiones rurales más de la mitad de esa población no tiene acceso a Internet, ya sea por su dificultad económica o porque no existe la infraestructura de telecomunicaciones para brindar el servicio en esas comunidades rurales.

Además, una de las principales preocupaciones será que las personas beneficiadas le de buen uso al Internet, es decir, puede que no lo ocupen totalmente para su educación o para comunicarse rápidamente con otras comunidades, sino que para su entretenimiento y, por ende, la comunidad no logrará desarrollarse adecuadamente.

Los problemas técnicos son otro aspecto a considerar, ya que estos disminuyen la experiencia de navegación por Internet como son: la lentitud de transferencia de la información, interrupción o caída del servicio y que la velocidad de transmisión contratada no es real. Estos problemas se deben tener en cuenta al momento de garantizar la plena conectividad de los mexicanos a los servicios de telecomunicaciones e Internet.

En la prestación de servicios de telecomunicaciones e Internet se presenta un problema de desigualdad, ya que estos se brindan a las personas con la posibilidad económica de pagarlas, por lo cual no todos los individuos tienen la posibilidad de tener acceso a estos servicios.

Asimismo, los usuarios que pagan más suelen tener una mejor calidad de servicio y un mayor ancho de banda. Mientras que las personas que tienen el paquete básico, de las diferentes compañías de telecomunicaciones, tienen un ancho de banda limitado y la calidad de servicio no es la mejor.

Con la mejora de cobertura y conectividad en el territorio mexicano a los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet, mediante las diferentes tecnologías estudiadas en este trabajo de investigación, se busca tener un ancho de banda moderado y que los precios de los servicios sean bajos para las zonas alejadas y marginadas, o que estos últimos sean subsidiados por el gobierno federal.

Objetivos

Los objetivos de la presente investigación plantean lo siguiente:

1. Analizar la conectividad de los servicios de telecomunicaciones e Internet a lo largo del territorio nacional, observando las problemáticas tecnológicas y de infraestructura que impiden la plena conectividad de todo el territorio mexicano.
2. Proponer una solución a la carencia de conectividad plena en el territorio mexicano en materia de telecomunicaciones e Internet mediante la selección y análisis de diferentes tecnologías en distintas partes del territorio nacional.
3. Plantear una posible infraestructura tecnológica para la iniciativa gubernamental “Internet para todos”, mediante las tecnologías seleccionadas y estudiadas para poder ser desplegadas a lo largo del territorio mexicano, apegadas a la normatividad internacional.
4. Presentar una comparación actual de México en materia de conectividad con las soluciones adoptadas en otros países y con las recomendaciones de los organismos internacionales competentes.
5. Analizar los beneficios que se obtendrían al proporcionar los servicios de telecomunicaciones e Internet a las diferentes comunidades que no cuentan con infraestructura de telecomunicaciones en el territorio nacional. Esto para mejorar la calidad y desarrollo de las comunidades en los aspectos: político, educativo, social, económico y cultural.

Metodología

El enfoque de esta tesis es el rezago de cobertura y conectividad en las comunidades alejadas de las ciudades en el territorio mexicano debido a la falta de infraestructura de telecomunicaciones, teniendo presente a todos los mexicanos, de las diferentes comunidades a lo largo del país, para que puedan disfrutar de mejor manera de los servicios de telecomunicaciones e Internet.

Para la realización de este trabajo se utilizaron diferentes metodologías de investigación para obtener la información mostrada a lo largo de este a través de las fuentes analizadas, así como aproximarse a la realidad social y de conectividad en el país.

Se realizó una búsqueda a través de diferentes referencias bibliográficas y electrónicas, con las cuales se pudo establecer el contenido de los primeros 3 capítulos. Con ello, se logró explicar de mejor manera cada una de las tecnologías presentadas para proponer una solución a la falta de cobertura y conectividad de los servicios de telecomunicaciones e Internet en nuestro país.

Cabe destacar que las fuentes que se utilizaron en la investigación fueron bibliográficas y electrónicas, siendo estas últimas de blogs con buenas referencias y/o conocidos.

En la parte previa del trabajo se encuentra la Problemática a Resolver y los Objetivos del trabajo, estos se realizaron con base en a lo observado socialmente y con datos investigados previamente a su realización.

Para la investigación de cada una de las diferentes tecnologías de telecomunicaciones presentadas en este trabajo, se recopiló información general de estas para que el lector pudiera tener un mejor entendimiento sin necesidad de conocer el ámbito de las telecomunicaciones, es decir, cualquier persona podrá comprender este trabajo de tesis.

De igual forma, se utilizó el método de análisis comparativo para conocer la situación actual de México respecto a otros países, en el uso de las tecnologías investigadas para dar acceso a los servicios de telecomunicaciones e Internet.

Otro método utilizado fue la realización de una encuesta, la cual fue diseñada y divulgada electrónicamente, esto con la intención de obtener una pequeña muestra sobre la situación de la infraestructura y servicios de telecomunicaciones e Internet de algunos usuarios finales. Estuvo conformada por 20 preguntas, de las cuales 3 fueron abiertas.

Para poder plasmar los resultados obtenidos mediante la encuesta se realizó un análisis analítico – estadístico, logrando que los datos mostrados fueran legibles y entendibles para el lector. Las gráficas fueron elaboradas por el autor de este trabajo para poder exponerlas de mejor forma.

Cada pregunta de la encuesta se expuso con su gráfica correspondiente y un análisis de esta, conociendo así la representación que tiene en la población mexicana encuestada. Logrando de esta forma que el lector pueda comprender e interpretar más fácilmente las gráficas.

Capítulo 1. La conectividad alámbrica e inalámbrica en telecomunicaciones e Internet. Tecnologías e infraestructuras.

En este primer capítulo, se aborda las soluciones tecnológicas que se han desarrollado a lo largo de la historia para que los diferentes países del mundo pudieran lograr su conectividad a Internet.

Actualmente existen muchas tecnologías las cuales pueden servir para proporcionar una conectividad en cada país o región del mundo, pero se estudiaron las tecnologías que se consideran más importantes y con más influencia en la actualidad, además de tecnologías que se encuentran en desarrollo o que servirán provisionalmente mientras llega una mejor infraestructura de telecomunicaciones a la zona deseada para dar cobertura.

Hoy en día, existe un gran avance tecnológico en el mundo, lo cual ha beneficiado la vida cotidiana del ser humano, facilitando su vida y conectándolo a distancia mediante dispositivos electrónicos y redes de comunicación de datos. La llegada de la red general de Internet ha mejorado la vida de las personas en cuanto a comunicación a distancia y búsqueda de información, aparte de mantener a la sociedad informada en tiempo real.

Sin embargo, no todas las personas tienen el privilegio de contar con el servicio de Internet u otro servicio de telecomunicaciones como telefonía fija o móvil, por lo cual, se han ido desarrollando mejores tecnologías para poder ofrecer una mayor cobertura y conectividad donde se desee.

Evidentemente, los servicios de telecomunicaciones se ofrecen principalmente en las ciudades con una mayor densidad poblacional, dejando rezagadas a las comunidades alejadas de las ciudades donde la población es mucho menor, además que la lejanía con las zonas urbanas implica a las empresas de telecomunicaciones instalar la infraestructura requerida, lo cual trae consigo un gran gasto, que las empresas no están dispuestas a realizar y/o no les parece rentable el servicio en estas comunidades.

Mediante las tecnologías presentadas en este primer capítulo se busca demostrar su beneficio y viabilidad para poder llevarlas a las comunidades alejadas, para brindarles mediante alguna de las siguientes tecnologías, una forma de conectividad entre su comunidad y la red de Internet y demás servicios de telecomunicaciones tales como telefonía fija o móvil.

A continuación, se presentan las tecnologías e infraestructura que se requieren para poder proporcionar correctamente el servicio requerido. Estas tecnologías se presentan de forma cronológica, de la más antigua a la más reciente, así como sus beneficios que ofrecen en la comunicación alámbrica o inalámbrica, según sea el caso.

El objetivo de presentar estas tecnologías es poder ofrecer al lector una retroalimentación de las tecnologías y darlas a conocer, esperando que el lector logre distinguir entre las mejores opciones alámbricas e inalámbricas.

Por último, en los siguientes capítulos se realizará una comparación analítica de la situación de las tecnologías infraestructurales de telecomunicaciones entre México y otros países de la región y/o países con un mejor desarrollo e infraestructura de telecomunicaciones, así como una propuesta de solución a la falta de cobertura y conectividad en las comunidades alejadas del país mediante estas tecnologías estudiadas.

1.1 Redes de par de cobre.

Las redes de par de cobre son la base de las redes telefónicas que alcanzaron a la mayor parte de la población del mundo, incluso en los pueblos más alejados, por lo menos existía una línea telefonía con par de cobre, siendo prácticamente un servicio “universal” por el alcance que tenía en la mayor parte de la población.

Los servicios de telecomunicaciones revolucionaron y dejaron de ser solamente comunicaciones mediante voz. Posteriormente llegaron los servicios de datos, y los bucles de cobre demostraron tener la capacidad de soportar estos servicios con una velocidad media de 10 [Mbps], soportando también servicios de video y televisión a una gran cantidad de hogares distantes hasta unos pocos kilómetros de la central telefónica, debido a que la señal se atenuaba en el par de cobre al aumentar la distancia por donde viajaba la señal eléctrica.⁶

Con la llegada de Internet, como un nuevo servicio de telecomunicaciones para estar comunicados, se mejoró la capacidad de las redes de cobre para tener una mayor tasa de transmisión y capacidad en diferentes servicios de telecomunicaciones.

⁶ Historia telefonía. (2017). *El Principio del Fin de las Redes de Cobre*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://historiatelefonía.com/2017/04/29/el-principio-del-fin-de-las-redes-de-cobre/>

Los diferentes tipos de cable de conexión a Internet constituyen un canal de transmisión por el cual circulan los flujos de datos dentro de una red, transportando los pulsos eléctricos, señales digitales, desde un ordenador a otro dispositivo periférico conectado a la red.⁷

Cable de par de cobre:

Este tipo de cable de conexión a Internet se caracteriza porque cada línea está compuesta por un par de hilos de cobre trenzados entre ellos mismos, logrando así que se cancele la radiación que genera cada hilo de cobre cuando circula corriente eléctrica por ellos y, además cancela el ruido eléctrico de los pares adyacentes y de otras fuentes externas como motores, relevadores y transformadores.⁸

Los cables de par trenzado se agrupan juntos y se encierran en una funda protectora para formar un solo cable a simple vista, el número de pares trenzados dentro del cable puede variar. Para conectar el cable de par trenzado se utilizan conectores RJ-45 de tipo telefónico, de esta forma se puede conectar el cable a un dispositivo electrónico para realizar una comunicación. Cabe destacar que los cables de par trenzado son de bajo costo y fáciles de instalar.⁹

Existen dos tipos de cable de par trenzado que se utilizan para la conexión a Internet: el par trenzado sin blindar (UTP), el cual es el más común, y el par trenzado apantallado o blindado (STP). A continuación, se describirá brevemente cada uno de estos y como han ayudado a proporcionar el servicio de Internet alrededor del mundo mediante sus características.

Cable UTP:

El par de cobre trenzado sin blindaje, conocido como cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*) es el tipo de cable de conexión a Internet más conocido y más usado, en algunas ocasiones se le conoce como cable Ethernet y se utiliza mayormente para redes de área local, LAN (*Local Area Network*). El cable UTP utiliza varias especificaciones para la transmisión de

⁷ TelProMadrid. (2018). *3 Tipos de cable de conexión a Internet y sus características*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://telpromadrid.eu/tipos-de-cable-de-conexion-a-internet/>

⁸ Ídem.

⁹ Ibídem 7.

datos como lo son: 10Base-T, 100Base-TX (*Fast Ethernet*), 1000Base-T (*Gigabit Ethernet*).¹⁰

Los pares de hilos de un cable UTP tienen un código de colores que ayuda a identificar cada pin, con este tipo de cable se pueden realizar enlaces con una longitud máxima de 100 metros, después de esta distancia se presenta una atenuación en la señal que viaja dentro del cable de par trenzado.¹¹

El número al inicio de cada especificación indica la velocidad en Megabits por segundo [Mbps], la palabra “Base” es la abreviatura de banda base y la T es para saber que se utiliza cables de par trenzado.

Existen 6 diferentes categorías de cable UTP, dependiendo el servicio que se requiera, se selecciona la categoría correspondiente. Cabe destacar que para instalar una red de Ethernet se requiere de la categoría 3 o superior y el uso de conectores RJ-45, enseguida se muestran las características de cada categoría:¹²

- Categoría 1: este tipo de cable se utiliza para la transmisión de voz.
- Categoría 2: soporta la transmisión de datos hasta una velocidad de 4 [Mbps], contiene 4 pares trenzados.
- Categoría 3: se utiliza para la transmisión de datos de hasta 16 [Mbps], contiene 4 pares trenzados.
- Categoría 4: se utiliza para la transmisión de datos de hasta 20 [Mbps], contiene 4 pares trenzados.
- Categoría 5: es apto para la transmisión de datos a una velocidad de hasta 100 [Mbps], contiene 4 pares trenzados.
- Categoría 6: se utiliza para la transmisión de datos con una velocidad de hasta 1000 [Mbps], contiene 4 pares trenzados.

Así como el cable UTP tiene sus ventajas y beneficios, también tiene una serie de inconvenientes como son: requiere de mayor cableado, el cable UTP es muy susceptible a la interferencia a una mayor velocidad de transmisión, se puede bloquear fácilmente desde el

¹⁰ *Ibíd*em 7.

¹¹ *Ibíd*em 7.

¹² *Ibíd*em 7.

exterior porque los pares trenzados que contiene el cable no tiene un blindaje contra interferencias electromagnéticas y solamente puede tener una longitud máxima de 100 metros debido a que después de esta longitud existe atenuación en el cable, limitando el largo de la red.¹³

A pesar de todo esto, el cable UTP (ver figura 1) es actualmente el más utilizado para cablear áreas locales mediante el protocolo de Ethernet de la IEEE 802.3, debido a su bajo costo de adquisición y fácil instalación.

Al ser mayormente utilizado en áreas locales como ambientes cerrados, oficinas u hogares, las interferencias son menores y la información transportada se encuentra un poco más segura pero no deja de ser vulnerable.



Figura 1. Representación de un cable de par de cobre de tipo UTP

Fuente: Sitio Web: Exe Informática.¹⁴

Cable STP:

El cable de par de cobre trenzado blindado, conocido como cable STP (*Shielded Twisted Pair*), ver figura 2 para su representación, es otro de los cables de conexión a Internet con el cobre como medio físico de transmisión, pero es más caro y requiere de una mayor instalación pues es un cable más robusto. Debido a que está blindado es más resistente a las

¹³ *Ibíd*em 7.

¹⁴ Exe Informática. (2020). *Cable Utp Cat5e Por Metro* [Figura]. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <http://www.exeinformatica.com.ar/producto/cable-utp-cat5e-por-metro/>

interferencias electromagnéticas y ruido eléctrico externo, se utiliza generalmente en instalaciones de procesos de datos.¹⁵

El cable STP también tiene características propias, entre las cuales destacan:¹⁶

- Tiene el mismo límite de extensión que el cable UTP, 100 metros.
- Utiliza una malla de cobre tejida y una cubierta protectora de mayor calidad a la del cable UTP.
- Utiliza papel aluminio entre y alrededor de cada par de hilos trenzados.
- Es mucho menos vulnerable a la interferencia electromagnética.
- Soporta mayores velocidades de transmisión que el cable UTP.
- El blindaje que tiene hace que su instalación sea más difícil de realizar.
- Es más complicado que se bloquee.
- Es más utilizado en redes como *Apple Talk* y *Token Ring*, además de otras redes donde se procesan datos y deben viajar por la misma red.



Figura 2. Representación de un cable de par de cobre de tipo STP

Fuente: Sitio Web: Comparación de cables.¹⁷

Cabe destacar que los cables de par trenzados blindados se conocen comercialmente como cables Ethernet de categoría 7 y 8:¹⁸

- Categoría 7: Admite velocidades de transmisión de hasta 10 [Gbps], puede transmitir 10GBase-T, pero está diseñado para transmitir frecuencias de hasta 600 [MHz].

¹⁵ *Ibíd*em 7.

¹⁶ *Ibíd*em 7.

¹⁷ Comparación de cables. (2015). *Cable STP* [Figura]. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <http://comparaciondecables.blogspot.com/2015/12/cable-stp.html?m=0>

¹⁸ Don Juan. (2018). *Cable de red ethernet: Cat6 vs Cat7 vs Cat8*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://medium.com/@xxxamin1314/cable-de-red-ethernet-cat-6-vs-cat-7-vs-cat-8-6919155b91e2>

- Categoría 8: Admite una frecuencia de hasta 2 [GHz] y está limitado a un canal de 2 conectores de 30 metros, permitiendo una velocidad de hasta 25 [Gbps] o 40 [Gbps].

Tecnología ADSL:

Con la llegada de los pares de cobre y su gran cobertura en la mayor parte de la población durante el siglo XX, el reto tecnológico en su momento era encontrar una forma de aprovechar esta infraestructura desplegada mediante las líneas telefónicas y al mismo tiempo eliminar la limitación de acceder a Internet, interconectar redes LAN corporativas, servicio de video, entre otros servicios de telecomunicaciones multimedia.¹⁹

La tecnología de línea de abonado digital asimétrica, ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), estándar ANSI T1.413-1995, es una tecnología de módems que proporciona un acceso asimétrico y de alta velocidad a oficinas y hogares de los usuarios con el servicio telefónico básico mediante el par de cobre.²⁰

Esta tecnología resolvió el problema de aprovechar la infraestructura de par de cobre desplegada mediante las líneas telefónicas y al mismo tiempo brindar el acceso a Internet. Mediante esta tecnología se puede acceder a todos los servicios de telecomunicaciones, mediante el bucle de abonado telefónico convencional, ofreciendo velocidades de hasta 9 [Mbps] hacia el usuario (enlace descendente) y hasta 800 [Kbps] del usuario a la red (enlace ascendente).²¹

La velocidad del enlace descendente de ADSL depende de la distancia de la central al usuario, cuando la distancia se encuentra entre 5 y 6 [Km] la velocidad es de 1.5 [Mbps], mientras que cuando la distancia es de 3[Km] la velocidad es de 9[Mbps]. Por otro lado, la tasa de transmisión de enlaces ascendentes, del usuario a la central, va de 16 a 640 [Kbps] sobre los mismos tramos de par de cobre. La velocidad de cada red depende mucho de la calidad del cobre.²²

¹⁹ Millán, R. (1999). *La tecnología de acceso ADSL*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/adsl.php>

²⁰ Ídem.

²¹ Ibídem 19.

²² Ibídem 19.

Se recomienda consultar la figura 3 para observar la conexión ADSL. De acuerdo con lo explicado por Ramón Millán²³, el funcionamiento de la tecnología ADSL es el siguiente:

“El sistema de acceso ADSL se compone de dos módems en cada extremo de la línea telefónica, creándose tres canales de información: uno descendente a alta velocidad, otro ascendente dúplex a velocidad media, y el del servicio telefónico básico. Éste último, es separado del módem digital mediante filtros, garantizando así la continuidad del servicio telefónico ante la caída o fallo de dicho módem. En la central del operador los módems suelen estar dispuestos en bastidores, y se conectan a la red Internet u otras redes de datos mediante un enlace Ethernet, un router o un conmutador ATM.

El hecho de que los módems ADSL incorporen la función que separa la voz de los datos es además muy importante para las operadoras. De este modo, sólo se entrega a la central telefónica el tráfico correspondiente a voz, mientras que el de datos se dirige al conmutador de datos correspondiente. Por otro lado, los usuarios finales pueden de esta forma utilizar simultáneamente el teléfono y, por ejemplo, acceder a Internet.”²⁴

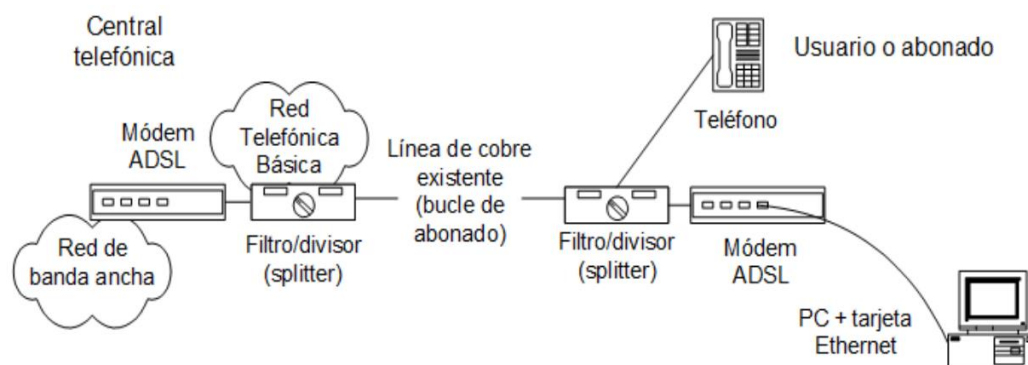


Figura 3. Conexión ADSL

Fuente: Sitio Web: Ramón Millán.²⁵

Las redes de par de cobre han estado desde que se empezó a utilizar el envío de datos como información mediante pulsos eléctricos. Es de gran importancia tener en cuenta la infraestructura del par de cobre para llevar Internet a las comunidades alejadas, debido a que en su momento las líneas telefónicas con par de cobre se encontraban en la mayoría de la

²³ Ibídem 19.

²⁴ Ibídem 19.

²⁵ Ibídem 19 [Figura].

población, es decir, estos cables aún podrían servir para llevar Internet a zonas rurales. Posteriormente se podría considerar utilizar una mejor tecnología para proporcionar de mejor manera los servicios de telecomunicaciones.

Como toda tecnología tiene sus ventajas y desventajas, a pesar de tener mucho tiempo de existir sigue siendo usado actualmente en comunicaciones para el envío de datos y voz en países y zonas rurales, donde aún su infraestructura no es sustituida por nuevas tecnologías como la fibra óptica.

1.2 Redes de microondas.

“Se suelen describir las microondas como ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde unos 500 MHz hasta 300 GHz o más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias inherentes, tienen longitudes de onda relativamente cortas, de ahí el nombre “micro” ondas.”²⁶

Los radios de microondas propagan las señales a través de la atmósfera, los transmisores y receptores se encuentran en la parte alta de las torres de telecomunicaciones y la distancia entre estos son de 24 a 64 [km] aproximadamente.²⁷

Una de las grandes ventajas que tienen los radios y antenas de microondas es la capacidad de transportar canales individuales de información entre dos puntos, enlace punto a punto sin la necesidad de infraestructura alámbrica como es el caso de la fibra óptica, redes de par de cobre o cable coaxial. Además, permiten cruzar los enlaces por montañas, bosques o extensiones de agua, los cuales pueden causar un problema para la instalación de los diferentes sistemas alámbricos, debido al alto costo que involucraría cruzar o rodear estas superficies.²⁸

No requieren de un derecho de vía para poder ser instaladas como los sistemas de cable, pero sí requieren de la renta o compra de propiedad privada donde se instalará la torre de telecomunicaciones para colocar las antenas de microondas²⁹, ver figura 4.

²⁶ Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Ciudad de México, México: PEARSON EDUCACIÓN. Consultado el 18 de junio de 2020. p. 761

²⁷ *Ibidem* 26, p. 762

²⁸ *Ibidem* 26, p. 762

²⁹ *Ibidem* 26, p. 762

En los sistemas de radio de microondas existe una modulación que proporciona comunicaciones flexibles, confiables y económicas de punto a punto cuando utilizan la atmósfera terrestre como medio de transmisión, se trata de la modulación por frecuencia, FM (*Frequency Modulation*).³⁰

Estudios comparativos han demostrado que la modulación FM es de bajo costo para brindar comunicaciones entre dos puntos cuando no existen sistemas de comunicaciones alámbricas, o cuando existen condiciones difíciles en lo referente al terreno o clima; además que los sistemas de microondas FM se pueden ampliar con más facilidad.³¹

Los sistemas de microondas FM que estén conectados con un equipo multiplexor adecuado tienen la capacidad de conducir simultáneamente desde pocos circuitos de voz de banda angosta, hasta miles de circuitos de voz y de datos. Además, se pueden configurar los sitios de las antenas de microondas para que transmitan señales de datos de alta velocidad, facsímil, audio de calidad comercial y televisión comercial.³²



Figura 4. Representación de una estación base con antenas de microondas

Fuente: Sitio Web: Microondas Terrestres.³³

Los enlaces de microondas transmiten generalmente a frecuencias entre 6 y 30 [GHz], utilizándose usualmente para conexiones públicas y privadas, como en las empresas, las cuales pueden tener conexiones totalmente seguras y privadas, además de un ancho de banda

³⁰ Ibídem 26, p. 763.

³¹ Ibídem 26, p. 763.

³² Ibídem 26, p. 763.

³³ Microondas Terrestres. (2015). *Definición: ¿Qué es microondas?* [Figura]. Recuperado el 26 de junio de 2020 de: <http://microondasterrestres.blogspot.com/2015/07/microondas-terrestres.html>

propio. Las antenas de microondas, y con ello los enlaces de microondas, tiene dos grandes ventajas respecto al uso de fibra óptica:

1. Las antenas de los enlaces de microondas pueden tener entre sí una distancia de hasta 60 [km] con visión directa entre ellas. Debido a esta ventaja se pueden solucionar dificultades presentadas por el relieve geográfico de la zona, como, por ejemplo: un cerro o montaña. En cambio, la fibra óptica debe ir por el suelo o en postes, lo cual requiere una mayor inversión. Por ello, es más barato desplegar enlaces de microondas.
2. La latencia de los enlaces de microondas son unos milisegundos superiores que la velocidad de la luz. La velocidad de la luz es de 299 792 458 [m/s], es decir, casi 300,000 [km] en 1 segundo, de manera que la latencia de los enlaces de microondas se daría al dividir la distancia total de los puntos a conectar entre la velocidad de 300,000 [km], dando el resultado en segundos [s].

Una gran desventaja de los radioenlaces por microondas es que, debido a la condición meteorológica, se puede afectar la conexión entre los enlaces, haciendo que la señal se atenúe, distorsione y hasta en algunos casos se pierda totalmente la conexión debido a la lluvia, niebla, humedad, nevadas, entre otros fenómenos hidrológicos.³⁴ Consultar la figura 5 para ver la representación de un enlace de microondas durante la lluvia.

Para evitar estos inconvenientes, existen diferentes técnicas para solucionarlos, como disminuir la frecuencia de operación del enlace, mantenido así una latencia adecuada; pero el costo es una disminución en la tasa de transmisión de datos.³⁵

Otra solución que se puede realizar, y que dependerá de un estudio sobre el entorno que rodeará a las antenas, es ocupar antenas más grandes, para ocupar frecuencias bajas y evitar los inconvenientes meteorológicos que se pudieran presentar, o cubrir las antenas con aerosoles hidrofóbicos para repeler el agua de la lluvia y que ésta no refleje la señal de salida de las antenas de microondas.³⁶

³⁴ Ibídem 32.

³⁵ Ibídem 32.

³⁶ Ibídem 32.

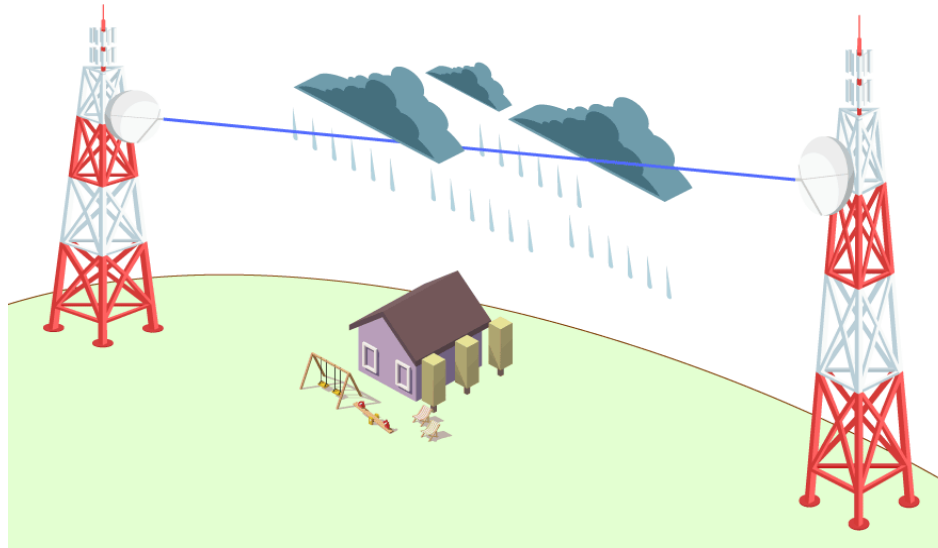


Figura 5. Enlace de microondas durante lluvia

Fuente: Sitio Web: Prored.³⁷

En los enlaces de microondas se debe enviar la información en diferentes paquetes de datos, generalmente a nivel global, se ocupa la Jerarquía Digital Síncrona, SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) para enviar datos digitales mediante los enlaces de microondas o fibra óptica.

Estos niveles de SDH surgen de la necesidad de mejorar los sistemas de transmisión, hacer los sistemas más flexibles para soportar un mayor ancho de banda. Además, la jerarquía SDH está normalizada por la UIT-T, para que los sistemas y equipos de otras de empresas pueden interoperar entre ellos y exista una mayor flexibilidad en el procesamiento de datos. Los niveles de SDH son: STM-1 con 155 [Mbps], STM-4 con 622 [Mbps], STM-16 con 2.5 [Gbps], STM-64 con 10 [Gbps], STM-256 con 40 [Gbps].³⁸

Gracias a los diferentes niveles de la jerarquía SDH, es posible enviar una mayor cantidad de datos de un punto a otro de forma digital, como en este caso sería mediante enlaces de microondas punto a punto.

De la misma forma, con el envío de datos mediante microondas se puede enviar datos de Internet a una población alejada donde la infraestructura cableada es de difícil acceso, y se tiene la posibilidad de elegir la capacidad de la antena mediante un nivel SDH.

³⁷ Martínez, J. (2017). *¿Qué es un radioenlace?* [Figura]. Recuperado el 25 de junio de 2020 de: <https://www.prored.es/que-es-un-radioenlace/>

³⁸ EcuRed. (2011). *SDH*. Recuperado el 26 de junio de 2020 de: <https://www.ecured.cu/SDH>

1.3 Enlaces satelitales.

En primer lugar, se debe precisar la definición de satélite en el ámbito astronómico y aeroespacial: para los astrónomos un satélite es un cuerpo celeste que gira en una órbita alrededor de un planeta, por ejemplo, la Luna es el satélite natural de la Tierra.³⁹

Mientras que, en el ámbito aeroespacial, un satélite es un vehículo espacial fabricado y lanzado por humanos, el cual gira alrededor de la Tierra u otros cuerpos celestes mediante una órbita que se calcula ocupando la Fuerza de Gravitación Universal y las leyes de Kepler, formuladas por Isaac Newton y Johannes Kepler, respectivamente.⁴⁰

Estos satélites creados por el hombre se les conoce también como “satélites artificiales”, pero en el área aeroespacial y de las telecomunicaciones se entiende que un satélite son los vehículos espaciales que orbitan la Tierra. Estos satélites han permitido realizar una gran cantidad de comunicaciones hacia consumidores, así como comunicaciones militares, gubernamentales, comerciales y privadas.⁴¹

“En esencia, un *satélite de comunicaciones* es una repetidora de microondas en el cielo, formada por una diversa combinación de uno o más de los siguientes dispositivos: receptor, transmisor, regenerador, filtro, computadora de a bordo, multiplexor, demultiplexor, antena, guía de onda y casi cualquier otro circuito de comunicaciones electrónicas que se haya desarrollado. Un repetidor satelital se llama *transpondedor* y un satélite puede tener muchos de ellos. Un *sistema satelital* consiste en uno o más vehículos espaciales, una estación en la Tierra para controlar el funcionamiento del sistema y una red de estaciones usuarias en la Tierra que proporcionan las instalaciones de interfaz para transmitir y recibir el tráfico de comunicaciones terrestres a través del sistema satelital.”⁴²

Las transmisiones que se realizan de y hacia los satélites se clasifican generalmente como bus y de carga útil. En el bus se incluyen mecanismos de control que darán el respaldo

³⁹ Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Ciudad de México, México: PEARSON EDUCACIÓN. Consultado el 18 de julio de 2020. p. 793.

⁴⁰ Ídem.

⁴¹ Ibídem 39.

⁴² Ibídem 39.

a la operación de la carga útil. Mientras que la carga útil es la información de los usuarios que pasa por el sistema satelital.

En los últimos años ha crecido de gran manera la demanda de nuevos servicios para la emisión de datos y televisión, además, gran parte de la carga útil de los satélites actualmente también sigue siendo las señales telefónicas convencionales de voz tanto de forma analógica como digital.⁴³

Asimismo, se debe agregar que, desde la llegada del Internet a la vida cotidiana de gran parte de la población mundial, la demanda de servicios ha aumentado, y los satélites han ayudado a la infraestructura de telecomunicaciones a tener un mejor rendimiento, haciendo que un evento en otra región del mundo se pueda ver o conocer en tiempo real, con un retardo de aproximadamente de 500 milisegundos (ms).

Los satélites para los servicios de telecomunicaciones son también conocidos como “satélites activos”. Estos son fabricados y lanzados por los humanos al espacio, están compuestos en su interior de varios dispositivos electrónicos los cuales hacen el procesamiento de la señal cuando la reciben para poder ser posteriormente reenviada a la Tierra. Entre las capacidades de un satélite activo están: recibir la señal, amplificarla, reconformarla, regenerarla y retransmitir la información.⁴⁴

Existen diferentes tipos de órbita para los satélites, ver figura 6, como son: de órbita baja, media o geostacionaria. Los satélites más alejados de la Tierra son los llamados Geostacionarios, los cuales se encuentran a una altitud de 35,786 [km] y se ubican sobre el Ecuador (principal eje terrestre), debido a esto, estos satélites parecen estar sin movimiento en el espacio y que giran a la misma velocidad de la Tierra.

Los satélites Geosíncronos se encuentran a la misma altitud, pero se diferencian en que si tienen una inclinación respecto al Ecuador. Este tipo de satélites no requieren de antenas que sigan su trayectoria, pero si requieren de mayor potencia de transmisión.⁴⁵

⁴³ Ibídem 39.

⁴⁴ Ibídem 39.

⁴⁵ Ibídem 39, p. 794.

Entre los servicios que ofrecen son circuitos mundiales para telefonía y datos de portadora común fija, emisión de televisión punto a punto, emisión de música, servicio de telefonía móvil, servicio de navegación, distribución de canales de televisión, redes privadas para las comunicaciones de corporativos, agencias gubernamentales y aplicaciones militares.⁴⁶

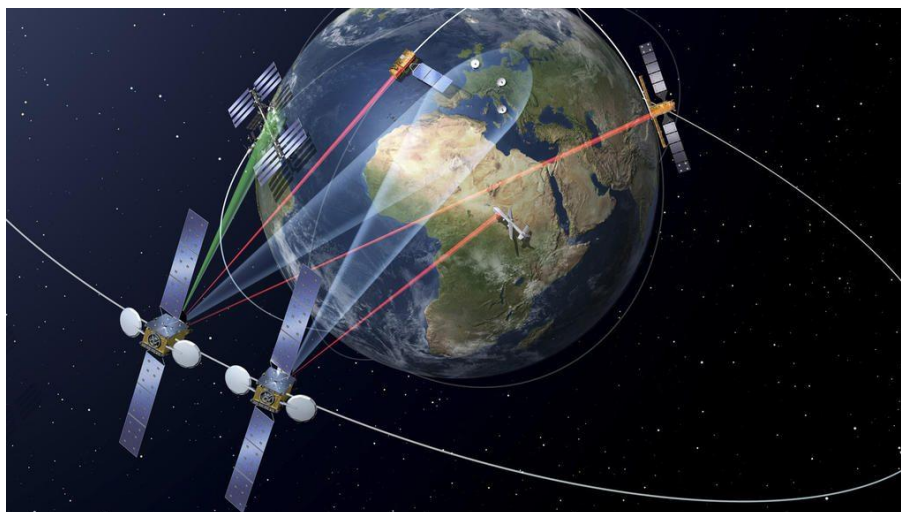


Figura 6. Satélites en diferentes órbitas

Fuente: Sitio Web: Mi Sistema Solar.⁴⁷

Las frecuencias de operación de los enlaces satelitales para realizar las comunicaciones son diversas debido a que están divididas en diferentes bandas, que más adelante se muestran. Las frecuencias de portadora más comunes que se usan para comunicaciones satelitales son las bandas de 6/4 [GHz] y de 14/12 [GHz].⁴⁸

Donde el primer número es la frecuencia utilizada para el enlace de subida, también llamado *uplink* (de la estación terrestre al transpondedor del satélite) y el segundo número es la frecuencia de enlace de bajada, llamado *downlink* (del transpondedor del satélite a la estación terrena).⁴⁹

El motivo por el cual se usan diferentes frecuencias para los enlaces de subida y de bajada es para evitar que haya radiación perdida en el viaje entre el transmisor y receptor,

⁴⁶ *Ibíd*em 39, p. 794.

⁴⁷ Mi Sistema Solar. (2017). *Satélites geoestacionarios: Características, ubicación y mucho más* [Figura]. Recuperado el 18 de julio de 2020 de: <https://misistemasolar.com/satelites-geoestacionarios/>

⁴⁸ *Ibíd*em 39, p. 811.

⁴⁹ *Ibíd*em 39, p. 811.

debido a las condiciones de las diferentes capas de la atmósfera de la Tierra. La banda de frecuencias de 6/4 [GHz] es la más utilizada por satélites domésticos, pero al mismo tiempo esta banda también es muy utilizada en los sistemas terrestres de microondas; debido a esto se debe tener cuidado al momento de diseñar una red satelital, colocando la estación terrena lejos de las estaciones base donde existen enlaces de microondas.⁵⁰

En la figura 7 se muestran las bandas de frecuencias asignadas por la Conferencia Mundial Administrativa de Radio, WARC (*World Administrative Radio Conference*). Al igual que todo sistema de comunicaciones, los enlaces satelitales tienen un ancho de banda dependiendo la banda de frecuencia que se utilicen, la cual se basa en los servicios requeridos y la altura a la cual se encuentre el satélite. Entre estos se encuentran:⁵¹

- Punto fijo: se realiza entre estaciones terrestres que se encuentran en puntos geográficos fijos alrededor del mundo.
- Emisión, consiste en dar cobertura a áreas amplias.
- Móvil, da el servicio de comunicaciones de tierra a vehículos en aire, mar o tierra.
- Intersatelital, se utilizan para realizar enlaces cruzados entre satélites.

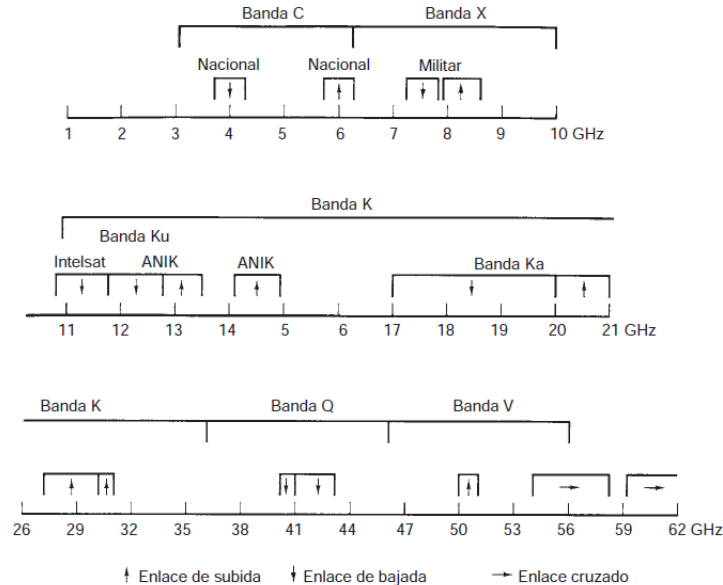


Figura 7. Bandas de frecuencias asignadas por WARC para satélites

Fuente: Libro: Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.⁵²

⁵⁰ Ibídem 39, p. 811.

⁵¹ Ibídem 39, p. 811.

⁵² Ibídem 39, p. 812 [Figura].

En la figura 8 se presenta el ancho de banda que contiene cada banda de frecuencia asignada para enlaces satelitales.

Banda	Frecuencias de la banda (GHz)			Ancho de banda (MHz)
	Enlace de subida	Enlace cruzado	Enlace de bajada	
C	5.9–6.4		3.7–4.2	500
X	7.9–8.4		7.25–7.75	500
Ku	14–14.5		11.7–12.2	500
Ka	27–30		17–20	—
	30–31		20–21	—
Q	—		40–41	1000
	—		41–43	2000
V (ISL)	50–51		—	1000
		54–58		3900
		59–64		5000

Figura 8. Ancho de banda para cada banda de frecuencia de enlaces satelitales

Fuente: Libro: Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.⁵³

Los enlaces satelitales han sido de gran ayuda para lograr las comunicaciones globales sin importar en qué parte del mundo se encuentre el usuario, ayudando a dar un gran salto en la infraestructura de las telecomunicaciones.

También han ayudado a proporcionar servicios de Internet a gran parte del mundo donde se requiere, es una opción viable para llegar a lugares remotos, pero el costo es mayor debido a la potencia requerida en las estaciones terrenas y equipos electrónicos que son de mayor precio por la sensibilidad que deben manejar.

1.4 Redes de fibra óptica.

La fibra óptica es un medio de transmisión físico que transporta información a partir de señales ópticas, es decir, pulsos de luz láser o LED. Para que exista la comunicación en la fibra óptica, en un extremo de esta debe existir un dispositivo electrónico transmisor como un láser que envíe los pulsos de luz codificados por la fibra óptica y en el otro extremo debe existir un dispositivo electrónico receptor capaz de detectar los haces de luz y decodificar la señal óptica.⁵⁴

⁵³ Ibídem 39, p. 812 [Figura].

⁵⁴ Hinojosa, L. (2007). *Tópicos selectos de fibra óptica* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. pp. 3-5. Recuperado el 2 de julio de 2020 de: <https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica>

La fibra óptica se compone de filamentos muy delgados de vidrio muy puro, el grosor va de 2 a 125 micras, similar al grosor de un cabello humano pero transparente y flexible hasta cierto punto.⁵⁵

Los filamentos de la fibra óptica pueden estar contruidos de diferentes materiales transparentes, pero generalmente se construyen de Dióxido de Silicio (SiO_2), el cual conocemos comúnmente como “vidrio”.

Sin embargo, los filamentos de vidrio no están contruidos del vidrio que vemos o utilizamos cotidianamente, sino que el SiO_2 , el cual se encuentran en un estado de mayor pureza. Siendo así un medio de transmisión “transparente” para las ondas electromagnéticas situadas en la banda visible y cercanas al infrarrojo, lo cual genera que la señal óptica que cruza por este medio tenga una mucho menor atenuación.⁵⁶

La atenuación de la señal óptica que se propaga por la fibra óptica se debe principalmente a las impurezas que se encuentran en la construcción de esta misma. Las irregularidades que tiene el filamento son de tamaño microscópicas como: ondulaciones o deformaciones que sufre el filamento de fibra óptica mecánicamente.

Cabe destacar que las fibras ópticas son consideradas un eficiente medio de transmisión de datos debido a que ofrecen una mucho menor atenuación de la señal a distancias muy largas, siendo generalmente de 0.2 [dB/km], además ofrece una mayor tasa de transmisión y un mayor ancho de banda para enviar información.

Sin embargo, cada filamento de fibra óptica es unidireccional, por lo tanto, para tener un sistema bidireccional entre dos mismos puntos de interés, se necesitarían dos filamentos de fibra óptica y por ello, dos transmisores y dos receptores, uno de cada uno en cada extremo de la fibra óptica.

Este medio de transmisión óptico se comporta como una guía de onda, lo que permite que las ondas electromagnéticas se propaguen longitudinalmente. Esto se refiere a que cuando el haz de luz es insertado en la fibra óptica, este se propaga internamente por el

⁵⁵ Ídem.

⁵⁶ Ibídem 54.

filamento mediante el fenómeno de la reflexión total interna o, en otras palabras, “rebotando” contra las paredes del filamento de SiO₂.⁵⁷

Existen dos clasificaciones de fibra óptica, las cuales dependen del número de modos de luz que se pueden propagar por este medio. El número de modos de propagación posibles depende directamente de las dimensiones físicas del núcleo. Las clasificaciones son las siguientes:

- **Fibra Monomodo, SMF (Single Mode Fiber):**

En esta fibra óptica solamente se propaga un único modo, es decir, una sola onda lumínica. Se caracteriza porque la onda de propagación no tiene que reflejarse en las paredes del núcleo, simplemente viaja de forma directa por este medio físico y, además, tiene establecidas dos longitudes de onda, 1310 [nm] y 1550 [nm], para una menor atenuación de la señal por kilómetro. Debido a este fenómeno, el ancho de banda que ofrece la SMF es muy grande. Las dimensiones físicas del núcleo (*core*) y revestimiento (*cladding*) de este tipo de fibras son de 9 [μm] y 125 [μm] de diámetro, respectivamente⁵⁸, observar la figura 9.

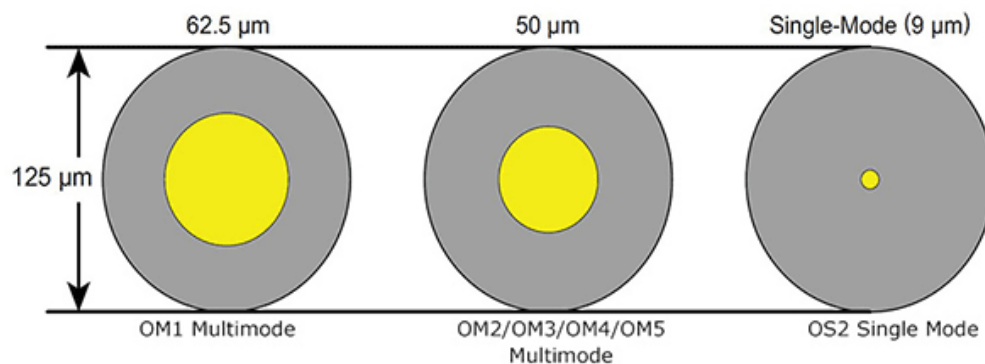


Figura 9. Dimensiones de las fibras ópticas multimodo y monomodo

Fuente: Sitio Web: Black Box.⁵⁹

Una de sus principales aplicaciones es para enlaces de largo alcance, desde 10 [km] hasta los 40 [km] o distancias superiores antes de requerir un repetidor o regenerador de

⁵⁷ Ibídem 54.

⁵⁸ García, K. (2017). *Las comunicaciones ópticas en México: actualidad y tendencias* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. p. 34. Consultado el 3 de julio de 2020.

⁵⁹ Black Box. (s.f.). *¿Cuál es la diferencia entre los cables de Fibra Óptica Multimodo y Monomodo?*.

[Figura]. Recuperado el 3 de julio de 2020 de: <https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/28535/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo>

señal, dependiendo el caso y de las condiciones geográficas por donde pase el enlace de fibra óptica. Algunas de las aplicaciones que puede tener la SMF son: distribución en áreas extensas para enlaces de redes, televisión por cable (CATV), redes troncales en campus, corporaciones y aplicaciones de telecomunicaciones. El plástico protector de la SMF es de color amarillo.⁶⁰

- **Fibra Multimodo, MMF (*Multi-Mode Fiber*):**

Este tipo de fibra óptica, como su nombre lo dice, es capaz de propagar múltiples modos de luz, cada modo sigue una trayectoria diferente y se propagan mediante el fenómeno de reflexión total interna, es decir, rebotan con las paredes que dividen al núcleo del revestimiento (*cladding*). Debido a que se propagan más modos por la fibra óptica, el ancho de banda que proporciona es inferior respecto al ancho de banda de una fibra monomodo. En cuanto a las dimensiones físicas de una MMF, el núcleo (*core*) cuenta con un diámetro de 50 o 62.5 [μm] y el revestimiento tiene un diámetro de 125 [μm]⁶¹, ver figura 9.

La fibra multimodo ofrece una distancia mucho más corta que la fibra monomodo, antes de requerir un dispositivo electrónico como un repetidor o regenerador de señal, por lo cual la MMF es ideal para conexiones locales. Debido a esto, la fibra multimodo es ideal para aplicaciones con un ancho de banda de menor capacidad y que requieran de una distancia corta, como pueden ser: voz y datos, o cuando a una red existente se le requiere agregar más segmentos.⁶²

La fibra óptica ha servido como un medio para llevar información, voz y datos, a lugares alejados mediante la instalación de infraestructura terrestre. En un principio se utilizaba solamente para llevar información entre empresas o ciudades, pero desde hace unos años ya se ocupa el FTTH (*Fiber To The Home*, que significa Fibra a la casa), para ofrecer servicios de Internet y de telefonía IP a los hogares.

En la figura 10 se muestra cómo se propagan los modos de luz en los dos diferentes tipos de fibra óptica, el objetivo es ilustrar la propagación dentro de la fibra óptica.

⁶⁰ Ídem.

⁶¹ Ibídem 58.

⁶² Ibídem 59.

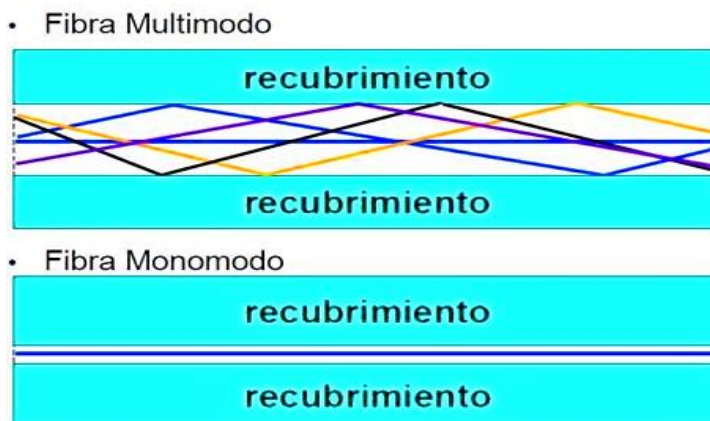


Figura 10. Propagación de los modos de luz en los dos tipos de fibra óptica

Fuente: Sitio Web: Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga.⁶³

La fibra óptica ha ido sustituyendo poco a poco a las antiguas redes de cobre por donde se ofrecían estos mismos servicios antes mencionados, pero con el inconveniente que este medio alámbrico ofrece una menor tasa de transmisión o puede ser robado para ser vendido en depósitos de residuos en donde el kilo de cobre se vende alrededor de \$100.00 pesos mexicanos.

Además, con la fibra óptica se ha logrado llevar un mejor servicio de Internet y otros servicios de telecomunicaciones a diferentes usuarios. Ofreciendo diferentes paquetes de Internet donde varía la velocidad de transferencia de datos que se recibirá en el domicilio, esto debido a que se puede configurar desde el centro de control de la red la velocidad de transmisión que se brinda a cada usuario.

La fibra óptica es un medio de comunicación que ofrece una mayor tasa de transmisión y menor latencia, debido a que la luz que viaja en ella puede acercarse a la velocidad de la luz. Sin embargo, la fibra óptica puede presentar inconvenientes en su filamento, ya que no siempre se encuentra en línea recta, sino que tiene secciones donde de la red se dobla un poco y si se hace mucho esfuerzo se puede romper internamente.

Por ello, se requiere de una mayor infraestructura para su correcta operación a lo largo de la red, entre los elementos que requiere son: un centro de control de la red, repetidores, regeneradores de señal cuando se tienen enlaces muy grandes y se requiere repetir la señal

⁶³ Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga. (s.f.). *Fundamentos de las Fibras Ópticas* [Figura]. Recuperado el 3 de julio de 2020 de: <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/fundamentos-de-las-fibras-opticas/>

en una 4ta ocasión, routers, transmisores láser o LED, receptores, divisores de señal óptica (*splitter*), entre otros elementos. Debido a esto, se requiere de una gran inversión para poder tener redes de fibra óptica de gran alcance.⁶⁴

Uno de los inconvenientes de la fibra óptica es que, debido a todos los dispositivos electrónicos que utiliza, la latencia del sistema es mayor por unos cuantos milisegundos (ms) a una red de microondas.⁶⁵

1.5 Cables submarinos que proporcionan servicios de Internet alrededor del mundo.

Actualmente otra de las soluciones tecnológicas que permite la conexión de los países al Internet son los cables submarinos a lo largo del globo terráqueo. El primer cable submarino instalado fue entre el continente europeo y americano para el telégrafo, teniendo una longitud de 4,000 [km] y un ancho de 1.5 [cm]. Cada letra, mediante código Morse, tardaba en llegar al otro extremo en 2 minutos y 5 segundos.⁶⁶

En 2018, empezó a operar el cable Marea entre Bilbao, España y el estado estadounidense de Virginia, con velocidades de transmisión de hasta 160 terabits por segundo [Tbps], 16 millones de veces más rápido que la conexión de Internet doméstica promedio.⁶⁷

Actualmente, existen aproximadamente 380 cables submarinos en funcionamiento alrededor del mundo, con lo cual se tiene una longitud de más de 1.2 millones de kilómetros de cable submarino. Los cables utilizados son de fibra óptica en su mayor parte, dejando los cables de par de cobre rezagados.⁶⁸

Los cables submarinos son la fuerza invisible que impulsa al Internet moderno y muchos en los últimos años han sido financiados por gigantes del Internet como Facebook, Google, Microsoft y Amazon. Transmiten casi todas nuestras comunicaciones y, sin

⁶⁴ García, A. (2016). *Internet a través de antenas microondas: las redes secretas con menor latencia que la fibra óptica*. Recuperado el 25 de junio de 2020 de: <https://www.adslzone.net/2016/11/03/internet-traves-antenas-microondas-las-redes-secretas-menor-latencia-la-fibra-optica/>

⁶⁵ Ídem.

⁶⁶ Griffiths, J. (2019). *El internet global es alimentado por vastos cables submarinos, pero estos son vulnerables*. Recuperado el 17 de marzo de 2020 de: <https://cnnespanol.cnn.com/2019/07/26/internet-global-es-alimentado-por-vastos-cables-submarinos-pero-estos-son-vulnerables/#0>

⁶⁷ Ídem.

⁶⁸ Ibídem 66.

embargo, en un mundo de redes inalámbricas y teléfonos inteligentes, apenas somos conscientes de su existencia.⁶⁹

En la figura 11 se presenta la ilustración de los cables submarinos que actualmente existen alrededor del mundo, obtenido del sitio TeleGeography⁷⁰ que recaba esta información constantemente. Observando que existe la presencia de esta tecnología en la mayor parte de los países del mundo, debido a que los países que no cuentan con litorales no pueden contar con esta tecnología y dependen de otros países para acceder a esta.

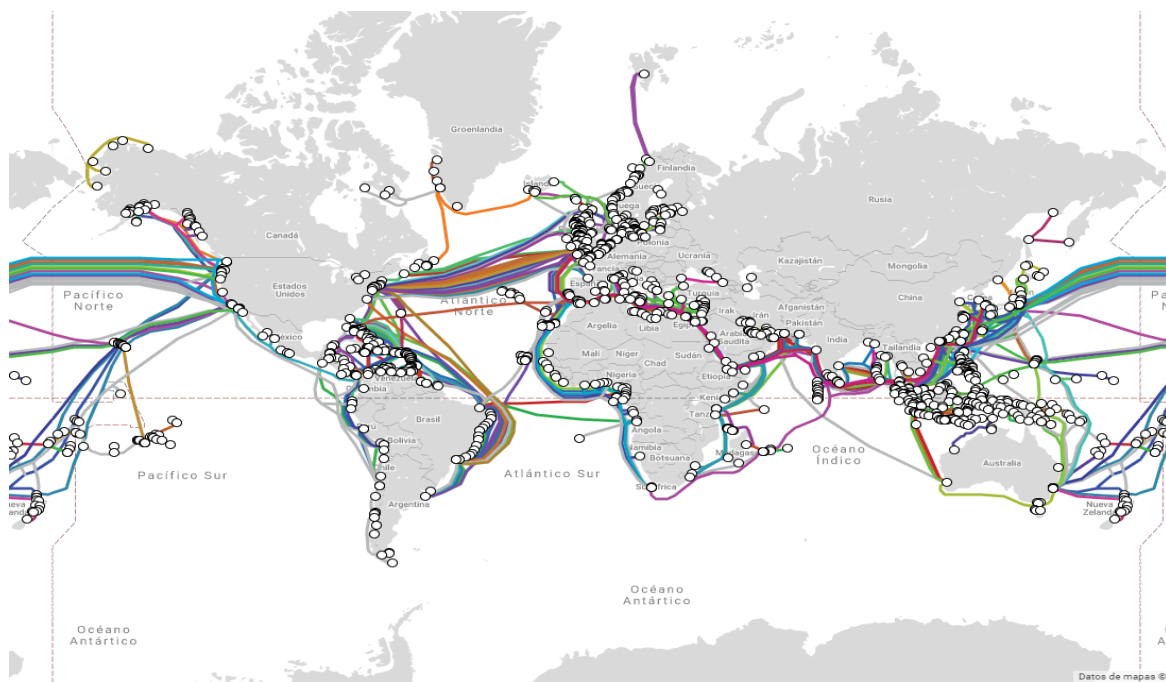


Figura 11. Mapa mundial de cables submarinos

Fuente: TeleGeography.⁷¹

A medida que el Internet se ha vuelto más móvil e inalámbrico se ha incrementado el número de sus usuarios y, por consiguiente, las capacidades de transmisión han aumentado. Gracias a los cables submarinos se ha logrado mantener la comunicación mundial y no requerir necesariamente de un enlace satelital para acceder a otra región del mundo, lo cual es más costoso por el consumo energético y las interferencias que pudieran presentarse en el enlace.

⁶⁹ Ibídem 66.

⁷⁰ TeleGeography. (2020). *Submarine Cable Map*. Recuperado el 17 de marzo de 2020 de: <https://www.submarinecablemap.com/>

⁷¹ Ídem [Figura].

Instalar uno de estos cables submarinos tiene una duración promedio de 1 año y el costo es de varios millones de dólares. Para poder instalar un cable submarino se deben verificar previamente las cartas navales para trazar la mejor ruta, debido a que los cables están más seguros a mayor profundidad donde descansan en el fondo marino, así se evita que se froten con rocas o tengan movimiento por las corrientes marinas, al igual que se evita sean mordidos por animales de gran tamaño.⁷² La figura 12 muestra como es la estructura interna de un cable submarino.

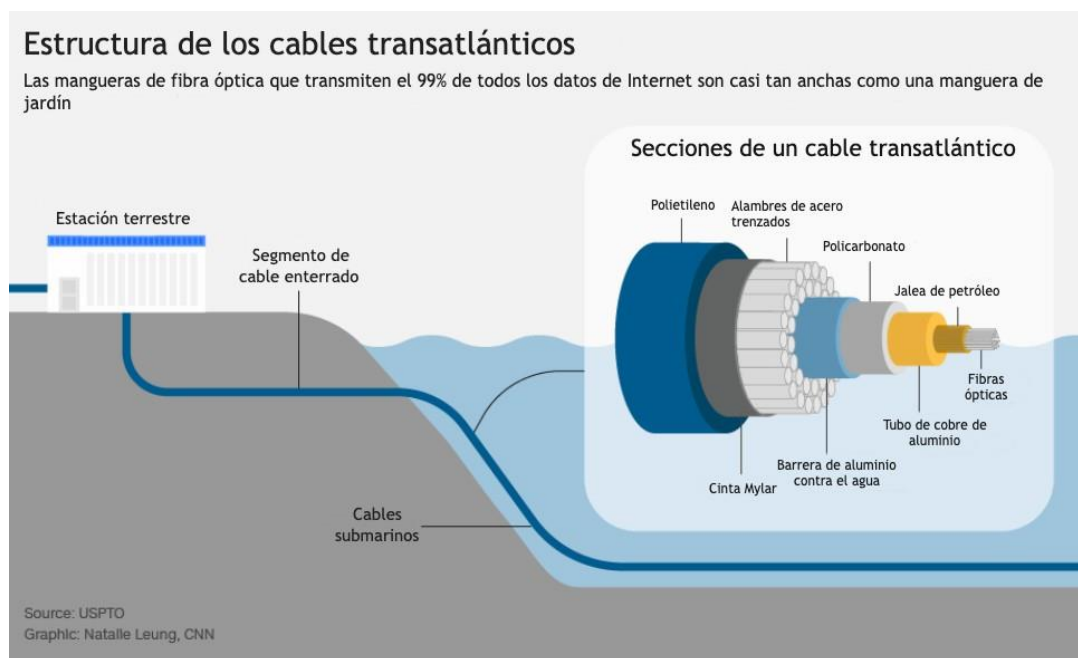


Figura 12. Estructura de los cables submarinos

Fuente: Sitio Web: CNN Español.⁷³

Los cables submarinos de fibra óptica han sido de gran utilidad para la sociedad al ofrecer la conexión entre diferentes países y continentes mediante Internet. El problema con estos cables es que si llegan a tener una falla o desconexión se puede tener una reducción en la tasa de transferencia y/o una caída en la red de Internet del país o países afectados.

Sin embargo, los países mandan la información mediante diferentes cables submarinos para no depender de uno solo y, en caso de existir un problema con ese cable, el país no quede incomunicado.

⁷² Ibídem 66.

⁷³ Ibídem 66 [Figura].

Otra situación importante es la vulnerabilidad en la seguridad nacional del país, si estos cables se llegan a desconectar o llegan a ser interceptados por otros países, debido a la gran cantidad de información que se transporta por los cables, podrían contener información confidencial sobre seguridad nacional o podrían dejar incomunicado a un país del mundo exterior.

1.6 Acceso a Internet mediante la instalación de IXP.

Una de las principales razones por la cual no todos los países tienen acceso al servicio de Internet es el elevado costo que representa y el limitado ancho de banda que se le ofrece a los países menos desarrollados, impidiendo que estos puedan utilizar en plenitud el Internet.

Esto se debe a que los países en desarrollo utilizan la red de banda ancha internacional para poder navegar o enviar información dentro del mismo país, es decir, si se quiere enviar un correo electrónico dentro del mismo país, esta información debe salir al extranjero y regresar al destino final.

De acuerdo con la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), el continente africano a principios de los años 2000, pagaba alrededor de 400 millones de dólares americanos al año por el uso de la banda ancha internacional para el intercambio de datos nacionales o regionales.⁷⁴

De acuerdo con un artículo publicado en enero de 2005 por la UIT y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID): "Los países que desean conectarse a la red dorsal de Internet mundial deben abonar el costo completo de la línea arrendada internacional al país que ofrece el nodo centralizado. Más del 90% de las conexiones IP internacionales pasan por Norteamérica. Una vez establecida la línea arrendada, el tráfico discurre en ambas direcciones, beneficiando tanto a los clientes del país que tiene el nodo como a los países en desarrollo, aunque son estos últimos quienes cargan principalmente con los gastos. Estos elevados costos repercuten en los clientes de los países

⁷⁴ Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2005). *Conectividad internacional por Internet – Hechos*. Recuperado el 12 de marzo de 2020 de: <https://www.itu.int/itunews/manager/display.asp?lang=es&year=2005&issue=03&ipage=interconnectiv-poor&ext=html>

en desarrollo. En el caso de Internet, el flujo de fondos neto va desde los países en desarrollo del Sur a los países desarrollados del Norte".⁷⁵

“No obstante, los proveedores de redes dorsales de Internet de los países desarrollados responden que no imponen a los proveedores de servicios de Internet (ISP) de los países en desarrollo tasas más elevadas que a los demás clientes. Consideran que la mayor parte de los costos internacionales responden a una serie de motivos tales como la precaria infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional y regional, el inferior número de centrales y puntos de intercambio directo de tráfico con respecto a otros lugares y una real carencia de competencia en muchos países en desarrollo.”⁷⁶

Una forma de reducir los costos del tráfico de Internet en un país en desarrollado, es que estos países cuenten con una mayor capacidad de intercambiar tráfico a nivel nacional y regional con su propia infraestructura en telecomunicaciones.

La solución para que un país tenga su propia red de transporte y conexión de Internet, sin tener que conectarse directamente a la red de Internet Internacional, es mediante la colocación de un punto de intercambio de Internet, IXP (*Internet Exchange Point*) en su territorio o región continental. Un IXP es una infraestructura física por la cual los proveedores de servicios de Internet, llamados ISP (*Internet Service Provider*), intercambian el tráfico de Internet entre sus propias redes.

“En las centrales de Internet (IXP) se realiza la interconexión de todos los ISP de un país o región, permitiéndoles intercambiar tráfico de Internet nacional a nivel local (por ejemplo, mensajes de correo electrónico o tráfico web) sin tener que enviarlo a través de distintos enlaces internacionales para alcanzar su destino. No obstante, la realidad hoy en día es que la mayor parte de los países en desarrollo carecen de IXP locales.”⁷⁷

Los nodos IXP se encuentran generalmente en países más desarrollados, como, por ejemplo: Seúl (República de Corea); Tokio (Japón); Perth (Australia); Singapur; Wellington (Nueva Zelandia); Hong Kong (China), Estados Unidos de América, Canadá, la Unión

⁷⁵ Ídem.

⁷⁶ Ibídem 74.

⁷⁷ Ibídem 74.

Europea, entre otros. Aunque también países en desarrollo han implantado IXP como son: Camboya, Mongolia, Nepal,⁷⁸ así como países africanos y latinoamericanos.

En el año 2004, África contaba con diez IXP nacionales en la República Democrática del Congo, Egipto, Kenya, Mozambique, Nigeria, Rwanda, Sudáfrica, Tanzania, Uganda y Zimbabwe.⁷⁹ Mientras que, en el 2018, Brasil contaba con 26 IXP y Argentina con 17.⁸⁰

En la figura 13 se ilustran algunos servicios que se pueden conectar a un IXP, como son: redes sociales, plataformas audiovisuales, almacenamiento de nube, videollamadas, teletrabajo, telemedicina, entre otros.



Figura 13. Servicios conectados a un IXP

Fuente: Video YouTube: Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya.⁸¹

En países donde no se cuenta con la infraestructura de IXP, los precios a los servicios de Internet son elevados hacia los usuarios finales, esto debido principalmente al alto precio de utilizar la red de banda ancha internacional.⁸²

De acuerdo con cifras de la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), en abril de 2012 el impacto del costo de la conectividad internacional a Internet en

⁷⁸ Ibídem 74.

⁷⁹ Ibídem 74.

⁸⁰ El Economista. (2018). *Cisco anuncia desarrollo de segundo IXP en México*. Recuperado el 15 de marzo de 2020 de: <https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/Cisco-anuncia-desarrollo-de-segundo-IXP-en-Mexico-20180507-0075.html>

⁸¹ YouTube Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya. (2019). *What is an Internet Exchange Point? Find out with CATNIX* [Figura]. Recuperado el 12 de marzo de 2020 de: https://www.youtube.com/watch?v=IucwUw0DE_w

⁸² Ibídem 74.

Latinoamérica aún era considerable, pues se encontraba en un rango de entre 22% y 40% del precio final del servicio, dependiendo del país.⁸³

Lo anterior quiere decir que al Proveedor de Servicios de Internet (ISP) se le cobraba entre el 22% y 40% del precio que ofrecía a los usuarios finales para conectarse a la red de Internet, de tal forma que el servicio de Internet es caro en un país sin la infraestructura de algún IXP.

El despliegue de nodos IXP tiene beneficios económicos y sociales, debido a que mejoran la eficiencia de las redes, reducen costos de transporte de información, se fortalece la seguridad de los datos al no tener que pasar por un país extranjero y disminuye la latencia de las redes. Asimismo, se beneficia al país en términos de seguridad y fortalece la autonomía nacional, reduciendo de igual forma los costos del servicio de Internet al usuario final.

1.7 Radio Definido por Software

La tecnología Radio Definido por Software, conocida también como SDR (*Software Defined Radio*), es un sistema de comunicación por radio en donde los componentes que anteriormente eran implementados por hardware (como mezcladores, filtros, amplificadores, moduladores, demoduladores, detectores, circuitos analógicos relacionados, etc.) ahora se implementan utilizando un software mediante una computadora.⁸⁴ Por lo cual, ahora los problemas de hardware se convierten en problemas de software.

Este término fue acuñado por Joseph Mitola para referirse a este tipo de radios reconfigurables, capaces de realizar diferentes funciones de acuerdo a lo requerido en ese momento. Contando así con un dispositivo de hardware de propósito general para las comunicaciones inalámbricas, logrando ampliar las oportunidades en este ámbito.⁸⁵

⁸³ Morales, C. (2014). *México ya tiene su primer Punto de Intercambio de Internet*. Recuperado el 15 de marzo de 2020 de: <https://www.forbes.com.mx/mexico-ya-tiene-su-primer-punto-de-intercambio-de-internet/>

⁸⁴ Repositorio Facultad de Ingeniería. (s.f.). *Capítulo 1: Radio Definido por Software*. Recuperado el 28 de septiembre de 2021 de:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/894/A4.pdf>

⁸⁵ Ídem.

De la misma manera, SDR al ser una radio mayormente definida por software logra modelar el comportamiento de la capa física del modelo OSI⁸⁶ (*Open Systems Interconnection*) de cualquier tecnología.⁸⁷

Con esta tecnología se pueden utilizar el mismo hardware del dispositivo, mediante la interacción en software, para tener múltiples aplicaciones como: AM, FM, WiFi, GPS, TV, GPRS, banda lateral única, recepción de imágenes satelitales, televisión terrestre y satelital, radar, monitoreo del espectro, así como proporcionar el servicio de telefonía móvil mediante la tecnología LTE (*Long Term Evolution*).⁸⁸

Un problema común que se presenta en las telecomunicaciones es la constante actualización de equipos de comunicación, debido a los nuevos estándares que surgen, lo cual hace que la sustitución de estos equipos sea costosa.⁸⁹

Se debe tener en cuenta la diferencia entre software y hardware de los SDR, ya que el primero se encarga del procesamiento de la señal, mientras que el segundo se ocupa de transmitir y recibir la señal. Debido a esto, existen en el mercado diferentes tipos de SDR, dependiendo de las actividades que se le quiera dar.⁹⁰

La principal característica de los diferentes radios SDR es el espectro de frecuencia de operación que es capaz de abarcar. A mayor ancho de banda, la complejidad de los circuitos internos aumentará y, por ende, el precio del dispositivo.⁹¹

Debido a la complejidad y funciones que pueden realizar los SDR, estos se pueden dividir de la siguiente forma:

⁸⁶ Oracle Corporation. (2010). *Modelo de referencia OSI*. Recuperado el 28 de septiembre de 2021 de: <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipov-8/index.html>

⁸⁷ Ídem 84.

⁸⁸ Riva, G. & Zerbini, C. (2018). *SDR: conceptos y aplicaciones*. Recuperado el 28 de septiembre de 2021 de: https://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/gic/trabajos/SASE_2018_RDS_rev1.pdf

⁸⁹ Montenegro, G., Rodríguez, V. & Castillo, F. (2019). Radio definido por software, futuro de las comunicaciones inalámbricas. *Universitarios Potosinos: Revista de divulgación científica*, 15(234), 24-29. Recuperado el 28 de septiembre de 2021 de: <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Quince/234/234-05.pdf>

⁹⁰ Codon, M. (2019). *Implementación de red LTE con Software-Defined Radio* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. p. 9. Consultado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/1128/1/TING%20ESCYT%202019%20CMN.pdf>

⁹¹ Ídem.

1. **SDR de gama baja:** En este grupo se encuentran los dispositivos RTL-SDR, son los más accesibles en el mercado debido a su baja complejidad. El costo de este dispositivo es de \$30 dólares americanos⁹², alrededor de \$618.00 pesos mexicanos.

Esta gama de dispositivos solo permite recibir señales, pero no transmitir. Las frecuencias de recepción que puede detectar son desde 500 [kHz] hasta 1.75 [GHz]. Algunas aplicaciones que pueden realizar son: recepción de radio AM y FM, así como la detección de posicionamiento mediante radar.⁹³

SDR de gama media: Destaca principalmente el dispositivo *HackRF One* el cual fue creado por Michael Ossmann, fundador de *Great Scott Gadgets*. Ossmann en su sitio web⁹⁴ presenta una amplia variedad de tutoriales sobre su dispositivo SDR, tanto para principiantes como para expertos.⁹⁵

El diseño del circuito y del firmware es de código abierto, lo cual permite realizar modificaciones, como son: configuración de los amplificadores de ganancia, filtros de señal en banda base, controlar la potencia suministrada a la antena, configurar los botones para agregar funciones, entre otros.⁹⁶

Estos dispositivos son capaces de recibir y transmitir información, pero no de forma simultánea, debido a que su capacidad de operación es *half-duplex*. La banda de frecuencias de operación de este dispositivo va desde 1 [MHz] hasta los 6 [GHz]. Además, puede operar como un periférico vía USB o de forma de forma autónoma, mediante una programación previa.⁹⁷

HackRF One facilita el testeo y desarrollo de las tecnologías de radiocomunicación, tanto actuales como las nuevas generaciones en desarrollo y

⁹² Amazon EUA. (2021). *RTL-SDR Blog R820T2 RTL2832U 1PPM TCXO SMA radio definida por software (solo dongle)*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://www.amazon.com/-/es/RTL-SDR-R820T2-RTL2832U-definida-software/dp/B0129EBDS2>

⁹³ *Ibíd*em, p.9. tesis pregrado

⁹⁴ GitHub. (2021). *GitHub – greatscottgadgets/hackrf: low cost software radio platform*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://github.com/greatscottgadgets/hackrf>

⁹⁵ *Ibíd*em 90.

⁹⁶ Rodríguez, J. (2017). *Análisis software y hardware del SDR HackRF One* (tesis de pregrado). Universidad de Granada, p. 14. Consultado el 29 de septiembre de 2021 de:

https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/48019/RodriguezHaro_PFC_SDR_HackRF.pdf?sequence=1

⁹⁷ *Idem*.

sus correspondientes protocolos. Asimismo, tiene la capacidad de soportar la tecnología LTE mediante un correcto diseño de software.⁹⁸

El costo de este dispositivo es de \$320 dólares americanos, aproximadamente \$6,600.00 pesos mexicanos.⁹⁹

2. **SDR de gama alta:** Estos dispositivos SDR están orientados para implementar y desplegar redes inalámbricas que necesitan de una mayor complejidad como son las redes de comunicación móvil, radiodifusión, televisión, redes de sensores para el Internet de las cosas (IoT).¹⁰⁰

Entre los dispositivos de esta gama se encuentran:

- A. El LimeSDR, el cual tiene una banda de frecuencia de operación entre 100 [kHz] y 3.8 [GHz], la potencia de transmisión máxima es de 10 [dBm] (dependiendo de la frecuencia), tiene un ancho de banda máximo de 61.44 [MHz], cuenta con tecnología MIMO 2x2 (2 antenas para la transmisión y 2 para recepción), utiliza USB 3.0, tiene una frecuencia de muestreo de 61.44 [MSPS], cuenta con dos canales de transmisión y es *full-duplex*: permite la transmisión y recepción de información al mismo tiempo.¹⁰¹

El costo de este radio SDR es de \$299 dólares americanos, aproximadamente \$6,166.00 pesos mexicanos. Además, de ser compatible con las herramientas de programación: GNU Radio, Pothos, SoapySDR y UHD.¹⁰²

- B. Los dispositivos USRP (*Universal Software Radio Peripheral*), los cuales son desarrollados y fabricados por la empresa *Ettus Research*. Existen varios tipos de USRP en diferentes series, por lo cual cada

⁹⁸ *Ibidem* 96.

⁹⁹ Amazon EUA. (2021). *HackRF One Software Defined Radio (SDR) & ant500 Antena Bundle*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://www.amazon.com/-/es/hackrf-Software-Defined-ant500-Antena-Bundle/dp/B01H3T2U7G>

¹⁰⁰ *Ibidem* 90.

¹⁰¹ Crowd Supply. (2021). *LimeSDR*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://www.crowdsupply.com/lime-micro/limesdr#details-top>

¹⁰² *Ídem*.

serie tiene características diferentes y su costo sea mayor, como son: serie E (desde \$89,640.00 hasta \$141,660,00), la serie N (desde \$50,300.00 hasta \$375,670.00), la serie X (desde \$129,125.00 hasta \$490,320.00) y la serie B (desde \$21,525.00 hasta \$35,680.00), todos los precios son en pesos mexicanos.¹⁰³

Un dispositivo que es comparado con el LimeSDR es el Ettus B210 (ver figura 14), debido a la similitud de características técnicas y aplicaciones. Su costo es de \$35,680.00 pesos mexicanos, más caro que su competidor.¹⁰⁴

Entre las características del radio SDR Ettus B210 se encuentran: su banda de frecuencia de operación es entre 70[MHz] hasta 6 [GHz], es *full-duplex*, MIMO 2x2. Asimismo, tiene un ancho de banda de 61.44 [MHz], 2 canales de transmisión, utiliza USB 3.0, tiene una potencia de transmisión de más de 10 [dBm] en cualquier frecuencia, tiene una frecuencia de muestreo de 61.44 [MSPS].¹⁰⁵



Figura 14. De izquierda a derecha: Dispositivo LimeSDR y USRP B210

Fuente: Crowd Supply¹⁰⁶ y Ettus Research.¹⁰⁷

¹⁰³ Ettus Research. (2021). *Categorías de Producto*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://www.ettus.com/products/>

¹⁰⁴ Ídem

¹⁰⁵ Ibídem 101.

¹⁰⁶ Ibídem 101.

¹⁰⁷ Ibídem 103.

Como se ha mencionado, los radios SDR son configurados mediante software, la elección de este dependerá de la implementación que se desee realizar, debido a que estos programas llevan a cabo el procesamiento de las señales.

Se recomienda al lector investigar a mayor profundidad sobre cada uno de estos, debido a que la intención de este trabajo es dar información sobre las diferentes tecnologías de telecomunicaciones para brindar conectividad en comunidades alejadas. Sin embargo, a continuación, se mencionan algunos de estos programas.

El software comúnmente más utilizado es GNU Radio, debido a que está enfocado a un propósito general y es fácil de usar. Este programa es gratuito y de código abierto, proporciona bloques de procesamiento de señales para poder implementar los radios definidos por software, siendo compatible con los dispositivos SDR antes mencionados.¹⁰⁸

GNU Radio es muy recomendable para aquellas personas que apenas inician en el ámbito de la tecnología SDR, ya que cuenta con un entorno gráfico de fácil comprensión y rápido aprendizaje. Sin embargo, si se desea implementar proyectos más complejos será necesario tener conocimientos de Python, ya que la plataforma está desarrollada en este lenguaje de programación y esto permitirá la creación de nuevos bloques para el procesamiento de señales.¹⁰⁹

De igual manera, para la implementación de redes LTE se pueden utilizar los siguientes software de código abierto: OpenLTE, srsLTE y OpenAirInterface. En la referencia indicada¹¹⁰ el autor de ese trabajo de investigación habla un poco más de estas plataformas.

¹⁰⁸ Ibídem 90, p. 10.

¹⁰⁹ Ibídem 90, p. 10.

¹¹⁰ Ibídem 90, p. 10.

1.8 Tecnología WiFi

La tecnología conocida como WiFi se le conoce en el mundo tecnológico como un sinónimo al término de acceso inalámbrico de cualquier dispositivo electrónico. WiFi es una marca comercial que pertenece a Wi-Fi Alliance, el cual es un grupo que se encarga de certificar que los productos con WiFi cumplan con el estándar IEEE 802.11, el cual es el estándar inalámbrico para equipos electrónicos y tecnológicos.¹¹¹

Al estándar IEEE 802.11 se le conoce coloquialmente como WiFi, el cual busca tener una conexión similar a la que se tiene con un cable Ethernet (estándar IEEE 802.3) en una red local, pero de forma inalámbrica.¹¹² Debido a esto, esta tecnología se llama WiFi (*Wireless Fidelity*), fidelidad inalámbrica.

Este estándar contiene las especificaciones, mejoras en rendimiento y cobertura inalámbrica, así como la disponibilidad de nuevas frecuencias de operación. Estos estándares se presentaron en la década de 1990, desde entonces sus especificaciones han ido expandiéndose y, mejorando con el paso del tiempo y el avance tecnológico.¹¹³

Esta tecnología ha permitido conectar dispositivos de forma inalámbrica siempre y cuando estos cuenten con el estándar IEEE 802.11, permitiendo la comunicación entre dispositivos de forma inalámbrica dentro de un área local.

A lo largo de los años, desde que se presentó el estándar IEEE 802.11 en 1997, se han desarrollado diferentes variantes de este estándar para la tecnología WiFi. Como lo han sido: el primer estándar de WiFi fue el IEEE 802.11 y las variantes IEEE 802.11b/a/g/ad/ah/n/ac/ax. Cabe destacar que siempre que hay una nueva versión de WiFi es compatible con las anteriores.¹¹⁴

Estas últimas tres versiones de WiFi son las que actualmente predominan más en los actuales equipos electrónicos, por ello, enseguida se muestran algunas características de estas:

¹¹¹ Shaw, K. (2018). *802.11: estándares de Wi-Fi y velocidades*. Recuperado el 29 de octubre de 2020 de: <https://www.networkworld.es/wifi/80211-estandares-de-wifi-y-velocidades>

¹¹² Ídem.

¹¹³ Ibídem 111.

¹¹⁴ Ibídem 111.

1. En 2007 se presentó la variante IEEE 802.11n, llamado WiFi 4, la cual fue la primera en especificar la tecnología MIMO (*Multiple Input – Multiple Output*) y que permite una mayor cobertura en zonas de difícil acceso y proporciona una mayor velocidad de datos al utilizar múltiples antenas para la transmisión y recepción.

Fue la primera variante en operar en ambas bandas de frecuencia (banda dual), 2.4 [GHz] y 5 [GHz], y alcanzaba tasas de transmisión de hasta 600 [Mbps]. Router domésticos actualmente son compatibles con esta variante.¹¹⁵

2. En el 2014 fue presentada la variante IEEE 802.11ac, también conocida como WiFi 5, igualmente es utilizada actualmente por los router domésticos, generalmente utilizan la frecuencia de 5 [GHz]. Este estándar utiliza la tecnología de entrada múltiple y salida múltiple (MIMO), contando con múltiples antenas de transmisión y recepción para reducir el error y aumentar la tasa de transmisión en el enlace, la mayor velocidad que alcanza este estándar es de 3.46 [Gbps].

Cabe destacar que algunos proveedores de routers incluyen a la par las variantes 802.11ac y 802.11n, este último opera en la frecuencia de 2.4 [GHz], con el objetivo de dar soporte a dispositivos antiguos que operan con las variantes 802.11b/g/n, logrando también brindar un ancho de banda adicional.¹¹⁶

3. En el 2019 se empezó a comercializar la variante más novedosa de WiFi, conocida como WiFi 6, se trata de la variante llamada IEEE 802.11ax, conocida también como Alta Eficiencia WLAN. En este caso se aumenta la tasa de transmisión de datos hasta los 9.6 [Gbps] y la latencia es 75% menor que la variante 802.11ac.

WiFi 6 utiliza una modulación 1024-QAM, respecto a los 256-QAM de WiFi 5, dando la posibilidad de enviar más datos sin aumentar el ancho de banda del canal. Este nuevo WiFi 6 es dual band, por lo cual puede operar en las bandas de 2.4 [GHz] y de 5[GHz]. Este nuevo protocolo de conectividad de WiFi aumenta

¹¹⁵ *Ibíd*em 111.

¹¹⁶ *Ibíd*em 111.

el rendimiento y reduce las interferencias cuando existe una densa cantidad de dispositivos electrónicos.¹¹⁷

WiFi 6 cuenta con 3 principales mejoras:

- a. **OFDMA:** Es la mejora del sistema OFDM, ver figura 15, con el cual contaban las versiones de WiFi anteriores, OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) que significa acceso múltiple por división de frecuencia ortogonales. Esto permite a los canales subdividirse para ofrecer paso a diferentes usuarios y dispositivos, lo cual se traduce en el ámbito práctico a tener una menor latencia y mayor eficiencia en la red WiFi cuando hay varios dispositivos conectados simultáneamente. Permitiendo transmitir datos más eficientemente, sobre todo si, la conexión entre el dispositivo y el router no es estable, así como evitar que la red se congestione demasiado donde hay muchos dispositivos.¹¹⁸

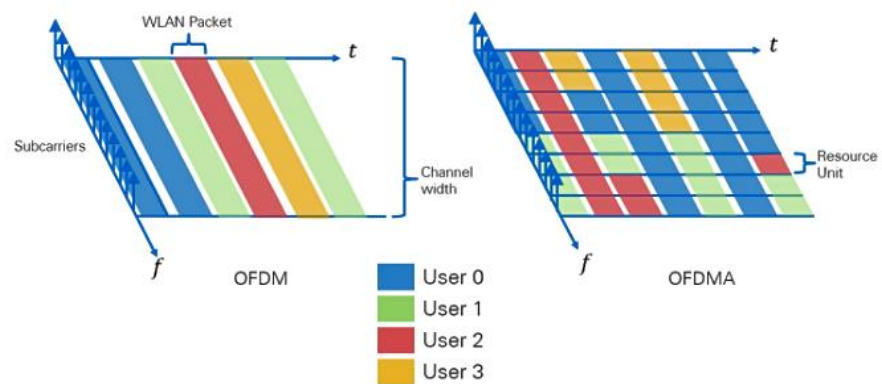


Figura 15. Diferencia entre OFDM y OFDMA

Fuente: Sitio web: Xataka.¹¹⁹

- b. **MU-MIMO:** Con este nuevo protocolo de conectividad de WiFi se pasa de tener SU-MIMO (*Single User MIMO*) a MU-MIMO (*Multi User MIMO*), ver figura 16. Lo cual se traduce en la práctica a que el router puede simultáneamente realizar una transmisión de datos a varios

¹¹⁷ Ramírez, I. (2019). *Qué es Wi-Fi 6 y qué ventajas tiene con respecto a la versión anterior*. Recuperado el 31 de octubre de 2020 de: <https://www.xataka.com/basics/que-wi-fi-6-que-ventajas-tiene-respecto-a-version-anterior>

¹¹⁸ Ídem.

¹¹⁹ Ibídem 117 [Figura].

dispositivos, mientras que con SU-MIMO se debe hacer la transmisión uno por uno.

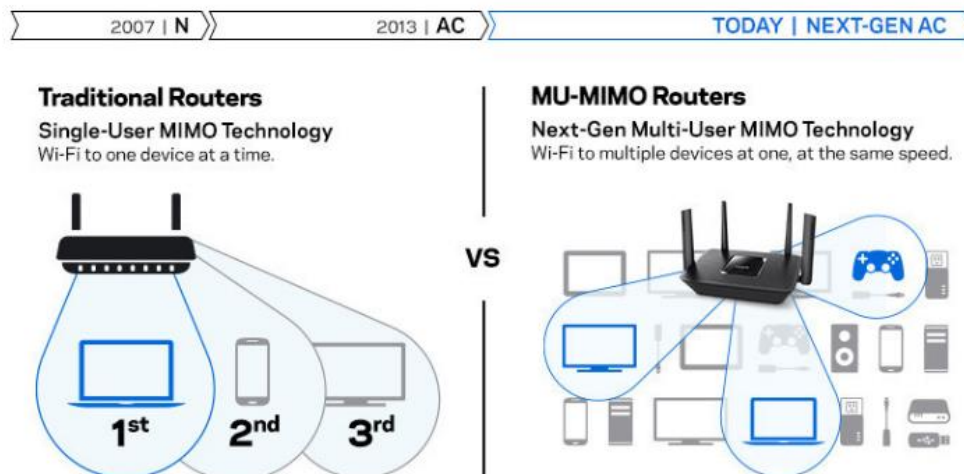


Figura 16. Representación de la tecnología SU-MIMO y MU-MIMO.

Fuente: Sitio web: Xataka.¹²⁰

Como se muestra en la imagen anterior, un router con WiFi 6 tiene la capacidad de enviar y recibir datos a varios dispositivos al mismo tiempo y de forma más rápida, evitando transmitir a cada dispositivo uno por uno como si se tratara de una fila. Cabe destacar que esto se logra siempre y cuando el router sea compatible con MU-MIMO y el dispositivo electrónico cuente con conectividad WiFi 6, los nuevos equipos electrónicos empiezan a contar con este protocolo.¹²¹

- c. **Coloración BSS:** Se trata de una técnica de reutilización espacial que usa marcas o “colores” para identificar cada red de WiFi. Los router utilizan diferentes “colores” para diferenciar y tomar decisiones sobre si está permitido el uso simultaneo del medio inalámbrico o no, logrando reducir las interferencias cuando varias redes inalámbricas vecinas ocupan el mismo canal de transmisión.¹²² En la figura 17 se representa el funcionamiento de este sistema.

¹²⁰ Ibídem 117 [Figura].

¹²¹ Ibídem 117.

¹²² Ibídem 117.

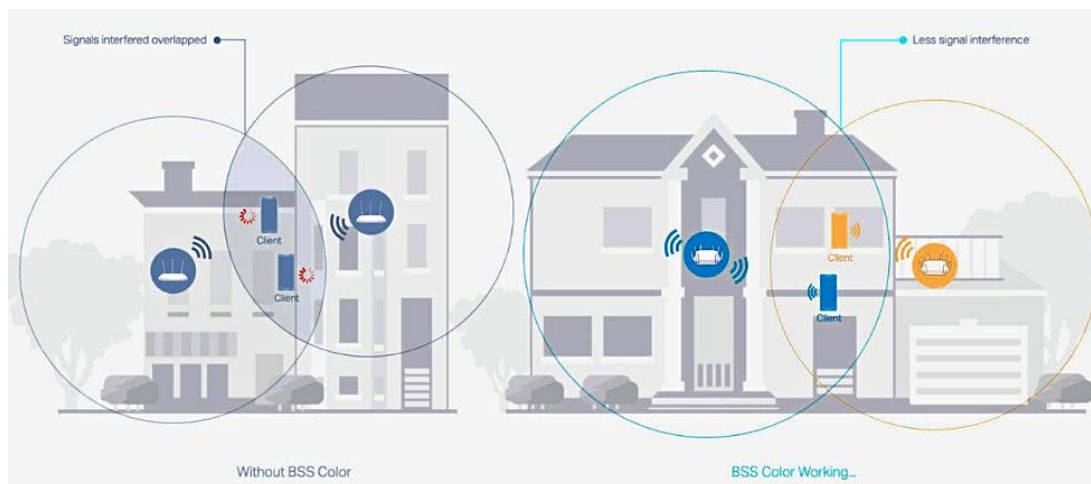


Figura 17. Representación del sistema de Coloración BSS

Fuente: Sitio web: Xataka.¹²³

La tecnología WiFi en los últimos años ha estado presente para permitir a las personas tener acceso a Internet en su hogar, facilitando el acceso a la información, contenido multimedia, redes sociales, entre otros, mediante Internet. En consecuencia, esta tecnología seguirá siendo una forma de llevar cobertura y conectividad de Internet a lugares donde no existe este servicio.

1.9 WiFi mesh

La cobertura de la red WiFi tiene un límite desde el router, como todo servicio inalámbrico, el cual permite la conexión a la red de Internet y la posibilidad de interconectar inalámbricamente dispositivos electrónicos. Además, un router permite a los usuarios poder tener acceso a Internet cuando este se encuentra conectado a una red de Internet mediante par de cobre, fibra óptica o un enlace inalámbrico.

La tecnología WiFi ha tenido un uso extendido en la vida cotidiana de las personas alrededor de mundo, ya que gracias a esta red inalámbrica se puede proveer el servicio de Internet en diferentes espacios como hogares, hoteles, restaurantes, aeropuertos, entre otros.

Sin embargo, tiene la desventaja que el área de cobertura que alcanza, en muchos casos, es muy limitada, además que la red se puede congestionar si varios dispositivos electrónicos se conectan al mismo router, sobrepasando su capacidad de gestión de datos y el ancho de banda de la red. Para contrarrestar la falta de cobertura en otros espacios alejados

¹²³ Ibídem 117 [Figura].

del router, usualmente se utilizan repetidores de WiFi, los cuales amplifican las señales de WiFi de la red inalámbrica.

Una red WiFi mesh, que significa en español: WiFi mallada, es la mejor opción para aumentar la cobertura en diferentes espacios donde se requiere, ya sea para la conexión entre dispositivos electrónicos u ofrecer el servicio de Internet, garantizando que todos los rincones necesarios tengan cobertura y no tenga intermitencias.

Una red de WiFi mesh cuenta igualmente con un router y varios puntos de acceso, conocidos como nodos. A simple vista se puede creer que se trata de una red de WiFi con repetidores, pero no es el caso debido a que la principal diferencia entre una red de WiFi mesh y una red WiFi con repetidores es: en la red mallada los nodos se comunican entre ellos, es decir, no solamente se conectan al router, sino que también se interconectan entre ellos, lo que permite una mejor cobertura y una mejor gestión de la red.¹²⁴

Mientras que, en una red de WiFi con repetidores, estos últimos solo se comunican con el router principal o con el repetidor previo.¹²⁵ Para ejemplificar lo dicho anteriormente, se presenta la figura 18.

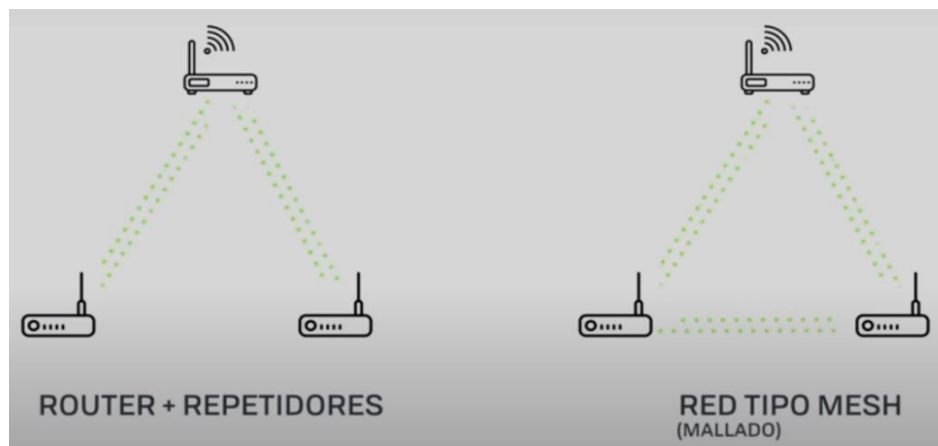


Figura 18. Diferencia entre las redes WiFi mesh y WiFi con repetidores

Fuente: Sitio Web: Xataka.¹²⁶

¹²⁴ García, R. (2020). *¿Qué es WiFi Mesh? Así es la solución para tener cobertura de red en toda tu casa.* Recuperado el 9 de julio de 2020 de: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-mesh/>

¹²⁵ Ídem.

¹²⁶ Fernández, Y. (2020). *Qué es una red Mesh, cómo funciona y en qué se diferencian con un repetidor o PLC* [Figura]. Recuperado el 21 de octubre de 2021 de: <https://www.xataka.com/basics/que-red-mesh-como-funciona-que-se-diferencian-repetidor-plc>

Con una red de WiFi mallada se mantiene la misma red WiFi, la misma contraseña y la misma SSID (*Service Set Identifier*) el cual sirve para identificar la red de las otras. Los nodos de esta red se deben colocar estratégicamente para poder garantizar la conexión de la red a los demás dispositivos electrónicos que se encuentran dentro de la zona de cobertura, teniendo así un mejor estado de conexión.¹²⁷

Cabe destacar que en los sistemas que funcionan mediante una red WiFi mesh no se conecta nuestro dispositivo electrónico al nodo más cercano sino al que, sin importar este más alejado de nuestro dispositivo, nos dará una mejor señal de WiFi atendiendo diferentes variables de la red de la casa o espacio donde nos ubiquemos.¹²⁸

“Una red mesh es capaz de redirigir el tráfico por la red siempre de la forma óptima para disponer siempre de la mejor señal posible en nuestra red. Las redes Wifi mesh calculan a qué nodo/satélite es mejor que nos conectemos en cada momento según el estado de otros nodos, los dispositivos conectados, la distancia a cada uno de los satélites, potencia de la señal y otros muchos factores, de forma completamente transparente al usuario, el cual no tiene que preocuparse de a qué nodo está conectado.”¹²⁹

Debido a la gestión inteligente del tráfico y situación de la red, como se mencionó en el párrafo anterior, esta es otra de las diferencias de la red mallada a los repetidores, a los cuales los dispositivos electrónicos se suelen conectar de acuerdo a su proximidad con ellos y no a la situación real de la red WiFi en ese momento.¹³⁰

Aunque un nodo de la red en malla cayera, no se perdería la señal porque el sistema automáticamente redireccionaría el tráfico que llega a nuestro dispositivo mediante los otros nodos de la red, recordando que estos nodos están interconectados entre ellos.¹³¹

Las redes de WiFi mesh tienen la ventaja que optimizan recursos, existe una mayor cobertura en zonas remotas o alejadas del router principal, la calidad de la señal es mejor

¹²⁷ *Ibidem* 124.

¹²⁸ Penalva, J. (2020). *Redes WiFi Mesh: qué son, cómo funcionan y por qué pueden mejorar tu red WiFi en casa*. Recuperado el 9 de julio de 2020 de: <https://www.xataka.com/especiales/redes-wifi-mesh-que-son-como-funcionan-y-por-que-pueden-mejorar-tu-red-wifi-en-casa>

¹²⁹ *Ídem*.

¹³⁰ *Ibidem* 128.

¹³¹ *Ibidem* 128.

gracias a la conexión que existe entre los nodos de la red mallada.¹³² En la figura 19 se ejemplifica la cobertura mediante esta tecnología.

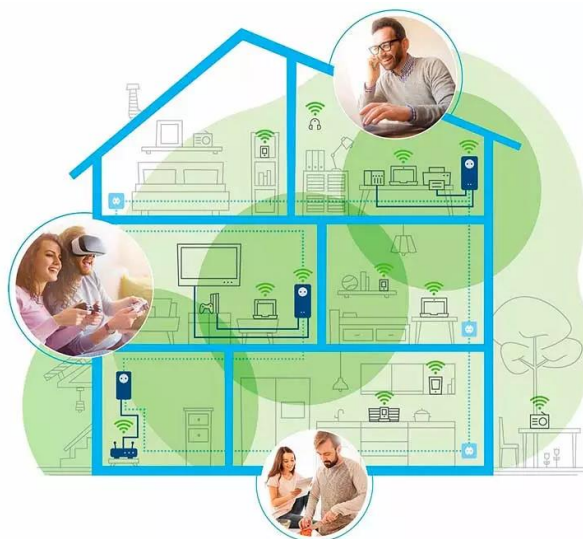


Figura 19. Cobertura con una red WiFi mesh en una casa

Fuente: Sitio Web: AdslZone.¹³³

Además, el sistema que gestiona a la red hará que los nodos decidan en tiempo real y rápidamente, de acuerdo a la ubicación o el número de dispositivos conectados, a qué nodo debe conectarse su dispositivo electrónico para garantizar el mejor estado de conexión, la potencia de transmisión cuando se desplaza y evitar una saturación del tráfico en una misma ruta.¹³⁴

La instalación de una red de WiFi mesh es muy sencilla debido a que el usuario puede gestionarla desde una aplicación móvil, no requiere de conocimientos técnicos.¹³⁵

Por otro lado, hay inconvenientes que pueden presentarse con una red de WiFi mesh, la más común es que si no se colocan adecuadamente y estratégicamente los nodos de la red, se provocará que en ciertas zonas de cobertura los nodos no sabrán quien deberá conectarse correctamente al dispositivo. Además, la instalación de una red de WiFi mesh representa una gran inversión de dinero y existen pocas marcas en el mercado por las cuales se tenga que elegir.¹³⁶

¹³² *Ibídem* 124.

¹³³ *Ibídem* 124.

¹³⁴ *Ibídem* 124.

¹³⁵ *Ibídem* 124.

¹³⁶ *Ibídem* 124.

1.10 Súper WiFi

Esta tecnología se distingue de la tecnología WiFi común, que conocemos y ocupamos en nuestros hogares o distintos espacios públicos donde se ofrece el servicio de Internet mediante WiFi, por su gran alcance de cobertura desde los 30 [km] hasta los 100 [km], en condiciones ideales, logrando cubrir zonas alejadas donde la densidad poblacional es baja.¹³⁷

Fue creado por el profesor Umnoy de la Universidad de Nizhni Nóvgorod en Rusia. Las tecnologías inalámbricas han destacado en el desarrollo de las telecomunicaciones debido a sus bajos costos y fácil instalación, siendo tecnologías capaces de llevar los servicios a otros sectores de la sociedad. Sin embargo, no de los mayores problemas del despliegue de estas tecnologías son las restricciones del espectro radioeléctrico que se encuentran disponibles en los diferentes países. Esto ha limitado que no sea posible desplegar este tipo de tecnologías inalámbricas.¹³⁸

En julio del año 2011 en la IEEE surge un nuevo estándar inalámbrico con el cual se proporciona un mayor alcance y un mayor aprovechamiento del espectro radioeléctrico para su funcionamiento, siendo el estándar IEEE 802.22 WRAN (*Wireless Regional Area Network*, que significa en español Redes Inalámbricas de Área Regional), conocido coloquialmente como Súper WiFi.¹³⁹

Una de las principales características de este nuevo estándar es debido a la reciente migración a la TV digital, abandonando las frecuencias utilizadas por la TV analógica. Se aprovechan los canales de televisión en desuso, llamados Espacios Blancos (*White Space*), para poder realizar las transmisiones sin tener interferencias con otros servicios. Consiguiendo de esta manera una señal más fuerte ante interferencias y teniendo un mejor uso del espectro radioeléctrico.¹⁴⁰

“El estándar IEEE 802.22 conocido como WRAN, está destinado a lograr conexiones de banda ancha inalámbrica de larga distancia. Es una nueva tecnología revolucionaria

¹³⁷ Castro, J., Perdomo, L., Lavandera, I. & Justo, J. (2017). *IEEE 802.22, Súper Wi-Fi*. Revista telemática, Vol. 16. Recuperado el 15 de julio de 2020 de:

<https://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/248/231>.

¹³⁸ Ídem.

¹³⁹ Ibídem 137.

¹⁴⁰ Ibídem 137.

encaminada a proveer acceso de banda ancha a sitios rurales principalmente donde el despliegue de otra tecnología sería muy costoso. Este revolucionario estándar es el primero en usar el paradigma de Radio Cognitivo (CR, *Cognitive Radio*) como técnica de acceso al medio, haciendo un uso eficiente del espectro radioeléctrico.”¹⁴¹

“Para su funcionamiento la nueva tecnología se basa en la utilización de los canales de televisión que están en desuso en las porciones de las bandas de VHF (*Very High Frequency*) y UHF (*Ultra High Frequency*). Súper WiFi, mediante avanzadas técnicas de detección y administración de espectro, conocida como Radio Cognitivo, explorará los rangos de frecuencia situados entre los 54 MHz y los 862 MHz buscando canales de televisión, tanto analógicos como digitales, utilizando los canales que no estén en uso.”¹⁴²

“Hay muchos métodos que pueden ser usados por una red de radio cognitivo para estar consciente de su entorno espectral. Los métodos usados en IEEE 802.22 para el conocimiento espectral son geo-localización y detección del espectro. En el primer método, el conocimiento de la localización de los dispositivos de radio cognitivo combinados con una base de datos de transmisores autorizados puede ser usado para determinar cuál canal está disponible localmente para reuso por las redes de radio cognitivo.”¹⁴³

La técnica de detección del espectro consiste en analizar el espectro e identificar que canales están ocupados. De esta forma, las redes WRAN pueden identificar los canales que están disponibles para la transmisión, en caso que este canal sea posteriormente utilizado será capaz de moverse a otro nuevo canal.¹⁴⁴

La arquitectura de las redes 802.22 es mediante un enlace punto-multipunto. Se cuenta con una estación base, la cual determina quién accede al medio en cada momento y también cuenta con un GPS para poder informar de su posición actual a los equipos locales de atención al cliente, CPE (*Customer-Premises Equipment*), y a otras estaciones base cercanas.¹⁴⁵

¹⁴¹ *Ibidem* 137.

¹⁴² *Ibidem* 137.

¹⁴³ *Ibidem* 137.

¹⁴⁴ *Ibidem* 137.

¹⁴⁵ *Ibidem* 137.

Las redes WRAN tienen la posibilidad de no requerir línea de vista como los enlaces de microondas, es decir, son sistemas NLOS (*Non Line Of Sight*), lo que permitiría en teoría con un canal de TV llegar a tasas de transferencia de 22 [Mbps] en un alcance entre 30 y 100 [km]. En caso de requerir una mayor velocidad de transferencia, se podrán utilizar más canales vacíos, utilizando la técnica de “unión de canales” (*Channel Bonding*).¹⁴⁶

En la figura 20 se muestran algunas características de diferentes estándares, entre ellos se encuentra el estándar IEEE 802.22.

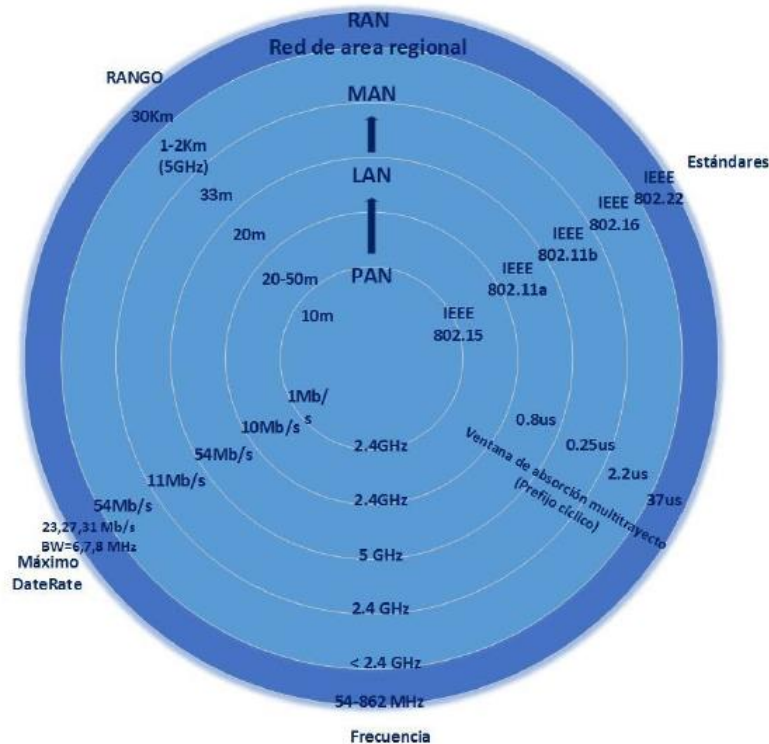


Figura 20. Estándares de la IEE 802

Fuente: Revista digital: Telemática.¹⁴⁷

Para lograr conectar a diferentes usuarios al mismo tiempo, la capacidad de transmisión de cada canal de las redes 802.22 debe ser de 18 [Mbps] y los anchos de banda del canal pueden ser de 6,7 u 8 [MHz]. El método de acceso múltiple es OFDMA, la cual va a permitir un uso más eficiente del limitado ancho de banda en el que opera el sistema de radiocomunicaciones.¹⁴⁸

¹⁴⁶ Ibídem 137.

¹⁴⁷ Ibídem 137 [Figura].

¹⁴⁸ Ibídem 137.

Las principales ventajas de Súper WiFi son:¹⁴⁹

1. **Mayor rango de cobertura:** La señal del estándar IEEE 802.22, WRAN, tiene la capacidad de viajar a mayores distancias en comparación a una señal de WiFi típica, con un radio de cobertura teórica de 17 a 30 [km], pero se puede alcanzar hasta los 100 [km] en condiciones ideales, dependiendo de la PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) y la altura de la antena donde se coloque el sistema. Tomando en cuenta la distancia mínima de cobertura de 17 [km], se tendría 170 veces la distancia y 28,900 veces el área de cobertura con un sistema de WiFi típico. Cabe destacar que la WRAN tiene un menor costo de instalación.
2. **Cruza obstáculos:** La tecnología WiFi convencional es muy sensible a interferencias y obstáculos, en cualquier edificio donde existan diferentes habitaciones se presentan limitaciones con la cobertura de la señal, debido a que esta se atenúa al cruzar paredes. En cambio, con Súper WiFi, al utilizar transmisiones en las bandas de frecuencias VHF y UHF, se logra que la señal transmitida sea mucho más fuerte ante interferencias y la señal llegue a lugares más remotos, donde es muy poco o nulamente rentable la instalación de otro tipo de tecnologías para llevar el servicio de Internet.
3. **Mayor eficiencia:** Súper WiFi es eficiente debido a que utiliza la misma potencia cubriendo un rango más largo y amplio, lo anterior con un menor costo de la red y menor consumo de potencia para su operación. El uso de los espacios blancos dejados por la televisión para su transmisión proporciona una mayor eficiencia y rendimiento del espectro radioeléctrico. También permite el acceso a Internet y llevar varias aplicaciones y servicios a las zonas rurales, tales como: servicio médico remoto (telemedicina), gestión de tráfico en una ciudad, monitorización de fábricas, entre otros.

¹⁴⁹ *Ibidem* 137.

A continuación, en la figura 21 se presenta un esquema sobre la tecnología de Súper WiFi.

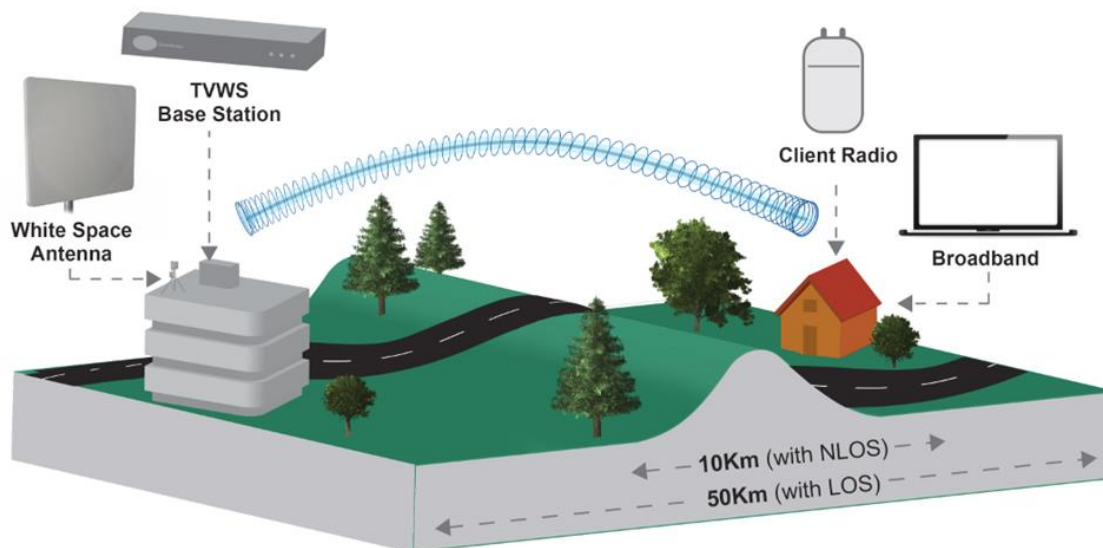


Figura 21. Representación de Súper WiFi

Fuente: Sitio Web: KP Performance Antennas.¹⁵⁰

La tecnología de Súper WiFi es de gran importancia debido a su gran alcance geográfico que puede permitir llevar el servicio de Internet de forma inalámbrica a zonas rurales donde la infraestructura de telecomunicaciones es limitada o no existe.

Con esta tecnología se puede reducir significativamente la brecha digital que existe en estas comunidades alejadas de las zonas urbanas. Debido a que los operadores de telecomunicaciones no invierten en infraestructura ya que no consideran rentables estas localidades y/o por los elevados costos que implica el despliegue de esta.

1.11 WiFi Comunitario de ViaSat.

ViaSat es una empresa de comunicaciones inalámbricas vía satélite, fabrica sus propios satélites y los coloca en órbita para proporcionar servicios militares, así como Internet a aviones, barcos, forma residencial y cuenta con su proyecto de WiFi Comunitario, el cual proporciona el servicio de Internet a comunidades alejadas a un bajo precio por hora.

¹⁵⁰ Inverso, M. (s.f.). *Proposed TV White Space (TVWS) Rules Would Improve Rural Broadband* [Figura]. Recuperado el 15 de julio de 2020 de: <https://www.kpperformance.com/Proposed-TVWS-Rules-Would-Improve-Rural-Broadband.html>

ViaSat cuenta con 32 años de experiencia desarrollando tecnología satelital, actualmente cuenta con 5 satélites en órbita, tres de estos fueron lanzados en los años 2004, 2006 y 2007. Los otros dos satélites son: ViaSat 1, lanzado en 2011 con una capacidad de 140 gigabits por segundo y con cobertura en Canadá, Estados Unidos y el norte de México; y ViaSat 2, lanzado en junio del 2018, tiene una capacidad de 260 gigabits por segundo y cubre el resto del territorio mexicano.¹⁵¹

ViaSat indica que con su servicio de WiFi Comunitario han conseguido conectar a más de 10 mil personas por mes, además que se encuentran en 2 mil comunidades en 29 diferentes estados de la República Mexicana.¹⁵²

El funcionamiento del Wi-Fi Comunitario es el siguiente: la empresa ViaSat busca las comunidades alejadas, representantes de la empresa se acercan personalmente con el dueño de una tienda de abarrotes de la comunidad; debido a que el modelo de la empresa se basa en encontrar a alguien que sepa administrar un negocio, y así este individuo podrá administrar el dinero generado por la creación de claves Wi-Fi. Cuando se convence a la persona de ser socia, se instala la antena satelital que se conectara al satélite ViaSat 2, igualmente se instala el módem dentro del negocio o afuera de este, una computadora y los cables que se requieren para el funcionamiento del sistema.¹⁵³

El precio del servicio depende de las necesidades que se cubran, pero el más básico es de 12 pesos por Internet ilimitado con una tasa de transmisión de 18 [Mbps] durante una hora.¹⁵⁴

Las personas que deseen tener acceso a Internet deben ir a la tienda, donde se encuentra el punto de acceso, y solicitar una clave, siendo similar a un sistema de prepago, pudiendo así ingresar en su dispositivo electrónico esa clave para tener acceso a Internet.¹⁵⁵

La tecnología de WiFi Comunitario de ViaSat se encuentra presente actualmente en algunas comunidades alejadas de México, por esta razón se podría aprovechar la cobertura

¹⁵¹ Chávez, N. (2018). *ViaSat, WiFi a precios bajos para conectar a las comunidades mexicanas*. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://www.sinembargo.mx/14-10-2018/3481715>

¹⁵² Ídem.

¹⁵³ Ibídem 151.

¹⁵⁴ Ibídem 151.

¹⁵⁵ Ibídem 151.

que tiene esta empresa sobre nuestro país para poder llevar el servicio de Internet a comunidades alejadas en los diferentes 32 estados del país.

En la figura 22 se muestra un ejemplo de cómo es la cobertura de WiFi Comunitario en una localidad, recuperado de un video de la misma empresa.



Figura 22. Ejemplo de la cobertura de WiFi Comunitario

Fuente: Video: YouTube ViaSat Inc.¹⁵⁶

1.12 Constelación de satélites de órbita baja para el acceso a Internet de banda ancha a nivel global.

A partir de la década de 1990 se comenzaron a desarrollar ambiciosos proyectos para colocar en órbita satélites menos pesados y costosos, a una altitud más cercana a la superficie terrestre. Estos satélites generalmente tendrían trayectorias circulares, llamadas órbitas bajas o intermedias.¹⁵⁷

En este trabajo de investigación se tomaron en cuenta solamente los satélites de órbita terrestre baja, LEO (*Low Earth Orbit*), ubicados a una altitud entre 200 y 2,000 [km] de la superficie terrestre, debido a que existe un mayor interés de proporcionar servicios satelitales de telecomunicaciones mediante estos. Ya que, los enlaces de comunicación de estos satélites

¹⁵⁶ YouTube ViaSat Inc. (2018). *Satellite-Enabled Community Wi-Fi: Bridging the Digital Divide* [Figura]. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: https://www.youtube.com/watch?v=5MQ6b_1Xlsc&feature=emb_title

¹⁵⁷ Neri, R. (2003). *Comunicaciones por Satélite*. Ciudad de México, México: Thomson. Consultado el 2 de enero de 2021. p. 4.

requieren una menor potencia de transmisión, la latencia es menor, se pueden cubrir los polos, las terminales de usuario son más pequeñas, entre otros.

Los satélites de órbita terrestre media, MEO (*Medium Earth Orbit*) se encuentran a una altitud entre 2,000 y 35,786 [km], su uso principal es para los sistemas de posicionamiento geográfico como el GPS, GLONASS y Galileo.

Los satélites LEO son más baratos de construir y menos pesados, que los satélites geoestacionarios GEO (*Geosynchronous Equatorial Orbit*), los cuales son más grandes, pesados, costosos en su fabricación y en su puesta en órbita. Además, los satélites geoestacionarios se ubican a una altitud de 35,786 [km] y coinciden con el plano ecuatorial, debido a esto, cuando una señal es enviada desde la Tierra tiene un trayecto total de ida y vuelta a la superficie terrestre de 71,572 [km].¹⁵⁸

Lo anterior provoca una gran atenuación de la señal, por lo cual sólo es posible detectarlas y utilizarlas con la ayuda de antenas de alta ganancia, y se requieren dispositivos receptores con una alta sensibilidad y transmisores de muy alta potencia.¹⁵⁹

Las estaciones terrenas para la operación de los satélites GEO, generalmente se encuentran ubicadas fijamente en la superficie terrestre, apuntando siempre al mismo lugar en el espacio, debido a que el satélite geoestacionario rota a la misma velocidad que la Tierra. Esto debido a la Ley de gravitación universal.

Los satélites LEO no operan individualmente como los satélites geoestacionarios, sino que requieren trabajar en conjunto con otros satélites, es decir, se requiere de muchos satélites de órbita baja con las mismas características de operación girando alrededor de la Tierra, formando así la denominada “constelación” de satélites. Las primeras constelaciones de satélites LEO fueron diseñadas para operar con terminales personales portátiles de telefonía, radiolocalización y transmisión de datos a una baja tasa.¹⁶⁰

Otra característica de los satélites LEO es que los planos en los que giran los satélites ya no tienen que coincidir con el plano ecuatorial, 0° de inclinación respecto al ecuador, sino

¹⁵⁸ Ídem, p.5.

¹⁵⁹ Ibídem 157, p. 5.

¹⁶⁰ Ibídem 157, pp. 4-5.

que se pueden ubicar a cualquier inclinación con relación a éste. Esta característica permite que se brinde cobertura a nivel mundial, incluyendo los polos terrestres.¹⁶¹

La figura 23 muestra varios satélites en diferentes órbitas.



Figura 23. Constelaciones de satélites LEO y MEO

Fuente: Sitio Web: DPL News.¹⁶²

En virtud de que los satélites LEO se ubican a una menor altitud de la superficie terrestre, estos se encuentran en movimiento constante y giran más rápido alrededor de la Tierra. Por consiguiente, solamente son visibles para las estaciones terrenas durante un corto tiempo y deben funcionar en forma de relevos para no perder la comunicación con la superficie terrestre.¹⁶³

Cuando un satélite LEO empieza a dejar de dar cobertura a un usuario, terminal o estación, éste deberá transmitir el enlace al satélite LEO siguiente, que viene detrás de su trayectoria, para continuar con la comunicación, de acuerdo a donde se encuentra la estación terrena fija o móvil.

A los enlaces descritos anteriormente entre satélites LEO, que se encuentran en el mismo plano orbital, viajando en un mismo arreglo, uno tras otro, para continuar la

¹⁶¹ Ibídem 157, p. 6.

¹⁶² Bertolini, P. (2020). *Las constelaciones LEO y MEO serán el factor que impulse el mercado satelital en la próxima década* [Figura]. Recuperado el 2 de enero de 2021 de: <https://digitalpolicylaw.com/las-constelaciones-leo-y-meo-seran-el-factor-que-impulse-el-mercado-satelital-en-la-proxima-decada/>

¹⁶³ Ibídem 157, p. 6.

comunicación con la superficie terrestre, se les llama enlaces **intraorbitales**, logrando de esta forma que el tiempo de duración de la comunicación y la cobertura sea mayor en los satélites LEO.¹⁶⁴

De igual forma, los satélites LEO pueden tener comunicación con satélites de una mayor órbita como satélites MEO o GEO. Generalmente se ocupan los enlaces LEO-GEO para poder establecer una transmisión permanente de un satélite geostacionario con varias estaciones terrenas fijas en la Tierra y un grupo de satélites de órbita baja a una altitud entre 500 y 1,000 [km]. A este tipo de enlaces se les denomina **interorbitales** debido a que se enlazan satélites de dos órbitas distintas.¹⁶⁵

En la figura 24 se muestra una representación de los enlaces entre satélites, llamados enlaces intersatelitales, mediante los cuales cada satélite se puede comunicar directamente con hasta 8 satélites vecinos de la siguiente forma: dos hacia el frente y atrás de él mismo, así como dos satélites vecinos a su lado izquierdo y derecho.¹⁶⁶

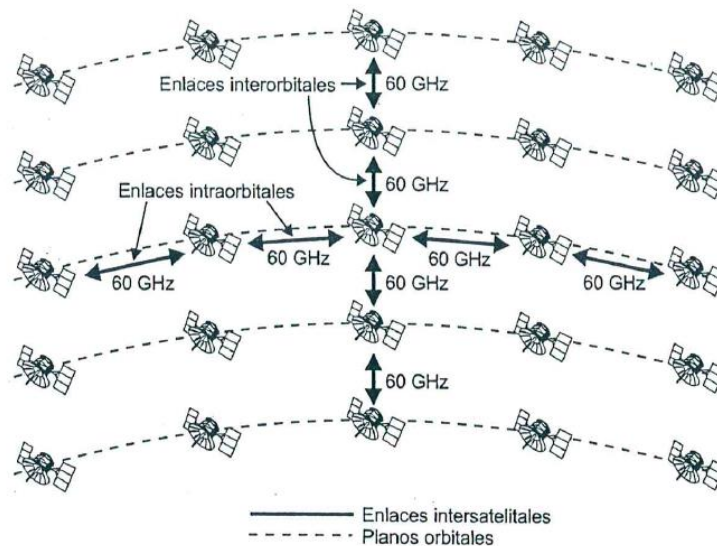


Figura 24. Enlaces intersatelitales: enlaces intraorbitales e interorbitales en frecuencia de microondas

Fuente: Comunicaciones por Satélite.¹⁶⁷

¹⁶⁴ Ibídem 157, p. 472.

¹⁶⁵ Ibídem 157, pp.471-472.

¹⁶⁶ Ibídem 157, p. 471.

¹⁶⁷ Ibídem 157, p. 471 [Figura].

De esta forma se logra dimensionar de mejor forma la cobertura que puede tener una constelación de satélites LEO sobre la superficie terrestre, debido a que la comunicación y cobertura de su transmisión a Tierra se puede mantener hasta dos satélites atrás de él en el mismo plano orbital. Los enlaces intersatelitales frecuentemente suelen realizarse en la frecuencia de microondas de 60 [GHz].¹⁶⁸

En los últimos años se ha tenido un gran crecimiento en la demanda de comunicaciones a distancia, por este motivo las telecomunicaciones alrededor del mundo han aumentado en gran escala. Esto ha ocasionado que incremente la demanda de velocidades de transmisión en los diferentes servicios, pero para lograr esto se requiere de un mayor ancho de banda del espectro radioeléctrico.

El doctor Rodolfo Neri Vela menciona cuál es la banda de frecuencia satelital más utilizada para comunicaciones de multimedia y el motivo de ésta: “Debido a la muy baja capacidad de las bandas L y S, y a la congestión que presentan actualmente las bandas de frecuencias C y Ku, la mayoría de los servicios multimedia están comenzando a ser ofrecidos en la banda Ka (20/30 GHz). Dentro de estos nuevos servicios destacan: el acceso a Internet, las aplicaciones en medicina remota, las comunicaciones personales globales de banda ancha, la transmisión de voz, video y datos en tiempo real, el acceso a redes de educación a distancia en áreas remotas, la interconexión a altas tasas de transmisión con redes mundiales desde cualquier localidad, la intercomunicación entre supercomputadoras y redes de área local, videotelefonía, videoconferencias y la distribución codificada de información a muchos usuarios simultáneamente, entre otros.”¹⁶⁹

La banda Ka y Ku (14/12 [GHz] y 17/12[GHz]) permiten el uso de terminales pequeñas, pero la diferencia entre ambas bandas radica en el ancho de banda aprovechable: la banda Ku tiene un ancho de banda de 500 [MHz], mientras que la banda Ka tiene un ancho de banda de 3,500 [MHz].¹⁷⁰ Es decir, la banda Ka tiene un ancho de banda 7 veces mayor que la banda Ku.

¹⁶⁸ *Ibidem* 157, p. 471.

¹⁶⁹ *Ibidem* 157, p. 455.

¹⁷⁰ *Ibidem* 157, pp. 128, 455.

Los satélites de órbita baja, al ubicarse a una altitud mucho más baja que los satélites geoestacionarios, tienen la ventaja de reducir el retardo de la información, debido a que la señal viaja un menor trayecto, esto beneficia a los servicios como telefonía, videollamadas u otros servicios que requieren de comunicación en tiempo real, adicionalmente, al ocupar la banda Ka se permite un mayor tráfico de datos.¹⁷¹

La baja atenuación que se presenta con los satélites LEO permite contar con terminales de bajo costo: requieren receptores de menor costo y sensibilidad, a comparación de los satélites GEO, así como de una menor potencia de transmisión. Esta potencia es la que necesitan emitir los satélites para comunicarse con la terminal del usuario (*downlink*), al igual que la potencia que requiere la terminal del usuario para comunicarse con el satélite (*uplink*).¹⁷²

La arquitectura de estos tipos de sistemas satelitales de órbita baja permite utilizar una pequeña antena no direccional en la terminal del usuario, lo que aumenta de mayor forma su transportabilidad.¹⁷³

En definitiva, los satélites de órbita baja actualmente tienen un gran desarrollo en diferentes proyectos para llevar Internet alrededor de todo el mundo, algunos proyectos son: SpaceX con 12,000 satélites a desplegar durante la década de 2020, el proyecto Kuiper de Amazon con 3,236 satélites, OneWeb que funciona en Europa solamente con 6 satélites de los 648 previstos, también las empresas Inmarsat Plc y Eutelsat SA se encuentran en fase inicial de crear su propio proyecto de satélites de órbita baja, y por último, el proyecto chino Hongyun que espera tener su constelación de 156 satélites para el año 2022.¹⁷⁴

Mediante estos diferentes proyectos se podrá garantizar la cobertura de Internet a nivel global mediante enlaces satelitales de órbita baja y así poder llevar este servicio a las zonas más alejadas en los diferentes países del mundo.

¹⁷¹ Ibidem 157, p. 455.

¹⁷² Ibidem 157, p. 455.

¹⁷³ Ibidem 157, p. 455.

¹⁷⁴ Sputnik. (2019). *Los satélites de órbita terrestre baja... ¿Inicio de una nueva carrera espacial?*.

Recuperado el 5 de enero de 2021 de: <https://mundo.sputniknews.com/espacio/201908091088329684-los-satelites-de-orbita-terrestre-baja-inicio-de-una-nueva-carrera-espacial/>

Cada gobierno podrá elegir entre las diferentes empresas qué servicio de Internet desea brindar en los lugares remotos de acuerdo al costo, tasa de transmisión, terminales de usuario requeridas y beneficios que se ofrezcan. Pero sin duda, el Internet satelital en pocos años será un servicio esencial porque garantiza la cobertura en lugares donde no existe cobertura de telefonía móvil o el servicio de Internet fijo es deficiente o nulo.

1.13 LiFi, el nuevo WiFi mediante luz.

La tecnología WiFi es una forma de transmisión de datos inalámbrica entre un punto de acceso y uno o varios dispositivos móviles, esta tecnología permite disponer de Internet. Sin embargo, uno de los problemas de una comunicación inalámbrica es la atenuación de las ondas electromagnéticas en el espacio libre por la propagación, así como por diferentes obstáculos como paredes o rebotes de la señal.

Por lo cual, en Europa se empezó a utilizar una tecnología llamada LiFi (*Light Fidelity*), un sistema bidireccional y de alta velocidad, la cual se empezó a desarrollar desde el año 2005 y utiliza luz en lugar de ondas radioeléctricas para la transmisión de datos.

LiFi fue desarrollada por Philips Lighting, la filial de iluminación inteligente de la firma Philips, así como por el científico francés Suat Topsu, quien es cocreador de la tecnología LiFi, desde el 2005, y es profesor de la Universidad París-Saclay y de la Universidad de Versalles Saint Quentin.¹⁷⁵

“La promesa del LiFi, una tecnología de transmisión de datos que utiliza luz en lugar de ondas radioeléctricas, como lo hace el wifi, funciona a través de bombillas LED, que lucen como las de su oficina o su casa, pero están equipadas para transmitir la información y han alcanzado, en pruebas, picos de conexión de hasta 220 Gbps.”¹⁷⁶

¹⁷⁵ Rodríguez, J. (2019). *LiFi, una alternativa en plena evolución*. Recuperado el 18 de marzo de 2020 de: <https://computerworld.co/lifi-una-alternativa-en-plena-evolucion/>

¹⁷⁶ El nacional. (2019). *Li-Fi, la alternativa al Wi-Fi que comienza a funcionar en Europa*. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.elnacional.com/ciencia-tecnologia/lifi-la-alternativa-al-wifi-que-comienza-a-funcionar-en-europa-2/>

El científico francés Suat Topsu lo compara con un ‘código Morse’ de luz, debido a que la información viaja en código binario. Esto se logra mediante un modulador que enciende y apaga la luz a una velocidad que es imperceptible para el ojo humano.¹⁷⁷

En la figura 25 se aprecia la diferencia en la propagación de la tecnología LiFi respecto a WiFi.

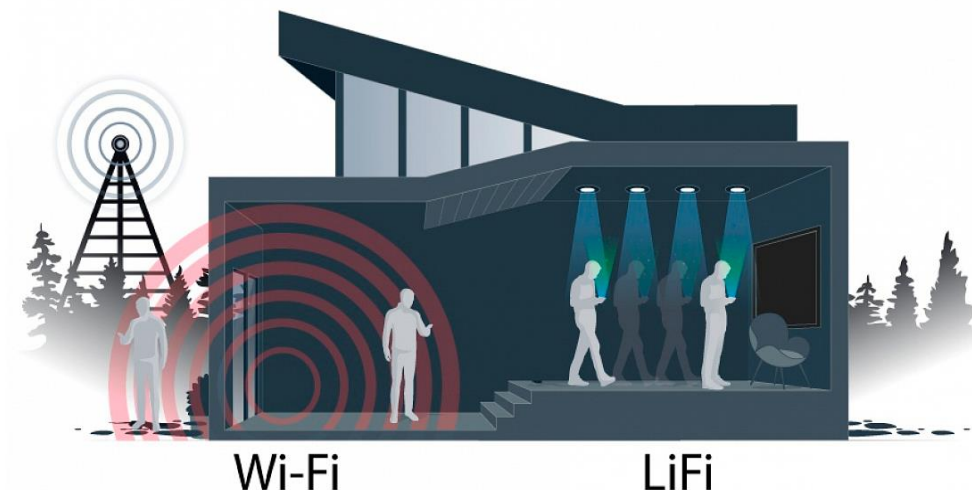


Figura 25. Representación de la propagación de WiFi y LiFi

Fuente: Sitio Web: Barcelona LED.¹⁷⁸

“Con LiFi se apunta a un alcance 10,000 veces mayor que el del wifi, con una conexión más segura y evitando la congestión de las frecuencias de radio, que en ocasiones produce lentitud. Este sistema brinda conexión de banda ancha de 30 [Mbps] sin comprometer la calidad de la iluminación y garantiza además un ahorro eléctrico del 80 por ciento”¹⁷⁹, menciona Philips.

Respecto al funcionamiento del sistema LiFi, se trata de una lámpara LED la cual está equipada con un módem que modula la luz a velocidades muy altas, haciéndolo imperceptibles para el ojo humano. Se requiere que las lámparas estén conectadas a una red de Internet mediante cables Ethernet, como si se tratara de un módem domiciliario, el destino

¹⁷⁷ Ídem.

¹⁷⁸ Barcelona LED. (2018). *La nueva Tecnología LiFi basada en LEDs* [Figura]. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.barcelonaed.com/blog/informacion-led/tecnologia-lifi/>

¹⁷⁹ El Tiempo. (2018). *LiFi, la promesa de conectarse a internet a la velocidad de la luz*. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/philips-lighting-anuncia-prueba-de-conexiones-lifi-a-internet-199296>

de los cables Ethernet podrían ser un nodo de una compañía de telecomunicaciones que proporcione el servicio de Internet o el router que proporciona esta misma empresa.

Actualmente se requiere que el dispositivo electrónico cuente con un adaptador tipo USB para poder detectar la luz y recibir los datos del módem que se encuentra en la lámpara. Cuando el usuario del dispositivo electrónico requiere enviar información por LiFi, el adaptador se encarga de enviar los datos a la lámpara LED mediante un enlace de infrarrojo¹⁸⁰, ver figura 26.



Figura 26. Representación de la conexión del sistema LiFi mediante adaptador USB

Fuente: Sitio Web: Redes zone.¹⁸¹

Actualmente para poder ocupar el sistema LiFi se requiere de dispositivos externos, pero se espera que en el futuro el sistema venga incorporado en los diferentes dispositivos electrónicos, como lo son teléfonos celulares, laptops, entre otros. Igualmente, el sistema con una sola lámpara puede conectar hasta 15 usuarios. Las pruebas de esta tecnología empezaron en Francia en el año 2016 en 245 estaciones del metro de París.¹⁸²

“La tecnología está destinada para usarse especialmente en lugares como hospitales, donde las frecuencias de radio pueden interferir con los equipos, o en espacios donde se requiere una mayor seguridad, como la oficina administrativa de una institución financiera o

¹⁸⁰ Ídem.

¹⁸¹ Jiménez, J. (2018). *Así es el sistema revolucionario LiFi que ha presentado Philips* [Figura]. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.redeszone.net/2018/03/19/sistema-revolucionario-lifi-philips/>

¹⁸² Ibídem 176.

servicio gubernamental. También puede llegar a ser útil en espacios donde las señales wifi son débiles, como en los servicios de transporte público.”¹⁸³

Una de las principales características de LiFi es que se cuenta en la mayoría de los lugares con la infraestructura requerida: el alambrado público. Sin embargo, el problema radica en la gran inversión que se tiene que hacer para sustituir las lámparas convencionales por lámparas LED con la tecnología LiFi, las conexiones con cable Ethernet a Internet y la capacitación del personal para su instalación.

Debido a lo anterior, no se espera que esta tecnología tenga una implementación masiva, pero se puede considerar para lugares urbanos donde la tecnología WiFi no tiene cobertura y se requiere la conexión a Internet.

“Aunque el LiFi parece ser una solución para conectar zonas apartadas, para algunos no resulta tan sencilla su implementación. Camilo Herrera, quien lidera Linternet, una ONG colombiana que lleva servicios públicos e internet a comunidades vulnerables, sostiene que ‘aún es una tecnología muy costosa para el público y que solo funciona con dispositivos con sensores ópticos compatibles, presentes en teléfonos de gama alta’, pero en zonas más alejadas no son comunes.”¹⁸⁴ En la figura 27 se observa la representación de la conexión de dispositivos electrónicos compatibles con la tecnología LiFi.



Figura 27. Conexión de usuarios mediante dispositivos móviles al sistema LiFi

Fuente: Sitio Web: El nacional.¹⁸⁵

¹⁸³ Ibídem 179.

¹⁸⁴ Arango, M. (2019). *Li-Fi, la alternativa al Wi-Fi que comienza a funcionar en Europa*. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/lifi-el-proyecto-de-reemplazo-del-wifi-en-europa-393182>

¹⁸⁵ Ibídem 176 [Figura].

De acuerdo con Camilo Herrera, en comunidades vulnerables no es viable esta opción tecnológica, por lo cual siguen utilizando WiFi. Instalan routers inalámbricos en los postes de luz que se conectan a las redes existentes.¹⁸⁶

Instalar LiFi en comunidades alejadas sería muy costoso, también se requeriría de dispositivos electrónicos con sensores ópticos, los cuales son muy costosos en el mercado. Por ello, esta tecnología es mejor opción para llevar cobertura de Internet a lugares dentro de las ciudades donde la red de WiFi es limitada o se satura fácilmente.

1.14 Tecnología de la red móvil 5G.

La primera generación de tecnología móvil, 1G, llegó con los primeros teléfonos móviles que solo permitían el servicio de voz. La tecnología 2G introdujo los mensajes SMS, y con el avance de la tecnología los teléfonos móviles se fueron convirtiendo en smartphones, siendo herramientas de comunicación más amplias. Con la tecnología 3G se incorporó la conexión a Internet mediante una red móvil y después llegó la banda ancha con la tecnología 4G, con la cual se consiguió la reproducción de videos en tiempo real o la realidad aumentada.¹⁸⁷

Actualmente la sociedad está acostumbrada a observar estas capacidades que ofrecen los smartphones mediante la red de los operadores de telefonía móvil, pero años antes estos servicios eran inviables.¹⁸⁸

El más reciente desarrollo para las comunicaciones móviles es la tecnología móvil 5G, quinta generación. Se espera que esta nueva generación de tecnologías móviles sea capaz de conectar personas, cosas, datos, aplicaciones, sistemas de transporte y ciudades en entornos de redes de comunicaciones inteligentes.¹⁸⁹

Para tal efecto, la tecnología 5G debería ser capaz de transportar un gran volumen de datos con mayor rapidez, conectar simultáneamente y de forma fiable a un gran número de dispositivos y, también procesar grandes cantidades de datos con un mínimo retardo.¹⁹⁰

¹⁸⁶ *Ibíd*em 184.

¹⁸⁷ Flores, J. (2019). *Qué es el 5G y cómo nos cambiará la vida*. Recuperado el 22 de junio de 2020 de: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-es-5g-y-como-nos-cambiara-vida_14449

¹⁸⁸ *Ibíd*em.

¹⁸⁹ Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2019). *5G – Quinta generación de tecnologías móviles*. Recuperado el 22 de junio de 2020 de: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>

¹⁹⁰ *Ídem*.

Con ayuda de la red móvil 5G y los dispositivos electrónicos capaces de operar en esta red, se espera dar soporte a aplicaciones como edificios, hogares y ciudades inteligentes, videos en 3D, servicios de la nube y médicos a distancia (telemedicina) como operaciones desde otra parte del mundo, realidad virtual y aumentada, así como comunicaciones masivas de máquina a máquina para la automatización de la industria, es decir, aumentar la capacidad del Internet de las Cosas, IoT (*Internet of Things*).¹⁹¹

Las funciones descritas anteriormente, en la actualidad mediante las redes 3G y 4G no son totalmente fiables debido a que presentan dificultades para ofrecer estos servicios.¹⁹²

En algunos países y regiones alrededor del mundo ya se encuentra instalada o en proceso de despliegue la red 5G. De acuerdo a las pruebas realizadas hasta el momento, las redes móviles 5G presentan una alta calidad de funcionamiento en diferentes contextos, tales como zonas urbanas densas y puntos de acceso en interiores.¹⁹³ La figura 28 muestra la conectividad de una ciudad mediante la red 5G.



Figura 28. Conectividad de la red 5G

Fuente: Sitio Web: National Geographic España.¹⁹⁴

La red 5G promete un aumento en la capacidad y en las tasas de transmisión de datos, lo cual requiere asignar un mayor espectro radioeléctrico y tecnologías capaces para utilizar

¹⁹¹ Ibídem 189.

¹⁹² Ibídem 189.

¹⁹³ Ibídem 189.

¹⁹⁴ Ibídem 187 [Figura].

este recurso de una forma más eficiente, lo cual excede las capacidades de los dispositivos que operan en las redes 3G y 4G.¹⁹⁵

Parte del espectro que se ocupará para satisfacer estas necesidades procederá de bandas de frecuencia por encima de los 24[GHz], siendo ondas milimétricas las cuales se propagan a distancia mucho más cortas que las bandas de frecuencia medias, entre 1 y 6 [GHz], y bajas, por debajo de 1[GHz].¹⁹⁶

Debido a lo anterior, la zona de cobertura determinada para la red 5G requerirá de un gran número de estaciones base, lo que aumentará la complejidad de la infraestructura a instalar. Además, se tendrá la necesidad de desplegar equipos radioeléctricos en instalaciones de la vía pública como: semáforos, postes de luz y fuentes de suministro eléctrico.¹⁹⁷

El espectro radioeléctrico es un recurso que es objeto de una intensa competencia en los diferentes planos nacional, regional e internacional. Este recurso se divide en diferentes bandas de frecuencias que se atribuyen a diferentes servicios de radiocomunicaciones, las cuales sólo pueden ser utilizadas por servicios capaces de coexistir sin crear una interferencia a los servicios adyacentes.

Por ello, el sector de la UIT dedicada a las Radiocomunicaciones (UIT-R) realiza estudios donde se examinan la compartición y la compatibilidad de los servicios móviles con otros servicios de radiocomunicaciones existentes como: comunicaciones por satélite, previsiones meteorológicas, seguimiento de la evolución de recursos terrestres y el cambio climático, así como la radioastronomía.¹⁹⁸

“La UIT desempeña una función rectora en la gestión del espectro radioeléctrico y en la elaboración de normas de aplicación mundial para las IMT-2020. Sus actividades sirven de base para el desarrollo y la aplicación de normas y reglamentos internacionales destinados a garantizar que las redes 5G sean seguras e interoperables y funcionen sin causar interferencia perjudicial a servicios adyacentes o recibirla de los mismos. Basándose en su experiencia en materia de elaboración de normas para las telecomunicaciones móviles

¹⁹⁵ *Ibidem* 189.

¹⁹⁶ *Ibidem* 189.

¹⁹⁷ *Ibidem* 189.

¹⁹⁸ *Ibidem* 189.

internacionales (IMT) en el contexto de la 2G, la 3G y la 4G, la UIT está reuniendo a los principales ingenieros y expertos en tecnologías de retroceso móviles y fijas para que trabajen en la 5G y en las futuras generaciones de servicios de banda ancha móvil.”¹⁹⁹

Durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2019 (CMR-19) los delegados que participaron lograron identificar bandas de frecuencias adicionales para las telecomunicaciones móviles internacionales, IMT (*International Mobile Telecommunications*), las cuales podrán facilitar el desarrollo de la nueva red móvil 5G.²⁰⁰ Estas fueron: 24.2 a 27.5 [GHz], 37 a 43.5 [GHz], 45.5 a 47 [GHz], 47.2 a 48.2 [GHz] y 66 a 71 [GHz] para el despliegue de la red 5G.²⁰¹

Algunas características y beneficios de la nueva generación de red móvil son:²⁰²

1. La red 5G deberá ser capaz de soportar 1 millón de dispositivos en 1 [km²].
2. Permitirá a los dispositivos de IoT tener un bajo consumo de energía y una baja latencia, por lo cual estos dispositivos podrán estar conectados y funcionando hasta 10 años.
3. Una tasa de datos de hasta 10 [Gbps], siendo esta de 10 a 100 veces mayor que las redes 4G y 4.5G.
4. Disponibilidad del 99.999%.
5. Cobertura del 100%.
6. Reducción del 90% en el consumo de energía eléctrica de la red.
7. Latencia muy baja, se puede alcanzar el objetivo de 1 [ms] de latencia, pero para lograrlo las redes 5G deben estar conectadas a la estación base mediante fibra óptica.
8. La red 5G sigue siendo una tecnología de banda ancha celular y además es una red de redes.
9. Para los consumidores la red 5G no solamente será Internet móvil más rápido, sino que también será la conectividad a Internet para muchos más objetos o

¹⁹⁹ Ibídem 189.

²⁰⁰ Ibídem 189.

²⁰¹ Ibídem 189.

²⁰² Thales Group. (2019). *Presentando la tecnología y redes 5G (definición, características, 5G vs 4G y casos de uso)*. Recuperado el 24 junio de 2020 de: <https://www.thalesgroup.com/es/countries/americas/latin-america/dis/movil/inspiracion/5g>

dispositivos que vemos hoy en día, lo cual excede las capacidades de las redes 3G y 4G, ver figura 29.



Figura 29. Capacidad de conectividad de las redes 3G y 4G contra la nueva red 5G

Fuente: Sitio Web: Thales Group.²⁰³

La tecnología móvil 5G no se encuentra aún presente en la mayor parte de los países del mundo. Sin embargo, se enfocará más a las principales ciudades de los países, donde existe una mayor concentración de habitantes y, por consiguiente, de dispositivos electrónicos que requerirán conectarse a esta red para tener una mejor conectividad y calidad de servicios.

1.15 Proyecto “Datos sobre ruedas”

Este proyecto es un complemento provisional en zonas alejadas y para países donde no existe infraestructura de telecomunicaciones en las zonas rurales. Esta idea de “Datos sobre ruedas” es una solución temporal para ofrecer comunicación por banda ancha a comunidades rurales donde no existe el servicio de Internet.

Además, se ofrece un “Internet en tiempo no real” debido a que no se están enviando o recibiendo datos en tiempo real, sino que la información se carga a un transporte con WiFi y este los lleva hasta un punto donde exista Internet para descargarla y también cargar nueva información.

Uno de los principales proyectos que lideran esta idea de “Datos sobre ruedas” es DakNet liderado por la empresa United Villages, Inc., la cual ha utilizado creativamente el concepto de WiFi (estándar IEEE 802.11 inalámbrico) y cajas de almacenamiento digital, con las cuales se está distribuyendo el servicio de banda ancha desde un centro de

²⁰³ Ídem [Figura].

conectividad de Internet a los usuarios de comunidades rurales donde no existen caminos para el transporte vehicular.²⁰⁴

Esencialmente, se utilizan las cajas que tienen conectividad WiFi que se colocan en autobuses u otros vehículos que circulan entre varias comunidades, su punto de inicio y regreso de la ruta es en una ciudad o un pueblo con mayor infraestructura en telecomunicaciones y con servicio de Internet.²⁰⁵

Cuando los caminos a ciertas comunidades alejadas no permiten el paso de transporte de 4 ruedas, se utilizan transportes de 2 ruedas como bicicletas o motocicletas. Estos transportes se dirigen a las diferentes comunidades para proporcionar conectividad de “almacenamiento y reenvío” en las áreas rurales²⁰⁶, ver figura 30.



Figura 30. Motocicleta con una caja de WiFi de la red DakNet

Fuente: Sitio Web: ResearchGate.²⁰⁷

De acuerdo con Richard Fletcher, cofundador de United Villages, Inc., lo que realiza la red inalámbrica DakNet es aprovechar la infraestructura de comunicaciones y transporte

²⁰⁴ Indrajit, B. (2010). *DakNet: Internet Goes Rural Riding on a Motorbike*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://www.govtech.com/dc/articles/DakNet-Internet-Goes-Rural-Riding-on.html>

²⁰⁵ Ídem.

²⁰⁶ Ibídem 204.

²⁰⁷ ResearchGate. (2005). *Wearable Computing for the Developing World* [Figura]. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: https://www.researchgate.net/figure/DakNet-uses-village-buses-equipped-with-Wi-Fi-radios-to-distribute-email-and-other_fig1_3437098

existente para lograr distribuir la conectividad digital a las comunidades alejadas donde se carece de una infraestructura de telecomunicaciones para comunicaciones digitales.²⁰⁸

DakNet deriva de la palabra en hindi para servicios postales, por lo tanto, se combina un medio físico con una transferencia de datos inalámbricamente para extender de esta forma la conectividad de Internet que proporciona un enlace ascendente central, como un café internet, una oficina postal o un sistema VSAT (*Very Small Aperture Terminals*) que son redes privadas de comunicación de datos vía satélite para el intercambio de información.²⁰⁹

El funcionamiento de la red DakNet es el siguiente:

1. DakNet transmite datos a través de enlaces punto a punto entre quioscos y dispositivos de almacenamiento portátiles, llamados puntos de acceso móvil o MAP (*Mobile Access Point*). Así se evita el gran costo y consumo de energía para retransmitir datos a larga distancia.²¹⁰
2. “Montado y alimentado por un autobús, una motocicleta o incluso una bicicleta, un MAP transporta físicamente datos entre quioscos públicos y dispositivos de comunicaciones privados y, entre quioscos y un centro para acceso a Internet en tiempo no real.”²¹¹
3. “Los transeptores de radio Wi-Fi de bajo costo transfieren automáticamente los datos almacenados en el MAP a un amplio ancho de banda para cada conexión punto a punto. La operación de DakNet tiene dos pasos: uno, ya que el vehículo equipado con MAP se encuentra dentro del alcance de un quiosco habilitado con Wi-Fi de la aldea, detecta automáticamente la conexión inalámbrica y posteriormente realiza la descarga y carga de nuevos datos.”²¹²
4. “Luego, cuando un vehículo equipado con MAP se encuentra dentro del alcance de un punto de acceso a Internet (el centro), sincroniza automáticamente los datos de todos los quioscos rurales utilizando Internet. Los pasos se repiten para cada

²⁰⁸ Ibídem 204.

²⁰⁹ Ibídem 204.

²¹⁰ Ibídem 204.

²¹¹ Ibídem 204.

²¹² Ibídem 204.

vehículo que lleva una unidad MAP, creando así una red inalámbrica de bajo costo y una infraestructura de comunicaciones sin interrupciones.”²¹³

En la figura 31 se ejemplifica gráficamente el funcionamiento del proyecto Datos sobre ruedas, descrito en los puntos anteriores.

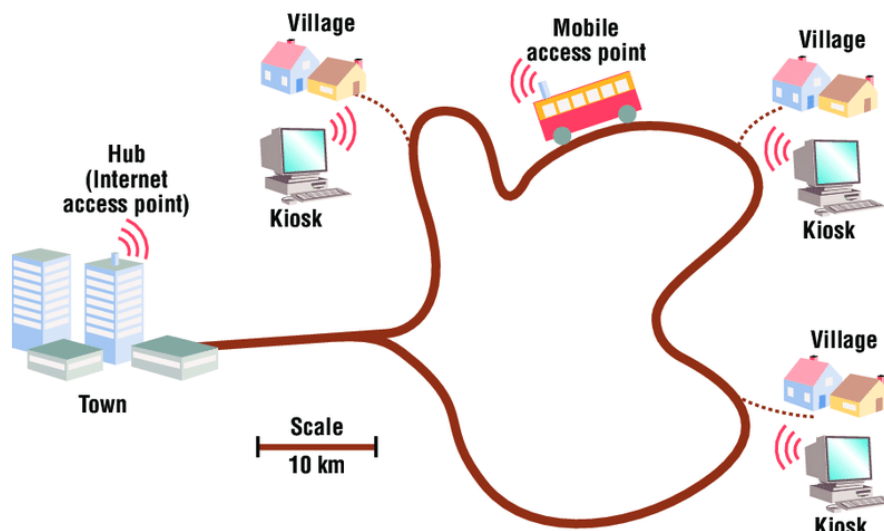


Figura 31. Funcionamiento de Datos Sobre Ruedas.

Fuente: Sitio Web: ResearchGate.²¹⁴

La red DakNet tiene varios beneficios los cuales son:²¹⁵

- Proporciona acceso a las Tecnologías de la Información y la Comunicación en tiempo no real a las personas de zonas rurales y alejadas de la infraestructura de telecomunicaciones. Sin la red DakNet las personas tendrían que recorrer un largo camino hacia el pueblo con mayor infraestructura para acceder a la comunicación.
- Es una tecnología económica, de acuerdo a Alexander Hasson, otro cofundador de United Villages, "Actualmente, DakNet tiene al menos un orden de magnitud menor en costo que las alternativas disponibles, como celular, satélite y WiMax"²¹⁶, refiriéndose también a que el costo de la infraestructura de DakNet es de aproximadamente el 1% del costo de una línea telefónica fija, siendo así la alternativa más barata.

²¹³ Ibídem 204.

²¹⁴ Ibídem 207 [Figura].

²¹⁵ Ibídem 204.

²¹⁶ Ibídem 204.

- A los habitantes de las comunidades rurales se les proporciona una identidad digital: un número telefónico y una dirección de correo electrónico de por vida.

“Según United Villages, más de dos mil millones de personas que viven en áreas rurales a nivel mundial no tienen acceso ni siquiera a servicios básicos de información y comunicaciones solo porque las compañías de telecomunicaciones y los gobiernos no han podido proporcionar una infraestructura sostenible y rentable. Si bien el costo de la conectividad aumenta dramáticamente con la distancia desde la columna vertebral de la infraestructura de comunicaciones, la densidad de población y el ingreso per cápita disminuyen dramáticamente, haciendo a estos dos factores las principales razones de la creciente "brecha digital" global, cree United Villages.”²¹⁷

Después de todo, este proyecto es una solución para las comunidades alejadas donde no existe conectividad alguna a una forma de comunicación y los habitantes tienen que recorrer grandes distancias para poder comunicarse, lo cual hace gastar el tiempo y dinero de las personas en transportes.

Esta idea podría ser desplegada en zonas rurales donde su relieve geográfico no permite el despliegue de otras tecnologías por su difícil acceso y el alto costo que conllevaría.

1.16 Proyecto “Loon”

Este proyecto al igual que el presentado anteriormente, Datos sobre ruedas, es un proyecto provisional para países subdesarrollados que no cuenten con la infraestructura necesaria para llevar servicios de telecomunicaciones, entre ellos Internet, a comunidades alejadas.

Este proyecto es liderado por la empresa tecnológica Google (ver figura 32), la cual busca llevar Internet a zonas rurales o alejadas donde la cobertura de este servicio es escasa o de mala calidad mediante globos.

De acuerdo al sitio oficial del proyecto Loon, lo describen como: “Miles de millones de personas en todo el mundo todavía no tienen acceso a internet. Loon es una red de globos que viajan al borde del espacio, brindando conectividad a personas en comunidades desatendidas en todo el mundo. Loon se asocia con operadores de redes móviles a nivel

²¹⁷ *Ibíd*em 204.

mundial para ampliar el alcance de su servicio LTE. Juntos, ayudamos a expandir la cobertura a los lugares que carecen de ella, complementamos las redes existentes y brindamos una cobertura conveniente después de los desastres naturales.”²¹⁸



Figura 32. Representación de un globo real del proyecto Loon

Fuente: Sitio Web: GoCornqr.²¹⁹

El proyecto empezó con una prueba piloto en Nueva Zelanda en el año 2013 con el lanzamiento de 12 globos, actualmente se han mejorado la calidad de los globos y duración de estos en vuelo. Los globos del proyecto Loon se colocan a una altura de 20 [km] sobre el nivel del mar, en la estratósfera, siendo el doble de altura a la cual se encuentran los vuelos comerciales o las nubes, ver figura 33.²²⁰



Figura 33. Representación de la altura de los globos del proyecto Loon

Fuente: Sitio Web: Empresas tecnológicas.²²¹

²¹⁸ Loon. (2020). *Visión general*. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://loon.com/>

²¹⁹ Ruvalcaba, I. (2018). *Proyecto loon* [Figura]. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://www.goconqr.com/slide/15350995/proyecto-loon>

²²⁰ López, M. (2018). *Globos para llevar Internet al fin del mundo*. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: https://elpais.com/elpais/2018/07/24/planeta_futuro/1532414715_476889.html

²²¹ Empresas tecnológicas. (2015). *Proyecto Loon, ¿qué viene después?* [Figura]. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://empresastecnologicas.wordpress.com/2015/05/06/proyecto-loon-que-viene-despues/>

A esta altura, la velocidad del viento es muy baja y cuando se requiere mover el globo a otro lugar de la Tierra solamente se le solicita moverse mediante las corrientes de aire de la estratósfera mediante algoritmos.²²²

“En todos estos años, los avances han sido espectaculares. La tecnología de navegación de los globos ha conseguido dirigirlos a través de 10,000 kilómetros y dejarlos a 500 metros de su objetivo; la posición, que era reportada una vez al día, ahora lo hace varias veces a la hora; la duración de los globos ha pasado de ocho días a más de 100 y, han construido un auto lanzador que infla, eleva y lanza un globo en menos de 30 minutos.”²²³

Después de su tiempo de operación son bajados controladamente en zonas despejadas para poder recuperar los globos y recabar los datos obtenidos durante su periodo de trabajo; posteriormente se preparan para poder ser puestos nuevamente en vuelo.

En cuanto al funcionamiento del proyecto Loon: “Los globos funcionan con energía solar y se desplazan gracias a la acción del viento, aunque la tecnología GPS hace que se queden en un solo punto. Estos Globos miden 15 metros cuando están inflados y el material con que están contruidos es un plástico muy delgado pero que es bueno para mantener constante su volumen, lo que logra que puedan mantenerse a flote mucho más tiempo que un globo tradicional.”²²⁴

Estos globos crean una red inalámbrica área con la tecnología LTE como puede ser con 3G o 4G, esta tecnología es compatible con la mayoría de los teléfonos celulares y se logra una cobertura de hasta 80 kilómetros de diámetro debajo del globo.²²⁵ Observar figura 34.

Cabe destacar que los globos están presurizados y equipados con antenas de telefonía celular para poder proporcionar el servicio de Internet con la tecnología LTE, sirviendo como

²²² Ídem.

²²³ Ibídem 220.

²²⁴ Nuel, C. (2013). *Proyecto Loon: Google busca llevar Internet a lugares remotos por medio de Globos*. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://www.xataka.com.mx/eventos/project-loon-google-busca-llevar-internet-a-lugares-remotos-por-medio-de-globos>

²²⁵ Ibídem 220.

antenas flotantes. Además, estos globos se comunican con antenas especiales en la superficie terrestre para su control, que funcionan solamente para el proyecto Loon.²²⁶

La idea del proyecto es tener miles de globos volando para que siempre exista la cobertura y servicio en las zonas remotas donde se requiera, logrando que la cobertura y servicio de Internet no falte cuando sea necesario descender algunos globos Loon para su mantenimiento.

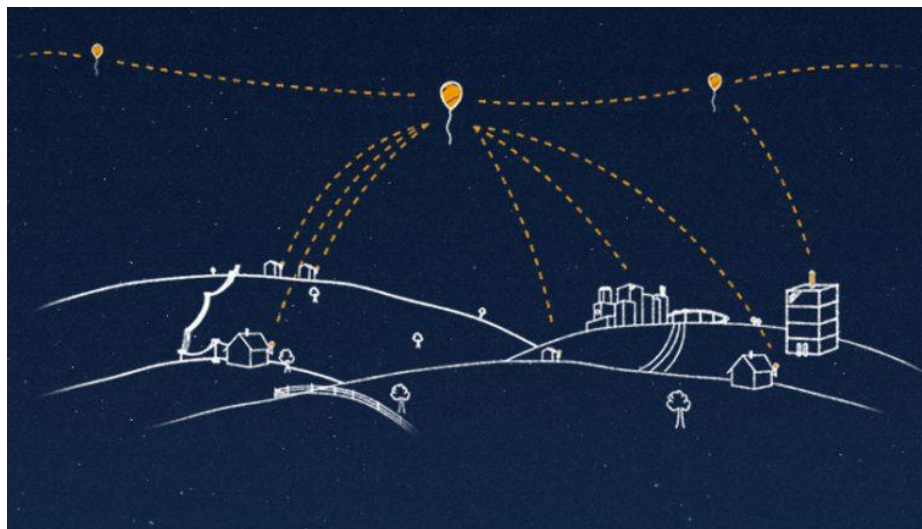


Figura 34. Representación de la cobertura del proyecto Loon

Fuente: Sitio Web: Prensa Libre.²²⁷

1.17 Infraestructura del usuario final

Los usuarios finales son las personas que interactúan con el sistema mediante dispositivos electrónicos como terminales. En este trabajo, los usuarios finales corresponden a las personas de las comunidades donde se brindará o brinda el servicio de Internet y otros servicios de telecomunicaciones.

Cabe destacar que el objetivo del trabajo es proponer una solución a la falta de cobertura y conectividad de Internet en comunidades alejadas o marginadas. Sin embargo, muchos de los pobladores de estas comunidades no cuentan con los equipos electrónicos para

²²⁶ *Ibíd*em 220.

²²⁷ Prensa libre. (2016). *Llega el primer globo del proyecto Loon de Google a Sri Lanka* [Figura]. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://www.prensalibre.com/vida/tecnologia/llega-el-primer-globo-del-proyecto-loon-de-google-a-sri-lanka/>

poder conectarse a Internet, ya sea de forma alámbrica o inalámbrica; por ello, se debe también instalar infraestructura que beneficie al usuario final en su conectividad.

Se debe diferenciar entre cobertura y conectividad: cobertura es el área a la cual se le brindará o brinda acceso a Internet u otro servicio de telecomunicaciones, y conectividad se refiere a la capacidad de establecer una conexión de comunicación entre dos dispositivos electrónicos diferentes mediante una red, como lo puede ser el Internet.

Por lo tanto, con los diferentes proyectos que se han presentado anteriormente se logrará dar cobertura a las zonas alejadas de nuestro país, estableciendo en esa comunidad una terminal que permitirá dar acceso a Internet a los pobladores (usuarios finales) mediante los equipos electrónicos con los que cuentan para navegar.

Como en todo servicio de telecomunicaciones, se pueden presentar problemas con la señal de recepción o transmisión, de modo que se requiere de una mejor infraestructura para el usuario final, como pueden ser: repetidores, módems (*routers*), adaptadores de red, antenas portátiles, entre otros. Esto con la finalidad de potenciar mayormente la recepción y transmisión de los enlaces, estabilizando las señales de los dispositivos electrónicos con los que cuentan en las comunidades alejadas donde se brindará cobertura.

Actualmente, en el mercado electrónico existe una gran variedad de dispositivos para estabilizar las señales, antenas de mayor ganancia, repetidores de mejor calidad, router de mayor calidad y ganancia, entre otros dispositivos que mejoran la calidad de conexión de la red en la zona donde se instalen.

Estos dispositivos de red pueden ser alámbricos o inalámbricos, aunque la mayor parte de la cobertura de Internet que se brindará sería idealmente mediante una terminal de forma inalámbrica por las dificultades geográficas donde se encuentran las comunidades alejadas de las zonas urbanas del país. Por ejemplo, mediante una antena, ubicada en la localidad, que recibirá la señal desde el aire, proyecto Loon, o del espacio, mediante alguna constelación satelital de órbita baja.

Los precios de estos equipos para el beneficio de la conectividad del usuario final van desde los \$400 hasta los \$3,500 pesos mexicanos, aproximadamente. Este costo varía dependiendo del fabricante, capacidad del sistema, tasas de transmisión, bandas de

frecuencias, antenas, entre otros aspectos técnicos. En la figura 35 se presentan algunos ejemplos de la infraestructura de usuario final.

Los usuarios finales de las comunidades alejadas tienen derecho a tener una conectividad estable y rápida para su navegación en Internet, y así tener una calidad de servicio comparable con la de una ciudad.

Este tipo de infraestructura puede ser ubicada en un centro comunitario digital, ubicado en cada comunidad, para que todos los habitantes tengan la misma posibilidad de acceder a estos equipos. Logrando así que puedan disfrutar de los servicios de telecomunicaciones e Internet.



Figura 35. Infraestructura de usuario final, fabricante TP-Link. De izquierda a derecha: Repetidor de WiFi TL-WA855RE y Router Inalámbrico ROUTPL940.

Fuente: Sitio Web: Amazon México.²²⁸

Con el fin de dejar en claro las tecnologías de telecomunicaciones investigadas, se agrega en el Anexo una tabla con las características resumidas de cada una de estas.

²²⁸ Amazon México. (2020). *Electrónicos* [Figura]. Recuperado el 23 de septiembre de 2020 de: https://www.amazon.com.mx/electronicos/b/?ie=UTF8&node=9482558011&ref_=nav_cs_electronics

Capítulo 2. Análisis comparativo de la situación de la conectividad a Internet en México con el contexto internacional.

En este segundo capítulo se muestra un análisis comparativo de la situación en la que se encuentra México con otros países bajo las tecnologías presentadas en el Capítulo 1: “La conectividad alámbrica e inalámbrica en telecomunicaciones e Internet. Tecnologías e infraestructuras”.

Actualmente, existe una política declarada por el gobierno federal de nuestro país llamada “Internet para Todos” donde se busca garantizar el acceso a Internet a lo largo de todo el territorio nacional, llevando este servicio a comunidades donde no se cuenta con el acceso o existe una mayor dificultad económica para pagar por este servicio. Por tal motivo, el gobierno pretende llevar Internet a comunidades alejadas mediante el uso intensivo de la fibra óptica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Además de tener planeado ocupar solamente la red de fibra óptica de la CFE, se deberían considerar las tecnologías ya existentes en nuestro país para tener una mayor cobertura y alcance a comunidades alejadas, como lo son: redes de par de cobre, debido a que en la mayoría de comunidades alejadas existe el servicio de telefonía fija y se brinda este servicio mediante este tipo de infraestructura, utilizando la tecnología de ADSL.

De la misma manera se debería considerar la tecnología de redes celulares que tiene cobertura en la mayor parte del territorio nacional, no en todos lados con la misma tecnología 4G, pero se encuentra presente también la tecnología 2G y 3G en nuestro país. Mediante las redes celulares se puede aprovechar el servicio de Internet móvil que brindan los diferentes proveedores de telefonía móvil.

De acuerdo a la conferencia de prensa matutina del día 20 de febrero del año 2020 del presidente de la República Mexicana, Andrés Manuel López Obrador, se presentó el C. Carlos Emiliano Calderón Mercado quien es el Coordinador de Estrategia Nacional Digital Nacional y habló sobre el tema de llevar conectividad a 280 mil comunidades en el país con un presupuesto de 10 mil millones de pesos para tener Internet.²²⁹

²²⁹ YouTube Milenio. (2020). *Conferencia matutina de AMLO, 20 de febrero de 2020*. Recuperado el 22 de febrero de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=syIpEv8qwdE&t=263s>

El presupuesto es de 3 mil 100 millones de pesos al año, durante 3 años, se cubrirán alrededor de 60 mil comunidades pequeñas el primer año y en general será mediante la tecnología 4G. De acuerdo con el coordinador Emilio Calderón, esperan cubrir 160 mil comunidades donde la mayoría se encuentran alejadas y no tienen más de 250 habitantes.²³⁰

Asimismo, para lograr una mayor conectividad en el país, se irá trabajando conjuntamente con la Red Compartida y se empezará a cubrir comunidades pequeñas y pobres, esperando llegar en el año 2021 a 100 mil comunidades, mediante el proveedor de Internet del Gobierno de México: CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos.²³¹

Con este proveedor de Internet y la Red Compartida se irá avanzando en el despliegue de infraestructura para brindar la conectividad a las comunidades alejadas, mientras que en otras comunidades se podría brindar el servicio mediante satélites por la dificultad de llegar a esas comunidades con otro tipo de tecnologías²³², siendo este último, uno de los grandes problemas de llevar Internet a comunidades alejadas debido a la complejidad del relieve geográfico de nuestro país.

2.1 Infraestructura de las redes de par de cobre

La infraestructura de las redes de par de cobre, también conocida como tecnología DSL (*Digital Subscriber Line*), es una tecnología que proporciona el acceso a Internet mediante la transmisión de los datos digitales a través del par de cobre convencional de la red telefónica.²³³ Esta tecnología sigue montada en la infraestructura de telecomunicaciones de la gran mayoría de los países alrededor del mundo, debido a que fue o sigue siendo utilizada para la red de telefonía fija implementada desde hace años.

En una línea telefónica que llega a un hogar, mediante la tecnología DSL, hay dos canales independientes:²³⁴

1. Un canal de alta velocidad para la recepción y envío de datos. En muchos hogares en México, el canal es a través de fibra óptica.

²³⁰ Ídem.

²³¹ Ibídem 229.

²³² Ibídem 229.

²³³ Edatel. (2010). *¿Qué es DSL y qué ventajas ofrece?*. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: https://www.edatel.com.co/tigouneb2b/index.php?option=com_content&view=article&id=62:i-que-es-dsl-y-que-ventajas-ofrece&catid=38:internet-ba&Itemid=41

²³⁴ Ídem.

2. Un canal para comunicación normal de voz o fax, es decir, el servicio de telefonía fija básica.

Estos dos canales de comunicación que llegan a los hogares son separados mediante un *splitter* o microfiltros, debido a que cada canal ocupa una frecuencia diferente, evitando de esta forma los cortes o interferencias entre ambos canales.

La tecnología DSL en México se encuentra aún presente en las comunidades alejadas o pueblos para el servicio de telefonía fija, incluso en las mismas ciudades del país, por lo que el servicio de Internet también se proporciona mediante el par de cobre.

En la figura 36 se observa la presencia de la tecnología DSL en los países miembros de la OCDE, de la cual es miembro México, notando que la infraestructura de par de cobre ha sido la tecnología predominante en el periodo 2009-2019 para el servicio de banda ancha fija. A pesar de que la tecnología DSL está perdiendo presencia cada año en el servicio de Internet fijo, debido al aumento de la utilización de la fibra óptica y el cable coaxial en los diferentes países miembros.²³⁵

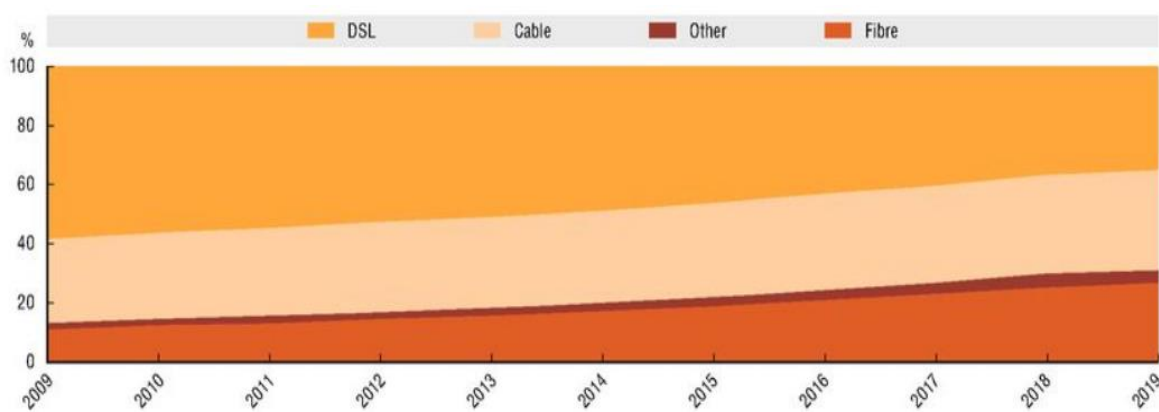


Figura 36. Evolución de las tecnologías del servicio de banda ancha fija, 2009-2019

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook 2020.²³⁶

En la OCDE, en el año 2019, esta tecnología aún tenía una presencia de aproximadamente 40% de las conexiones de banda ancha fija. Sin embargo, la tecnología DSL seguirá siendo paulatinamente sustituida por la fibra óptica, la cual representa alrededor

²³⁵ OECD. (2018). *Actualización de estadísticas de banda ancha de la OCDE*. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/actualizaciondeestadisticasdebandaanchadelaoecd.htm>

²³⁶ OECD. (2020). *OECD Digital Economy Outlook 2020*. [Figura]. p.65. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: https://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/science-and-technology/oecd-digital-economy-outlook-2020_bb167041-en#page65

del 23% de las suscripciones a Internet, el cable (coaxial) conforma aproximadamente un 32.5%.²³⁷

La figura 37 presenta algunos de los países miembros de la OCDE y las conexiones que tienen con diferentes tecnologías por cada 100 mil habitantes, esta información fue recabada del sitio TeleSemana²³⁸ que realizó la gráfica correspondiente mediante datos presentados previamente por la OCDE en el 2019.

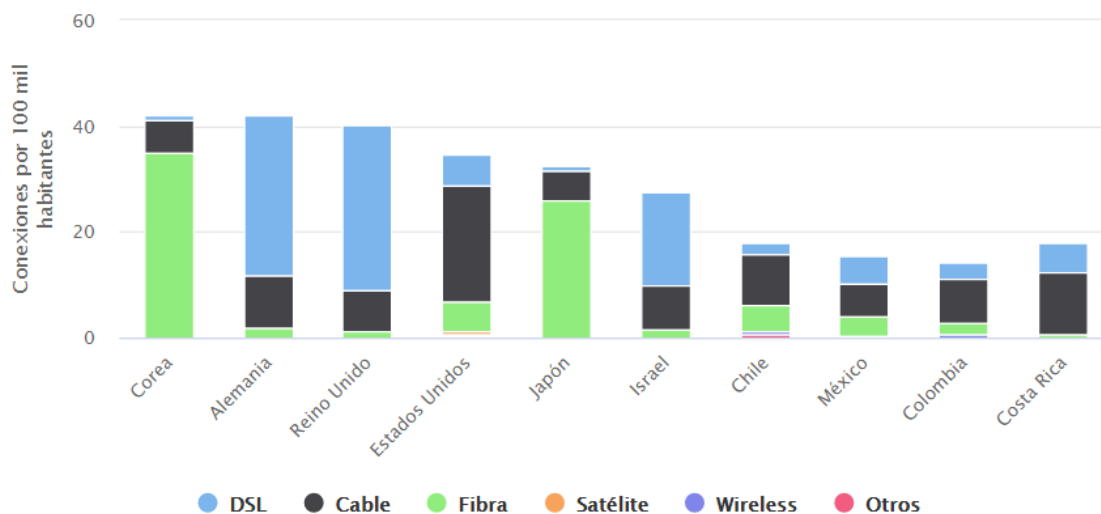


Figura 37. Conexiones por cada 100 mil habitantes de banda ancha por tecnología en algunos países de la OCDE, 2019

Fuente: Sitio Web: Telesemana.²³⁹

La figura 37 también muestra las diferentes tecnologías que proporcionan el servicio de banda ancha en diferentes países de la OCDE. Mostrando así, la existencia de la tecnología DSL para brindar el servicio de Internet en los diferentes países del mundo sin importar su nivel de desarrollo, como es el caso de la República de Corea del Sur donde se cuenta con un mayor número de conexiones a Internet, teniendo 42.2 conexiones por cada 100 mil habitantes.²⁴⁰

²³⁷ Ibídem 235.

²³⁸ Martino, J. (2020). *Suscripciones de banda ancha fija por tecnología en países de la OCDE* [Figura]. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: <https://www.telesemana.com/blog/2020/09/02/suscripciones-de-banda-ancha-fija-por-tecnologia-en-paises-de-la-ocde/>

²³⁹ Ídem.

²⁴⁰ Ibídem 238.

Los datos que se presentan sobre las conexiones en cada país y tecnología, se lograron recabar al seleccionar en la gráfica, en el sitio web de Telesemana, que información se deseaba conocer.

Del total de conexiones en la República de Corea del Sur, 35 conexiones por cada 100 mil habitantes fueron mediante fibra óptica, mientras que el cable coaxial y DSL tuvieron 6.1 y 1.1 conexiones por cada 100 habitantes, respectivamente. Es decir, en Corea del Sur en el año 2019 el acceso al servicio de banda ancha fija mediante la tecnología DSL era prácticamente nula.²⁴¹

En la figura 37 se puede observar también que no necesariamente un país de primer mundo tiene una mayor infraestructura en telecomunicaciones, tal es el caso de Alemania y Reino Unido, quienes, a pesar de tener una gran cantidad de conexiones de banda ancha fija por cada 100 mil habitantes, sus conexiones a Internet predominan mediante la tecnología alámbrica DSL.²⁴²

Alemania tiene 42.1 conexiones de banda ancha por cada 100 mil habitantes, siendo la tecnología DSL la más utilizada con 30.4 conexiones por cada 100 mil habitantes. Mientras que el Reino Unido tiene un total de 40.1 conexiones por cada 100 mil habitantes, donde predomina la tecnología DSL con 31 conexiones por cada 100 mil habitantes.²⁴³

Respecto a la situación de México, en el 2019 (ver figura 37), tuvo 15.4 conexiones por cada 100 mil habitantes al servicio de Internet, distribuidos de la siguiente forma: 5.4 mediante DSL, 6 mediante cable (coaxial), 3.8 con fibra óptica y 0.2 con otras tecnologías no especificadas.²⁴⁴

Estos datos indican que la infraestructura del par de cobre en el año 2019 seguía estando muy presente en el territorio nacional para poder proporcionar el servicio de banda ancha fija, debido a que el servicio de Internet en las comunidades alejadas o zonas

²⁴¹ *Ibidem* 236.

²⁴² *Ibidem* 236.

²⁴³ *Ibidem* 236.

²⁴⁴ *Ibidem* 236.

suburbanas se sigue proporcionando mediante esta tecnología. Esto se debe a la falta del despliegue de fibra óptica o cable coaxial en estas zonas.²⁴⁵

La limitante que tiene la tecnología DSL respecto a la fibra óptica es la tasa máxima de transferencia que soporta, siendo esta de no más de 20 [Mbps]. Mientras que la fibra óptica puede llegar a tener velocidades superiores respecto a DSL, ya se comercializan paquetes de Internet desde 1 [Gbps], además, presenta una mucho menor atenuación de la señal.²⁴⁶ Esto último representa un mayor beneficio para el usuario final, dependiendo de cada empresa proveedora de Internet fijo y la tecnología alámbrica que implemente.

De acuerdo con el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT)²⁴⁷, datos de la OCDE y de los operadores de telecomunicaciones en México, en junio de 2013 la tecnología DSL representaba el 70.4% de conexiones al servicio de banda ancha fija con 11.8 millones de conexiones, como se observa en la figura 38.

Sin embargo, desde el año 2013 a nivel nacional se ha observado que los operadores de telecomunicaciones han ido sustituyendo la infraestructura de las tecnologías para prestar el servicio de banda ancha fija. Destacando la sustitución de DSL por fibra óptica y cable coaxial, teniendo para junio de 2019 los siguientes datos: 37.1% de las conexiones de banda ancha fija fueron mediante par de cobre, 21.9% mediante fibra óptica y 38.3% con cable coaxial; de un total de 18.8 millones de conexiones a Internet fijo en el territorio nacional a junio de 2019.²⁴⁸

²⁴⁵ *Ibíd*em 236.

²⁴⁶ Fernández, S. (2021). *Fibra vs ADSL: diferencias entre ambos tipos de conexión*. Recuperado el 22 de septiembre de 2021 de: <https://www.xatakamovil.com/conectividad/fibra-vs-adsl-diferencias-ambos-tipos-conexion>

²⁴⁷ Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2020). *México entre los países con mayor crecimiento en teledensidad de banda ancha móvil: OCDE (Comunicado 22/2020) 5 de marzo*. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: <http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/mexico-entre-los-paises-con-mayor-crecimiento-en-teledensidad-de-banda-ancha-movil-ocde-comunicado>

²⁴⁸ *Ídem*.

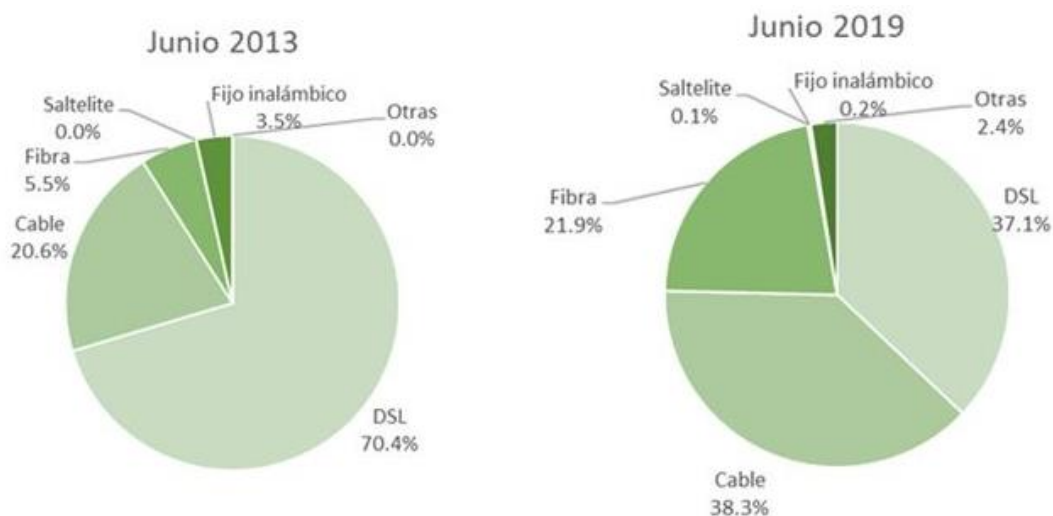


Figura 38. Conexiones al servicio de Internet por tecnología en México²⁴⁹

Fuente: IFT.²⁵⁰

Nuestro país cuenta aún con infraestructura mediante tecnología DSL a lo largo de su territorio nacional y que de acuerdo con el IFT representa más del 30% de conexiones del servicio de banda ancha fija a nivel nacional. Esta infraestructura se encuentra aún presente en las zonas del país donde no ha llegado el despliegue de fibra óptica o cable coaxial, siendo estas zonas las más alejadas del país o con menor densidad poblacional.

Cabe destacar que en las principales ciudades del país existen usuarios finales que utilizan la tecnología DSL, debido a que los operadores de telecomunicaciones no han desplegado en esas zonas fibra óptica o cable coaxial, por ello, no les han ofrecido el cambio a una nueva tecnología alámbrica o los mismos usuarios no se han enterado del despliegue de estas tecnologías alámbricas en su zona de residencia.

La tecnología DSL de igual manera se encuentra presente en muchos países alrededor del mundo, lo cual indica que es utilizada para proporcionar el servicio de Internet. La presencia de esta tecnología, para el servicio de banda ancha fija, se debe a que las primeras líneas telefónicas utilizaban el par de cobre para brindar este servicio de voz, posteriormente se montó la transmisión de datos mediante este medio y, la separación de los canales de voz y datos mediante filtros.

²⁴⁹ Nota: El número de accesos al servicio de banda ancha fija en junio de 2013 fue de 11.8 millones, mientras que en junio de 2019 fue de 18.8 millones.

²⁵⁰ *Ibidem* 247 [Figura].

Esta tecnología sería de gran ayuda para poder llevar a las comunidades alejadas y remotas de México el servicio de Internet, debido a que en gran parte de las comunidades del país se cuenta con el servicio de telefonía fija mediante par de cobre, aunque la velocidad de transmisión será baja y el ancho de banda limitado.

2.2 Infraestructura de las redes de microondas

Como se mencionó anteriormente, en el apartado “1.2 Redes de microondas”, las microondas son ondas electromagnéticas cuya gama de frecuencias va desde los 500 [MHz] hasta los 300 [GHz], aunque en algunas ocasiones se consideran desde los 300 [MHz] o desde 1 [GHz], este último por parte de la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Algunas aplicaciones de las microondas son: radiodifusión, televisión, radares, radionavegación, uso en el sistema satelital, hornos, meteorología, telefonía celular, entre otros.

Debido a que las microondas tienen una extensa gama de frecuencias y, por consiguiente una considerable cantidad de servicios y tecnologías para el transporte de información alrededor del mundo. Entre estos servicios, se eligió la de telefonía celular que permite a los usuarios finales acceder de forma móvil al servicio de Internet o banda ancha sin la necesidad de un módem, además, en los últimos años ha tenido un magnífico crecimiento tecnológico y de uso en la sociedad alrededor del mundo.

Este servicio Posibilitando a los usuarios estar comunicados en cualquier momento y lugar, logrando acceder a Internet mediante sus teléfonos inteligentes, o smartphones, mediante un operador de telefonía celular.

De acuerdo con información de la OCDE, mediante su publicación *Digital Economy Outlook 2020*, el crecimiento de suscripciones para el servicio de banda ancha móvil ha ido creciendo de forma impresionante en los últimos 10 años, periodo de los años 2009 a 2019, en los países miembros de esta organización. En el periodo mencionado, el número total de suscripciones en el área que conforma la OCDE ha crecido un 278%, o 16% anual, como se muestra en la figura 39.²⁵¹

²⁵¹ *Ibidem* 236, p.68.

La figura 39 muestra que, en el año 2009, en la OCDE existían poco más de 30 suscripciones por cada 100 habitantes al servicio de banda ancha móvil, y para el año 2019 el número de suscripciones era de alrededor de 110 suscripciones por cada 100 habitantes.

Esto indica que en el área de la OCDE se ha impulsado el acceso a este servicio mediante la instalación de nueva infraestructura de telefonía móvil para soportar el creciente número de suscriptores y de este modo las redes de telefonía celular no se congestionen.

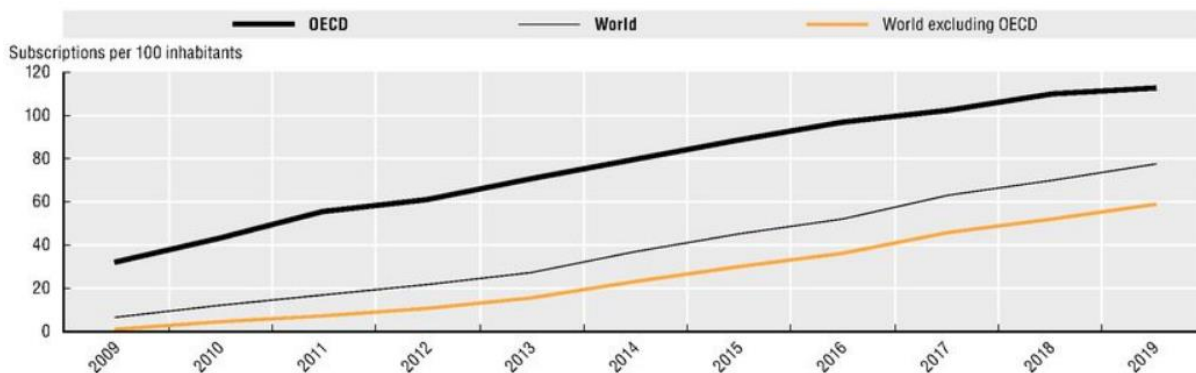


Figura 39. Evolución del servicio de banda ancha móvil, área de la OCDE y el mundo, 2009-2019

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook.²⁵²

La figura 39 también presenta el crecimiento de suscripciones al servicio de banda ancha móvil en el mundo con o sin la OCDE. Se aprecia que el mundo sin la OCDE, en el año 2019, tenía 59 suscripciones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes. Es decir, se tenía aproximadamente 20 suscripciones menos por cada 100 habitantes en el año 2019, respecto al mundo con la OCDE, lo que equivaldría al 25.32% de suscripciones mundiales.

De acuerdo al Banco Mundial, en el año 2019 había una población mundial de aproximadamente 7,673 millones personas.²⁵³ Por lo tanto, en este mismo año, en el mundo con la OCDE hubo alrededor de 6,061 millones 670 mil habitantes con suscripción al servicio de banda ancha móvil.

²⁵² *Ibidem* 236 [Figura], p. 68.

²⁵³ Banco Mundial. (2020). *Población, total*. Recuperado el 22 de septiembre de 2021 de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>

La figura 40 presenta el número de suscripciones del servicio de banda ancha móvil por cada 100 habitantes, para cada uno de los países que conforman la OCDE, así como el valor promedio de esta organización.

De acuerdo a los datos mostrados en esta figura 40, los líderes en suscripción de este servicio móvil son Japón, Finlandia, Estonia, Estados Unidos y Australia, debido a que su tasa de suscripción de banda ancha móvil es de más de 140 por cada 100 habitantes; predominando en estas suscripciones las que incluyen llamadas y datos para navegar en Internet, sobre las suscripciones que solamente ofrecen datos móviles.

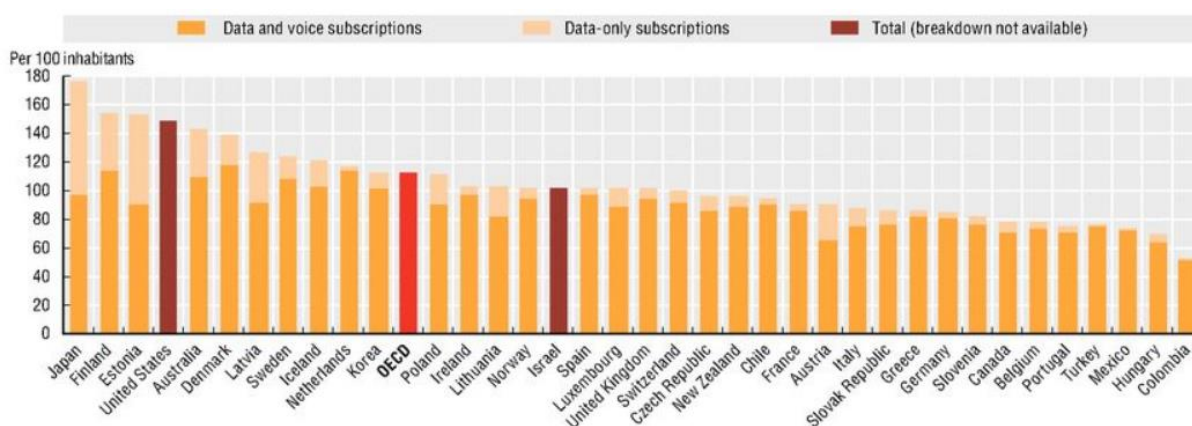


Figura 40. Suscripciones del servicio de banda ancha móvil por cada 100 habitantes

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook.²⁵⁴

México se encuentra en los últimos lugares de la gráfica, con poco más de 70 suscripciones por cada 100 habitantes, predominando las suscripciones que incluyen voz y datos; nuestro país se encuentra por debajo del promedio de la OCDE que es de aproximadamente 115 suscripciones por cada 100 habitantes.

México es miembro de la OCDE, el cual tiene menos suscripciones para el servicio de banda ancha móvil por cada 100 habitantes, esto puede deberse a:

1. La amplia población que conforma nuestro país, 126 millones de habitantes.
2. La baja cantidad de población que cuenta con un teléfono móvil con un plan debido a la dificultad económica de los usuarios finales de pagar una renta mensual a una operadora móvil. Las recargas realizadas por los usuarios finales

²⁵⁴ *Ibidem* 236 [Figura], p. 69.

podrían ser consideradas, pero en la mayoría de los casos no son realizadas con la misma frecuencia de tiempo.

Una mayor presencia de la infraestructura de telefonía celular proporcionará a los usuarios finales una mejor cobertura y mayor posibilidad de usar sus datos móviles. La figura 41 muestra el uso de datos móviles por suscripción para el servicio de banda ancha móvil en los diferentes países de la OCDE, así como el promedio de esta organización.

El considerable crecimiento de estas suscripciones y el uso de datos móviles se debe a una demanda cada vez mayor para los diferentes servicios de navegación y aplicaciones como la mensajería instantánea, los cuales se están volviendo esenciales en la vida cotidiana del ser humano.

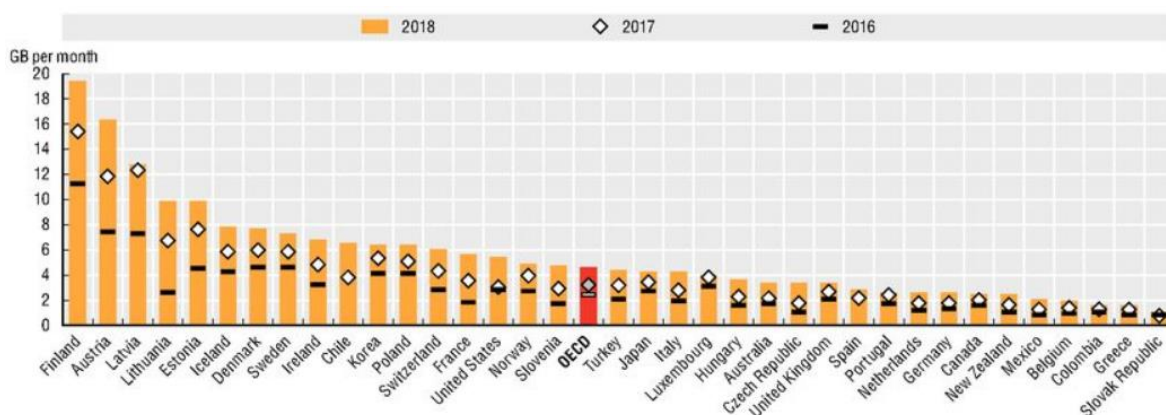


Figura 41. Uso de datos móviles por suscripción del servicio de banda ancha móvil por mes

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook.²⁵⁵

De acuerdo con lo observado en la figura 41, los países líderes son Finlandia, Austria y Letonia, los cuales tienen un consumo mensual mayor a los 12 GB en datos móviles. El promedio general de la OCDE es de aproximadamente 4.6 GB.

Las diferencias en los consumos de datos móviles en los diferentes países de la figura 41 puede deberse a los paquetes que ofrecen los operadores móviles, ofreciendo una mayor cantidad de GB en sus paquetes iniciales con un costo considerable, además de la economía de cada país y la posibilidad económica de cada usuario final.

²⁵⁵ *Ibidem* 236 [Figura], p. 69.

Por otro lado, México se encuentra en los últimos lugares de la gráfica con un consumo de datos móviles mensual de 2 GB, lo cual es muy acorde a lo ofrecido por la mayoría de las operadoras móviles en el país. Dado que los planes más accesibles ofrecen entre 1.5 y 2.5 GB para navegar en Internet, además de brindar una navegación ilimitada en las redes sociales, especificando que aplicaciones tienen este consumo ilimitado.

Uno de los factores por el cual nuestro país se encuentra con una baja tasa de consumo de datos móviles puede deberse a los costos mensuales de los planes de los operadores móviles, que inician en un promedio desde los 200 pesos hasta 2,000 pesos mexicanos. Los usuarios finales mexicanos contratan el plan más económico para tener lo esencial, como lo es la comunicación mediante redes sociales ilimitadas durante el mes y de vez en cuando navegar por Internet cuando se encuentre afuera de su hogar.

Hoy en día, la mayoría de los usuarios cuentan con un teléfono inteligente, llamados *smartphone*, el cual facilita más la comunicación entre personas, además de tener diferentes aplicaciones mediante las cuales se puede estar informado en un menor tiempo. Además, mediante los *smartphones* se puede enviar y recibir información de diferentes formatos: imágenes, documentos, música, videos, entre otros.

En la figura 42 se muestra la información de 13 países de la OCDE respecto al tráfico total de cada usuario mediante su teléfono inteligente. Mediante *Cisco Mobile Visual Networking* (VNI) la OCDE consiguió la información del tráfico de datos de *smartphones* descargado mediante las redes fijas que utilizan Wi-Fi.²⁵⁶

Por otra parte, con base en las estadísticas del Portal de Banda Ancha de la OCDE se logró obtener la cantidad de tráfico en estos dispositivos móviles mediante una suscripción de banda ancha móvil bajo las diferentes redes de telefonía celular.²⁵⁷

De la figura 42 se destaca que la mayor parte de la información descargada mediante teléfonos inteligentes fue a través de una red WiFi. Corea es el país con mayor descarga de datos en conjunto con el WiFi y telefonía celular, teniendo un 73% de descarga mediante WiFi de acuerdo con la OCDE.

²⁵⁶ *Ibidem* 236, p. 70.

²⁵⁷ *Ibidem* 236, p. 70.

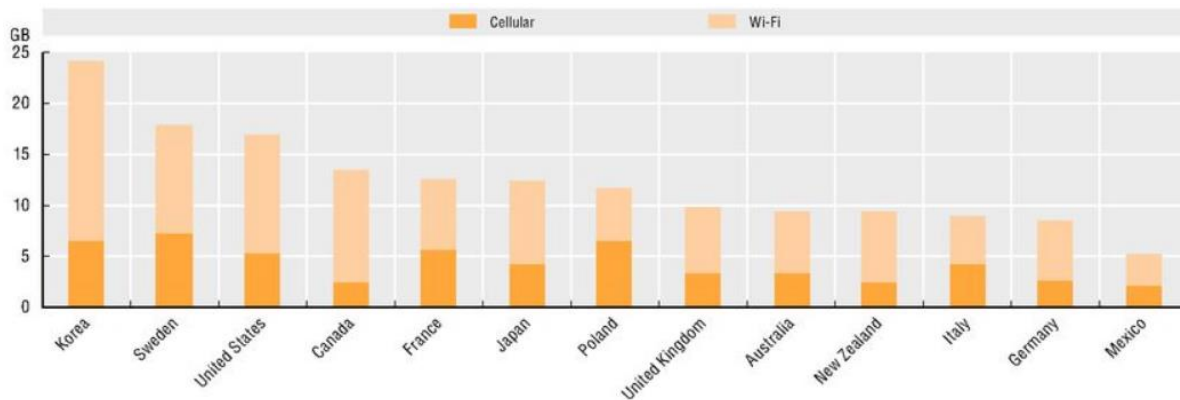


Figura 42. Tráfico total de datos por usuario mediante teléfonos inteligentes por mes, 2018

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook.²⁵⁸

En cuanto a la situación de México, como se muestra en la figura 42, este se encuentra en último lugar, debido a que la descarga mensual de datos por usuario es de apenas 5 [GB], poco más de la mitad de estos datos descargados fueron a través de una red WiFi.

La descarga de datos mediante una red WiFi es más común alrededor del mundo, ya que los datos móviles que ofrece la empresa operadora son limitados y si existe un sobrepaso de la cantidad de *GigaBytes* (GB) contratados, el usuario final debe pagar más en su la renta mensual.

En definitiva, las redes de microondas y su infraestructura son muy amplias en los diferentes servicios y equipos electrónicos que se utilizan para poder transmitir y recibir estas señales. Dependiendo del servicio que se quiera proporcionar, se utilizará una cierta banda de frecuencia, debido a que como se mencionó anteriormente: la gama de frecuencias de microondas es bastante extensa.

La telefonía celular es actualmente un importante servicio que se proporciona mediante la gama de frecuencias de microondas, existiendo diferentes bandas de frecuencias en el mundo. Este servicio ha ido evolucionando debido a la mayor cantidad de personas que cuentan con un smartphone actualmente, lo cual lo convierte en un usuario final de la telefonía celular.

²⁵⁸ *Ibidem* 236 [Figura], p.70.

Esta tecnología es una buena alternativa para llevar el servicio de Internet a las zonas suburbanas o comunidades no tan alejadas por sus condiciones geográficas, debido a que se requieren instalar radio bases que están constantemente comunicadas con un centro de control mediante enlaces de microondas o fibra óptica, dependiendo el caso.

2.3 Infraestructura de los enlaces satelitales

Las comunicaciones satelitales hoy en día han sido de gran ayuda para poder comunicar zonas alejadas donde no existe la infraestructura de telecomunicaciones necesaria o comunicarse con otras partes del mundo en tiempo real. Además, los satélites tienen diferentes aplicaciones como: comunicaciones, meteorología, geolocalización, reconocimiento, uso militar, gubernamental, astronómico, entre otros.

La *Union of Concerned Scientists* (UCS), en español Unión de científicos interesados, tiene una base de datos con todos los satélites que actualmente orbitan la Tierra, siendo estos más de 3,000.²⁵⁹

La UCS fue fundada en 1969 por científicos y estudiantes del Instituto de Tecnología de Massachusetts, a lo largo de su historia han seguido el ejemplo de la comunidad científica: compartir información, buscan la verdad y dejan que sus hallazgos guíen sus conclusiones.²⁶⁰

De acuerdo con la base de datos de satélites de la UCS²⁶¹, actualizada al día 1ero de enero de 2021, hay 3,372 satélites operativos orbitando la Tierra. Esta organización pone a disposición en su sitio web la base de datos mediante un archivo Excel descargable, la cual se actualiza 3 veces al año.

La base de datos contiene un total de 28 tipos de datos de cada satélite, entre las cuales se encuentran: información técnica sobre cada satélite (potencia, masa, vida útil esperada, además de fecha, lugar y vehículo de lanzamiento), sobre su órbita (clase y tipo de órbita,

²⁵⁹ Union of Concerned Scientists. (2019). *History*. Recuperado el 2 de febrero de 2021 de: <https://ucsusa.org/about/history>

²⁶⁰ Ídem.

²⁶¹ Union of Concerned Scientists. (2020). *UCS Satellite Database*. Recuperado el 2 de febrero de 2021 de: https://ucsusa.org/resources/satellite-database?_ga=2.206523283.1848871521.1598077135-464362950.1598077135

apogeo, perigeo, periodo e inclinación), el tipo de uso del satélite y, quién posee, opera y construyó el satélite, entre otros.²⁶²

La base de datos proporcionada por esta organización es de gran ayuda para especialistas y no especialistas. Sin embargo, el objetivo de este apartado es, conocer la infraestructura satelital con la que cuentan actualmente algunos países y México, logrando así, ubicar la situación actual de nuestro país en este ámbito.

A continuación, mediante los datos de la UCS, se presentan las figuras 42 y 43 donde se representa a nivel mundial los países que contaban con satélites en el año 1966 y los que contaron con al menos un satélite en el año 2020.

Los países de color gris son aquellos que no cuentan con algún satélite en órbita, el color naranja claro representa los países con satélites en órbita y, por último, el color naranja oscuro representa a los países que cuentan con la capacidad de lanzamiento espacial y con satélites activos en órbita.



Figura 43. Mapa mundial de países con satélites en el año 1966

Fuente: Sitio Web: Union of Concerned Scientists.²⁶³

²⁶² Ídem.

²⁶³ Ibídem 261 [Figura].

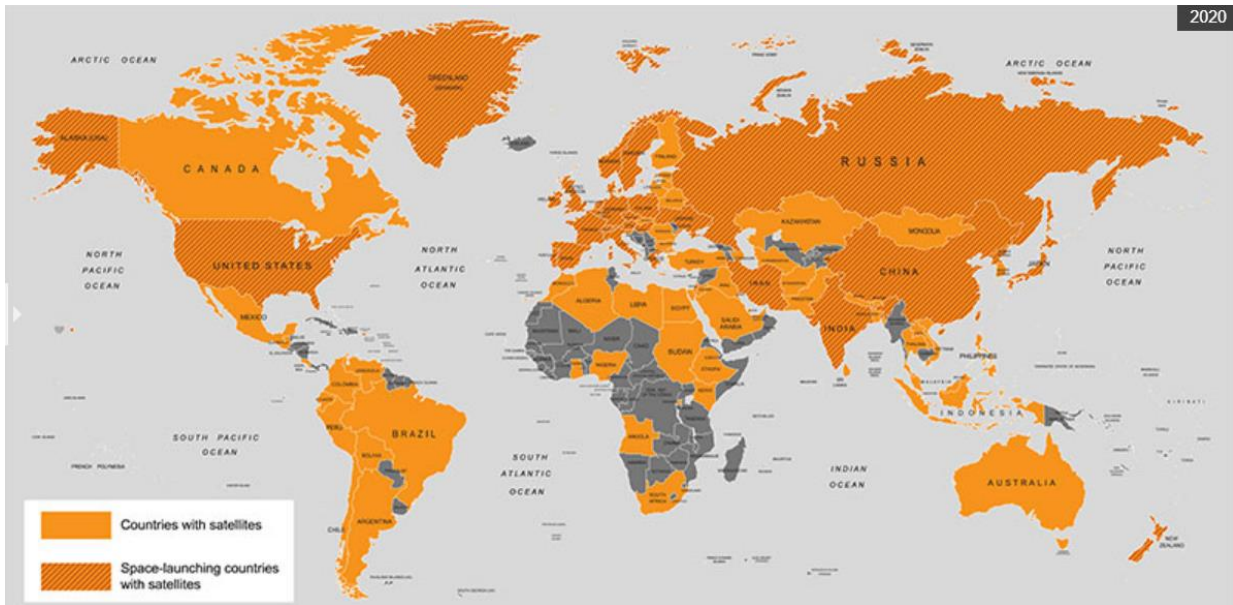


Figura 44. Mapa mundial de países con satélites operativos en el año 2020

Fuente: Sitio Web: Union of Concerned Scientists.²⁶⁴

La infraestructura de los enlaces satelitales ha aumentado radicalmente desde 1966, gran parte de los países del mundo cuentan actualmente con al menos un satélite operativo orbitando la Tierra. El continente africano es el que tiene un mayor número de países sin un satélite propio, siendo muy notorio esto en la figura 44.

La importancia de que un país cuente con infraestructura satelital propia radica en que aumenta su capacidad y seguridad de sus comunicaciones a lo largo de su territorio, además que puede proporcionar comunicaciones a otros países o regiones cercanas a este.

Se pueden brindar diferentes servicios de telecomunicaciones mediante enlaces satelitales, llevando estos a zonas más alejadas de las ciudades donde la infraestructura de televisión por cable, Internet, telefonía celular, entre otros, tiene una mayor dificultad para acceder a esas comunidades.

Enseguida se presenta la figura 45, la cual muestra una gráfica sobre la infraestructura satelital de diferentes países, realizada de forma propia mediante la base de datos de la *Union of Concerned Scientists*. Además de México, se eligieron países desarrollados a nivel mundial y algunos de la región de Latinoamérica.

²⁶⁴ *Ibidem* 261 [Figura].

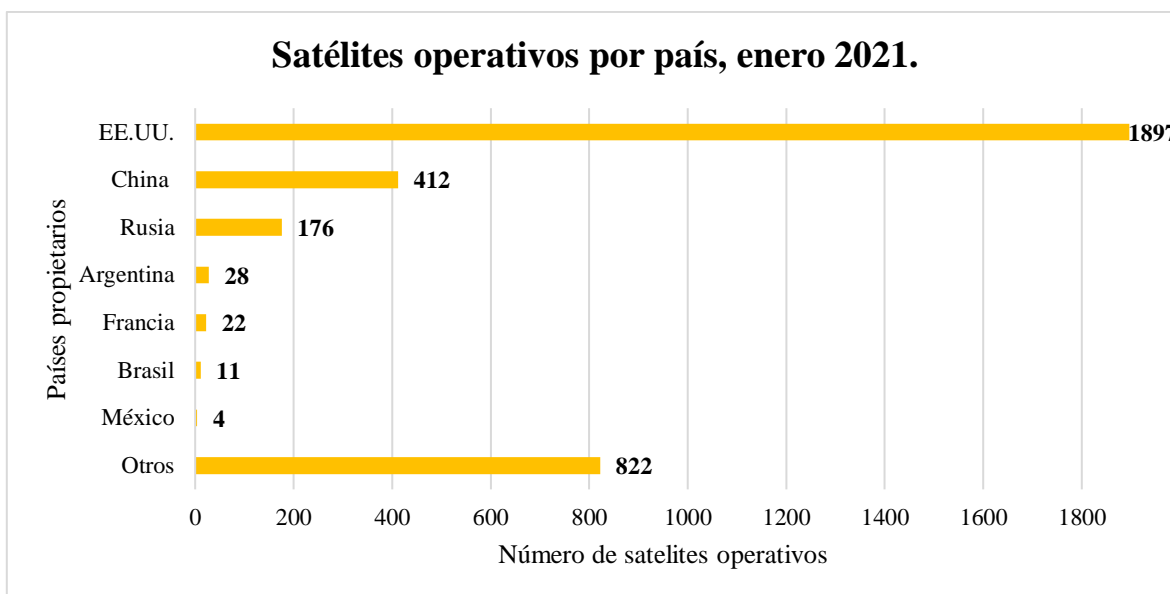


Figura 45. Comparación gráfica de la propiedad de satélites operativos de diferentes países, 2020

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de la Union of Concerned Scientists.²⁶⁵

Con base en los datos mostrados en la figura 45, el país con mayor infraestructura satelital activa es Estados Unidos de América con 1,897 satélites, representando el 56.25% de los 3,372 satélites operativos en órbita a principios del 2021. Los países que completan los primeros 3 lugares con mayor infraestructura satelital son: China con 412 satélites y Rusia con 176, representando el 12.21% y 5.21% del total de satélites operativos, respectivamente.

Por otro lado, Francia cuenta con 22 satélites, de los cuales 3 fueron adquiridos mediante la compra de la empresa mexicana SATMEX (Satélites Mexicanos S.A. de C.V.) a través de la empresa Eutelsat Communications en el año 2014. Los satélites incluidos en la compra fueron SATMEX 5,6 y 8.

Los otros dos países presentados en la figura 45 son Brasil y Argentina los cuales pertenecen a la región de Latinoamérica y tienen un nivel de desarrollo parecido al de México, teniendo en su infraestructura satelital 11 y 28 satélites operativos en el año 2020, respectivamente.

Mientras que nuestro país cuenta solamente con 4 satélites operativos lo cual representa el 0.11% de la infraestructura satelital total. Estos satélites son operados y

²⁶⁵ Ibídem 261 [Figura].

propiedad de México, de los cuales solamente dos son propiedad del gobierno federal y son operados mediante Telecomm (Telecomunicaciones de México) que es un organismo público descentralizado.

El Sistema MEXSAT, operado por Telecomm, es un sistema integral de comunicaciones satelitales integrado por equipamiento de última generación, el cual permite proveer de capacidad y servicios satelitales en el territorio nacional, mar patrimonial y regiones como Centroamérica y el norte de Sudamérica.²⁶⁶

El sistema en general está conformado por 2 satélites geoestacionarios: un satélite para servicios fijos “FSS”, satélite Bicentenario y otro satélite para servicios móviles “MSS”, satélite Morelos 3. Además, se cuenta con 2 centros de control de satélites y 2 centros de control de comunicaciones, los cuales fueron construidos en Iztapalapa, CDMX y Hermosillo, Sonora.²⁶⁷

Los otros dos satélites propiedad de México son: el satélite Painani-1 del cual es propietaria la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA), tiene un uso militar con el propósito de observación terrestre, además es de órbita baja, LEO. El otro satélite de México, de acuerdo con la base de datos de la UCS, es el llamado Sky México-1, propiedad de la empresa privada mexicana Sky México, su uso es comercial con el propósito de proporcionar servicios de comunicación y tiene una órbita geoestacionaria.²⁶⁸

En la figura 45, la gráfica “Otros” corresponde a los demás países del mundo que cuentan con al menos un satélite operativo orbitando la Tierra hasta el último día del año 2020, siendo en total 822 satélites, lo cual representa el 24.37% de la infraestructura satelital mundial.

Los lanzamientos espaciales para posicionar satélites seguirán a corto y mediano plazo. El tener una gran infraestructura satelital de 3,372 satélites operativos en órbita garantiza la cobertura mundial de diferentes servicios, entre ellos los servicios de

²⁶⁶ Telecomunicaciones de México. (2020). Conociendo el Sistema Satelital Mexicano. Recuperado el 3 de febrero de 2021 de: <https://www.telecomm.gob.mx/ConoceMexsat/>

²⁶⁷ Ídem.

²⁶⁸ Ibídem 261.

telecomunicaciones que hoy en día, son esenciales para la vida cotidiana de la mayoría de los seres humanos.

México fue de los primeros países en Latinoamérica en iniciar con el despliegue de satélites para ofrecer enlaces satelitales que dependen del servicio requerido, en su mayoría de comunicación. Sin embargo, hoy en día el país se encuentra rezagado en el despliegue de infraestructura operativa, ya que solamente cuenta con la operación y propiedad de los 4 satélites.

A pesar que los costos de un servicio satelital son más caros que los servicios terrestres, los enlaces satelitales son una gran alternativa para poder llevar los servicios de telecomunicaciones e Internet a las zonas más alejadas del país, debido a la amplia cobertura que ofrecen los satélites. Sin ninguna duda, se deben considerar los enlaces satelitales para lograr el objetivo deseado de mantener comunicadas a las comunidades más alejadas en el territorio nacional.

El gobierno mexicano cuenta con dos satélites geoestacionarios: uno para servicios fijos y otro para servicios móviles, es decir, la cobertura existe, pero falta la infraestructura terrestre en las comunidades alejadas para poder brindarles los servicios de telecomunicaciones correctamente.

En caso de requerir una mayor capacidad y/o infraestructura se debería considerar utilizar satélites de empresas privadas extranjeras que proporcionen los servicios de telecomunicaciones requeridos o de Internet, preferentemente de órbitas bajas debido a la baja potencia que requieren los equipos terminales en Tierra para transmitir a los satélites.

2.4 Infraestructura de las redes de fibra óptica

La tecnología de la fibra óptica ha sido de gran ayuda para poder mejorar la transmisión de datos entre dos puntos, con respecto a la transmisión a través de par de cobre, ofreciendo: una mayor velocidad de datos, mayor ancho de banda, menores interferencias electromagnéticas y mayor seguridad en la privacidad de la información que viaja por ella.

A partir del nuevo milenio, 2000, se ha notado un crecimiento en las redes de fibra óptica a lo largo del mundo, siendo primeramente utilizadas por corporaciones privadas o

gubernamentales, posteriormente se fue ofreciendo como medio de transporte de Internet a hogares, conocido como *Fiber To The Home* (FTTH), Fibra hasta la casa.

El servicio de Internet en hogares, conocido también como banda ancha fija, mediante fibra óptica es actualmente un servicio muy necesario debido a las grandes cantidades de datos que se descargan y suben a Internet, en donde el par de cobre se ve limitado en la tasa de transmisión de datos. Enseguida se presenta el desarrollo de la infraestructura de las redes de fibra óptica para el servicio de banda ancha fija en los países miembros de la OCDE, organización a la cual pertenece México.

En primer lugar, hay que tener en cuenta el crecimiento del servicio de banda ancha fija mediante fibra óptica. En la figura 46 se muestra la evolución de las tecnologías para el servicio de banda ancha entre el periodo de 2009 a 2019, cabe destacar que esta figura fue tomada del subcapítulo “2.1 Infraestructura de las redes de par de cobre” de la *Digital Economy Outlook 2020* de la OCDE.

La proporción de fibra óptica de alta velocidad en las conexiones de banda ancha fija en los países de la OCDE aumento al 27% hasta junio de 2019, mostrando un incremento del 15% respecto al año 2011 donde se tenía un 12% de conexiones de banda ancha mediante fibra óptica. Esta tendencia a la alza logró impulsar el aumento general de las suscripciones de banda ancha fija en los países de la OCDE. Por el contrario, las suscripciones de banda ancha fija mediante DSL disminuyeron un 23% durante el periodo de los años 2009 a 2019.²⁶⁹

En la misma figura 46 se observa que existen otras tecnologías para el servicio de banda ancha fija como el cable coaxial, específicamente, y otros como podrían ser el servicio de enlaces satelitales o móviles mediante módems fijos que dependen de la cobertura de la empresa proveedora.

²⁶⁹ OECD. (2020). *OECD Digital Economy Outlook 2020*. Recuperado el 26 de diciembre de 2020 de: https://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/science-and-technology/oecd-digital-economy-outlook-2020_bb167041-en#page65

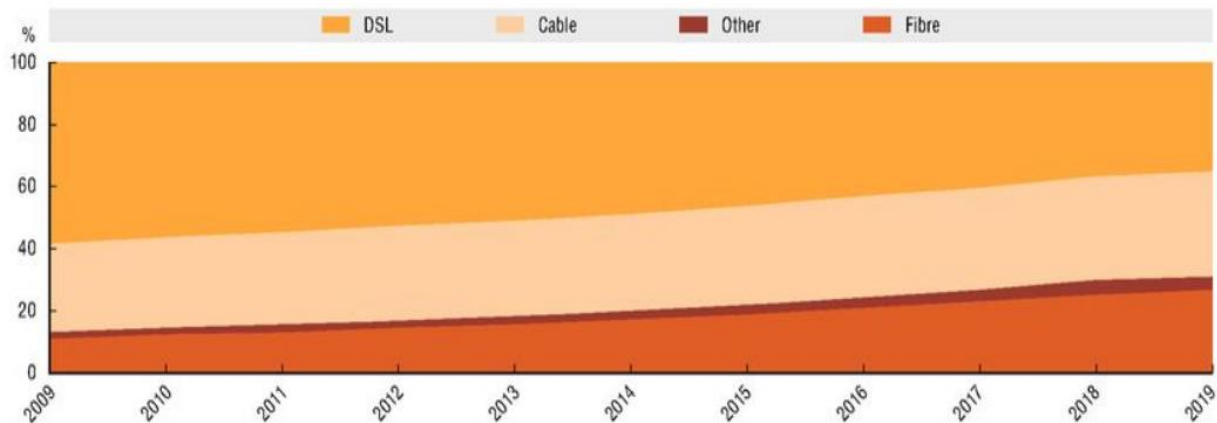


Figura 46. Evolución de las tecnologías del servicio de banda ancha fija, 2009-2019

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook 2020.²⁷⁰

A pesar del aumento de la infraestructura de fibra óptica en los países que integran la OCDE, estas cifras ocultan grandes diferencias entre los países de esta organización. En la figura 47 se observa el porcentaje de fibra óptica en el total de conexiones de banda ancha fija en cada país perteneciente a la OCDE.

Se tienen los casos de la República de Corea del Sur y de Japón, que cuentan con 81.7% y 79% de conexiones de banda ancha fija mediante fibra óptica en su territorio, respectivamente. Lo cual indica que su infraestructura de fibra óptica es muy alta, proporcionando a sus habitantes una mayor calidad de servicio de Internet.²⁷¹

Por el contrario, existen países que tienen menos del 5% de conexiones del servicio de banda ancha fija mediante fibra óptica, como lo son: Alemania, Austria, Reino Unido, Israel, Bélgica y Grecia; en estos países predomina más el servicio de Internet mediante cable coaxial, DSL u otros, como los enlaces satelitales o telefonía móvil, mostrados anteriormente en la figura 46.²⁷²

En el caso de México, se tiene un 22.39% de conexiones de banda ancha fija mediante fibra óptica en el territorio nacional (ver figura 47), con base en el color naranja correspondiente a Q2 2019 de la figura 47. Con esta cifra, el país se ubica por debajo del promedio de la OCDE que se encuentra en 26.84% a junio de 2019.

²⁷⁰ Ídem [Figura].

²⁷¹ Ibídem 269, p. 65.

²⁷² Ibídem 269, p. 65.

Sin embargo, cabe destacar que México ha tenido un crecimiento notable desde el 2015 cuando el porcentaje era de 8.3% y en 2017 era del 17.4%.²⁷³

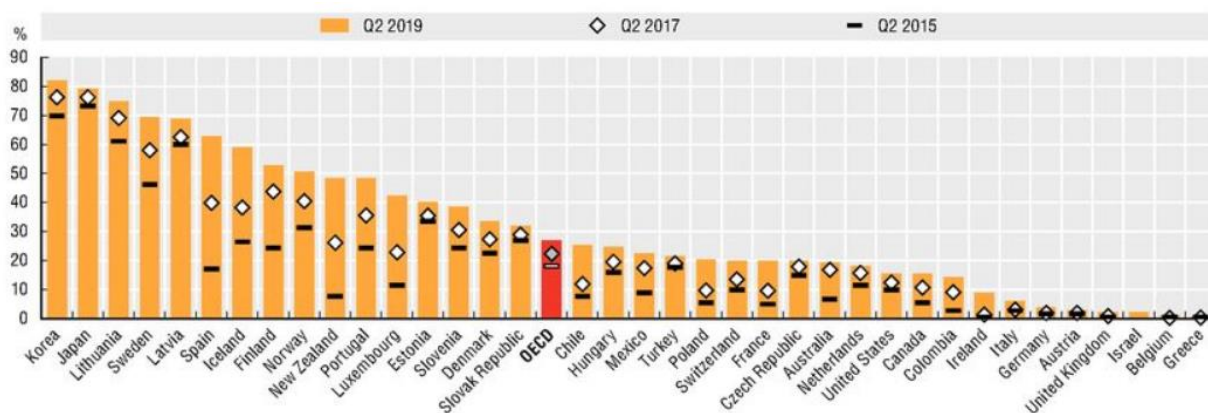


Figura 47. Porcentaje de conexión del servicio de banda ancha por fibra óptica, junio 2019

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook 2020.²⁷⁴

Otra importante característica de la infraestructura de las redes de fibra óptica es la tasa de transmisión que se ofrece en el servicio de banda ancha fija. En la figura 48 se muestran las suscripciones de Internet por cada 100 habitantes con base en las tasas de transmisión que se ofrecen en los países miembros de la OCDE.

De acuerdo con el *Digital Economy Outlook 2020* de la OCDE, ha existido una creciente proporción de fibra óptica en el servicio de banda ancha fija, lo cual permite velocidades mucho más altas para poder realizar actividades en línea que requieren de un mayor ancho de banda como lo son: servicios de transmisión de video, de múltiples pantallas, dispositivos IoT, entre otros.²⁷⁵

Debido al aumento del despliegue de fibra óptica en los países miembros de la OCDE, la velocidad media de descarga de banda ancha fija ha aumentado en los últimos años. Por ejemplo, de acuerdo a los datos del índice global de la empresa de servicio de diagnóstico de Internet; Ookla, mediante su software *Speedtest*, registró que las velocidades de descarga, en

²⁷³ *Ibidem* 269, pp. 65-66.

²⁷⁴ *Ibidem* 269 [Figura], p. 66.

²⁷⁵ *Ibidem* 269, p.66.

promedio, en el área que conforma la OCDE aumentaron de 24.1 [Mbps] a 40.9 [Mbps] entre abril de 2014 y julio de 2019.²⁷⁶

En la figura 48 se muestran las categorías de niveles con mayor tasa de transmisión en los países pertenecientes a la OCDE, estos datos fueron proporcionados por los propios países. Se aprecia que las diferentes categorías de velocidad de Internet se encuentran dispersas en cada uno de los países miembros. A excepción de Australia, Japón e Irlanda donde no se cuenta con la información requerida debido a que estos países no proporcionaron la información solicitada.²⁷⁷

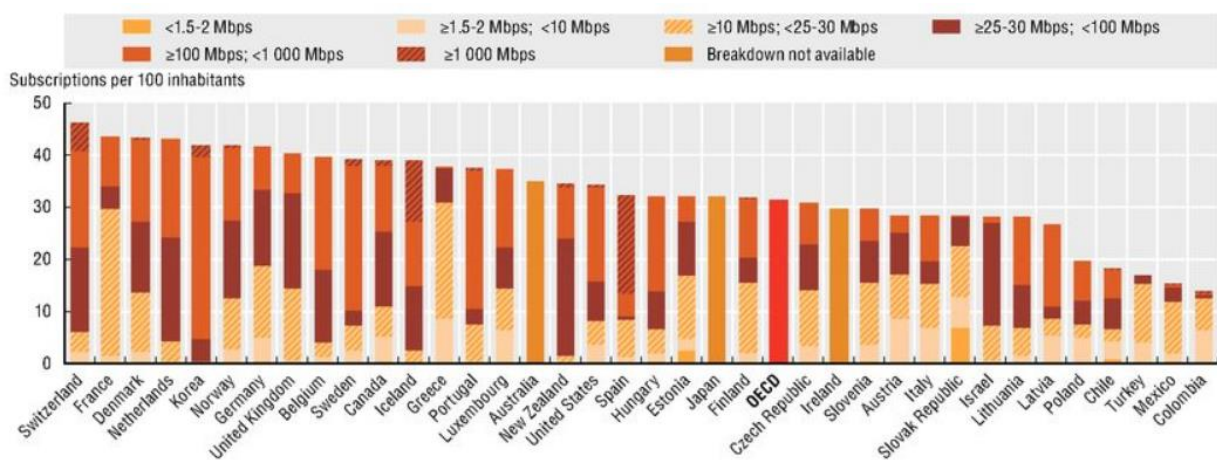


Figura 48. Suscripciones al servicio de banda ancha fija por cada 100 habitantes, por niveles de velocidad, junio 2019

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook 2020.²⁷⁸

En los países europeos se observa una mayor tendencia por los colores oscuros, predominando el color naranja, más de 100 [Mbps] pero menor a 1000 [Mbps], y el color rojo, más de 1000 [Mbps]. Sin embargo, en Francia predomina la categoría de 10 a menos de 25-30 [Mbps], al igual que en Grecia, pero en este último es más notable la categoría de 1.5 a menos de 10 [Mbps].²⁷⁹

México se ubica en la penúltima posición, donde se observa que predomina la categoría de velocidad de Internet de 10 a menos de 25-30 [Mbps] mediante fibra óptica, del mismo modo existe una menor proporción para la categoría de mayor a 25-30 [Mbps] a

²⁷⁶ Ibídem 269, p. 66.

²⁷⁷ Ibídem 269, p. 66.

²⁷⁸ Ibídem 269 [Figura], p.67.

²⁷⁹ Ídem.

menos de 100 [Mbps], y mucho menor es la presencia de la categoría de mayor a 100 [Mbps] pero menor a 1000 [Mbps].²⁸⁰

Sin embargo, existe aún presencia en el país de una categoría de baja velocidad de Internet, siendo esta de mayor a 1.5 o 2 [Mbps] pero menor a 10 [Mbps], la cual se debe eliminar lo más pronto posible porque esta última categoría limita mucho la navegación y comunicación mediante Internet.²⁸¹

Actualmente, en México, los paquetes más básicos de Internet van desde los 20 [Mbps] hasta los 200 [Mbps]. Sin embargo, las velocidades de 10 [Mbps] o menores se suelen presentar en zonas suburbanas o alejadas de las principales ciudades, y suelen ser mediante par de cobre.

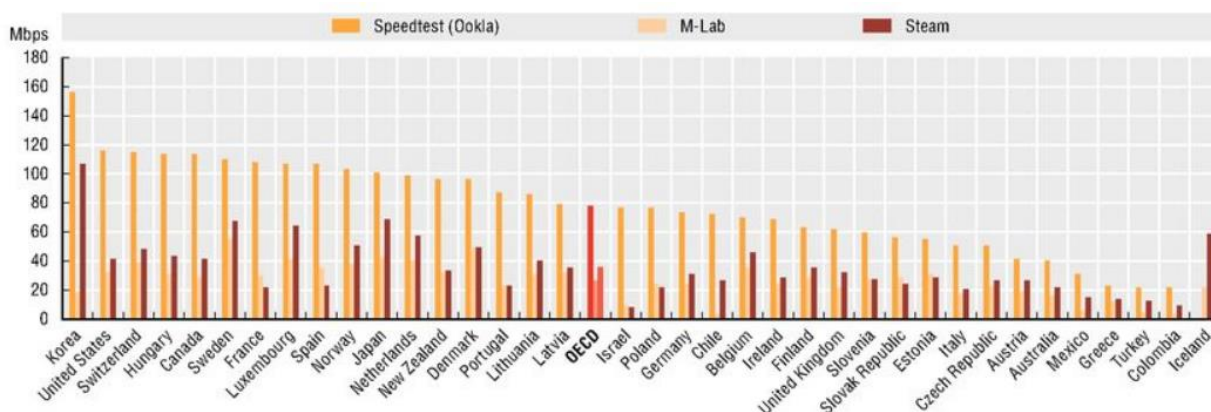


Figura 49. Velocidad de descarga promedio experimentada de las conexiones del servicio de banda ancha fija, julio 2019

Fuente: OECD: Digital Economy Outlook 2020.²⁸²

La figura 49 muestra la velocidad de descarga promedio para el servicio de banda ancha fija en cada uno de los países que integran a la OCDE, así como el promedio de la organización.

Las velocidades del servicio de banda ancha fija presentadas en la figura 49 pueden diferir de las velocidades reales experimentadas por los usuarios. Las autoridades reguladoras de telecomunicaciones de cada país miembro de la OCDE han examinado cada año de mejor

²⁸⁰ *Ibidem* 269, p. 67.

²⁸¹ *Ibidem* 269, p. 67.

²⁸² *Ibidem* 269 [Figura], p. 68.

manera este tema, logrando tener unas estadísticas internacionalmente comparables, pero el problema radica en que cada uno utiliza diferentes metodologías.

Debido a esto, la OCDE se basa a menudo en fuentes externas como Ookla (Speedtest), M-Lab o Steam para medir la velocidad de banda ancha fija, y así, lograr obtener velocidades promedio o picos nacionales comparables.

Cada una de estas empresas mencionadas, dedicadas al servicio de diagnóstico de Internet, utilizan diferentes herramientas para medir las velocidades de descarga y obtener conclusiones. En cuanto a M-Lab y Ookla compilan los resultados de las pruebas de velocidades que realizan los usuarios mediante sus plataformas, de acuerdo con M-Lab la velocidad promedio de descarga de banda ancha fija en los países de la OCDE fue de 26.8 [Mbps], mientras que Ookla da como referencia una velocidad de descarga media de 78.3 [Mbps]. Por otro lado, los datos de Steam se basan en las velocidades de una de las aplicaciones de IP más intensas: los juegos en línea; de acuerdo con Steam, el promedio de la OCDE fue de 36.1 [Mbps]. Todos los datos obtenidos fueron hasta julio del 2019.²⁸³

De acuerdo con la figura 49 y con base en los resultados mostrados por la empresa Ookla, solamente 10 países tienen una parte significativa de sus suscripciones de banda ancha fija con tasas de transmisión superiores a los 100 [Mbps] en 2019. Estos países son: la República de Corea del Sur, Estados Unidos de América, Suiza, Hungría, Canadá, Suecia, Francia, Luxemburgo, España y Noruega. Mientras que el promedio de la OCDE se encuentra cercano a los 78.3 [Mbps]. En lo que respecta a México, la velocidad de descarga promedio se encuentra alrededor de los 30 [Mbps], ubicándose entre los últimos lugares.

Adicionalmente, cabe mencionar que el relieve a lo largo de nuestro país es complejo, lo cual complica el despliegue de más redes de fibras óptica ya que aumentarían los costos de instalación en las comunidades más alejadas. Por lo tanto, gran parte de las comunidades en el país siguen contando con servicios de telecomunicaciones mediante conexiones con cable de par de cobre.

²⁸³ *Ibidem* 269, p. 68.

2.5 Comparativo de la infraestructura de cables submarinos

Una de las mejores soluciones tecnológicas que se han implementado alrededor del mundo es el despliegue de cables submarinos, los cuales interconectan continentes o países a través de sus costas y proporcionan conectividad a Internet, logrando transportar grandes cantidades de información.

La gran desventaja de los cables submarinos es su reparación, debido a que puede tardar meses esta situación si se llegase a romper o a tener una falla física. Sin embargo, el enrutamiento a través de software logra que, en caso de una falla en un cable submarino, la información viaje por otros cables submarinos para garantizar su llegada al destino final deseado, lo cual genera un aumento en el tiempo de llegada de la información.

A continuación, se presenta la información de cables submarinos de diferentes países que no necesariamente se encuentran al mismo nivel de desarrollo de México, la información recabada se obtuvo de *TeleGeography*²⁸⁴ en la sección de cables submarinos.

De acuerdo al mapa de cables submarinos de *TeleGeography*, México está conectado a 8 diferentes cables submarinos, pero algunos de ellos pertenecen a empresas privadas de telecomunicaciones para conectar diversos puntos del país siendo una inversión nacional; mientras que los otros cables submarinos bordean a diferentes países del continente americano, siendo estos una inversión multinacional.

En la figura 50 se presenta el mapa de México con los cables submarinos que cuenta actualmente, año 2021. También, se presenta la Tabla 2 con 10 diferentes cables submarinos, 8 actuales y 2 que serán desplegados en un futuro, indicando si son de inversión nacional o multinacional, sus características y puntos de conexión que tienen en el país.

²⁸⁴ TeleGeography. (2020). *Submarine Cable Map*. Recuperado el 9 de mayo de 2020 de: <https://www.submarinecablemap.com/>

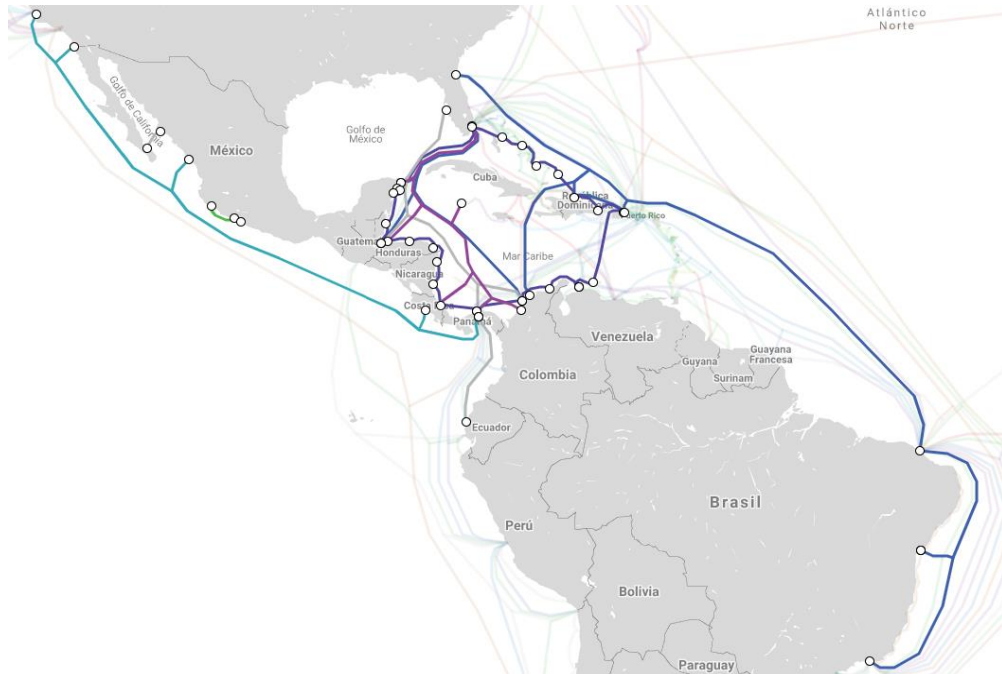


Figura 50. Cables submarinos conectados a México

Fuente: Sitio Web: TeleGeography.²⁸⁵

Como se observa en la figura 50, México cuenta actualmente con 8 diferentes cables submarinos, entre los cuales se unen diferentes puntos del país entre sí o están comunicados con otros países mediante los cables submarinos multinacionales.

El país cuenta con 4 cables submarinos de inversión nacional: 2 pertenecen a Telmex, uno de América Móvil y otro a Megacable, esto con el fin de mejorar su infraestructura de telecomunicaciones y reducir costos. México cuenta con otros 4 cables submarinos multinacionales, uno por el océano Pacífico y los otros 3 se encuentran en el mar del Caribe y océano Atlántico, estando los puntos de conexión en países del Caribe y de América del Sur.

Cabe agregar que México tendrá en los próximos años conexión a dos nuevos cables submarinos: en el año 2022 al cable GigNet-1 con ruta Florida-Cancún y en el año 2024 al cable *Caribbean Express* (CX) teniendo un punto de conexión en Cancún ya que la ruta de este cable será de Florida, E.U.A a Balboa, Panamá.

En México, la mayoría de cables parten desde el Este del país, concretamente desde Tulum y Cancún, atravesando el Golfo de México para unirse con Florida, pero también con

²⁸⁵ Ídem [Figura].

otros países de Centroamérica y Sudamérica. En su costa Oeste, Tijuana y Mazatlán se unen a un cable submarino perteneciente a la multinacional *Level 3*, ahora *CenturyLink*, que va desde California hasta Costa Rica y Panamá.²⁸⁶

En la Tabla 1 se presenta información de los diferentes cables submarinos que se encuentran conectados al territorio nacional, así como los próximos a conectarse^{287,288}, el tipo de inversión y algunas características principales de estos.

Cable submarino	Tipo de inversión	Características
Golfo de California	Nacional	Se encuentra en funcionamiento desde el año 2019. La empresa propietaria es Megacable, que trabajo con <i>Huawei Marine</i> , y tuvo una inversión de 450 millones de pesos. El cable submarino mide 250 [km], cuenta con 48 hilos y tiene capacidad de 8[Tbps], se encuentra a 3500 metros de profundidad. Une a las ciudades de La Paz, California Sur y Topolobampo, Sinaloa. ²⁸⁹
Lázaro Cárdenas – Santiago	Nacional	Se encuentra en funcionamiento desde el año 2013. La empresa propietaria es Telmex, y tuvo una inversión estimada de 4,269,000 millones de dólares americanos, cuenta con 24 hilos de fibra óptica y el sistema completo tiene una capacidad inicial de 10 [Gbps], se encuentra a más de 200 metros de profundidad. El cable submarino une las Centrales de Telmex ubicadas en Lázaro Cárdenas, Michoacán y Santiago, Colima. ²⁹⁰

²⁸⁶ Fernández, Y. (2018). *Así es el mapa de todos los cables submarinos que le dan forma a Internet*. Recuperado el 16 de marzo de 2020 de: <https://www.xataka.com/otros/asi-es-el-mapa-de-todos-los-cables-submarinos-que-le-dan-forma-a-internet>

²⁸⁷ Arena Pública. (2021). *Nuevo cable submarino unirá Florida con Cancún*. Recuperado el 21 de mayo de 2021 de: <https://www.arenapublica.com/negocios/nuevo-cable-submarino-unira-florida-con-cancun>

²⁸⁸ Almacenamiento it. (2021). *Se prepara un nuevo cable submarino para interconectar Florida con Panamá*. Recuperado el 21 de mayo de 2021 de: <https://almacenamientoit.ituser.es/noticias-y-actualidad/2021/02/se-prepara-un-nuevo-cable-submarino-para-interconectar-florida-con-panama>

²⁸⁹ Corona, L. (2018). *Megacable invierte 450 mdp en conectar Baja California Sur con cable submarino*. Recuperado el 14 de mayo de 2020 de: <https://expansion.mx/empresas/2018/07/06/megacable-invierte-450-mdp-en-conectar-baja-california-sur-con-cable-submarino>

²⁹⁰ Telmex. (2007). *Sistema de Telecomunicaciones por Cable Submarino de Fibra Óptica Lázaro Cárdenas – Santiago (STCSFO/LC-ST)*. Recuperado el 14 de mayo de 2020 de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mich/estudios/2007/16MI2007V0011.pdf>

Ixchel	Nacional	Se encuentra en funcionamiento desde agosto del 2007. La empresa propietaria es Telmex y tuvo una inversión de 5.6 millones de dólares americanos, garantizando las comunicaciones entre la isla de Cozumel con el resto del País, a través de Playa del Carmen. Este cable submarino tiene una extensión de 32 [km] y posee una capacidad de 800 [Gbps], soportando 9.7 millones de sesiones simultáneas de voz y datos en un solo par de fibras ópticas, el cable tiene en total 12 pares de fibras ópticas. ²⁹¹
ARCOS -1	Multinacional	Empezó su funcionamiento desde el año 2001, tiene una topología de anillo e interconecta a la región del Caribe, tiene una longitud de 8,700 [km] y el modelo de propiedad es de consorcio, pero se encuentra a cargo de la empresa <i>C&W Networks</i> . Está conformado por 26 segmentos, y cuenta con 12 pares de fibra óptica en segmentos sin repetidor y 3 pares de fibra óptica en segmentos con repetidor. La capacidad actual por par de fibra óptica es de 450 [Gbps], y todo el sistema tiene una capacidad de hasta 8.4 [Tbps]. ²⁹² Se estima que tuvo una inversión de 400 millones de dólares. ²⁹³ De acuerdo con TeleGeography tiene actualmente 20 empresas en el consorcio. Los puntos de conexión en México se encuentran en: Tulum y Cancún.
AURORA	Multinacional	Se tenía previsto su inicio de operación el primer trimestre del año 2020, pero de acuerdo con TeleGeography, este cable submarino entrará en funcionamiento en el año 2021; esto puede deberse a la pandemia del coronavirus, COVID-19, la cual ocasionó un retraso en los últimos detalles de operación del cable submarino. Es propiedad de la empresa <i>Fiber Prime Telecommunications</i> (FPT), el despliegue fue mediante la empresa <i>Alcatel Submarine Networks</i> ,

²⁹¹ Noticias del sector electrónico-informático. (2007). *Inaugura Telmex un cable submarino*. Recuperado el 14 de mayo de 2020 de: <http://notitelecom.iiec.unam.mx/node/1862>

²⁹² C&W Networks. (2020). *Networks systems: ARCOS-1*. Recuperado el 16 de mayo de 2020 de: <https://www.cwnetworks.com/network-systems/arcos-1/>

²⁹³ Semana. (1999). *Cable submarino*. Recuperado el 16 de mayo de 2020 de: <https://www.semana.com/economia/articulo/cable-submarino/39702-3>

		su tipología es de tipo bus, yendo desde Estados Unidos de América hasta Ecuador, a través de Panamá, teniendo una longitud de 5,500 [km]. La inversión se estima en 310 millones de dólares y proporcionará una capacidad de hasta 15 [Tbps] para así gestionar correctamente las necesidades de los usuarios, crecimiento de ancho de banda, soporte a redes 4G y 5G, entre otros. ²⁹⁴ Tiene un punto de conexión con México en Cancún.
Maya-1	Multinacional	Se encuentra en funcionamiento desde el año 2000, tiene una topología de bus y conecta a países de Centroamérica con México y Estados Unidos de América. Tiene una longitud de 4,400 [km] y el modelo de propiedad es de consorcio, entre esas empresas se encuentra Telmex, pero se encuentra a cargo de la empresa <i>C&W Networks</i> . El cable submarino tiene un total de 11 segmentos y cuenta con 2 pares de fibra, dando una capacidad total del cable submarino de 922.5 [Gbps]. ²⁹⁵ El proyecto tuvo un costo de 207 millones de dólares. ²⁹⁶ De acuerdo con TeleGeography tiene actualmente 18 empresas en el consorcio, entre los cuales destaca América Móvil. El punto de conexión con México es en Cancún.
AMX-1	Nacional	Se encuentra en operación desde el año 2014 y es propiedad de la empresa mexicana América Móvil, tiene una topología mayormente de bus, pero en la zona del caribe cuenta con una topología de anillo. Tiene una longitud de 17,800 [km]. Tuvo una inversión de 1,100 millones de dólares. De acuerdo con América Móvil, el cable tiene una capacidad de transmitir datos a una velocidad de 100 [Gbps]. Además, este cable submarino conecta a 7 diferentes países de América, pasando desde el

²⁹⁴ Toledo, V. (2017). *Alcatel y FPT desplegarán el cable submarino Aurora*. Recuperado el 23 de mayo de 2020 de: <https://www.datacenterdynamics.com/es/noticias/alcatel-y-ftp-desplegar%C3%A1n-el-cable-submarino-aurora/>

²⁹⁵ C&W Networks. (2020). *Networks systems: MAYA-1*. Recuperado el 23 de mayo de 2020 de: <https://www.cwnetworks.com/network-systems/maya-1/>

²⁹⁶ La nación. (2000). *País se conecta a cable submarino*. Recuperado el 23 de mayo de 2020 de: <https://www.nacion.com/el-pais/pais-se-conecta-a-cable-submarino/HPAVEPVSOZFCZDDOGGJVH3BE4A/story/>

		norte de América, Centroamérica y Caribe, hasta el sur de América en Brasil. ²⁹⁷ El punto de conexión que tiene México con este cable submarino es mediante el punto de aterrizaje en Cancún.
Pan-American Crossing (PAC)	Multinacional	Se encuentra en operación desde marzo del año 2000, es propiedad actualmente de <i>CenturyLink</i> quien compro <i>Level 3</i> . Tiene una longitud de 10,000 [km] cruzando el océano Pacífico desde Grover Beach, California en Estados Unidos de América hasta Unqui, Costa Rica. Tiene comunicación solamente con 4 países de América, EE.UU., México, Panamá y Costa Rica. En México se tienen 2 puntos de acceso: Mazatlán y Tijuana. No se conoce mucho de las características del cable submarino.
GigNet-1	Multinacional	Este nuevo cable submarino se encuentra en despliegue para entrar en funcionamiento en el año 2022. Aún no se dan a conocer las especificaciones técnicas de este cable submarino. El consorcio dueño de este cable es <i>FB Submarine Partners</i> , este cable submarino tendrá una longitud de 1,200 kilómetros desde Florida, EU hasta Cancún, México. De acuerdo con el consorcio, el desarrollo, hasta marzo del 2021, ha incluido la finalización de estudios de diferentes rutas, estudios de viabilidad regulatorios y permisos en Florida y México, también se han realizado estudios de análisis y demanda del mercado, así como la contratación de proveedores para el diseño, equipos e instalación del sistema submarino. En México, este consorcio se asociará con GigNet para tener acceso a la playa en Cancún y colocar la estación de aterrizaje del cable. GigNet opera una red avanzada de fibra óptica en la región de la Riviera Maya, proporcionando servicios a hoteles, empresas y desarrollos planificados, logrando así

²⁹⁷ Expansión. (2013). *América Móvil instala cable submarino*. Recuperado el 23 de mayo de 2020 de: <https://expansion.mx/negocios/2013/12/17/amovil-conecta-a-mexico-con-siete-paises>

		que el cable submarino GigNet-1 proporcione tránsito IP y conectividad privada en la región. ²⁹⁸
Caribbean Express (CX)	Multinacional	En febrero del 2021 la compañía Ocean Networks Inc. presentó un nuevo proyecto para construir un cable submarino de alta velocidad que unirá a Florida con Panamá, a través del Caribe, llamado <i>Caribbean Express</i> . Los puntos de conexión de este cable serán: West Palm Beach (Florida, EU), Cancún (México), Cartagena (Colombia) y Balboa (Panamá), con la posibilidad de ampliar su red para comunicar a otros países de la región del Caribe. Este cable submarino entrará en operación en el año 2024, por lo tanto, aún no se conocen las especificaciones técnicas. El costo estimado para su construcción es de 300 millones de dólares, hasta ahora se han realizado análisis de mercado, estudios ambientales y de permisos, y se han formalizados acuerdos con las organizaciones que gestionan las ubicaciones donde aterrizará el cable submarino. ²⁹⁹

Tabla 1. Descripción de los cables submarinos en territorio mexicano

Fuentes: Sitios Web: Expansión, Telmex, La nación, C&W Network, Semana, Data Center Dynamics, Arena Pública, Almacenamiento it.

A continuación se presenta la infraestructura de los cables submarinos de los siguientes países: Estados Unidos de América, Turquía, Chile y Japón. Se muestran los mapas correspondientes y se brinda un análisis de lo observado en estos, así como una comparación con respecto a México.

En el caso de los Estados Unidos de América, se observa en la figura 51 que los cables submarinos que posee son en mayor cantidad a los que posee nuestro país. De acuerdo con el mapa de cables submarinos proporcionados por *TeleGeography*, Estados Unidos de América cuenta con un total de 89 cables submarinos los cuales se conectan con este país desde sus dos diferentes costas: la costa Este mediante el océano Atlántico y la costa Oeste mediante el océano Pacífico.

²⁹⁸ *Ibidem* 298.

²⁹⁹ *Ibidem* 299.

La mayoría de estos cables son de inversión multinacional porque se conectan con diferentes países fuera de EE.UU., mientras que pocos cables submarinos tienen una inversión nacional como los que conectan a Estados Unidos de América con su territorio de Alaska y el archipiélago de Hawái.

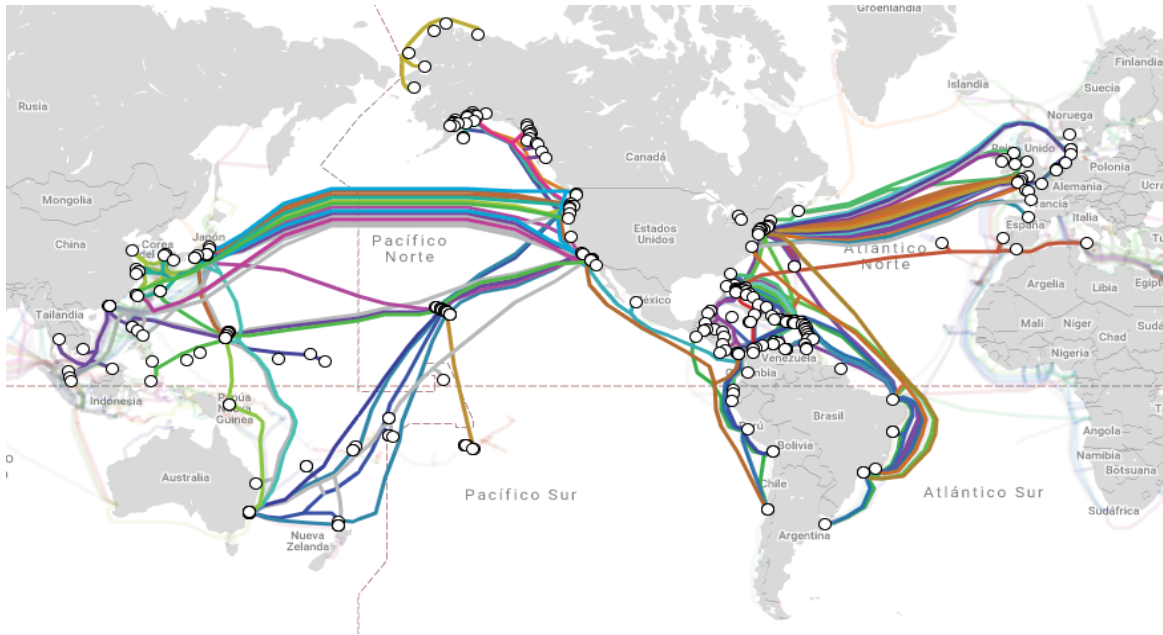


Figura 51. Cables submarinos conectados a Estados Unidos de América

Fuente: Sitio Web: TeleGeography.³⁰⁰

Estados Unidos de América es una potencia en materia de telecomunicaciones, además de tener una influencia mundial, una gran conectividad de Internet con otros países, llegando a todo el continente americano, Europa, Asia y Oceanía. Es el único país americano que cuenta con una conexión directa con Japón, China y otros países de Asia.

Mientras que con el continente africano no tiene un punto de conexión, los puntos más cercanos se encuentran en la Isla de Sicilia, Italia y en Colín, España. Por otro lado, la conexión más cercana al Medio Oriente es mediante el punto de conexión que se encuentra en Mazara del Vallo, en la Isla de Sicilia en el territorio de Italia.

En comparación con México, Estados Unidos de América tiene, actualmente, 81 cables submarinos más, esto es, 1012.5% más de esta infraestructura marina. Permitiendo

³⁰⁰ Ibídem 284 [Figura].

que E.U.A tenga una mayor capacidad de Internet y mayores rutas para el envío de información en caso de una falla en algún cable submarino.

Igualmente, E.U.A es un significativo proveedor de Internet y por ello estos cables le sirven para proporcionar este servicio a diferentes partes del mundo. A nuestro país le hace falta inversión multinacional para tener un mayor número de cables submarinos con otras regiones del mundo, por ejemplo, conectarse al archipiélago de Hawái donde convergen diferentes cables submarinos y lo cual permitiría una mayor comunicación con otras regiones del mundo.

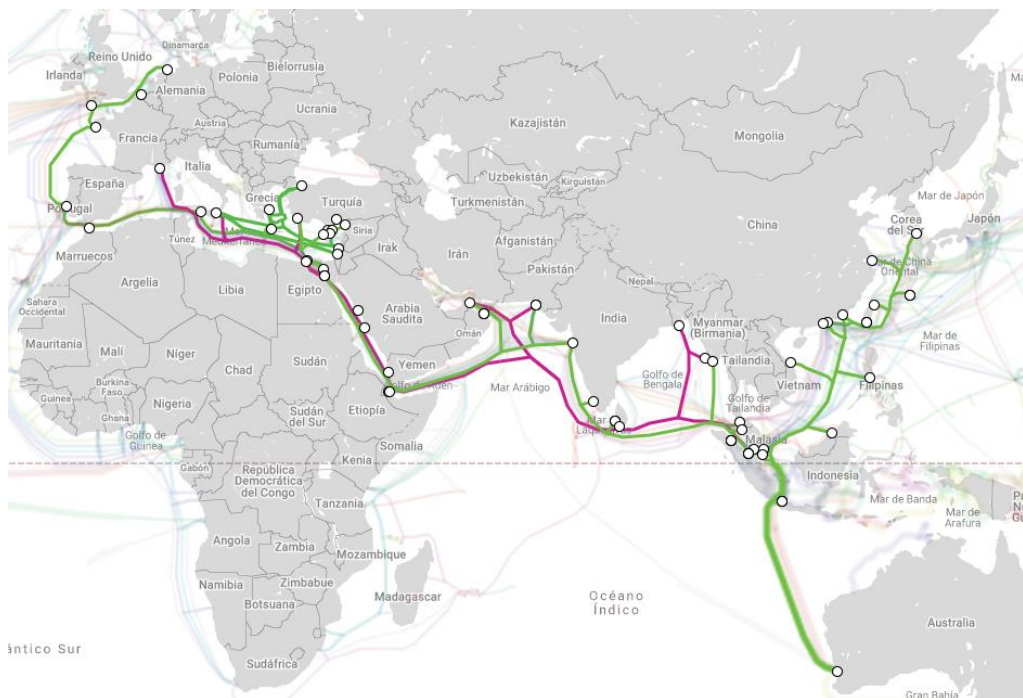


Figura 52. Cables submarinos conectados a Turquía

Fuente: Sitio Web: TeleGeography.³⁰¹

En la figura 52 se observan los cables submarinos con los cuales cuenta Turquía, de acuerdo con *TeleGeography* solamente son 5: de los cuales 2 tienen inversión nacional y conectan a Turquía continental con la parte norte de Chipre, perteneciente a su soberanía, estos cables son el Turcyos-1 instalado en 1993 y el Turcyos-2 instalado en el año 2013, ambos pertenecen a la empresa Turk Telekom.

³⁰¹ *Ibíd*em 284 [Figura].

Los otros 3 cables submarinos son de inversión multinacional como lo son el cable submarino SeaMeWe-3 que está en funcionamiento desde el año 1999 y va desde el norte de Alemania, cruza el mar Mediterráneo, Medio Oriente, los países del océano Índico, llegando a Australia y a la República de Corea del Sur.

El cable submarino SeaMeWe-5 está en funcionamiento desde el año 2016 y va desde Francia hasta Singapur, Malasia. El último cable submarino es el *MedNautilus Submarine System* que está en operación desde el año 2001, comunicando diferentes países que se encuentran alrededor del mar Mediterráneo.

El cable submarino es propiedad de una empresa italiana de nombre Telecom Italia Sparkle, con lo que con este último cable se muestra como una empresa de telecomunicaciones externa a Turquía conectó varios países del mar Mediterráneo y Turquía, permitiendo un punto de conexión en la ciudad de Estambul, Turquía.

Comparando el número de cables submarinos que tienen Turquía y México, este último posee actualmente 3 cables submarinos más que el país de Asia Occidental, 37.5% más de cables submarinos, siendo de la siguiente manera: 1 cable más de inversión nacional y 2 más con inversión multinacional.

Destaca que Turquía cuenta con un cable submarino multinacional, pero la propiedad es de una empresa de telecomunicaciones italiana, por lo que se cuestiona por qué México no permite que otros operadores de telecomunicaciones activos en el país puedan desplegar cables submarinos en éste para mejorar la velocidad de Internet. Logrando así mejorar los servicios que estos operadores ofrecen en el país, teniendo así una mayor cobertura, competencia y precios más accesibles a la población.

La figura 53 muestra los cables submarinos con los cuales cuenta Chile, de acuerdo con *TeleGeography*, este país cuenta con 9 cables submarinos, todos ellos se ubican en el continente americano, es decir, no están conectados con algún otro continente.

Chile cuenta con 3 cables submarinos de inversión nacional, con los cuales se conectan diferentes puntos de su territorio mediante estos: el cable submarino FOS Quellon-Chacabuco está en funcionamiento desde enero del año 2015 y el cable submarino Prat que entró en operación en junio del año 2020, la empresa propietaria de ambos cables submarinos

es Gtd Teleductos S.A.; el cable submarino Fibra Óptica Austral está en operación desde el año 2020 y es propiedad de la empresa Subtel.



Figura 53. Cables submarinos conectados a Chile

Fuente: Sitio Web: TeleGeography.³⁰²

Los otros 6 cables submarinos que tienen conexión con Chile son de inversión multinacional y permiten comunicaciones con países de Sudamérica, Centroamérica y algunos países del mar Caribe.

Chile solamente tiene conexión con un país de América del Norte y es con los Estados Unidos de América, teniendo dos cables submarinos conectados: uno en Boca Ratón, Florida y otro en Los Ángeles, California. Este país sudamericano no tiene conexión con México mediante algún cable submarino de forma directa, ni mediante otro cable submarino donde ambos países tengan un punto de conexión a este.

Comparando a Chile con México, se observa que México carece de una mayor conexión con países de Sudamérica como lo tiene Chile. México tiene conexión mayormente,

³⁰² Ibídem 284 [Figura].

mediante los cables submarinos, con países de Centroamérica y del mar Caribe, y solamente tiene conexión con países de Sudamérica como Ecuador, Colombia, Venezuela y Brasil.

México tiene más cables submarinos que Chile, 8 y 6, respectivamente, por lo cual nuestro país tiene 25% más de este tipo de infraestructura marina.

Además, comparando el mapa de cables submarinos de México de la figura 50 con la figura 53 correspondiente a Chile, se aprecia que el alcance de los cables submarinos de México está muy centrado en la región del Caribe y no se cuenta con más expansión hacia el sur del continente americano.

Debido a lo anterior, se debería enfocar también el crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones de México en cables submarinos hacia el sur del continente mediante la inversión multinacional con diferentes proveedores de telecomunicaciones de países sudamericanos.

La figura 54 muestra los cables submarinos conectados a Japón, de acuerdo con *TeleGeography*, este país cuenta con un total de 26 cables submarinos. A pesar de ser una cantidad menor respecto a la de los Estados Unidos de América, la longitud de estos cables submarinos es muy grande, debido a que algunos van desde Japón a Estados Unidos, conectando 2 puntos diferentes y el cable submarino regresa a otro punto de conexión en Japón. Este país asiático cuenta con cables submarinos que recorren el océano Índico, pasan por Egipto, cruzan el mar Mediterráneo y llegan hasta el norte de Europa.



Figura 54. Cables submarinos conectados a Japón

Fuente: Sitio Web: TeleGeography.³⁰³

³⁰³ *Ibíd*em 284 [Figura].

Los cables submarinos de Japón son mayormente de inversión multinacional debido a que se conectan con diversos países de la región de Asia-Pacífico, tales como Australia, países de la región del mar Árabe, del mar Rojo, del mar Mediterráneo y países del norte de Europa. Asimismo, Japón cuenta con cables submarinos de inversión nacional que logran proporcionar servicios de telecomunicaciones a sus principales cuatro grandes islas: Hokkaido, Honshu, Shikoku y Kyushu, y otras islas más pequeñas que están bajo su soberanía.

Japón es una potencia mundial en el ámbito de tecnología y telecomunicaciones. En comparación con nuestro país, tiene 18 cables submarinos más, es decir, cuenta con 225% más de esta infraestructura marina y el alcance en distancia de estos es mucho mayor, llegando a diversas regiones del mundo: África, Europa, Oriente Medio, Asia, Oceanía mediante Australia y América mediante Estados Unidos de América.

Si México quisiera conectarse o enviar información con Japón o algún país de Asia o Europa, requeriría de Estados Unidos de América como intermediario para que éste sea el encargado de enviar y recibir la información de México.

En la figura 55 se muestra un gráfico de barras para recopilar el número total de cables submarinos con los cuales cuenta cada uno de los países analizados en esta sección.

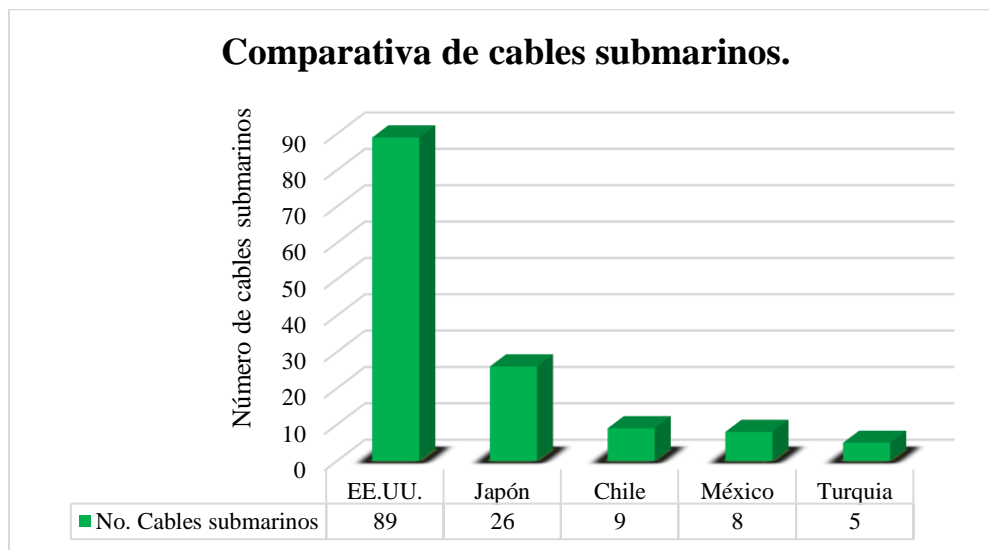


Figura 55. Cantidad de cables submarinos en los diferentes países analizados

Fuente: Con base en los datos del sitio web TeleGeography.³⁰⁴

³⁰⁴ Ibídem 284 [Figura].

La información que se envía de México a otras regiones del mundo no es totalmente segura debido a que E.U.A podría conocer la información enviada o recibida de otras regiones del mundo.

Por esta razón, se debería fortalecer la infraestructura de telecomunicaciones en el ámbito de cables submarinos y crear inversiones multinacionales para poder acceder a otras regiones del mundo y mejorar la calidad de servicio de Internet del país, aumentando la capacidad de telecomunicaciones de México.

2.6 Comparativo de la infraestructura de instalaciones IXP para el acceso a Internet

La instalación de IXP en diferentes países ayuda a la gestión de Internet, la seguridad de la información que se transporta es mayor, además se atraen a más operadores internacionales de telecomunicaciones y, por consiguiente, se tiene una mayor innovación en esta área.

Un estudio realizado por el Ripe NCC (*Réseaux IP Européens Network Coordination Centre*), que significa Centro de Coordinación de redes IP europeas, mostró que entre los años 2008 a 2016, la implementación de IXP en el mundo avanzó considerablemente y las membresías incrementaron a medida que aumentó la preocupación por la privacidad.³⁰⁵

En la figura 56 se muestra que desde el año 2008 en la región de Norte América se ha tenido un incremento en la instalación de IXP, región a la cual pertenece México. Sin embargo, este crecimiento fue principalmente en los países de Estados Unidos de América y Canadá, debido a que México tuvo su primer IXP en el año 2014.³⁰⁶

³⁰⁵ Hernández, R. (2019). *Confianza y neutralidad: los desafíos que enfrentan los IXP en México*. Recuperado el 30 de abril de 2020 de: <https://www.mdcdatacenters.com/es/interconnection-mdc/trust-neutrality-the-challenges-ixps-face-in-mexico/>

³⁰⁶ Morales, C. (2014). *México ya tiene su primer Punto de Intercambio de Internet*. Recuperado el 30 de abril de 2020 de: <https://www.forbes.com.mx/mexico-ya-tiene-su-primer-punto-de-intercambio-de-internet/>

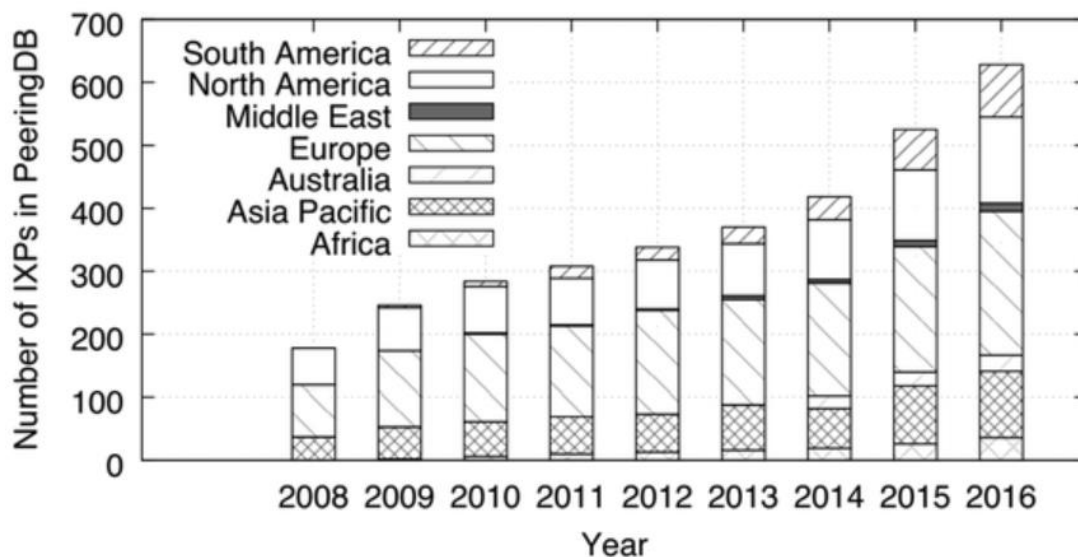


Figura 56. Evolución del número de IXP por región, RIPE NCC

Fuente: Sitio Web: mdc.³⁰⁷

Uno de los puntos claves para establecer un IXP es la neutralidad, es decir, hay que tener una administración y ubicaciones neutrales, además el operador gerente del IXP debe ser independiente de las influencias externas. Desafortunadamente, en ciertas ocasiones las empresas o entidades gubernamentales intentan controlar completamente los aspectos del IXP, lo cual no genera confianza en la gestión de estos.³⁰⁸

“Factores como las restricciones fiscales y de inversión, los costos más altos de la fibra terrestre local y las reglas complejas para el despliegue de la red pueden inhibir los IXP. Fomentar un entorno propicio ayuda a crear un ecosistema IXP más fuerte.”³⁰⁹

De acuerdo con una investigación por parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, se confirmó que los países con menor número de IXP en su territorio tienen un mayor flujo de datos transfronterizos. El resultado de esta investigación fue que posteriormente hubo un crecimiento de IXP en los países menos desarrollados. Un ejemplo es América Latina donde en junio de 2017 se albergaban 61 IXP y para septiembre de 2019 se contaba con 89 IXP, esto fue un incremento del 37%.³¹⁰

³⁰⁷ Ídem.

³⁰⁸ Ibídem 305.

³⁰⁹ Ibídem 305.

³¹⁰ Ibídem 305.

Un IXP, de acuerdo con la OCDE: “Permite el intercambio de tráfico en un solo punto, reduce los costos de tránsito, elimina los costos de transporte transfronterizo y genera incentivos para crear contenido nacional.”³¹¹

“En general, el crecimiento de IXP en América Latina ha sido impulsado principalmente por Brasil, que ha albergado a más de la mitad de los IXP de América Latina durante la mayor parte de la historia de la expansión de Internet en la región. El éxito de Brasil ha sido producto de varios factores:

- El Comité Directivo de Internet de Brasil planificó a largo plazo, una estrategia consistente de desarrollo económico, en lugar de proyectos únicos a corto plazo.
- El Comité Directivo de Internet de Brasil reunió comentarios importantes e hizo una investigación cuidadosa de CityLink del sistema IXP de Nueva Zelanda y el SeattleIX.”³¹²

“Por el contrario, México, que tiene el segundo mayor número de tráfico de Internet en América Latina, no ha tenido el mismo éxito con el desarrollo de IXP. En 2012, una revisión de la Política y Regulación de Telecomunicaciones en México, por parte de la OCDE, señaló que México era el único estado miembro que no tenía un IXP y recomendó altamente que el país establezca uno para incentivar la creación de contenido local y la infraestructura del centro de datos.”³¹³

En México, el 25 de julio de 2017, mediante los acuerdos publicados en el Diario Oficial de la Federación se obligó al preponderante en el sector de telecomunicaciones, América Móvil, a tener presencia física en los puntos de intercambio de Internet en el territorio nacional.³¹⁴ Previamente esta empresa estaba únicamente conectada al IXP MEX-IX, el más importante IXP enfocado a México dentro de los Estados Unidos de América, ubicado en McAllen, Texas.³¹⁵

³¹¹ *Ibíd*em 306.

³¹² *Ibíd*em 305.

³¹³ *Ibíd*em 305.

³¹⁴ Martínez, C. (2017). *Emiten reglas de Internet para Telmex*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/cartera/telecom/2017/07/25/emiten-reglas-de-internet-para-telmex>

³¹⁵ MDC Data Centers. (2020). *MEX-IX: Punto de intercambio de Internet*. Recuperado el 30 de abril de 2020 de: <https://www.mdcdatacenters.com/es/services/interconnection/internet-exchange-point/>

Por otro lado, Brasil ha obligado a sus principales operadores de telecomunicaciones a instalar 6 nuevos IXP, como parte de lo establecido en el Plan General de Metas de Competencia (PGMC). Estos nuevos 6 IXP se unirán a los 28 IXP ya funcionales a lo largo del territorio brasileño.³¹⁶

Estados Unidos de América es el país con mayor número de IXP en el mundo, teniendo hasta el año 2018 un total de 189, además de Alaska, Hawái y Guam, de acuerdo con *Packet Clearing House* (PCH), el cual es el organismo internacional encargado de proveer apoyo operacional y de seguridad a la infraestructura de red.³¹⁷

México necesita de una mayor infraestructura de Internet mediante el desarrollo e instalación de nuevos IXP con la idea de ofrecer un mayor número de sitios donde los operadores de redes locales se puedan conectar a Internet mediante un acceso más cercano, esto ayudaría a reducir retrasos en el flujo de datos y costos a los usuarios finales. El país al tener un menor número de IXP en el territorio nacional experimentará un mayor flujo de datos transfronterizos, peligrando los datos y aumentando el retraso, lo que significa viajar de un país a otro y de regreso.³¹⁸

En el 2018 el número mundial de IXPs era de 929, de acuerdo con datos de *Packet Clearing Home*. Los países que contaban con más IXP en el 2018, y que hoy en día mantienen esos números, son: Estados Unidos de América con 189, India con 27, China con 19.³¹⁹ Mientras que Brasil cuenta con 34 IXP, Argentina con 32³²⁰ y México solamente cuenta con 2 IXP en funcionamiento.

Además, cabe destacar que el número de IXP de cada país no es proporcional al número de usuarios de Internet que tiene, es decir, tener más usuarios no significa que tenga más IXP en su territorio nacional.

³¹⁶ Larocca, N. (2018). *Brasil obliga a operadores dominantes a instalar seis nuevos IXPs*. Recuperado el 30 de abril de 2020 de: <https://www.telesemana.com/blog/2019/01/07/brasil-obliga-a-operadores-dominantes-a-instalar-seis-nuevos-ixps/>

³¹⁷ Notimex. (2018). *Estados Unidos domina puntos de intercambio de tráfico de Internet*. Recuperado el 2 de mayo de 2020 de: <https://www.20minutos.com.mx/noticia/455315/0/estados-unidos-domina-puntos-de-intercambio-de-trafico-de-internet/>

³¹⁸ Ídem.

³¹⁹ Ibídem 317.

³²⁰ Cámara Argentina de Internet. (2021). *Nuevo Atlas Red Nacional de IXP CABASE 2020*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://www.cabase.org.ar/nuevo-atlas-red-nacional-de-ixp-cabase-2020/>

Para los 6 países mencionados anteriormente, se presenta una estimación de los usuarios de Internet que tuvieron en el 2020: China contó con 989 millones de usuarios de Internet³²¹, India tuvo 749.07 millones³²², Estados Unidos de América contó con 298.8 millones³²³, México tuvo 84.1 millones³²⁴, Brasil contó con 160 millones³²⁵ y Argentina tuvo 36.3 millones usuarios de Internet³²⁶. La figura 57 muestra gráficamente a estos países con sus usuarios de Internet y su infraestructura de IXP.

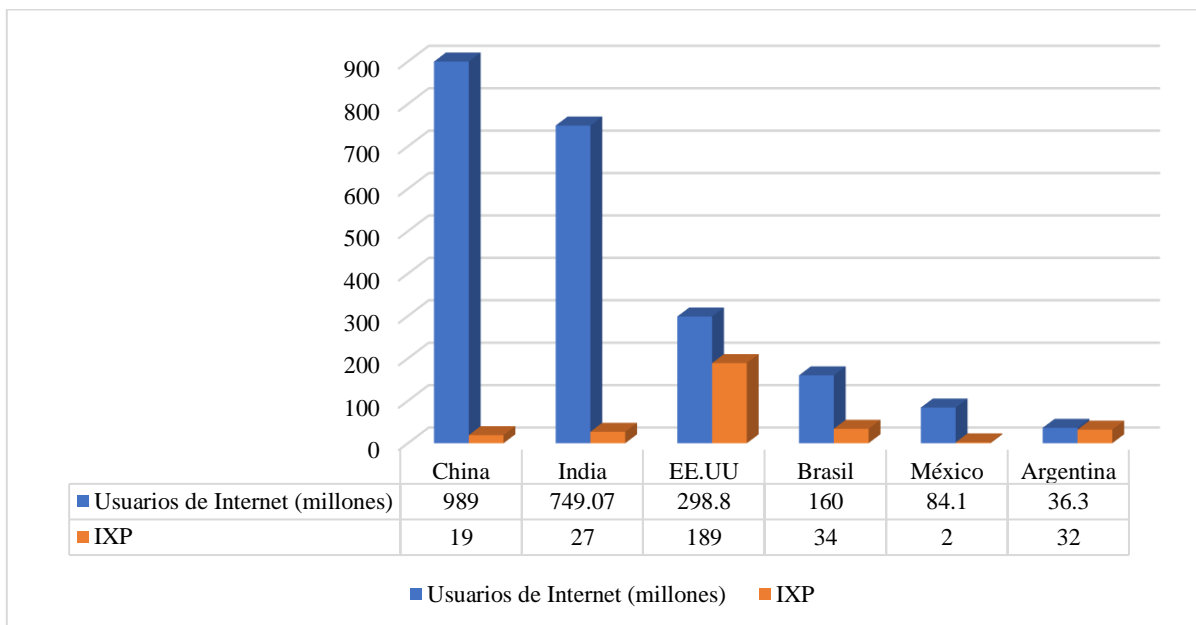


Figura 57. Usuarios de Internet y número de IXPs en diferentes países

Fuente: Elaboración propia mediante datos recabados previamente.

³²¹ CGTN en Español. (2021). *China tiene casi 1.000 millones de usuarios de Internet*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://espanol.cgtn.com/n/2021-02-04/EaDGcA/china-tiene-casi-1000-millones-de-usuarios-de-internet/index.html>

³²² Keelery, S. (2021). *Number of internet users in India 2010-2040*. Recuperado el 23 de septiembre de 2021 de: <https://www.statista.com/statistics/255146/number-of-internet-users-in-india/>

³²³ Alvino, C. (2021). *Situación digital de Estados Unidos en el 2020-2021*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://branch.com.co/marketing-digital/situacion-digital-de-los-estados-unidos-en-el-2020-2021/>

³²⁴ Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2021). *En México hay 84.1 millones de usuarios de internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020. (Comunicado de prensa) 22 de junio*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/en-mexico-hay-841-millones-de-usuarios-de-internet-y-882-millones-de-usuarios-de-telefonos-celulares>

³²⁵ Alvino, C. (2021). *Estadísticas de la situación digital de Brasil en el 2020-2021*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-brasil-en-el-2020-2021/>

³²⁶ Alvino, C. (2021). *Estadísticas de la situación digital de Argentina en el 2020-2021*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-argentina-en-el-2020-2021/>

Como se mencionó anteriormente, y también mediante la gráfica anterior, México está rezagado en la infraestructura de IXPs. El primer IXP fue inaugurado en el año 2014, el cual se encuentra ubicado en el centro de datos Santa Fe, Ciudad de México, de la firma tecnológica mexicana KIO Networks.³²⁷

El IXP, denominado Konec (*KIO Open Network Ecosystem*), fue inaugurado por el Consorcio para el Intercambio de Tráfico de Internet, A.C. (CITI), integrado por: KIO, Nextel, Iusacell, Megacable, Redit, Transtelco y la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI).³²⁸

México requiere urgentemente de más infraestructura de IXP para mejorar la gestión de datos, así como también lograr reducir costos a las empresas y aumentar la calidad del servicio que estas proporcionan.

De acuerdo a la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, México tiene la capacidad de albergar por lo menos 7 puntos de interconexión IXP, de modo que se espera que en un futuro no lejano exista un impulso a estas medidas positivas de infraestructura tecnológica.³²⁹

El segundo IXP en México se ubica en el estado de Yucatán, propuesto en el año 2018 por la firma tecnológica global *Cisco Systems*. Este IXP cuenta con 12 puertos de interconexión configurables desde 1 hasta 10 [GB].³³⁰

La Cámara Nacional de la Industria Electrónica refiere sobre el segundo IXP en México: “Una de las importantes justificaciones para el establecimiento del nodo IXP-Yucatán es que, hasta hace poco, cerca del 90% del tráfico de Internet de México se intercambiaba en un nodo estadounidense y regresaba a territorio nacional, el resto lo hacía gracias a acuerdos bilaterales entre empresas de telecomunicaciones. Es decir, un correo

³²⁷ *Ibidem* 306.

³²⁸ *Ibidem* 306.

³²⁹ Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información. (2018). *IXP-Yucatán, Adición de Infraestructura de Conectividad*. Recuperado el 3 de mayo de 2020 de: http://www.canieti.org/comunicacion/noticias/18-06-08/IXP-Yucat%C3%A1n_Adici%C3%B3n_de_Infraestructura_de_Conectividad.aspx

³³⁰ El Economista. (2018). *Cisco anuncia desarrollo de segundo IXP en México*. Recuperado el 15 de marzo de 2020 de: <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Cisco-anuncia-desarrollo-de-segundo-IXP-en-Mexico-20180507-0075.html>

electrónico enviado desde una computadora en México a un vecino, incluso en la misma cuadra, muy probablemente debía recorrer un largo camino para llegar a su destino. Esto constituye un proceso sumamente ineficiente en términos de recursos tanto energéticos como monetarios.”³³¹

México tiene un número de IXP muy bajo comparado con la infraestructura de países como Brasil y Argentina, los cuales son países latinoamericanos comparables con México en los sectores de telecomunicaciones, económico y desarrollo.

Asimismo, México tiene una carencia en la inversión de infraestructura para concretar el mandato constitucional del derecho básico a la conectividad, además del crecimiento económico, mediante la adición de este tipo de infraestructura en el país.

2.7 Proyectos de la tecnología Radio Definido por Software

La tecnología de Radio Definido por Software (SDR) tiene la gran ventaja de adaptarse a las nuevas tecnologías de radiocomunicaciones que se presentan constantemente, esto gracias a que el hardware del sistema no se debe modificar parcial o totalmente para los nuevos protocolos o características técnicas requeridas.

Esto anterior se debe a que, como se mencionó en el Capítulo 1, solamente se requiere modificar el software del dispositivo SDR para funcionar adecuadamente, esto se puede realizar a través de la plataforma GNU Radio para Linux.

Los dispositivos SDR tienen una gran capacidad de adaptarse fácilmente, vía software, a los requerimientos establecidos de un enlace de radiocomunicación, siempre y cuando este dentro de su frecuencia de operación.

La tecnología SDR ha estado presente en varios proyectos para proporcionar conectividad a zonas rurales, enseguida se enuncian algunos de estos:

1. En Argentina, en el año 2019, se llevó a cabo un proyecto final de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de San Martín. El cual consistió en implementar una red LTE mediante la tecnología de Radio Definido por Software, comparando los resultados con el servicio provisto

³³¹ *Ibidem* 329.

comercialmente por la empresa Movistar-Tuenti. Si el lector lo desea, puede consultar este trabajo en la referencia correspondiente.³³²

En este proyecto se utilizó el dispositivo USRP B210, debido a que fue considerado como el mejor radio SDR para llevar a cabo esta red LTE, además de contar con la capacidad de software y hardware para el procesamiento de las señales³³³, las características técnicas se mostraron previamente en el Capítulo 1.

A pesar de las grandes diferencias en infraestructura y cobertura que tiene una red comercial contra una red LTE-SDR, esta última red tuvo un buen comportamiento. Esta red cumplió con los estándares tecnológicos definidos por 3GPP³³⁴ para una red LTE.³³⁵

Además, en el proyecto se realizaron pruebas de comunicaciones de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) con diferentes usuarios, la calidad de servicio fue muy buena y las conexiones fallidas fueron mínimas.³³⁶ Debido a esto, la tecnología SDR, mediante el dispositivo USRP B210, sería una buena opción para proporcionar el servicio de telefonía móvil en comunidades alejadas.

Este mismo proyecto destaca que puede ser realizable la utilización de la tecnología MIMO, en las redes LTE mediante radios SDR, para brindar el servicio a un mayor número de usuarios finales.³³⁷ Esto debido a que el USRP B210 cuenta con MIMO 2x2, como se mencionó en el Capítulo 1.

Por último, la tecnología móvil 5G puede ser considerada en un futuro para ser implementada mediante la tecnología SDR con las siguientes consideraciones: apegiándose a los estándares de la organización 3GPP y, considerar agregar un oscilador de frecuencia externo, debido a que las frecuencias de operación de esta nueva red móvil se encuentran también en el orden de microondas.³³⁸

³³² Codon, M. (2019). *Implementación de red LTE con Software-Defined Radio* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. p. 9. Consultado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/1128/1/TING%20ESCYT%202019%20CMN.pdf>

³³³ Ídem.

³³⁴ 3GPP. (2021). *Home Page*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://www.3gpp.org/>

³³⁵ *Ibidem* 332.

³³⁶ *Ibidem* 332.

³³⁷ *Ibidem* 332.

³³⁸ *Ibidem* 332.

2. Este proyecto se realizó en el Tecnológico Nacional de México de Celaya, en el estado de Guanajuato, México. Los autores de este proyecto, “Implementación de red celular de bajo costo para comunidades rurales basa en SDR y *OpenBTS*”³³⁹, crearon de forma local una red GSM (red móvil 2G) con la intención de ser llevada a las comunidades rurales del país.

Los autores de este trabajo comentan que este es una guía para lograr la implementación de una red celular de bajo costo mediante la tecnología de radio definido por software (SDR), utilizando específicamente el dispositivo USRP N200 de la empresa *Ettus Research* y la plataforma *OpenBTS*.³⁴⁰

Mediante el dispositivo SDR USRP N200 se logró la implementación de un prototipo de estación base GSM que puede ser instalada en zonas alejadas donde la cobertura de telefonía móvil comercial no existe.

La tecnología móvil GSM solo proporciona el servicio de telefonía móvil (voz) y mensajes de texto, por lo cual no permite la navegación en Internet. Sin embargo, brindaría los servicios de comunicaciones mencionados a comunidades donde actualmente no tienen la posibilidad de comunicarse de esta forma.

3. En Reino Unido existe el proyecto *5G RuralFirst*³⁴¹, el cual consiste en desplegar la conectividad en áreas y comunidades rurales, mediante la creación de una red central utilizando diferentes bandas de frecuencia tales como la de 700 [MHz] (banda 28 LTE), 3.5 [GHz] (banda 42 LTE), 2.4[GHz], 5[GHz] y 26 [GHz].³⁴²

³³⁹ Pérez, H., Martínez, D., Cárdenas, M., Pineda, U., Stevens, E. & Arce, A. (2018). *Implementación de red celular de bajo costo para comunidades rurales basada en SDR y OpenBTS*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://core.ac.uk/download/pdf/229036383.pdf>

³⁴⁰ Ídem.

³⁴¹ 5G RuralFirst. (2020). *What is 5G RuralFirst?*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://www.5gruralfirst.org/>

³⁴² IFT. (2020). *Recomendaciones sobre el uso del espectro radioeléctrico para la provisión de acceso inalámbrico con fines de uso social*. p. 54. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: http://www.ift.org.mx/sites/default/files/recomendaciones_uso_espectro_para_acceso_inalambrico_de_uso_social.pdf

Este proyecto se basa en la gestión de acceso dinámico del espectro complementada con la tecnología SDR, la cual permite crear redes inalámbricas.³⁴³

La Universidad de Strathclyde fue la encargada de proporcionar la experiencia alojada de su Departamento de Ingeniería Electrónica y Eléctrica (EEE), donde se abarca áreas relacionadas con la tecnología 5G.³⁴⁴

La experiencia proporcionada por esta universidad al proyecto *5G RuralFirst* aportó soluciones inspiradas en la tecnología Radio Definido por Software, siendo parte del equipo utilizado además de las antenas de telefonía 5G. Igualmente se incluyó la experiencia en acceso dinámico al espectro, planificación e implementación del servicio de banda ancha rural, planificación de redes, experiencia en seguridad e Internet de las cosas (IoT).³⁴⁵

La realización de este proyecto fue con la intención de alentar a los gobiernos, organizaciones, comunidades y personas a mirar más allá de los entornos urbanos a los que están acostumbrados. Buscando igual brindar beneficios a las comunidades e industrias rurales, encontrando también un lugar donde la conectividad, industria e innovación pueden prosperar para el bien común de la sociedad.³⁴⁶

La figura 58 muestra como dos personas se comunican mediante el servicio de telefonía móvil, el cual podría ser implementada en zonas rurales mediante la tecnología SDR como se observó anteriormente.

³⁴³ Ídem.

³⁴⁴ University of Strathclyde. (2020). *Our projects: 5G Rural First*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://sdr.eee.strath.ac.uk/our-projects-5g-ruralfirst/>

³⁴⁵ Ídem.

³⁴⁶ *Ibidem* 341.



Figura 58. Personas hablando a través del servicio de telefonía móvil

Fuente: Freepik³⁴⁷

2.8 Comparativo de la cobertura de la tecnología WiFi

En este subcapítulo se muestra una aproximación de la cobertura de puntos de acceso inalámbricos o WiFi en diferentes países alrededor del mundo. Se presentan países desarrollados como Estados Unidos de América, Japón, países de la región de Europa y la cobertura en México.

Los siguientes mapas fueron obtenidos a través del sitio web WiGLE³⁴⁸, el cual recopila información sobre los puntos de acceso inalámbricos que se encuentran en todo el mundo.

Los usuarios de este sitio web pueden registrarse en este y así poder cargar los datos del punto de acceso inalámbrico como lo son: sus coordenadas GPS, SSID (*Service Set Identifier*), dirección MAC de los routers y el tipo de cifrado que utilizan. En los mapas se observan puntos morados en los océanos, los cuales son puntos de acceso inalámbricos, esto se debe a que fueron colocados erróneamente en este al registrar el dispositivo.

El objetivo de este subcapítulo, mediante el apoyo de los mapas del sitio web WiGLE, es poder ilustrar aproximadamente la cobertura actual de WiFi o puntos de acceso

³⁴⁷ Freepik. (2019). *Gente hablando por teléfono* [Figura]. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: https://www.freepik.es/vector-gratis/gente-hablando-telefono_4345359.htm

³⁴⁸ WiGLE. (2020). *WiGLE: Wireless Network Mapping*. Recuperado el 4 de noviembre de 2020 de: <https://wigo.net/map>

inalámbricos que se encuentran en todo el mundo, y poder así tener una mejor visión de la situación actual en la cual se encuentra México.

A continuación, se muestra la aproximación de cobertura de los puntos de acceso inalámbricos en los Estados Unidos de América.

Como se puede observar en la figura 59, existen puntos de accesos inalámbricos prácticamente en toda la extensión del territorio nacional de este país, pero se observa una mayor densidad de estos en las grandes ciudades del país, esta mayor densidad se observa representado con el color amarillo. La mayor concentración de estos dispositivos se encuentra en la costa Este de Estados Unidos de América.

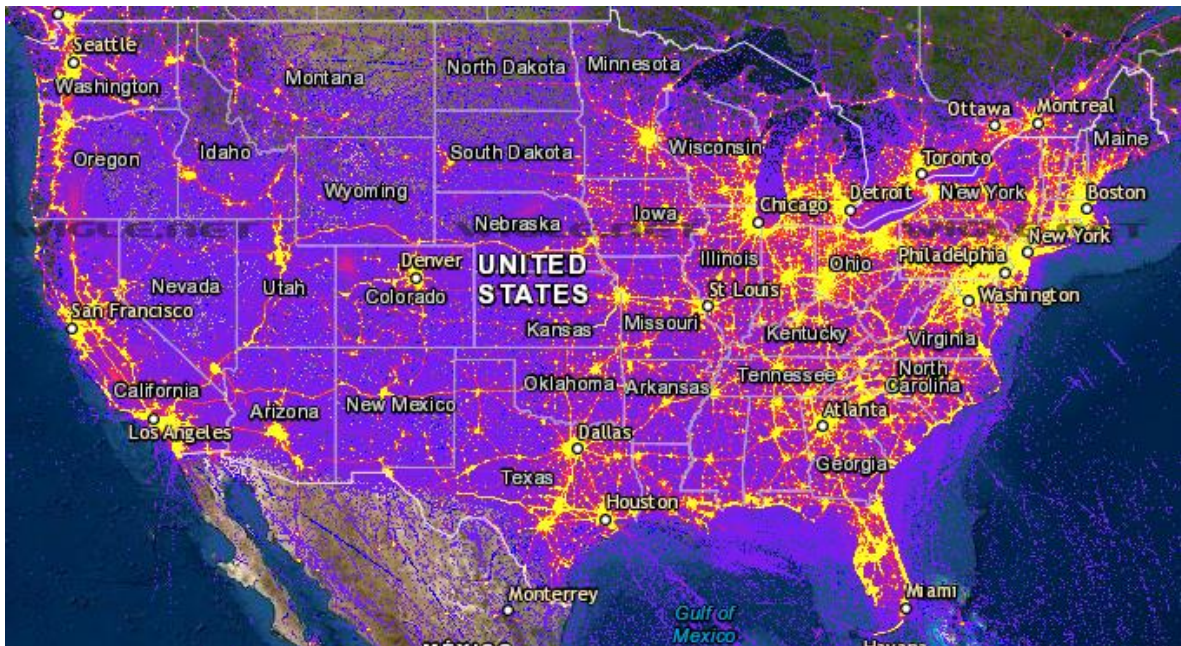


Figura 59. Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en Estados Unidos de América
Fuente: Sitio Web: WiGLE.³⁴⁹

La figura 59 muestra que en esta nación existe una mayor posibilidad de acceder a Internet mediante dispositivos que funcionan como puntos de accesos inalámbricos (WiFi), lo que involucra diversos factores como: la economía, el salario de cada usuario y la infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional para brindar cobertura y conectividad mediante routers en los diferentes hogares, oficinas o espacios públicos.

³⁴⁹ Ídem [Figura].

La figura 60 presenta la cobertura de puntos de acceso inalámbricos de Japón y el territorio que comprende al país asiático. Se aprecia que existe cobertura en prácticamente todo su territorio nacional, específicamente en las grandes ciudades existe una mayor densidad de puntos de acceso inalámbricos, pero en la zona cercana a su capital, Tokio, es donde se concentra la mayor parte de dispositivos de WiFi.

A pesar de que es un país que lo conforman varias islas, existe cobertura en estas, lo cual nos indica que hay la suficiente infraestructura de telecomunicaciones para comunicar a las diferentes islas y proporcionar el servicio de telecomunicaciones e Internet sin problemas.

Por otro lado, al norte del territorio japonés, en la ciudad de Sapporo hay una menor densidad de puntos de acceso inalámbricos, esto puede deberse a que el número de habitantes en esta localidad es mucho menor que en la capital.

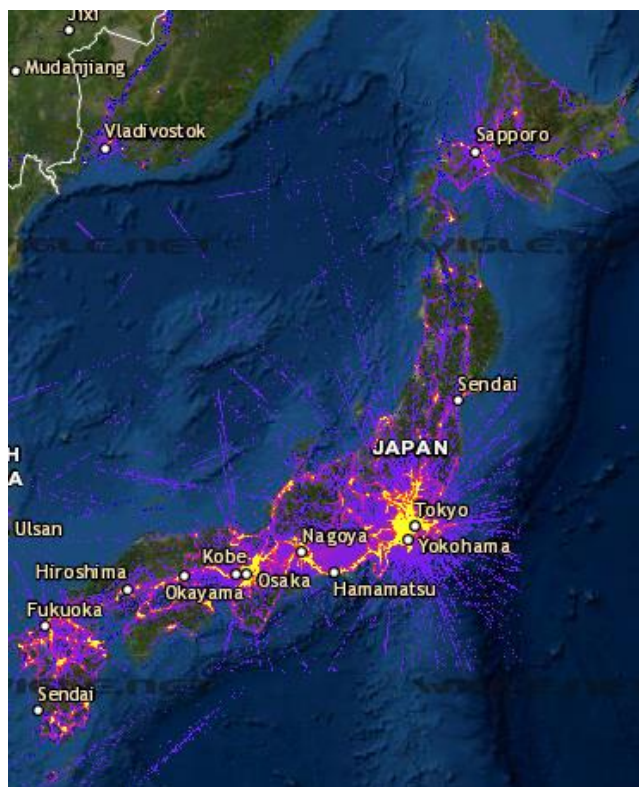


Figura 60. Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en Japón

Fuente: Sitio Web: WiGLE.³⁵⁰

En la figura 61 se muestra la aproximación de cobertura de los puntos de acceso inalámbrico en el Reino Unido e Irlanda. Respecto a la cobertura en el Reino Unido, se

³⁵⁰ Ibídem 348 [Figura].

aprecia que existen dispositivos de WiFi en la mayor parte del territorio que lo conforma, aunque la mayor concentración de estos dispositivos se encuentra en las ciudades principales de Inglaterra.

Posteriormente se encuentra el territorio de Escocia al norte del Reino Unido, donde gran parte de su territorio tiene cobertura de WiFi, pero la mayor densidad de estos dispositivos se ubica en la ciudad de Glasgow. Para finalizar con el Reino Unido, el territorio de Irlanda del Norte tiene cobertura de WiFi en la mayor parte de su pequeño territorio, teniendo la mayor concentración de puntos de acceso inalámbrico en la ciudad de Belfast.

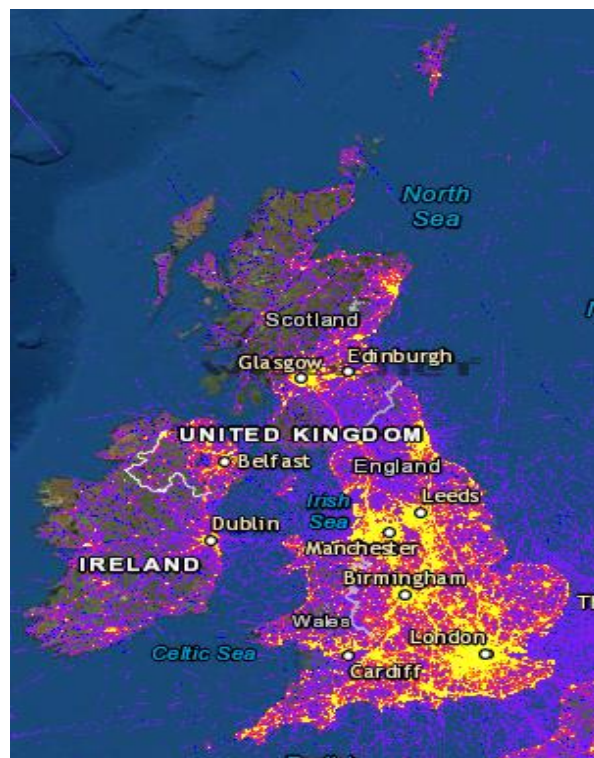


Figura 61. Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en el Reino Unido e Irlanda

Fuente: Sitio Web: WiGLE.³⁵¹

En esta misma figura 61 se observa la situación de Irlanda, donde se aprecia que existe cobertura de tecnología WiFi para acceder a Internet en la mayor parte de su territorio, presentando algunos huecos.

La mayor concentración de los puntos de acceso inalámbrico se ubican en su ciudad capital, Dublín. Sin embargo, en el mapa se observa que en diferentes partes del territorio

³⁵¹ *Ibidem* 348 [Figura].

hay pequeños puntos con gran densidad de routers con WiFi, los cuales se podrían tratar de poblados con un gran número de habitantes, pero estos no son tan grandes demográficamente como Dublín.

La figura 62 muestra una parte de Europa, concretamente a los países de Alemania, Países Bajos, República Checa y Bélgica. Se seleccionó esta parte de Europa porque el mapa presenta una mayor concentración de puntos de acceso inalámbricos a Internet en la región de Europa.

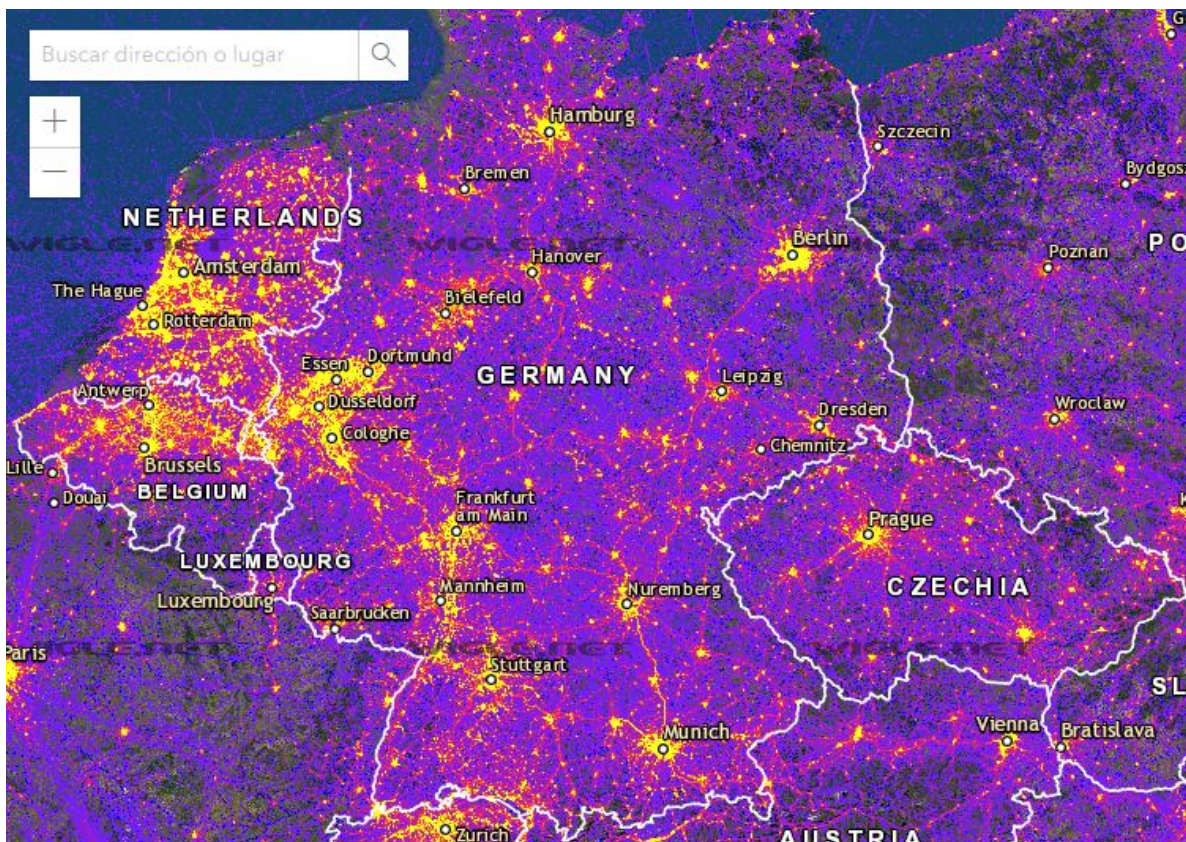


Figura 62. Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en Alemania, Bélgica, Países Bajos y la República Checa

Fuente: Sitio Web: WiGLE.³⁵²

De acuerdo con lo observado en la figura 62, Alemania es el país con mayor extensión con una gran cobertura de puntos de acceso inalámbricos a Internet mediante WiFi. Sus principales ciudades tienen una gran cantidad de estos dispositivos para ofrecer el acceso al servicio de Internet a sus habitantes mediante la tecnología WiFi.

³⁵² Ibídem 348 [Figura].

Respecto a República de Checa, existe una gran cobertura de puntos de acceso inalámbricos en su territorio, pero la mayor densidad de estos dispositivos se encuentra en su capital, Praga.

Por otra parte, en los Países Bajos se aprecia con una mayor cobertura de puntos de acceso inalámbricos debido a que se perciben grandes áreas de color amarillo, mayor densidad de dispositivos WiFi. Al ser un país pequeño, se observa que la mayor concentración de estos dispositivos y usuarios finales se ubican en las ciudades de Rotterdam, Amsterdam y La Haya (*The Hague*).

Por último, Bélgica presenta cobertura en la mayor parte de su territorio, pero la mayor concentración de estos dispositivos se encuentra en la zona norte del país, específicamente en las ciudades de Bruselas y Amberes.

Con este análisis realizado, mediante lo observado en la figura 62, se concluye que la región europea tiene una mayor cobertura de puntos de acceso inalámbricos a Internet con WiFi. Los factores que permiten una mayor cobertura son la economía de la región y una mejor infraestructura en telecomunicaciones, lo cual permite que más usuarios finales en los diferentes países de Europa tengan acceso al servicio de Internet mediante routers con la tecnología WiFi.

La figura 63 muestra el mapa de México con la cobertura aproximada de puntos de acceso inalámbricos a Internet, mediante la tecnología de WiFi. Lo más relevante del mapa está relacionado con la carencia de cobertura en la mayor parte del territorio nacional, solamente existe cobertura en las principales ciudades del país y algunos puntos en el interior de la República, que concentran una mayor densidad de usuarios finales a comparación de las zonas alejadas.

Cabe destacar, que las zonas con mayor densidad de puntos de WiFi en la frontera norte del país, son las ciudades de Tijuana y El Paso, las cuales son ciudades fronterizas por donde existe una gran movilidad entre México y los E.U.A, además que las ciudades son relativamente grandes.

Como es de esperarse, la mayor concentración de puntos WiFi en México se ubica en la zona metropolitana de la Ciudad de México, abarcando esta ciudad y la parte conurbada

del Estado de México. Esto se debe a los 21 millones 804 mil 515 habitantes de esta zona metropolitana, de acuerdo con el INEGI mediante el Censo de Población y Vivienda del año 2020.³⁵³

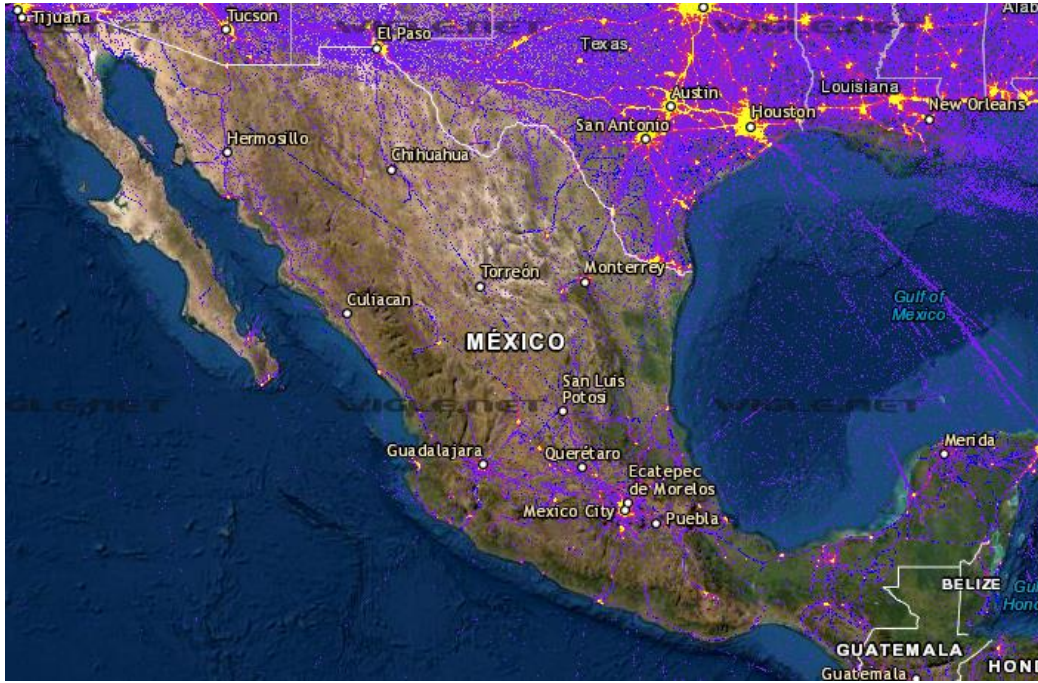


Figura 63. Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en México

Fuente: Sitio Web: WiGLE.³⁵⁴

La situación de México respecto a los países analizados previamente es muy preocupante, debido a que no hay cobertura en la mayoría del territorio nacional. El país tiene una extensa superficie y complejo relieve, lo cual complica la conectividad en las zonas más alejadas, pero esto no debe ser excusa para no proporcionar el servicio de Internet en estas zonas.

La tecnología WiFi puede ayudar que los habitantes de las comunidades alejadas se conecten de forma inalámbrica a Internet, recibiendo previamente en esa localidad, el enlace de comunicación mediante alguna otra tecnología alámbrica o inalámbrica, por ejemplo, a través de fibra óptica o un enlace satelital de órbita baja, respectivamente.

³⁵³ Blanco, U. (2021). *Valle de México registra 21 millones 804 mil 515 habitantes en 2020*. Consultado el 5 de mayo de 2021 de: <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/edomex-y-valle-de-mexico-son-la-entidad-y-la-zona-metropolitana-mas-pobladas-del-pais/>

³⁵⁴ *Ibíd*em 348 [Figura].

En el mapa de México se observa claramente a donde se ha enfocado el servicio y acceso a Internet, a las grandes ciudades o comunidades medianas, cercanas a estas ciudades, donde la infraestructura de telecomunicaciones se encuentra más cerca para conectarlos.

2.9 Comparativo de la infraestructura de la tecnología WiFi Mesh

La tecnología de WiFi Mesh ayuda a tener una mayor cobertura de la tecnología de WiFi para acceder de forma inalámbrica al servicio de Internet. Está conformado de un sistema de varios dispositivos que funcionan como repetidores de la señal del router, pero la diferencia que caracteriza a la tecnología de WiFi Mesh es que los repetidores se comunican entre ellos y el procesamiento que estos realizan, garantizando que el dispositivo inalámbrico siempre esté conectado a la red inalámbrica aun en movimiento sin desconectarse de cada nodo.

Para conformar una red de WiFi Mesh se requiere de la adquisición de los dispositivos que la conforman (ver figura 64), la cobertura de esta tecnología en los diferentes países alrededor del mundo dependerá bastante de la posibilidad económica del usuario final y las necesidades que lo requieran. Sin embargo, como se mencionó, depende mucho de la economía de cada usuario final debido a que es una infraestructura costosa.



Figura 64. Unidades Deco M4 para red de WiFi Mesh

Fuente: Sitio Web: TP-Link.³⁵⁵

³⁵⁵ TP-Link. (2020). *Deco M4 V2* [Figura]. Recuperado el 19 de noviembre de 2020 de: <https://www.tp-link.com/es/home-networking/deco/deco-m4/v2/>

Si se desea colocar esta tecnología en las zonas remotas, donde al día de hoy no existe el servicio de Internet, sería una buena idea para poder amplificar la cobertura de la red inalámbrica en ese poblado mediante el principal router que se instale en esa comunidad.

Por otra parte, en los países más desarrollados como Estados Unidos de América, Canadá, países de la región europea, y países desarrollados de Asia como China, Japón, Corea del Sur o Rusia hay más probabilidades de que existan redes de WiFi Mesh en sus diferentes ciudades, ya sea en casas de gran tamaño, plazas comerciales o edificios.

Centrándonos en los usuarios finales, estos países tienen una mejor economía y desarrollo tecnológico, por lo tanto, sus habitantes pueden acceder de manera más recurrente a este tipo de tecnologías, debido a que tienen la posibilidad económica de poder adquirir la infraestructura de WiFi mallada.

2.10 Comparativo de la infraestructura de la tecnología Súper WiFi

Enseguida se mostrará la información comparativa respecto a la tecnología de Súper WiFi, la cual utiliza las bandas de televisión entre los 54 [MHz] y los 862 [MHz], tanto analógicos como digitales, para poder transmitir.

Actualmente, el despliegue de esta tecnología no ha sido la de mayor auge debido a que no en todos los países se cuenta con las bandas de frecuencia deseadas desocupadas. En la mayor parte de los países europeos se ha liberado los canales de televisión analógica para dar paso a los de televisión digital, algo similar paso en Estados Unidos de América en el año 2009, mientras que la región de América Latina lo realizó entre los años 2016 y 2019.

En el caso de México, se concretó esta acción el 31 de diciembre de 2015, por lo que el primer día del año 2016 se tenía liberada la banda de 700 [MHz] en el territorio mexicano.

Esta tecnología ha sido utilizada en Jamaica, mediante el proyecto “*TV White Spaces*”, el cual fue propuesto por diversas organizaciones, procurando llevar la conectividad a Internet inalámbrico de alta calidad en zonas de difícil acceso a través del aprovechamiento

de las señales de televisión que no se ocupan, con un menor consumo energético y menor costo para los usuarios finales.³⁵⁶

Las dependencias que colaboran en este proyecto son: la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el Fondo Universal de Servicio de Jamaica (USF), la Alianza Global de Banda Ancha e Innovaciones (GBI) y NetHope, logrando llevar los beneficios del servicio de banda ancha inalámbrica a comunidades rurales de Jamaica.³⁵⁷

El gobierno de Jamaica implemento esta tecnología en *Park Hall Primary & Infant*, la cual es una escuela de educación básica ubicada en la zona centro de la isla, las instalaciones de esta escuela cuentan con acceso a Internet de forma inalámbrica. Los alumnos pueden navegar en tiempo real, permitiendo de esta forma que el proceso de enseñanza-aprendizaje de estos jóvenes sea interactivo.³⁵⁸

Por otro lado, el estándar IEEE 802.22 WRAN tuvo pruebas en la República de Zimbabue en donde se encontró la característica de re-configurabilidad del Súper WiFi mediante el Radio Cognitivo (RC), el cual identifica porciones del espectro que están inactivos en un cierto lugar o momento para poder acceder a las frecuencias de televisión para la conectividad del usuario final.³⁵⁹

De igual manera, se realizó un estudio en Malasia en donde se afirmó que esta tecnología utiliza la base de no interferencia para permitir la conexión a Internet de banda ancha a las comunidades alejadas o zonas rurales, debido a que brinda una mejor utilización del espectro a través de la tecnología de Radio Cognitivo.³⁶⁰

De acuerdo a la FCC (*Federal Communications Commission*) el Radio Cognitivo es: un sistema de radio que continuamente se encuentra detectando la situación del espectro

³⁵⁶ IFT. (2020). *Recomendaciones sobre el uso del espectro radioeléctrico para la provisión de acceso inalámbrico con fines de uso social*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: http://www.ift.org.mx/sites/default/files/recomendaciones_uso_espectro_para_acceso_inalambrico_de_uso_social.pdf

³⁵⁷ Ídem.

³⁵⁸ Ibídem 356.

³⁵⁹ Camilo, E., Rivera, C., Herrera, O. (2015). *WRAN y LTE en la banda de 700 MHz para Colombia*. Recuperado el 4 de noviembre de 2020 de: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIIG/home_40/recursos/05_v25_30/revista_26/01052016/04.pdf

³⁶⁰ Ídem.

radioeléctrico del entorno donde se ubica, identifica dinámicamente que bandas de este espectro no es utilizado y, posteriormente opera en esos espacios en blanco del espectro, donde los sistemas de radio con licencia no se activan.³⁶¹

En Colombia igualmente se realizó un estudio entre el Súper WiFi (WRAN) contra la tecnología LTE en la banda de los 700 [MHz]. Concluyendo que la tecnología LTE, en ese país, no puede coexistir con otras tecnologías en el mismo espacio espectral ya que requiere tener de un espectro licenciado, mientras que WRAN cuenta con la ventaja de utilizar el radio cognitivo.³⁶²

El estándar WRAN se ha podido implementar en parte del mundo donde el objetivo son zonas rurales y utiliza espacios en el espectro radioeléctrico de cada país.³⁶³

El estudio en Colombia utilizaba la misma banda de 700 [MHz] que en México se liberó en el año 2016, pero es posible que esta banda de frecuencia no se encuentre totalmente libre en nuestro país, para la implementación de WRAN, debido a que la Red Compartida utiliza 90 [MHz] de esta misma banda de frecuencia.³⁶⁴

Sin embargo, a pesar de que WRAN es un estándar enfocado para entornos rurales, este no se encuentra ampliamente probado ni implementado, agregando que la infraestructura para su funcionamiento aún no se encuentra disponible para su uso comercial masivo, lo cual complica su implementación.³⁶⁵

La implementación en un futuro de la tecnología del Súper WiFi sería de gran ayuda para las zonas rurales alejadas de las ciudades donde se requiera de una amplia cobertura y se proporcione el servicio básico de Internet, siendo esta herramienta tecnología un buen complemento para los proyectos del gobierno federal en la idea de llevar Internet a todos los rincones del país y donde el acceso a estas comunidades es complicado.

³⁶¹ *Ibíd*em 359.

³⁶² *Ibíd*em 359.

³⁶³ *Ibíd*em 359.

³⁶⁴ Altán Redes. (2020). *¿Cómo operamos?*. Recuperado el 5 de enero de 2021 de: <https://www.altanredes.com/quien-es-altan-redes/como-operamos/>

³⁶⁵ *Ibíd*em 359.

2.11 Cobertura actual del WiFi Comunitario de ViaSat en la actualidad

Viasat no solamente ofrece el servicio de WiFi Comunitario mediante Internet satelital, sino que también ofrece los servicios de Internet residencial, negocios y vuelos comerciales. Viasat tiene presencia en otras regiones del mundo:³⁶⁶

- Estados Unidos de América, en donde se brinda Internet en hogares, negocios y vuelos comerciales.
- En Europa Viasat brinda el servicio de Internet de alta velocidad a hogares y negocios en España, Polonia, Noruega y Finlandia.
- En la región de Sudamérica, tienen una asociación con Telebras (principal operador de telecomunicaciones en Brasil) para brindar una red de banda ancha y accesible para hospitales, escuelas y comunidades en todo el territorio brasileño.

Además de tener cobertura en países a lo largo del mundo, también forma parte de una Sociedad público-privada con la Agencia Espacial Europea y la Industria Europea para lograr desarrollar tecnologías de infraestructura satelital y terrestre para terminales fijas y móviles, así como para el servicio de Internet residencial, cobertura de WiFi en vuelos comerciales y privados y aplicaciones para autos conectados a Internet.³⁶⁷

En México el WiFi Comunitario de ViaSat llegó en el año 2016, realizando pruebas en 500 comunidades alejadas en los estados norte del país utilizando el satélite ViaSat 1.³⁶⁸

“Después de un tiempo de prueba, en 2017 ViaSat estableció un importante acuerdo comercial con Grupo Prosperist, un proveedor mexicano de tecnología y telecomunicaciones que trabaja en zonas rurales desde hace una década. A través de esta alianza, las empresas han implementado exitosamente el WiFi Comunitario en toda la República; además ofrecen productos adicionales de valor agregado como telefonía de voz por minuto y pago de recibos en línea”³⁶⁹.

³⁶⁶ Viasat. (2020). *Acerca de nosotros*. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://www.viasat.com/es-mx/acerca-de-nosotros/>

³⁶⁷ Ídem.

³⁶⁸ eSemanal. (2019). *Wi-Fi Comunitario de ViaSat, una alternativa para llevar conectividad a zonas rurales*. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://esemanal.mx/2019/08/wi-fi-comunitario-de-ViaSat-una-alternativa-para-llevar-conectividad-a-zonas-rurales/>

³⁶⁹ Ídem.

Actualmente, la cobertura a todo el país y la prestación del servicio de Internet se realiza mediante el satélite ViaSat 2. La figura 65 muestra una representación de WiFi Comunitario en una localidad rural.

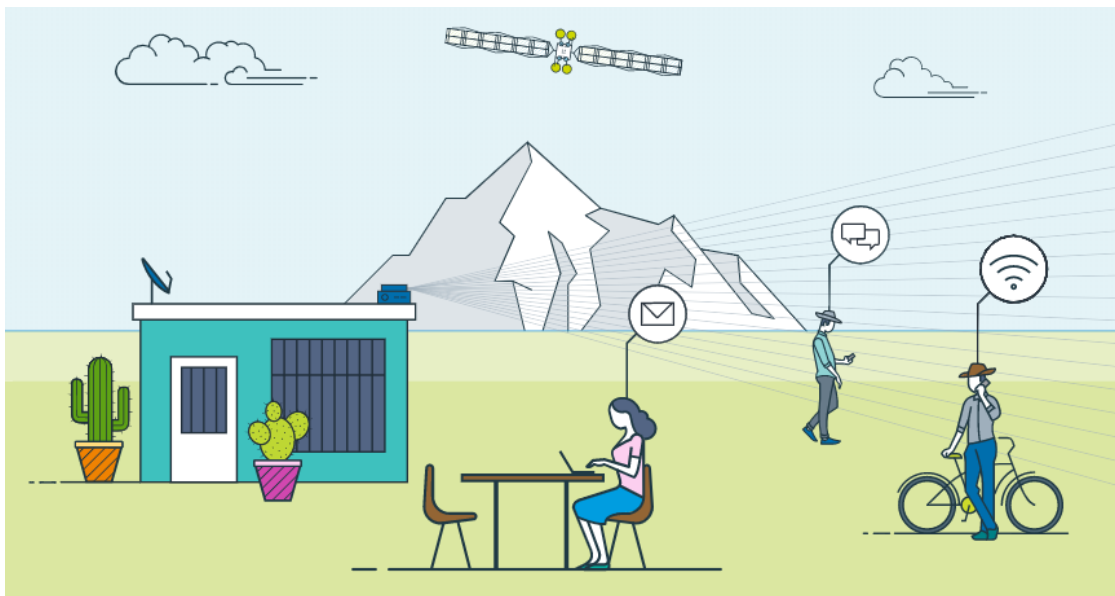


Figura 65. Conexión de comunidades alejadas a Internet vía satélite con WiFi Comunitario de ViaSat

Fuente: Sitio Web: ViaSat.³⁷⁰

En algunas de las comunidades donde ha llegado el proyecto de Wi-Fi Comunitario se han encontrado en las clínicas comunitarias el logotipo de “México Conectado”, propuesta del gobierno federal del sexenio 2012-2018 para brindar Internet a las comunidades alejadas.

Sin embargo, la gente ya no utiliza el servicio de Internet gratuito que ofrecía la clínica, debido a las complicaciones presentadas como son:³⁷¹

- La infraestructura y router no eran capaces para soportar la cantidad de dispositivos electrónicos que se conectaban a la red inalámbrica.
- La cobertura era bastante limitada, lo que obligaba a los usuarios a estar en todo momento a las afueras o dentro de la clínica para hacer uso de la red.

³⁷⁰ ViaSat. (2020). *Internet Comunitario* [Figura]. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://www.viasat.com/es-mx/internet-comunitario/>

³⁷¹ Steve, O. (2018). *Internet de 18 Mbps a 12 pesos la hora: probamos el internet de ViaSat para comunidades de México en donde apenas llega la luz*. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://www.xataka.com.mx/especiales/internet-18-mbps-12-pesos-hora-probamos-internet-ViaSat-para-comunidades-mexico-donde- apenas-llega-luz>

- La demanda de la red hacía imposible que los trabajadores de la clínica pudieran conectarse a Internet para realizar sus labores diarias.

La llegada del Wi-Fi comunitario de Viasat a México ayudará a promover la inclusión digital mediante su cobertura en todo el territorio nacional.

Actualmente, Viasat se asocia con distribuidores locales para poder llevar la tecnología y cobertura del Wi-Fi comunitario e Internet satelital de alta velocidad a las comunidades, hogares y negocios rurales más necesitados y alejados en México.³⁷²

Logrando de esta forma que estas comunidades alejadas tengan acceso a Internet a bajo costo, pagando por hora el servicio, pero si el gobierno llegará a contratar este servicio para estas comunidades entonces los pobladores podrán acceder a este sin ningún costo.³⁷³

Así mismo, Viasat se encuentra trabajando para poder brindar Internet de alta velocidad a hogares y negocios ubicados en las áreas metropolitanas del país, así como ofrecer Wi-Fi en vuelos comerciales.³⁷⁴

La implementación del Wi-Fi comunitario en México sería una gran opción para llevar Internet a las zonas alejadas del país, debido a que se tiene un sustento de su viabilidad mediante pruebas realizadas en la región norte del país, así como la implementación de esta tecnología en comunidades alejadas de México a lo largo del territorio.

2.12 Cobertura de los satélites de órbita baja (LEO) en México y en el mundo

Los satélites de órbita terrestre baja, LEO (*Low Earth Orbit*) orbitan hasta a una altitud de 2,000 [km] y trabajan en conjunto con otros satélites con las mismas características técnicas entre sí, girando alrededor de la Tierra, formando una constelación satelital.³⁷⁵

Cada satélite de órbita baja tiene una menor cobertura en relación con un satélite Geostacionario, pero los satélites LEO tienen ventajas como: menor distancia de recorrido de la señal, menor tiempo de retardo en la comunicación, las señales tienen una menor

³⁷² Ibídem 366.

³⁷³ Ibídem 366.

³⁷⁴ Ibídem 366.

³⁷⁵ Serrano, T. (2017). *Satelites LEO (Low Earth Orbit) (PDF)*. Recuperado el 26 de febrero de 2021 de: <https://silo.tips/download/satelites-leo-low-earth-orbit#>

vulnerabilidad a las interferencias y estas se atenúan en menor grado, cuentan con redundancia.³⁷⁶

Como se mencionó en el Capítulo 1, para poder ofrecer una cobertura de Internet a nivel mundial, los satélites LEO requieren del uso de la banda Ka (20/30 GHz), debido a que permite la utilización de pequeñas terminales como la banda Ku pero la principal diferencia es que la banda Ka tiene un ancho de banda utilizable 7 veces mayor, pasando de 500 [MHz] con la banda Ku a 3,500 [MHz] de ancho de banda con la banda Ka.³⁷⁷

La cobertura que tienen estas constelaciones satelitales en su mayor parte es de nivel global, pero algunas constelaciones no cubren los polos. La figura 66 muestra la cobertura de la constelación OneWeb, la cual si cubre los polos.

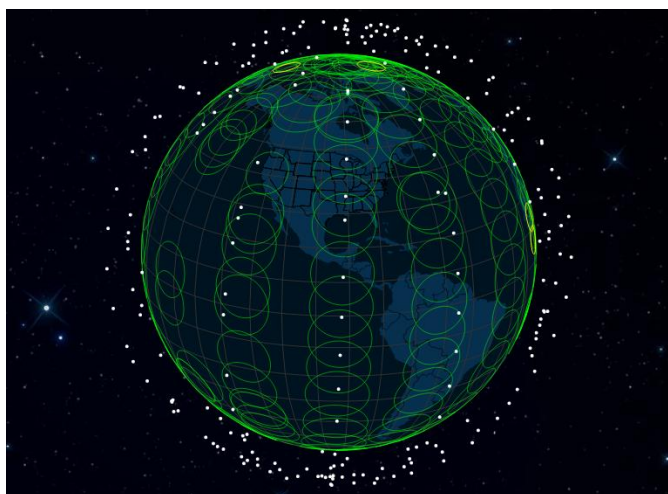


Figura 66. Representación de la cobertura de la constelación OneWeb.

Fuente: Sitio Web: Satellite Map.³⁷⁸

Como este tipo de satélites LEO se mueven con relación a la Tierra, se tiene una cobertura continua y global en cualquier punto de la Tierra, debido a la redundancia que tiene la constelación entre sus satélites.³⁷⁹

Logrando de esta forma que el usuario siempre esté conectado a un satélite de la constelación y no pierda su conexión. Mediante la conexión con los satélites LEO se pueden

³⁷⁶ Ídem.

³⁷⁷ Neri, R. (2003). *Comunicaciones por Satélite*. Ciudad de México, México: Thomson. Consultado el 26 de febrero de 2021. pp. 128, 454-455.

³⁷⁸ Satellite Map. (2021). *Live OneWeb Satellite Map*. Recuperado el 23 de septiembre de 2021 de: <https://satellitemap.space/oneweb.html>

³⁷⁹ *Ibíd*em 375.

brindar los servicios de: mensajes, fax, transferencia de video, Internet y posicionamiento del usuario en tiempo real.³⁸⁰

Cabe mencionar que cada constelación (Iridium, OneWeb, Teledesic, SpaceX, Globalstar, etc.) se encuentra a una altitud e inclinación respecto al ecuador diferente, por lo cual cada constelación requiere de un número diferente de satélites para poder garantizar una cobertura global. Existen 3 características para la cobertura de las constelaciones de satélites:³⁸¹

1. **Altitud:** A mayor altitud se encuentre un satélite, mayor será el área de cobertura que ofrece, pero será mayor el tiempo de transmisión.
2. **Inclinación orbital:** Determina el área de cobertura efectiva del satélite, los satélites con 0° de inclinación dan cobertura a zonas ecuatoriales. Mientras que los satélites que tengan una mayor inclinación respecto al ecuador podrán dar cobertura a las zonas polares.
3. **Número de satélites:** Mientras más satélites hayan interconectados en una constelación, más grande será el área de cobertura y de igual manera se podrá mantener por mayor tiempo una comunicación con los satélites desde la Tierra. La figura 67 muestra este caso.

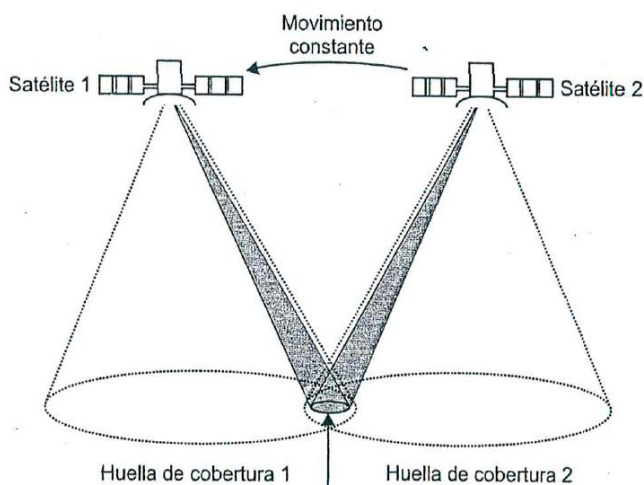


Figura 67. Representación de la cobertura de los satélites LEO.

Fuente: Comunicación por Satélite.³⁸²

³⁸⁰ *Ibíd*em 375.

³⁸¹ *Ibíd*em 375.

³⁸² *Ibíd*em 377 [Figura], p. 459.

De acuerdo con la base de datos de la *Union of Concerned Scientists* (UCS), en español Unión de científicos interesados, hasta el día 1° de enero de 2021 había 3,372 satélites operativos alrededor de la Tierra. De los cuales 2,612 corresponden a satélites LEO, 139 a MEO, 59 de órbita elíptica y 562 son geoestacionarios.³⁸³

En los últimos años, los satélites LEO han tenido un considerable crecimiento en el número de planos de cada una de las constelaciones que conforman, con el objetivo principal de proporcionar cobertura a nivel mundial, a excepción de algunas constelaciones que no cubren los polos.

Como se mencionó y de acuerdo con la UCS, de los 3,372 satélites que se encuentran operando y orbitando la Tierra, 2,612 son de órbita baja (LEO), lo cual representa el 77.46% del total de satélites en el espacio.

En el caso de México, de acuerdo con la información del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) recabada del Mapa de Satélites No Geoestacionarios con Huella en México³⁸⁴ (ver figura 68). Un total de 28 satélites de órbita baja (LEO) y 11 de órbita media (MEO) tienen autorización para ofrecer sus servicios en el territorio mexicano, datos actualizados al 17 de diciembre de 2020.

Los satélites que brindan la cobertura en México son de las siguientes constelaciones:

- Satélites LEO:
 - 1 nanosatélite mexicano Aztechsat-1 (se espera opere 6 meses, febrero a septiembre del 2021, para recopilar información de la intercomunicación satelital con la constelación GlobalStar).
 - 6 satélites de la constelación GlobalStar.
 - 18 satélites de la constelación OneWeb.
 - 2 satélites de la constelación Starlink.
 - 1 satélite de la constelación Iridium.

³⁸³ Union of Concerned Scientists. (2020). *UCS Satellite Database*. Recuperado el 2 de marzo de 2021 de: https://ucsusa.org/resources/satellite-database?_ga=2.206523283.1848871521.1598077135-464362950.1598077135

³⁸⁴ Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2020). *Mapa de satélites no geoestacionarios con huella en México*. Recuperado el 2 de marzo de 2021 de: <http://mapasatelital.ift.org.mx/nogeoestacionarios>

- Satélites MEO:
 - 1 satélite de la empresa Omnispace.
 - 10 satélites de la constelación O3b.



Figura 68. Mapa de satélites no geostacionarios con huella en México

Fuente: Sitio Web: IFT.³⁸⁵

Definitivamente la cobertura de los satélites de órbita baja LEO se encuentra garantizada en la mayor parte del planeta y, por consiguiente, en nuestro país.

Más del 75% de los satélites que operan alrededor del mundo son de órbita baja, lo cual refleja las ventajas que tienen sobre los satélites geostacionarios, principalmente: el bajo costo de fabricación y lanzamiento, el retardo en la comunicación y la atenuación de la señal en el trayecto.³⁸⁶

México tiene la posibilidad de permitir que más satélites de diferentes constelaciones LEO ofrezcan sus servicios en el territorio nacional. México es un país que se encuentra alejado de los polos, lo cual garantiza que la mayor parte o la totalidad de las constelaciones den cobertura al territorio mexicano.

Sin embargo, deben tener la autorización por parte del IFT para que se les proporcione una banda de frecuencias disponible y adecuada, y así, puedan brindar sus diferentes servicios de telecomunicaciones satelitales.

³⁸⁵ Ídem [Figura].

³⁸⁶ Ibídem 375.

2.13 Comparativo de la infraestructura internacional de la tecnología LiFi

Recordemos que la tecnología de LiFi (*Light Fidelity*), a diferencia del WiFi, realiza la transmisión de datos mediante luz y no por ondas electromagnéticas las cuales sufren una distorsión o atenuación.

Esta tecnología de LiFi está más enfocada a hogares, oficinas, hospitales, entre otros edificios donde la señal de WiFi se atenúa rápidamente o no logra tener una cobertura completa en este. Para esto, se conecta la lámpara con tecnología LiFi al router de Internet del proveedor que se contrató mediante un cable Ethernet.

A diferencia del WiFi, la señal de LiFi no puede atravesar paredes, teniendo cobertura solamente en el área iluminada con capacidad de hasta 15 dispositivos conectados. La capacidad de LiFi dependerá del paquete contratado con los diferentes proveedores de Internet.

En México existió una empresa que comenzó a comercializar la tecnología LiFi en el año 2016, llamada Sisoft. La idea de esta empresa para transmitir Internet era mediante chips diseñados por Sisoft, los cuales tomarían la señal desde el router y la enviarían a través del halo de luz emitido por la lámpara LED a una USB, que funcionaba como el receptor de datos, y el dispositivo conectado lo interpretaba.³⁸⁷

De acuerdo con la nota realizada por el periódico El Economista, los costos de la tecnología LiFi dependerían del tipo de luminaria y estaría en un rango entre los 800 y 7,000 pesos mexicanos, incluyendo emisor, receptor e instalación; además, los focos tendrían un tiempo de vida de dos años.³⁸⁸

Sin embargo, al buscar información recientemente sobre este servicio, costos e instalación, se encontró que la empresa Sisoft ya no comercializa la tecnología LiFi desde el año 2017.

Esto se puede atribuir al poco o nulo mercado que tenía esta tecnología en nuestro país, debido a que la mayoría de los proveedores de Internet tienen módems con buena

³⁸⁷ El economista. (2016). *México, primer país en comercializar la conexión Li-Fi*. Recuperado el 30 de mayo de 2020 de: <https://www.economista.com.mx/arteseideas/Mexico-primer-pais-en-comercializar-la-conexion-Li-Fi-20160113-0020.html>

³⁸⁸ Ídem.

potencia, además de la existencia de repetidores de señales Wi-Fi. Además, la mayoría de los dispositivos electrónicos pueden conectarse a WiFi.

Otro país donde se investigó la tecnología de LiFi fue Argentina donde se encontró que *Signify*, el nuevo nombre de Philips Lighting, presentó en este país: Trulifi, la cual es una solución al acceso de Internet mediante la luz, capaz de alcanzar velocidades de hasta 250 [Mbps].³⁸⁹

Trulifi es el nombre comercial de LiFi de *Signify*, ofreciendo una conexión de banda ancha con una velocidad de 30 a 250 [Mbps] sin comprometer la calidad de la iluminación de la lámpara LED requerida para la transferencia de datos.³⁹⁰

En Argentina, Trulifi, está enfocado a funcionar en corporativos donde se requiere una velocidad de Internet segura, además que existe una gran saturación de ondas electromagnéticas y de dispositivos que pudieran causar un retraso en los servicios de Wi-Fi.³⁹¹

Además, *Signify* anunció la llegada de Interact a Argentina. Se trata de una plataforma del Internet de las Cosas (IoT) diseñada para gestionar los datos recopilados por cada uno de los puntos de luz conectados desde diferentes dispositivos externos integrados a los sistemas de iluminación.³⁹²

Los datos son guardados en una nube, se gestionan y procesan para obtener información importante, dando como beneficio el poder tomar decisiones y gestionar mejoras más allá del tema de iluminación mediante las lámparas LED de la empresa.³⁹³

Es decir, mediante las lámparas con la tecnología LiFi, servicio llamado Trulifi en Argentina, se podrá monitorear que tan usadas son las lámparas con esta tecnología por los usuarios. Estimando de esta forma una fecha de mantenimiento de las lámparas o tener un

³⁸⁹ El eco. (2020). *Ofrecen en Argentina LiFi, internet a través de la luz: más veloz y estable que el Wi-Fi*. Recuperado el 3 de junio de 2020 de: <https://www.eleco.com.ar/interes-general/ofrecen-en-argentina-lifi-internet-a-traves-de-la-luz-mas-veloz-y-estable-que-el-wi-fi/>

³⁹⁰ Ídem.

³⁹¹ Ibídem 389.

³⁹² Ibídem 389.

³⁹³ Ibídem 389.

ahorro de luz de las lámparas durante cierto intervalo de tiempo, para poder seguir ofreciendo el servicio de Internet mediante luz.

La plataforma de Interact, en Argentina, también llegó al ámbito deportivo, donde *Signify* se encargará de iluminar el nuevo estadio de Estudiantes de La Plata a través de la tecnología *Interact Sports*, siendo el primer estadio argentino de fútbol 100% LED, contando además con un sistema de control que permitirá ofrecer una nueva experiencia a los aficionados mediante esta tecnología.³⁹⁴

De acuerdo con el portal electrónico de *Smart Lighting*, se sabe que la empresa *Signify* ha estado probando la tecnología LiFi alrededor del mundo con diferentes clientes. Esta empresa ha estado trabajando en 30 proyectos pilotos con LiFi, además que ha instalado esta tecnología en los 26 edificios que tienen en todo el mundo.³⁹⁵

Algunos de los ejemplos de implementación de la tecnología LiFi alrededor del mundo son los siguientes:

1. En Bangalore, India, el proveedor de espacios de trabajo y coworking llamado Incubex, ha establecido una sala de reuniones con la tecnología LiFi con el objetivo que las empresas que alojan puedan probar la experiencia de conectividad. Motivando así a varias empresas a que opten por utilizar la tecnología de la empresa *Signify*.³⁹⁶
2. La compañía líder en infraestructura de telecomunicaciones en países nórdicos y bálticos se llama Atea, realiza una prueba piloto en su oficina ubicada en Stavanger, Noruega. En el vestíbulo del edificio se instalaron luminarias con la tecnología LiFi para poder demostrarla y así los visitantes puedan probar esta nueva tecnología de conectividad a Internet.³⁹⁷

³⁹⁴ *Ibidem* 389.

³⁹⁵ *Ibidem* 389.

³⁹⁶ Álvarez, J. (2019). *Ensayando el futuro de la iluminación: Signify y Zumtobel realizan pilotos LiFi en todo el mundo*. Recuperado el 3 de junio de 2020 de: <https://smart-lighting.es/ensayando-futuro-la-iluminacion-signify-zumtobel-realizan-pilotos-lifi-mundo/>

³⁹⁷ *Ídem*.

3. En Francia la empresa de telecomunicaciones Orange igualmente está probando la tecnología en su oficina cerca de París, como una alternativa a otras tecnologías de comunicación móvil.³⁹⁸
4. En Singapur, el Instituto *Republic Polytechnic* prueba la tecnología LiFi en su laboratorio de dispositivos inteligentes, pretendiendo ofrecer a sus estudiantes nuevas formas de aprendizaje y también poder ampliar la exposición de estos a las nuevas tecnologías de iluminación inteligente.³⁹⁹

Como se mencionó anteriormente, en diferentes países existen pruebas pilotos para experimentar la tecnología LiFi o para mostrar a los usuarios la tecnología y puedan tener una experiencia con este tipo de conectividad a Internet.

Del mismo modo, se presentó cómo en Argentina existe una serie de implementaciones de la tecnología de LiFi en corporativos de ese país, pero en México no existe registro de alguna prueba piloto con esta tecnología, lo cual tiene al país rezagado en este ámbito.

Durante los años 2016 y 2017 la empresa Sisoft vendía luminarias con LiFi, pero actualmente no se encuentra registro de alguna otra empresa que venda esta tecnología en México.

La empresa *Signify* está presente en México, pero a través de su plataforma *Interact*, mediante la cual Fundación Azteca ha logrado iluminar 30 escuelas en el país con lámparas y luminarias LED; también venden luminarias LED que se puede manejar su intensidad o color mediante Bluetooth. Esta empresa se encuentra en proyectos para la iluminación de edificios públicos como la remodelación del Teatro Degollado en Guadalajara mediante la plataforma *Interact Landmark*.⁴⁰⁰

³⁹⁸ *Ibidem* 396.

³⁹⁹ *Ibidem* 396.

⁴⁰⁰ Signify. (2020). *Notas de prensa*. Recuperado el 3 de junio de 2020 de: <https://www.signify.com/es-mx>

2.14 Comparativo de la infraestructura actual de la red móvil 5G

Como se mencionó en el Capítulo 1, la tecnología móvil 5G es una enorme herramienta para la mejora de conectividad inalámbrica alrededor del mundo, ofreciendo una mayor capacidad de usuarios, mayor tasa de transmisión y mayor conectividad con dispositivos del Internet de las Cosas (IoT).

Actualmente, la red 5G se encuentra en despliegue alrededor del mundo o en fases de pruebas en países subdesarrollados como México. De igual forma, hay países donde ya existe una implementación comercial de la red 5G para telefonía móvil desde el año 2019, entre los cuales destacan los que se presentan en la Tabla 2.

Fecha de cobertura inicial	País	Información
Abril de 2019	Corea del Sur	Existe cobertura en Seúl y su zona metropolitana, así como a 85 ciudades más del país. Disponible mediante las principales operadoras del país: KT y SK Telecom. ⁴⁰¹
	Suiza	El objetivo principal fue dotar de conexión a hogares y oficinas que no contaran con fibra óptica. Se han cubierto 428 ciudades en enero del 2020, lo cual representa al 90% de la población de Suiza. Las operadoras encargadas del despliegue fueron: Swisscom y Sunrise. ⁴⁰²
Mayo de 2019	Emiratos Árabes	Se concentra la cobertura principalmente en las ciudades de Dubai, Abu-Dhabi, Sarja y otras ciudades cercanas. El operador encargado de la red 5G en el país es Etisalat. ⁴⁰³
	Finlandia	La operadora Elisa es la encargada de la red 5G. La cobertura en el país alcanza 20 ciudades, entre las cuales destacan: Tampere, Turku, Helsinki y Jyväskylä. ⁴⁰⁴

⁴⁰¹ Xataka móvil (2020). *Así está siendo la llegada del 5G a los 19 primeros países en implantarlo comercialmente*. Recuperado el 21 de septiembre de 2020 de: <https://www.xatakamovil.com/mercado/asi-esta-siendo-llegada-5g-a-19-primeros-paises-implantarlo-comercialmente>

⁴⁰² Ídem.

⁴⁰³ Ibídem 401.

⁴⁰⁴ Ibídem 401.

Fecha de cobertura inicial	País	Información
Junio de 2019	Reino Unido	Actualmente se tiene cobertura en 71 poblaciones, mediante el operador EE. ⁴⁰⁵
	España	La cobertura se realiza mediante la operadora Vodafone, la cual alcanza a 15 ciudades. La frecuencia de operación utilizada es la de 3.7 [GHz], mientras que la banda de 800 [MHz] debe esperar mientras se retoma la migración de la televisión digital terrestre a la banda de 700 [MHz]. ⁴⁰⁶
	Italia	La cobertura se realiza mediante Vodafone, tiene una cobertura total de 33 ciudades y en el año 2020 se pronosticaban las 100 ciudades con cobertura 5G. ⁴⁰⁷
	Alemania	También la cobertura se realiza mediante el operador Vodafone y está disponible en 50 ciudades. ⁴⁰⁸
Septiembre de 2019	Japón	El operador es NTT Docomo, iniciando en la ciudad de Sapporo, aunque en el 2020 aumentarían su disponibilidad en diferentes ciudades. ⁴⁰⁹
Octubre de 2019	Irlanda	La cobertura se realiza mediante el operador irlandés Eir, la llegada fue simultánea a 10 ciudades con un despliegue inicial de 100 estaciones base en Dublín, Cork, Limerick, Galway y Waterford. Actualmente, se ha duplicado la cobertura de 5G en el país y alcanza ya al 25% de su población. ⁴¹⁰
Noviembre de 2019	China	El despliegue comercial lo realizaron sus dos principales operadores móviles: China Mobile y China Unicom, mediante una cobertura inicial de 50,000 estaciones base de 5G que llegó a 50 diferentes ciudades, entre las cuales destacan: Beijing, Shanghai, Guangzhou, Shenzhen, Hangzhou, Nanjing, Tianjin, Wuhan, Jinan o Zhengzhou. ⁴¹¹

⁴⁰⁵ *Ibidem* 401.

⁴⁰⁶ *Ibidem* 401.

⁴⁰⁷ *Ibidem* 401.

⁴⁰⁸ *Ibidem* 401.

⁴⁰⁹ *Ibidem* 401.

⁴¹⁰ *Ibidem* 401.

⁴¹¹ *Ibidem* 401.

Fecha de cobertura inicial	País	Información
	Rumanía	El operador Orange proporciona la cobertura de 5G y solamente se concentra en 3 ciudades: Bucarest, Cluj-Napoca e Iasi. ⁴¹²
Diciembre de 2019	Suecia	El operador de telecomunicaciones Telenor proporciona cobertura 5G y únicamente está disponible en la ciudad de Estocolmo. ⁴¹³
	Estados Unidos	La cobertura comercial llegó mediante el operador móvil T-Mobile, aunque Verizon anticipó la llegada de esta tecnología no logró desplegarla antes. La operadora T-Mobile presentó la red nacional de 5G más extensa, la cual proporcionaría cobertura a más de 5,000 ciudades y brindaría cobertura a más de 200 millones de personas. Se utiliza la banda de frecuencia de 600 [MHz] y en un futuro se utilizaría también la banda de 2.5 [GHz]. ⁴¹⁴
Enero de 2020	Canadá	La cobertura de 5G se da mediante el operador canadiense Rogers, las primeras ciudades en recibir la cobertura fueron: Vancouver, Toronto, Ottawa y Montreal, esperaban que a lo largo del 2020 se alcanzara la cobertura en 20 ciudades más del país. La red 5G de la operadora Rogers utiliza la banda de frecuencia de 2.5 [GHz] en las ciudades que recibieron primeramente la cobertura, y las demás ciudades que se vayan agregando utilizarán el espectro de 600 [MHz]. Además, Rogers en un futuro comenzará a utilizar el espectro de 3.5 [GHz] y uso compartido del espectro dinámico, lo cual permitirá que se use el espectro de 4G para 5G gracias a los equipos de la empresa Ericsson. ⁴¹⁵
	Austria	El encargado de ofrecer el servicio de 5G es el operador de telecomunicaciones A1. Se colocaron 350 estaciones base de 5G, los cuales ofrecen cobertura a 129 poblados a través del espectro en la banda de frecuencia de 3.5 [GHz]. ⁴¹⁶

⁴¹² *Ibidem* 401.

⁴¹³ *Ibidem* 401.

⁴¹⁴ *Ibidem* 401.

⁴¹⁵ *Ibidem* 401.

⁴¹⁶ *Ibidem* 401.

Fecha de cobertura inicial	País	Información
Marzo de 2020	Tailandia	Los operadores de telecomunicaciones tailandeses encargado de llevar la red 5G fueron: True Move H y AIS. Mediante ambos operadores se tiene cobertura en 77 provincias del país usando la banda de frecuencia de 700 [MHz], 2.6 [GHz] y de 26 [GHz]. ⁴¹⁷
Abril de 2020	Bélgica	El operador Proximus es el encargado proporcionar cobertura 5G en el país, donde casi 50 ciudades cuentan con esta red. ⁴¹⁸

Tabla 2. Resumen de la cobertura de la red 5G a nivel mundial.

Fuente: Sitio Web: Xataka móvil.⁴¹⁹

En lo que respecta a la situación actual de la red 5G en México, aún no existe un despliegue y/o uso comercial de esta tecnología móvil. Desde el año 2019 se empezaba a escuchar sobre la posible llegada de la red 5G al territorio mexicano mediante el preponderante de la telefonía móvil en el país, Telcel.

Actualmente, en el año 2021 todavía no existe mucha información sobre la red 5G en México, solamente se conoce que existen pruebas con esta red por parte de las empresas Telcel y AT&T.

Sin embargo, la aplicación móvil *Speedtest*, de la empresa estadounidense de servicios de diagnósticos de Internet, Ookla, ha detectado zonas de cobertura de telefonía móvil con la red 5G en la Ciudad de México, de acuerdo a la nomenclatura utilizada en esta aplicación, como se muestra en la figura 69. Esta cobertura es solamente mediante la empresa mexicana Telcel.⁴²⁰

⁴¹⁷ *Ibíd*em 401.

⁴¹⁸ *Ibíd*em 401.

⁴¹⁹ *Ibíd*em 401.

⁴²⁰ Cahun, A. (2021). *CDMX y algunas ciudades de México ya tienen cobertura 5G de Telcel, según Speedtest, aunque quizás aún no puedas conectarte*. Recuperado el 5 de marzo de 2021 de: <https://www.xataka.com.mx/telecomunicaciones/cdmx-algunas-ciudades-mexico-tienen-cobertura-5g-telcel-speedtest-quizas-no-puedas-conectarte>

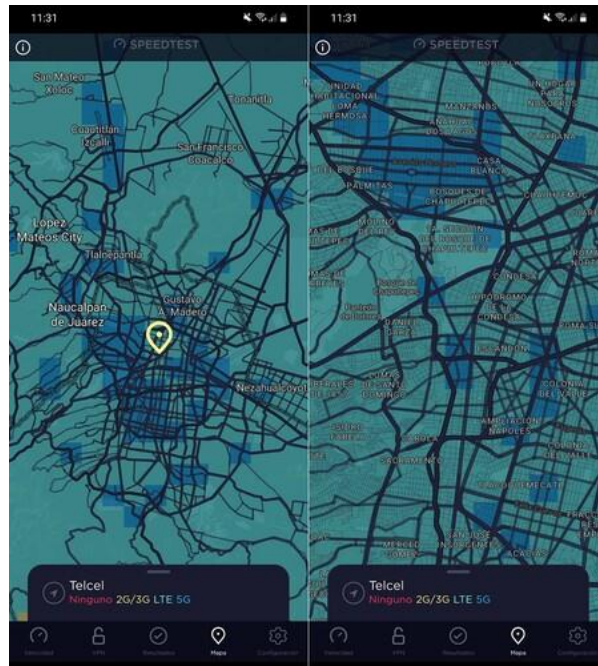


Figura 69. Mapa de cobertura de la red 5G en la Ciudad de México, de acuerdo a la aplicación Speedtest

Fuente: Sitio Web: Xataka México.⁴²¹

Además, al realizar un recorrido por el país en el mapa de esta aplicación se encontraron pequeñas zonas de cobertura de la red 5G en ciudades como Aguascalientes, Querétaro, Tijuana, Hermosillo, Guadalajara, Monterrey, Guanajuato y Chihuahua.⁴²²

Por lo que, en un panorama general, desde el centro del país hasta el norte del país existen indicios de esta nueva red móvil, mientras que en la zona sur del país no se encontró cobertura mediante esta aplicación.⁴²³

Por último, cabe destacar que estas regiones de cobertura pueden corresponder a las zonas donde se han colocado antenas de la nueva red 5G para la realización de las pruebas que se han estado llevando a cabo en los últimos meses. Por esta razón, no es posible para los usuarios conectarse a esta red móvil para su uso comercial.

Asimismo, para tener acceso a este tipo de tecnología será necesario que los teléfonos inteligentes de los usuarios sean compatibles con la red 5G, algunos de estos teléfonos celulares ya se venden en México desde hace algunos meses mediante Telcel.

⁴²¹ Ídem [Figura].

⁴²² Ibídem 420.

⁴²³ Ibídem 420.

2.15 Uso del proyecto “Datos sobre ruedas” en el mundo

Como se mencionó en el primer capítulo, el proyecto de Datos sobre Ruedas es una solución provisional en lo que las comunidades alejadas reciben una mejor infraestructura de telecomunicaciones para Internet y los diferentes servicios de telecomunicaciones.

Actualmente, este proyecto ya se encuentra en uso en algunos países en el mundo. De acuerdo con United Villages, empresa desarrolladora de este proyecto, se ha implementado esta tecnología en la zona rural de India y parte de Ruanda, además de Camboya en África y, Paraguay; con lo cual se ha logrado brindar conectividad a más de 200 mil personas.⁴²⁴

El fundador de United Villages, Inc., Amir Alexander Hasson, relata que el proyecto nació en el año 2002 cuando se presentó la solicitud de patente de la tecnología y se demostró el concepto en la zona rural de India. Debido a los buenos resultados, se estableció una red piloto para el programa de registro de tierras digitales del gobierno estatal de Karnataka, India, llamado Bhoomi.⁴²⁵

Se inició con la instalación de computadores que ejecutaban el lenguaje Debian en Tarjetas Compact Flash con chipsets 802.11b, es decir WiFi, y antenas omnidireccionales en autobuses públicos del gobierno para crear una DakNet, recordando que *dat* significa “postal” o “publicación” en hindi, de manera que DakNet se definiría como: Red postal. Esto permitiría que los aldeanos enviarán y recibieran información de forma digital.⁴²⁶

Con este proyecto Bhoomi se recopiló la siguiente información importante: el alcance de transmisión de datos es entre 200 metros a 1.5 kilómetros desde los quioscos, además que el tiempo de conectividad efectiva por WiFi fue de 72 segundos, se transmite 21 MB de datos y el *Goodput* (velocidad de datos útiles de un enlace) fue de 2.3 [Mbps].⁴²⁷

Con base en el proyecto Bhoomi se logró la creación de la empresa First Mile Solutions (FMS) con sede en Cambridge, Reino Unido, para poder desarrollar y distribuir la tecnología de DakNet de manera global. El primer cliente que tuvieron fue una ONG llamada

⁴²⁴ Indrajit, B. (2010). *DakNet: Internet Goes Rural Riding on a Motorbike*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://www.govtech.com/dc/articles/DakNet-Internet-Goes-Rural-Riding-on.html>

⁴²⁵ Hasson, A. (2010). *The Last Inch of the Last Mile Challenge*. Recuperado el 4 de agosto de 2020 de: <https://www.ibr.cs.tu-bs.de/courses/ws1011/advnet1/paper/chants2010/p1.pdf>

⁴²⁶ Ídem.

⁴²⁷ Ibídem 425.

Asistencia Americana para Camboya, AAFC (*American Assist For Cambodia*), la cual operaba con más de 300 escuelas primarias ubicadas en la zona rural de Camboya.⁴²⁸

Cada escuela contaba con paneles solares, una computadora y un maestro el cual estaba capacitado por el orfanato de AAFC, el docente les enseñaba inglés e informática básica a los estudiantes.⁴²⁹

Estas escuelas carecían de servicios básicos como electricidad y de una infraestructura de telecomunicaciones, sin embargo, en las comunidades existían moto-taxis que viajaban entre las diferentes aldeas y sedes de distrito con frecuencia, es decir, estos transportes se movían constantemente.⁴³⁰

En la provincia de Ratanakiri, Camboya, se instalaron en 5 moto-taxis los puntos de acceso mediante WiFi en la parte posterior del vehículo para así proporcionar el acceso a WiFi para 18 escuelas durante 5 días a la semana, de lunes a viernes.⁴³¹

El intercambio de información que se almacena en los moto-taxis se realiza en la misma provincia de Ratanakiri, en un hospital que cuenta con VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) la cual es una terminal para ofrecer los servicios vía satélite como: Internet, comunicaciones Voz IP, video y datos.⁴³²

De esta forma las escuelas podían enviar y recibir correos electrónicos y realizar búsqueda web en caché sin conexión, es decir, se almacena la solicitud y se recibe la información deseada horas después cuando vuelve a pasar un moto-taxi por la escuela y se sincroniza con los dispositivos.⁴³³ La figura 70 muestra una representación de esta comunicación en tiempo no real.

Posteriormente, con la misma empresa First Mile Solutions se integró el servicio de correo de voz sobre IP, lo cual permitiría a las escuelas enviar y recibir mensajes de voz a través de un teléfono inalámbrico convencional que se conecta al quiosco, ubicado en la escuela mediante la tecnología DakNet. De la misma manera, este servicio puede ser utilizado

⁴²⁸ *Ibidem* 425.

⁴²⁹ *Ibidem* 425.

⁴³⁰ *Ibidem* 425.

⁴³¹ *Ibidem* 425.

⁴³² *Ibidem* 425.

⁴³³ *Ibidem* 425.

en todo momento por los profesores y estudiantes, esta información de igual forma se sincroniza cuando el moto-taxi pase por ese lugar.⁴³⁴

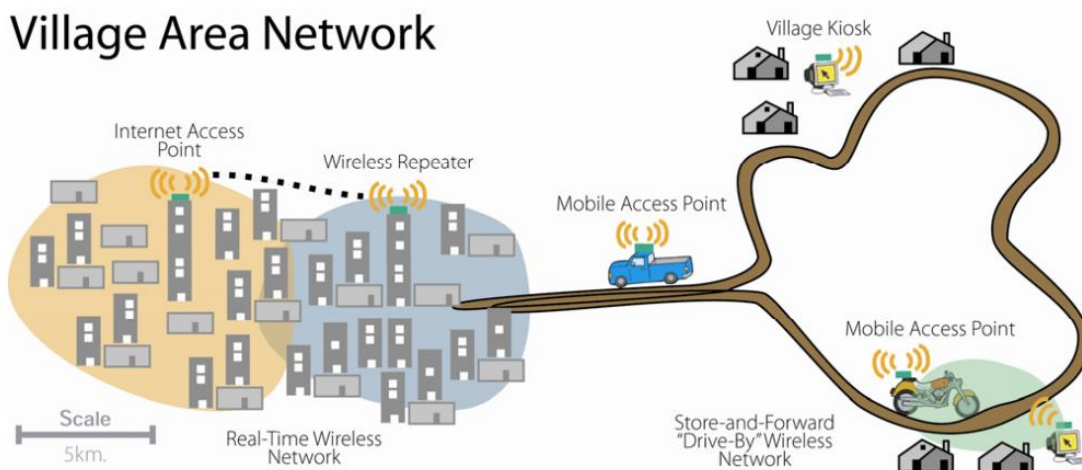


Figura 70. Arquitectura de WiFi para almacenar y reenviar: Datos sobre ruedas

Fuente: Sitio Web: The Last Inch of the Last Mile Challenge.⁴³⁵

Por otro lado, el proyecto “*Internet Village Motoman*” en la provincia de Ratanakiri, Camboya, se lanzó el 1° de septiembre del año 2003 y de nuevo AAFC decidió ampliar el proyecto para más de 100 escuelas ubicadas en otras 4 comunidades rurales de Camboya. En consecuencia, se tiene una expansión de escuelas que pueden estar conectadas mediante DakNet.⁴³⁶

Por tal motivo, la empresa First Mile Solutions se asoció y capacitó a una empresa de tecnologías de la información para proporcionar asistencia técnica para estos centros educativos adicionales, sin embargo, para la actualización de software y monitoreo de la red se requiere de la intervención de la empresa FMS.⁴³⁷

El proyecto de Datos sobre Ruedas entre los años 2003-2006 se implementó en países como: Costa Rica, Ruanda y la zona rural de Paraguay. Esto se logró gracias al interés de organizaciones como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Instituto para la Conectividad en las Américas (ICA).⁴³⁸

⁴³⁴ *Ibidem* 425.

⁴³⁵ *Ibidem* 425 [Figura].

⁴³⁶ *Ibidem* 425.

⁴³⁷ *Ibidem* 425.

⁴³⁸ *Ibidem* 425.

Los proyectos que se implementaron en estos países fueron esencialmente similares por dos características.⁴³⁹

1. Todos los países usaron la misma tecnología de almacenamiento y reenvió para lograr proporcionar los servicios de correo electrónico, búsquedas web en caché y correo de voz para los quiscos en los diferentes pueblos.
2. Todos los proyectos implementados fueron totalmente financiados por organizaciones no comerciales con objetivos educativos sin fines de lucro.

La implementación de estos proyectos para llevar Internet en tiempo no real a comunidades alejadas y rurales en estos 3 países sirvió como una alternativa de menor costo a comparación de otras tecnologías y servicios vía satélite.⁴⁴⁰

Igualmente se cumplió con las necesidades básicas de conectividad que requerían las organizaciones. Estos proyectos no requerían Internet en tiempo real, sin embargo, requerían de medios accesibles para enrutar y transmitir la información digital entre las zonas rurales y urbanas.⁴⁴¹

Tiempo después de la implementación de estos proyectos en los diferentes países, se pensó el siguiente modelo de servicio: en lugar de vender la tecnología a otras organizaciones, se usaría para crear infraestructura de comunicaciones en áreas rurales y prestar los servicios comercialmente a los pobladores de las comunidades.⁴⁴²

Debido a esto, se creó la compañía United Villages, Inc. y establecieron una subsidiaria en la República de India donde esta empresa obtuvo una licencia de ISP (*Internet Service Provider*), es decir, se convirtieron en un proveedor de servicios de Internet.⁴⁴³

Por esta razón, se instaló una red para 20 comunidades rurales en el estado de Orissa (actualmente llamado Odisha), República de India, implementando la misma tecnología que

⁴³⁹ *Ibidem* 425.

⁴⁴⁰ *Ibidem* 425.

⁴⁴¹ *Ibidem* 425.

⁴⁴² *Ibidem* 425.

⁴⁴³ *Ibidem* 425.

se ha utilizado en los demás proyectos implementados en los países anteriormente mencionados.⁴⁴⁴

Además, para lograr llevar los puntos de acceso a estas comunidades, la empresa United Villages, Inc., se asoció con los operadores locales de autobuses rurales para que se les instalara el punto de acceso a cambio de una tarifa mensual.⁴⁴⁵

Mediante esta asociación y la implementación de la tecnología en las comunidades rurales, se logró brindar los mismos servicios de los proyectos anteriores: mensajes de texto, correo de voz, correo electrónico y búsqueda web en caché; a través los quiscos de la comunidad operados por los encargados o empresarios de la localidad, preferentemente comerciantes.⁴⁴⁶

Cabe destacar que con la creación de la empresa United Villages, Inc. no solamente se llevó el servicio de Internet en tiempo no real y mensajes de texto, sino que también se observó que los comerciantes de las comunidades rurales empezaban a pedir sus mercancías para surtir sus negocios mediante esta tecnología.

Al principio para la empresa fue sorpresivo y no sabían cómo resolverlo, pero posteriormente se implementó el servicio del comercio electrónico (*e-commerce*) con lo cual se logró cubrir las necesidades de los comerciantes, enviando los productos en los autobuses que tenían el punto de acceso y pasaban por las comunidades.⁴⁴⁷

En lo que respecta a México, no existe actualmente esta tecnología ni hay indicios que se ponga en práctica. Sin embargo, existe el antecedente que en el año 2005 la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas tuvo el interés de llevar este proyecto a las comunidades alejadas del estado de Chiapas, pero tiempo después se canceló el proyecto y nunca se llevó a cabo. Esta información fue compartida por el Director de este trabajo de tesis, quien trabajó en esta dependencia durante la contemplación de este proyecto en México.

A pesar de lo descrito anteriormente, en nuestro país se debería considerar este proyecto como una forma de llevar Internet en tiempo no real a las comunidades rurales y

⁴⁴⁴ *Ibidem* 425.

⁴⁴⁵ *Ibidem* 425.

⁴⁴⁶ *Ibidem* 425.

⁴⁴⁷ *Ibidem* 425.

alejadas que se encuentran en nuestro país. Por ejemplo, las comunidades de los estados de Oaxaca, Veracruz y Chiapas, que se encuentran muy alejadas de las principales cabeceras municipales y carecen de infraestructura de telecomunicaciones.

Si se logra implementar esta tecnología en nuestro país sería de gran ayuda para comunicar y ofrecer los servicios, antes mencionados, tanto a los habitantes de las comunidades como a las escuelas.

En estas comunidades alejadas existen caminos donde transitan diferentes vehículos o transportes, como autobuses, que cruzan las diferentes comunidades y regresan a la cabecera municipal.

En estos autobuses se podrían colocar los puntos de acceso móvil para almacenar y reenviar la información digital, además de ofrecer el abastecimiento de mercancía que se requiera en las comunidades, como se mencionó anteriormente y se implementó en la República de India.

Este proyecto en México pudiera ser provisional en lo que se instala una mejor infraestructura de telecomunicaciones que merece cada mexicano, teniendo así, acceso a Internet en tiempo real de forma inalámbrica o alámbrica.

Esta solución podría ser viable por el número de comunidades rurales o alejadas que existen en cada estado del país, además que existen transportes que pasan por la mayoría de estas localidades y, por ello, se garantizaría una mayor frecuencia en la recolección y envío de información digital mediante los Datos Sobre Ruedas.

2.16 Cobertura y uso del proyecto “Loon” en el ámbito internacional

El proyecto Loon es de igual manera un proyecto transitorio para países subdesarrollados que no cuenten con la infraestructura necesaria para llevar los servicios de telecomunicaciones, entre ellos el Internet, a comunidades alejadas.

Este proyecto está dirigido para proporcionar el servicio de Internet, utilizando el estándar de LTE (*Long Term Evolution*) la cual hace referencia a la tecnología de banda ancha inalámbrica que sirve para la transmisión de datos con el objetivo de dar acceso a dispositivos móviles al servicio de Internet.

Como se mencionó en el Capítulo 1, este proyecto inició en el año 2013 por parte de Google. Aunque el proyecto está actualmente a cargo de Alphabet, una nueva empresa de Google que desarrolla productos y servicios relacionados con Internet. La idea es muy simple: llevar conexión de Internet a lugares remotos alrededor del mundo usando globos con antenas.

El lugar donde se realizaron las primeras pruebas piloto fue en Nueva Zelanda en ese mismo año con el lanzamiento de 12 globos. Actualmente estos han mejorado considerablemente en conectividad, en la mejora de la calidad de los globos y la duración de los vuelos, siendo de aproximadamente 100 días.⁴⁴⁸

Han pasado 8 años desde la creación del proyecto Loon y durante el transcurso de este tiempo se han realizado varias pruebas en distintos países en diferentes regiones del mundo, como han sido: pruebas en Brasil y Australia en el año 2014, y en Sudáfrica entre los años 2014 y 2016.⁴⁴⁹

De igual modo, en el año 2016 llegó a Sri Lanka, un país insular de Asia ubicado al sur de la India, el primer globo del proyecto Loon para poder comenzar las pruebas comerciales. Estas pruebas consistieron en probar el servicio y coordinar el espectro radioeléctrico del país.⁴⁵⁰

Las pruebas duraron alrededor de 12 meses y posteriormente, en el año 2018, el gobierno de Sri Lanka y Google firmaron un acuerdo para que el proyecto Loon brindara cobertura de Internet a todo el país mediante 13 globos.⁴⁵¹. Brindando así el servicio de Internet a la totalidad de su población de casi 21 millones de habitantes.

En el mismo año 2018, el gobierno de la República de Indonesia firmó un acuerdo con la empresa Google para que mediante el proyecto Loon se le proporcionara cobertura total a su territorio. Este acuerdo se logró gracias a la participación de los tres principales

⁴⁴⁸ López, M. (2018). *Globos para llevar Internet al fin del mundo*. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: https://elpais.com/elpais/2018/07/24/planeta_futuro/1532414715_476889.html

⁴⁴⁹ Ídem.

⁴⁵⁰ La nación. (2016). *Llega el primer globo del proyecto Loon de Google a Sri Lanka*. Recuperado el 24 de agosto de 2020 de: <https://www.nacion.com/tecnologia/internet/llega-el-primer-globo-del-proyecto-loon-de-google-a-sri-lanka/DHBS37YJ2FHETPULWFBIL26QGQ/story/>

⁴⁵¹ Ídem.

operadores de redes móviles en Indonesia: Indosat, Telkomsel y XL Axiata, los cuales han acordado en poner a prueba las conexiones a Internet mediante LTE.⁴⁵²

Antes del acuerdo firmado con Alphabet, filial de Google, solo 1 de cada 3 habitantes de Indonesia tenía acceso a Internet, por ello, se espera que mediante los globos Loon se pueda romper la brecha digital que existe con más de 100 millones de personas que están desconectadas en ese país.⁴⁵³

Los globos del proyecto Loon también han ofrecido conexión 4G, mediante LTE, ante desastres naturales como fue en el año 2017. A principios de ese año en Perú se presentaron inundaciones en la región norte del país, mediante la operadora Telefónica se dio la comunicación en las áreas afectadas.⁴⁵⁴

Posteriormente en septiembre del 2017, tras el paso del Huracán María en Puerto Rico, se desplegaron globos Loon para dar comunicación al país, pero los globos tardaron semanas en desplegarse en las zonas afectadas, el servicio fue brindado con el apoyo de las empresas de telefonía móvil: AT&T y T-Mobile. Más de 200,000 personas contaban con acceso a Internet usando los globos aerostáticos de Google⁴⁵⁵

En Perú, en el año 2019, la principal empresa proveedora de telefonía móvil del país, Telefónica, ya se encontraba en un gran avance de negociaciones con Alphabet para extender el acceso de Internet móvil en las partes remotas de la región amazónica. Al punto que ya se habían acelerado la instalación de infraestructura y la realización de pruebas intermitentes con los globos Loon para el servicio de LTE.⁴⁵⁶

Sin embargo, el domingo 26 de mayo del 2019 un terremoto de 8.0 sacudió la zona amazónica de Perú, el gobierno del país y Telefónica solicitaron a Loon que se redirigieran globos al área impactada; el martes por la mañana llegaron los primeros globos y se comenzó

⁴⁵² El comercio. (2015). *El Proyecto Loon de Alphabet llevará Internet a Indonesia*. Recuperado el 24 de agosto de 2020 de: <https://www.elcomercio.com/guaifai/proyecto-loon-alphabet-lleva-internet.html>

⁴⁵³ Ídem.

⁴⁵⁴ Westgarth, A. (2019). *Loon balloons are now connecting users in Peru*. Recuperado el 24 de agosto de 2020 de: <https://medium.com/loon-for-all/loon-balloons-are-now-connecting-users-in-peru-8daa32db32b7>

⁴⁵⁵ Ídem.

⁴⁵⁶ *Ibidem* 454.

a ofrecer el servicio de LTE a los usuarios que se encontraban en la zona afectada, es decir, se brindó el servicio 48 horas después del incidente.⁴⁵⁷

La figura 71 muestra la altitud a la que se encuentran los globos Loon, así como satélites de órbita baja y geoestacionarios, con la intención de visualizar de mejor forma las diferencias de altitud de cada tecnología.

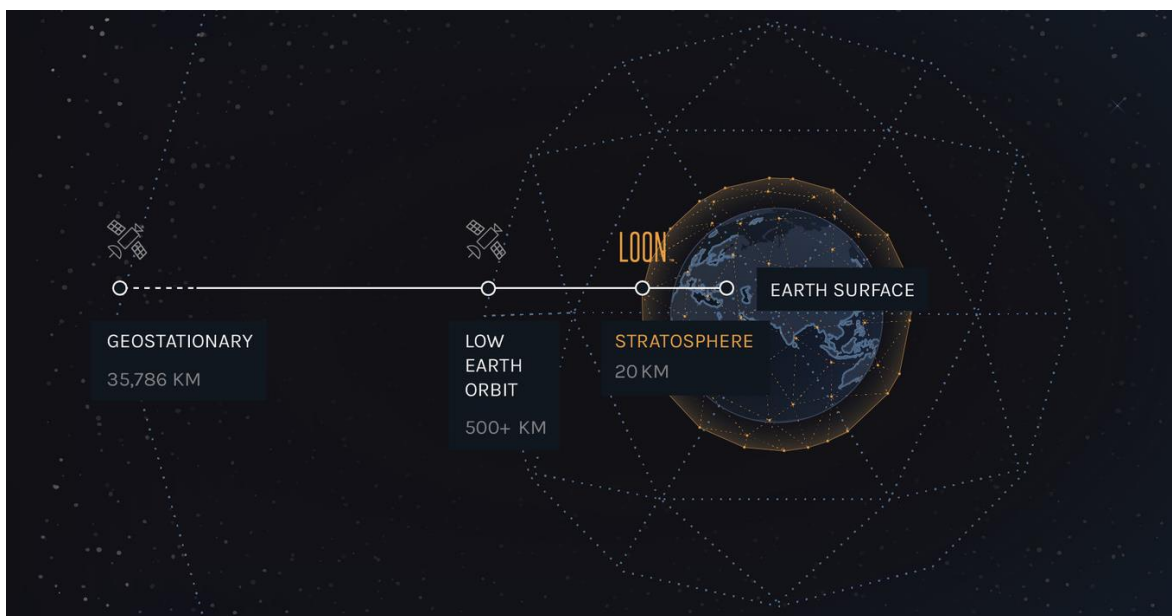


Figura 71. Comparación de la altitud de los globos Loon contra los satélites geoestacionarios y de órbita baja

Fuente: Sitio Web: Xataka.⁴⁵⁸

En Kenia, desde julio del año 2020, los globos de Loon empezaron a funcionar a nivel comercial y masivo con una operadora local llamada Telkom Kenya, después de meses de pruebas. Esta aplicación es la primera en el continente africano y de gran escala al ocupar 35 globos Loon para cubrir un área de 50,000 [Km²], aproximadamente 10% de la superficie total del país. Esta área corresponde a las zonas de Iten, Eldoret, Baringo, Nakuru, Kakamega, Kisumu, Kisii, Bomet, Kericho y Narok.⁴⁵⁹

⁴⁵⁷ Ibídem 454.

⁴⁵⁸ García, J. (2020). *Los globos de Loon comienzan a funcionar a nivel comercial: 35 globos darán acceso a Internet en un área de 50.000 km2 en Kenia*. [Figura]. Recuperado el 24 de agosto de: <https://www.xataka.com/servicios/globos-loon-comienzan-a-funcionar-a-nivel-comercial-35-globos-daran-acceso-a-internet-area-50-000-km2-kenia>

⁴⁵⁹ Ídem.

De acuerdo a la operadora Telkom Kenya y su última prueba en campo en el mes de junio, se consiguió una velocidad de subida de 4.47 [Mbps], 18.9 [Mbps] de bajada y una latencia de 19 [ms]. La figura 72 muestra a técnicos de esta empresa recabando datos de las pruebas realizadas.

Así mismo, esta operadora asegura que mediante los globos Loon han sido capaces de hacer llamadas de voz, videollamadas y usar apps de video como Youtube o mensajería instantánea como WhatsApp mediante esta red, logrando conectar a 35,000 usuarios únicos.⁴⁶⁰

De la misma manera, Telkom menciona que los globos serán lanzados desde Estados Unidos de América y llegarán a Kenia mediante las corrientes aéreas de la estratosfera; además, como los globos están potenciados por energía solar, se ofrecerá mediante su red móvil la conexión a Internet desde las 6 de la mañana hasta las 9 de la noche, hora local.⁴⁶¹



Figura 72. Técnicos de Telkom realizando pruebas con los globos Loon en Kenia

Fuente: Sitio Web: Xataka.⁴⁶²

Actualmente en México no existen indicios o despliegue de este proyecto para llevar Internet a las zonas remotas del país. El proyecto Loon podría ser una gran alternativa transitoria, en lo que se instala la infraestructura adecuada para las comunidades alejadas,

⁴⁶⁰ Ibídem 458.

⁴⁶¹ Ibídem 458.

⁴⁶² Ibídem 458 [Figura].

debido a que el relieve en nuestro país es muy complejo a lo largo de su territorio. Este proyecto podría tener varias ventajas en nuestro país como:

- Ayudaría a llevar el servicio de Internet a comunidades alejadas que se encuentran en las diferentes sierras del país.
- Garantizaría la conectividad a Internet de las comunidades alejadas a un menor costo que con un enlace satelital.
- Existen 3 principales operadoras de telefonía móvil en México que podrían unirse al proyecto, para que la mayor parte de los mexicanos se vean beneficiados si se encuentran en zonas donde actualmente no hay red de telefonía móvil.
- En caso de algún desastre natural, como un huracán o terremoto, se podrá garantizar la conectividad y comunicación de la zona afectada con el exterior del país.
- La cercanía de México con Estados Unidos de América haría que el despliegue de los globos fuese en un menor número de días.

El gobierno de nuestro país podría considerar este proyecto como una ayuda transitoria para poder complementar su proyecto de “Internet para Todos” y así reducir costos en la instalación de infraestructura a lo largo del país, por lo extenso y complejo que es el territorio nacional.

Igualmente, de acuerdo a los casos mostrados en diferentes países, su confiabilidad y viabilidad es alta para tener el servicio de Internet en donde se requiera, ofreciendo cada globo Loon un diámetro de cobertura de 80 kilómetros de diámetro debajo de este, con lo cual se podrían cubrir varias comunidades con un mismo globo Loon.

2.17 Situación actual y global de la infraestructura del usuario final

Como se mencionó anteriormente, la infraestructura del usuario final: repetidores, routers, adaptadores de red, antenas portátiles, entre otros; brindan una mejor conectividad del usuario con la red inalámbrica con la cual tienen cobertura. Estos dispositivos son de gran utilidad para maximizar el desempeño de la red y también potencian la calidad de servicio que recibe el usuario final.

Sin embargo, el usuario final en México tiene diferentes complicaciones para acceder a este tipo de infraestructura. En primer lugar, se encuentra el costo de los dispositivos, estos se pueden conseguir mediante el mercado electrónico, pero el costo de los equipos está alrededor de los \$400 y \$3,000 pesos mexicanos, dependiendo de las necesidades requeridas por cada usuario final.

Cabe destacar que los usuarios finales de las comunidades alejadas en México no cuentan con el suficiente dinero para comprar estos equipos, lo cual limita a muchos usuarios finales a adquirir uno de estos dispositivos.

Otro aspecto a considerar es la red a la cual se van a conectar los usuarios finales de las comunidades alejadas en nuestro país, ya que esta red podría tener problemas en la recepción y transmisión de las señales, además de tener caídas en la cobertura del sitio donde se coloquen. Por lo tanto, se deberá mejorar la calidad de la red y la infraestructura que la compone.

También se debe considerar la habilitación de la infraestructura del usuario final para cada caso concreto, es decir, las especificaciones de la red cambiarán en cada zona de cobertura. De tal forma que dependiendo de la tecnología que se implemente en esa comunidad, los dispositivos serán distintos y tendrán que cumplir con diferentes requerimientos para ofrecer un funcionamiento más óptimo al usuario final.

Por el otro lado, en países con un mayor desarrollo, como Estados Unidos de América o países europeos, se tienen condiciones diferentes a las que presenta la sociedad mexicana. Empezando por lo económico, sus sociedades tienen mejores ingresos y por eso pueden tener más fácilmente acceso a los dispositivos de usuario final; su red de Internet es más equilibrada, ofreciéndoles una mejor conexión y velocidad de Internet desde el paquete más básico. Asimismo, los dispositivos en la región europea están más estandarizados y de este modo evitan tener problema con las especificaciones de cada producto.

Los usuarios finales en países más desarrollados tienen otras necesidades en cuanto a la conectividad de Internet y también tienen una mejor infraestructura de telecomunicaciones para el servicio que se les brinda.

Mientras que en México solamente existe una mayor infraestructura de telecomunicaciones en las principales ciudades del país, en municipios con más de 25,000 habitantes o cerca de las áreas metropolitanas. Por ello, las comunidades alejadas de las urbanizaciones no tienen acceso a este tipo de infraestructura y solamente cuentan con la infraestructura básica como es: luz eléctrica y telefonía fija mediante par de cobre.

Se debe considerar la infraestructura de usuario final para llevar Internet a las comunidades alejadas del país. Se debe garantizar la cobertura, para que la conectividad a Internet sea estable y de buena calidad.

Esta infraestructura es de suma importancia y debe ser considerada al momento de desplegar la cobertura y conectividad de los servicios de telecomunicaciones e Internet en las comunidades alejadas.

Existe una gran cantidad de dispositivos para el usuario final, pero se debe analizar cuáles son más convenientes en términos de su ubicación, extensión, población, tecnología mediante la cual recibirán la cobertura y conectividad a Internet, entre otros.

Capítulo 3. Internet en México. Situación actual de cobertura. Conectividad en zonas urbanas, suburbanas, rurales y geográficamente alejadas e indígenas. El proyecto actual del gobierno federal.

En este tercer capítulo se revisa y analiza la situación actual de cobertura y conectividad de los servicios de telecomunicaciones e Internet a lo largo del país. Se presenta también la situación actual de la Red Compartida, la cual busca cerrar la brecha digital y facilitar la adopción de tecnologías de la información en las zonas urbanas y rurales del país.

Llegando mediante este proyecto a las regiones de México donde carecen de conectividad, aumentando así la cobertura y capacidad de los diferentes servicios de telecomunicaciones actuales y futuros, por ejemplo: mayor conectividad en escuelas, hospitales y zonas marginadas, Internet de las cosas y nuevos servicios públicos mediante Internet.

El territorio nacional es muy extenso y diverso geográficamente, tanto en climas como en relieve. Existiendo también zonas de difícil acceso, debido a ello, es más complicado acceder a algunas comunidades alejadas desde una ciudad cercana o área suburbana. Por esta razón la infraestructura de telecomunicaciones no ha llegado a estas localidades, en algunos casos carecen del servicio de electricidad.

Sin embargo, no solamente en las zonas alejadas a las urbes del país existen poblaciones que no tienen acceso al servicio de Internet o algún otro servicio de telecomunicaciones. También en las zonas metropolitanas existe población que no cuentan con el servicio de Internet en su hogar, debido principalmente a su dificultad económica para pagarlo.

Hoy en día, el servicio de Internet es esencial, permitiendo a las personas estar conectadas al mundo y tener acceso a la información para su educación.

3.1 La cobertura y conectividad del servicio de Internet en el país, según datos del INEGI.

Enseguida se mostrará información sobre la conectividad y cobertura del servicio de Internet en el territorio mexicano, los datos fueron recabados del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) mediante su Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), de los años 2018 y 2019. La población encuestada tenía al menos 6 años de edad.

3.1.1 Población usuaria de Internet en México.

De acuerdo al INEGI, en el 2019, en México hubo 80.6 millones de usuario de Internet y 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares.⁴⁶³

En cuanto a la cobertura del servicio de Internet a nivel nacional, en el año 2018 se tuvieron los siguientes datos: 73.1% de la población urbana era usuaria de Internet, mientras que en la zona rural la población usuaria era del 40.6%.⁴⁶⁴

Para el año 2019 se tuvo un incremento en ambas poblaciones: el 76.6% de la población en zonas urbanas eran usuarios de Internet, mientras que en la zona rural la población usuaria fue del 47.7%.⁴⁶⁵

Conforme a los datos mencionados anteriormente, se observa que existió un mayor crecimiento de población usuaria en las zonas rurales en el periodo de un año, 2018 a 2019, a lo largo del territorio nacional, teniendo un aumento del 7.1%. Este dato es positivo, pero no suficiente, porque más de la mitad de la población en zonas rurales sigue sin tener acceso a Internet, siendo muy baja respecto a la cobertura que existe en las zonas urbanas donde se tiene casi el doble de usuarios.

El objetivo es subir cada año ese porcentaje para que todos los mexicanos tengan la cobertura del servicio de Internet y se garantice su plena conectividad.

En la figura 73, se observa cómo fue el crecimiento de usuarios en las zonas rurales y urbanas entre los años 2017 y 2019 mediante la realización de la ENDUTIH. Se aprecia

⁴⁶³ INEGI. (2020). *Comunicado de prensa núm. 103/20*. p.1. Recuperado el 31 de marzo de 2020 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf

⁴⁶⁴ Ídem.

⁴⁶⁵ Ibídem 463.

que en esos 3 años existió un mayor crecimiento de usuarios de Internet en el ámbito rural a lo largo del país, siendo el mayor crecimiento entre los años 2018 y 2019.

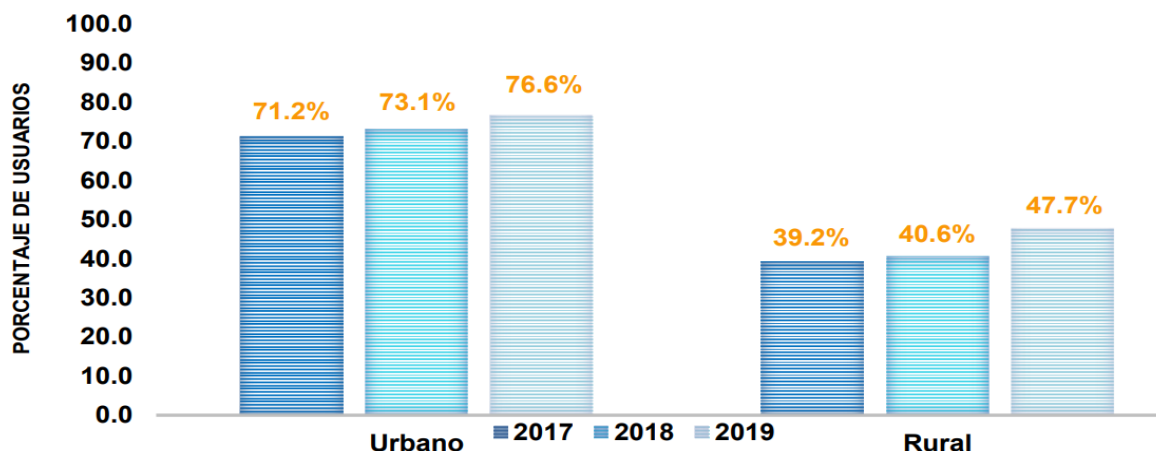


Figura 73. Distribución de usuarios de Internet en el ámbito urbano y rural, 2017-2019

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁶⁶

Como se mencionó anteriormente, en el año 2019 hubo 80.6 millones de usuarios de Internet en México, esta población represento el 70.1% de la población de 6 años o más.

De acuerdo con la figura 74, cada año ha existido un crecimiento en la población usuaria de Internet, que en promedio llega a ser de 4.55 millones de usuarios por año.

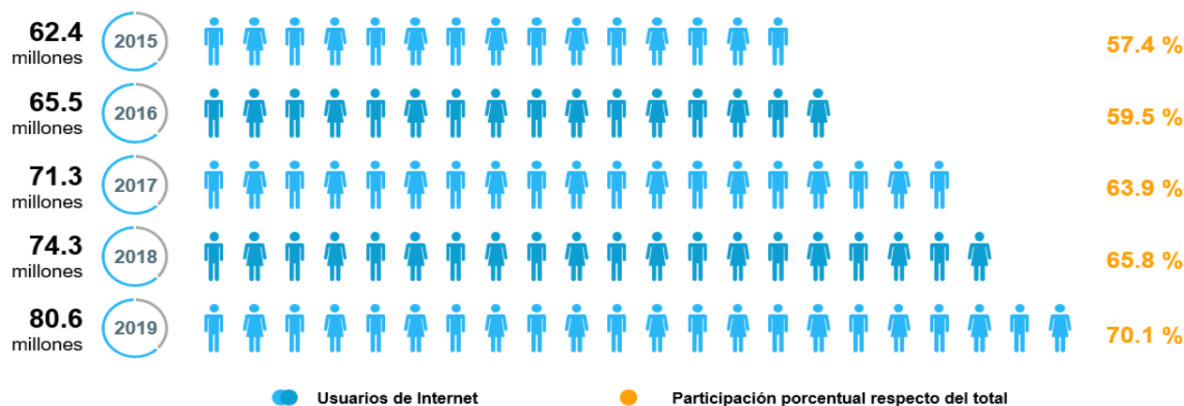


Figura 74. Población usuaria de Internet entre los años 2015-2019

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁶⁷

Algo importante a considerar en la población usuaria de Internet es como están distribuidos estos usuarios en diferentes grupos, esto se observa en la figura 75. Con base en

⁴⁶⁶ Ibídem 463 [Figura], p. 5.

⁴⁶⁷ Ibídem 463 [Figura], p. 4.

lo observado en esta figura, en el año 2019 se tuvo una mayor concentración de usuarios de Internet en el grupo de edad de 18 a 24 años con un 91.2%, es decir, en este grupo de edad en todo el país, 9 de cada 10 jóvenes ocupaban el Internet para diferentes actividades.

Los grupos de edad de 12 a 17 años y de 25 a 34 años, también contaban con una mayor cantidad de usuarios. No es de extrañar estos resultados, ya que los jóvenes entre 12 y 24 años de edad son más activos en Internet, además que cursan el bachillerato o universidad, de tal forma que ocupan este servicio para obtener información para su educación.

En la misma figura 75, se observa que la mayor concentración de usuarios de Internet se ubicó entre los 12 y 44 años; encontrándose en este rango de edad a personas que son estudiantes, profesionales o gente común que requiere del servicio de Internet para obtener información, comunicarse con alguna otra persona o entretenerse.

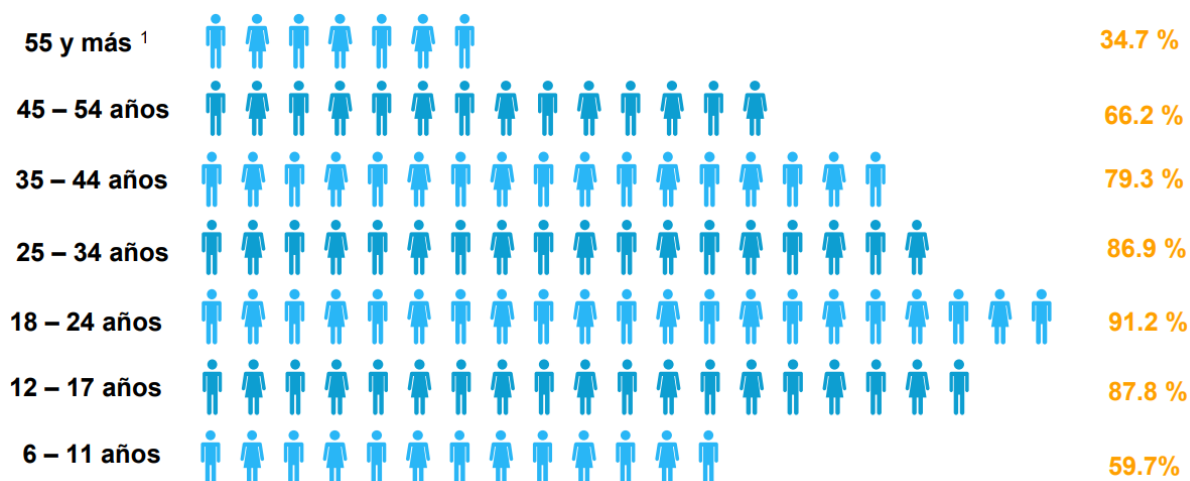


Figura 75. Distribución de los usuarios de Internet por grupos de edad, 2019

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁶⁸

En la figura 76, se presenta el porcentaje de personas que utilizaron el servicio de Internet de acuerdo a su nivel de escolaridad en el año 2019. Asociando el nivel de educación al uso de Internet, los datos señalaron que a mayor nivel de escolaridad existe un mayor uso de Internet.

⁴⁶⁸ Ibídem 463 [Figura], p. 5.

Por ello, el servicio de Internet es una poderosa y versátil herramienta para los estudiantes, haciendo esencial que todos los jóvenes mexicanos tengan este servicio para así poder aumentar su nivel educativo.

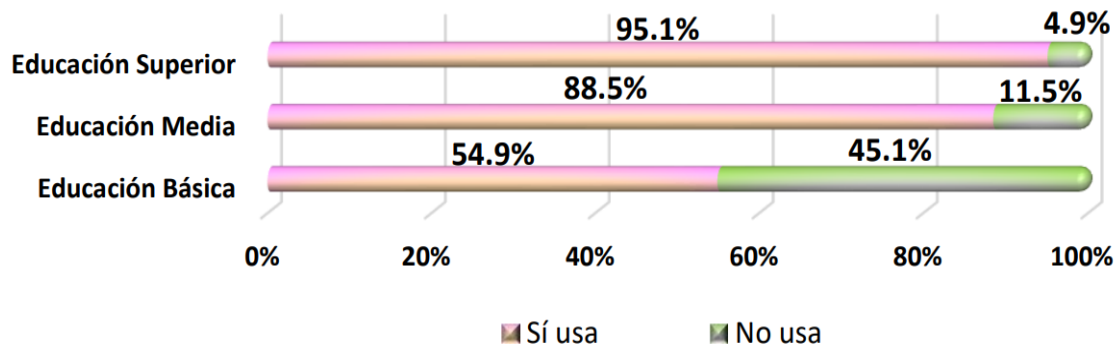


Figura 76. Porcentaje de usuarios de Internet por nivel de escolaridad, 2018

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2018.⁴⁶⁹

Hay que tener en cuenta que la gráfica de la figura 76 se elaboró con datos de la ENDUTIH 2018, por consiguiente, los porcentajes deben ser muy parecidos en el año 2019. En la ENDUTIH 2019 no aparece esta representación, debido a que solamente varía un año entre las encuestas y la población estudiantil no cambia mucho en este periodo de tiempo.

De acuerdo con el INEGI:⁴⁷⁰

- Educación Superior: incluye Estudio técnico superior con preparatoria terminada, Licenciatura o ingeniería, Especialidad, Maestría o Doctorado.
- Educación Media: incluye Normal básica, Estudio técnico con secundaria terminada, Preparatoria o bachillerato.
- Educación Básica: incluye Preescolar o kínder, Primaria o Secundaria.

El objetivo del trabajo es encontrar soluciones para la infraestructura de telecomunicaciones a fin de brindar el servicio de Internet en todo el país, pero se debe tener en cuenta que, al proporcionar este servicio, no todas las personas lo ocuparán para su desarrollo personal o de la comunidad.

⁴⁶⁹ Ibídem 463 [Figura], p. 5.

⁴⁷⁰ INEGI. (2019). *Comunicado de prensa núm. 252/19*. p.3. Recuperado el 1 de abril de 2020 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2019/internet2019_Nal.pdf

A continuación, se presenta en la figura 77 una gráfica con la distribución del uso de Internet en los años 2018 y 2019 de acuerdo con la ENDUTIH. Cabe destacar que el entretenimiento fue el principal uso de los usuarios de Internet, lo cual no es malo, pero siempre y cuando se sea responsable.

Se debe establecer en las comunidades alejadas que el uso del Internet, que se proporcionará, debe ser de manera responsable, no descuidando el ámbito educativo y cultural. El Internet sirve como un medio de comunicación y para el desarrollo personal de cada habitante de la comunidad, como en los aspectos: social, educativo, cultural y económico. Por ello, se debe aprovechar este servicio al máximo.

De acuerdo con la misma figura 77, no solamente existió un mayor uso del entretenimiento con el Internet, también destaca la comunicación y la búsqueda de información para la educación/capacitación de cada persona. Lamentablemente fue muy bajo el porcentaje de uso de Internet para leer periódicos, revistas o libros, lo cual se puede aumentar mediante la concientización de la población joven desde el nivel de escolaridad básico.

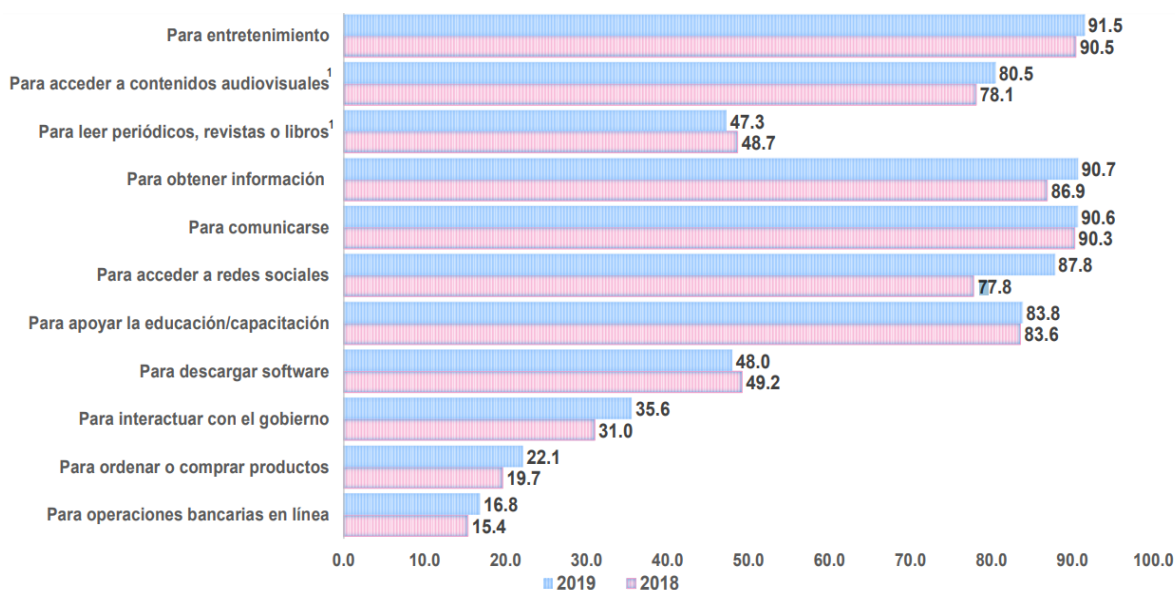


Figura 77. Usuario de Internet por tipo de uso, 2018 y 2019⁴⁷¹

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁷²

⁴⁷¹ Nota: Las opciones de respuesta con superíndice 1 están consideradas dentro de la opción “entretenimiento”. Para 2018 en las opciones “interactuar con el gobierno” y “realizar operaciones bancarias en línea”, no se consideraron los menores de 15 años

⁴⁷² *Ibíd*em 463 [Figura], p. 7.

Otro aspecto importante en la cobertura que tiene el servicio de Internet en el país es la cantidad de hogares a nivel nacional que cuentan con este servicio mediante una conexión fija o inalámbrica. En la figura 78 se presenta el crecimiento que ha existido, desde el año 2015 hasta el 2019, de los hogares que cuentan con este servicio, observando que prácticamente se ha duplicado la cantidad de hogares con Internet en un periodo de 5 años.

El porcentaje mostrado en la figura 78 representa el promedio a nivel nacional. El INEGI⁴⁷³ considero los datos de cada estado del país para la realización de esta gráfica.

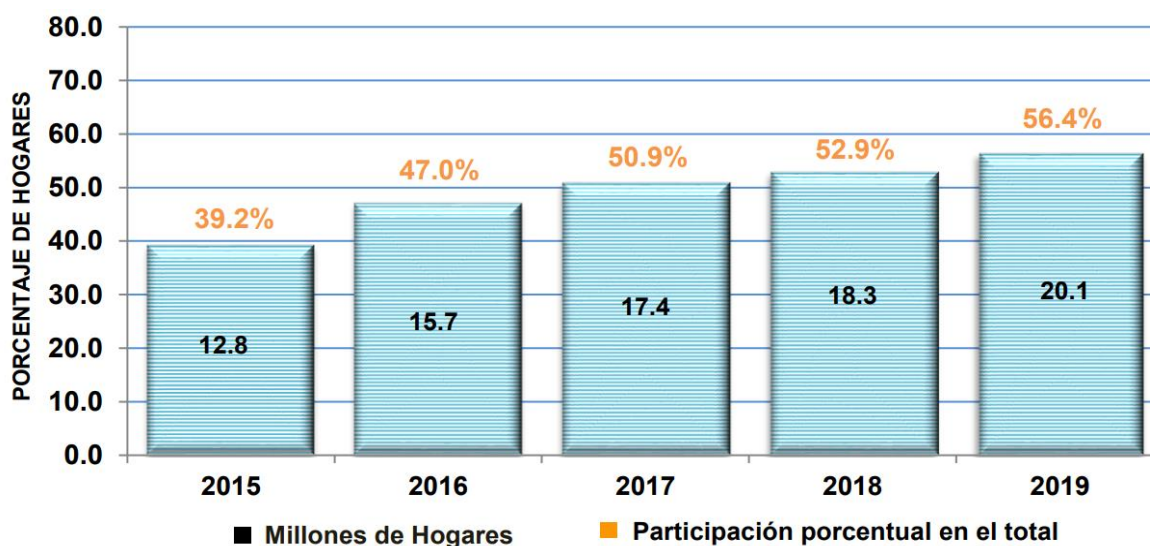


Figura 78. Hogares con Internet, 2015-2019

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁷⁴

Como se observa en la figura 78, el porcentaje del total de hogares con Internet en el año 2018 fue de 52.9%, representando el promedio nacional que se observa en la siguiente figura 79, en la cual se observa la distribución porcentual de los hogares que contaban con Internet por entidad federativa en el año 2018.

Respecto a la figura 79, en la ENDUTIH 2018 se menciona: “Sobre la conectividad de los hogares por entidad federativa se señala a Sonora como la entidad con la proporción más alta (81.4%), lo que representa 28.5 puntos porcentuales por encima del promedio nacional.”⁴⁷⁵

⁴⁷³ Ibídem 463, p. 9.

⁴⁷⁴ Ibídem 463 [Figura], p. 9.

⁴⁷⁵ Ibídem 470, p. 8.

“Sonora, Baja California Sur, Quintana Roo, Baja California, Nuevo León, Ciudad de México, Sinaloa, Jalisco y Colima son las entidades donde más del 60.0 por ciento de los hogares disponen de conexión a Internet. No obstante, las entidades con la menor disponibilidad de este servicio son Oaxaca y Chiapas, con proporciones del 29.5% y 24.6%, respectivamente.”⁴⁷⁶ Esta información citada es respecto a la situación presentada en el año 2018.

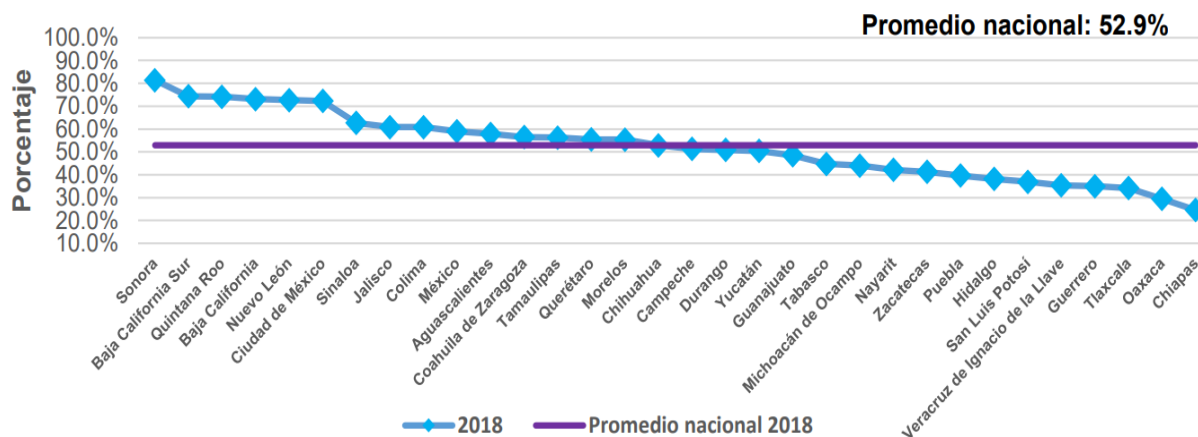


Figura 79. Porcentaje de hogares con Internet por entidad federativa, 2018

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2018.⁴⁷⁷

Mediante la gráfica de la figura 79, se observa que la distribución de hogares con Internet a lo largo del territorio nacional fue bastante variada. En la Ciudad de México, capital del país, en el año 2018, solamente 70% de los hogares tenían acceso a Internet, lo cual indica que no existen las mismas posibilidades para los habitantes de esta entidad en acceder al servicio de Internet fijo. Esto último se debe más a la situación económica de cada hogar.

Esto mismo aplica para las zonas suburbanas donde las posibilidades económicas son un poco menores e igualmente no todos tienen la misma oportunidad de poder acceder al servicio de Internet en su hogar.

Por el lado contrario, las entidades federativas de Oaxaca y Chiapas se encontraron muy por debajo del promedio nacional, observando en mayor magnitud la desigualdad en los hogares para acceder a Internet.

⁴⁷⁶ Ibídem 470, p. 8.

⁴⁷⁷ Ibídem 470 [Figura], p. 8.

La figura 80 muestra una gráfica realizada por el INEGI mediante la ENDUTIH 2019 en donde se aprecia el crecimiento de usuarios de Internet en México en el periodo de un año, entre los años 2018 y 2019, así como su comparación con otros países del mundo.

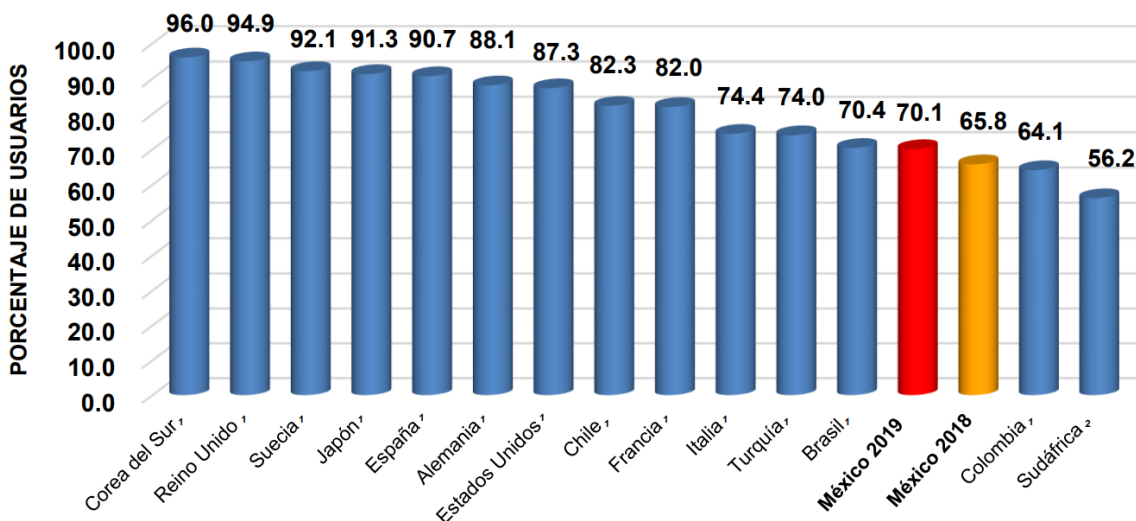


Figura 80. Usuarios de Internet en varios países en los años 2017, 2018 y 2019⁴⁷⁸

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁷⁹

De acuerdo con la gráfica de la figura 80, México tuvo un crecimiento de usuarios en Internet entre los años 2018 y 2019 del 4.3%. Comparándolo con los demás países, nuestro país se encuentra con un porcentaje relativamente satisfactorio, pero no suficiente, debido a que la mayoría de los países de la gráfica tienen más del 80% de usuarios en Internet en sus territorios.

El trabajo de brindar acceso a Internet en el país es muy vasto porque la extensión territorial es muy grande, a comparación de la mayoría de los países presentados en la figura 80, además que las condiciones climáticas y de relieve son muy variadas a lo largo del territorio nacional.

3.1.2 Cobertura de la telefonía celular para el servicio de Internet móvil en México.

El servicio de Internet no solamente se presenta mediante conexiones fijas de un proveedor, sino también se puede tener acceso a este servicio mediante conexiones inalámbricas y un dispositivo electrónico capaz de acceder a Internet, como lo es la telefonía celular.

⁴⁷⁸ Notas: 1. Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), 2017-2019. 2. Banco Mundial (BM), 2017.

⁴⁷⁹ *Ibidem* 463 [Figura], p. 9.

La ENDUTIH también capta la disponibilidad de telefonía celular a lo largo del territorio nacional, esta tecnología se ha vuelto la de mayor uso entre la población. Enseguida se muestran varias gráficas de las ENDUTIH 2018 y 2019.

Los datos de estas dos ediciones brindan un mayor conocimiento sobre el uso de la telefonía celular en la población mexicana y de igual manera nos permite saber que parte de la población accede al servicio de Internet, mediante una conexión Wi-Fi o con el uso de datos móviles que proporciona el proveedor de telefonía celular.

En la figura 81 se aprecia como en estos 5 años, 2015 a 2019, se ha tenido un incremento de 3.6% de usuarios de teléfono celular, lo que representa un crecimiento de 8.8 millones de usuarios.

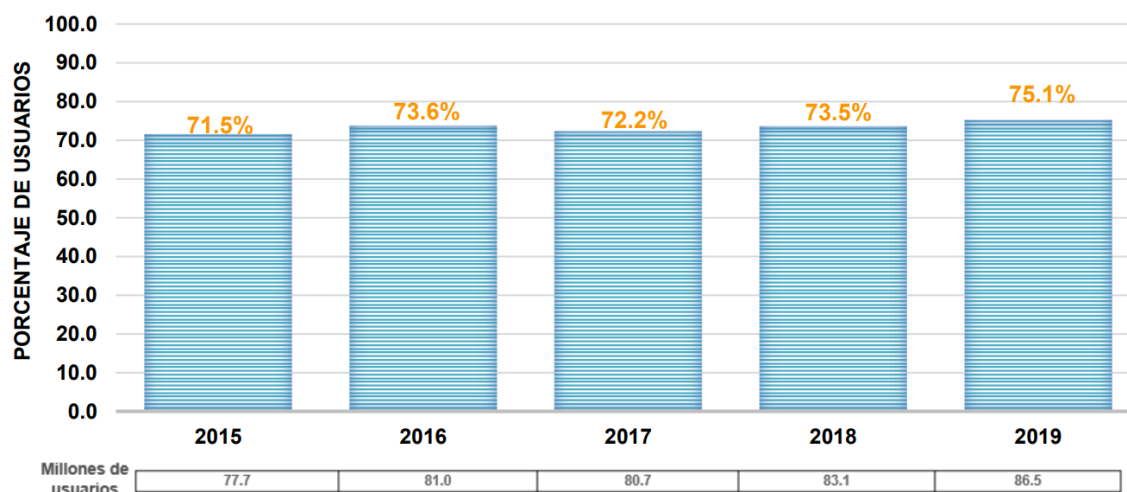


Figura 81. Distribución de la población según la condición de uso del teléfono celular, 2015-2019⁴⁸⁰

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁸¹

En la misma figura 81, se observa que en el año 2018 el porcentaje de usuarios de teléfono celular era del 73.5%, lo cual representa el promedio nacional contabilizando todas las entidades federativas. El promedio nacional para el año 2019 aumento 1.6%, siendo este del 75.1%, lo cual involucra un crecimiento de 3.4 millones de usuarios entre los años 2018 y 2019.

⁴⁸⁰ Nota: Se consideran usuarios de teléfono celular a las personas que lo utilizan de manera autónoma y disponen de él en cualquier momento (cuando lo desee).

⁴⁸¹ Ibídem 463 [Figura], p.10.

Como se mencionó anteriormente, el promedio nacional de usuarios de teléfonos celulares en el año 2018 fue del 73.5%. En la figura 82, se observa cómo se encontraba la distribución de usuarios de teléfonos celulares a lo largo de las 32 entidades federativas del país en el 2018.

El porcentaje presentado en la figura 82 corresponde a la población mayor a 6 años que contaban con un teléfono celular en el 2018, debido a que la ENDUTIH realiza la encuesta a personas a partir de los 6 años de edad.

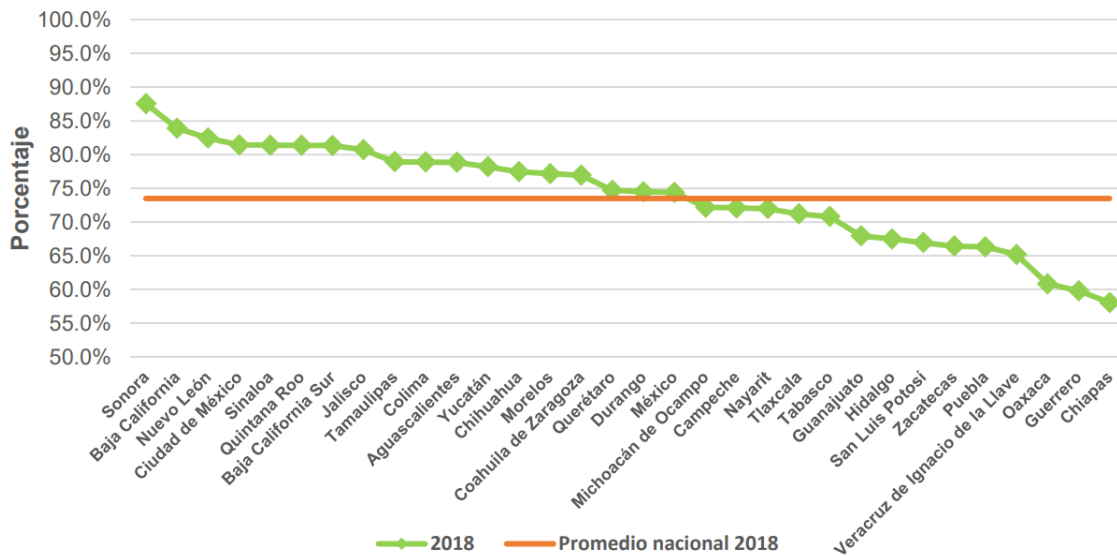


Figura 82. Usuarios de teléfono celular por entidad federativa, 2018⁴⁸²

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2018.⁴⁸³

Cabe mencionar que generalmente una persona cuenta con un teléfono celular propio a partir, aproximadamente, de los 12 o 13 años de edad, de acuerdo con lo observado generalmente en la sociedad.

Sonora tuvo el mayor porcentaje de usuarios de telefonía celular, al igual que hogares con Internet en el 2018 presentado en la figura 79, mientras que los estados con menor usuarios de telefonía celular fueron Oaxaca, Guerrero y Chiapas.

⁴⁸² Nota: Promedio nacional del 73.5%.

⁴⁸³ Ibídem 470 [Figura], p. 7.

Cabe destacar que Oaxaca y Chiapas volvieron a situarse en los últimos lugares de la lista, debido a que en la figura 79 se encontraron en los últimos dos lugares de los estados del país con servicio de Internet en hogares.

Comparando los casos de los estados de Oaxaca y Chiapas se observa que el estado de Oaxaca en el año 2018 tuvo aproximadamente un 62% de usuarios de telefonía celular, figura 82, y un 30% de hogares con Internet en su territorio estatal, de acuerdo con la figura 77. Mientras que el estado de Chiapas en el mismo año tuvo aproximadamente un 58% de usuarios de telefonía celular y un 25% de los hogares en su territorio contaban con Internet.

Con los datos anteriores, se aprecia que la población de Oaxaca y Chiapas contaron mayormente con un teléfono celular, pero muy pocos de estos contaban con Internet en su hogar. Esto supone que los usuarios de telefonía celular pagaban constantemente recargas a su número telefónico móvil para poder realizar llamadas y tener acceso a Internet mediante los datos móviles de la empresa de telefonía celular que da cobertura en la región.

Además, se debe considerar que actualmente muchas personas compran un teléfono celular y realizan recargas a su saldo telefónico para poder estar en contacto con sus familiares.

Sin embargo, no todos los usuarios de telefonía celular cuentan con la posibilidad económica para poder pagar al mismo tiempo un teléfono celular y el servicio mensual de Internet en su hogar, evidenciando más la desigualdad económica existente en estos estados de la república.

En México no todas las personas tienen la posibilidad económica para poder comprar un teléfono de última generación, sin embargo, las compañías fabricantes de teléfonos celulares han hecho smartphones más baratos. Es decir, dependiendo el precio del equipo celular va a contar este con un diferente procesador, cámara, memoria interna, entre otras características del dispositivo. Por esta razón, ya se ofrecen estos “teléfonos inteligentes” a un menor precio, siendo los que actualmente solicita más la gente.

Debido a lo anterior y como se observa en la gráfica de la figura 83, el crecimiento de usuarios de teléfonos celulares que tienen un smartphone fue mayor año tras año,

presentándose en el año 2019 que casi el 90% de los usuarios, a lo largo del territorio nacional, contaban con un smartphone.

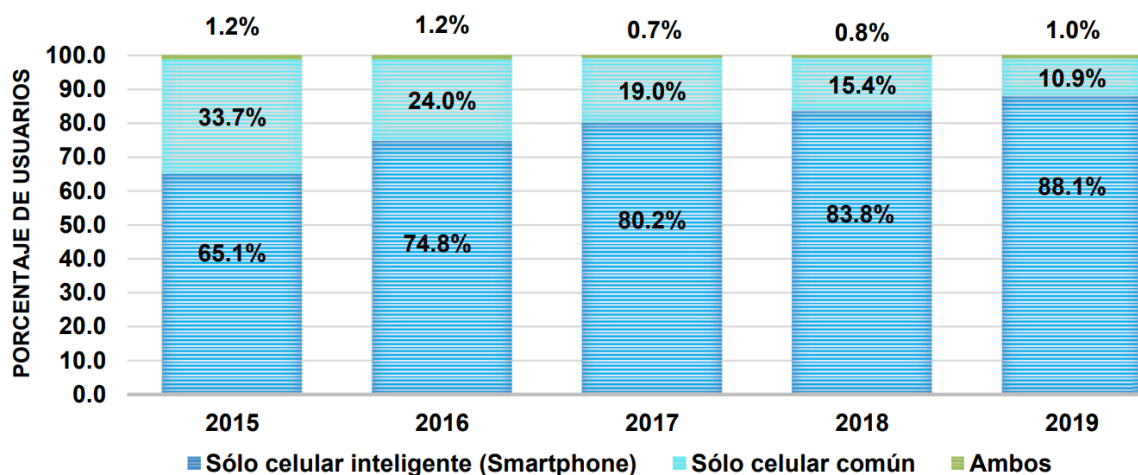


Figura 83. Usuarios de teléfono celular según el dispositivo, 2015-2019

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁸⁴

Mientras que los teléfonos celulares comunes, los cuales no cuentan con una pantalla táctil o aplicaciones para diversas funciones como mensajería instantánea, son menos utilizados por la población usuaria. Sin embargo, estos celulares comunes los siguen utilizando personas de mayor edad que les cuesta trabajo entender el funcionamiento de los nuevos teléfonos celulares o simplemente no tiene la necesidad de utilizar un smartphone.

Con los datos de la figura 83, se aprecia que la mayor parte de la población usuaria tendría la facilidad de conectarse a Internet mediante su teléfono celular, ya sea mediante WiFi o con los datos móviles de la compañía con la que se encuentre registrado su número celular.

A pesar de lo mencionado anteriormente, recordemos que no todas las entidades federativas tienen la misma proporción de hogares con Internet. Por lo cual, habrá usuarios que no cuenten con WiFi en sus hogares y tengan que ocupar los datos móviles de su compañía de telefonía celular, lo cual implica un gasto semanal, quincenal o de menos días, al tener que recargar el saldo de su número celular para seguir comunicándose cuando lo requiera.

⁴⁸⁴ Ibídem 463 [Figura], p. 11.

Otro aspecto importante a destacar en la telefonía celular está relacionado con los usuarios distribuidos en el ámbito urbano y rural, mediante los datos recabados por la ENDUTIH 2019 se pueden observar los resultados entre los años 2017 a 2019.

En la figura 84, se aprecia como ha sido el crecimiento de usuarios de teléfonos celulares en las zonas urbanas y rurales, el crecimiento en el ámbito urbano en estos 3 años fue relativamente bajo debido a que la mayor parte de las personas de las diferentes urbes del país cuentan con un teléfono celular, pocos son quienes no cuentan con esta tecnología.

De igual forma, el pequeño crecimiento que se tuvo en la zona urbana puede deberse a los jóvenes que cuentan con su primer teléfono celular.

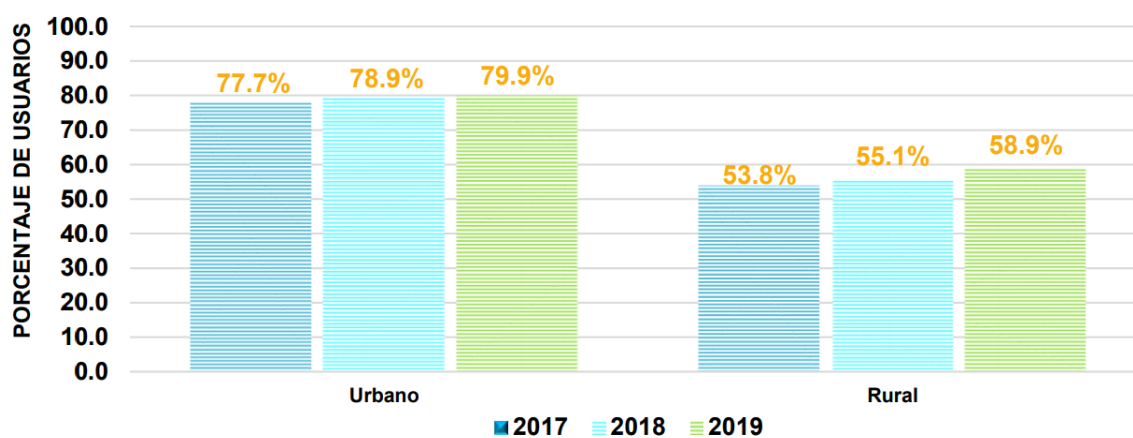


Figura 84. Proporción de usuarios de teléfono celular en ámbitos urbano y rural, 2017-2019

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁸⁵

Por el otro lado, en el ámbito rural existió un crecimiento más notable en usuarios de teléfonos celulares, a pesar de que en las zonas rurales se cuenta con menor posibilidad económica. Este crecimiento se le puede atribuir a la existencia de nuevos smartphones de menor costo que cubren las necesidades básicas requeridas por los usuarios.

Las personas que cuentan con un smartphone tienen la posibilidad de realizar llamadas y enviar mensajes de texto, conectarse a Internet y utilizar aplicaciones para navegar, realizar videollamadas, buscar información, entre otras actividades. En la figura 85

⁴⁸⁵ Ibídem 463 [Figura], p. 11

se aprecia la distribución sobre la preferencia de conexión que tuvieron los usuarios de un smartphone entre los años 2016 y 2019.

En la misma figura 85 se presenta la opción “Sólo por Wi-Fi”, esto se interpreta de la manera que el usuario no gastó en una recarga de telefonía celular para utilizar Internet, solamente utilizó una red Wi-Fi disponible en el lugar donde se encontraba.

Mientras que, en la figura 85, la opción “Con conexión de datos” se entiende, de acuerdo a la primera opción, que eran usuarios que utilizaban la cobertura de su proveedor de telefonía móvil y también utilizaban el WiFi para conectarse a Internet.

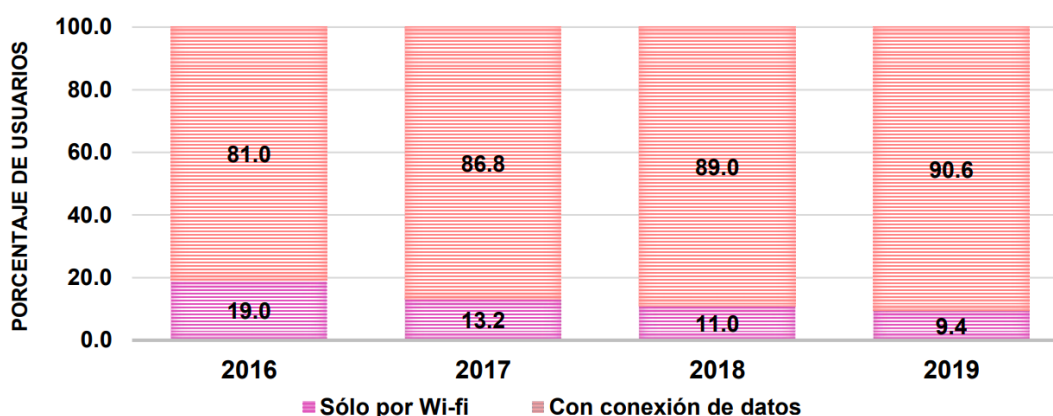


Figura 85. Porcentaje de conexión a Internet de los usuarios según el tipo de conexión mediante su smartphone, 2016-2019⁴⁸⁶

Fuente: INEGI-ENDUTIH 2019.⁴⁸⁷

Siguiendo con lo observado en la figura 85, en el año 2019 se hizo evidente que poco más del 90% de los usuarios de smartphone eligieron la conexión con datos, esto pudo deberse a que eran personas que frecuentemente se encontraban fuera de su hogar la mayor parte del tiempo y requerían estar conectados a Internet, realizando una recarga a su número celular o mediante un plan de Internet que contrataron. Aunque debe considerarse que cuando llegaban a sus casas o centros de trabajo, donde contaban con una red de WiFi, la utilizaban.

Por otro lado, en el 2019, 9.4% de los usuarios de un smartphone se conectaron únicamente a Internet mediante un punto de acceso de WiFi, en este caso pudo haberse

⁴⁸⁶ Nota: Porcentajes calculados respecto del total de usuarios que se conectan a Internet mediante celular inteligente (Smartphone).

⁴⁸⁷ *Ibidem* 463 [Figura], p. 12.

tratado de personas que no salían mucho a la calle, usuarios que no podían pagar una recarga o plan de Internet para acceder a este servicio fuera de sus hogares.

Analizando la figura 85, se puede concluir que las personas prefirieron tener Internet fuera de sus casas, teniendo la facilidad de comunicarse mediante Internet y no depender de un solo punto fijo como es el WiFi.

La cobertura del WiFi es limitada, mientras que la cobertura de los datos móviles dependerá de la cobertura geográfica del proveedor de telefonía celular con la cual se encuentre registrado el número celular que tiene el smartphone mediante la tarjeta SIM.

A continuación, se muestran los diferentes mapas de cobertura de telefonía móvil de las tres principales operadoras móviles en nuestro país. Iniciando con la operadora con mayor cobertura y terminando con la operadora móvil con menor cobertura a nivel nacional.

En las siguientes imágenes se ilustra una escala de colores que representa la tecnología móvil utilizada, en México se tiene presencia desde la tecnología 2G hasta la 4G+.

A pesar que en las figuras aparece la nomenclatura de 5G, esta red móvil aún no está disponible en México.

Por el momento, no se encuentra en algún lugar del país instalada la red 5G de manera oficial y comercial. Sin embargo, se han realizado pruebas de funcionamiento de esta tecnología y en el mapa de cobertura de Telcel al realizar un acercamiento en la Ciudad de México, mediante el sitio nPerf⁴⁸⁸, existe una zona con cobertura de la red 5G y corresponde a plaza Carso, donde se encuentra el corporativo de Telcel.

En la figura 86 se muestra la cobertura de telefonía móvil de la empresa mexicana Telcel, la cual es la principal operadora a nivel nacional por su cobertura y número de usuarios, teniendo más de la mitad de los usuarios existentes a nivel nacional.

⁴⁸⁸ nPerf. (2021). *Mapa de cobertura 3G/4G/5G, México*. Recuperado el 18 de febrero de 2021 de: <https://www.nperf.com/es/map/MX/-/-/signal/?ll=23.949209240095442&lg=-102.53999999999998&zoom=5>



Figura 86. Mapa de cobertura del servicio de telefonía móvil por la empresa Telcel

Fuente: Sitio Web: nPerf.⁴⁸⁹

En la figura 86 también se puede apreciar que existe una gran cobertura a lo largo del territorio nacional, teniendo mayor cobertura en la zona centro del país, también brinda cobertura en la mayor parte de las principales carreteras y autopistas del país.

La cobertura de Telcel en el norte del país es menor, centrándose, en mayor parte, en las ciudades principales de los estados del norte, al igual se encuentra en las carreteras entre estas entidades federativas.

Las tecnologías móviles utilizadas, a lo largo del territorio nacional por parte de Telcel, en su gran mayoría son mediante 4G y 4G+ (4.5G en la nomenclatura utilizada por esta empresa⁴⁹⁰), aunque aún se cuenta con soporte para las tecnologías 2G y 3G en ciertas regiones del país.

⁴⁸⁹ Ídem [Figura].

⁴⁹⁰ Telcel. (2021). *4.5G GigaRed*. Recuperado el 24 de septiembre de 2021 de: <https://www.telcel.com/personas/telefonía/la-red-de-mayor-cobertura/red-tecnología/4-5g-gigared#>

Cabe destacar que Telcel se encuentra realizando, desde finales del año 2020, pruebas con la tecnología móvil 5G⁴⁹¹, siendo así la primera empresa en México en probar esta tecnología y en su momento sería el primer operador móvil en ofrecer servicio de telefonía móvil e Internet móvil bajo este estándar.

En la figura 87 se presenta la cobertura nacional del servicio de telefonía móvil por parte de la operadora AT&T. En este caso la cobertura nacional es mucho menor a comparación con la cobertura que ofrece Telcel.



Figura 87. Mapa de cobertura del servicio de telefonía móvil por la empresa AT&T

Fuente: Sitio Web: nPerf.⁴⁹²

La operadora móvil AT&T se encuentra más en las zonas metropolitanas de mayor urbanización como, por ejemplo, al norte del país tiene más presencia en la ciudad de Monterrey y en las ciudades fronterizas.

⁴⁹¹ Cahun, A. (2021). *CDMX y algunas ciudades de México ya tienen cobertura 5G de Telcel, según Speedtest, aunque quizás aún no puedas conectarte*. Recuperado el 5 de marzo de 2021 de: <https://www.xataka.com.mx/telecomunicaciones/cdmx-algunas-ciudades-mexico-tienen-cobertura-5g-telcel-speedtest-quizas-no-puedas-conectarte>

⁴⁹² Ibídem 488 [Figura].

Igualmente, esta operadora se concentra en mayor parte en el centro del país, también cuenta con cobertura en algunas autopistas del país y en la península de Yucatán, específicamente en las zonas turísticas.

La operadora móvil AT&T presenta una menor cobertura en zonas suburbanas o rurales del territorio nacional, por lo cual en estas zonas es limitado el servicio de telefonía móvil e Internet móvil con esta operadora. Las tecnologías móviles de mayor presencia en la red de cobertura de AT&T en el territorio nacional son mediante 4G y 4G+.

En la figura 88 se aprecia la cobertura a nivel nacional del servicio de telefonía móvil por parte de la operadora Movistar, en este caso la cobertura que proporciona en nuestro país es menor a la cobertura de la operadora AT&T y, por consiguiente, mucho menor a la que ofrece Telcel.



Figura 88. Mapa de cobertura del servicio de telefonía móvil por la empresa Movistar

Fuente: Sitio Web: nPerf.⁴⁹³

La operadora móvil Movistar presta el servicio en ciudades de mayor urbanización en el país, las cuales se encuentran concentradas mayormente en la región centro del territorio nacional.

⁴⁹³ Ibídem 488 [Figura].

Asimismo, cuenta con cobertura en las grandes urbes como la Ciudad de México, Monterrey, Guadalajara, la Ciudad de Puebla, ciudades fronterizas del norte, entre otras y el servicio que se ofrece es mediante la tecnología 4G o 4G+. El servicio proporcionado en otras regiones del país u autopistas es mediante 3G y 2G.

Analizando las imágenes de cobertura nacional de las tres principales operadoras móviles del país para el servicio de telefonía móvil, presentadas anteriormente, se concluye que no existe una igualdad del despliegue tecnológico. Además, que hay áreas geográficas que una operadora no cubre, pero otra operadora si cubre.

A pesar de lo anterior, Telcel ofrece la mayor cobertura del servicio de telefonía móvil en el país y, por ende, puede ofrecer Internet móvil, mediante los datos de cada usuario con su teléfono celular, en la mayor parte del país.

El servicio de Internet móvil se garantiza a través de la red de telefonía celular dependiendo de la operadora con la cual el usuario tenga un contrato o tenga registrado su número celular (tarjeta SIM).

Si los usuarios de teléfonos celulares no tienen la posibilidad económica de adquirir datos móviles o no quieren gastar en estos, entonces su conexión a Internet será únicamente mediante Wi-Fi en su hogar. Sin embargo, no todos los mexicanos disponen de este servicio.

El objetivo de este apartado fue mostrar la cobertura del servicio de telefonía móvil que existe, a febrero del año 2021, a lo largo del territorio nacional con las 3 principales operadoras móviles del país. Así como los datos relevantes de los usuarios de telefonía móvil y el tipo de teléfono celular con el cual cuenta la población mexicana, observando que los usuarios de teléfonos celulares año tras año han tenido la posibilidad de contar con un smartphone y de tener una mayor facilidad de acceder a Internet mediante un teléfono móvil.

Un punto importante a tomar en cuenta es que los mexicanos prefieren tener un teléfono celular que tener el servicio de Internet en su hogar mediante Wi-Fi. Esto se debe a la posibilidad económica de cada usuario y/o porque la infraestructura en telecomunicaciones no permite llevar Internet a los hogares en ciertas zonas del país.

No obstante, en algunos casos existe alguna red de telefonía celular en su comunidad o esta cobertura móvil se encuentra cercana a su zona de residencia.

3.2 Proyecto actual del Gobierno Federal “Internet para Todos”.

Uno de los proyectos prioritarios de la administración actual, 2018-2024, “Internet para Todos” busca llevar el servicio de Internet y telefonía móvil a todas las comunidades del país, es decir, tener una cobertura nacional para que todos los mexicanos tengan acceso y uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs).

De acuerdo con el sitio web del Gobierno de México, este proyecto tiene como objetivo: “Hacer posible la integración de la población a la tecnología de internet y telefonía móvil en todo el territorio nacional, extendiendo la inclusión financiera y asegurando la posibilidad de llevar todos los programas de Bienestar Social directamente a las y los beneficiarios.”⁴⁹⁴

Para lograr este proyecto social, se utilizará la infraestructura propia del Estado, con la mayor eficiencia económica posible, siendo igualmente responsabilidad del Gobierno Federal.⁴⁹⁵

Así mismo, se creó una empresa pública para garantizar la conectividad en todo el país. Esta empresa se llama “CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos”, subsidiaria de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que pretende maximizar el uso de las capacidades de la Red Nacional de Fibra Óptica, la infraestructura pasiva y activa que disponga la CFE.⁴⁹⁶

El 2 de agosto de 2019, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el acuerdo por el cual se creó CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos (CFE TEIT).⁴⁹⁷

Posteriormente, el entonces titular de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el ingeniero Javier Jiménez Espirú, explicó que la función principal de esta nueva empresa es llevar los servicios de telecomunicaciones de última milla a las comunidades donde las empresas concesionarias tienen una presencia nula debido a la baja rentabilidad

⁴⁹⁴ Gobierno de México. (2020). *Internet para Todos*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.gob.mx/internetparatodos>

⁴⁹⁵ Ídem.

⁴⁹⁶ Forbes. (2020). *CFE invertirá 550 millones de dólares en el plan “Internet para Todos”*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.forbes.com.mx/economia-cfe-550-millones-dolares-plan-internet-todos/>

⁴⁹⁷ Michaca, G. (2021). *CFE Telecomunicaciones, ¿Internet para todos?*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.consumotic.mx/telecom/cfe-telecomunicaciones-internet-para-todos/>

que les representa, para ello CFE TEIT podrá conectarse a otras redes troncales como la Red Compartida.⁴⁹⁸

De acuerdo con la CFE⁴⁹⁹, la descripción para su empresa subsidiaria de telecomunicaciones es la siguiente:

“CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos tiene por objeto prestar y proveer servicios de telecomunicaciones, sin fines de lucro, para garantizar el derecho de acceso a las tecnologías de la información y comunicación, incluido banda ancha e internet. Así como la capacidad de proveer bienes y servicios tecnológicos incluyendo desarrollos de sistemas informáticos y de telecomunicaciones, al igual que cualquier otro bien relacionado al desarrollo y soporte de dichos sistemas.”⁵⁰⁰

De acuerdo con la revista Forbes, la Comisión Federal de Electricidad invertirá 11,000 millones de pesos en el proyecto “Internet para Todos” con el objetivo principal de habilitar 200,000 puntos de acceso a Internet para el año 2025 a lo largo del territorio mexicano. Con esto se logrará extender los servicios de telefonía móvil e Internet a cerca de 130,000 localidades, además de adecuar su infraestructura para tener una satisfactoria capacidad en el transporte de datos. La CFE instalará el servicio de Internet en plazas públicas, carreteras, centros de salud, escuelas, hospitales y espacios comunitarios.⁵⁰¹

Con base en los informes más recientes de la CFE, a mayo de 2021, CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos conectó a 18 hospitales de alta especialidad a nivel nacional durante la pandemia de COVID-19. Igualmente ha brindado Internet público en 482 centros de salud, 372 centros integradores y 64 escuelas, distribuidos en 24 estados de la República mexicana.⁵⁰²

⁴⁹⁸ Ídem.

⁴⁹⁹ CFE. (2020). *CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.cfe.mx/internet-para-todos/pages/default.aspx>

⁵⁰⁰ Ídem.

⁵⁰¹ Ibídem 496.

⁵⁰² Periódico La Jornada. (2021). *Internet para Todos, el reto de conectar a comunidades marginadas*. Recuperado el 19 de agosto de: <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/05/21/economia/internet-para-todos-el-reto-de-conectar-a-comunidades-marginadas/>

En la figura 89 se muestran los 4 grandes despliegues que considera el Gobierno Federal, para lograr el objetivo de brindar cobertura de Internet en todo el territorio mexicano mediante el proyecto “Internet para Todos”.

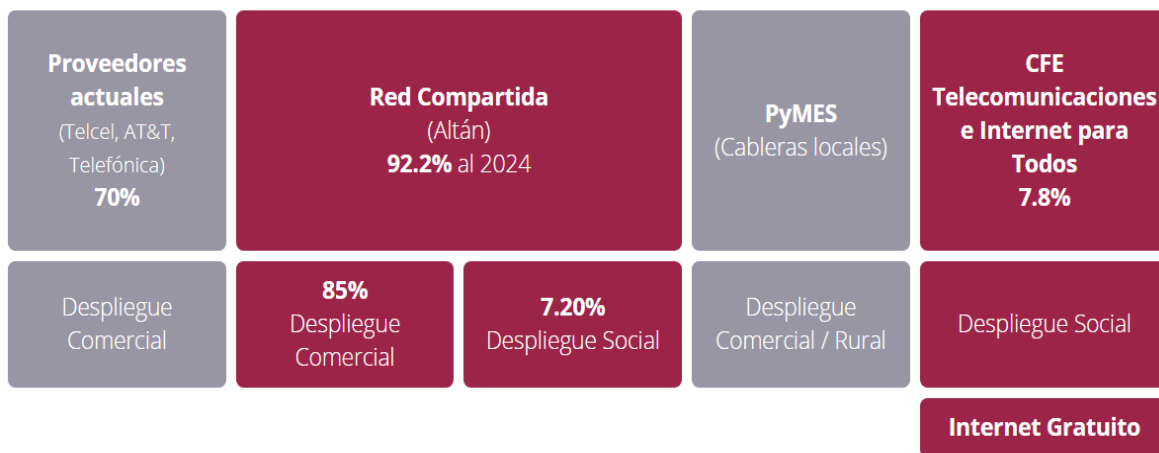


Figura 89. Propuesta de cobertura de Internet en México mediante 4 despliegues

Fuente: Sitio Web: Coordinación de Estrategia Digital Nacional.⁵⁰³

La información de cada despliegue para brindar la cobertura del servicio de Internet es la siguiente, de acuerdo con la Coordinación de Estrategia Digital Nacional:⁵⁰⁴

- 1. Proveedores actuales:** Es la cobertura del 70% ya existente a lo largo del territorio nacional, a través de los principales operadores de telefonía móvil en el país como lo son Telcel, AT&T y Movistar, los mapas de cobertura se observaron en el subcapítulo previo.

El tipo de despliegue de este bloque es comercial, es decir, los usuarios deben pagar para poder acceder a la telefonía e Internet móvil de estas compañías.

- 2. Red Compartida:** Este segundo despliegue de cobertura se está llevando a cabo mediante esta red, la cual es operada por la empresa Altán Redes, y para el año 2024 se espera tener una cobertura poblacional del 92.2%. Esto permitirá que empresas de telecomunicaciones oferten los diferentes servicios de la rama, así como el Internet.

⁵⁰³ Coordinación de Estrategia Digital Nacional. (2020). *Internet para Todos* [Figura]. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.gob.mx/cedn>

⁵⁰⁴ Ídem.

En dado caso de no existir empresas que proporcionen estos servicios de telecomunicaciones, en regiones o comunidades del país, los servicios serán provistos por la empresa CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos (CFE TEIT).

La Red Compartida tendrá un 85% de despliegue comercial en el cual los usuarios deben pagar para tener conectividad a la telefonía móvil e Internet y el 7.2% restante será un despliegue social, es decir, los usuarios accederán a estos servicios de forma gratuita.

- 3. PyME:** El tercer despliegue es mediante las PyME (Pequeñas y medianas empresas), cableras locales, que invierten en infraestructura de telecomunicaciones para poder brindar los servicios a los usuarios finales. Para lograr este despliegue se trabaja en conjunto con la Secretaría de Economía y Promtel (Organismo Promotor de Inversiones en Telecomunicaciones) brindando créditos y/o asesorías a estas empresas.

El tipo de despliegue de las PyME es comercial y rural, por lo que dan cobertura a comunidades medianas que no contaban con estos servicios y además los precios son más accesibles.

- 4. CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos:** Este cuarto despliegue se caracteriza porque es la parte en la que no llegará ningún proveedor de servicios de telecomunicaciones, incluyendo el Internet, en algunas regiones o comunidades del país, dado que éstas no son consideradas rentables para las empresas, siendo algunos factores: su lejanía y/o densidad poblacional.

Por ello, la empresa del Estado mexicano, CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos, tendrá que proporcionar la infraestructura y operar los servicios de telecomunicaciones en esas regiones o comunidades.

La cobertura poblacional esperada es del 7.8%, esto es, el porcentaje faltante de la Red Compartida. Sin embargo, CFE TEIT podrá conectarse a la red troncal de la Red Compartida para gestionar el tráfico de datos de estas localidades. El

tipo de despliegue será social, de manera que se brindará el servicio de Internet gratuito mediante fibra óptica de la red nacional de la CFE.

En el siguiente subcapítulo se muestra la situación de la Red Compartida, uno de los de mayores despliegues de infraestructura, mediante el cual se busca la cobertura del servicio de Internet y telefonía móvil en México para concretar el proyecto “Internet para Todos”.

3.3 Cobertura y conectividad de la Red Compartida.

En este apartado se mostrará el alcance que ha tenido al día de hoy (febrero del año 2021) el despliegue de la Red Compartida realizada por la empresa Altán Redes. Recordando que este proyecto fue producto de la Reforma de Telecomunicaciones y Radiodifusión del año 2013, entrando en operación en el año 2018.

El objetivo de la Red Compartida es crear competencia en el mercado de telefonía móvil de México, debido a que el mercado se concentra en 3 principales operadoras móviles: Movistar, AT&T y Telcel, siendo esta última la preponderante en nuestro país.

A continuación, se presenta información de la Red Compartida de Altán Redes de acuerdo al portal de esta empresa mexicana:⁵⁰⁵

- Altán Redes tiene una concesión de 20 años que fue otorgada por el Gobierno Federal tras ganar la licitación pública internacional que surgió en el año 2013 por la Reforma de Telecomunicaciones y Radiodifusión.
- La Red Compartida opera bajo un contrato de Asociación Público Privada (APP), con la cual se determinan los términos y condiciones bajo las cuales se diseña, despliega, opera y mantiene la Red Compartida.
- La Asociación Público Privada (ver figura 90) consta de los siguientes elementos:⁵⁰⁶
 - **Componente privado:** Altán Redes invierte en los recursos financieros, técnicos, humanos y operativos para transformar el espectro radioeléctrico

⁵⁰⁵ Altán Redes. (2020). *¿Cómo operamos?*. Recuperado el 5 de enero de 2021 de: <https://www.altanredes.com/quien-es-altan-redes/como-operamos/>

⁵⁰⁶ Ídem.

otorgado en operaciones de conectividad para los usuarios finales con las siguientes características:

- Desarrollar una Red Compartida mayorista, universal, continua, neutral y no discriminatoria.
 - Cubrir el 92.2% de la población mexicana para el año 2024, la cual debe incluir un 15% de cobertura a poblaciones con menos de 10 mil habitantes.
 - Dar cobertura a 111 Pueblos Mágicos para el año 2022.
 - Tener como obligación una calidad de servicio mínima en el desarrollo de una red de banda ancha móvil con tecnología 4.5G LTE, así como una velocidad mínima de 4 [Mbps] en *downlink* y 1 [Mbps] en *uplink*.
- **Componente público:**
- La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través de PROMTEL (Organismo Promotor de Inversiones en Telecomunicaciones) arrienda un ancho de banda de 90 [MHz] en la banda de frecuencia de 700 [MHz], mientras que el organismo Telecomm (Telecomunicaciones de México) aporta la fibra óptica de 2 hilos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
 - De esta forma, Altán Redes logrará brindar la conectividad a las diferentes regiones del país donde no se cuenta actualmente con cobertura, y de igual forma se utilizarán estos recursos para poder seguir expandiendo su alcance nacional.

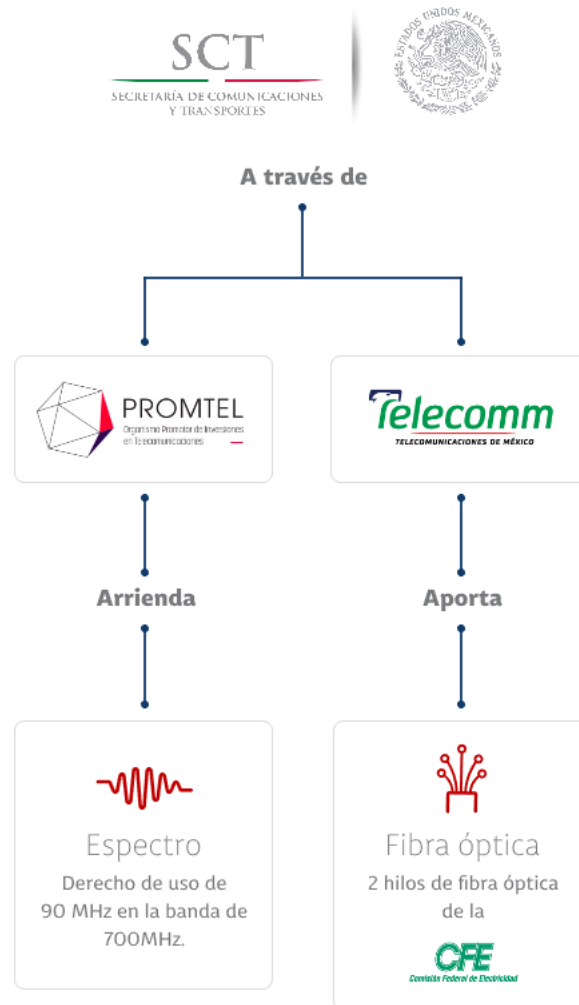


Figura 90. Componente público del contrato de Asociación Público Privada (APP) de la Red Compartida

Fuente: Sitio Web: Altán Redes.⁵⁰⁷

El interés de este apartado es conocer la cobertura actual de la Red Compartida que tiene desde su inicio de operación, año 2018. De acuerdo con Altán Redes⁵⁰⁸, específicamente en la sección: Soluciones a operadores / Nuestra cobertura⁵⁰⁹, al mes de febrero del año 2021, la Red Compartida tenía una cobertura del 61.66% de la población de México mediante la tecnología móvil 4.5G. Conectando de esta forma a 69,266,709 personas, abarcando una Cobertura Social de 71,315 localidades, de las cuales 62,391 tienen menos de 250 habitantes. Altán Redes hace evidente su alcance a comunidades alejadas que carecían de una cobertura

⁵⁰⁷ Ibídem 505 [Figura].

⁵⁰⁸ Altán Redes. (2021). *Home | Conoce la Red Compartida | ALTÁN REDES*. Recuperado el 24 de septiembre de 2021 de: <https://www.altanredes.com/>

⁵⁰⁹ Altán Redes. (2020). *Nuestra cobertura*. Recuperado el 18 de febrero de 2021 de: <https://www.altanredes.com/soluciones-a-operadores/nuestra-cobertura/>

de telefonía móvil. Así mismo, se ha logrado dar cobertura a 77 pueblos mágicos, 4,407 hospitales y 67,427 escuelas a lo largo del territorio nacional.⁵¹⁰

Altán La Red Compartida es una red mayorista y neutral, lo cual impide ofrecer el servicio a los usuarios finales, pero sí se puede ofrecer la cobertura a operadores y distribuidores minoristas que proveen los servicios de voz y datos al usuario final.⁵¹¹

El mercado de Altán, La Red Compartida actualmente es de 48 integrantes, 26 de estos proporcionan el servicio de telefonía móvil y suelen ser llamados Operadores Móviles Virtuales, conocidos como OMV. Los otros 22 integrantes del mercado de la Red Compartida proporcionan el servicio de Internet al hogar.⁵¹² Gran parte de las empresas de telefonía celular igual se encuentran en el mercado de Internet al hogar.

De acuerdo con Altán Redes, su infraestructura cuenta con más de 4,400 sitios celulares, más de 32,350 kilómetros de fibra óptica, 4 *Core/Data Center* y 3,120 centros integradores en cobertura 4.5G.⁵¹³

La empresa tiene como objetivo brindar cobertura a casi 100 mil localidades con menos de 250 habitantes y a más de 20 mil localidades con menos de 5 mil habitantes para finales del 2021.⁵¹⁴

Como se observa en la figura 91, la cobertura de la Red Compartida de Altán Redes, hasta febrero del año 2021, se encuentra a lo largo del territorio nacional, pero en diferente proporción. La mayor proporción de esta cobertura se encuentra en la zona centro del país y la región del bajo.

⁵¹⁰ Ídem.

⁵¹¹ Altán Redes. (2020). *Súmame a la Red*. Recuperado el 5 de enero de 2021 de: <https://www.altanredes.com/sumatealared/>

⁵¹² Ídem.

⁵¹³ *Ibíd*em 509.

⁵¹⁴ *Ibíd*em 509.



Figura 91. Cobertura de la Red Compartida, febrero 2021

Fuente: Sitio Web: Altán Redes.⁵¹⁵

En el resto del país se encuentran pequeñas zonas de cobertura, distanciadas unas de otras, como se muestra en los estados del norte y noroeste del país. Respecto al norte del país, se distingue que el estado de Nuevo León tiene una mayor cobertura de la Red Compartida en la parte central y norte de su territorio estatal. Así como la mayor concentración de cobertura en Baja California se encuentra en las ciudades de Tijuana y Mexicali.

Del otro lado del país, en la zona centro y sur, se observa una escasa cobertura en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. En cambio, el estado de Veracruz cuenta con una mayor cobertura a lo largo de su territorio, Tabasco tiene cobertura en las zonas donde se encuentran sus principales ciudades, Campeche tiene cobertura a lo largo de la costa del Golfo de México y en el municipio de Carmen, Yucatán tiene cobertura en gran parte de su territorio estatal.

Por último, en el estado de Quintana Roo se aprecia que la cobertura de la Red Compartida está totalmente concentrada en la zona turística del estado, desde la ciudad de

⁵¹⁵ *Ibidem* 509 [Figura].

Cancún hasta la ciudad de Tulum, incluyendo la isla de Cozumel; así como su capital Chetumal y las localidades cercanas a esta.

Mediante este apartado de la cobertura de la Red Compartida de Altán Redes, se concluye con el Capítulo 3 en el cual se analizó la cobertura y conectividad que tienen los mexicanos en los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet. Sin embargo, también se notaron regiones donde los mexicanos no tienen acceso a un dispositivo electrónico y, por ende, tampoco a un servicio de Internet en su hogar o mediante telefonía celular.

El proyecto de la Red Compartida busca lograr el 92.2% de cobertura poblacional, incluyendo comunidades con menos de 250 habitantes, reduciendo de esta forma la brecha digital que existe actualmente en el país.

Igualmente, además de la cobertura, se deberá proporcionar a estas comunidades alejadas, independientemente del proyecto de conectividad que llegue a ellas, los equipos necesarios para garantizar la estabilidad de la conexión y equipos para los usuarios finales como: computadoras, laptops, entre otros; para que puedan gozar plenamente de los servicios de telecomunicaciones e Internet que se les brinde en su momento.

El acceso a Internet no debe ser un privilegio en nuestro país, debe ser un derecho que garantice el desarrollo y conectividad de las diferentes comunidades del país, promoviendo también el desarrollo social y educativo de los habitantes de estas localidades del país que no puedan contratar este servicio con algún proveedor de Internet fijo o móvil por su limitación económica.

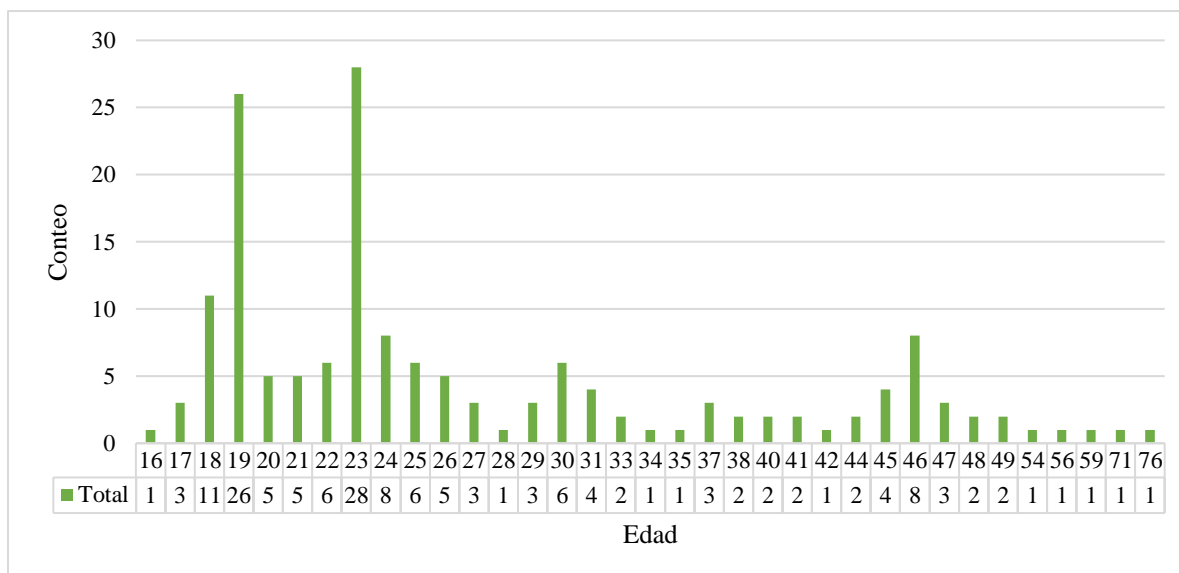
Capítulo 4. Encuesta

En este cuarto capítulo se muestran los resultados de la encuesta realizada para conocer, mediante la población, una muestra de la situación de la infraestructura de telecomunicaciones e Internet que se ofrece en México. La encuesta se realizó electrónicamente mediante la plataforma Google Forms y estuvo conformada por un total de 20 preguntas, de las cuales 17 fueron de opción múltiple y 3 fueron abiertas para que los encuestados respondieran con su opinión. La encuesta se divulgó electrónicamente mediante redes sociales, logrando un total de 161 encuestados.

Enseguida se mostrarán los resultados gráficos, de elaboración propia, que arrojaron cada una de las preguntas de la encuesta, así como su interpretación para entenderla. El cuestionario presentado a los encuestados se presenta en el Anexo 2.

Pregunta 1.

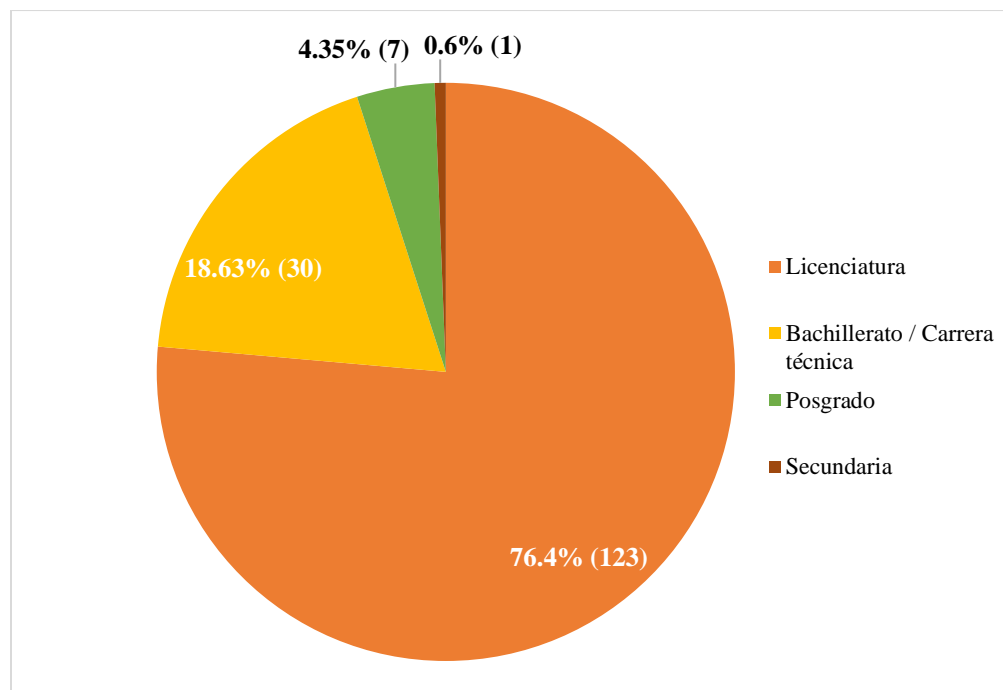
En la primera pregunta se le solicitó a cada encuestado que ingresara su edad. Como se observa en la gráfica 1, fue amplia la variedad de edades entre los encuestados, desde los 16 hasta los 76 años, aunque la edad más repetida fue la de 23 años con 28 encuestados. La mayor parte de los encuestados se ubican entre los 18 y 26 años de edad, siendo 100 encuestados. Este grupo de edades corresponde a personas que se estudian licenciatura o posgrado y suelen ser personas que se encuentran más activas en Internet.



Gráfica 1. Edades de los encuestados.

Pregunta 2.

La segunda pregunta consistió en que los encuestados seleccionaran su escolaridad mediante 4 opciones disponibles, mismas que se muestran en el gráfico circular. En la gráfica 2 se muestran los porcentajes correspondientes de cada respuesta y a un costado de estos, entre paréntesis, se colocaron los encuestados que seleccionaron esa opción.



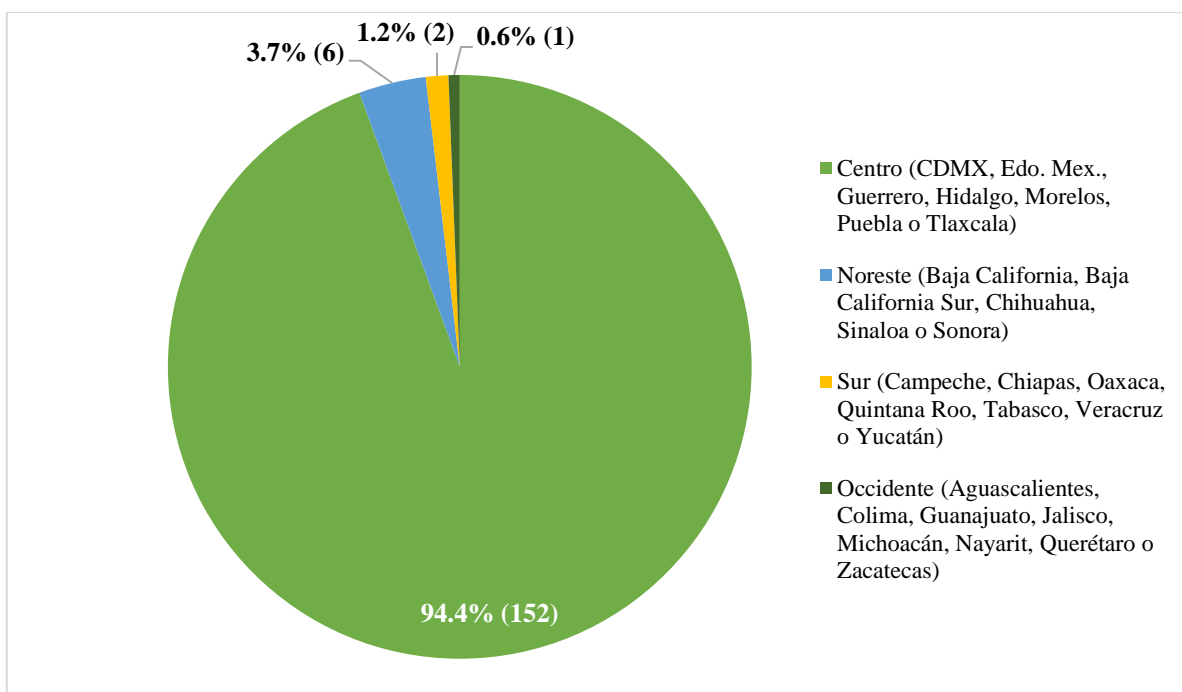
Gráfica 2. Escolaridad de los encuestados.

De acuerdo a lo mostrado en la gráfica, la mayor parte de los encuestados cuentan con una escolaridad en curso o concluida en licenciatura, siendo 123 de 161 encuestados. Cabe destacar que la siguiente escolaridad con mayor selección por los encuestados fue el Bachillerato / Carrera técnica, siendo 30 los encuestados. Las escolaridades seguidas fueron Posgrado y Secundaria, con 7 y 1 encuestados, respectivamente.

Debido a estos resultados, se sabe que, en mayor parte, en cada uno de los siguientes resultados son de personas que se encontraban cursando o finalizaron alguna licenciatura.

Pregunta 3.

En la tercera pregunta se le preguntó a los encuestados cuál era su zona de residencia, dividiendo el país en 4 diferentes grupos y abarcando estados del país de esa zona del territorio. Los grupos creados y estados que los conforman se observan en la gráfica 3, correspondiente a esta tercera pregunta.



Gráfica 3. Zona de residencia de los encuestados.

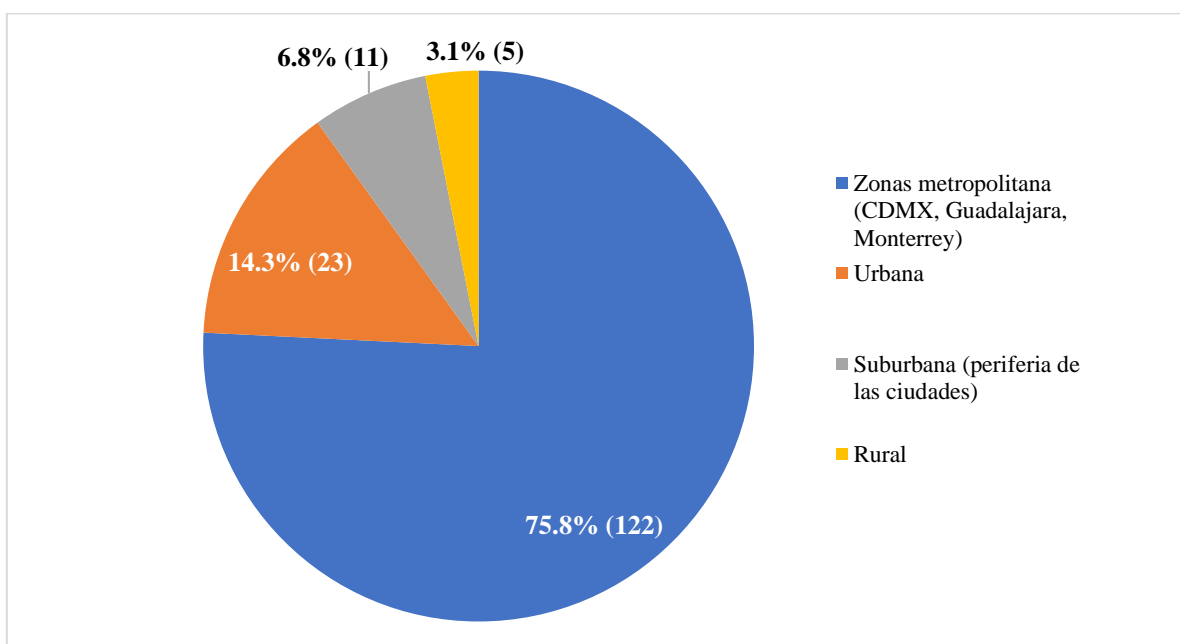
De acuerdo con el gráfico circular mostrado, 152 de los 161 encuestados residen en el centro del país, es decir, 94.4% de los encuestados. La segunda zona de residencia con mayor encuestados (6), fue el noreste del país; seguido de la zona sur y occidente, con 2 y 1 encuestados, respectivamente.

La mayor parte de los encuestados se ubicaron en la zona centro del país, lo cual puede deberse a que la mayoría de estos viven en la Ciudad de México y el Estado de México, así como los familiares de estos mismos. Los demás encuestados que viven en las otras 3 zonas del país fueron producto del alcance digital que tuvo la encuesta mediante las redes sociales.

Pregunta 4.

Además de querer conocer la zona del país donde viven los encuestados, en esta cuarta pregunta se le solicitó eligieran el tipo de zona donde residen dándoles como opciones las zonas: metropolitanas, urbana, suburbana y rural.

De acuerdo con los datos representados en la gráfica 4, la mayoría de los encuestados viven en una zona metropolitana, siendo 122 de 161 encuestados, lo que representa el 75.8% del total de encuestados. El siguiente tipo de zona de residencia donde se encontraban los encuestados fue la urbana con 23 encuestados, representando el 14.3%. Por último, las zonas suburbanas y rurales fueron las que menor encuestados tuvieron, con 11 y 5 encuestados, respectivamente.

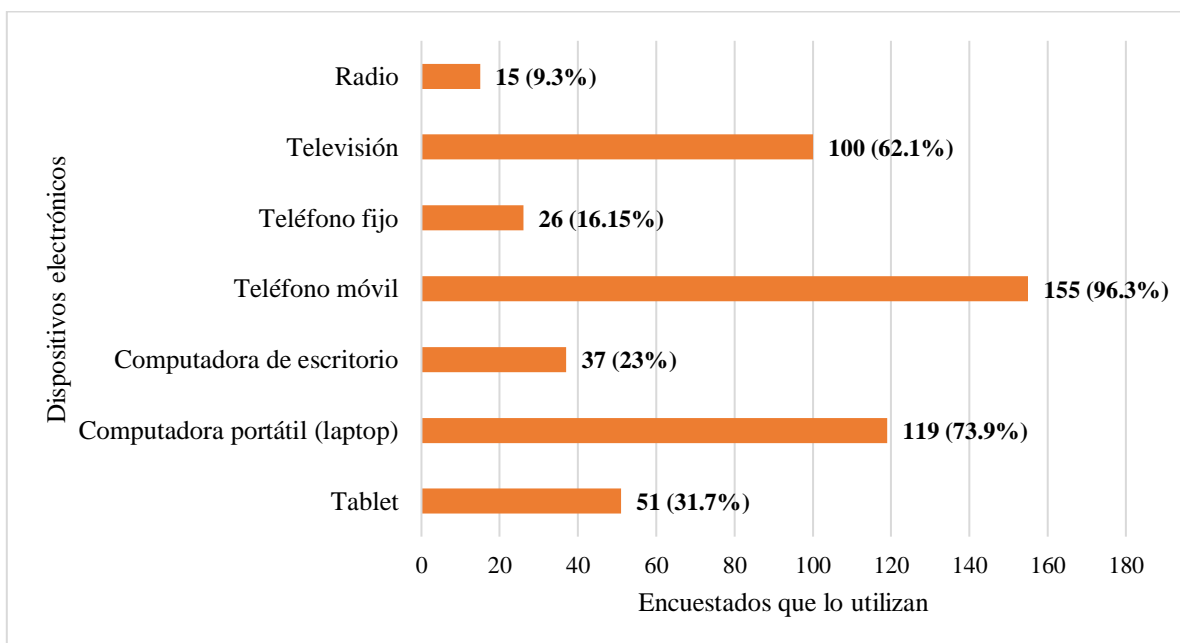


Gráfica 4. Tipo de zona donde viven los encuestados.

La mayor parte de los encuestados se encuentran en zonas donde se ofrecen la gran mayoría de los servicios básicos y de telecomunicaciones, por lo cual, también están mayormente familiarizados con la infraestructura en telecomunicaciones. Debido a esto, los gráficos de las siguientes preguntas representan, en su mayor parte, la situación de la infraestructura que se encuentra en el centro del país, específicamente en las principales ciudades de esta zona.

Pregunta 5.

En la quinta pregunta de la encuesta se le preguntó a los encuestados que seleccionaran el o los dispositivos electrónicos que utilizan con mayor frecuencia. Las opciones electrónicas, mostradas en la gráfica 5, se eligieron para estar presentes en esta pregunta debido a que son las más utilizadas actualmente para obtener información o entretenimiento. Los datos y porcentajes mostrados en cada dispositivo electrónico son sobre un total de 161 posibles elecciones, debido a que se permitió a los encuestados seleccionar más de una respuesta.



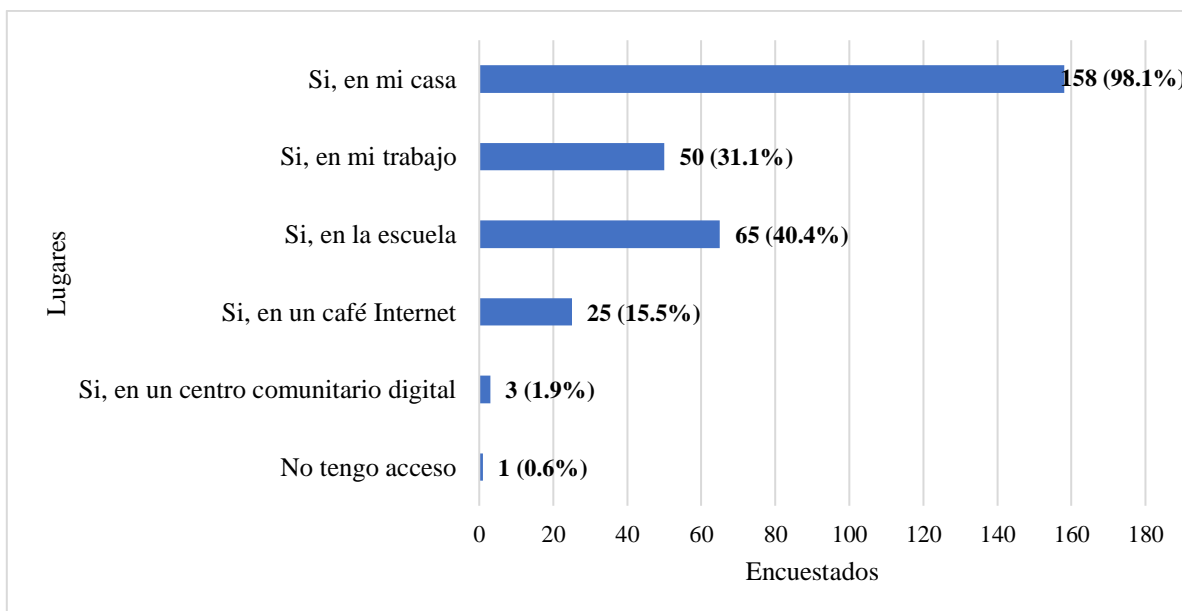
Gráfica 5. Dispositivos electrónicos utilizados con mayor frecuencia por los encuestados.

De acuerdo con el gráfico correspondiente a esta quinta pregunta, el teléfono móvil es el dispositivo más utilizado. Este resultado es muy acertado a la realidad, debido a que la mayor parte de las personas actualmente cuentan con un teléfono móvil, el cual facilita la comunicación cuando las personas se encuentran fuera de su hogar. Además, el segundo dispositivo electrónico más utilizado son las computadoras portátiles, las cuales permiten trabajar en cualquier lugar a donde se lleven.

Por el contrario, el radio es el dispositivo electrónico que menos utilizan los encuestados, solamente 15 personas lo siguen utilizando. Se estima que este resultado puede deberse a que actualmente la información y/o música se puede encontrar en Internet mediante un smartphone.

Pregunta 6.

En la sexta pregunta que la encuesta se le preguntó a cada uno de los encuestados sobre los lugares donde pueden acceder a Internet. Poniendo 6 opciones de respuesta, como se observa en la gráfica 6, de las cuales se podían elegir más de una opción si era el caso del encuestado.



Gráfica 6. Lugares donde los encuestados acceden a Internet.

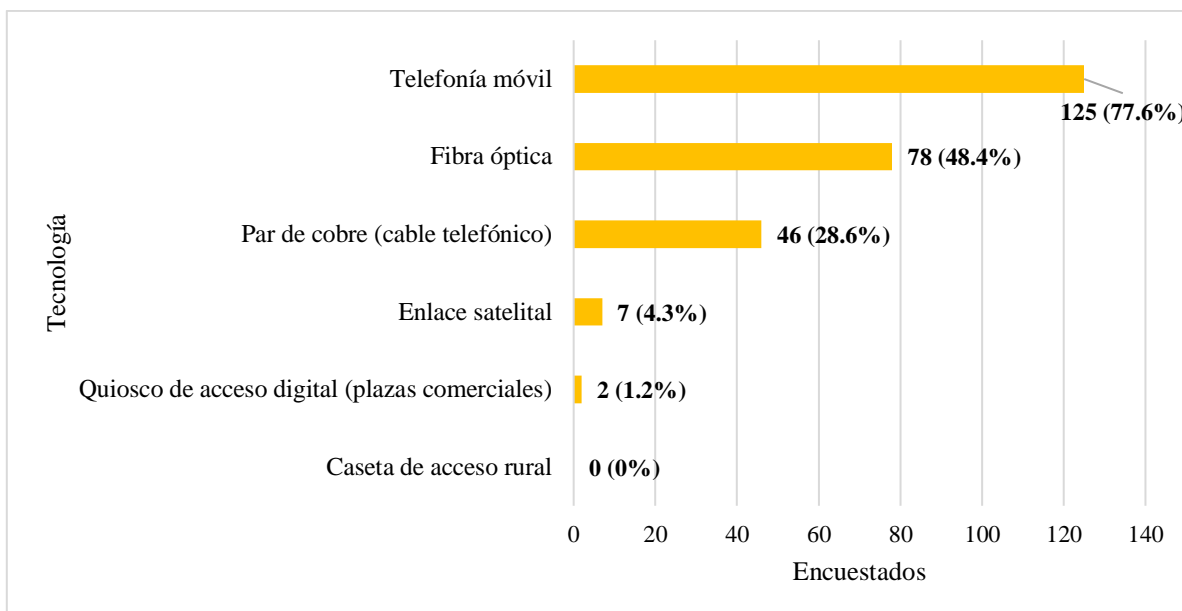
La gráfica 6 muestra que el lugar donde casi la totalidad de los encuestados acceden a internet es: su hogar, con el 98.1% del total de 161 encuestados. Con base en este resultado, 3 de los 161 encuestados no tienen acceso a Internet en su hogar, sin embargo, en el gráfico se muestra que 3 encuestados tienen acceso a este servicio mediante un centro comunitario digital. Por lo tanto, se estima que los 3 encuestados que no pueden acceder a Internet en su hogar se ven obligados a ir al centro comunitario digital de su localidad.

Respecto a las demás opciones, la escuela fue el segundo lugar donde los encuestados acceden a Internet, debido a que su mayoría son personas entre los 18 y 26 años de edad, de acuerdo con los resultados de la primera pregunta. Posteriormente siguen las opciones para acceder a Internet en: el trabajo y un café Internet, este último se estima puede deberse a que los encuestados no cuentan con Internet en su hogar.

Cabe destacar, que solamente un encuestado contestó que no tiene acceso a Internet. Sin embargo, al consultar la hoja de datos, éste también seleccionó la opción del café Internet, estimando así que el encuestado respondió que no tiene acceso a Internet, pero en su hogar.

Pregunta 7.

Una vez que se sabe en qué lugares los encuestados acceden a Internet, en esta séptima pregunta se le preguntó qué tecnologías utilizan para acceder a este servicio. En la gráfica 7 se presentan estas opciones de respuesta, los encuestados pudieron seleccionar más de una.



Gráfica 7. Tecnología mediante la cual los encuestados acceden a Internet.

La telefonía móvil fue la tecnología que más utilizan los encuestados para acceder a Internet, es decir, mediante los datos móviles de su compañía proveedora. Un total de 125 de 161 encuestados, que representa al 77.6%, tienen la posibilidad económica de contratar datos móviles para conectarse a Internet mientras están fuera de su hogar.

La segunda tecnología seleccionada por los encuestados fue la fibra óptica, debido a que los proveedores de Internet fijo han ido cambiando su infraestructura a este tipo de tecnología, el 48.4% de los encuestados tiene esta tecnología en su hogar. Con un 28.6%, la tecnología de DSL (par de cobre) es la tercera tecnología más utilizada por los encuestados para acceder a Internet, específicamente desde su hogar.

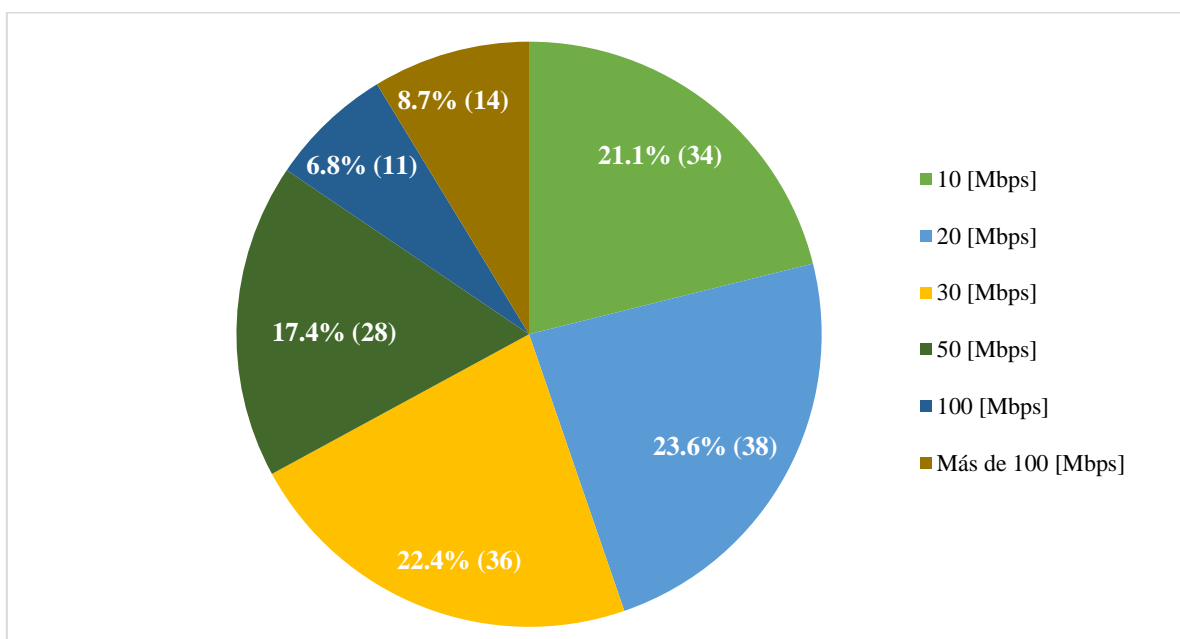
Por otro lado, 7 encuestados cuentan con acceso a Internet mediante un enlace satelital. Esta cantidad de encuestados es menor a comparación de las diferentes tecnologías, debido a que es un servicio más caro. La velocidad promedio de este servicio, de acuerdo a los encuestados, es entre 10 y 20 [Mbps]. Y 6 usuarios finales del Internet satelital se encuentran en la zona centro del país y solamente 1 en la zona sur del país.

Pregunta 8.

En la octava pregunta de la encuesta se le preguntó a los encuestados cuál era la velocidad de Internet en su hogar que tenían contratada. Esta pregunta es independiente de la tecnología con la que cuentan, debido a que no todos tienen la misma posibilidad económica para contratar una mayor velocidad de navegación. Los encuestados solamente podían elegir una opción.

De acuerdo con la gráfica 8, existen 3 velocidades que tienen un porcentaje similar: 10, 20 y 30 [Mbps]. Al lado de cada porcentaje correspondiente a estas velocidades, entre paréntesis, se encuentra el número de encuestados que seleccionaron esa opción.

Estas velocidades son acorde a los promedios presentados en los capítulos anteriores, debido a que son las velocidades base que ofrecen los proveedores de Internet fijo, es decir, para los paquetes más económicos. Cabe aclarar que la velocidad de 10 [Mbps] ya no se encuentra en los paquetes con fibra óptica, solamente está disponible en lugares donde la infraestructura de telecomunicaciones sigue siendo mediante DSL.



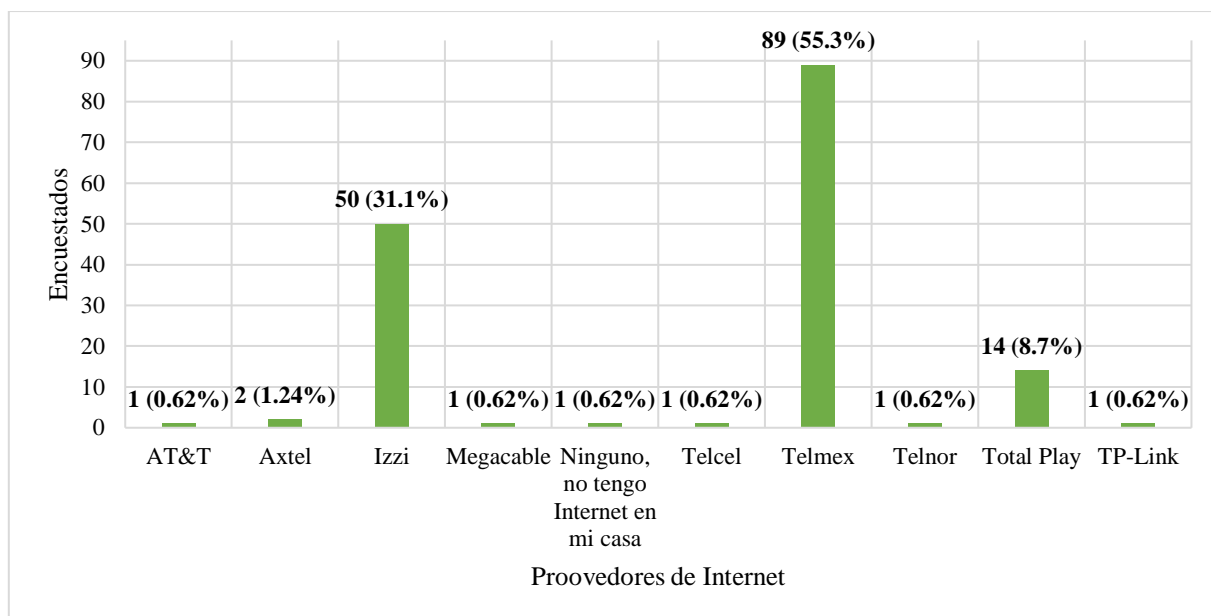
Gráfica 8. Velocidad de Internet en el hogar de los encuestados.

En comparación con lo anterior, es menor la cantidad de encuestados que cuentan con las velocidades de 50, 100 y más de 100 [Mbps]. Se estima que esta situación se debe a que los paquetes de Internet fijo con estas velocidades son más caros mensualmente.

Pregunta 9.

En la novena pregunta de la encuesta se le preguntó a los encuestados cuál es la empresa que les brinda el servicio de Internet en su hogar. Se colocaron 7 opciones, de las cuales 6 fueron respuestas establecidas y una abierta, en caso de que la empresa proveedora de algún encuestado no se encontrara este pudo ingresar el nombre de la empresa por escrito.

De acuerdo con los datos de la gráfica 9, Telmex es la empresa proveedora de Internet fijo más utilizada por los encuestados, teniendo un total de 89 encuestados de 161, lo que representa el 55.3%. Se estima que este resultado puede deberse a que Telmex ha sido por años el preponderante en esta rama, además de ofrecer, en algunas ciudades, Internet mediante fibra óptica y a precios más bajos en comparación con sus competidores.



Gráfica 9. Empresa que brinda Internet en el hogar del encuestado.

El segundo proveedor más utilizado por los encuestados fue Izzi con 50 encuestados, a pesar que la conexión final con el usuario final es mediante cable coaxial⁵¹⁶ y no mediante fibra óptica. En tercer lugar, se encuesta Total Play con 14 encuestados.

Los demás proveedores de Internet fijo solamente fueron elegidos o mencionados por 1 o 2 encuestados, como lo fue: AT&T y Telcel (ambos mediante un módem y cobertura de

⁵¹⁶ Izzi. (2020). *Manual de usuario: ARRIS TG1652A Wireless Gateway (Julio 2020)*. Recuperado el 27 de septiembre de 2021: https://www.izzi.mx/ayudaIzzi/descargas/internet/Manual_de_Usuario_Equipo_Dual_Band_TG1652A.pdf

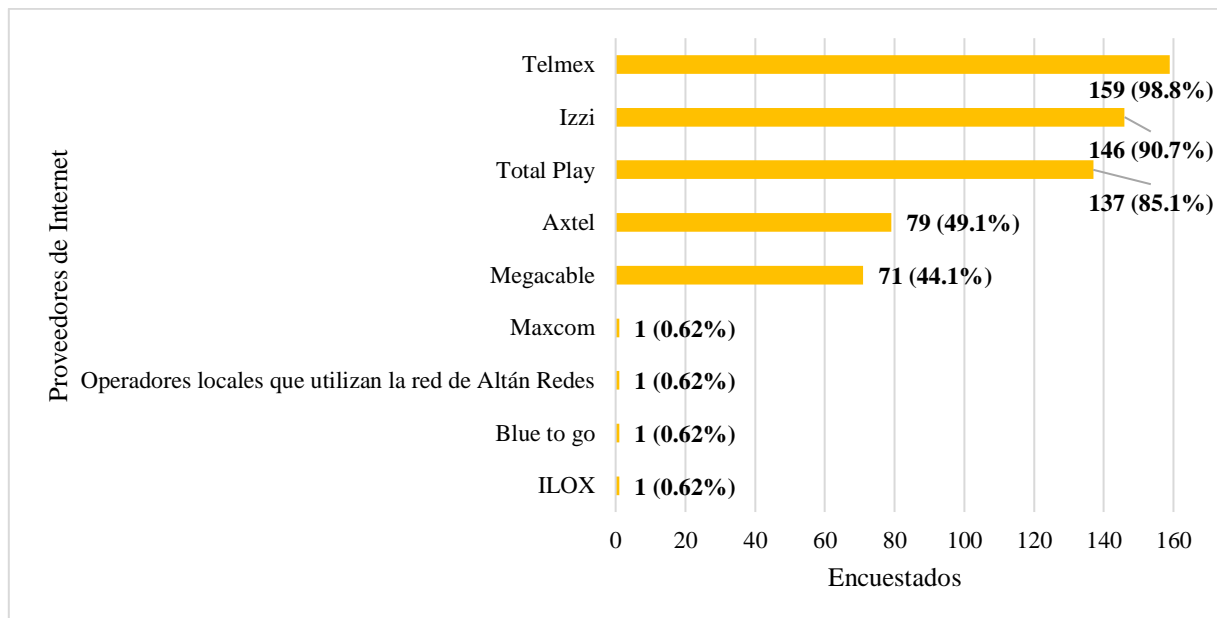
telefonía móvil), Axtel (que actualmente ya pertenece a Izzi), Megacable, TP-Link, Telnor. Por último, 1 encuestado no tiene Internet en su casa, se estima que se debe a la dificultad económica familiar y, por ende, debe acudir a un café Internet o centro digital.

Pregunta 10.

En la décima pregunta de la encuesta se le preguntó a los encuestados que proveedores de Internet fijo conocen. El propósito fue conocer que empresas son las más conocidas, no necesariamente estas son las que tienen más usuarios finales.

Se les dio a los encuestados 6 opciones como respuesta, de las cuales 5 fueron establecidas y en la sexta opción pudieron ingresar el nombre de alguna proveedora faltante que ellos conozcan.

De acuerdo con la gráfica 10, las 3 empresas más conocidas por los encuestados fueron: Telmex, Izzi y Total Play. En el caso de Telmex, casi el 100% de los encuestados la conocen, se estima que esto se debe a que por años fue el único proveedor de Internet en el país y es actualmente es el preponderante en las telecomunicaciones al hogar.



Gráfica 10. Proveedores de Internet que conocen los encuestados.

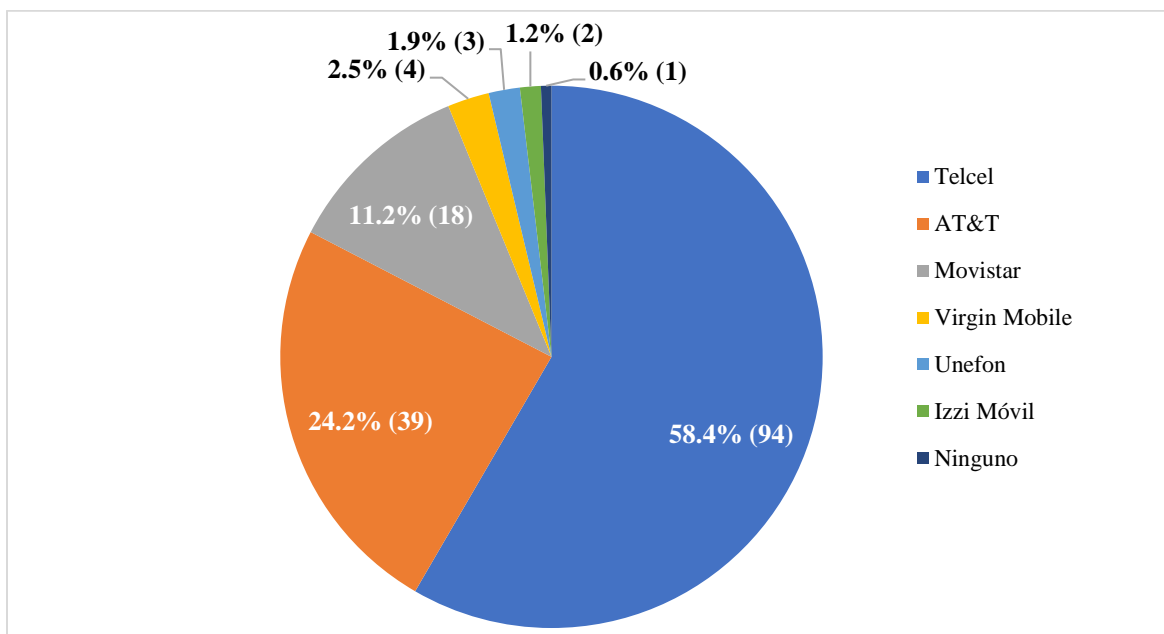
Las empresas proveedoras de Internet fijo Axtel y Megacable son la cuarta y quinta más conocidas, respectivamente. Aunque no precisamente son las que cuentan con más usuarios finales, debido a los datos obtenidos en la pregunta 9.

Algunos encuestados ingresaron el nombre de diferentes empresas proveedoras de Internet fijo que no se encontraban en las respuestas establecidas, como se observó en la gráfica 10, y fueron seleccionados solamente por un encuestado, lo que equivale al 0.62%.

Pregunta 11.

En la pregunta 11 de la encuesta se le preguntó a los encuestados cuál era el proveedor de telefonía móvil mediante el cual accedían a Internet móvil, esto de forma independiente si la forma de pago es en prepago o pospago.

De acuerdo con la gráfica 11, la empresa de telefonía celular con la que la mayoría de los encuestados cuentan es Telcel con 94 personas, 58.4%, la cual tiene una mayor cobertura a nivel nacional y es el preponderante en esta rama. Las otras dos empresas que tienen una mayor presencia entre los encuestados fueron AT&T y Movistar con 39 y 18 encuestados, respectivamente.



Gráfica 11. Proveedor de telefonía móvil mediante el cual el encuestado tiene acceso a Internet móvil.

Algunos encuestados anotaron el nombre de la empresa de telefonía celular que utilizan, la cual es diferente a las 3 principales compañías que se mencionaron anteriormente: Virgin Mobile con 4 encuestados, Unefon con 3 encuestados e Izzi Móvil con 2 encuestados.

Solamente un encuestado contestó que no tiene acceso a Internet móvil mediante la cobertura de la telefonía celular, aunque en sus respuestas menciona que si cuenta con un

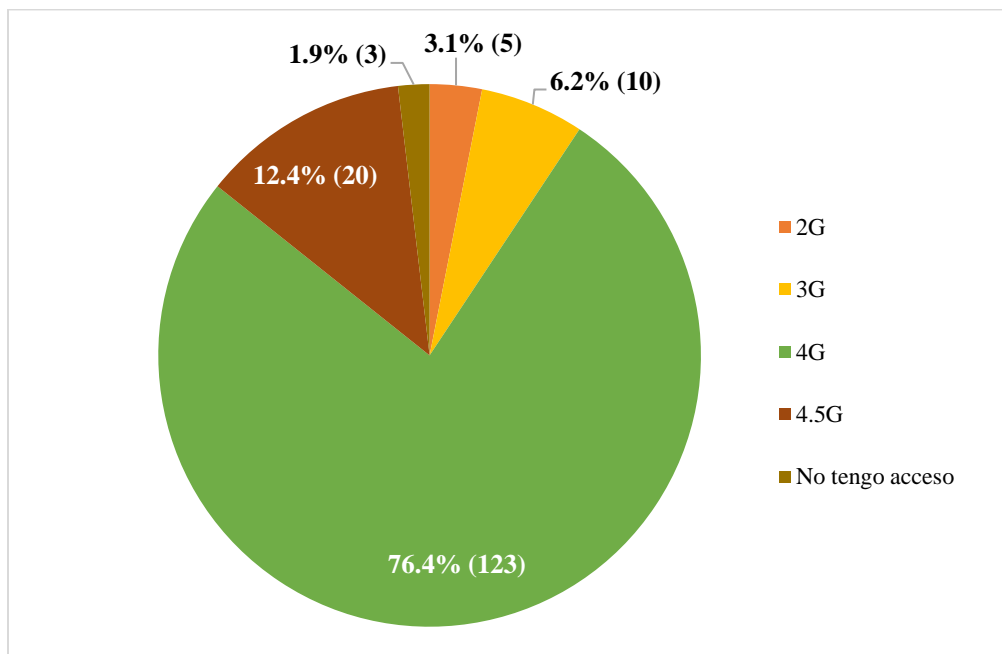
teléfono móvil. Esta situación puede deberse a la falta de infraestructura en su zona de residencia o de posibilidad económica para realizar constantemente una recarga a su número telefónico.

Pregunta 12.

En la pregunta 12 se le preguntó a los encuestados cuál era la tecnología mediante la cual se conectaban a Internet con su teléfono móvil. La compañía de telefonía móvil proporciona, de acuerdo a la infraestructura desplegada en cada zona, el tipo de tecnología móvil a través de la cual navegan en este servicio.

Cabe destacar que los teléfonos móviles tienen la capacidad de mostrar mediante que tecnología acceden a Internet móvil. Esta información aparece en la parte superior de la pantalla del celular de cada usuario al activar los datos móviles, a un costado del icono de la cobertura de la red. De esta forma, cada usuario puede conocer que tecnología utiliza para acceder a este servicio.

De acuerdo con la gráfica 12, la tecnología de 4G es la que tiene una mayor presencia con un total de 123 encuestados, lo que representa el 76.4%. Con este resultado se estima que la infraestructura de los 3 principales proveedores de telefonía móvil cuenta con esta tecnología, además que la mayoría de los encuestados se ubican en la zona centro del país.



Gráfica 12. Tecnología móvil mediante la cual se conectan los encuestados con su teléfono móvil.

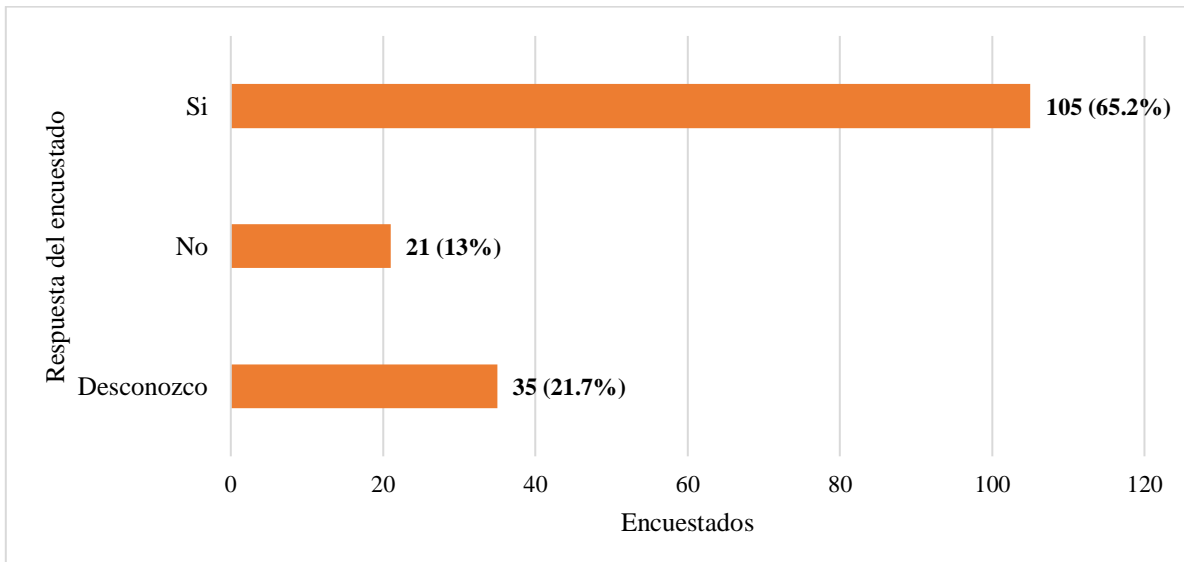
La tecnología que sigue es la 4.5G, también mostrada en las pantallas de los celulares como 4G+, con un total de 20 encuestados, esta tecnología es mayormente utilizada por la compañía Telcel. Luego le sigue la tecnología de 3G con 10 encuestados, la cual se estima que se ubica más en zonas suburbanas o los teléfonos móviles de los encuestados no soportan una mayor tecnología móvil.

Posteriormente se encuentra la tecnología 2G, la cual ha dejado de ser utilizada en las urbes y se ubica más en las zonas alejadas donde no se ha mejorado la infraestructura de la telefonía móvil. Por último, solo 3 encuestados no cuentan con el acceso a estas tecnologías, se estima que se debe a la falta de cobertura, dificultad económica y/o no saben que tecnología utilizan.

Pregunta 13.

En la pregunta 13 de la encuesta se le preguntó a los encuestados si tenían conocimiento sobre la presencia de la red de fibra óptica en su zona de residencia, independientemente de la empresa propietaria. Los encuestados solamente lograron elegir una respuesta.

De acuerdo con los datos de la gráfica 13, la mayoría de los encuestados, 105 de 161, tiene conocimiento que en su zona de residencia hay fibra óptica. Se estima que esto se debe a que algunos encuestados cuentan con Internet en su hogar mediante fibra óptica o que estos saben de vecinos que cuentan con Internet mediante esta tecnología.



Gráfica 13. Conocimiento de los encuestados sobre el acceso a la red de fibra óptica en su zona de residencia.

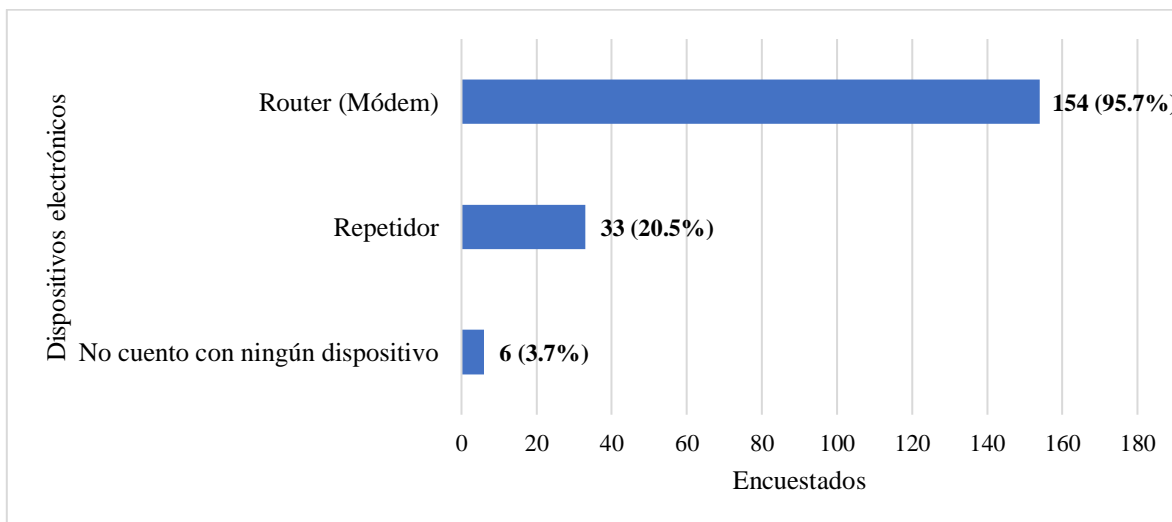
La segunda respuesta que más seleccionaron los encuestados fue “Desconozco”, en este caso, 35 encuestados. Se estima que este resultado se pudo deber a que estas personas no cuentan con un servicio de Internet fijo mediante fibra óptica o porque desconocen físicamente como es el cable que contiene la fibra óptica, por lo cual no saben si su servicio de Internet fijo cuenta con este.

Por último, la respuesta que menos encuestados seleccionaron fue “No”. Es decir, no cuentan con una red de fibra óptica en su zona de residencia. Se estima que este resultado puede deberse a varias posibilidades, entre la cual se encuentra que los encuestados viven en alguna zona donde prevalece la tecnología de par de cobre y no se ha actualizado hacia la fibra óptica. Regularmente estas situaciones se presentan en zonas alejadas de las urbes, zonas suburbanas y/o rurales.

Pregunta 14.

En la pregunta 14 se le preguntó a los encuestados si la infraestructura instalada en su casa, escuela, oficina, café Internet o lugar de trabajo contaba con alguno de los siguientes dispositivos electrónicos: router (módem), repetidor o que no cuenta con ningún dispositivo.

Con base en los datos de la gráfica 14, la mayor parte de los encuestados respondieron que cuentan con un router para acceder a Internet, siendo un total de 154 encuestados, que representa el 95.7% del total. Se estima que este resultado se debe a que la mayoría de los usuarios cuenta con Internet en su hogar, debido a que el proveedor de Internet contratado proporciona el router al usuario final para poder acceder a Internet.



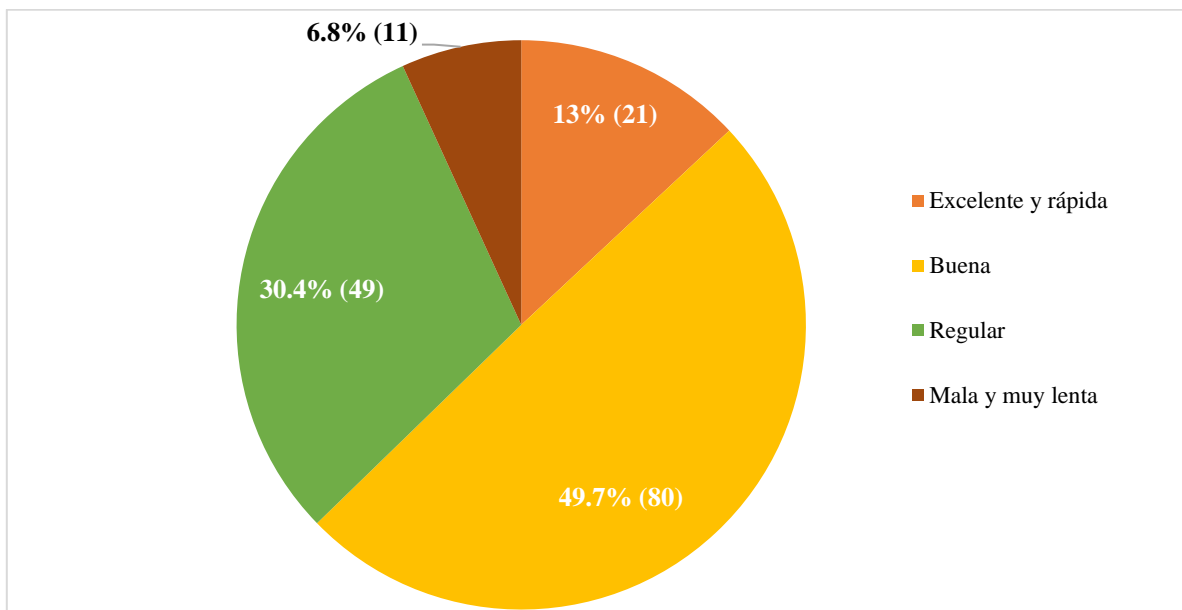
Gráfica 14. Infraestructura de Internet con la cual cuentan los encuestados.

El repetidor tuvo un menor porcentaje de elección con solamente 20.5%, lo que equivale a 33 encuestados. Se estima que este resultado puede deberse a que estos encuestados no tienen cobertura de WiFi mediante el router en donde trabajan o en alguna zona de su hogar. Además, que este dispositivo es un gasto adicional para extender su cobertura de WiFi.

Por último, solamente 6 encuestados respondieron que no cuentan con ninguno de los dos dispositivos mencionados anteriormente. Se estima que esto se debe a que no cuentan con la posibilidad económica de contratar Internet su hogar y además comprar un repetidor. Existiendo también la posibilidad que accedan a Internet en un café Internet mediante las computadoras conectadas a un cable Ethernet.

Pregunta 15.

En la pregunta 15 de la encuesta se le preguntó a los encuestados cuál era su punto de vista respecto a la calidad de conexión y velocidad de Internet del servicio que tienen contratados con cualquier proveedor de Internet fijo. En la gráfica 15 se muestran las opciones de respuesta, los encuestados solamente lograron elegir una opción.



Gráfica 15. Calidad de conexión y velocidad de Internet en el hogar, de acuerdo con los encuestados.

La respuesta que mayormente seleccionaron los encuestados fue “Buena”, teniendo prácticamente el 50% de elección con 80 encuestados. Este resultado se interpreta de forma

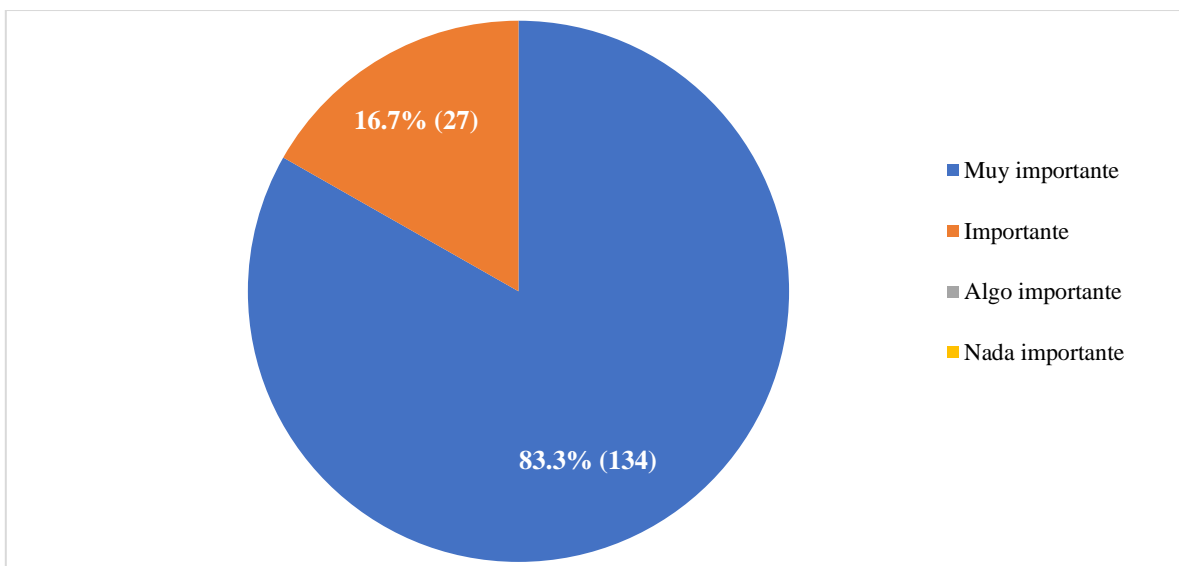
que los usuarios no consideran su navegación por Internet mala pero tampoco es excelente, debido a problemas de la red.

Por otro lado, 49 encuestados consideraron que su calidad de servicio de Internet es “Regular”. Por lo tanto, se estima que estos encuestados tienen más problemas en su conexión y velocidad de Internet, la mayoría fueron encuestados con tecnología DSL. Debido a esta tecnología mencionada, 11 encuestados consideran su calidad de Internet “Mala y muy lenta”, esto se debe a las limitaciones del par de cobre.

Por último, 21 encuestados consideraron su conexión y velocidad de Internet como “Excelente y rápida”. Todos estos encuestados contaban con fibra óptica, además se estima que contrataron un paquete de Internet fijo con mayor velocidad de navegación.

Pregunta 16.

En la pregunta 16 se le pidió a cada encuestado que emitiera su opinión respecto a la siguiente pregunta: ¿Qué tan importante considera el acceso de Internet a toda la población del país sin importar su condición socio-económica?. Como se muestra en la gráfica 16, se colocaron 4 opciones de respuesta, de mayor a menor importancia y solamente se podía seleccionar una.



Gráfica 16. Importancia del acceso a Internet a la población del país, de acuerdo con los encuestados.

Las respuestas elegidas solamente fueron dos: la mayor parte de los encuestados consideran que el acceso a Internet es “Muy importante” para toda la población sin importar su condición socio-económica, así lo consideraron 134 encuestados, lo cual representa el

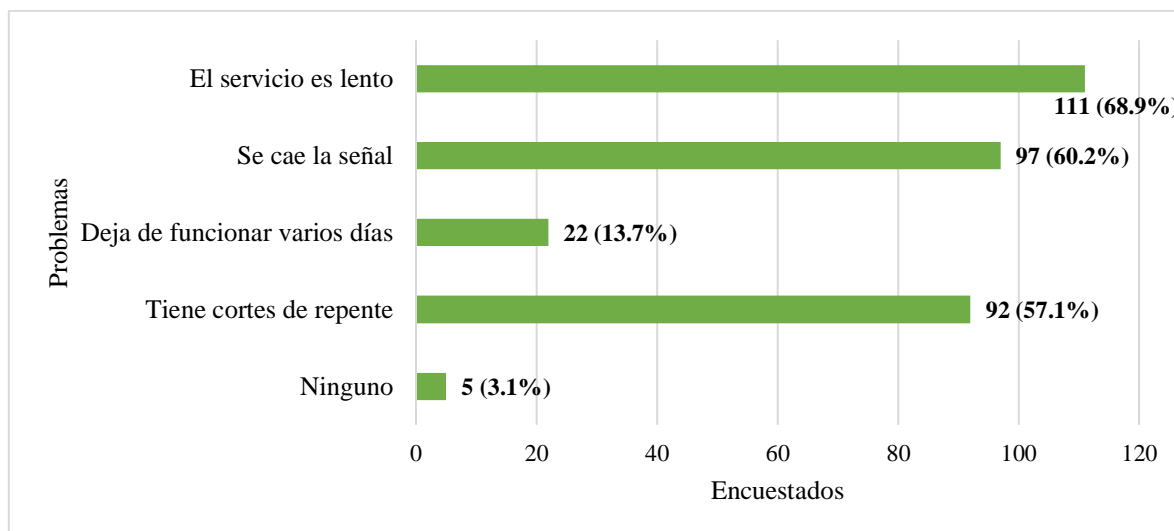
83.3% del total de encuestados. La segunda respuesta elegida fue “Importante” con un total de 27 encuestados, equivalente al 16.7% restante.

Se estima que con base en estos resultados los encuestados consideran que debe existir una igualdad en el acceso a Internet para toda la población sin importar donde se ubiquen, a que sociedad pertenezcan o que economía tengan en su comunidad.

En estos resultados se observó la empatía de los encuestados, debido a que se sabe que las personas con una menor condición socio-económica tienen una mayor dificultad para acceder al servicio de Internet y, por lo tanto, tienen un menor desarrollo personal, cultural y educativo.

Pregunta 17.

La pregunta 17 de la encuesta fue la última con respuestas de opciones múltiples, en este caso se le preguntó a los encuestados, desde su punto de vista, qué inconvenientes han tenido en los diferentes servicios de telecomunicaciones en nuestro país. En la gráfica 17 se aprecian las opciones de respuesta, los encuestados pudieron elegir más de una elección.



Gráfica 17. Inconvenientes en los servicios de telecomunicaciones en México, de acuerdo con los encuestados.

El inconveniente que más reportaron los encuestados fue la lentitud del servicio, 111 encuestados han presentado este tipo de problema técnico. Se estima que esto puede deberse a la saturación en las diferentes redes, de manera que la capacidad de la infraestructura de los servicios de telecomunicaciones está limitada o sobrepasada.

Otro inconveniente que más se presenta es “Se cae la señal”, 97 encuestados han presentado este problema en las diferentes redes móvil o fijas, se estima que esto se debe a la pérdida de conexiones entre las terminales y los dispositivos de los usuarios finales, así como algún daño en las infraestructuras físicas de las redes.

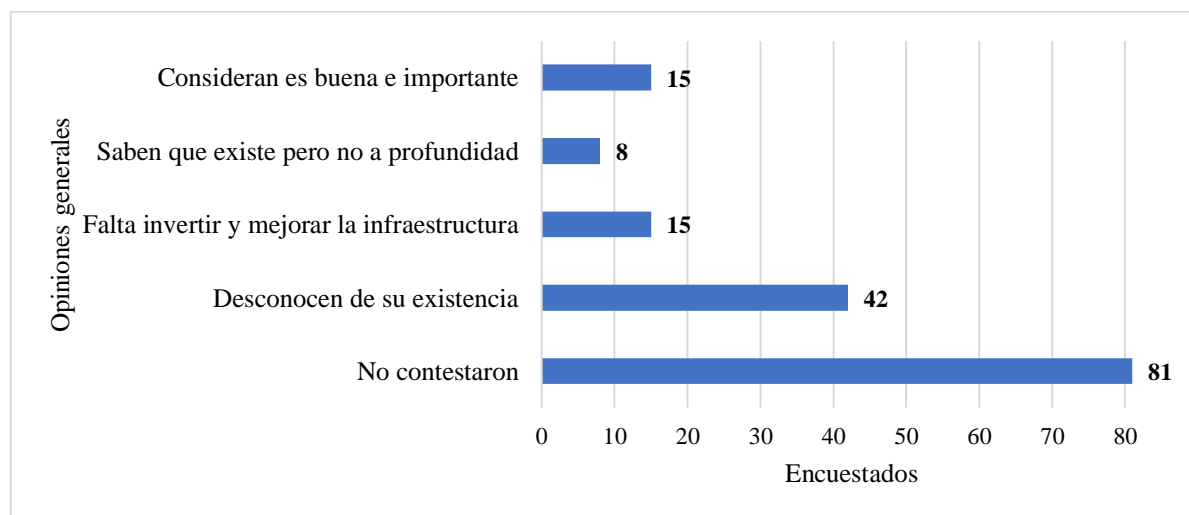
El inconveniente “Tiene cortes de repente” fue elegida por 92 encuestados, se estima que puede deberse a problemas en la infraestructura física y/o pérdidas en la potencia de transmisión de los proveedores de telecomunicaciones.

Cabe destacar que solamente 5 encuestados no han presentado problemas en los diferentes servicios de telecomunicaciones con los que cuentan. Se estima que esto se debe a que en su zona de residencia existe una mejor infraestructura y una mejor calidad de servicio.

Pregunta 18.

Como se mencionó al inicio de este capítulo, las últimas tres preguntas de la encuesta fueron abiertas y de carácter voluntario para que los encuestados emitieran su opinión, además de comprender si conocen del tema. En cada una de las 3 preguntas se leyeron los comentarios de cada encuestado, logrando así tener opiniones generales para sintetizar las gráficas.

En esta pregunta 18 se les pidió su opinión respecto a la infraestructura de cables submarinos con la que cuenta México, los resultados se muestran en la gráfica 18.



Gráfica 18. Opinión general de los encuestados sobre la infraestructura de cables submarinos con la que cuenta México.

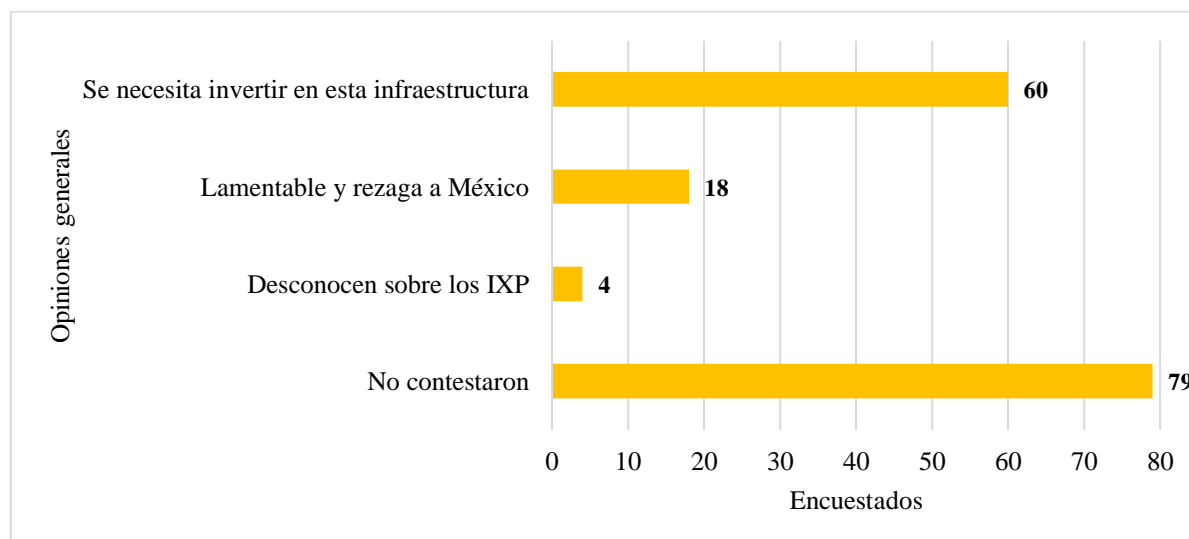
Como se observa en la gráfica 18, mayoría de los encuestados no emitieron algún comentario, 81 personas, de modo que se estima que estos no conocen el tema. Además, 42 encuestados dijeron desconocer de la existencia de esta infraestructura, estimando así que tampoco tienen información respecto a este tema, pero dieron a conocer esto mediante su respuesta.

Solamente 38 encuestados conocen o han leído sobre esta infraestructura marina, de los cuales: 15 consideran que hace falta invertir y mejorar la infraestructura, estimando así que los encuestados desean que nuestro país cuente con un mayor número de cables submarinos; 8 encuestados saben que existe este tipo de infraestructura, pero no a grandes rasgos, por lo que se estima que han leído o escuchado de estos cables submarinos, pero no han investigado más.

Por último, 15 encuestados consideran es una importante infraestructura con la que cuenta México, estimando así que conocen del tema de mejor forma.

Pregunta 19.

En esta pregunta 19 los encuestados dieron su opinión respecto a la situación actual de la infraestructura de IXP en México contra la infraestructura en Brasil y Argentina. En la pregunta dirigida a los encuestados se les informó que México cuenta dos IXP en funcionamiento, mientras que Brasil y Argentina cuentan con más de 30 IXP cada uno. Los resultados obtenidos se presentan en la gráfica 19.



Gráfica 19. Opinión de los encuestados sobre la infraestructura de IXP en México (2 IXP) contra Brasil y Argentina (más de 30 IXP en cada país).

La mayoría de los encuestados, de acuerdo a la gráfica 19, no tienen conocimiento sobre este tipo de infraestructura, esto se estimó debido a que 79 encuestados no emitieron alguna opinión al respecto, por lo cual se consideró que no conocen sobre el tema y prefirieron no responder.

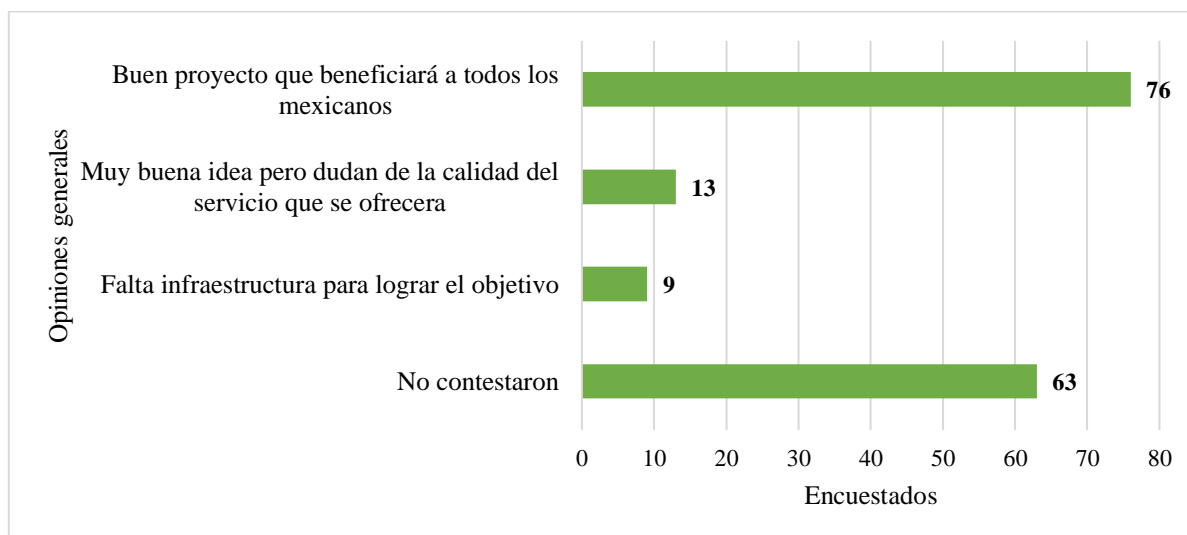
Asimismo, 4 encuestados dijeron desconocer sobre los IXP, estimando de la misma manera que no tienen información al respecto, sin embargo, respondieron la pregunta.

Por el lado contrario, 78 encuestados emitieron una opinión respecto a la situación en la cual se encuentra México a comparación de los otros dos países mencionados. De estos, 18 encuestados mencionaron que la situación en México respecto a los IXP es lamentable y ocasiona un rezago en el país, se estima que estas personas emitieron esta opinión con base en la cantidad de IXP que se les mencionó para los 3 países.

Por último, 60 encuestados opinaron que se necesita invertir en esta infraestructura para poder mejorar la calidad de Internet en nuestro país, se estima que una parte de estos encuestados conocen sobre los IXP.

Pregunta 20.

La pregunta 20 es la última que conforma la encuesta realizada, en esta pregunta se le pidió a los encuestados dar su opinión respecto al programa del gobierno federal llamado “Internet para Todos” en el cual se busca brindar Internet a todos los mexicanos donde quiera que habiten en el territorio nacional. Los resultados obtenidos se presentan en la gráfica 20.



Gráfica 20. Opinión de los encuestados respecto al proyecto “Internet para Todos” del gobierno federal.

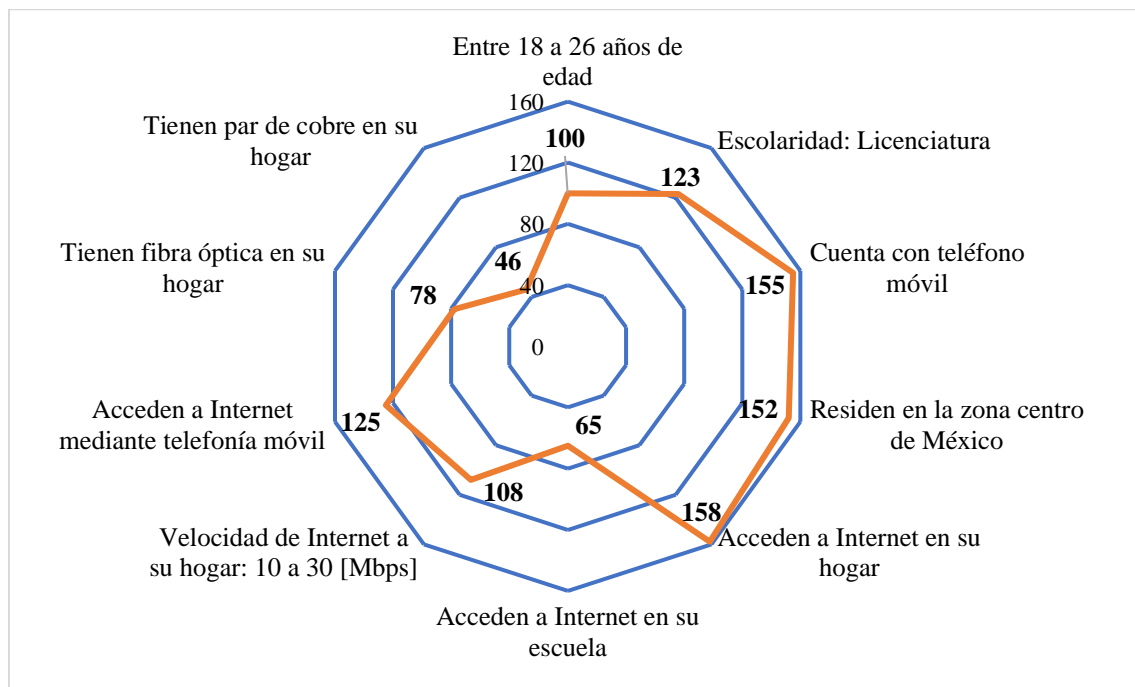
Menos de la mitad de los encuestados, 63, no emitieron alguna opinión al respecto, se estima que desconocían del tema y/o no quisieron dar su punto de vista.

Por otro lado, 98 encuestados si dieron su opinión al respecto sobre este programa del gobierno mexicano. De los cuales, 9 encuestados piensan que hace falta infraestructura para lograr el objetivo del programa y se estima que estas opiniones se deben a la cobertura que han experimentado en diferentes partes del país.

Así mismo, 13 encuestados consideran que este programa es una buena idea, pero tienen duda respecto a la calidad de servicio que se ofrecerá, se estima que esta preocupación se debe a las experiencias que han tenido los encuestados mediante redes del gobierno mal soportadas o diseñadas.

Asimismo, 76 encuestados consideran que “Internet para Todos” es un buen proyecto que beneficiará a todos los mexicanos, en mayor parte a las personas que viven en comunidades alejadas y no pueden acceder al servicio de Internet actualmente.

Adicionalmente a las 20 gráficas presentadas anteriormente, una por cada pregunta de la encuesta elaborada, se realizó una gráfica de radar, como se muestra en a la gráfica 21. Esto con el objetivo de exponer la información promedio de los encuestados y tener una mejor visualización de los resultados obtenidos.



Gráfica 21. Información promedio de los encuestados.

Se decidió colocar 10 campos relevantes conforme a las evidencias obtenidas de las 20 preguntas respondidas por los 161 encuestados. La información recabada fue la siguiente:

1. El grupo de edad entre los 18 y 26 años fue el de mayor presencia con 100 encuestados.
2. La escolaridad con la que cuentan la mayoría de los encuestados, 123, fue licenciatura.
3. Ciento cincuenta y cinco (155) encuestados cuentan con un teléfono móvil para poder acceder a Internet.
4. La mayor parte de los encuestados residen en los estados del centro del país, 152 encuestados, en donde se encuentra una mayor infraestructura de telecomunicaciones.
5. Casi todos los encuestados tienen la posibilidad de acceder a Internet desde su hogar, siendo un total de 158 encuestados.
6. Solamente 65 encuestados mencionaron que pueden acceder a Internet en su escuela, lo cual estima que no todas las escuelas ofrecen la conectividad a Internet a su alumnado o estas instalaciones no tienen la capacidad suficiente para conectar a todos sus alumnos.
7. Las velocidades de Internet predominantes entre los encuestados son de 10, 20 y 30 [Mbps]. Sumando la cantidad de usuarios de cada una de estas velocidades, se tiene un total de 108 encuestados.
8. Ciento veinticinco (125) encuestados tienen la posibilidad económica de acceder a Internet mediante telefonía móvil, pagando los datos móviles a su proveedor en forma de prepago o pospago.
9. Solamente el 48.4% de los encuestados, 78 de un total de 161, tienen acceso a la infraestructura de fibra óptica para poder acceder a Internet desde su hogar.
10. Solamente el 28.6% de los encuestados, 46 de un total de 161, acceden a Internet desde su hogar mediante la tecnología de par de cobre (DSL), la cual va siendo sustituida por fibra óptica en las principales urbes del país.

La muestra de encuestados es muy pequeña a comparación de los más de 126 millones de habitantes que tiene México. Por lo cual, mediante esta actividad es difícil de conocer la situación actual de infraestructura y conectividad en el país. Sin embargo, el INEGI ha realizado encuestas desde el 2015 sobre este tema que pueden ser consultadas.⁵¹⁷

La encuesta se enfocó en conocer la situación de conectividad de algunos mexicanos, los cuales respondieron esta misma, debido a la gran dificultad que conllevaría realizarla a nivel nacional. Logrando así conocer la situación mencionada de 161 personas, así como saber su opinión, sin que sean expertos en el tema, respecto a la infraestructura de cables submarinos e IXP en México y del programa federal “Internet para Todos”.

A pesar de la pequeña muestra de encuestados, mediante los resultados obtenidos se pudo apreciar la desigualdad que existe en la conectividad a Internet, fijo o móvil, en México. Ya sea por las posibilidades económicas de cada encuestado, así como por la falta o rezago de la infraestructura de telecomunicaciones en su zona de residencia.

El acceso a Internet se volvió fundamental desde hace algunos años y es indispensable desde que inicio la pandemia por la enfermedad del Coronavirus (COVID-19) para que las personas, estudiantes, profesores y/o trabajadores puedan seguir realizando sus actividades diarias a distancia mediante Internet como su medio de comunicación.

⁵¹⁷ INEGI (2020). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH)*. Recuperado el 27 de septiembre de 2021 de: <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2020/>

Capítulo 5. Propuesta de una solución para la conectividad plena en telecomunicaciones e Internet en México mediante las tecnologías analizadas.

En este último capítulo del trabajo de investigación se expondrá la propuesta general considerando las tecnologías analizadas previamente en este mismo trabajo. El objetivo principal es llevar los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet a todas las comunidades a lo largo del territorio mexicano, sin excepción alguna, buscando al mismo tiempo brindar en estas localidades conectividad con una buena calidad de servicio.

Así mismo, se planteará la propuesta de cada tecnología debido a la complejidad topológica y climática que caracteriza a México, no todas las tecnologías son la mejor solución para brindar cobertura y conectividad a las diferentes comunidades del país.

En primer lugar, para llevar los servicios de telecomunicaciones e Internet a las diferentes comunidades de nuestro país, se debe conocer el número total de ellas en el territorio nacional, tanto las alejadas como las urbanas o suburbanas. También se debe conocer si cuentan o no con acceso a Internet.

Las comunidades que cuenten con algunos servicios de telecomunicaciones como telefonía fija o Internet es muy probable que sea mediante la tecnología de par de cobre (DSL) y, como se ha mencionado en el trabajo, ésta no ha sido sustituida por fibra óptica debido principalmente a la lejanía de estas localidades y a que el enfoque principal de esta infraestructura óptica son las zonas urbanas del país.

Los datos mencionados anteriormente sobre las comunidades mexicanas pueden ser consultados en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), ya que este organismo es el encargado de realizar los censos nacionales y proporciona la información requerida.

De igual forma, previamente a la propuesta de la infraestructura de cualquiera de las tecnologías estudiadas anteriormente en este trabajo, específicamente en los primeros dos capítulos, se recomienda realizar una caracterización del entorno de la comunidad, en otras palabras, se debe tener conocimiento, entre otras cosas, de:

- **Ubicación:** Es necesario tener una base de datos de las comunidades con su ubicación geográfica mediante coordenadas, esto con el objetivo de ubicarlas rápidamente a nivel global y a nivel nacional. Igualmente ayudará a saber la localización de antenas o infraestructura instalada en las comunidades alejadas del país.
- **Clima:** En las telecomunicaciones es de vital importancia conocer las condiciones climatológicas que se presentan alrededor de la zona donde se desea instalar la infraestructura, esto con el propósito de saber qué tipo de infraestructura utilizar y a qué frecuencia puede operar correctamente. Esto mismo también es conocido como estudio de propagación.

Por ejemplo, en las zonas húmedas del país, en el caso de utilizar enlaces inalámbricos, se debe conocer en qué periodo del año hay más lluvias y como se podrían contrarrestar estos efectos hidrológicos en la propagación de las señales, por esta razón se consideraría ocupar una banda de frecuencia menor o establecer desde un inicio antenas con frecuencias de operación menores a 10 [GHz], entre otros aspectos.

- **Altura sobre el nivel del mar:** Este dato es importante para saber la variación de altitud de las diferentes localidades en cada estado federal del país. México tiene un relieve muy variante a lo largo de su territorio, desde planicies hasta cadenas montañosas como las Sierras Madres que se encuentran en su superficie.

En caso de querer realizar enlaces de microondas o instalar infraestructura alámbrica, como fibra óptica, se debe saber la variación de altitud entre comunidades o ciudades y la inclinación entre estos puntos.

- **Lejanía con las zonas urbanas de gran o mediana densidad poblacional:** Este factor es importante a considerar debido a que en las ciudades con mayor densidad poblacional se encuentra una mejor infraestructura de telecomunicaciones, por lo tanto, el despliegue de la infraestructura y el acceso a la conectividad hacia las comunidades alejadas podría ser más fácil mediante conexiones alámbricas.

En el caso de pequeñas ciudades con una baja densidad poblacional, la infraestructura de telecomunicaciones podría ser limitada o no estar actualizada, como podría ser: que no exista fibra óptica en esa región; de tal forma que la infraestructura de par de cobre sería la que se utilizaría, pero esto limitaría las capacidades de la red, teniendo una saturación de información, una mayor atenuación de la señal, la velocidad de transmisión sería baja y el ancho de banda limitado.

Debido a lo anterior, se podría optar por tecnologías inalámbricas para llegar a las comunidades alejadas de esa región.

- **Entorno natural que la rodea:** Como se mencionó anteriormente, el relieve del territorio mexicano es complejo; debido a ello, se debe tener conocimiento sobre el entorno natural que rodea a la comunidad o la región donde se encuentran varias comunidades alejadas. Se debe tener conocimiento si las comunidades, por dar algunos ejemplos, se encuentran en una zona boscosa, húmeda, seca, en las faldas o cima de una montaña; si existen ríos, lagos o mar alado de estas, si hay algún acceso terrestre para llegar a la comunidad, entre otros.

Conocer este aspecto será de gran importancia al momento de analizar qué tipo de tecnología se puede implementar en las comunidades alejadas que se encuentran en esa región. Cabe destacar que cada región tiene condiciones naturales diferentes, tal es el caso que en el norte del país existe un clima más seco que en la zona sur del país.

- **Servicio eléctrico en la comunidad:** Es importante saber si la región donde se encuentran varias comunidades alejadas, o solamente una de estas, cuenta con el servicio de electricidad. A pesar que este servicio es básico, hay comunidades carentes de electrificación.

La electricidad es fundamental para que los equipos electrónicos de la infraestructura de telecomunicaciones que se instalen funcionen correctamente.

En caso que en alguna comunidad no se cuente con este servicio, se deberá solicitar a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), dependencia

correspondiente en este ámbito, que se instale la infraestructura eléctrica correspondiente en la comunidad deseada para que, a la brevedad, se pueda desplegar la infraestructura de telecomunicaciones.

- **Acceso a Internet o telefonía fija previamente:** Otro aspecto que se debe conocer de todas las comunidades alejadas del país, es si anteriormente han contado o ya cuentan con acceso a telefonía fija y/o Internet, lo más probable es que tengan infraestructura de par de cobre.

Esto ayudará a conocer qué comunidades tienen Internet y qué tecnología podría mejorar la conectividad de estas comunidades, mejorando de esta forma la infraestructura de telecomunicaciones con la cual cuentan.

En el caso de las comunidades que no han disfrutado nunca de alguno de estos servicios mencionados, se les debería dar prioridad para brindarles cobertura y conectividad a los servicios de telecomunicaciones básicos como telefonía fija e Internet.

- **Población:** Se debe tener conocimiento del número de habitantes que tiene cada una de las comunidades a donde se brindará el servicio de Internet y así saber si son comunidades con menos de 250, 500 o 2,500 personas. La prioridad deben ser las comunidades con menor densidad poblacional, debido a que son localidades con un menor desarrollo y es más probable que carezcan de alguna o de la totalidad de la infraestructura de telecomunicaciones.

Los aspectos mencionados anteriormente son algunos de los cuales se debe tener conocimiento, y en consideración, para poder llevar a cabo la puesta en marcha de un sistema de comunicaciones para brindar la conectividad a Internet a estas comunidades. Asimismo, se podrían tomar en cuenta estudios sobre los modelos de propagación para un entorno en específico, logrando predecir el comportamiento del medio de forma matemática.

Una vez que se conozcan estos aspectos de las comunidades, se podrá proponer cual o cuales tecnologías son adecuadas para cada entorno urbano, suburbano o rural del país, esto con el objetivo de garantizar en las diferentes comunidades la cobertura y conectividad a Internet, así como una buena calidad del servicio.

Cabe destacar que México es un país multicultural, por ende, a lo largo del territorio nacional se encuentran diversas culturas y lenguas indígenas. Nuestro país cuenta con 69 lenguas nacionales: 68 indígenas y el español. Estas 68 lenguas indígenas integran 11 familias lingüísticas⁵¹⁸, las cuales se encuentran distribuidas a lo largo del territorio nacional como se muestra en la figura 92.

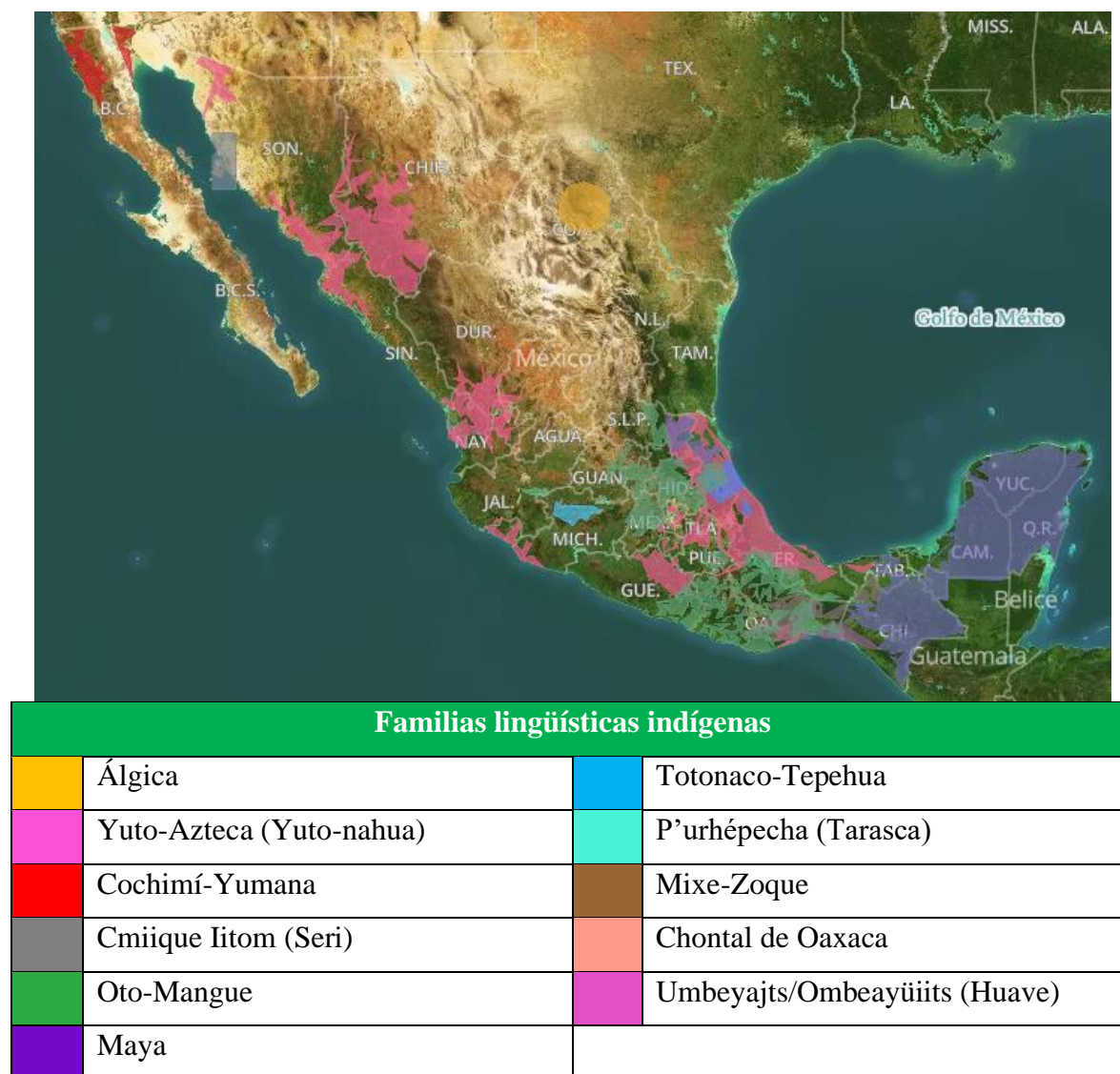


Figura 92. Ubicación geográfica de las diferentes familias lingüísticas indígenas en México

Fuente: Sitio Web: INALI.⁵¹⁹

⁵¹⁸ Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI). (2019). *Códice México: Lenguas Indígenas Nacionales*. Recuperado el 27 de septiembre de 2021 de: <http://www.inpi.gob.mx/codicemexico/>

⁵¹⁹ Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI). (2021). *Mapa interactivo de Lenguas Indígenas*. Recuperado el 7 de mayo de 2021 de: <http://www.mapalenguasindigenas.cultura.gob.mx/>

Además, casi 7 millones de mexicanos hablan alguna lengua indígena y 25 millones de mexicanos se reconocen como indígenas, la mayoría de estos se localizan en el sureste del país.⁵²⁰

Gran parte de los mexicanos que hablan una lengua indígena hablan igualmente y comprenden el idioma español. Sin embargo, se propone que exista una inclusión de estas lenguas en las diferentes regiones del país donde se ubican estos grupos étnicos, esto con el objetivo que todos los habitantes de estas comunidades indígenas comprendan de mejor forma la información que deberán conocer sobre el servicio a Internet que se les brindará, así como las recomendaciones a seguir en caso de algún problema técnico en este servicio.

Así mismo, en el país existen muchas comunidades que se rigen por sus propios usos y costumbres. Se propone que en estas comunidades se deberá hablar con sus principales dirigentes para comunicarles el proyecto, así como los objetivos y beneficios que traerá a su comunidad y habitantes, para obtener así su aprobación y poder llevar a cabo la instalación de la infraestructura de la tecnología seleccionada en esa comunidad. Incluyendo las instalaciones requeridas para el soporte de la red o algunos sitios con dispositivos de cómputo para los usuarios finales (centros comunitarios digitales), como lo serían computadoras de escritorio e impresoras.

En caso que no se consiga la aprobación por parte de los dirigentes de la comunidad, la decisión deberá ser respetada y se tendrá que realizar una lista con las comunidades donde no se logró establecer la cobertura y conectividad a Internet por esta razón.

Además, para la sociedad mexicana en general, se debe realizar un censo socio-económico para proporcionar el servicio de Internet en las zonas urbanas, metropolitanas o suburbanas a las personas o familias que no tienen la posibilidad económica para contratar el servicio de Internet.

Lo mencionado en el párrafo anterior se debe a que, no por el hecho de vivir en una región urbana significa que todos tienen la misma posibilidad económica, ya que no reciben el mismo ingreso en su trabajo. Gran parte de las personas que no cuentan con Internet

⁵²⁰ Secretaría de Cultura. (2018). *¿Sabías que en México hay 68 lenguas indígenas, además del español?*. Recuperado el 27 de septiembre de 2021 de: https://www.gob.mx/cultura/articulos/lenguas-indigenas?idiom=es#_ftn1

trabajan en fábricas, pequeños negocios o como comerciantes ambulantes, por lo cual no les alcanza económicamente para pagar servicios extras como el Internet.

A continuación, se presentan las tecnologías estudiadas en este trabajo y la propuesta para cada una de ellas para lograr o aumentar la conectividad plena en los servicios de telecomunicaciones e Internet en México.

- 1. Redes de par de cobre:** Se propone utilizar esta tecnología, que normalmente ya está disponible, para llegar a las comunidades alejadas que aun cuentan con este tipo de infraestructura con un mínimo de servicios básicos y de valor agregado, debido a que posiblemente ahí solamente exista el servicio de telefonía fija.

Esta propuesta tiene como objetivo utilizar esta infraestructura aún existente y llevar así Internet, posteriormente se debe sustituir por una nueva infraestructura que garantice una mejor calidad de servicio a las comunidades de esa región.

- 2. Redes de fibra óptica:** Se propone utilizar esta tecnología por su capacidad de ofrecer mayores velocidades de transmisión, mayor ancho de banda, menor atenuación de la señal y grandes distancias de la red sin repetidores y/o regeneradores.

Actualmente esta tecnología solamente está siendo desplegada en las regiones urbanas del país, en atención a lo cual, se propone también ser desplegada a las zonas suburbanas de la región y comunidades cercanas a esta zona, logrando así que más mexicanos se vean beneficiados con la mejora de sus servicios de telefonía e Internet en su hogar.

Se propone que esta tecnología no sea utilizada para llevar Internet y diversos servicios de telecomunicaciones a comunidades alejadas ubicadas en regiones montañosas o muy alejadas de las zonas urbanas/suburbanas, debido a la dificultad y al elevado costo que conllevaría su despliegue por el complejo relieve que existe en el país; siendo más viable para estas regiones una tecnología inalámbrica.

- 3. Cables submarinos:** Se propone que el sector privado y/o público mexicano, en el ámbito de telecomunicaciones, inviertan en construir y desplegar nuevos cables submarinos de inversión nacional para fortalecer la infraestructura nacional que actualmente existe.

Logrando así que se interconecten diferentes estados y regiones del país, por ejemplo: conectar la zona norte del país con Cancún mediante el Golfo de México, esto con el objetivo de gestionar de mejor manera la información de la zona norte del país y de igual forma se pueda interconectar con otros cables submarinos internacionales.

Además, también se propone incentivar a las empresas nacionales en telecomunicaciones a invertir en esta tecnología para tener exclusivamente cables submarinos con ruta Estados Unidos de América – México, mediante el Océano Pacífico y/o el Golfo de México, con el objetivo de proporcionar una mejor interconexión de datos de Internet en el territorio mexicano.

- 4. IXP:** Se propone invertir en este tipo de tecnología para tener una mayor cantidad de IXP y ubicarlos a lo largo del territorio nacional, debido a que hoy en día solamente se cuentan con 2. Logrando de esta forma agilizar de mejor manera la información que viaja por el territorio nacional, mejorando también los servicios de telecomunicaciones mediante IP y que la navegación por Internet sea de mayor fluidez y calidad sin intermitencias por la escasa robustez de la red en el país.

De la misma manera, se propone que el Instituto Federal de Telecomunicaciones exija a todos los proveedores del servicio de Internet (ISP) en México a conectarse a los IXP del territorio nacional para que exista una igualdad de condiciones entre los proveedores hacia los usuarios finales, aumentando así la calidad de servicio del usuario final.

- 5. Redes de microondas:** Se propone utilizar esta tecnología para brindar los servicios de telecomunicaciones e Internet a comunidades alejadas donde las tecnologías alámbricas no son viables debido a la complejidad del relieve que se presentan en diferentes regiones del país. Las redes de microondas tienen la ventaja de sobrepasar montañas siempre y cuando exista la línea de vista entre ambas antenas que conforman el enlace.

Se propone utilizar este tipo de red inalámbrica para transportar la información que se requiera de un punto a otro, es decir, en las comunidades deseadas se podría colocar los equipos necesarios para bajar y/o subir la información necesaria, así como instalar un router para brindar la cobertura del servicio en la comunidad. Del mismo modo, se debe diseñar una topología de la red para que esta tenga una mayor robustez y redundancia en caso de fallos en los enlaces.

- 6. Enlaces satelitales:** La propuesta en este tipo de tecnología radica en ampliar la actual capacidad de comunicaciones satelitales mediante la inversión del Gobierno Federal en nuevos satélites para utilizar las posiciones orbitales mexicanas que tienen asignadas y que aún no han sido utilizadas, así como la próxima sustitución de los satélites mexicanos del sistema MEXTSAT que se encuentran en órbita.

Además, en caso que los satélites mexicanos no tengan la capacidad de proporcionar los servicios de telecomunicaciones requeridos, se propone analizar los satélites de otras empresas de telecomunicaciones que puedan proveer estos servicios y que requerimientos se necesitan, así como que el IFT les proporcione la autorización de operación en territorio nacional.

- 7. Radio Definida por Software:** Se propone que esta tecnología sea utilizada en comunidades rurales alejadas de los servicios de telecomunicaciones, principalmente de la telefonía móvil. Además de ser una solución versátil, de bajo costo y portable, lo cual permitiría llevar más dispositivos en un mismo vehículo e instalar una mayor cantidad en un menor tiempo.

Para la implementación de esta tecnología, se debe utilizar dispositivos SDR de gama alta como son el LimeSDR o algún de la marca USRP, con el objetivo de brindar, de la mejor manera, el servicio de telefonía móvil, LTE, a los habitantes de estas comunidades.

Esta tecnología SDR es adecuada para proporcionar el servicio de telefonía móvil en comunidades rurales de difícil acceso y con una población reducida. Si se requiriera instalar en una localidad con un mayor número de habitantes, se deberá instalar diferentes estaciones base mediante SDR para cubrir completamente la extensión territorial deseada.

- 8. WiFi:** Se propone utilizar la tecnología de WiFi en las comunidades alejadas como medio de acceso inalámbrico de los habitantes al servicio de Internet. Es decir, a la comunidad alejada se hará llegar una tecnología mediante la cual podrá transmitir la información, pero para que los habitantes puedan acceder a la información, necesitarán de un punto de acceso (router) que cubra gran parte de su comunidad para acceder al Internet mediante algún dispositivo electrónico de forma inalámbrica.

Por consiguiente, será necesario instalar uno o varios routers de WiFi para que la cobertura de la red sea mayor y se proporcione este servicio en toda la comunidad.

- 9. WiFi mesh:** Se propone utilizar la tecnología de WiFi mesh para ampliar la cobertura de la red inalámbrica de WiFi, sin la necesidad de cablear gran parte del territorio de la comunidad. Además, esta tecnología beneficiaría a los habitantes de la comunidad proporcionando una señal estable, gestionando el tráfico de datos de mejor forma y soportando la conexión de una gran cantidad de dispositivos electrónicos al mismo tiempo.
- 10. Super WiFi:** En el caso de la tecnología de Super WiFi, se propone utilizarla para proporcionar el servicio de Internet inalámbrico a las comunidades alejadas desde un punto intermedio a éstas, debido a que esta tecnología tiene la capacidad de transmitir la información entre 30 y 100 [km] desde la antena emisora. Esta tecnología sería ideal para brindar este servicio en regiones donde las comunidades se encuentran muy separadas unas de otras.
- 11. WiFi comunitario:** En virtud de lo que se vio en los capítulos anteriores, se propone utilizar esta tecnología en cualquier parte del territorio mexicano, debido a que lleva al menos 2 años funcionando correctamente en varias comunidades de diferentes regiones del país y la cobertura en México es completa.

Asimismo, la compañía encargada, ViaSat, proporciona la infraestructura requerida en la comunidad para el enlace de comunicación satelital y su propagación en la localidad.

- 12. Constelaciones de satélites de órbita baja:** Se propone utilizar este tipo de tecnología espacial debido a su gran impulso en los últimos años, además de ser una tecnología que proporcionará una mayor velocidad de transmisión de Internet, una menor latencia y se garantiza la cobertura en México.

Esta tecnología sería viable en comunidades donde la infraestructura alámbrica no es una opción, además que la cobertura que ofrece el servicio satelital es mayor y cubriría al mismo tiempo varias comunidades de la misma región.

- 13. LiFi:** Esta tecnología no es apta para llevar los servicios de telecomunicaciones e Internet a las comunidades alejadas del territorio mexicano, debido a su alto costo y los requerimientos ópticos necesarios con los que deben contar los equipos electrónicos; agregando que en algunas comunidades carecen del servicio eléctrico.

Esta tecnología está más enfocada a aumentar la conectividad y cobertura en edificios, oficinas o construcciones donde se presenta saturación de la red de WiFi o lugares cerrados sin cobertura.

La instalación de esta infraestructura beneficiaría principalmente a las ciudades del país, específicamente en las zonas de mayor plusvalía, donde los usuarios finales tienen una mayor posibilidad económica de adquirir equipos electrónicos de alta gama, debido a que estos equipos electrónicos cuentan con los receptores ópticos necesarios.

14. Infraestructura de la red móvil 5G: Se propone que sea utilizada para brindar una mejor conectividad a los usuarios finales de telefonía móvil, en un inicio esta tecnología estará disponible en las principales ciudades del país. Esta tecnología aún no se encuentra desplegada comercialmente en México, solamente se tiene conocimiento de la realización de pruebas en la Ciudad de México, pero es inminente su llegada de uso comercial.

Esta tecnología es viable a largo plazo, si se invierte suficientemente para brindar cobertura y conectividad de los servicios de telecomunicaciones e Internet en las diferentes comunidades del país. Además, se propone que esta tecnología sea desplegada en las ciudades y zonas suburbanas del país.

15. Datos sobre ruedas: Se propone que esta solución tecnológica sea utilizada, como forma transitoria hasta que se instale una mejor infraestructura, en las regiones demasiado alejadas de las ciudades donde el acceso suele ser a pie o por caminos de terracería y/o carreteras secundarias.

De la misma manera, se propone que en cada comunidad alejada se instale un centro comunitario digital donde los habitantes puedan conectarse en tiempo no real, brindando ahí mismo la carga y descarga de la información mediante WiFi, la cual será transportada mediante un autobús o motocicleta equipado con el equipo de WiFi que servirá como mensajero.

16. Proyecto Loon: Se propone utilizar esta tecnología inalámbrica para dar cobertura y conectividad a las comunidades demasiado alejadas en las zonas montañosas del país, como lo son las Sierras Madres, donde el acceso terrestre y aéreo es muy complicado debido al entorno natural de la zona.

Aunque esta tecnología es capaz de brindar una cobertura desde el aire en una circunferencia de 80 kilómetros de diámetro, se debe considerar como una solución transitoria en lo que se instala en las comunidades alejadas de esa región una mejor infraestructura de telecomunicaciones con una visualización a largo plazo, como podría ser el acceso a Internet mediante satélites de órbita baja.

17. Infraestructura de usuario final: Este tipo de infraestructura, equipos electrónicos de uso individual, es esencial para que los habitantes de las comunidades alejadas puedan acceder a los servicios de telecomunicaciones e Internet. Se propone que en las diferentes comunidades se instale un centro comunitario digital con computadoras de escritorio para que las personas puedan acceder a este servicio cuando lo deseen, sin la necesidad de viajar a otra comunidad por horas para el mismo propósito.

Se propone que este centro comunitario digital esté correctamente conectado con la infraestructura que llega a la comunidad para canalizar la información mediante un router de forma alámbrica. Igualmente, los habitantes que tengan equipos inalámbricos, podrán utilizar la red WiFi del router instalado en el centro comunitario digital.

Los usuarios finales son todas aquellas personas que disfrutan de los servicios de telecomunicaciones e Internet mediante el uso de dispositivos electrónicos para su acceso. Hay diferentes tipos de usuarios finales, dependiendo de las actividades que realicen, tales como:

- **Individual:** Son las personas que utilizan estos servicios para su uso propio como son los teletrabajadores, comerciantes en línea, estudiantes, consultorios médicos, abogados para asesoría en línea, productores agropecuarios, entre otros. En este grupo los usuarios finales requieren de una infraestructura personalizada a sus necesidades como una laptop o computadora de escritorio, impresora, tableta, teléfono celular y un router de buena calidad con acceso a Internet. Ver figura 93.

Actualmente, los usuarios finales utilizan equipos electrónicos con conectividad inalámbrica debido a la movilidad que proporcionan estos, agregando que se vuelve una herramienta personal donde se puede consultar la información deseada en cualquier momento y lugar. Debido a esto, no requiere

forzosamente de un cable Ethernet para conectarse a la red de Internet y estar ubicado en un mismo lugar.

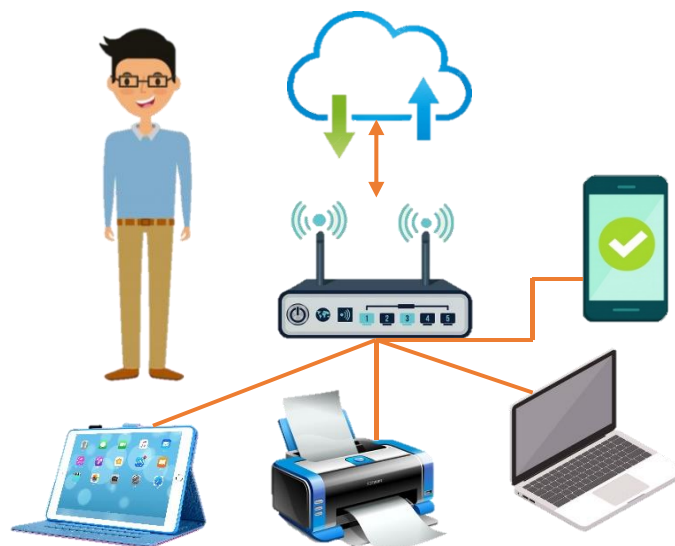


Figura 93. Representación de la infraestructura de usuario final individual

Fuente: Elaboración propia.

- **Familiar:** En este grupo de usuarios finales generalmente se encuentran 4 o 5 personas dentro de una misma vivienda donde puede haber estudiantes, teletrabajadores o personas que utilizan los servicios de telecomunicaciones e Internet para comunicarse, trabajar o entretenerse. Generalmente estos usuarios finales cuentan con sus propios dispositivos electrónicos, como se muestra en la figura 94, por ejemplo: teléfonos celulares, impresora, laptops, tabletas y en algunos casos cuentan con una o varias Smart TV.

El proveedor de Internet proporciona el cableado necesario hasta donde se ubicará el router, así como este último. Por ello, si la familia necesita colocar más teléfonos fijos en diferentes zonas de la casa, necesitará comprarlos y posteriormente solicitar a su proveedor que les coloque diferentes extensiones de su línea. De igual forma, el router básico de WiFi que el proveedor de servicios proporciona, generalmente no brinda la cobertura necesaria para toda una casa y por ello, la gestión de datos no es la mejor, la velocidad contratada no suele ser realmente la indicada, la señal es inestable y todo esto ocasiona que la red de WiFi

se sature fácilmente, haciendo que la experiencia de conectividad a Internet sea de regular a mala.

Con la pandemia del COVID-19, muchas personas tuvieron que trabajar y/o estudiar desde su casa, lo cual implicó compartir la red de WiFi con los demás integrantes de la familia, trayendo consigo la saturación de su red y problemas al conectarse a Internet.

Debido a los problemas mencionados anteriormente, se propone a los usuarios finales que cuenten con repetidores de señal WiFi o, preferentemente, con un sistema de WiFi Mesh para tener: una mayor cobertura inalámbrica, una señal estable, garantizar la velocidad de navegación contratada y mejorar la gestión del tráfico de la red.



Figura 94. Representación de la infraestructura de usuarios finales del grupo familiar

Fuente: Elaboración propia.

- **Empresarial:** En este caso se requiere de una mayor infraestructura de usuario final para brindar el servicio de telecomunicaciones e Internet a un grupo mayor de personas, ya sea dentro de una oficina o en un edificio. En este caso se requiere de un cableado más extenso para proporcionar conectividad a las computadoras de escritorio dentro de la empresa, así como para brindar conexión a los diferentes routers y/o repetidores que se requieran para dar cobertura de WiFi.

Los usuarios finales generalmente cuentan con su propio teléfono celular y tableta, así como su propia laptop para trabajar; estos equipos podrán gozar de conectividad a Internet mediante WiFi. Los empleados pueden hacer uso de la impresora mediante WiFi o cable ethernet. Sin embargo, la instalación de esta infraestructura debe ser adecuada para tener una buena gestión de la red, evitando la saturación de ésta por su diseño o por las características propias de sus equipos para soportar el tráfico de datos, ver figura 95.

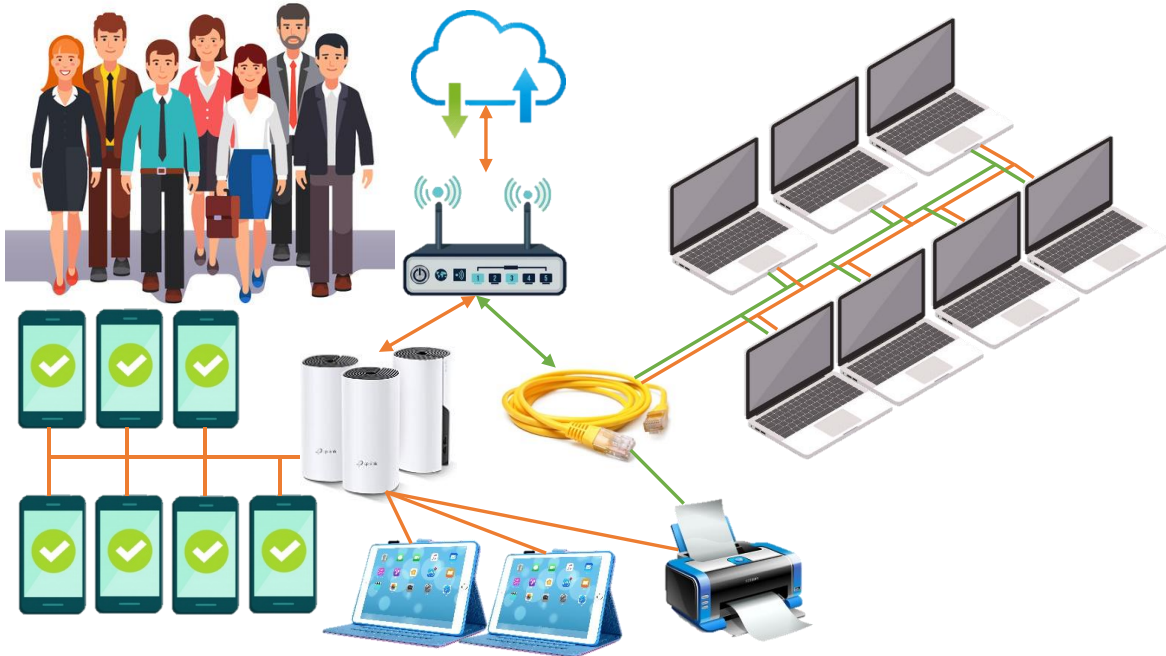


Figura 95. Representación de la infraestructura de usuarios finales del grupo empresarial

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de estas diferentes propuestas es llevar Internet a todo el país mediante diferentes tecnologías, no necesariamente se tienen que utilizar todas, pero algunas son más viables en ciertas regiones del país u otras tendrán mayor capacidad en su infraestructura que las demás. Se investigó cada tecnología para mostrar los beneficios, uso e importancia que tiene actualmente en la sociedad, tanto en México como en otros países del mundo con los cuales se realizó el comparativo.

Esta propuesta general va dirigida a las autoridades federales, empresas mexicanas de telecomunicaciones o cualquier empresa mexicana, universidades e instituciones del país, a los usuarios finales de los servicios de telecomunicaciones como: teletrabajadores, médicos, abogados, estudiantes o cualquier persona que use estos servicios para que unan esfuerzos y se logre llevar los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet a todas las comunidades del país, sin importar su densidad poblacional o lejanía con alguna ciudad o cabecera municipal.

Todos los mexicanos tenemos el derecho de acceder a Internet y disfrutarlo para nuestro desarrollo personal, educativo, cultural, así como para comunicarnos, informarnos y entretenernos.

Esta propuesta trata de responder al proyecto federal “Internet para Todos”, ya que, además de utilizar fibra óptica que el gobierno mexicano ha considerado para este fin, existen otras tecnologías de telecomunicaciones que pueden brindar cobertura y conectividad, a los servicios de telecomunicaciones e Internet, a las comunidades alejadas en las diferentes regiones de México.

Capítulo 6. Conclusión

El objetivo principal de esta tesis profesional fue analizar diferentes tecnologías para integrar la infraestructura y proveer la cobertura y conectividad de los servicios de telecomunicaciones e Internet en todo el territorio mexicano. Lo expuesto anteriormente en el trabajo escrito permite concluir que existe la posibilidad de cumplir con este objetivo mediante diferentes tecnologías alámbricas y/o inalámbricas.

Estas tecnologías analizadas se expusieron para dar diferentes opciones de cual o cuales tecnologías son más viables para ciertas regiones del país, debido a que, como se ha mencionado a lo largo de la investigación, las condiciones climatológicas y topográficas de México son muy variantes y complejas.

México es el décimo tercer país más extenso del mundo con 1,973 millones de kilómetros cuadrados y su población en el año 2021 es de poco más de 126 millones de personas. De esta población, 80.6 millones de personas tienen acceso a Internet y 86.5 millones poseen un teléfono celular, de acuerdo con datos del INEGI mostrados previamente mediante la ENDUTIH 2019.

En otras palabras, 63.96% de la población mexicana tiene acceso a Internet y 68.65% son usuarios de la telefonía celular, esta diferencia puede radicar en que entre 2 y 4 miembros de una familia tienen un teléfono celular y al mismo tiempo cuentan con el servicio de Internet en su hogar.

Además, se debe tener en cuenta que la situación socioeconómica de más de la mitad de los mexicanos no es la óptima, debido a esto 36.04% de los mexicanos no tienen acceso a Internet, ya sea porque su posibilidad económica no se los permite o porque viven en zonas alejadas donde la infraestructura de telecomunicaciones es escasa o inexistente.

Cabe agregar que las personas de bajos recursos económicos que logran contratar el servicio de Internet en su hogar, adquieren el paquete más básico que proporciona como máximo 10 o 20 [Mbps], dependiendo si es por medio de par de cobre o fibra óptica. Asimismo, en la mayoría de los casos no llega ni la mitad de la velocidad contratada, presentándose esto en mayor medida con el par de cobre.

Los mexicanos que tienen alguna limitación para disfrutar de la navegación por Internet son quienes sufren de desigualdades en diferentes ámbitos como el informativo, educativo, cultural, social, económico, laboral, entre otros.

Por esta razón, es que se decidió abordar en esta tesis profesional diferentes tecnologías que complementen el proyecto federal “Internet para Todos”, dando la posibilidad que el despliegue de tecnologías, cobertura y conectividad a Internet a lo largo del territorio nacional sea más rápido.

Con la llegada del servicio de Internet a todas las comunidades de México, sin importar la región en el país o su lejanía con alguna zona urbana, se tendrían considerables beneficios hacia los usuarios mexicanos, entre los que destacan:

- 1. Infraestructura:** El desplegar el servicio de Internet en todo el territorio mexicano involucrará una gran inversión en diferentes tipos de infraestructura de telecomunicaciones, ya sea alámbrica o inalámbricamente.

Este beneficio proporcionará a los usuarios mexicanos una mejor experiencia en el servicio de Internet, permitiendo un aumento del ancho de banda a lo largo del territorio nacional y un mejor flujo de datos por las redes de telecomunicaciones evitando se saturen.

- 2. Cobertura:** Con el correcto despliegue de las diferentes tecnologías a lo largo del territorio nacional se garantizaría la cobertura en todas las comunidades. Dar cobertura de Internet a zonas donde actualmente no existe este servicio o es escaso, permitirá que millones de mexicanos puedan acceder a este servicio por primera vez.

Además, también se dará la posibilidad a los demás usuarios finales mexicanos de mantenerse conectados cuando viajen a cualquier comunidad del país o destino turístico.

- 3. Conectividad:** Este beneficio les dará la posibilidad a los mexicanos de poder acceder a Internet en cualquier comunidad del país de forma equitativa. Permitirá que los usuarios mexicanos se mantengan conectados al mundo digital mediante

dispositivos electrónicos de forma inalámbrica o alámbricamente mediante centros comunitarios digitales con computadoras.

- 4. Educativo:** Este es uno de los mayores beneficios que tendrán los mexicanos con la cobertura nacional del servicio de Internet en todas las comunidades del país, logrando que tengan acceso a la educación en línea.

Muchos estudiantes, a causa de la pandemia del COVID-19, han dejado sus estudios por la imposibilidad de tener clases en línea con sus profesores dado que: tanto los docentes como los alumnos no cuentan con un equipo de cómputo e Internet en su casa debido a la dificultad económica de adquirirlos o la inexistencia de estos equipos y de la infraestructura en su zona de residencia.

- 5. Aspecto económico:** Este beneficio se verá reflejado en muchos mexicanos que actualmente no tienen acceso al servicio de Internet por la dificultad o imposibilidad económica de contratar este servicio, ya sea mediante telefonía móvil o de forma fija en su hogar.

Los mexicanos podrán acceder al servicio de Internet a un bajo costo que no afecte significativamente su ingreso laboral. De igual forma, en las comunidades alejadas e indígenas, el gobierno federal debería proporcionar este servicio de forma gratuita y con buena calidad.

- 6. Aspecto político:** Muchos de los mexicanos no pueden gozar y participar de sus derechos políticos, ya que no tienen una forma rápida de informarse. Con el acceso a Internet desde sus comunidades podrán conocer quiénes son sus representantes o participar ellos mismos como candidatos, además de participar como interlocutores sociales de las autoridades.

Del mismo modo, los habitantes de las comunidades sin acceso a Internet se podrán informar sobre cuando se realizarán las próximas elecciones o consultas, ejerciendo su derecho al voto.

- 7. Aspecto cultural:** Los habitantes de las comunidades alejadas e indígenas donde se proporcione el servicio de Internet serán los más beneficiados en este aspecto, ya que históricamente han estado marginados del acceso a la educación e información.

A causa de esto, estas personas, desafortunadamente, actualmente tienen un conocimiento limitado del mundo que los rodea, pero con la llegada del Internet a su comunidad podrán asistir al centro comunitario digital de su localidad para poder leer de forma digital: noticias, periódicos, revistas, libros y toda la información que deseen para conocer más sobre la cultura de México y del mundo.

- 8. Calidad de servicio:** Los usuarios mexicanos se beneficiarán en este aspecto dado que se logrará aumentar considerablemente la calidad del servicio de Internet en comunidades donde hoy en día sufren de problemas técnicos o éste es nulo. La instalación de la infraestructura de telecomunicaciones a lo largo del territorio nacional deberá garantizar una buena calidad del servicio de Internet.

Se debe asegurar que la instalación de las diferentes tecnologías utilizadas para proporcionar Internet tenga el suficiente ancho de banda, capacidad para la gestión de datos, velocidad de transmisión, señal estable, así como el correcto funcionamiento de la red y la garantía de que el servicio siempre estará disponible para todos los usuarios mexicanos.

- 9. Acceso a trámites digitales:** Se facilitará a los usuarios mexicanos, en las diferentes comunidades del país, realizar diversos trámites digitales sin tener que salir de su casa. Actualmente, muchos de los trámites gubernamentales se pueden realizar mediante el sitio web de cada dependencia correspondiente, como ha sucedido en mayor medida a causa de la pandemia del COVID-19. En consecuencia, estos trámites seguirán en un futuro siendo de esta forma y se irán agregando más.

Las dependencias gubernamentales han buscado en estos últimos meses la digitalización de sus trámites para proporcionar un acceso en línea no presencial,

sin embargo, no todas las personas se han enterado de esta situación o peor aún, no tienen acceso a Internet para poder realizarlos.

A causa de esta limitación, muchas personas deben desplazarse de sus hogares para realizar algún trámite, gastando dinero en transportes y tiempo de su día. Por ello, con el acceso a Internet en las comunidades del país se facilitará a los habitantes realizar sus trámites en línea desde su comunidad.

10. Acceso al mercado electrónico: Con la llegada de la pandemia del COVID-19 el mercado electrónico ha tenido un fuerte crecimiento en estos meses de confinamiento, siendo actualmente un mecanismo de comercio muy utilizado.

Los usuarios mexicanos han utilizado las diferentes plataformas o empresas del mercado electrónico para vender o comprar productos. Muchos comercios o micro empresas no han tenido la oportunidad de abrir totalmente sus locales, por lo que se han visto en la necesidad de actualizarse y utilizar el mercado electrónico para comercializar sus productos.

Esta situación ha perjudicado más a las comunidades alejadas de las zonas urbanas del país o que dependen del turismo para tener ingresos económicos. Por esta razón, con la llegada del servicio de Internet a las diferentes comunidades del país, se habilitará el acceso al mercado electrónico a las micro empresas y habitantes de estas localidades, de esta forma podrán comercializar sus productos y también pedir los artículos que requieran mediante las plataformas digitales.

En México, el acceso a Internet debería ser considerado un derecho y no un privilegio que solo una parte de la población es capaz de pagar. Si bien las empresas de telecomunicaciones deben generar ingresos, el gobierno federal debe llegar a un acuerdo con las empresas de telecomunicaciones en México y extranjeras para proporcionar la cobertura y conectividad al servicio de Internet a la demás población mexicana.

El gobierno federal no debe pensar solamente en proporcionar el servicio de Internet a toda la república mexicana mediante fibra óptica, ya que no es viable en todas las regiones del país por la complejidad geográfica que existe. Por esta razón, se insiste en utilizar otras tecnologías alámbricas y/o inalámbricas para proporcionar la conectividad a Internet a todos

los mexicanos, sin discriminación alguna, ya sea por su ubicación, condición socio-económica, cultura, religión o política.

Con este trabajo se concluye que todos los mexicanos tienen el derecho de acceder a Internet para mantenerse informados y comunicados en tiempo real, así como aumentar su conocimiento educativo, cultural y personal.

De la misma manera, se concluye que la infraestructura de telecomunicaciones actual tiene limitaciones para proveer los servicios de telecomunicaciones e Internet a todo el territorio nacional, ya que existen regiones donde no existe esta infraestructura.

Además, se concluyó que la infraestructura de telecomunicaciones en México se encuentra enfocada mayormente a las regiones urbanas y suburbanas del país, teniendo en estas zonas una mejor experiencia de navegación. En las ciudades donde se cuenta con fibra óptica se tiene una mejor gestión de datos y no existe una saturación de la red, pero en las comunidades sin fibra óptica, se tienen muchas limitaciones en la navegación por Internet como son: la velocidad de navegación es lenta o limitada, el ancho de banda es limitado y esto provoca que la red se sature.

También se concluyó que la conectividad de los usuarios finales a los servicios de telecomunicaciones e Internet depende de la infraestructura con la que cuenten en sus hogares, así como con la que se encuentre desplegada en su comunidad, alcaldía, municipio o ciudad. Si se tiene una infraestructura limitada, se tendrá una conectividad limitada y con ello, una calidad de servicio baja.

México tiene una crisis en la infraestructura de telecomunicaciones que se hizo notar al inicio de la pandemia por COVID-19, la cual resaltó más la desigualdad que existe en México sobre el acceso a Internet de la población mexicana, también conocida como la brecha digital.

Durante esta emergencia sanitaria, las personas con limitaciones económicas no pudieron contratar el servicio de Internet en su hogar para que sus hijos continuaran estudiando, lo cual llevó a que una parte de estos jóvenes y niños desertaran de sus estudios.

Agregando también que el flujo de datos creció debido al trabajo en casa (*home office*) que realizaron muchos empleados; en un inicio la red de Internet a nivel nacional se vio limitada, pero posteriormente se mejoró esta situación.

Por lo anterior, se concluye que se debe mejorar la infraestructura de telecomunicaciones en el país mediante fibra óptica, sumando también la instalación de nuevos IXP y cables submarinos entre diferentes puntos del país, mediante un acuerdo de inversión de privados con el gobierno, debido al alto costo de esta infraestructura. Sin embargo, el beneficio será mayor para los habitantes del país y durará por muchos años.

Aunque se mencione que existe una inversión en infraestructura, ésta es solamente en ciertas regiones del país y no todos los mexicanos se ven beneficiados. Esta situación es visible para un usuario final de los servicios de telecomunicaciones, sin necesidad de ser experto en el tema, debido a que percibe estos servicios con limitación en su zona de residencia, por ejemplo:

- La cobertura de telefonía móvil es nula o limitada.
- La velocidad del Internet es limitada y el servicio presenta problemas técnicos.
- La televisión abierta está limitada a ciertos canales o la televisión de paga no se encuentra disponible en su comunidad.

Por ello, para enfrentar esta crisis se debe invertir en nueva infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional, no solamente en las principales regiones del país.

Se concluye que existe una gran variedad de tecnologías en telecomunicaciones capaces de proveer Internet y/o telefonía de forma alámbrica e inalámbrica a todo el territorio mexicano. Es decir, existen diversas opciones para brindar estos servicios superando las dificultades climáticas y topográficas del país. Por este motivo, se deberá realizar un correcto análisis de en qué lugar es más viable instalar la infraestructura de cierta tecnología, no todas las tecnologías son viables en todas las regiones del país.

Por estas razones, se concluyó que las tecnologías estudiadas en este trabajo son buenas opciones para complementar el proyecto federal “Internet para Todos” y así

garantizar la plena conectividad de los mexicanos a los diversos servicios de telecomunicaciones e Internet en todo el territorio nacional.

Con base en la problemática planteada el inicio de este trabajo de investigación, se concluye que la falta de conectividad en las comunidades alejadas e indígenas a lo largo del territorio mexicano no es un problema de hace pocos años, sino que ha existido desde la llegada de los servicios de telefonía e Internet a nuestro país. Esto es porque para acceder a estos servicios se necesita pagar una cuota mensual, la cual no todos los mexicanos tienen la posibilidad económica de afrontar; por ello, existe la brecha digital en prácticamente la mitad de las comunidades y población mexicana.

Complementando lo mencionado en el párrafo anterior, se concluye que, para eliminar la brecha digital, se debe garantizar la cobertura y conectividad en todas las comunidades del país mediante tecnologías alámbricas o inalámbricas, dependiendo de la ubicación geográfica de cada comunidad.

El gobierno federal debe garantizar el acceso a las comunidades alejadas e indígenas, de forma gratuita, a Internet y los diversos servicios de telecomunicaciones, suscribiendo acuerdos económicos con las empresas proveedoras de estos servicios mediante las diferentes tecnologías que se analizaron en este trabajo.

Hace falta una inversión substancial en infraestructura; para ello, se deberá concebir un atractivo esquema de incentivos por parte de las autoridades mexicanas.

Para concluir, con base en los objetivos establecidos en la parte inicial de este trabajo, se concluye que se cumplió con cada uno de ellos:

- Se analizó la conectividad a los servicios de telecomunicaciones e Internet en México, determinando cuales eran las problemáticas tecnológicas.
- Se propuso una metodología para solucionar la carencia de conectividad plena en el territorio mexicano mediante los puntos que se deben tener en cuenta para la selección de las diferentes tecnologías analizadas en este trabajo.
- Se plantearon diferentes infraestructuras tecnológicas para complementar el proyecto federal “Internet para Todos”, con la capacidad de ser desplegadas en todo el territorio nacional.

- Se realizó un análisis comparativo de la situación actual en México con otros países en materia de conectividad e infraestructura de telecomunicaciones, de acuerdo con las tecnologías planteadas en este trabajo. Conociendo así el rezago tecnológico de México para brindar los servicios de telecomunicaciones.
- Se analizaron y presentaron los beneficios políticos, sociales, económicos y culturales que obtendría la población mexicana, particularmente los habitantes de las comunidades alejadas e indígenas, en materia de conectividad, para que se desarrollen plenamente en su economía y cultura.

Capítulo 7. Recomendaciones

Con la realización de un trabajo tan extenso como fue éste, siempre se desea que haya una mejora continua del mismo; por lo tanto, se recomienda a los futuros estudiantes que tengan interés en el tema a seguir complementando este trabajo considerando nuevas tecnologías alámbricas o inalámbricas para proporcionar cobertura y conectividad a los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet en México.

Aún más recomendable sería la implementación de nuevas estrategias o distribuciones de las tecnologías para brindar Internet en todo el territorio mexicano mediante diferentes tecnologías, logrando así una reducción de tiempo en el despliegue de la infraestructura deseada y de la espera de los habitantes de las comunidades alejadas para disfrutar del servicio.

De la misma manera, se recomienda a la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, específicamente a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, seguir investigando sobre este tema. La relevancia de esta situación es muy grande, ya que se trata de una problemática nacional, la cual, en caso de atenderse correctamente, beneficiaría a millones de mexicanos en cuanto a mejorar su calidad de vida, aumentando el desarrollo individual y de las comunidades mexicanas en los aspectos: social, cultural, salud, educativo y económico.

También se recomienda a los académicos de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, agregar más materias sobre la política y la planeación de las telecomunicaciones, así como de la situación actual de México en esta materia. En el plan de estudios 2016 solamente se tuvo la materia de Regulación de las Telecomunicaciones como materia obligatoria, la cual nos permitió conocer la situación actual de México en materia de telecomunicaciones contra otros países del mundo, visualizando de esta manera el rezago y deficiencias que existen en nuestro país, como lo es la brecha digital entre ciudadanos mexicanos.

Además, se recomienda que la carrera sea de 10 semestres para abarcar más materias sobre la situación de México y las problemáticas sociales que existen, así como actualizar el contenido de las materias para integrar las nuevas tecnologías que se han ido desarrollando

en la última década; logrando de esta forma que los egresados tengan mejores conocimientos sobre las nuevas tecnologías de telecomunicaciones a nivel global.

Se recomienda a los ingenieros de telecomunicaciones en activo, supervisar que las diferentes redes de telecomunicaciones en el país funcionen adecuadamente, previniendo una caída del sistema y se deje a millones de mexicanos incomunicados. De igual forma, se les sugiere siempre ser honestos y comprometidos con su trabajo para beneficiar siempre al pueblo mexicano.

A los usuarios finales de los diferentes servicios de telecomunicaciones e Internet, se les recomienda siempre estar pendientes del estado de sus servicios y exigir la mejor calidad de estos. En caso de tener problemas con alguno de sus servicios, deben realizar inmediatamente el reporte correspondiente; si su reporte no se atiende adecuadamente, tienen el derecho de presionar a la empresa proveedora hasta que les solucione su problema, asimismo pueden levantar su queja/denuncia ante el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT).

Se recomienda al Gobierno Federal, para su proyecto “Internet para Todos”, considerar otras tecnologías en materia de telecomunicaciones para lograr proveer los servicios de telecomunicaciones e Internet a todo el territorio nacional, garantizando la mayor cobertura territorial en el menor tiempo posible. Logrando así que un mayor número de comunidades mexicanas puedan disfrutar de estos servicios y su desarrollo crezca.

Se recomienda a empresas del sector privado y emprendedores, tanto nacionales como extranjeras, a invertir en nueva infraestructura de telecomunicaciones en México para brindar los diferentes servicios que ofrecen. Todo ello bajo reglas de mutua conveniencia entre las diferentes empresas relacionadas, buscando también que los ciudadanos mexicanos se vean beneficiados y puedan así disfrutar de los diversos servicios de telecomunicaciones tales como: telefonía fija, telefonía móvil, programas de televisión e Internet, principalmente.

Se recomienda al Instituto Federal de Telecomunicaciones exigir la aplicación de nuevas tecnologías de telecomunicaciones a los actuales proveedores de servicios en México, así como a los nuevos proveedores que proporcionan Internet y otros servicios de telecomunicaciones en el territorio mexicano para llevar estos a las comunidades alejadas.

Además, se recomienda al IFT vigilar constantemente a los proveedores de servicios de telecomunicaciones para que haya garantía de que proporcionan la mejor tecnología en los diferentes servicios que brindan, al igual que las características y calidad de servicio que ofrecen se cumplan.

Finalmente, se le recomienda al IFT promover y regular la infraestructura de telecomunicaciones actual, debido a que no en todas las poblaciones existe la renovación de esta infraestructura; tal es el caso de la sustitución del par de cobre por fibra óptica en el país.

Referencias

Electrónicas

1. 3GPP. (2021). *Home Page*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://www.3gpp.org/>
2. 5G RuralFirst. (2020). *What is 5G RuralFirst?*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://www.5gruralfirst.org/>
3. Adrián, Yirda. (2019). *Definición de Internet*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <https://conceptodefinicion.de/internet/>
4. Almacenamiento it. (2021). *Se prepara un nuevo cable submarino para interconectar Florida con Panamá*. Recuperado el 21 de mayo de 2021 de: <https://almacenamientoit.ituser.es/noticias-y-actualidad/2021/02/se-prepara-un-nuevo-cable-submarino-para-interconectar-florida-con-panama>
5. Altán Redes. (2020). *¿Cómo operamos?*. Recuperado el 5 de enero de 2021 de: <https://www.altanredes.com/quien-es-altan-redes/como-operamos/>
6. Altán Redes. (2020). *Nuestra cobertura*. Recuperado el 18 de febrero de 2021 de: <https://www.altanredes.com/soluciones-a-operadores/nuestra-cobertura/>
7. Altán Redes. (2020). *Súmate a la Red*. Recuperado el 5 de enero de 2021 de: <https://www.altanredes.com/sumatealared/>
8. Altán Redes. (2021). *Home | Conoce la Red Compartida | ALTÁN REDES*. Recuperado el 24 de septiembre de 2021 de: <https://www.altanredes.com/>
9. Álvarez, J. (2019). *Ensayando el futuro de la iluminación: Signify y Zumtobel realizan pilotos LiFi en todo el mundo*. Recuperado el 3 de junio de 2020 de: <https://smart-lighting.es/ensayando-futuro-la-iluminacion-signify-zumtobel-realizan-pilotos-lifi-mundo/>
10. Alvino, C. (2021). *Estadísticas de la situación digital de Argentina en el 2020-2021*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-argentina-en-el-2020-2021/>
11. Alvino, C. (2021). *Estadísticas de la situación digital de Brasil en el 2020-2021*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-brasil-en-el-2020-2021/>
12. Alvino, C. (2021). *Situación digital de Estados Unidos en el 2020-2021*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://branch.com.co/marketing-digital/situacion-digital-de-los-estados-unidos-en-el-2020-2021/>
13. Amazon EUA. (2021). *HackRF One Software Defined Radio (SDR) & ant500 Antena Bundle*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://www.amazon.com/-/es/hackrf-Software-Defined-ant500-Antena-Bundle/dp/B01H3T2U7G>
14. Amazon EUA. (2021). *RTL-SDR Blog R820T2 RTL2832U 1PPM TCXO SMA radio definida por software (solo dongle)*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://www.amazon.com/-/es/RTL-SDR-R820T2-RTL2832U-definida-software/dp/B0129EBDS2>
15. Amazon México. (2020). *Electrónicos* [Figura]. Recuperado el 23 de septiembre de 2020 de: https://www.amazon.com.mx/electronicos/b/?ie=UTF8&node=9482558011&ref_=nav_cs_elctronics

-
16. Arango, M. (2019). *Li-Fi, la alternativa al Wi-Fi que comienza a funcionar en Europa*. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/lifi-el-proyecto-de-reemplazo-del-wifi-en-europa-393182>
 17. Arena Pública. (2021). *Nuevo cable submarino unirá Florida con Cancún*. Recuperado el 21 de mayo de 2021 de: <https://www.arenapublica.com/negocios/nuevo-cable-submarino-unira-florida-con-cancun>
 18. Banco Mundial. (2020). *Población, total*. Recuperado el 22 de septiembre de 2021 de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
 19. Barcelona LED. (2018). *La nueva Tecnología LiFi basada en LEDs* [Figura]. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.barcelonaed.com/blog/informacion-led/tecnologia-lifi/>
 20. Bertolini, P. (2020). *Las constelaciones LEO y MEO serán el factor que impulse el mercado satelital en la próxima década* [Figura]. Recuperado el 2 de enero de 2021 de: <https://digitalpolicylaw.com/las-constelaciones-leo-y-meo-seran-el-factor-que-impulse-el-mercado-satelital-en-la-proxima-decada/>
 21. Black Box. (s.f.). *¿Cuál es la diferencia entre los cables de Fibra Óptica Multimodo y Monomodo?* [Figura]. Recuperado el 3 de julio de 2020 de: <https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/28535/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo>
 22. Blanco, U. (2021). *Valle de México registra 21 millones 804 mil 515 habitantes en 2020*. Consultado el 5 de mayo de 2021 de: <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/edomex-y-valle-de-mexico-son-la-entidad-y-la-zona-metropolitana-mas-pobladas-del-pais/>
 23. Blog de Fibra Óptica y Redes del CIFP Tartanga. (s.f.). *Fundamentos de las Fibras Ópticas* [Figura]. Recuperado el 3 de julio de 2020 de: <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/fundamentos-de-las-fibras-opticas/>
 24. C&W Networks. (2020). *Networks systems: ARCOS-1*. Recuperado el 16 de mayo de 2020 de: <https://www.cwnetworks.com/network-systems/arcos-1/>
 25. C&W Networks. (2020). *Networks systems: MAYA-1*. Recuperado el 23 de mayo de 2020 de: <https://www.cwnetworks.com/network-systems/maya-1/>
 26. Cahun, A. (2021). *CDMX y algunas ciudades de México ya tienen cobertura 5G de Telcel, según Speedtest, aunque quizás aún no puedas conectarte*. Recuperado el 5 de marzo de 2021 de: <https://www.xataka.com.mx/telecomunicaciones/cdmx-algunas-ciudades-mexico-tienen-cobertura-5g-telcel-speedtest-quizas-no-puedas-conectarte>
 27. Cámara Argentina de Internet. (2021). *Nuevo Atlas Red Nacional de IXP CABASE 2020*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://www.cabase.org.ar/nuevo-atlas-red-nacional-de-ixp-cabase-2020/>
 28. Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información. (2018). *IXP-Yucatán, Adición de Infraestructura de Conectividad*. Recuperado el 3 de mayo de 2020 de: http://www.canieti.org/comunicacion/noticias/18-06-08/IXP-Yucat%C3%A1n_Adici%C3%B3n_de_Infraestructura_de_Conectividad.aspx
 29. Camilo, E., Rivera, C., Herrera, O. (2015). *WRAN y LTE en la banda de 700 MHz para Colombia*. Recuperado el 4 de noviembre de 2020 de: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home_40/recursos/05_v25_30/revista_26/01052016/04.pdf
-

-
30. Castro, J., Perdomo, L., Lavandera, I. & Justo, J. (2017). *IEEE 802.22, Súper Wi-Fi*. Revista telemática, Vol. 16. Recuperado el 15 de julio de 2020 de: <https://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/248/231>.
 31. CFE. (2020). *CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.cfe.mx/internet-para-todos/pages/default.aspx>
 32. CGTN en Español. (2021). *China tiene casi 1.000 millones de usuarios de Internet*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <https://espanol.cgtn.com/n/2021-02-04/EaDGcA/china-tiene-casi-1000-millones-de-usuarios-de-internet/index.html>
 33. Chávez, N. (2018). *ViaSat, WiFi a precios bajos para conectar a las comunidades mexicanas*. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://www.sinembargo.mx/14-10-2018/3481715>
 34. Codon, M. (2019). *Implementación de red LTE con Software-Defined Radio* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. p. 9. Consultado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/1128/1/TING%20ESCYT%202019%20CMN.pdf>
 35. Comparación de cables. (2015). *Cable STP* [Figura]. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <http://comparaciondecables.blogspot.com/2015/12/cable-stp.html?m=0>
 36. Coordinación de Estrategia Digital Nacional. (2020). *Internet para Todos* [Figura]. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.gob.mx/cedn>
 37. Coordinación de Estrategia Digital Nacional. (2020). *Internet para Todos*. Recuperado el 08 de septiembre de 2021 de: <https://www.gob.mx/cedn>
 38. Corona, L. (2018). *Megacable invierte 450 mdp en conectar Baja California Sur con cable submarino*. Recuperado el 14 de mayo de 2020 de: <https://expansion.mx/empresas/2018/07/06/megacable-invierte-450-mdp-en-conectar-baja-california-sur-con-cable-submarino>
 39. Crowd Supply. (2021). *LimeSDR*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://www.crowdsupply.com/lime-micro/limesdr#details-top>
 40. Diccionario panhispánico del español jurídico. (2020). *Concesión*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://dpej.rae.es/lema/concesi%C3%B3n>
 41. Don Juan. (2018). *Cable de red ethernet: Cat6 vs Cat7 vs Cat8*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://medium.com/@xxxamin1314/cable-de-red-ethernet-cat-6-vs-cat-7-vs-cat-8-6919155b91e2>
 42. EcuRed. (2011). *SDH*. Recuperado el 26 de junio de 2020 de: <https://www.ecured.cu/SDH>
 43. Edatel. (2010). *¿Qué es DSL y qué ventajas ofrece?*. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: https://www.edatel.com.co/tigouneb2b/index.php?option=com_content&view=article&id=62:ique-es-dsl-y-que-ventajas-ofrece&catid=38:internet-ba&Itemid=41
 44. El comercio. (2015). *El Proyecto Loon de Alphabet llevará Internet a Indonesia*. Recuperado el 24 de agosto de 2020 de: <https://www.elcomercio.com/guaifai/proyecto-loon-alphabet-llevara-internet.html>
 45. El eco. (2020). *Ofrecen en Argentina LiFi, internet a través de la luz: más veloz y estable que el Wi-Fi*. Recuperado el 3 de junio de 2020 de: <https://www.eleco.com.ar/interes-general/ofrecen-en-argentina-lifi-internet-a-traves-de-la-luz-mas-veloz-y-estable-que-el-wi-fi/>
-

-
46. El economista. (2016). *México, primer país en comercializar la conexión Li-Fi*. Recuperado el 30 de mayo de 2020 de: <https://www.eleconomista.com.mx/arteseideas/Mexico-primer-pais-en-comercializar-la-conexion-Li-Fi-20160113-0020.html>
 47. El Economista. (2018). *Cisco anuncia desarrollo de segundo IXP en México*. Recuperado el 15 de marzo de 2020 de: <https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/Cisco-anuncia-desarrollo-de-segundo-IXP-en-Mexico-20180507-0075.html>
 48. El nacional. (2019). *Li-Fi, la alternativa al Wi-Fi que comienza a funcionar en Europa*. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.elnacional.com/ciencia-tecnologia/lifi-la-alternativa-al-wifi-que-comienza-a-funcionar-en-europa-2/>
 49. El Tiempo. (2018). *LiFi, la promesa de conectarse a internet a la velocidad de la luz*. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/philips-lighting-anuncia-prueba-de-conexiones-lifi-a-internet-199296>
 50. El Tiempo. (s.f.). *Qué es la telefonía celular*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-135410>
 51. Empresas tecnológicas. (2015). *Proyecto Loon, ¿qué viene después?* [Figura]. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://empresastecnologicas.wordpress.com/2015/05/06/proyecto-loon-que-viene-despues/>
 52. eSemanal. (2019). *Wi-Fi Comunitario de ViaSat, una alternativa para llevar conectividad a zonas rurales*. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://esemanal.mx/2019/08/wi-fi-comunitario-de-ViaSat-una-alternativa-para-llevar-conectividad-a-zonas-rurales/>
 53. Ettus Research. (2021). *Categorías de Producto*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://www.ettus.com/products/>
 54. Exe Informática. (2020). *Cable Utp Cat5e Por Metro* [Figura]. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <http://www.exeinformatica.com.ar/producto/cable-utp-cat5e-por-metro/>
 55. Expansión. (2013). *América Móvil instala cable submarino*. Recuperado el 23 de mayo de 2020 de: <https://expansion.mx/negocios/2013/12/17/amovil-conecta-a-mexico-con-siete-paises>
 56. Fernández, S. (2021). *Fibra vs ADSL: diferencias entre ambos tipos de conexión*. Recuperado el 22 de septiembre de 2021 de: <https://www.xatakamovil.com/conectividad/fibra-vs-adsl-diferencias-ambos-tipos-conexion>
 57. Fernández, Y. (2018). *Así es el mapa de todos los cables submarinos que le dan forma a Internet*. Recuperado el 16 de marzo de 2020 de: <https://www.xataka.com/otros/asi-es-el-mapa-de-todos-los-cables-submarinos-que-le-dan-forma-a-internet>
 58. Fernández, Y. (2020). *Qué es una red Mesh, cómo funciona y en qué se diferencian con un repetidor o PLC* [Figura]. Recuperado el 21 de octubre de 2021 de: <https://www.xataka.com/basics/que-red-mesh-como-funciona-que-se-diferencian-repetidor-plc>
 59. Flores, J. (2019). *Qué es el 5G y cómo nos cambiará la vida*. Recuperado el 22 de junio de 2020 de: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-es-5g-y-como-nos-cambiara-vida_14449
 60. Forbes. (2020). *CFE invertirá 550 millones de dólares en el plan “Internet para Todos”*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.forbes.com.mx/economia-cfe-550-millones-dolares-plan-internet-todos/>
 61. Freepik. (2019). *Gente hablando por teléfono* [Figura]. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: https://www.freepik.es/vector-gratis/gente-hablando-telefono_4345359.htm
-

-
62. García, A. (2016). *Internet a través de antenas microondas: las redes secretas con menor latencia que la fibra óptica*. Recuperado el 25 de junio de 2020 de: <https://www.adslzone.net/2016/11/03/internet-traves-antenas-microondas-las-redes-secretas-menor-latencia-la-fibra-optica/>
 63. García, J. (2020). *Los globos de Loon comienzan a funcionar a nivel comercial: 35 globos darán acceso a Internet en un área de 50.000 km2 en Kenia*. [Figura]. Recuperado el 24 de agosto de: <https://www.xataka.com/servicios/globos-loon-comienzan-a-funcionar-a-nivel-comercial-35-globos-daran-acceso-a-internet-area-50-000-km2-kenia>
 64. García, R. (2020). *¿Qué es WiFi Mesh? Así es la solución para tener cobertura de red en toda tu casa*. Recuperado el 9 de julio de 2020 de: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-mesh/>
 65. GitHub. (2021). *GitHub – greatscottgadgets/hackrf: low cost software radio platform*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: <https://github.com/greatscottgadgets/hackrf>
 66. Gobierno de México. (2020). *Internet para Todos*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.gob.mx/internetparatodos>
 67. Griffiths, J. (2019). *El internet global es alimentado por vastos cables submarinos, pero estos son vulnerables*. Recuperado el 17 de marzo de 2020 de: <https://cnnespanol.cnn.com/2019/07/26/internet-global-es-alimentado-por-vastos-cables-submarinos-pero-estos-son-vulnerables/#0>
 68. Hasson, A. (2010). *The Last Inch of the Last Mile Challenge*. Recuperado el 4 de agosto de 2020 de: <https://www.ibr.cs.tu-bs.de/courses/ws1011/advnet1/paper/chants2010/p1.pdf>
 69. Hernández, R. (2019). *Confianza y neutralidad: los desafíos que enfrentan los IXP en México*. Recuperado el 30 de abril de 2020 de: <https://www.mdccenters.com/es/interconnection-mdc/trust-neutrality-the-challenges-ixps-face-in-mexico/>
 70. Hinojosa, L. (2007). *Tópicos selectos de fibra óptica* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. pp. 3-5. Recuperado el 2 de julio de 2020 de: <https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Topicos%20selectos%20de%20fibra%20optica>
 71. Historia telefonía. (2017). *El Principio del Fin de las Redes de Cobre*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://historiatelefonía.com/2017/04/29/el-principio-del-fin-de-las-redes-de-cobre/>
 72. IFT. (2020). *Recomendaciones sobre el uso del espectro radioeléctrico para la provisión de acceso inalámbrico con fines de uso social*. Recuperado el 29 de septiembre de 2021 de: http://www.ift.org.mx/sites/default/files/recomendaciones_uso_espectro_para_acceso_inalambrico_de_uso_social.pdf
 73. IFT. (2020). *Recomendaciones sobre el uso del espectro radioeléctrico para la provisión de acceso inalámbrico con fines de uso social*. p. 54. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: http://www.ift.org.mx/sites/default/files/recomendaciones_uso_espectro_para_acceso_inalambrico_de_uso_social.pdf
 74. Indrajit, B. (2010). *DakNet: Internet Goes Rural Riding on a Motorbike*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://www.govtech.com/dc/articles/DakNet-Internet-Goes-Rural-Riding-on.html>
 75. INEGI (2020). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH)*. Recuperado el 27 de septiembre de 2021 de: <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2020/>
-

-
76. INEGI. (2019). *Comunicado de prensa núm. 252/19*. p.3. Recuperado el 1 de abril de 2020 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2019/internet2019_Nal.pdf
 77. INEGI. (2020). *Comunicado de prensa núm. 103/20*. p.1. Recuperado el 31 de marzo de 2020 de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf
 78. Instituto Federal de Telecomunicaciones (2015). *Telefonía Fija*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <http://www.ift.org.mx/usuarios-y-audiencias/telefonía-fija>
 79. Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2015). *Glosario*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <http://www.ift.org.mx/que-es-el-ift/glosario>
 80. Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2015). *Términos y definiciones*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <http://www.ift.org.mx/espectro-radioelectrico/generalidades/definiciones#c>
 81. Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2020). *Mapa de satélites no geoestacionarios con huella en México*. Recuperado el 2 de marzo de 2021 de: <http://mapasatelital.ift.org.mx/nogeoestacionarios>
 82. Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2020). *México entre los países con mayor crecimiento en teledensidad de banda ancha móvil: OCDE (Comunicado 22/2020) 5 de marzo*. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: <http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/mexico-entre-los-paises-con-mayor-crecimiento-en-teledensidad-de-banda-ancha-movil-ocde-comunicado>
 83. Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2021). *En México hay 84.1 millones de usuarios de internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2020. (Comunicado de prensa) 22 de junio*. Recuperado el 18 de agosto de 2021 de: <http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/en-mexico-hay-841-millones-de-usuarios-de-internet-y-882-millones-de-usuarios-de-telefonos-celulares>
 84. Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI). (2021). *Mapa interactivo de Lenguas Indígenas*. Recuperado el 7 de mayo de 2021 de: <http://www.mapalenguasindigenas.cultura.gob.mx/>
 85. Instituto Nacional de Pueblos Indígenas (INPI). (2019). *Códice México: Lenguas Indígenas Nacionales*. Recuperado el 27 de septiembre de 2021 de: <http://www.inpi.gob.mx/codicemexico/>
 86. Inverso, M. (s.f.). *Proposed TV White Space (TVWS) Rules Would Improve Rural Broadband* [Figura]. Recuperado el 15 de julio de 2020 de: <https://www.kpperformance.com/Proposed-TVWS-Rules-Would-Improve-Rural-Broadband.html>
 87. Izzi. (2020). *Manual de usuario: ARRIS TG1652A Wireless Gateway (Julio 2020)*. Recuperado el 27 de septiembre de 2021: https://www.izzi.mx/ayudalzzi/descargas/internet/Manual_de_Usuario_Equipo_Dual_Band_TG1652A.pdf
 88. Jiménez, J. (2018). *Así es el sistema revolucionario LiFi que ha presentado Philips* [Figura]. Recuperado el 23 de marzo de 2020 de: <https://www.redeszone.net/2018/03/19/sistema-revolucionario-lifi-philips/>
 89. Keelery, S. (2021). *Number of internet users in India 2010-2040*. Recuperado el 23 de septiembre de 2021 de: <https://www.statista.com/statistics/255146/number-of-internet-users-in-india/>
-

-
90. La nación. (2000). *País se conecta a cable submarino*. Recuperado el 23 de mayo de 2020 de: <https://www.nacion.com/el-pais/pais-se-conecta-a-cable-submarino/HPAVEPVSOZFCZDDOGGJVH3BE4A/story/>
 91. La nación. (2016). *Llega el primer globo del proyecto Loon de Google a Sri Lanka*. Recuperado el 24 de agosto de 2020 de: <https://www.nacion.com/tecnologia/internet/llega-el-primer-globo-del-proyecto-loon-de-google-a-sri-lanka/DHBS37YJ2FHETPULWFBIL26QGQ/story/>
 92. Larocca, N. (2018). *Brasil obliga a operadores dominantes a instalar seis nuevos IXPs*. Recuperado el 30 de abril de 2020 de: <https://www.telesemana.com/blog/2019/01/07/brasil-obliga-a-operadores-dominantes-a-instalar-seis-nuevos-ixps/>
 93. Loon. (2020). *Visión general*. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://loon.com/>
 94. López, M. (2018). *Globos para llevar Internet al fin del mundo*. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: https://elpais.com/elpais/2018/07/24/planeta_futuro/1532414715_476889.html
 95. Martínez, C. (2017). *Emiten reglas de Internet para Telmex*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/cartera/telecom/2017/07/25/emiten-reglas-de-internet-para-telmex>
 96. Martínez, J. (2017). *¿Qué es un radioenlace?* [Figura]. Recuperado el 25 de junio de 2020 de: <https://www.prored.es/que-es-un-radioenlace/>
 97. Martino, J. (2020). *Suscripciones de banda ancha fija por tecnología en países de la OCDE* [Figura]. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: <https://www.telesemana.com/blog/2020/09/02/suscripciones-de-banda-ancha-fija-por-tecnologia-en-paises-de-la-ocde/>
 98. MDC Data Centers. (2020). *MEX-IX: Punto de intercambio de Internet*. Recuperado el 30 de abril de 2020 de: <https://www.mdcdatacenters.com/es/services/interconnection/internet-exchange-point/>
 99. Mi Sistema Solar. (2017). *Satélites geoestacionarios: Características, ubicación y mucho más* [Figura]. Recuperado el 18 de julio de 2020 de: <https://misistemasolar.com/satelites-geoestacionarios/>
 100. Michaca, G. (2021). *CFE Telecomunicaciones, ¿Internet para todos?*. Recuperado el 19 de agosto de 2021 de: <https://www.consumotic.mx/telecom/cfe-telecomunicaciones-internet-para-todos/>
 101. Microondas Terrestres. (2015). *Definición: ¿Qué es microondas?* [Figura]. Recuperado el 26 de junio de 2020 de: <http://microondasterrestres.blogspot.com/2015/07/microondas-terrestres.html>
 102. Millán, R. (1999). *La tecnología de acceso ADSL*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/adsl.php>
 103. Montenegro, G., Rodríguez, V. & Castillo, F. (2019). Radio definido por software, futuro de las comunicaciones inalámbricas. *Universitarios Potosinos: Revista de divulgación científica*, 15(234), 24-29. Recuperado el 28 de septiembre de 2021 de: <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Quince/234/234-05.pdf>
 104. Morales, C. (2014). *México ya tiene su primer Punto de Intercambio de Internet*. Recuperado el 15 de marzo de 2020 de: <https://www.forbes.com.mx/mexico-ya-tiene-su-primer-punto-de-intercambio-de-internet/>
-

-
105. Noticias del sector electrónico-informático. (2007). *Inaugura Telmex un cable submarino*. Recuperado el 14 de mayo de 2020 de: <http://notitelecom.iiec.unam.mx/node/1862>
 106. Notimex. (2018). *Estados Unidos domina puntos de intercambio de tráfico de Internet*. Recuperado el 2 de mayo de 2020 de: <https://www.20minutos.com.mx/noticia/455315/0/estados-unidos-domina-puntos-de-intercambio-de-trafico-de-internet/>
 107. nPerf. (2021). *Mapa de cobertura 3G/4G/5G, México*. Recuperado el 18 de febrero de 2021 de: <https://www.nperf.com/es/map/MX/-/-/signal/?ll=23.949209240095442&lg=-102.53999999999998&zoom=5>
 108. Nuel, C. (2013). *Proyecto Loon: Google busca llevar Internet a lugares remotos por medio de Globos*. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://www.xataka.com.mx/eventos/project-loon-google-busca-llevar-internet-a-lugares-remotos-por-medio-de-globos>
 109. OECD. (2018). *Actualización de estadísticas de banda ancha de la OCDE*. Recuperado el 21 de enero de 2021 de: <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/actualizaciondeestadisticasdebandaanchadelaoecd.htm>
 110. OECD. (2020). *OECD Digital Economy Outlook 2020*. Recuperado el 26 de diciembre de 2020 de: https://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/science-and-technology/oecd-digital-economy-outlook-2020_bb167041-en#page65
 111. Oracle Corporation. (2010). *Modelo de referencia OSI*. Recuperado el 28 de septiembre de 2021 de: <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipov-8/index.html>
 112. Organización Mundial del Comercio. (2020). *Ámbito de las telecomunicaciones básicas y de los servicios con valor añadido*. Recuperado el 13 de enero de 2020 de: https://www.wto.org/spanish/tratop_s/serv_s/telecom_s/telecom_coverage_s.htm
 113. Penalva, J. (2020). *Redes WiFi Mesh: qué son, cómo funcionan y por qué pueden mejorar tu red WiFi en casa*. Recuperado el 9 de julio de 2020 de: <https://www.xataka.com/especiales/redes-wifi-mesh-que-son-como-funcionan-y-por-que-pueden-mejorar-tu-red-wifi-en-casa>
 114. Pérez, H., Martínez, D., Cárdenas, M., Pineda, U., Stevens, E. & Arce, A. (2018). *Implementación de red celular de bajo costo para comunidades rurales basada en SDR y OpenBTS*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://core.ac.uk/download/pdf/229036383.pdf>
 115. Pérez, J. & Gardey, A. (2016). *Definición de conectividad*. Recuperado el 10 de enero de 2020 de: <https://definicion.de/conectividad/>
 116. Pérez, M. (2021). *Definición de Usuario*. Recuperado el 21 de julio de 2021 de: <https://conceptodefinicion.de/usuario/>
 117. Periódico La Jornada. (2021). *Internet para Todos, el reto de conectar a comunidades marginadas*. Recuperado el 19 de agosto de: <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/05/21/economia/internet-para-todos-el-reto-de-conectar-a-comunidades-marginadas/>
 118. Prensa libre. (2016). *Llega el primer globo del proyecto Loon de Google a Sri Lanka* [Figura]. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://www.prensalibre.com/vida/tecnologia/llega-el-primero-globo-del-proyecto-loon-de-google-a-sri-lanka/>
-

-
119. Raffino, M. (2019). *Fibra óptica*. Recuperado el 10 de enero de 2020 de: <https://concepto.de/fibra-optica/>
 120. Ramírez, I. (2019). *Qué es Wi-Fi 6 y qué ventajas tiene con respecto a la versión anterior*. Recuperado el 31 de octubre de 2020 de: <https://www.xataka.com/basics/que-wi-fi-6-que-ventajas-tiene-respecto-a-version-anterior>
 121. Real Academia Española. (2020). *Cobertura*. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de: <https://dle.rae.es/cobertura>
 122. Repositorio Facultad de Ingeniería. (s.f.). *Capítulo 1: Radio Definido por Software*. Recuperado el 28 de septiembre de 2021 de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/894/A4.pdf>
 123. ResearchGate. (2005). *Wearable Computing for the Developing World* [Figura]. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: https://www.researchgate.net/figure/DakNet-uses-village-buses-equipped-with-Wi-Fi-radios-to-distribute-email-and-other_fig1_3437098
 124. Riva, G. & Zerbini, C. (2018). *SDR: conceptos y aplicaciones*. Recuperado el 28 de septiembre de 2021 de: https://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/gic/trabajos/SASE_2018_RDS_rev1.pdf
 125. Rodríguez, J. (2017). *Análisis software y hardware del SDR HackRF One* (tesis de pregrado). Universidad de Granada. p. 14. Consultado el 29 de septiembre de 2021 de: https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/48019/RodriguezHaro_PFC_SDR_HackRF.pdf?sequence=1
 126. Rodríguez, J. (2019). *LiFi, una alternativa en plena evolución*. Recuperado el 18 de marzo de 2020 de: <https://computerworld.co/lifi-una-alternativa-en-plena-evolucion/>
 127. Ruvalcaba, I. (2018). *Proyecto loon* [Figura]. Recuperado el 26 de marzo de 2020 de: <https://www.goconqr.com/slide/15350995/proyecto-loon>
 128. Satellite Map. (2021). *Live OneWeb Satellite Map*. Recuperado el 23 de septiembre de 2021 de: <https://satellitemap.space/oneweb.html>
 129. Secretaría de Cultura. (2018). *¿Sabías que en México hay 68 lenguas indígenas, además del español?*. Recuperado el 27 de septiembre de 2021 de: https://www.gob.mx/cultura/articulos/lenguas-indigenas?idiom=es#_ftn1
 130. Semana. (1999). *Cable submarino*. Recuperado el 16 de mayo de 2020 de: <https://www.semana.com/economia/articulo/cable-submarino/39702-3>
 131. Serrano, T. (2017). *Satelites LEO (Low Earth Orbit) (PDF)*. Recuperado el 26 de febrero de 2021 de: <https://silo.tips/download/satelites-leo-low-earth-orbit#>
 132. Shaw, K. (2018). *802.11: estándares de Wi-Fi y velocidades*. Recuperado el 29 de octubre de 2020 de: <https://www.networkworld.es/wifi/80211-estandares-de-wifi-y-velocidades>
 133. Signify. (2020). *Notas de prensa*. Recuperado el 3 de junio de 2020 de: <https://www.signify.com/es-mx>
 134. Sputnik. (2019). *Los satélites de órbita terrestre baja... ¿Inicio de una nueva carrera espacial?*. Recuperado el 5 de enero de 2021 de: <https://mundo.sputniknews.com/espacio/201908091088329684-los-satelites-de-orbita-terrestre-baja-inicio-de-una-nueva-carrera-espacial/>
 135. Steve, O. (2018). *Internet de 18 Mbps a 12 pesos la hora: probamos el internet de ViaSat para comunidades de México en donde apenas llega la luz*. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de:
-

-
- <https://www.xataka.com.mx/especiales/internet-18-mbps-12-pesos-hora-probamos-internet-ViaSat-para-comunidades-mexico-donde- apenas-llega-luz>
136. Telcel. (2021). *4.5G GigaRed*. Recuperado el 24 de septiembre de 2021 de: <https://www.telcel.com/personas/telefonía/la-red-de-mayor-cobertura/red-tecnología/4-5g-gigared#>
 137. Telecomunicaciones de México. (2020). Conociendo el Sistema Satelital Mexicano. Recuperado el 3 de febrero de 2021 de: <https://www.telecomm.gob.mx/ConoceMexsat/>
 138. TeleGeography. (2020). *Submarine Cable Map*. Recuperado el 17 de marzo de 2020 de: <https://www.submarinemap.com/>
 139. Telmex. (2007). *Sistema de Telecomunicaciones por Cable Submarino de Fibra Óptica Lázaro Cárdenas – Santiago (STCSFO/LC-ST)*. Recuperado el 14 de mayo de 2020 de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mich/estudios/2007/16MI2007V0011.pdf>
 140. TelProMadrid. (2018). *3 Tipos de cable de conexión a Internet y sus características*. Recuperado el 17 de julio de 2020 de: <https://telpromadrid.eu/tipos-de-cable-de-conexion-a-internet/>
 141. Thales Group. (2019). *Presentando la tecnología y redes 5G (definición, características, 5G vs 4G y casos de uso)*. Recuperado el 24 junio de 2020 de: <https://www.thalesgroup.com/es/countries/americas/latin-america/dis/movil/inspiracion/5g>
 142. Toledo, V. (2017). *Alcatel y FPT desplegarán el cable submarino Aurora*. Recuperado el 23 de mayo de 2020 de: <https://www.datacenterdynamics.com/es/noticias/alcatel-y-ftp-desplegar%C3%A1n-el-cable-submarino-aurora/>
 143. TP-Link. (2020). *Deco M4 V2* [Figura]. Recuperado el 19 de noviembre de 2020 de: <https://www.tp-link.com/es/home-networking/deco/deco-m4/v2/>
 144. Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2005). *Conectividad internacional por Internet – Hechos*. Recuperado el 12 de marzo de 2020 de: <https://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2005&issue=03&ipage=interconnectiv-poor&ext=html>
 145. Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2019). *5G – Quinta generación de tecnologías móviles*. Recuperado el 22 de junio de 2020 de: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>
 146. Union of Concerned Scientists. (2019). *History*. Recuperado el 2 de febrero de 2021 de: <https://ucsusa.org/about/history>
 147. Union of Concerned Scientists. (2020). *UCS Satellite Database*. Recuperado el 2 de febrero de 2021 de: https://ucsusa.org/resources/satellite-database?_ga=2.206523283.1848871521.1598077135-464362950.1598077135
 148. University of Strathclyde. (2020). *Our projects: 5G Rural First*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://sdr.eee.strath.ac.uk/our-projects-5g-ruralfirst/>
 149. Viasat. (2020). *Acerca de nosotros*. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://www.viasat.com/es-mx/acerca-de-nosotros/>
 150. ViaSat. (2020). *Internet Comunitario* [Figura]. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: <https://www.viasat.com/es-mx/internet-comunitario/>
-

-
151. Westgarth, A. (2019). *Loon balloons are now connecting users in Peru*. Recuperado el 24 de agosto de 2020 de: <https://medium.com/loon-for-all/loon-balloons-are-now-connecting-users-in-peru-8daa32db32b7>
 152. WiGLE. (2020). *WiGLE: Wireless Network Mapping*. Recuperado el 4 de noviembre de 2020 de: <https://wigo.net/map>
 153. WNI México. (s.f.). *Conceptos sobre Línea de Vista*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=50:los&catid=31:general&Itemid=79
 154. Xataka móvil (2020). *Así está siendo la llegada del 5G a los 19 primeros países en implementarlo comercialmente*. Recuperado el 21 de septiembre de 2020 de: <https://www.xatakamovil.com/mercado/asi-esta-siendo-llegada-5g-a-19-primeros-paises-implementarlo-comercialmente>

Bibliográficas

1. Díaz, E., Rodríguez, M., Graham, B. & Reyes, S. (2003). *Agenda de Conectividad para las Américas: Plan de Acción de Quito*. p. 8. Consultado el 12 de febrero de 2020.
2. García, K. (2017). *Las comunicaciones ópticas en México: actualidad y tendencias* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. p. 34. Consultado el 3 de julio de 2020.
3. Neri, R. (2003). *Comunicaciones por Satélite*. Ciudad de México, México: Thomson. Consultado el 2 de enero de 2021. pp. 4-6, 128, 455, 459, 471-472.
4. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (1988). *Recomendación UIT-T B.13. Términos y definiciones*.p.6. Consultado el 3 de enero de 2020.
5. Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2000). *ITU-D/2/136-S: Organismos Reguladores de Telecomunicaciones en Centroamérica*. pp. 25-27. Consultado el 21 de enero de 2020.
6. Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Ciudad de México, México: PEARSON EDUCACIÓN. Consultado el 18 de junio de 2020. pp. 761-764,793-834

Audiovisuales

1. YouTube Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya. (2019). *What is an Internet Exchange Point? Find out with CATNIX* [Figura]. Recuperado el 12 de marzo de 2020 de: https://www.youtube.com/watch?v=IucwUw0DE_w
2. YouTube Milenio. (2020). *Conferencia matutina de AMLO, 20 de febrero de 2020*. Recuperado el 22 de febrero de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=syIpev8qwdE&t=263s>
3. YouTube ViaSat Inc. (2018). *Satellite-Enabled Community Wi-Fi: Bridging the Digital Divide* [Figura]. Recuperado el 28 de marzo de 2020 de: https://www.youtube.com/watch?v=5MQ6b_1Xlsc&feature=emb_title

Listado de figuras, gráficas y tablas

Figuras

Figura 1.	Representación de un cable de par de cobre de tipo UTP.....	14
Figura 2.	Representación de un cable de par de cobre de tipo STP.....	15
Figura 3.	Conexión ADSL.....	17
Figura 4.	Representación de una estación base con antenas de microondas.....	19
Figura 5.	Enlace de microondas durante lluvia.....	21
Figura 6.	Satélites en diferentes órbitas.....	24
Figura 7.	Bandas de frecuencias asignadas por WARC para satélites.....	25
Figura 8.	Ancho de banda para cada banda de frecuencia de enlaces satelitales.....	26
Figura 9.	Dimensiones de las fibras ópticas multimodo y monomodo.....	28
Figura 10.	Propagación de los modos de luz en los dos tipos de fibra óptica.....	30
Figura 11.	Mapa mundial de cables submarinos.....	32
Figura 12.	Estructura de los cables submarinos.....	33
Figura 13.	Servicios conectados a un IXP.....	36
Figura 14.	De izquierda a derecha: Dispositivo LimeSDR y USRP B210.....	41
Figura 15.	Diferencia entre OFDM y OFDMA.....	45
Figura 16.	Representación de la tecnología SU-MIMO y MU-MIMO.....	46
Figura 17.	Representación del sistema de Coloración BSS.....	47
Figura 18.	Diferencia entre las redes WiFi mesh y WiFi con repetidores.....	48
Figura 19.	Cobertura con una red WiFi mesh en una casa.....	50
Figura 20.	Estándares de la IEEE 802.....	53
Figura 21.	Representación de Súper WiFi.....	55
Figura 22.	Ejemplo de la cobertura de WiFi Comunitario.....	57
Figura 23.	Constelaciones de satélites LEO y MEO.....	59
Figura 24.	Enlaces intersatelitales: enlaces intraorbitales e interorbitales en frecuencia de microondas.....	60
Figura 25.	Representación de la propagación de WiFi y LiFi.....	64
Figura 26.	Representación de la conexión del sistema LiFi mediante adaptador USB.....	65
Figura 27.	Conexión de usuarios mediante dispositivos móviles al sistema LiFi.....	66
Figura 28.	Conectividad de la red 5G.....	68
Figura 29.	Capacidad de conectividad de las redes 3G y 4G contra la nueva red 5G.....	71
Figura 30.	Motocicleta con una caja de WiFi de la red DakNet.....	72
Figura 31.	Funcionamiento de la Datos Sobre Ruedas.....	74
Figura 32.	Representación de un globo real del proyecto Loon.....	76
Figura 33.	Representación de la altura de los globos del proyecto Loon.....	76
Figura 34.	Representación de la cobertura del proyecto Loon.....	78
Figura 35.	Infraestructura de usuario final, fabricante TP-Link. De izquierda a derecha: Repetidor de WiFi TL-WA855RE y Router Inalámbrico ROUTPL940.....	80
Figura 36.	Evolución de las tecnologías del servicio de banda ancha fija, 2009-2019.....	83
Figura 37.	Conexiones por cada 100 mil habitantes de banda ancha por tecnología en algunos países de la OCDE, 2019.....	84
Figura 38.	Conexiones al servicio de Internet por tecnología en México.....	87
Figura 39.	Evolución del servicio de banda ancha móvil, área de la OCDE y el mundo, 2009-2019.....	89
Figura 40.	Suscripciones del servicio de banda ancha móvil por cada 100 habitantes.....	90

Figura 41.	Uso de datos móviles por suscripción del servicio de banda ancha móvil por mes.....	91
Figura 42.	Tráfico total de datos por usuario mediante teléfonos inteligentes por mes, 2018.....	93
Figura 43.	Mapa mundial de países con satélites en el año 1966.....	95
Figura 44.	Mapa mundial de países con satélites operativos en el año 2020.....	96
Figura 45.	Comparación gráfica de la propiedad de satélites operativos de diferentes países, 2020.....	97
Figura 46.	Evolución de las tecnologías del servicio de banda ancha fija, 2009-2019.....	101
Figura 47.	Porcentaje de conexión del servicio de banda ancha por fibra óptica, junio 2019.....	102
Figura 48.	Suscripciones al servicio de banda ancha fija por cada 100 habitantes, por niveles de velocidad, junio 2019.....	103
Figura 49.	Velocidad de descarga promedio experimentada de las conexiones del servicio de banda ancha fija, julio 2019.....	104
Figura 50.	Cables submarinos conectados a México.....	107
Figura 51.	Cables submarinos conectados a Estados Unidos de América.....	113
Figura 52.	Cables submarinos conectados a Turquía.....	114
Figura 53.	Cables submarinos conectados a Chile.....	116
Figura 54.	Cables submarinos conectados a Japón.....	117
Figura 55.	Cantidad de cables submarinos en los diferentes países analizados.....	118
Figura 56.	Evolución del número de IXP por región, RIPE NCC.....	120
Figura 57.	Usuarios de Internet y número de IXPs en diferentes países.....	123
Figura 58.	Personas hablando a través del servicio de telefonía móvil.....	129
Figura 59.	Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en Estados Unidos de América.....	130
Figura 60.	Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en Japón.....	131
Figura 61.	Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en el Reino Unido e Irlanda.....	132
Figura 62.	Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en Alemania, Bélgica, Países Bajos y la República Checa.....	133
Figura 63.	Cobertura de puntos de acceso inalámbricos en México.....	135
Figura 64.	Unidades Deco M4 para red de WiFi Mesh.....	136
Figura 65.	Conexión de comunidades alejadas a Internet vía satélite con WiFi Comunitario de ViaSat.....	141
Figura 66.	Representación de la cobertura de la constelación OneWeb.....	143
Figura 67.	Representación de la cobertura de los satélites LEO.....	144
Figura 68.	Mapa de satélites no geoestacionarios con huella en México.....	146
Figura 69.	Mapa de cobertura de la red 5G en la Ciudad de México, de acuerdo a la aplicación Speedtest.....	155
Figura 70.	Arquitectura de WiFi para almacenar y reenviar: Datos sobre ruedas.....	158
Figura 71.	Comparación de la altitud de los globos Loon contra los satélites geoestacionarios y de órbita baja.....	164
Figura 72.	Técnicos de Telkom realizando pruebas con los globos Loon en Kenia.....	165
Figura 73.	Distribución de usuarios de Internet en el ámbito urbano y rural, 2017-2019.....	171
Figura 74.	Población usuaria de Internet entre los años 2015-2019.....	171
Figura 75.	Distribución de los usuarios de Internet por grupos de edad, 2019.....	172
Figura 76.	Porcentaje de usuarios de Internet por nivel de escolaridad, 2018.....	173
Figura 77.	Usuario de Internet por tipo de uso, 2018 y 2019.....	174
Figura 78.	Hogares con Internet, 2015-2019.....	175
Figura 79.	Porcentaje de hogares con Internet por entidad federativa, 2018.....	176
Figura 80.	Usuarios de Internet en varios países en los años 2017,2018 y 2019.....	177

Figura 81.	Distribución de la población según la condición de uso del teléfono celular, 2015-2019.....	178
Figura 82.	Usuarios de teléfono celular por entidad federativa, 2018.....	179
Figura 83.	Usuarios de teléfono celular según el dispositivo, 2015-2019.....	181
Figura 84.	Proporción de usuarios de teléfono celular en ámbitos urbano y rural, 2017-2019.....	182
Figura 85.	Porcentaje de conexión a Internet de los usuarios según el tipo de conexión mediante su smartphone, 2016-2019.....	183
Figura 86.	Mapa de cobertura del servicio de telefonía móvil por la empresa Telcel.....	185
Figura 87.	Mapa de cobertura del servicio de telefonía móvil por la empresa AT&T.....	186
Figura 88.	Mapa de cobertura del servicio de telefonía móvil por la empresa Movistar.....	187
Figura 89.	Propuesta de cobertura de Internet en México mediante 4 despliegues.....	191
Figura 90.	Componente público del contrato de Asociación Público Privada (APP) de la Red Compartida.....	195
Figura 91.	Cobertura de la Red Compartida, febrero 2021.....	197
Figura 92.	Ubicación geográfica de las diferentes familias lingüísticas indígenas en México.....	226
Figura 93.	Representación de la infraestructura de usuario final individual.....	234
Figura 94.	Representación de la infraestructura de usuarios finales del grupo familiar.....	235
Figura 95.	Representación de la infraestructura de usuarios finales del grupo empresarial...	236

Gráficas

Gráfica 1.	Edades de los encuestados.....	199
Gráfica 2.	Escolaridad de los encuestados.....	200
Gráfica 3.	Zona de residencia de los encuestados.....	201
Gráfica 4.	Tipo de zona donde viven los encuestados.....	202
Gráfica 5.	Dispositivos electrónicos utilizados con mayor frecuencia por los encuestados.....	203
Gráfica 6.	Lugares donde acceden los encuestados a Internet.....	204
Gráfica 7.	Tecnología mediante la cual los encuestados acceden a Internet.....	205
Gráfica 8.	Velocidad de Internet en el hogar de los encuestados.....	206
Gráfica 9.	Empresa que brinda Internet en el hogar del encuestado.....	207
Gráfica 10.	Proveedores de Internet que conocen los encuestados.....	208
Gráfica 11.	Proveedor de telefonía móvil mediante el cual el encuestado tiene acceso a Internet móvil.....	209
Gráfica 12.	Tecnología móvil mediante la cual se conectan los encuestados con su teléfono móvil.....	210
Gráfica 13.	Conocimiento de los encuestados sobre el acceso a la red de fibra óptica en su zona de residencia.....	211
Gráfica 14.	Infraestructura de Internet con la cual cuentan los encuestados.....	212
Gráfica 15.	Calidad de conexión y velocidad de Internet en el hogar, de acuerdo con los encuestados.....	213

Gráfica 16. Importancia del acceso a Internet a la población del país, de acuerdo con los encuestados	214
Gráfica 17. Inconvenientes en los servicios de telecomunicaciones en México, de acuerdo con los encuestados	215
Gráfica 18. Opinión general de los encuestados sobre la infraestructura de cables submarinos con la que cuenta México	216
Gráfica 20. Opinión de los encuestados respecto al proyecto “Internet para Todos” del Gobierno Federal.....	218
Gráfica 21. Información promedio de los encuestados.....	219

Tablas

Tabla 1. Descripción de los cables submarinos en territorio mexicano	112
Tabla 2. Resumen de la cobertura de la red 5G a nivel mundial.....	154

Anexos

Anexo 1: Tabla de tecnologías de telecomunicaciones investigadas con sus características

Tecnología de telecomunicaciones	Características
<p>Redes de par de cobre</p>	<p>CABLE UTP:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alcance máximo de 100 metros, después existe atenuación en la señal eléctrica. • Cable UTP (también conocido como Ethernet) no está blindado, contiene 4 pares de par trenzado, alcanza velocidades de transmisión de hasta 1000 [Mbps] • Requiere de conectores RJ-45. • Desventajas del cable UTP: requiere un mayor cableado, muy susceptible a la interferencia a mayor velocidad de transmisión, puede ser bloqueado exteriormente por interferencias electromagnéticas. • El cable UTP es el más utilizado para cablear áreas locales, debido a su bajo costo y fácil instalación. <p>CABLE STP:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cable STP contiene par trenzado de cobre blindado, es más caro y robusto, por lo cual requiere de mayor instalación. • Es más resistente a interferencias electromagnéticas y ruido eléctrico externo. • Se utiliza generalmente en instalaciones de procesamiento de datos. • Son conocidos comercialmente como cables Ethernet de categoría 7 u 8. • Categoría 7 permite transmitir velocidades de hasta 10 [Gbps]. Categoría 8 puede transmitir hasta 40 [Gbps] pero solamente con un canal de dos conectores a una distancia de 30 metros. • Distancia máxima de 100 metros antes que la señal eléctrica presente atenuación. <p>TECNOLOGIA ADSL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fue la tecnología con la cual se logró aprovechar la infraestructura de par de cobre trenzado desplegada en las líneas telefónicas y al mismo tiempo brindar el acceso a Internet. • Ofrece una velocidad de transmisión hacia el usuario (enlace descendente) de hasta 9 [Mbps], la velocidad del usuario a la red (enlace ascendente) es de hasta 800 [kbps]. • Permite a los usuarios finales realizar llamadas telefónicas y acceder a Internet por el mismo medio.
	<ul style="list-style-type: none"> • Las microondas van desde los 500 [MHz] hasta los 300 [GHz], por lo tanto, las aplicaciones y servicios son extensos.

<p>Redes de microondas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las antenas transmisoras y receptoras se encuentran generalmente en la parte alta de las torres de telecomunicaciones. • Requieren de Línea de Vista para garantizar la comunicación mediante el enlace de microondas. • La distancia del enlace puede ser de 24 a 64 [km] aproximadamente. • Puede transportar canales individuales entre dos puntos distantes geográficamente de forma inalámbrica. • Permite cruzar los enlaces por montañas, bosques o extensiones de agua, los cuales pueden representar un problema en la instalación de infraestructura alámbrica. • No requiere de derecho de vía para ser instaladas como los sistemas de cable, pero si requieren de la renta o compra de una propiedad privada para instalar la torre de telecomunicaciones y, en ella, colocar las antenas de microondas. • Se utiliza la modulación FM (<i>Frequency Modulation</i>), debido a que proporciona comunicaciones flexibles, confiables y económicas de punto a punto cuando utilizan la atmósfera terrestre como medio de transmisión. • Tienen la capacidad de manejar simultáneamente desde pocos circuitos de banda angosta hasta miles de circuitos de voz y datos. • La latencia de los enlaces de microondas son unos milisegundos superiores que la velocidad de la luz. • Los radioenlaces de microondas tienen la desventaja que la señal se atenué, distorsione o pierda debido a fenómenos hidrológicos como lluvia, niebla, humedad, nevadas, entre otros. Para contrarrestar estos efectos, se recomienda utilizar frecuencias menores a 10 [GHz] en regiones lluviosas. • Utilizan la jerarquía SDH (<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>) para el envío de paquetes de información. Con el nivel SDH más alto, STM-256, se puede transmitir hasta a una velocidad de 40 [Gbps].
<p>Enlaces satelitales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un satélite es un vehículo espacial fabricado y lanzado por humanos, el cual gira alrededor de la Tierra u otros cuerpos celestes. • Un satélite de comunicaciones suele ser considerado como una repetidora de microondas en el espacio. • Un satélite puede tener muchos transpondedores, así son llamados los repetidores satelitales. • Un sistema satelital consiste en uno o más satélites, una estación terrena (en la Tierra) para controlar el funcionamiento del sistema y una red de estaciones usuarias en la Tierra para

	<p>transmitir y recibir el tráfico de comunicaciones terrestres a través del sistema satelital.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con el aumento de la demanda del servicio de Internet, han ayudado a la infraestructura de telecomunicaciones terrestre a tener un mejor rendimiento, teniendo aproximadamente un retardo de 500 milisegundos. • Satélites geoestacionarios proporcionan una mayor cobertura a nivel mundial, pero no cubren los polos. Suelen ser utilizados para brindar telefonía fija y móvil, emisión de televisión y música, servicio de Internet, redes privadas, así como aplicaciones militares y gubernamentales. • Los enlaces satelitales utilizan dos frecuencias: uno para el enlace de subida o <i>uplink</i> (de la estación terrena al transpondedor del satélite) y otro llamado enlace de baja o <i>downlink</i> (del transpondedor del satélite a la estación terrena). • Se utilizan dos frecuencias diferentes en los enlaces satélites para evitar pérdidas en la señal que viaja entre el transmisor y receptor, debido a las condiciones de las diferentes capas de la atmósfera terrestre. • Como todo sistema de comunicaciones, los enlaces satelitales tienen un ancho de banda dependiendo de la banda de frecuencia que operen. • La banda de frecuencia que se suele utilizar depende de los servicios requeridos y la altura a la cual se encuentra el satélite. • Los equipos electrónicos de los enlaces satélites de órbitas GEO suelen ser más caros, debido a que requieren de una mayor potencia y sensibilidad.
<p>Redes de fibra óptica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Generalmente, de un lado de la fibra óptica, se utilizan láseres como transmisores de la luz óptica donde viaja la información. • Del otro lado de la fibra óptica se encuentran receptores que son capaces de detectar los haces de luz. • El haz de luz puede codificarse para asegurar de mejor forma la información. • La fibra óptica está compuesta de filamentos muy delgados de vidrio muy puro, generalmente a base de Dióxido de Silicio (SiO₂). • Estos filamentos de SiO₂ son diferentes al vidrio que comúnmente se conoce, son mayormente puros y por lo tanto son un medio de transmisión “transparente” para las ondas electromagnéticas situadas en la banda visible y el infrarrojo. Esto genera que la señal óptica tenga una mucho menor atenuación. • Se considera a la fibra óptica como un eficiente medio de transmisión de datos debido a la baja atenuación que presenta la señal a distancias muy largas, siendo generalmente de 0.2 [dB/km].

	<ul style="list-style-type: none"> • La fibra óptica ofrece una mayor velocidad de transmisión, así como un mayor ancho de banda. Esto la hace capaz de soportar diversos servicios de telecomunicaciones simultáneamente. • Cada filamento de fibra óptica es unidireccional, por lo cual se necesitan dos filamentos para tener un sistema bidireccional. • Los enlaces de fibra óptica pueden ser muy largos, ya que generalmente requieren de un repetidor o regenerador de señal, este último en la cuarta ocasión que se requiera de un repetidor, cada 40 [km]. • Ofrece una baja latencia debido a que el haz de luz puede acercarse a la velocidad de la luz. • Si la fibra óptica se dobla o presenta esfuerzo mecánico, puede romperse internamente. Lo cual provocaría una caída en el enlace. • El haz de luz, donde viaja la información, se propaga internamente en la fibra óptica mediante el fenómeno de reflexión total interna, es decir, rebotando contra las paredes del filamento de SiO₂. El rebote es con las paredes que dividen al núcleo del revestimiento (<i>cladding</i>) de la fibra. • Existen dos tipos de fibra ópticas: • Fibra monomodo (SMF) la cual propaga un único modo, es decir, un solo haz de luz. Su principal característica es que la onda de propagación no tiene que reflejarse en las paredes del núcleo de la fibra. Puede utilizar las longitudes de onda de 1310 [nm] y 1550 [nm] para reducir la atenuación por kilómetro. El ancho de banda que ofrece es muy grande. Los diámetros de su núcleo (<i>core</i>) y revestimiento (<i>cladding</i>) son: 9 [μm] y de 125 [μm], respectivamente. Aplicaciones: distribución de áreas extensas para enlaces de redes y redes troncales. • Fibra multimodo (MMF) la cual es capaz de propagar múltiples modos de luz, cada modo sigue una trayectoria diferente y se propaga mediante el fenómeno de reflexión total interna. Debido a que se propagan múltiples modos de luz, el ancho de banda que ofrece es menor. Proporciona una menor distancia que la SMF antes de requerir un repetidor o regenerador de señal. Los diámetros de su núcleo (<i>core</i>) y revestimiento (<i>cladding</i>) son: 50 o 62.5 [μm] y de 125 [μm], respectivamente. Aplicaciones: voz y datos.
<p>Cables submarinos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Existen más de 380 cables submarinos en funcionamiento alrededor del mundo, lo que representa más de 1.2 millones de kilómetros de cable submarino. • Los cables submarinos contienen fibra óptica, antes contenían par de cobre. • Por esta tecnología se transmite la mayor parte de las comunicaciones mundiales.

	<ul style="list-style-type: none"> • Proveen de Internet a otros países que tienen conexión con alguno de estos. • Grandes empresas de Internet están desarrollando proyectos para desplegar más cables submarinos. • Los países que no cuentan con océano no pueden tener sus propios cables submarinos, por ello, dependen de otros para acceder a esta tecnología. • Mediante los cables submarinos se puede tener comunicaciones con otra parte del mundo, sin la necesidad de utilizar un enlace satelital. • El despliegue de un cable submarino puede durar en promedio un año y el costo es de varios millones de dólares. • Los cables submarinos se encuentran más seguros a mayor profundidad en el océano, evitando así que se froten con rocas o se muevan por las corrientes marinas. Así como evitar ser mordidos por animales acuáticos de gran tamaño.
<p style="text-align: center;">IXP</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La instalación de esta infraestructura evita que cada país, que lo posee, utilice la red de banda ancha internacional. • Evita que sigan pagando a otros países por el uso de esta red internacional. • La instalación de IXP reducen los costos del tráfico de Internet y proporcionan una mayor capacidad de intercambiar tráfico a nivel nacional y regional. • El IXP permitirá que los proveedores de servicio de Internet (ISP) intercambien el tráfico de Internet entre sus propias redes. • En los países que no cuentan con IXP propios, y utilizan la banda ancha internacional, destacan los elevados precios que tienen los servicios de Internet hacia los usuarios finales • El despliegue de nodos IXP tiene beneficios económicos y sociales, debido a que mejoran la eficiencia de las redes, reducen costos de transporte de información, se fortalece la seguridad de los datos al no tener que pasar por un país extranjero y disminuye la latencia de las redes. • El instalar puntos IXP beneficia al país en términos de seguridad y fortalece la autonomía nacional, reduciendo de igual forma los costos del servicio de Internet al usuario final.
<p style="text-align: center;">WiFi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología inalámbrica que permite el acceso de dispositivos electrónicos a Internet. De igual forma permite la comunicación entre dispositivos de forma inalámbrica dentro de un área local. • Al estándar IEEE 802.11 se le conoce coloquialmente como WiFi. • Con esta tecnología se busca tener una conexión similar a la que se tiene mediante un cable Ethernet (estándar IEEE 802.3) en una red local, pero de forma inalámbrica.

	<ul style="list-style-type: none">• Para que los dispositivos electrónicos puedan conectarse a una red WiFi, deben tener contar con el estándar IEEE 802.11.• Desde 1997 se han desarrollado diferentes variantes del estándar de WiFi, como lo son: IEEE 802.1111b/a/g/ad/ah/n/ac/ax.• Las versiones de WiFi IEEE 802.11n/ac/ax son las que actualmente predominan más en los actuales equipos electrónicos.• WiFi 4 (2007), variante IEEE 802.11n, fue la primera en contar con tecnología MIMO (Multiple Input – Multiple Output) permitiendo una mayor cobertura en zonas de difícil acceso y una mayor velocidad de datos al utilizar las múltiples antenas de transmisión y recepción. Alcanza velocidades de hasta 600 [Mbps]. Es utilizada en router domésticos.• WiFi 5 (2014), variante IEEE 802.11ac, también es utilizada en router domésticos, utiliza la tecnología MIMO, alcanza una velocidad de hasta 3.46 [Gbps]. Algunos proveedores de routers incluyen a la par las variantes 802.11ac y 802.11n, este último opera en la frecuencia de 2.4 [GHz], con el objetivo de dar soporte a dispositivos antiguos que operan con las variantes 802.11b/g/n, logrando también brindar un ancho de banda adicional. Utiliza la modulación 256-QAM.• WiFi 6 (2019), IEEE 802.11ax, es la variante más novedosa de esta tecnología. Tiene una latencia 75% menor que WiFi 5, además utiliza una modulación 1024-QAM. Alcanza una velocidad de transmisión de hasta 9.6[Gbps]. Es nativamente dual band, logrando operar en las bandas de 2.4[GHz] y 5[GHz]. Se caracteriza por aumentar el rendimiento y reducir las interferencias cuando existe una densa cantidad de dispositivos electrónicos en la misma área local.• WiFi 6 cuenta con 3 principales mejoras:<ol style="list-style-type: none">1. OFDMA (<i>Orthogonal Frequency-Division Multiple Access</i>) que significa Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonales. Las versiones anteriores contaban con OFDM. Esto permite a los canales subdividirse para dar paso a diferentes usuarios y dispositivos, lo cual se traduce a tener una menor latencia y mayor eficiencia en la red WiFi cuando hay al mismo tiempo muchos dispositivos conectados.2. MU-MIMO (<i>Multi User MIMO</i>). En la práctica se traduce a la capacidad que tiene el router de realizar simultáneamente una transmisión de datos a varios dispositivos, no como SU-MIMO (<i>Single User MIMO</i>) que debe realizar la transferencia uno por uno.3. Coloración BSS (<i>Basic Service Set</i>). Es una técnica de reutilización espacial que usa marcas o “colores” para identificar cada red de WiFi. Así los router pueden identificar y
--	---

	<p>tomar decisiones sobre si está permitido, o no, el uso simultaneo del medio inalámbrico, reduciendo así las interferencias cuando varias redes inalámbricas vecinas utilizan el mismo canal de transmisión.</p>
<p>WiFi Mesh</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuenta con un router principal (conectado al módem del proveedor de Internet) y de varios puntos de acceso (nodos). • Esta tecnología tiene la capacidad de amplificar la red de WiFi a rincones donde previamente no existía cobertura. • Se diferencia porque los nodos se intercomunican entre ellos y con el router principal. Proporcionado de esta forma una mejor gestión de datos en la red. • Dentro de una red de WiFi Mesh, los dispositivos electrónicos no necesariamente se conectan al nodo más cercano sino al que brinda una mejor gestión de datos. • Este tipo de redes calculan, en tiempo real, a que nodo es mejor conectar los diferentes dispositivos en cada momento, según el estado de los demás nodos. • Este tipo de red es capaz de redirigir el tráfico de información, por diferentes nodos, de la forma más óptima para que la red no se sature. • En una red WiFi con repetidores, los dispositivos electrónicos suelen conectarse a ellos de acuerdo a su proximidad y no a la situación real de la red de WiFi, como sucede con una red mallada. • La instalación de una red mallada es muy sencilla, debido a que el usuario puede instalarla y gestionarla desde una aplicación móvil. • La colocación de los nodos de este tipo de red debe ser estratégico para el correcto funcionamiento de la red, evitando que los nodos no brinden la correcta cobertura y no tengan problemas en la toma de decisiones para la conexión de dispositivos.
<p>Súper WiFi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se caracteriza por tener una cobertura desde los 30 [km] hasta los 100 [km], esta última distancia en condiciones óptimas. • Utiliza el estándar IEEE 802.22 WRAN (<i>Wireless Regional Area Network</i>). El cual está destinado a lograr conexiones de larga distancia al servicio de banda ancha inalámbrica. • Esta tecnología aprovecha los canales de televisión en desuso, llamados Espacios Blancos (<i>White Space</i>), para poder realizar las transmisiones sin tener interferencias con otros servicios. • Utiliza la tecnología de Radio Cognitivo, CR (<i>Cognitive Radio</i>) para acceder al medio de transmisión, teniendo un eficiente uso del espectro radioeléctrico. • Radio Cognitivo explora los rangos de frecuencia de 54 [MHz] a 862 [MHz] para encontrar canales de televisión, analógicos o

	<p>digitales. Los canales que no estén en uso pueden ser utilizados para la transmisión de WiFi.</p> <ul style="list-style-type: none"> • No requiere de línea de vista como los enlaces de microondas, es decir, es un sistema NLOS (<i>Non Line Of Sight</i>). • Teóricamente permitiría, mediante un canal de TV, una tasa de transmisión de 22 [Mbps]. En caso de necesitar más velocidad de transferencia, se podrían utilizar más canales vacíos mediante la técnica de “unión de canales” (<i>Channel Bonding</i>). • Esta tecnología tiene un bajo costo de instalación y un menor consumo de potencia. • La señal transmitida es más fuerte a interferencias y tiene un mayor alcance geográfico, pudiendo llegar a poblaciones con una baja densidad poblacional.
<p>WiFi Comunitario</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La empresa propietaria de este servicio es ViaSat, la cual crea sus propios satélites y los coloca en órbita para proporcionar servicios de Internet. • ViaSat tiene cobertura totalmente en México mediante: ViaSat 1 que cubre el norte de México y tiene una capacidad de 140 [Gbps], mientras que ViaSat 2 cubre el resto del país y tiene una capacidad de 260 [Gbps]. • Este servicio ha dado cobertura a más de 2 mil comunidades en 29 estados de la República mexicana. • Para acceder al servicio de Internet, mediante WiFi Comunitario, cada persona puede comprar una clave para conectarse por hora, con un costo 12 pesos mexicanos. • El consumo de Internet es ilimitado y tiene una velocidad promedio de 18 [Mbps]. • La antena, módem, computadora para generar claves y sistemas de cables se suelen colocar en una tienda de abarrotes de la comunidad. Debido a que el modelo de la empresa se basa en encontrar a una persona que sepa administrar un negocio. • ViaSat proporciona cobertura totalmente a la comunidad mediante la instalación de una o dos antenas WiFi, dependiendo de la extensión territorial que se requiere cubrir.
<p>Constelaciones satelitales de órbita baja (LEO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de satélites son más baratos de construir y menos pesados. • Se ubican a una menor altitud de la superficie terrestre, entre 200 y 2,000 [km]. • La señal tiene un menor trayecto, en comparación con los satélites geoestacionarios (GEO) donde la trayectoria es de 71,572 [km], por lo cual la atenuación de la señal es menor. • Los satélites LEO requieren trabajar en equipo. Necesitan de varios satélites con las mismas características técnicas para formar una “constelación”.

	<ul style="list-style-type: none"> • Estos satélites pueden ubicarse a cualquier inclinación respecto al plano ecuatorial, brindando de esta forma una cobertura mundial, incluyendo los polos terrestres. • Los satélites LEO se encuentran en movimiento constante alrededor de la Tierra, por lo cual tienen comunicación con las estaciones terrenas fijas o móviles por un pequeño periodo de tiempo. Para evitar que la comunicación se pierda, los satélites LEO transfieren el enlace al siguiente satélite LEO de su constelación, que viene detrás de su trayectoria. Este tipo de enlaces se les llama “intraorbitales” y se realizan a una frecuencia de 60 [GHz]. • Los satélites LEO pueden tener comunicaciones con satélites de una mayor órbita, generalmente con los GEO. Para poder establecer una comunicación permanente de un satélite GEO con varias estaciones terrenas fijas a lo largo de la superficie terrestre. Este tipo de enlaces se denominan “interorbitales”. • Las bandas de frecuencias satelitales Ka (20/30 GHz) y Ku (14/12 [GHz] y 17/12[GHz]) permiten el uso de terminales pequeñas. Pero la principal diferencia radica en que la banda Ku ofrece un ancho de banda de 500 [MHz], mientras que la banda Ka tiene un ancho de banda de 3,500 [MHz]. • Los satélites de órbita baja, al estar a una menor altitud sobre la superficie terrestre, tienen como ventaja: reducir el retardo de la información, una menor atenuación de la señal, permite tener terminales de menor costo que requieren de receptores de menor precio y sensibilidad, así como una menor potencia de transmisión. • Las terminales de usuarios son más pequeñas y baratas, además que ofrecen una mayor transportabilidad. • Actualmente se encuentran en desarrollo varios proyectos para llevar Internet alrededor del mundo mediante este tipo de tecnología, entre las empresas se encuentran: SpaceX, Amazon, OneWeb, Inmarsat Plc, Eutelsat SA y el proyecto chino Hongyun.
<p style="text-align: center;">LiFi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene la idea principal de la tecnología WiFi: la transmisión de datos de forma inalámbrica, pero en lugar que sea mediante ondas radioeléctricas, se realiza mediante la luz. • Fue desarrollada por Philips Lighting, filial de la empresa Philips, así como por el científico francés Suat Topso quien es creador de esta tecnología. • Funciona mediante bombillas LED especiales que cuenta con un módem. La información viaja en código binario mediante un modulador que enciende y apaga la luz a una velocidad que no es capaz de percibir el ojo humano. • De acuerdo con Philips, el sistema brinda una conexión de banda ancha de 30 [Mbps] sin perder la calidad de iluminación.

	<p>También asegura ser una conexión más segura y evita la congestión de las frecuencias radioeléctricas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La bombilla de LED debe estar conectada, mediante un cable Ethernet, a la red de Internet. Ya sea a un nodo del proveedor de Internet o al router que proporciona esta misma empresa. • Para que los dispositivos electrónicos del usuario se puedan conectar a una red de LiFi, requieren de un adaptador USB para poder detectar la luz y recibir los datos de la lámpara LED. Este mismo adaptador es capaz de enviar los datos del usuario mediante un enlace de infrarrojo. • Una sola lámpara puede conectar hasta 15 usuarios. • Solamente algunos de los teléfonos celulares de alta gama cuentan con los sensores ópticos compatibles.
<p>Red móvil 5G</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es el más reciente desarrollo de las comunicaciones móviles. Promete ser capaz de conectar personas, cosas, datos, aplicaciones, sistemas de transporte y ciudades en entornos de redes de comunicaciones inteligentes. • Es capaz de transportar un mayor volumen de datos a una mayor rapidez, tener un mínimo retardo y de conectar simultáneamente varios dispositivos. • Solamente los dispositivos electrónicos más actuales son capaces de operar en esta red. • Es capaz de proporcionar servicios como: médico en casa (telemedicina), realidad virtual y aumentada, incrementar la capacidad del Internet de las Cosas (IoT), entre otros. Estas aplicaciones presentan dificultades en las redes móviles 3G y 4G. • Esta tecnología ya se encuentra presente en varios países alrededor del mundo, presentan una alta calidad de funcionamiento en zonas urbanas densas y puntos de acceso en interiores. • Promete un aumento en la capacidad y velocidades de datos, lo cual requiere de la asignación de un mayor espectro radioeléctrico y de tecnologías capaces de aprovechar eficientemente este recurso. • Para desplegar esta red móvil se requiere de una mayor cantidad de estaciones base. • Durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2019 (CMR-19), los delegados participantes identificaron bandas de frecuencias adicionales para las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), las cuales facilitarán el desarrollo de la nueva red móvil 5G. Estas fueron: 24.2 a 27.5 [GHz], 37 a 43.5 [GHz], 45.5 a 47 [GHz], 47.2 a 48.2 [GHz] y 66 a 71 [GHz] • La red móvil 5G tiene como características y beneficios: Soportar hasta 1 millón de dispositivos en un 1 [km²], permitirá

	<p>a los dispositivos IoT tener un bajo consumo de energía y una baja latencia, ofrecer una tasa de hasta 10 [Gbps], reducción del 90% del consumo de energía eléctrica de la red, 5G sigue siendo una tecnología de banda ancha celular y también es una red de redes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ofrecerá a los consumidores una mayor velocidad de Internet y conectividad a este servicio para más objetivos y dispositivos.
<p>Datos Sobre Ruedas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece comunicación en tiempo no real a las diferentes comunidades rurales que se encuentran muy alejadas de las ciudades, y que además que no cuentan con alguna infraestructura de telecomunicaciones. • El proyecto más conocido sobre este modelo se llamada DakNet, liderado por la empresa United Villages, Inc. • El proyecto es mayormente utilizado para comunidades rurales donde no existen caminos para el transporte vehicular, generalmente son caminos de terracería donde pasan algunos camiones públicos, motocicletas o bicicletas. • Se utiliza la tecnología inalámbrica de WiFi (estándar IEEE 802.11) y cajas de almacenamiento digital, llamados también puntos de acceso móvil (MAP, Mobile Access Point). • Estas cajas tienen conectividad WiFi y se colocan en autobuses u otros vehículos que circulan entre varias comunidades de la región. Su punto de inicio y final en su ruta es una ciudad o localidad con una mayor infraestructura de telecomunicaciones y con acceso a Internet. • Este proyecto funciona de la siguiente forma: <ol style="list-style-type: none"> 1. La comunicación es entre quiscos públicos, ubicados en cada comunidad, y dispositivos de almacenamiento portátiles o MAP. Es comunicación punto a punto. Se evita el costo y consumo de energía para enviar datos a larga distancia. 2. El MAP tiene la capacidad de almacenar los datos y descárgalos en el destino requerido mediante WiFi. 3. Los transceptores (módulos de transmisor/receptor) mediante WiFi transfieren los datos almacenados en el MAP de forma automática. Esto sucede cuando el vehículo equipado con el MAP detecta la cobertura de WiFi del quisco de la siguiente localidad, se conecta a esta red y realiza la descarga (de los datos dirigidos a esa comunidad) y carga los nuevos datos. 4. Cuando el MAP llega a una comunidad con un punto de acceso a Internet, sincroniza automáticamente los datos de todos los quiscos, de las comunidades rurales donde paso, utilizando Internet. 5. Los mismos pasos se repiten para cada vehículo que tiene instalado un MAP, creando así una red inalámbrica de bajo costo. • Tiene como beneficios:

	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar acceso a las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en tiempo no real a los habitantes de las zonas rurales y alejadas de la infraestructura de telecomunicaciones. Se evita que estas personas se trasladen, por horas, a otras comunidades para el mismo propósito. - Es económica, se estima que su infraestructura tiene un costo de aproximadamente 1% del costo de una línea telefónica. - Se le proporciona a cada habitante una identidad digital: número telefónico y correo electrónico de por vida. Así pueden acceder a este servicio de forma individual.
<p>Proyecto Loon</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante este proyecto, liderado por Google, se busca llevar el servicio de Internet a zonas rurales o alejadas donde la cobertura de este servicio es escasa o nula mediante globos. • Loon es una red de globos que viajan al borde del espacio y brindan conectividad a personas en comunidades desatendidas alrededor del mundo. • Los globos Loon son ubicados en la estratósfera, a 20 [km] de altura sobre el nivel del mar. • El servicio se brinda mediante la tecnología LTE, asociándose con operadores de redes móviles a nivel mundial. Cuentan con antenas de telefonía celular. • Mediante la tecnología LTE se crea una red inalámbrica, mediante 3G o 4G, siendo compatible con la mayoría de teléfonos celulares actuales. • Cada globo Loon puede brindar hasta una cobertura de 80 kilómetros de diámetro debajo este. • Estos globos pueden quedar a 500 metros del objetivo principal, el propio globo reporta su posición varias veces al día. • Pueden ser desplegados en tan solo 30 minutos y operan hasta 100 días seguidos. • Estos globos están presurizados, funcionan con energía solar y se desplazan mediante las corrientes de aire, pero la tecnología GPS hace que se queden en un solo punto en la estratósfera.
<p>Infraestructura de usuario final</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los usuarios finales son las personas en las diferentes comunidades del país donde se brindará o brinda el acceso a Internet y otros servicios de telecomunicaciones. • Estas personas interactúan con las redes de telecomunicaciones mediante dispositivos electrónicos que se conectan de forma alámbrica o inalámbrica. • Se debe instalar este tipo de infraestructura en las comunidades del país, debido a que gran parte de sus habitantes no cuentan con los equipos electrónicos necesarios para disfrutar de la conectividad a los servicios de telecomunicaciones e Internet. • Los dispositivos de este tipo de infraestructura pueden ser: laptops, computadoras de escritorio, repetidores, módem

	<p>(routers), adaptadores de red, antenas portátiles, impresoras, tabletas electrónicas, entre otros.</p> <ul style="list-style-type: none">• Estos dispositivos pueden ser ubicados en un centro comunitario digital, ubicado en cada comunidad, para que todos los habitantes tengan la misma posibilidad de utilizarlos y de disfrutar de los servicios de telecomunicaciones e Internet.• El precio de cada dispositivo electrónico dependerá de las características técnicas que ofrezca.
--	---

Anexo 2: Encuesta presentada electrónicamente

Infraestructura de las Telecomunicaciones en México

La finalidad de esta encuesta es conocer el nivel de la infraestructura que se encuentra en México para los servicios de telecomunicaciones e Internet, de acuerdo a lo que usted observa y utiliza. Por favor conteste las siguientes preguntas solicitadas:

Encuesta:

1. Edad: _____

2. Escolaridad:

Primaria

Secundaria

Bachillerato / carrera técnica

Licenciatura

Posgrado

3. Zona de residencia:

Centro (CDMX, Edo. Mex., Guerrero, Hidalgo, Morelos, Puebla o Tlaxcala)

Occidente (Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro o Zacatecas)

Noreste (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sinaloa o Sonora)

Noroeste (Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí o Tamaulipas)

Sur (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz o Yucatán)

4. De acuerdo a tu criterio, ¿En qué tipo de zona vives?:

Zonas metropolitanas (CDMX, Guadalajara, Monterrey)

Urbana

Suburbana (periferia de las ciudades)

Rural

Comunidades alejadas

5. ¿Qué dispositivos electrónicos utiliza con mayor frecuencia? (Puede seleccionar más de una opción)

Radio

Televisión

Teléfono fijo

Teléfono móvil

Computadora de escritorio

Computadora portátil (laptop)

Tablet

6. ¿Tiene usted acceso a Internet? (Puede seleccionar más de una opción)

- Si, en mi casa
- Si, en mi trabajo
- Si, en la escuela
- Si, en un café internet
- Si, en un centro comunitario digital
- No tengo acceso

7. ¿Mediante qué tecnología accede actualmente al servicio de Internet? (Puede seleccionar hasta dos opciones)

- Telefonía móvil
- Fibra óptica
- Par de cobre (cable telefónico)
- Enlace satelital
- Quioscos de acceso digital (plazas comerciales)
- Caseta de acceso rural

8. ¿A qué velocidad de Internet tiene acceso? (Seleccione la adecuada o la más cercana):

- 10 [Mbps]
- 20 [Mbps]
- 30 [Mbps]
- 50 [Mbps]
- 100 [Mbps]
- Más de 100 [Mbps]

9. ¿Cuál es su proveedor de Internet?

- Telmex
- Izzi
- Total Play
- Axtel
- Megacable
- Otro: _____
- Ninguno

10. ¿Qué proveedores de Internet conoce? (Puede seleccionar mas de una opción)

- Telmex
- Izzi
- Total Play
- Axtel
- Megacable
- Otro: _____

11. ¿Con que proveedor de telefonía móvil tiene acceso a Internet móvil?

- Telcel
- AT&T
- Movistar
- Otro: _____
- Ninguno

12. ¿Mediante qué tecnología móvil se conecta a Internet con su teléfono móvil?

- 4.5G
- 4G
- 3G
- 2G
- No tengo acceso

13. ¿Hay acceso a la red de fibra óptica para el servicio de Internet en la zona donde vives?

- Si
- No
- Desconozco

14. ¿La infraestructura de Internet instalada en su casa, escuela, oficina, café Internet o lugar de trabajo cuenta con los siguientes dispositivos? (Puede seleccionar varias)

- Router (Módem)
- Repetidor
- No cuento con ningún dispositivo

15. A su consideración, ¿Cómo es su conexión y velocidad de Internet?:

- Excelente y rápida
- Buena
- Regular
- Mala y muy lenta

16. ¿Qué tan importante considera el acceso de Internet a toda la población del país sin importar su condición socio-económica?

- Muy importante
- Importante
- Algo importante
- Nada importante

17. Desde tu punto de vista, ¿Qué inconvenientes has tenido en los diferentes servicios de telecomunicaciones que se brindan en México? (Puede seleccionar más de una opción, si es el caso)

- El servicio es lento
- Se cae la señal
- Deja de funcionar varios días
- Tiene cortes de repente
- Ninguno

18. ¿Qué opinas sobre la infraestructura de cables submarinos con la que cuenta México?

19. México cuenta con dos IXP (Punto de intercambio de Internet), mientras que países como Brasil o Argentina cuentan actualmente con más de 30 IXP cada uno, ¿Qué opinas al respecto?

20.- ¿Qué opinas respecto al programa de conectividad “Internet para Todos” del Gobierno Federal? El cual busca proporcionar del servicio de Internet a todos los mexicanos donde quiera que habiten en el territorio nacional.

Anexo 3: Glosario

Telecomunicaciones:

De acuerdo a la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en el Convenio Internacional de Telecomunicaciones en Nairobi, 1982 y el Reglamento de Radiocomunicaciones 4, se define: “Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos”.⁵²¹

Por otra parte, de acuerdo con el Artículo 3 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión el término se refiere a: “Toda emisión, transmisión o recepción de signos, señales, datos, escritos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de hilos, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos, sin incluir la radiodifusión.”⁵²²

Organismo regulador:

De acuerdo con la UIT, se definen los organismos reguladores en telecomunicaciones como: “Un organismo que se encuentra orientado a la apertura del mercado, a la privatización y/o modernización de los operadores principales, a una nueva concepción de la concesión y control del espectro radioeléctrico, al establecimiento de regulaciones más fuertes y definidas que abarcan aspectos tan diversos como tarifas y precios, calidad del servicio, normas técnicas, homologación de productos, servicios y especificaciones técnicas y de calidad, aseguramiento de oportunidades competitivas justas y equitativas para todos los operadores, obligación de interconexión de redes en igualdad de condiciones técnicas y económicas, transparencia y equidad en el trato hacia los operadores y en las relaciones entre ellos, entre otros conceptos.”⁵²³

⁵²¹ Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (1988). *Recomendación UIT-T B.13. Términos y definiciones*.p.6. Consultado el 3 de enero de 2020.

⁵²² Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2015). *Términos y definiciones*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <http://www.ift.org.mx/espectro-radioelectrico/generalidades/definiciones#>

⁵²³ Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2000). *ITU-D/2/136-S: Organismos Reguladores de Telecomunicaciones en Centroamérica*. pp. 25-27. Consultado el 21 de enero de 2020.

Conectividad:

Se denomina conectividad a la capacidad de establecer una conexión de comunicación entre dos dispositivos diferentes mediante una red como lo puede ser el Internet. Un dispositivo puede tener una conectividad WiFi, USB, Bluetooth, entre otras, esto quiere decir que el dispositivo se puede conectar mediante estas diferentes tecnologías.

Julián Pérez y Ana Gardey (2016) mencionan que: “La conectividad es diferente al concepto de conexión, debido a que la conectividad se mantiene igual a lo largo de la vida del dispositivo hasta que se actualicen o se mejoren sus partes que permiten su conexión, como lo son las antenas integradas. Mientras que la conexiones comienzan y terminan durante un periodo de tiempo.”⁵²⁴

De acuerdo al documento sobre la Agenda de Conectividad de las Américas: “La conectividad es la capacidad interna de una sociedad para comunicarse consigo misma y con su entorno mundial mediante el uso de las telecomunicaciones, las tecnologías de la información y a través de los productos de sus industrias de contenido. El objetivo de la conectividad es que todos los países del hemisferio puedan evolucionar hacia una sociedad basada en la información y el conocimiento. La conectividad no constituye un fin en sí misma. Las políticas de conectividad deben tener como finalidad el fomento del desarrollo social, económico y cultural de los países, la promoción del bienestar y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.”⁵²⁵

Cobertura:

La Real Academia Española (RAE) la define como: “Extensión territorial que abarcan diversos servicios, especialmente los de telecomunicaciones.”⁵²⁶

Comunicaciones punto a punto:

La UIT lo define como: “Comunicación proporcionada por un enlace entre dos puntos fijos especificados.”⁵²⁷

⁵²⁴ Pérez, J. & Gardey, A. (2016). *Definición de conectividad*. Recuperado el 10 de enero de 2020 de: <https://definicion.de/conectividad/>

⁵²⁵ Díaz, E., Rodríguez, M., Graham, B. & Reyes, S. (2003). *Agenda de Conectividad para las Américas: Plan de Acción de Quito*. p. 8. Consultado el 12 de febrero de 2020.

⁵²⁶ Real Academia Española. (2020). *Cobertura*. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de: <https://dle.rae.es/cobertura>

⁵²⁷ *Ibíd*em 521, p. 11.

Infraestructura de telecomunicaciones:

De acuerdo al Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) esta infraestructura se puede dividir en dos tipos:

Infraestructura activa: “Elementos de las redes de telecomunicaciones o radiodifusión que almacenan, emiten, procesan, reciben o transmiten escritos, imágenes, sonidos, señales, signos o información de cualquier naturaleza.”⁵²⁸

Infraestructura pasiva: “Elementos accesorios que proporcionan soporte a la infraestructura activa, entre otros, bastidores, cableado subterráneo y aéreo, canalizaciones, construcciones, ductos, obras, postes, sistemas de suministro y respaldo de energía eléctrica, sistemas de climatización, sitios, torres y demás aditamentos, incluyendo derechos de vía, que sean necesarios para la instalación y operación de las redes, así como para la prestación de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión.”⁵²⁹

El Plan de Quito menciona que la infraestructura es:

“Una combinación de equipos, programas informáticos, recursos humanos, redes y servicios de telecomunicaciones, incluyendo el sector de Servicios Audiovisuales, que facilita el acceso de una sociedad a la información y a los servicios digitales.”⁵³⁰

Fibra óptica:

María Estela Raffino (2019) menciona que: “La fibra óptica es un medio físico de transmisión de información, usual en redes de datos y telecomunicaciones, que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en la cual se contienen los datos a transmitir. A través de la transmisión de estos impulsos de luz se puede enviar y recibir información a importantes velocidades a través de un tendido de cable, a salvo de interferencias electromagnéticas y con velocidades similares a las de la radio. Esto hace de la fibra óptica el medio de transmisión por cable más avanzado que existe.”⁵³¹

⁵²⁸ Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2015). *Glosario*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <http://www.ift.org.mx/que-es-el-ift/glosario>

⁵²⁹ Ídem.

⁵³⁰ Ibídem 525, p.10.

⁵³¹ Raffino, M. (2019). *Fibra óptica*. Recuperado el 10 de enero de 2020 de: <https://concepto.de/fibra-optica/>

Telefonía fija/inalámbrica:

El IFT define la telefonía fija como: “La telefonía fija es el servicio final de telecomunicaciones, por medio del cual se proporciona la capacidad completa para la comunicación de voz entre usuarios; a través de líneas telefónicas, las cuales están conectadas a una central de conmutación automática, en donde para establecer la comunicación entre los usuarios no se requiere de la intervención de una operadora.”⁵³²

La telefonía móvil o celular se entiende como: “La Telefonía Móvil Celular es un servicio público de telecomunicaciones, cuyo objetivo principal es facilitar la comunicación telefónica de los abonados sin imponer restricciones en cuanto a ubicación y desplazamiento de éstos. A diferencia del sistema telefónico fijo o convencional, la comunicación se realiza por ondas de radio, obviando la necesidad de emplear conexiones físicas a través de cables.”⁵³³

Internet:

De acuerdo al IFT se tiene la siguiente definición:

“Conjunto descentralizado de redes de telecomunicaciones en todo el mundo, interconectadas entre sí, que proporciona diversos servicios de comunicación y que utiliza protocolos y direccionamiento coordinados internacionalmente para el enrutamiento y procesamiento de los paquetes de datos de cada uno de los servicios. Estos protocolos y direccionamiento garantizan que las redes físicas que en conjunto componen Internet funcionen como una red lógica única.”⁵³⁴

Otra definición la da Adrián Yirda (2019): “El Internet se puede definir como un grupo de redes de ordenadores que se encuentran interconectadas, pero su funcionamiento no se adapta a un solo tipo de ordenador, a un medio físico privilegiado, a un tipo de red en concreto y a ninguna tecnología inclusiva de conexión, ya que se trata de una red dinámica y flexible, que puede ser adaptada a distintos contextos tecnológicamente hablando. Estas redes son por sí sola un universo de la tecnología, en donde convergen diversas ramas como la

⁵³² Instituto Federal de Telecomunicaciones (2015). *Telefonía Fija*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <http://www.ift.org.mx/usuarios-y-audiencias/telefonía-fija>

⁵³³ El Tiempo. (s.f.). *Qué es la telefonía celular*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-135410>

⁵³⁴ *Ibíd*em 528.

telefonía, microprocesadores, fibra óptica, satélites, electrónica, video, televisión, imágenes, realidad virtual, hipertexto, etc.”⁵³⁵

Canal de frecuencias:

De acuerdo con la UIT se tiene la siguiente definición: “Parte del espectro de frecuencias que se destina a ser utilizado para la transmisión de señales y que puede determinarse por dos límites especificados o por su frecuencia central y la anchura de banda asociada o por cualquier otra indicación equivalente.”⁵³⁶

Comunicaciones punto a multipunto:

De acuerdo al reglamento de Radiocomunicaciones 4 de la UIT, se define como: “Comunicación proporcionada por enlaces entre un punto fijo especificado y varios puntos fijos especificados.”⁵³⁷

Radiodifusión:

De acuerdo a la UIT se define como: “Radiocomunicación unilateral cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general. Estas emisiones pueden comprender programas radiofónicos, programas de televisión u otro género de informaciones.”⁵³⁸

De acuerdo con el Artículo 3 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, del Estado mexicano, el término se entenderá por:

“Propagación de ondas electromagnéticas de señales de audio o de audio y video asociado, haciendo uso, aprovechamiento o explotación de las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico, incluidas las asociadas a recursos orbitales, atribuidas por el Instituto a tal servicio, con el que la población puede recibir de manera directa y gratuita las señales de su emisor utilizando los dispositivos idóneos para ello.”⁵³⁹

⁵³⁵ Adrián, Yirda. (2019). *Definición de Internet*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: <https://conceptodefinition.de/internet/>

⁵³⁶ *Ibíd*em 521, p. 10.

⁵³⁷ *Ibíd*em 521, p. 11.

⁵³⁸ *Ibíd*em 521, p. 9.

⁵³⁹ *Ibíd*em 522.

Microondas:

De acuerdo con el autor Wayne Tomasi (2003):

“Se suelen describir las microondas como ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde unos 500 MHz hasta 300 GHz o más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias inherentes, tienen longitudes de onda relativamente cortas, de ahí el nombre “micro” ondas.”⁵⁴⁰

Concesionario:

“Acto administrativo que implica el otorgamiento del derecho de explotación o gestión, por un período determinado, de bienes y servicios por parte de una administración pública o empresa a otra, generalmente privada”⁵⁴¹

Satélite:

De acuerdo con el Artículo 3 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión se entenderá por satélite:

“Objeto colocado en una órbita satelital, provisto de una estación espacial con sus frecuencias asociadas que le permite recibir, transmitir o retransmitir señales de radiocomunicación desde o hacia estaciones terrenas u otros satélites.”⁵⁴²

Telecomunicaciones satelitales:

Se entiende que las telecomunicaciones satelitales son la transmisión y recepción de información mediante ondas electromagnéticas. El enlace de comunicación puede ser entre una estación terrena y un satélite, entre satélites de una misma o diferente órbita, teniendo todos ellos la capacidad de ser transmisores y/o receptores debido a su arquitectura y características de construcción.

⁵⁴⁰ Wayne, T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Ciudad de México, México: PEARSON EDUCACIÓN. Consultado el 18 de junio de 2020. p. 761

⁵⁴¹ Diccionario panhispánico del español jurídico. (2020). *Concesión*. Recuperado el 30 de septiembre de 2021 de: <https://dpej.rae.es/lema/concesi%C3%B3n>

⁵⁴² *Ibíd*em 522.

Servicios de telecomunicaciones:

De acuerdo con la Organización Mundial del Comercio, los servicios de telecomunicaciones se pueden dividir en dos categorías:

- **Las telecomunicaciones básicas:** “Incluyen todos los servicios de telecomunicaciones, tanto públicos como privados, que suponen la transmisión de extremo a extremo de la información facilitada por los clientes. La prestación de este tipo de servicios se realiza mediante el suministro transfronterizo y mediante el establecimiento de empresas extranjeras o de una presencia comercial, incluida la posibilidad de ser propietario y explotar la infraestructura independiente de las redes de telecomunicaciones.”⁵⁴³

Algunos servicios de telecomunicaciones básicas son: servicios de teléfono, transmisión de datos con conmutación de paquetes, telégrafos, circuitos privados arrendados, telefonía móvil, fijo por satélite, locales o internacionales, por cable, entre otros.

- **Las telecomunicaciones de valor añadido:** “Son servicios respecto de los cuales los proveedores “añaden valor” a la información de los clientes, mejorando su forma o contenido o mediante su almacenamiento y recuperación. Algunos ejemplos son: procesamiento de datos en línea, almacenamiento y recuperación de datos en línea, intercambio electrónico de datos, correo electrónico, correo vocal, entre otros.”⁵⁴⁴

Línea de vista:

“Línea de vista se refiere a un camino limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras. Para que exista la mejor propagación de las señales RF de alta frecuencia, es necesaria una Línea de vista sólida (limpia - sin obstrucciones). Cuando se instala un sistema inalámbrico, se debe de tratar de transmitir a través de la menor cantidad posible de materiales para obtener la mejor señal en el receptor. Siempre habrá problemas si se quiere transmitir a través de cualquier metal o concreto reforzado. Si existe una cantidad

⁵⁴³ Organización Mundial del Comercio. (2020). *Ámbito de las telecomunicaciones básicas y de los servicios con valor añadido*. Recuperado el 13 de enero de 2020

de:https://www.wto.org/spanish/tratop_s/serv_s/telecom_s/telecom_coverage_s.htm

⁵⁴⁴ Ídem.

significante de metal muy cercana a la antena de transmisión, las señales RF se pueden reflejar en ella cancelando parte de la señal transmitida, produciendo como efecto adverso, la reducción del rango y calidad de la señal principal.”⁵⁴⁵

Usuario:

Mariana Pérez (2021) menciona que: “Un usuario es aquella persona que usa algo para una función en específico, es necesario que el usuario tenga la conciencia de que lo que está haciendo tiene un fin lógico y conciso, sin embargo, el termino es genérico y se limita en primera estancia a describir la acción de una persona que usa algo. Un usuario es aquel terminal de acceso que tiene una persona para poder ingresar en un software, bien sea en la red o de manera local, un usuario de computadora está conformado por un nombre clave y una contraseña la cual es personal, al momento de entrar en el sistema, el usuario vera solo la información contenida en su perfil.”⁵⁴⁶

⁵⁴⁵ WNI México. (s.f.). *Conceptos sobre Línea de Vista*. Recuperado el 7 de enero de 2020 de: https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=50:los&catid=31:general&Itemid=79

⁵⁴⁶ Pérez, M. (2021). *Definición de Usuario*. Recuperado el 21 de julio de 2021 de: <https://conceptodefinicion.de/usuario/>