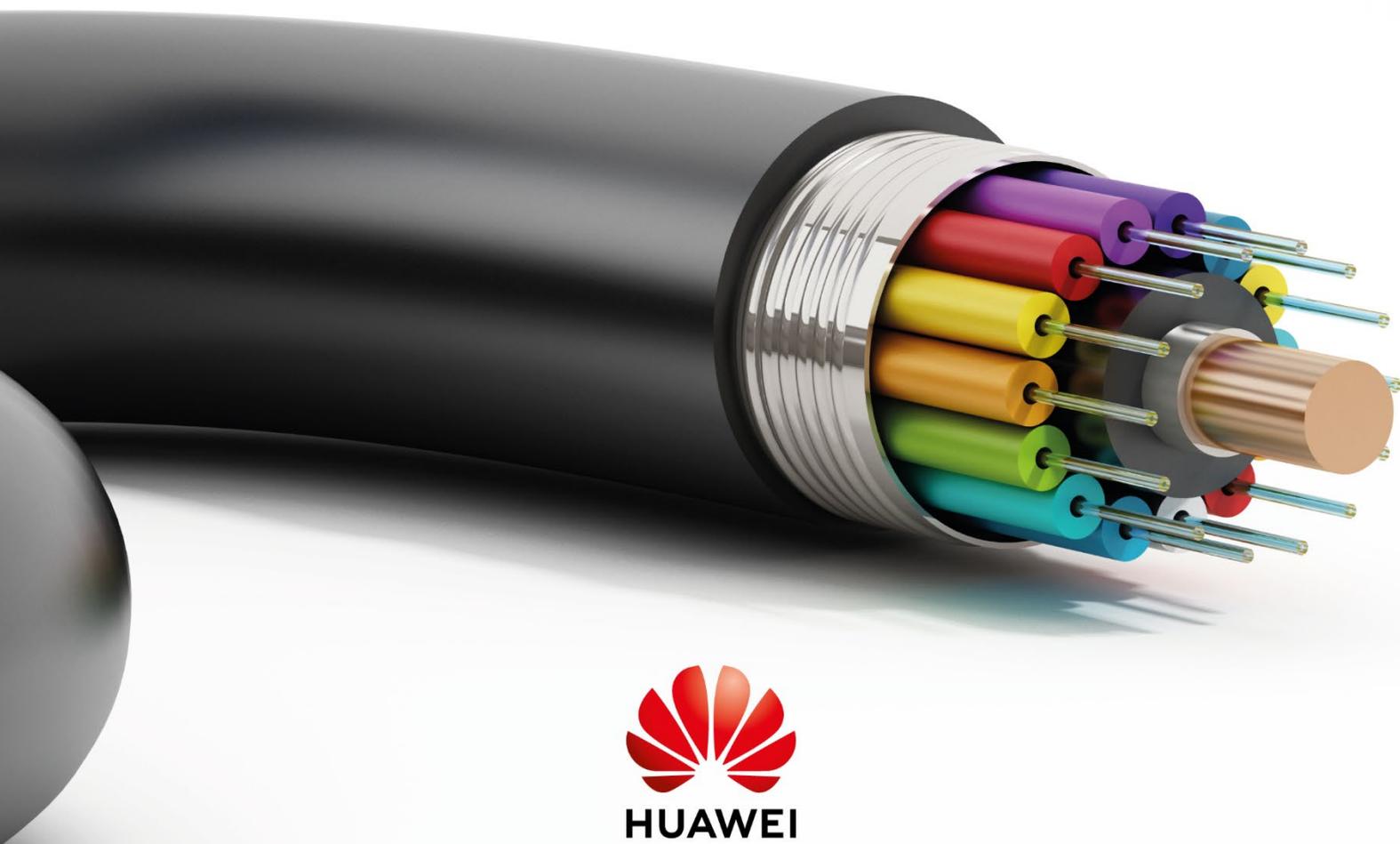




INSTITUTO FEDERAL DE
TELECOMUNICACIONES

**REDES DE BANDA
ANCHA DE FIBRA ÓPTICA
COMO HABILITADOR DE LA SOCIEDAD DIGITAL**

en México



HUAWEI

Contenido

I.	Resumen y mensajes clave	4
II.	Requisitos Futuros de la Red.....	5
III.	La tecnología de fibra habilita la evolución a la sociedad Gigabit.....	7
3.1.	Ciudad Gigabit.....	11
3.2.	Red de fibra en el hogar	12
IV.	Importancia de la conectividad de banda ancha de fibra	14
4.1.	La banda ancha de fibra óptica contribuye al crecimiento económico y al bienestar social	14
4.2.	Alto ancho de banda y baja latencia	17
4.3.	Conexiones de mejor calidad en escenarios más diversificados.....	18
4.4.	Crecimiento verde: bajo en carbono y sustentabilidad	19
4.5.	Duradero y fiable	21
4.6.	Costo global de construcción bajo	22
V.	Estado y Retos del desarrollo de la Banda Ancha en México	25
5.1.	Cobertura de banda ancha de fibra y estado de penetración.....	26
5.2.	Estado de la Velocidad de Banda Ancha	33
VI.	Contexto Regulatorio	35
6.1.	Medidas implementadas/necesarias para promover la competencia en infraestructura.	35
6.2.	Promoción de la Competencia.....	39
6.3.	Integración de nuevos participantes en el ecosistema digital.....	43
6.4.	Importancia de inversión y financiación suficientes.....	45
6.5.	Infraestructura neutral – Redes neutrales	48
VII.	Visión de Banda Ancha de México	49
7.1.	La banda ancha de alta velocidad es la piedra angular de la economía	50
7.2.	Desarrollo de fibra en México y tendencias futuras.....	51
7.3.	Medidas para mejorar la conectividad.....	53
7.4.	Estándares abiertos y cumplimiento de neutralidad	54
VIII.	Mirando hacia el futuro	55
8.1.	Hacia un F5G avanzado	58
IX.	Conclusión.....	59

X. Anexo	61
A –Normas y estándares	61
B – Mejores prácticas de política pública.....	63
C – Caso de los ISP pequeños y medianos –Caso de estudio: Brasil	69
D- Tendencias de infraestructura de redes neutrales en América Latina	70
E – Glosario	73

Anexos

A - Normas y estándares

B - Mejores prácticas de política pública

C - Caso de los ISP pequeños y medianos - Caso de estudio: Brasil

D - Tendencias de infraestructura de redes neutrales en América Latina

E - Glosario

I. Resumen y mensajes clave

Con el rápido desarrollo de la sociedad digital, la banda ancha se ha convertido en un requisito indispensable en la vida de las personas y en una parte fundamental de la infraestructura de los países, equivalente a otros servicios públicos, como el agua, la electricidad y el gas. Las redes de banda ancha de fibra óptica brindan conectividad sustentable y efectiva en costo con alta capacidad, estabilidad, confiabilidad y latencia reducida, promoviendo el crecimiento económico a largo plazo al permitir el desarrollo de servicios y aplicaciones digitales avanzados para usuarios, empresas e industrias.

En este contexto, este documento proporciona un análisis de la evolución reciente de la infraestructura de banda ancha en México y, sobre las principales tendencias internacionales. Este documento tiene como objetivo proporcionar información detallada sobre el progreso y los retos en los desarrollos de redes de fibra óptica en México para apoyar su desarrollo digital en un contexto más amplio.

Mensajes clave:

- Con el creciente número de aplicaciones y servicios para el hogar y la empresa como Realidad Virtual (VR-Virtual Reality), Realidad Aumentada (AR-Augmented Reality), Realidad Extendida (XR-Extended Reality) y video en vivo, se imponen mayores requisitos en la infraestructura de banda ancha, lo que lleva a que sea necesario realizar actualizaciones en las redes de acceso de banda ancha tradicionales.
- La banda ancha de fibra óptica aporta importantes beneficios socioeconómicos. Diversas investigaciones muestran que el acceso a Internet de banda ancha es un motor clave del crecimiento económico y la competitividad de la industria, desempeñando un papel cada vez más transformador en todos los sectores económicos y en la sociedad en general.
- Los estándares relevantes de la industria, por ejemplo, ETSI ISG F5G (Redes Fijas de 5ª Generación), definen las redes futuras en relación con las redes Gigabit totalmente de fibra óptica.
- En México, conforme al análisis de la infraestructura actual, el enfoque se centra en varias áreas clave: aumentar la cobertura de banda ancha en áreas remotas, promover actualizaciones tecnológicas (como la migración de las redes de cobre y de cable coaxial a fibra) y acelerar la adopción de banda ancha de fibra urbana, entre otras.
- La alternativa posible de México es lograr una mayor transformación digital mediante el desarrollo de redes de alta capacidad que entreguen productos, servicios y aplicaciones innovadores a todos los ciudadanos y las empresas.

II. Requisitos Futuros de la Red

Las futuras aplicaciones digitales exigirán un mayor ancho de banda y velocidades más altas. Por lo tanto, las redes futuras deben ser más rápidas, confiables, seguras y flexibles para soportar tecnologías emergentes y satisfacer las demandas cambiantes de los usuarios y las aplicaciones. Cumplir estos requisitos requieren innovación y colaboración continua entre las partes interesadas en la industria de las telecomunicaciones e inversión en tecnologías preparadas para el futuro, como la fibra óptica. Invertir en infraestructura de fibra es invertir en la viabilidad a largo plazo de las redes de banda ancha. Las redes de fibra son esenciales para satisfacer las crecientes demandas de la comunicación moderna, la transmisión de datos y las nuevas aplicaciones inmersivas (VR, AR, XR). La fibra ofrece velocidad, confiabilidad, sustentabilidad y seguridad superiores mientras permite el desarrollo de nuevas tecnologías y respalda el crecimiento económico.

Los dispositivos XR requieren conectividad de alta calidad

Actualmente, los lentes de realidad aumentada y los cascos o dispositivos de realidad mixta (MR-Mixed Reality) aún tienen un bajo nivel de adopción alcanzando un 2.3% de penetración de dispositivos de realidad virtual en los hogares a escala mundial, según las investigaciones de Omdia. Sin embargo, cada vez más, los dispositivos de realidad virtual (VR) se están volviendo más comunes, impulsados en gran medida por una mayor inversión de hiperescaladores que relacionan las experiencias de consumo existentes con nuevos entornos inmersivos. Los dispositivos VR/MR utilizan múltiples transmisiones de video full HD por sesión y dependen en gran medida de contenidos y las aplicaciones basadas en la nube. La tecnología establecerá grandes exigencias a las redes de banda ancha en cuanto a la capacidad y latencia, con los altos niveles de confiabilidad y consistencia necesarios para que funcione de forma transparente y sin problemas. Según las previsiones de Omdia, la base instalada de dispositivos autónomos conectados de realidad virtual crecerá de 20 millones en 2022 a 25 millones en 2028¹.

La digitalización de la industria impulsa una mayor conectividad empresarial con velocidad y calidad garantizada

A medida que las empresas se digitalizan rápidamente, la demanda de conectividad de banda ancha en el sector empresarial ha aumentado significativamente y se espera que continúe

¹ Fuente: [Omdia, Consumer VR Headset and Content Revenue Forecast, 2023](#)

umentando. Entre los principales factores que impulsan la conectividad empresarial se encuentran la nube y la Inteligencia Artificial (AI-Artificial Intelligence). Las empresas necesitan una Internet más rápida y confiable para cumplir con los requisitos de experiencia del cliente y mantenerse competitivas.

- De acuerdo con estimaciones de Gartner, más de 85% de las empresas trasladarán parte de sus operaciones y servicios a la nube para 2025.
- Según estimaciones de Flexera, en 2022 76% de las personas informaron usar la nube pública, incluidas múltiples nubes. Esto aumentó del 56% en 2021².
- IDC estima que para 2026 las funciones impulsadas por AI se integrarán en todas las categorías de tecnología empresarial y 60% de las organizaciones las utilizarán para impulsar mejores resultados sin depender del talento técnico de AI³.
- Según estimaciones de IDC, 85% de las empresas combinarán la experiencia humana con AI, Aprendizaje de Maquinas (ML-Machine Learning), procesamiento del lenguaje natural (NLP-Natural Language Processing) y reconocimiento de patrones para ayudar la prospección aumentada, incrementando la productividad de los trabajadores en un 25% en 2026⁴.
- Según estimaciones de Gartner más de 50% de las empresas utilizarán plataformas industriales en la nube para acelerar sus iniciativas empresariales para 2027⁵.
- Según Goldman Sachs, todas las industrias se verán afectadas impactadas por la AI para 2030.

El desarrollo de AI, los servicios en la nube y el Big Data impulsará la economía nacional y el crecimiento de los proveedores de servicios, requiriendo una red de alto rendimiento. La AI generativa inicia una evolución de la productividad. Para cualquier empresa o individuo que desee acceder a la AI para aumentar su productividad, es esencial estar conectado al poder de cómputo masivo detrás de la AI.

² Fuente: [Informe sobre el estado de DevOps de 2022](#), Flexera.

³ Fuente: [IDC FutureScape: Predicciones Mundiales de Inteligencia Artificial y Automatización para 2023](#), doc # US49748122, octubre de 2022

⁴ Fuente: [IDC FutureScape: Predicciones Mundiales de Inteligencia Artificial y Automatización para 2023](#), doc # US49748122, octubre de 2022

⁵ Fuente: libro electrónico de Gartner®, [Las Principales Tendencias Tecnológicas Estratégicas de Gartner para 2023](#), 2022.

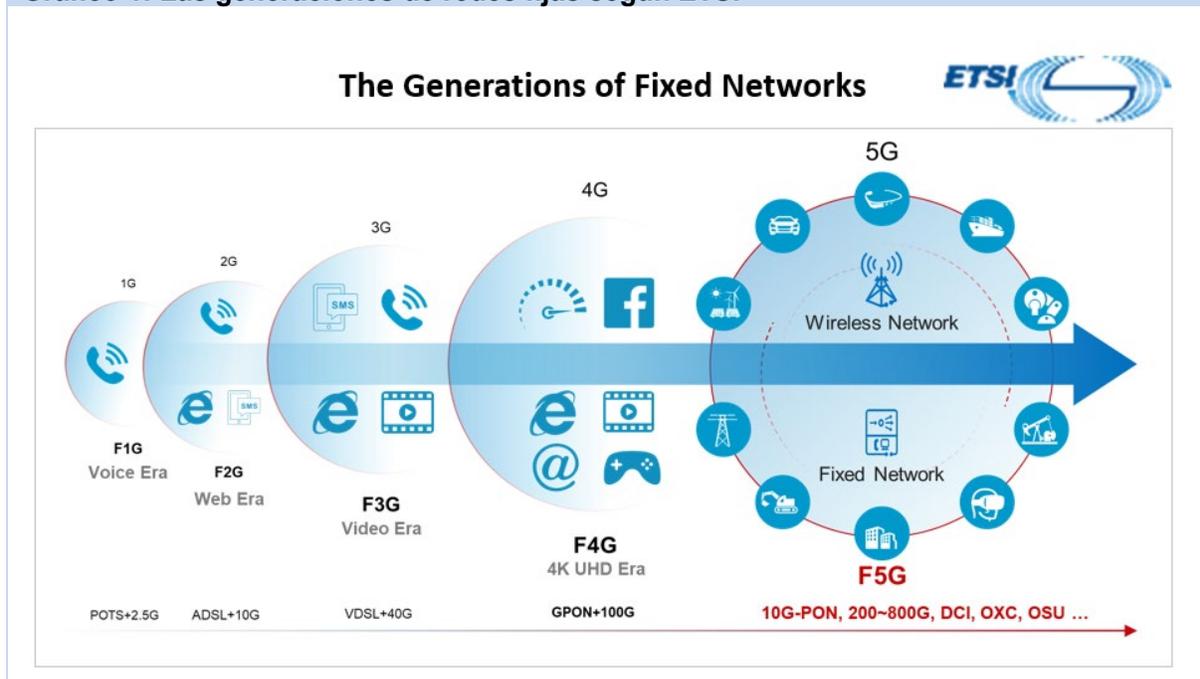
III. La tecnología de fibra habilita la evolución a la sociedad Gigabit

Estamos entrando en una nueva era de comunicación donde las redes fijas, que históricamente siempre han ofrecido el mayor ancho de banda y confiabilidad, desempeñarán un papel esencial. El desarrollo de una solución de fibra óptica total ayudará a soportar aplicaciones más exigentes, como la transmisión de video de ultra alta definición, la telemedicina y los juegos de realidad virtual.

Además, la próxima generación de redes fijas necesita complementar las redes inalámbricas 5G y soportar el creciente número de servicios en la nube que requieren conexiones con gran ancho de banda y/o baja latencia. Basada en las generaciones anteriores de redes fijas, la quinta generación de redes fijas (F5G) está siendo definida por el Grupo de Especificación Industrial (ISG) de ETSI para proporcionar la evolución necesaria para igualar y mejorar aún más los beneficios que 5G ha aportado a las comunicaciones móviles.

El enfoque de las especificaciones de F5G está en las redes de telecomunicaciones que consisten completamente en elementos de fibra óptica hasta las ubicaciones de servicio de conexión (usuario, hogar, oficina, estación base, etcétera). En un futuro cercano, todas las redes fijas adoptarán arquitecturas de fibra de extremo a extremo: fibra hasta cualquier lugar.

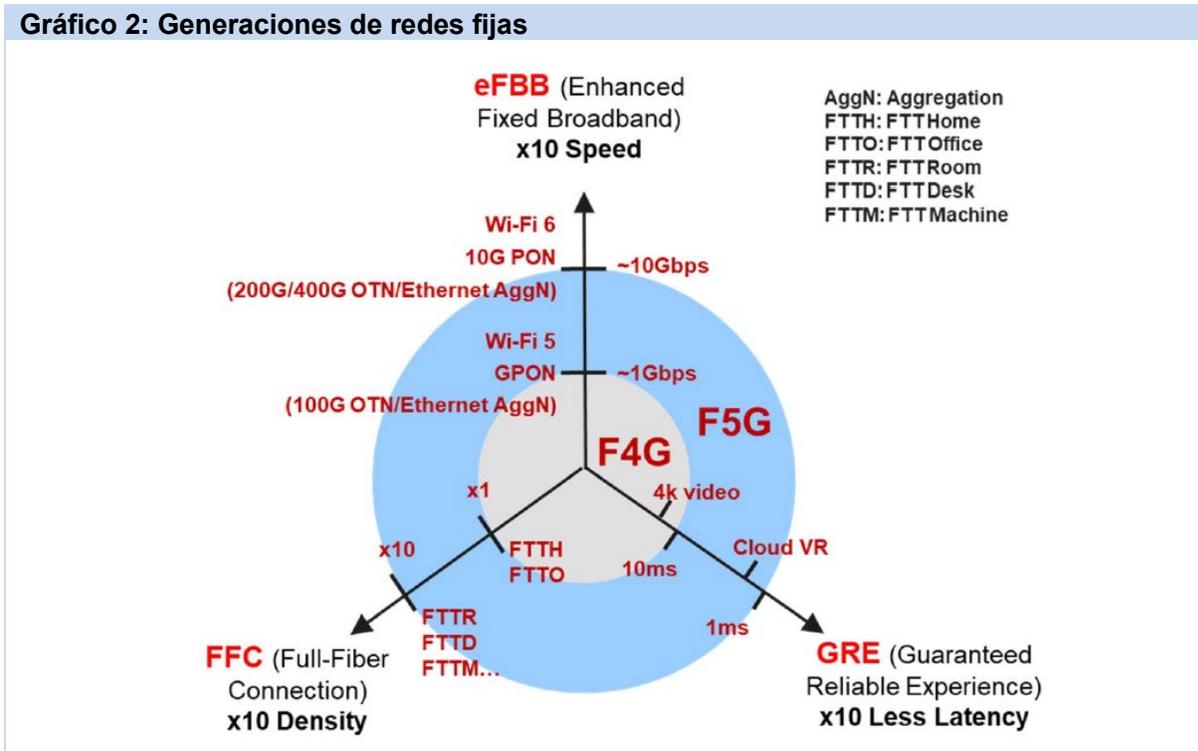
Gráfico 1: Las generaciones de redes fijas según ETSI



Fuente: ETSI

ETSI ISG F5G mejorará las soluciones anteriores, y las nuevas características de la red fija de quinta generación abordarán tres aspectos principales indicados en el siguiente gráfico:

Gráfico 2: Generaciones de redes fijas



Fuente: ETSI

En el principio, las redes fijas fueron diseñadas para ofrecer servicios de voz a los consumidores a través de redes de cobre. Las redes de cobre evolucionaron a lo largo del Siglo XX para proveer contenido de video y de banda ancha, soportado principalmente con tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) y posteriormente con G.fast.

En el comienzo del Siglo XXI, las redes de fibra comenzaron a desplegarse en los segmentos de la red de acceso, especialmente con tecnologías punto-a-multipunto PON (Passive Optical Networks), inicialmente con GPON y posteriormente con tecnologías 10G-PON.

Mientras tanto, las tecnologías PON de próxima generación (NG-PON) comenzaron a investigarse y desarrollarse. Todas estas tecnologías pueden mapearse dentro de una cierta generación. Las cinco generaciones de banda ancha fija no se han desarrollado a un ritmo constante. La infraestructura y sus despliegues se han convertido en una restricción importante para el desarrollo de la banda ancha. Las primeras generaciones con servicios de voz

permanecieron por más de un siglo, por ejemplo, mientras que la tecnología ADSL solo duró una década.

Soportada por la infraestructura telefónica internacional de cobre establecida en la primera generación, la segunda generación de redes fijas pudo realizar la transición de banda angosta a banda ancha reemplazando solamente el equipamiento en los sitios de las redes y de los usuarios, lo cual fue relativamente rápido y económico. Al principio del siglo XX, los mayores operadores globales ya habían implementado redes fijas de banda ancha en tan solo cuatro o cinco años.

La red telefónica de cobre original no puede soportar la tercera generación de sistemas. Tanto la tercera generación, “fiber-deep”, como la cuarta generación, “all-optical broadband”, requieren mayor adecuación a la infraestructura de las redes.

Un mayor número de líneas de acceso de fibra óptica requirió ser desplegada sobre la infraestructura existente, reemplazando los cables de cobre. Estas últimas dos generaciones de redes fijas se han estado desarrollando por ocho o diez años.

Con el tiempo, la tercera generación de redes estableció la fibra en los segmentos de provisión de servicios de las redes, mientras la cuarta generación estableció la fibra para los segmentos de distribución y acceso. Los operadores globales enfrentaron diversos retos económicos, el retorno sobre las inversiones fue insuficiente y el periodo de recuperación fue demasiado largo.

Por lo tanto, el desarrollo de las redes fijas alrededor del mundo ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. La buena noticia es que una vez que las redes se han convertido a fibra, se puede prever otro siglo con el uso de esta infraestructura. La quinta generación de redes fijas está basada en la cuarta generación de banda ancha de 100 Mbit/s de fibra óptica. Para la actualidad, las fibras ópticas se han extendido hasta los hogares, las aplicaciones de banda ancha se han enriquecido continuamente y la calidad del contenido ha sido mejorado crecientemente. Los requerimientos de las tecnologías de información de varias industrias han incrementado su refinamiento. La infraestructura ya está instalada o requiere extensiones menores. Especialmente para la banda ancha en el hogar, solo mejoras en los dispositivos de red son necesarios para incrementar significativamente la experiencia de los usuarios. Los operadores están encontrando la “singularidad” en las inversiones de redes, y la era de oro del desarrollo de las redes fijas pronto volverá. En la Tabla 1. Generaciones de Redes Fijas, se presenta un

breve resumen sobre los principales cambios entre una generación y otra y señala las principales características técnicas entre ellas como referencia.

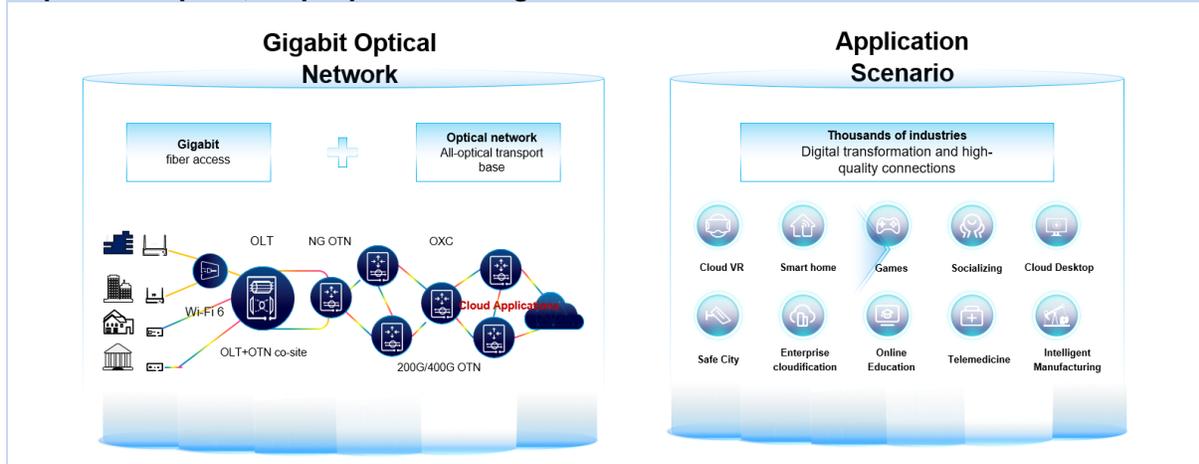
Tabla 1: Generaciones de redes fijas

Fixed Network Generation	F1G	F2G	F3G	F4G	F5G
Reference Wave	Kilobits	Megabits			Gigabits
Reference Downstream Bandwidth per User	<2 Mbps	2-30 Mbps	30-100 Mbps	100-1000 Mbps	1-10 Gbps
Reference Upstream Bandwidth per User	<2 Mbps	1/2 Mbps	15-100 Mbps	50-500 Mbps	1-10 Gbps
Reference Services	Voice (PSTN/SDN) Dial Internet	High Speed Internet (HSI) SD Video	HD Video	UHD 4K Video	VR Video Cloud Gaming Smart City
Reference Characterization	Narrowband (NB)	Basic Broadband (BBB)	Fast Broadband (FBB)	Ultra Fast Broadband (UFBB)	Gigabit Broadband (GBB)
Reference Architecture	CO LE	CO DSLAM	FTTC/FTTB	FTTH/FTTdp	FTTH/FTTR
Access Network Technology Reference	PSTN/SDN	ADSL/ADSL2+	VDSL2	GPON/G.fast	10GPON
Technical Specifications Reference	I.100-I.699	G.992.x	G.993.x	G.984.x G.9701	G.987.x (XG-PON) G.9807.x (XGS-PON)
On-Premise Network Technology Reference	RJ11/RJ45	FE+ WiFi1/WiFi2 (802.11b/802.11a)	FE+ WiFi3 (802.11g)	FE/GE+WiFi4/WiFi5 (802.11n/802.11ac)	GE/10G+WiFi6 (802.11ax)
Radio Frequency (RF) Video over Fibre (LAN Coaxial) Reference	No	No	No	Yes	Yes
Specification Timeline Reference	1988-1993	1999 (ADSL) 2003 (ADSL2+)	2006	2006 (GPON) 2014 (G.fast)	2017
Production Timeline Reference	1990	2000	2007	2010-2012 (GPON) 2016 (G.fast)	2018

Fuente: https://www.etsi.org/deliver/etsi_gr/F5G/001_099/001/01.01.01_60/gr_F5G001v010101p.pdf

La evolución de las tecnologías de acceso y transmisión como el acceso Gigabit por fibra más la red total óptica han evolucionado hacia un concepto de Red Gigabit Óptica que conlleva más escenarios de capacidades al desarrollo industrial basado en la transformación digital, como la realidad virtual en la nube, educación en línea, hogares inteligentes, manufactura inteligente entre otras.

Gráfico 3: Red Óptica Gigabit = Acceso a Fibra Óptica Gigabit + Base de Transmisión Óptica Completa, lo que permite la digitalización de industrias



Fuente: CAICT

3.1. Ciudad Gigabit

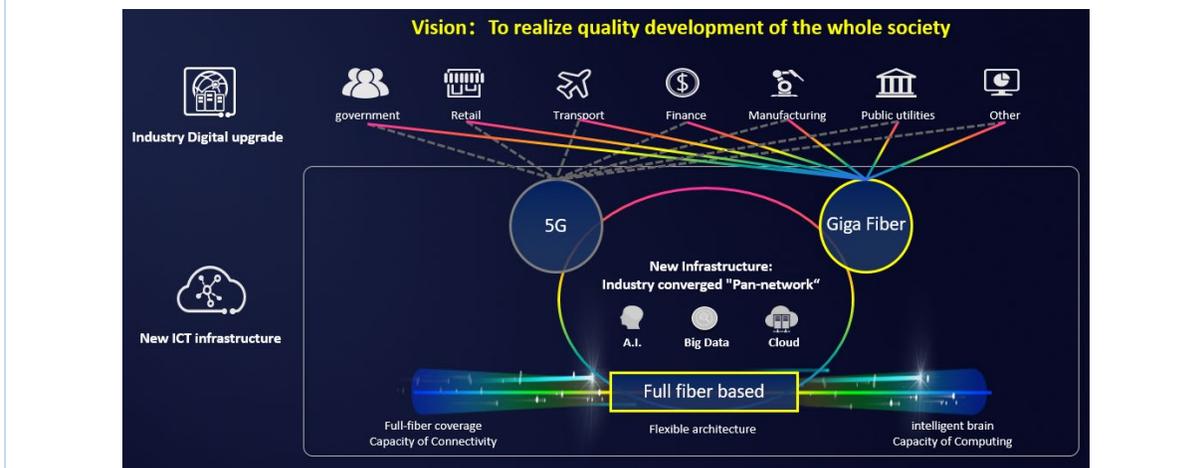
Ciudad Gigabit se refiere a una ciudad que tiene acceso generalizado a conexiones a Internet de alta velocidad, con velocidades iguales o superiores a 1 Gbps. Implica que la infraestructura y las capacidades de red en esa ciudad están diseñadas para soportar una conectividad a Internet extremadamente rápida. El objetivo de una ciudad inteligente es aprovechar la tecnología y los datos para crear un entorno urbano sostenible, eficiente y habitable que mejore el bienestar, la seguridad y la calidad de vida de sus residentes, al mismo tiempo que promueve el crecimiento económico y la protección del medio ambiente.

Las ciudades Gigabit atraen a empresas, startups y emprendedores que buscan una infraestructura digital avanzada. El Internet de alta velocidad fomenta la innovación, el espíritu empresarial y el desarrollo de nuevas tecnologías, lo que genera crecimiento económico, creación de empleo y oportunidades de inversión. Adicionalmente la tecnología juega un papel clave en el medio ambiente y la sustentabilidad; por ejemplo, las características de una ciudad Gigabit incluyen la conservación de energía y la eficiencia medioambiental, como el alumbrado público que se atenúa cuando las carreteras están vacías.

Estas tecnologías de redes inteligentes pueden mejorarlo todo, desde las operaciones hasta mantenimiento y planificación de suministro de energía eléctrica, así como la gestión de residuos y saneamiento a través de sistemas de recolección de basura, contenedores y gestión de flotillas habilitadas para Internet. La conectividad de fibra es esencial para las ciudades

Gigabit, incluidos, por ejemplo, los sistemas de transporte inteligentes y la aparición de vehículos autónomos conectados (CAV - Connected Autonomous Vehicles). Los automóviles, camiones y autobuses sin conductor pueden estar intrínsecamente conectados a información vital que reduzca el tráfico y haga más segura la conducción en las carreteras.

Gráfico 4: Las redes de fibra óptica son el soporte básico de las infraestructuras TIC, facilitando el crecimiento de la economía digital



Fuente: CAICT

3.2. Red de fibra en el hogar

La Calidad de la Experiencia es clave

La red en el hogar juega un papel importante en la forma en que los consumidores experimentan la prestación de sus servicios de banda ancha en sus domicilios. A medida que los operadores de red implementan redes de fibra óptica totales capaces de entregar múltiples Gigabits de banda ancha en el hogar, dicha inversión debe complementarse con soluciones inteligentes de banda ancha para el hogar (como Wi-Fi inteligente y monitoreo del tráfico en tiempo real) para abordar cualquier cuello de botella de conectividad en el hogar. De hecho, según las estadísticas y el análisis de los reclamos de los operadores de telecomunicaciones sobre la calidad de la banda ancha en el hogar, la ubicación y resolución de problemas, la red doméstica representa más del 70% de las quejas. Según las estadísticas y el análisis de problemas relacionados, el impacto de las redes en el hogar en la experiencia del uso del servicio se debe principalmente a la calidad de los terminales de acceso óptico (ONT- Optical Network Terminal), routers domésticos, construcción de redes Wi-Fi y la IPTV y el rendimiento de los decodificadores (STB- Set Top Boxes) de video.

Algunos problemas y causas típicas incluyen:

- El modelo ONT es antiguo y no admite servicios de acceso de ancho de banda de alta velocidad.
- La tasa de velocidad Wi-Fi de banda única de 2.4 GHz es baja debido a la limitación de rendimiento del router.
- Los cables de red categoría 5 (CAT5) están desplegados en el interior de la vivienda. Debido a problemas de distribución y calidad de los cables, el ancho de banda máximo es de 100 Mbit/s. Si se conecta un router adquirido por el usuario a una red de banda ancha doméstica a través de un cable de red, no es posible alcanzar la velocidad que el usuario contrató.

Según las estadísticas de los proveedores de servicios, los problemas relacionados con el Wi-Fi representan aproximadamente el 60% de estos problemas. Por lo tanto, resolver los problemas de Wi-Fi del servicio de banda ancha en el hogar mejorará en gran medida la experiencia del usuario.

Pasos clave para proporcionar una experiencia de alta calidad en la red en el hogar

En el futuro, los productos utilizados por los hogares estarán más diversificados. Varios dispositivos inteligentes dependerán de las redes para interconectarse y conformar hogares inteligentes. Para crear una experiencia red de alta calidad, los usuarios pueden intentar resolver el problema por sí mismos o buscar ayuda del equipo de servicio de atención al cliente de su proveedor de servicios. Por ejemplo, los usuarios finales pueden:

- Seleccionar una velocidad de suscripción de banda ancha en el hogar de 1 Gbps y utilizar terminales de acceso óptico (ONT) con servicio de alta velocidad GPON.
- Optimizar la configuración de la red Wi-Fi en el hogar para lograr una cobertura de señal Wi-Fi general de alta calidad y garantizar una experiencia de usuario de alta calidad.

En cuanto a la red Wi-Fi en el hogar, los ONT duales de 10GPON + Wi-Fi 6 de doble banda con 2,4 GHz y 5 GHz, pueden utilizarse con los correspondientes extensores o puntos de acceso en función de tres escenarios diferentes: pequeño para cubrir áreas menores a 90 m², mediano para cubrir áreas entre 90 m² y 240 m², y villa para cubrir áreas mayores a 240 m². Los usuarios finales en el hogar también pueden consultar al equipo de servicio al cliente del proveedor de servicios y adquirir el servicio de Internet de banda ancha y el plan de asistencia técnica más

adecuados para satisfacer sus necesidades de conectividad y mejorar la calidad de experiencia de la red en el hogar.

Utilizar equipos terminales (CPE) de alta calidad para garantizar la experiencia del servicio y seleccionar productos y soluciones profesionales para aplicaciones emergentes de servicios. Utilizar STB y televisores compatibles con video 4K para mejorar la calidad de la imagen y la comodidad de la experiencia televisiva. Para los usuarios de servicios de Internet de banda ancha en el hogar emergentes, como Cloud VR, juegos en línea y almacenamiento en la nube, se recomienda que adquieran productos y soluciones profesionales y confiables de proveedores de servicios garantizados.

Implementar cables de red de categoría 6 (CAT 6) que soporten Gigabit Ethernet para distancias mayores a 100 metros, o fibra óptica hasta la habitación (FTTR) si es posible que soporte velocidades Gigabit sin limitaciones de distancia. Cuando el dispositivo (home Gateway) se conecta a dispositivos que requieren capacidades de red de alta calidad, como routers Wi-Fi, extensores, decodificadores (STB) y televisores, es preferible el modo alámbrico con cables de red o fibra óptica, para garantizar una experiencia de usuario de alta calidad.

IV. Importancia de la conectividad de banda ancha de fibra

4.1. La banda ancha de fibra óptica contribuye al crecimiento económico y al bienestar social

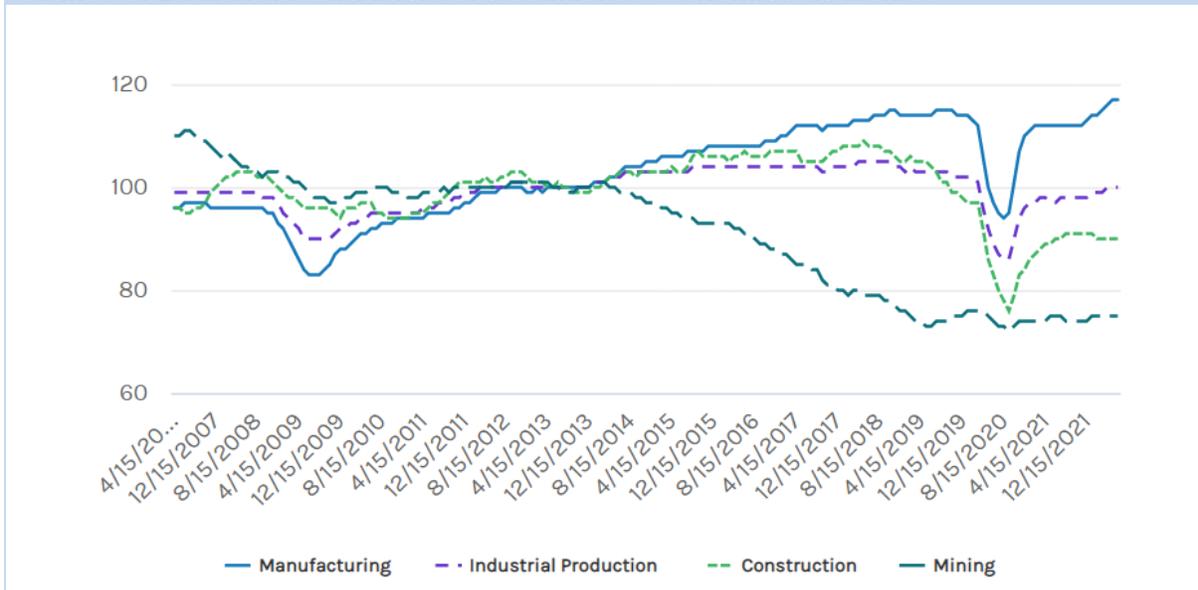
El análisis realizado por la UIT de más de 200 estudios sobre el impacto de la banda ancha concluye que un aumento del 10% en la penetración de la banda ancha produce un incremento del Producto Interno Bruto (PIB) que oscila entre el 0.25 y el 1.5%.

En su propio estudio, el Banco Mundial también estima que por cada aumento del 10% en la penetración de la banda ancha fija, el PIB aumenta en áreas económicamente desarrolladas en un 1.21% y en un 1.38% en áreas en desarrollo. Además, la OCDE estimó que por cada aumento del 10% en la penetración de la banda ancha puede aumentar la productividad laboral en un 1.5%, y un estudio del BEI afirma que cada duplicación de la velocidad de la banda ancha puede generar un mayor crecimiento del PIB del 0.3%⁶.

⁶ Fuente de la UIT : https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF.BDT_AM-2019-PDF-E.pdf

México ha sido atractivo para la inversión extranjera, que está fuertemente impulsada por los ajustes de la cadena de suministro global. Cada vez más empresas eligen a México como centro manufacturero de los mercados en América. Como signatario del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), México tiene una gran ventaja en materia de transporte y aduanas en comparación con otros mercados latinoamericanos.

Gráfico 5: La Manufactura lidera el crecimiento económico de México



Fuente: Haver analytics, pronósticos de investigación de Morgan Stanley

Las exportaciones manufactureras representan actualmente alrededor del 40% de los 1.3 billones de dólares de la economía mexicana. Este aumento estimado representa más del 10% del PIB⁷. Mientras tanto, nuevas inversiones impulsadas por el *nearshoring* podrían alcanzar

Fuente del Banco Mundial : <https://documents1.worldbank.org/curated/en/178701467988875888/pdf/102955-WP-Box394845B-PUBLIC-WDR16-BP-Exploring-the-Relationship-between-Broadband-and-Economic-Growth-Minges.pdf>

Fuente OCDE : https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0025/113299/economic-broadband-oecd-countries.pdf

⁷ Morgan Stanley, <https://www.morganstanley.com/ideas/mexico-nearshoring-gdp-growth>

Fuente de la UIT : https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF.BDT_AM-2019-PDF-E.pdf

Fuente del Banco Mundial : <https://documents1.worldbank.org/curated/en/178701467988875888/pdf/102955-WP-Box394845B-PUBLIC-WDR16-BP-Exploring-the-Relationship-between-Broadband-and-Economic-Growth-Minges.pdf>

Fuente OCDE : https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0025/113299/economic-broadband-oecd-countries.pdf

aproximadamente \$46 mil millones de dólares en los próximos cinco años, contribuyendo a impulsar el crecimiento anual del PIB de México hasta alrededor del 3% entre 2025 y 2027.

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) permiten la manufactura inteligente con redes industriales totalmente ópticas. La manufactura inteligente es una integración profunda de las TIC de próxima generación y las tecnologías manufactureras. Su objetivo es construir una nueva infraestructura de red que conecte personas, máquinas y cosas a través de una conectividad total centrada en los datos y una base de red industrial totalmente óptica⁸.

Las redes de fibra óptica son un requisito previo para la modernización de todas las industrias, incluida la manufacturera. En las fábricas inteligentes una red de fibra óptica implementa la supervisión y programación en tiempo real con ancho de banda de alta velocidad, conexiones masivas y alta confiabilidad, y admite el monitoreo remoto y el control preciso con baja latencia y de la tasa de pérdida de paquetes.

Todo ello requiere redes de fibra óptica con ancho de banda de alta velocidad, así como baja latencia y *jitter*. En el proceso de manufactura real, el *jitter* para el monitoreo remoto y el control preciso en el ámbito de la ingeniería debe mantenerse por debajo de un milisegundo.

Gráfico 6: Tres escenarios centrales de la manufactura inteligente

	Big data collection	Remote monitoring	Precise control
Characteristics	Connected devices and closed-loop from production to sales	Devices enabled by fiber optic networks for real-time remote monitoring of working status and fault detection	High-frequency multi-antenna technology and millisecond-level latency for efficient and precise industrial control
Bandwidth	≥50Mbps	≥500Mbps	~1Gbps
Latency	≤100ms	<10ms	1-10ms
Jitter	-	<1ms	<100μs

Fuente: Entrevistas a expertos, Investigación documental, Análisis de EY (Gráfico 11)

⁸ Ernst & Young, Informe Técnico de la Industria Global de Comunicaciones Ópticas, 2021

4.2. Alto ancho de banda y baja latencia

Las redes totalmente ópticas basadas en fibra son reconocidas por proporcionar redes de comunicaciones sostenibles y rentables con alto ancho de banda, estabilidad, confiabilidad y latencia reducida.

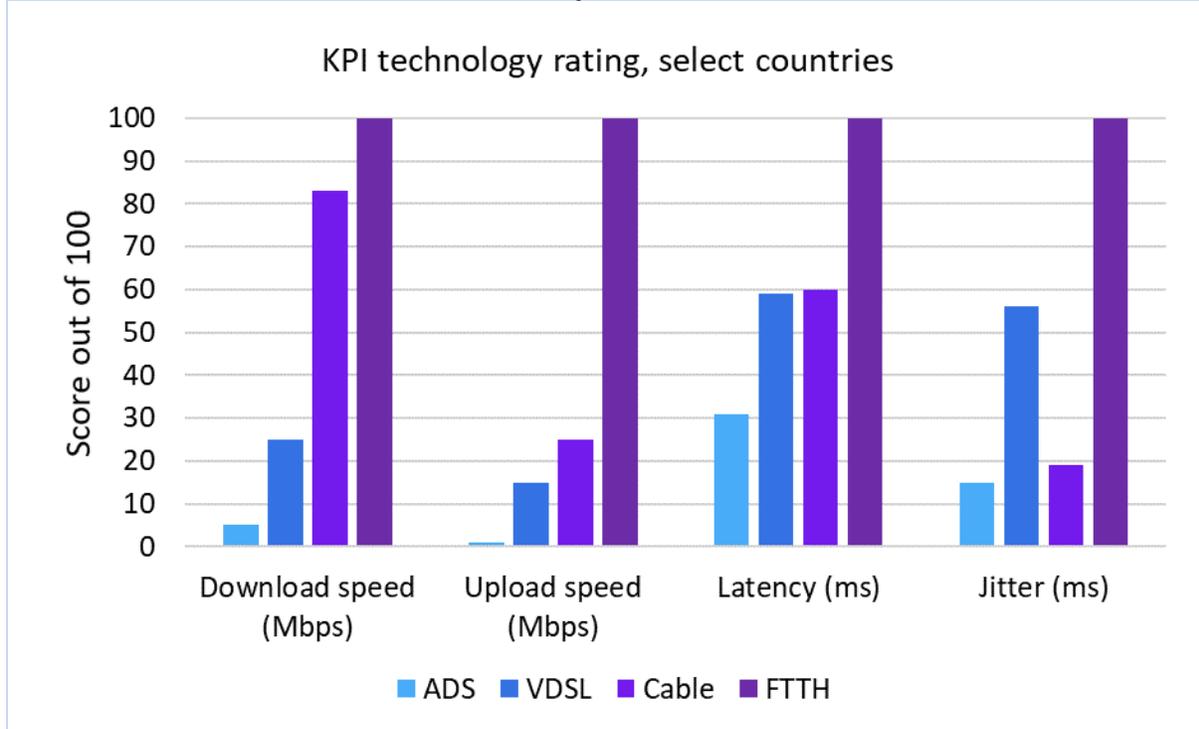
Basándose en datos de redes reales del informe de Medux "*Banda ancha fija residencial en Europa*", el Gráfico 7 ilustra cómo la fibra supera a otras tecnologías en todas las áreas. Estos Indicadores Clave de Desempeño (KPI) de calidad de servicio (QoS) tienen un impacto significativo en la calidad de experiencia (QoE) de las aplicaciones. Las experiencias de la navegación web, la transmisión de video, los juegos y servicios en la nube pueden verse afectados de manera significativa en función de los valores reales o promedio/medios, pero lo más importante es la estabilidad de esos indicadores clave de desempeño a lo largo del tiempo, especialmente durante las horas pico. Dado que una red totalmente basada en fibra óptica no solo supera a otras tecnologías en todas las métricas de QoS, sino que también tiene propiedades superiores de estabilidad de red, está demostrado que ofrece al cliente la mejor calidad de servicio.

Esta mejora general de la experiencia del cliente ha proporcionado a los operadores de fibra hasta el hogar (FTTH) una ventaja competitiva sobre otras formas de servicios de banda ancha competidoras en forma de puntuaciones superiores del índice de promotores neto (NPS - Net Promoter Score) y una reducción de la rotación de clientes. El NPS es una métrica de investigación de mercado que se basa en una encuesta de una sola pregunta en la que se pide a los encuestados que califiquen la probabilidad de que recomienden una empresa, producto o servicio a un amigo o colega. Para los proveedores de servicios de Internet, el NPS es un indicador importante de la lealtad y satisfacción del cliente con su servicio de Internet de banda ancha. Por ejemplo, en 2019, el operador español Masmovil encabezó el ranking de calidad de la red con su red de fibra hasta las instalaciones (FTTP), lo que le permitió presumir de un NPS por delante de sus competidores en ese momento. Del mismo modo, el proveedor alternativo suizo de banda ancha de fibra Salt, que ingresó al mercado en 2018 para competir con el incumbente Swisscom y el operador de cable UPC, logró la puntuación más alta entre los proveedores suizos de banda ancha dentro del año posterior al lanzamiento de su servicio basado totalmente en fibra.

Al igual que con los servicios para consumidores, la fibra hasta el edificio (FTTB) garantiza a las empresas un rendimiento óptimo de la red, asegurando un servicio más confiable, estable y

rápido, proporcionando una red preparada para el futuro para maximizar la eficiencia operativa, siempre que pueda proporcionarse al costo adecuado.

Gráfico 7: Las redes FTTH brindan una experiencia verdaderamente de alta calidad



Fuente: Medux, Omdia (incluye Alemania, España, Grecia, Irlanda, Italia, Portugal, Reino Unido y Francia)

4.3. Conexiones de mejor calidad en escenarios más diversificados

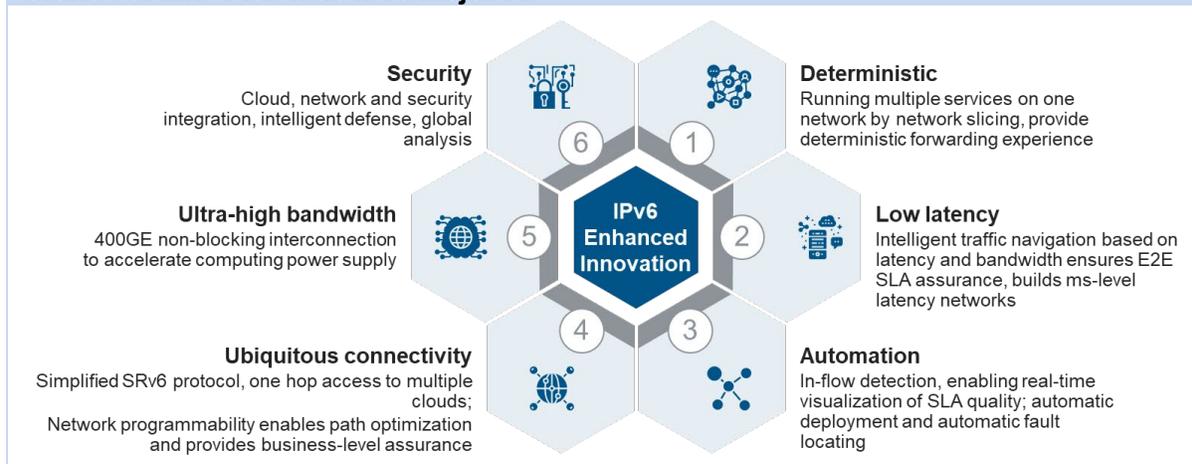
Una consecuencia positiva directa de la adopción masiva de redes de banda ancha de fibra es que permite conectar más dispositivos simultáneamente en el mismo hogar sin que ello repercuta en la calidad de la experiencia, como por ejemplo el acceso simultaneo a múltiples dispositivos que acceden a servicios de *streaming* de video de alta definición. Pronto, los dispositivos de Internet de las cosas (IoT) requerirán más direcciones IP y la adopción del Protocolo de Internet versión 6 (IPv6) será inevitable para respaldar el creciente número de conexiones.

Además de más conexiones, los nuevos casos de uso propiciados por la adopción de redes de banda ancha de fibra tendrán mayores exigencias en estas conexiones en términos de calidad de la experiencia (por ejemplo, Metaverso, 3D a simple vista, vehículos autónomos, etc.). Conocidos colectivamente como IPv6 Mejorado, existe una serie de protocolos estándar

innovadores que tienen como objetivo ofrecer una mejor calidad de servicio a las conexiones en escenarios más diversificados.

Las mejoras en calidad pueden obtenerse en las siguientes seis dimensiones: ultra banda ancha, ubicuidad, determinismo, baja latencia, automatización y seguridad, beneficiando a servicios para gobiernos, operadores y empresas en diversas industrias y escenarios de uso, así como a servicios residenciales.

Gráfico 8: Innovación de IPv6 mejorado



Fuente: IPv6

Entre las tecnologías de innovación clave figuran SRv6 (Segment Routing over IPv6), Network Slicing (Segmentación de Red), IFIT (In-Situ Flow Information Telemetry), BIERv6 (Bit Index Explicit Replication), APN6 (Application-aware IPv6 Networking), etc., todas ellas desarrolladas en organismos internacionales de estandarización como el IETF (Internet Engineering Task Force).

4.4. Crecimiento verde: bajo en carbono y sustentabilidad

La sustentabilidad se está convirtiendo cada vez más en una prioridad clave. Según el informe SMART 2030 de GeSI, la adopción de soluciones TIC en sectores y servicios esenciales como la energía, el transporte, el comercio y la construcción reduciría las emisiones globales de carbono hasta en un 15% y ahorraría hasta 600 millones de euros al tiempo que crearía 15 millones de empleos “verdes” (amigables con el medioambiente).

La agenda verde se ha convertido en un tema importante para los gobiernos nacionales como para las empresas privadas. Muchos proveedores de servicios de Internet de banda ancha ya han adoptado elementos medioambientales en su lista de valores corporativos. Pasarse a una red 100% de fibra óptica puede contribuir con estas iniciativas, ya que la fibra tiene varias propiedades inherentes que la hacen más amigable con el medio ambiente en comparación con las redes basadas en cobre.

Las redes de fibra óptica requieren mucho menos equipos activos sobre el terreno para alimentarlas, lo que reduce significativamente el consumo de energía. Una red de distribución óptica (ODN) requiere cero energías eléctricas. Además, debido a la capacidad de ancho de banda significativamente mayor de la fibra a una fracción del tamaño y peso del cableado de cobre, requiere significativamente (mucho) menos energía por bit. Normalmente, según el proveedor de equipos Huawei, por cada 10,000 conexiones de acceso que evolucionan del acceso de cobre a una GPON FTTH, el operador ahorra más de 1,500 kWh de energía.⁹

En 2019, Telefónica (España) afirmó que su red FTTH era un 85% más eficiente energéticamente que su antigua infraestructura de cobre, y había reducido el consumo de energía en 208 GWh en tres años, lo que representaba una reducción de 56,500 toneladas de emisiones de CO₂.¹⁰

Además, según el informe Idate¹¹, el consumo de energía de la banda ancha de fibra es tres veces menor que el de xDSL y 10 veces menor que el de la tecnología móvil 4G.

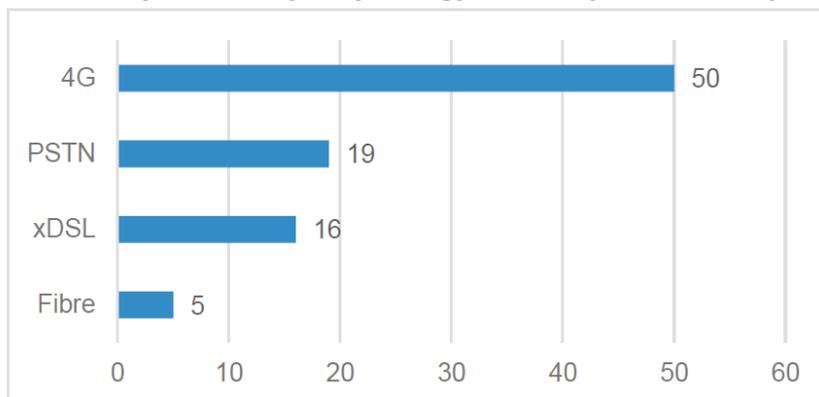
⁹ Source: Idate DigiWorld, Fiber for a [sustainable](#) future, 2022

¹⁰ Source: Idate DigiWorld, Fiber for a [sustainable](#) future, 2022

¹¹ Source: Idate DigiWorld, Fiber for a [sustainable](#) future, 2022

Gráfico 9: Comparación del consumo anual de energía en kWh por línea

Figure 5: Comparison of yearly energy consumption in kWh per line *



Source: IDATE DigiWorld based on ARCEP report (réseau du future, empreinte carbone numérique)
* Based on 7 GB monthly data consumption per line

Fuente: IDATE DigiWorld basado en el informe ARCEP (Gráfico 5) / febrero 2022

4.5. Duradero y fiable

Las redes de fibra óptica están preparadas para el futuro. Desde una perspectiva técnica, la capacidad de la fibra óptica es 1000 veces mayor que la del cobre (vida media de las redes de cobre en condiciones ideales superior a 40 años) y el cable (la vida útil de las redes coaxiales puede variar, pero en condiciones ideales es de más de 40 años) y también dependerá de las condiciones de mantenimiento. La vida útil de una red de fibra óptica es de 30 años y puede soportar sin problemas la actualización de diferentes generaciones de tecnologías ópticas.¹²

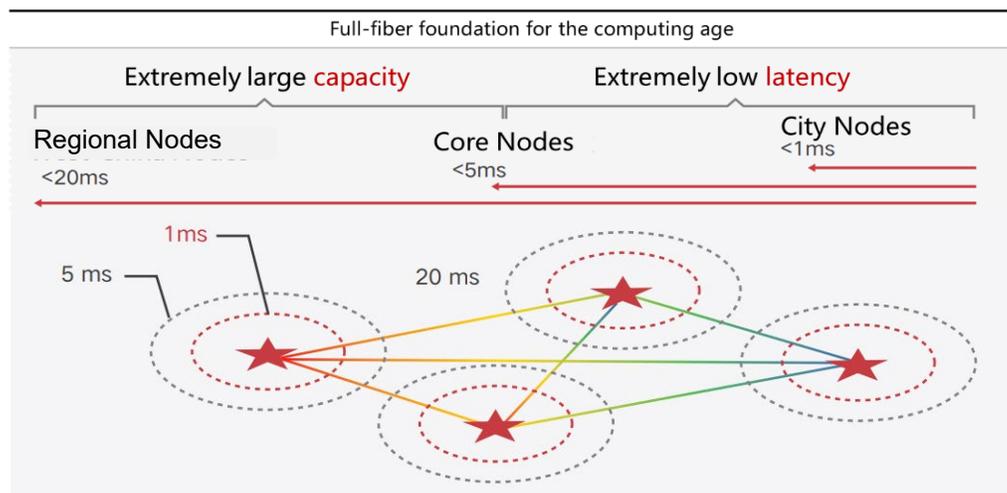
La capacidad de la red troncal determina el límite de rendimiento de una red troncal nacional. Las tecnologías de fibra óptica proporcionan suficiente capacidad para la evolución de la red. Con una inversión única en la red troncal de fibra, una red troncal nacional está preparada para el futuro y lista para integrar generaciones de diversas tecnologías de acceso.

El desarrollo de la AI, los servicios en la nube y el *Big Data* impulsarán la economía nacional y el crecimiento de los proveedores de servicios, pero también requieren una red de alto

¹² (Fuente: EY, The Backbone of Digital Economies: The Revolution of Global Industries through Optical Communications)

rendimiento. La AI generativa mejora la productividad, sin embargo, para cualquier empresa o individuo que desee utilizar la AI para aumentar su productividad, es esencial estar conectado a una red que pueda soportar la enorme potencia informática que hay detrás de la AI. Dado el hecho de que dicha potencia informática normalmente existe en los nodos informáticos repartidos por todo un país y en la nube, la calidad de la conexión determina hasta qué punto cualquier entidad o individuo podrá utilizar y beneficiarse de esta herramienta de productividad de nueva generación.

Gráfico 10: Base de fibra completa para la era de la informática



Fuente: <http://www.cww.net.cn/article?id=568563> página 15

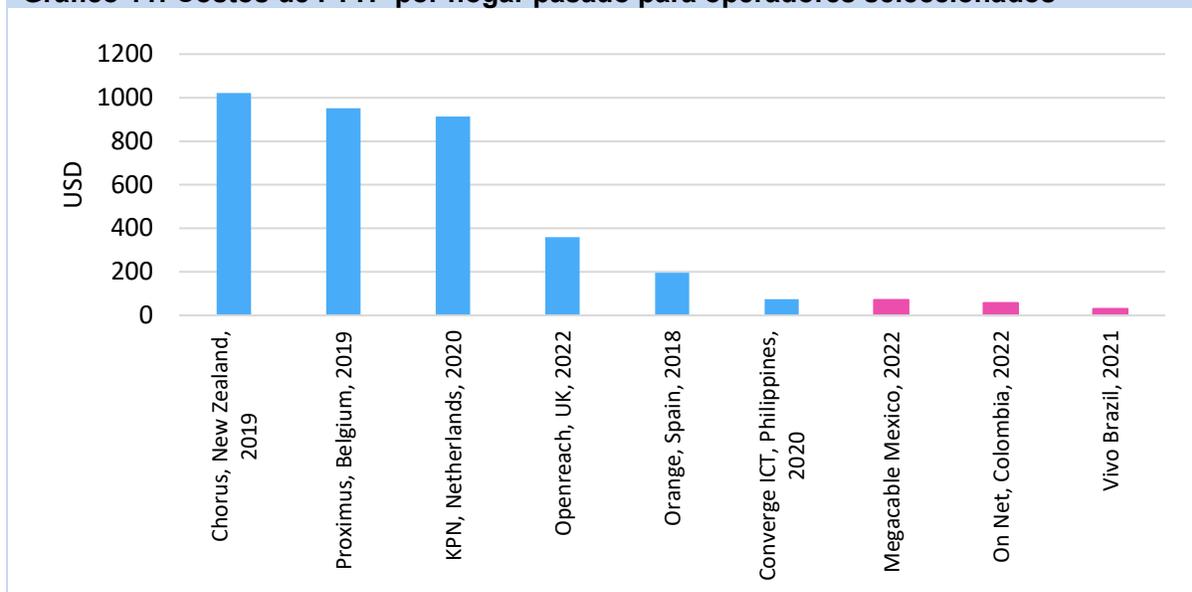
4.6. Costo global de construcción bajo

Los costos de FTTP por hogar pasado en México y América Latina son muy bajos en comparación con los mercados desarrollados y pueden rondar los \$60 USD (ver Gráfico 11) de acuerdo con la información de operadores seleccionados reportada por Omdia. Para México, Omdia estimó que Megacable tuvo un costo de fibra de \$71 USD por hogar pasado (información reportada en 2022), mientras que On-Net Colombia tuvo un costo de \$57 USD por hogar pasado y Vivo Brasil alrededor de \$30 USD en 2021. Esto mejora significativamente la rentabilidad y el caso de negocio de los despliegues de FTTP. Son varias las razones que explican los bajos costos de FTTP por hogar pasado en América Latina:

- Los ingresos más bajos en la región ayudan a reducir los costos de mano de obra, que pueden ser un componente importante de los costos de despliegue de fibra en Europa occidental, por ejemplo.

- América Latina es una región altamente urbanizada, lo que ayuda a reducir los costos generales de despliegue. Según cifras del Banco Mundial en 2022, 81% de la población en México vivía en áreas urbanas. Esto se compara con solo 57% a nivel mundial en general, 42% en África subsahariana y 35% en el sur Asia. La densidad de población en áreas urbanas en México y América Latina también puede ser alta, lo que reduce los requisitos de despliegue de la fibra.
- Los despliegues de FTTP pueden realizarse en su mayoría en forma aérea en América Latina, lo que reduce significativamente el tiempo y los costos necesarios para los despliegues. En países con costos FTTP muy altos por instalación muy elevados, como Bélgica y Alemania, esto suele deberse al hecho de que no hay ductos subterráneos existentes que puedan utilizarse para el despliegue de FTTP, ya que los cables de cobre están enterrados directamente.

Gráfico 11: Costos de FTTP por hogar pasado para operadores seleccionados

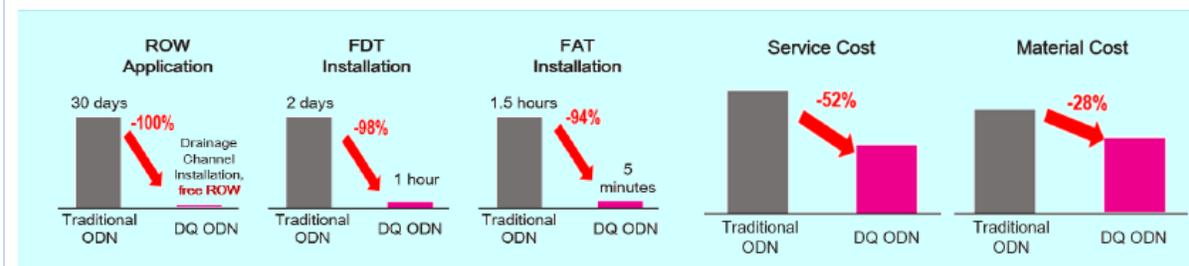


Fuente: Operadores reportados y Omdia. En algunos casos, por ejemplo, Orange España y Megacable México, estimado por Omdia a partir de cifras de costo total informada por el operador con cifras de hogares pasados reportados por el operador.

Además, la última solución de fibra está reduciendo drásticamente los costos de despliegue. Por ejemplo, la red de distribución óptica rápida y digitalizada (DQ ODN es una solución completamente preconectada) puede realizar la instalación por drenaje, lo que exime de la

aprobación de derechos de vía. Por lo tanto, el lapso de construcción anterior de 30 días puede acortarse a menos de un día.

Gráfico 12: Comparación de costos ODN tradicional (solución de fusión) vs DQ ODN

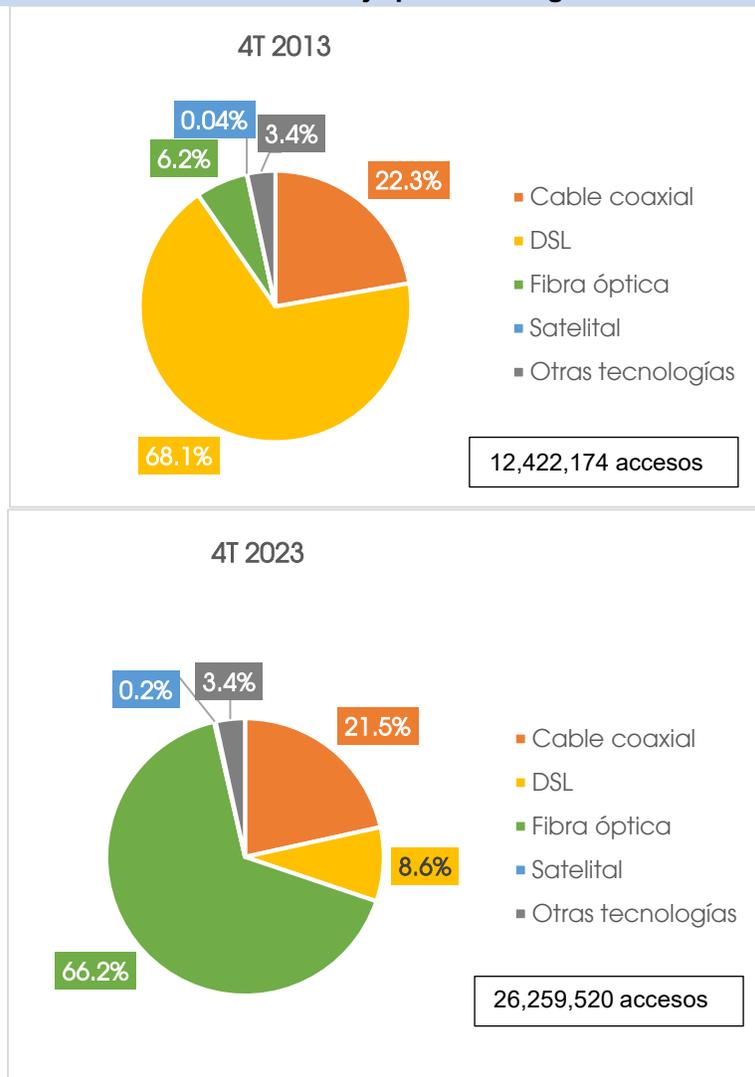


Fuente: De Huawei Malaysia Operator TIME Case

V. Estado y Retos del desarrollo de la Banda Ancha en México

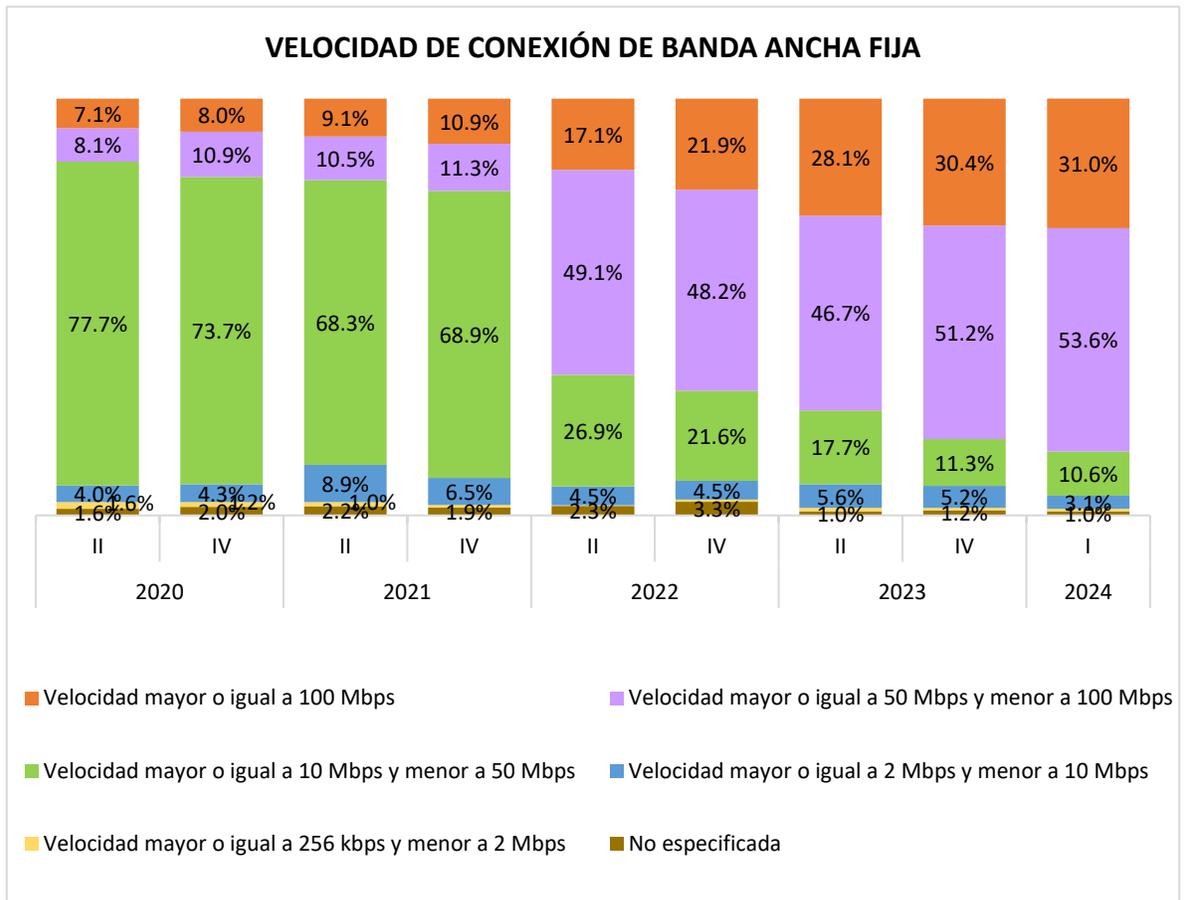
En los últimos años, el mercado mexicano de banda ancha por fibra óptica se ha desarrollado rápidamente, y tanto la cobertura como la velocidad han mejorado significativamente (véanse los Gráficos 13 y 14).

Gráfico 13: Evolución de la banda ancha fija por tecnología en México



Fuente: IFT

Gráfico 14: Evolución de la banda ancha fija por velocidad de descarga en México

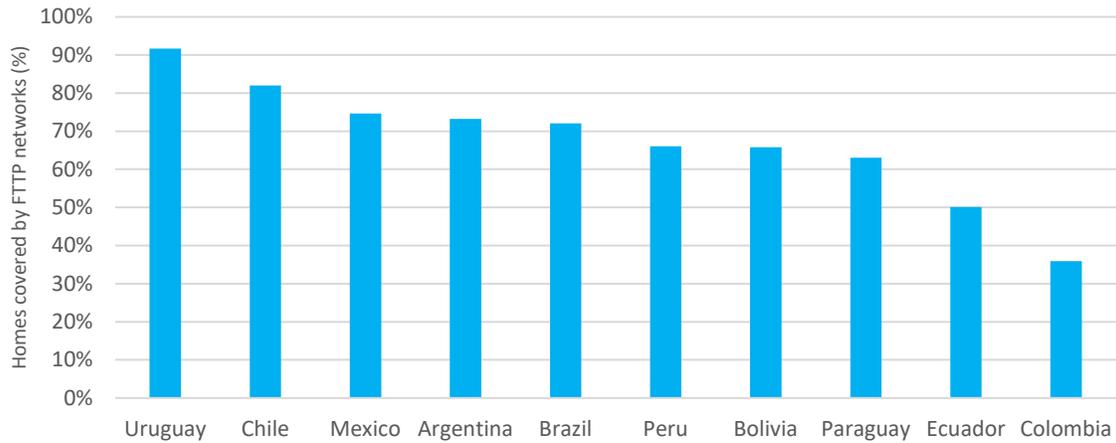


Fuente: IFT

5.1. Cobertura de banda ancha de fibra y estado de penetración

Para acelerar la disponibilidad de redes de banda ancha de alta calidad, es esencial que los operadores de redes mexicanos continúen con sus esfuerzos de despliegue de redes de fibra. A fines de 2023, alrededor de 75% de los hogares mexicanos contaban con cobertura de redes pasadas con fibra, esto implica un nivel de cobertura FTTP por debajo de varios países pares de la región.

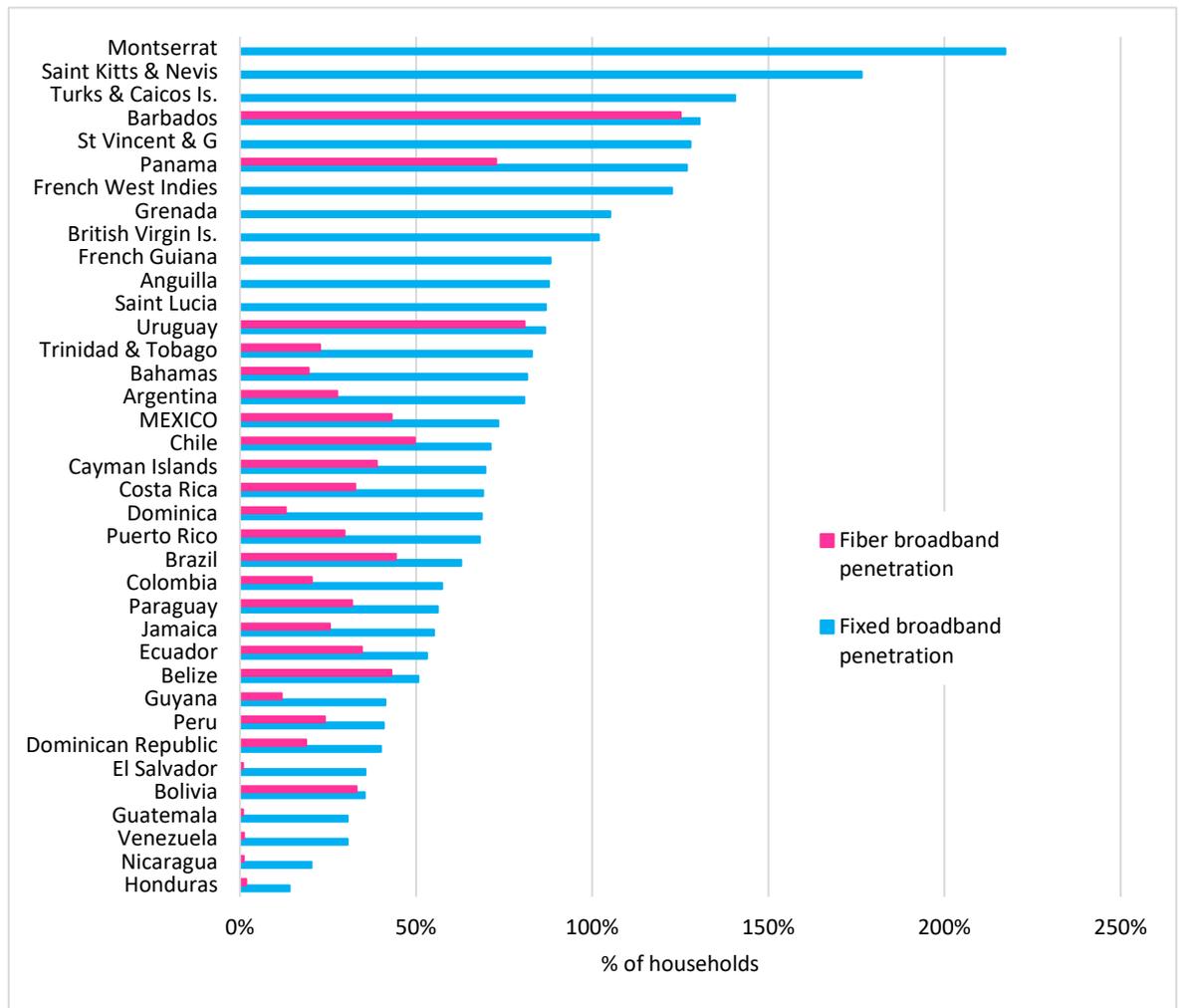
Gráfico 15: Cobertura FTTP en países de América Latina, 2023



Fuente: Fiber Development Index de Omdia - Índice de Desarrollo de Fibra de Omdia 2024, información de enero de 2024

México está por encima del promedio regional de América Latina con una penetración de banda ancha fija en los hogares de 73%, pero solo 43% de los hogares mexicanos cuenta con una conexión de banda ancha de fibra óptica.

Gráfico 16: Penetración de Banda Ancha y penetración de fibra óptica en hogares en países de América Latina, 2023

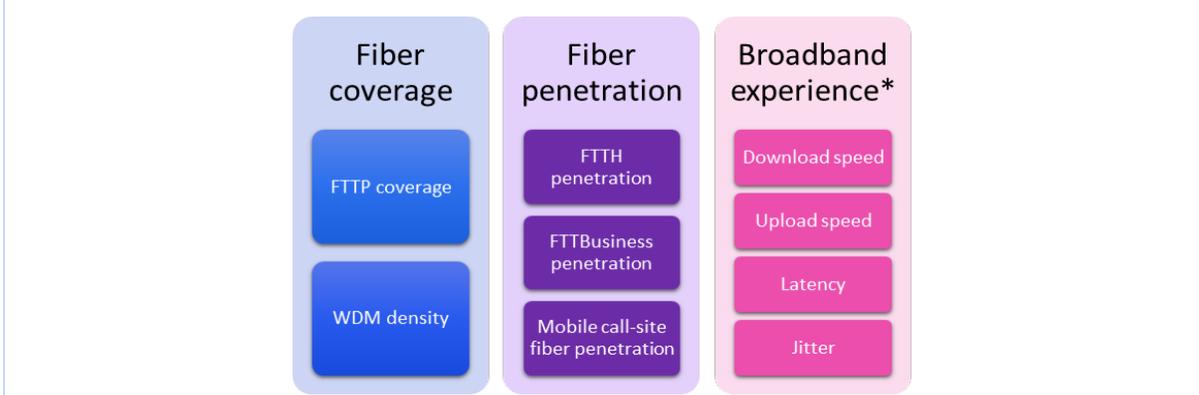


Fuente: Omdia

Nota: La penetración de banda ancha fija y de banda ancha de fibra se calcula utilizando los datos totales de suscripción de banda ancha, que incluyen suscripciones de banda ancha tanto empresariales como de consumidores.

En 2020, Omdia diseñó su Fiber Development Index (Índice de Desarrollo de Fibra, 2024 es su quinta edición), que realiza un seguimiento de la inversión de los países en fibra, tanto en las redes de acceso, troncales y core a través de cinco métricas clave. Para medir el impacto de esta inversión, Omdia mide la experiencia global de banda ancha a través de cuatro métricas adicionales (Gráfico17).

Gráfico 17: Índice de Desarrollo de Fibra de Omdia

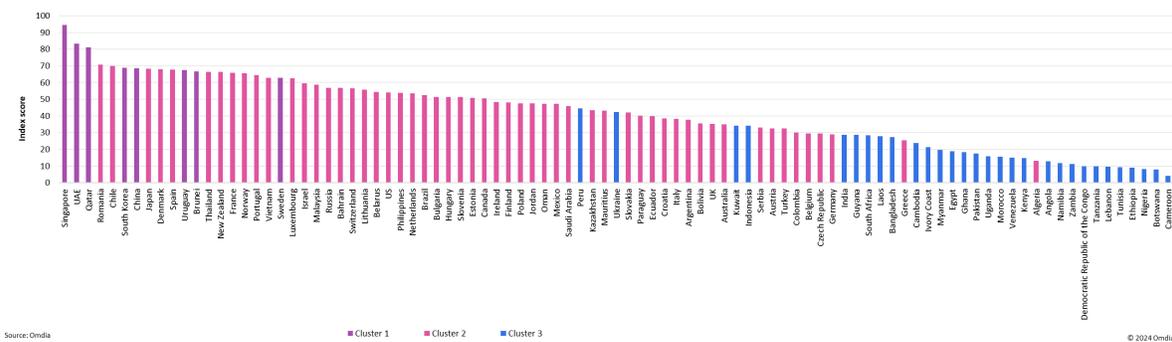


Fuente: Las mediciones de la experiencia del usuario de *banda ancha de Omdia se basan en el análisis de Omdia de los datos de prueba de velocidad de Ookla

El Fiber Development Index -Índice de Desarrollo de Fibra de Omdia cubre 93 países y territorios de diferentes tamaños, perfiles demográficos y geográficos y niveles de desarrollo de banda ancha. En América Latina, Chile y Uruguay destacan en los quince primeros países del ranking, mientras que el resto de los países latinoamericanos aún están rezagados en el desarrollo y adopción de fibra. México se encuentra en la posición 42, ascendiendo tres posiciones desde el ranking de 2023.

Gráfico 18: Índice de Desarrollo de Fibra de Omdia: Chile es el país latinoamericano líder en el Índice de Desarrollo de Fibra 2024 (FDI)

Fiber Development Index Ranking 2024



Fuente: Omdia FDI - <https://omdia.tech.informa.com/om032629/fiber-development-index-2024>

Tabla 2: Clasificación de la experiencia global de banda ancha por métrica para los países de América Latina

Country	Median download speed	Median upload speed	Median latency	Median jitter
Chile	90	72	82	79
Uruguay	55	13	91	79
Brazil	57	38	91	79
Colombia	48	21	39	35
Peru	54	38	68	79
Paraguay	32	12	51	48
Argentina	30	15	29	35
Ecuador	32	36	91	79
Mexico	26	17	82	48
Guyana	29	13	91	35
Bolivia	13	7	35	29
Venezuela	20	21	51	29

Fuente: Índice de Desarrollo de Fibra de Omdia

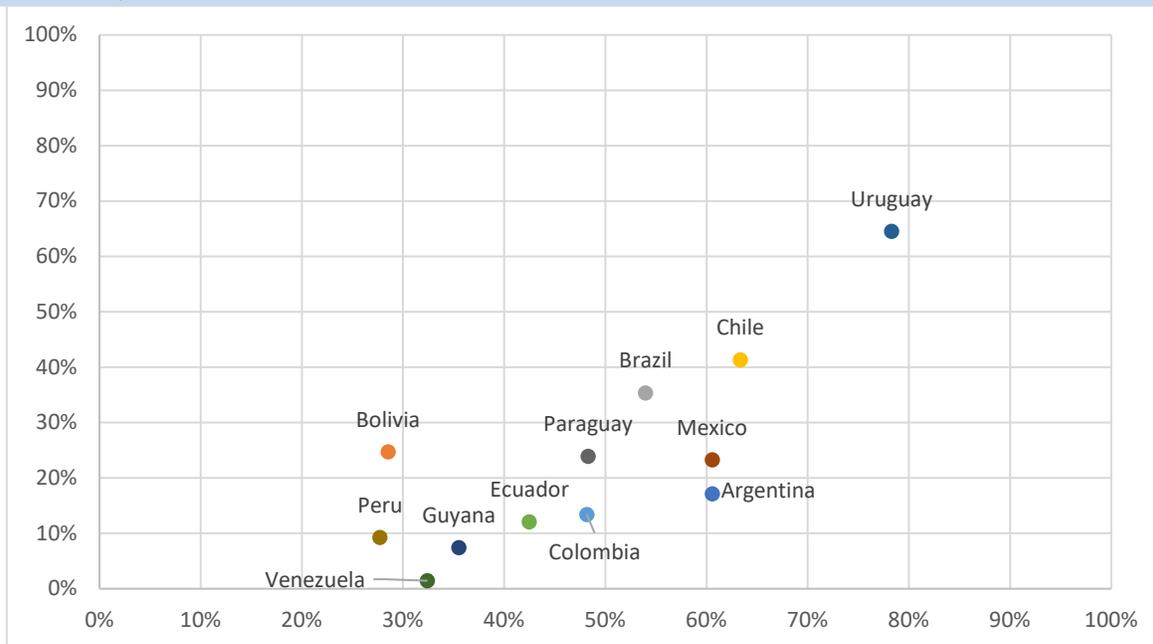
México avanza en el ranking cada año, ganando posiciones, pero aún se encuentra por debajo de la mitad de la tabla del ranking. El desafío para México, como para todos los países emergentes de banda ancha, será continuar expandiendo las redes FTTH para poder avanzar y convertirse en un país avanzado de banda ancha basado en fibra.

Tabla 3: Índice de Desarrollo de Fibra de Omdia-México

Rango	País / Territorio	Cambio de rango 2022-23	Puntuación del Índice 2020	Puntuación del Índice 2021	Puntuación del Índice 2022	Puntuación del Índice 2023	Puntuación del Índice 2024
42	México	3	23	28	34	40	47

Fuente: Índice de Desarrollo de Fibra de Omdia (FDI)

Gráfico 19: Penetración de banda ancha residencial en los hogares frente a penetración de FTTH, FDI 2024



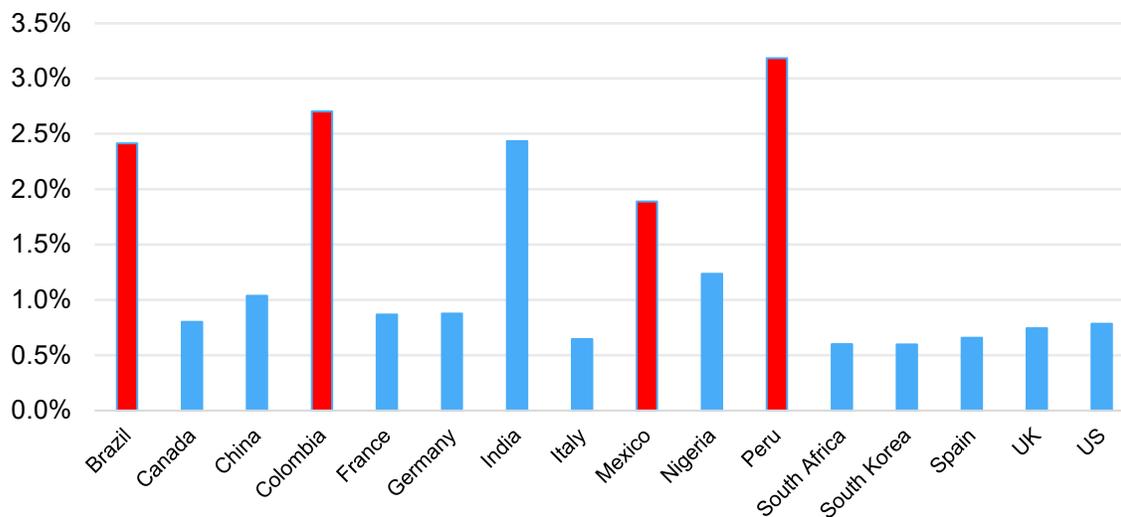
Fuente: Omdia

Nota: En el Índice de Desarrollo de Fibra, Omdia utiliza datos reales de penetración residencial, es decir, incluyendo solo las suscripciones totales de banda ancha y banda ancha de fibra adquiridas por clientes residenciales, excluyendo todas las suscripciones empresariales, así como las suscripciones de planes de banda ancha para pequeñas y microempresas.

Aunque no es una “bala de plata”, la banda ancha fija puede contribuir a aumentar la riqueza general, así como la igualdad de ingresos, al mejorar la educación de la población y la movilidad ocupacional, dos de los impulsores clave de la desigualdad de ingresos. Sin embargo, para hacerlo, la banda ancha debe estar disponible para todos y, por lo tanto, debe hacerse asequible para todas las clases sociales. El gráfico 20 ilustra que actualmente los precios de la banda ancha pueden ser altos como proporción del PIB per cápita en los países latinoamericanos. El precio mínimo de la banda ancha fija en México ronda el 1.9% del PIB per cápita, lo que lo ubica por encima de varios países desarrollados, pero en mejor posición que Perú, Brasil y Colombia que están por encima del 2.5% del PBI per cápita.

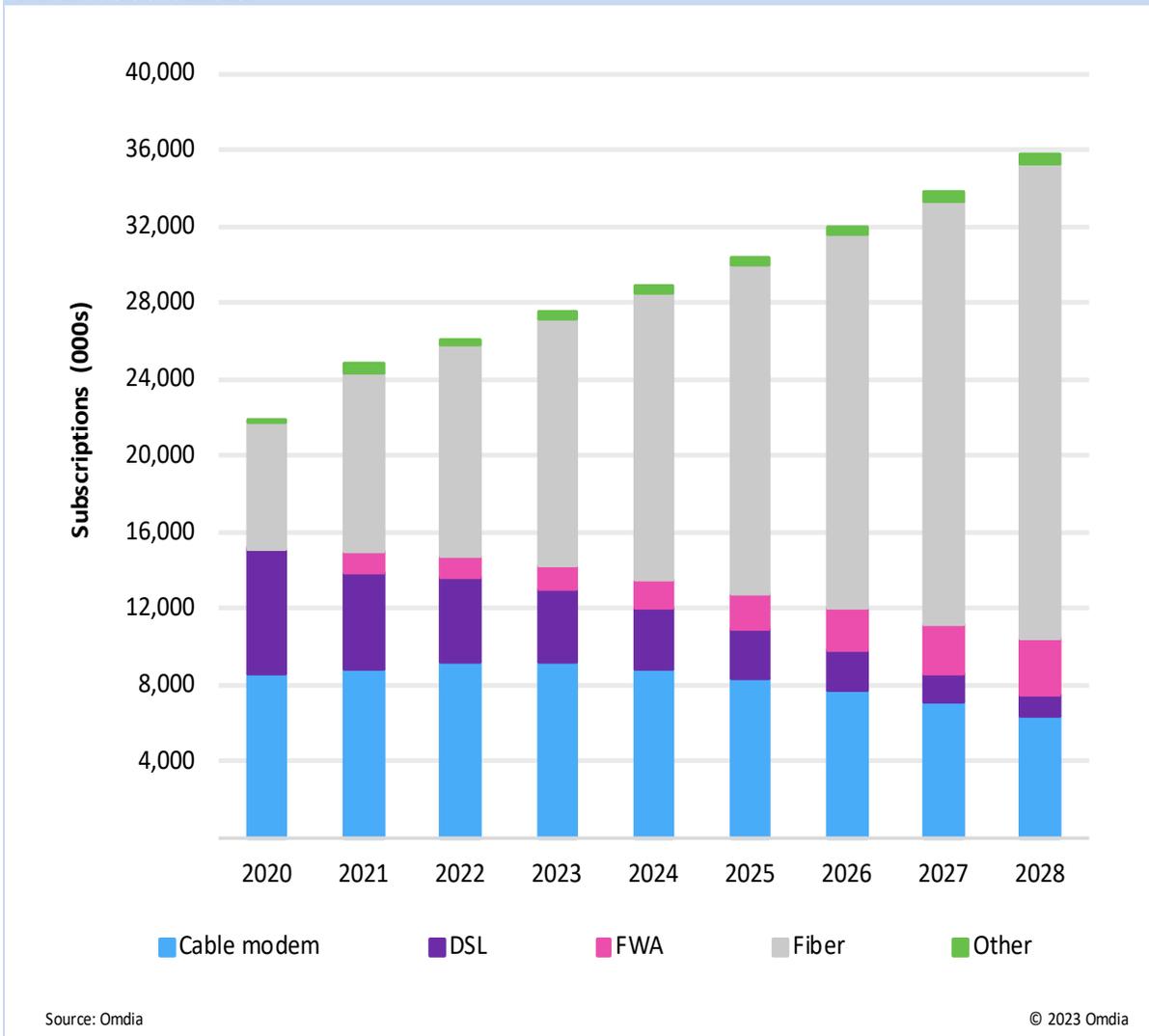
Gráfico 20: Los precios mínimos de banda ancha en América Latina son altos en comparación con otros países

Minimum broadband price as a percentage of GDP per capita, select countries (PPP \$US)



Fuente: Omdia, Banco Mundial

Gráfico 21: Suscripciones de banda ancha fija en México por tecnología (2020-28) Pronóstico Omdia

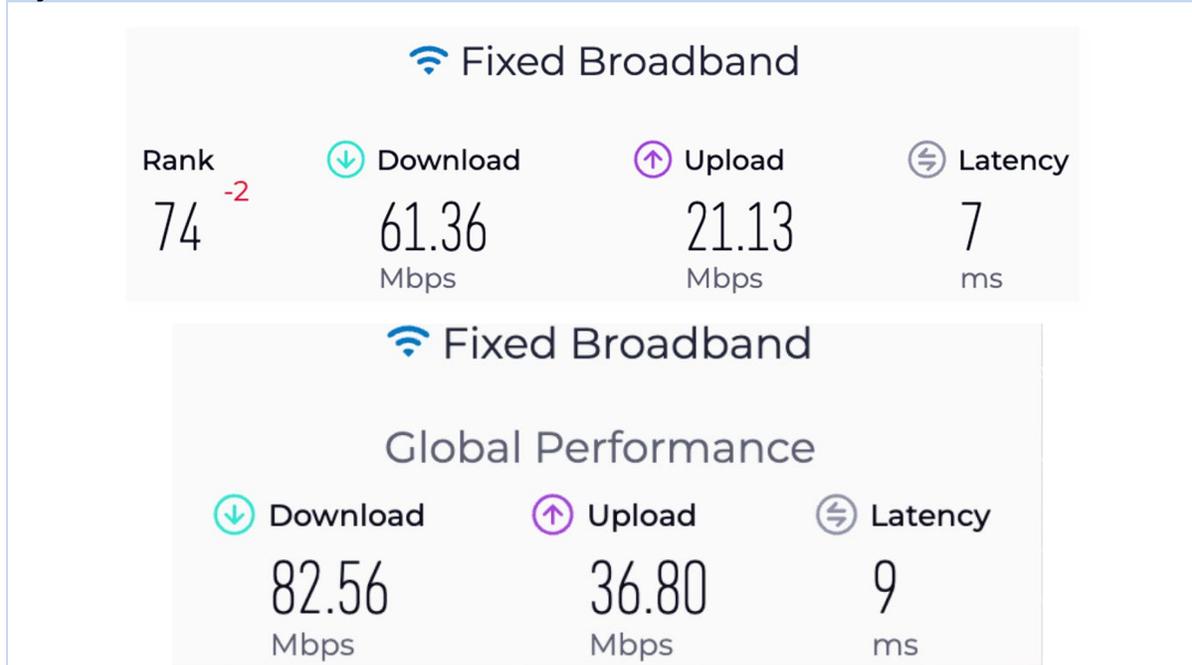


Fuente: Omdia

5.2. Estado de la Velocidad de Banda Ancha

Según las últimas estadísticas de Speedtest de Ookla (agosto de 2023), la velocidad de descarga media en México es de 61.4 Mbit/s, y la velocidad de subida media alcanza los 21.1 Mbit/s. Esto es inferior a la velocidad de descarga media global de 82.6 Mbit/s y la velocidad de subida de 36.8 Mbit/s.

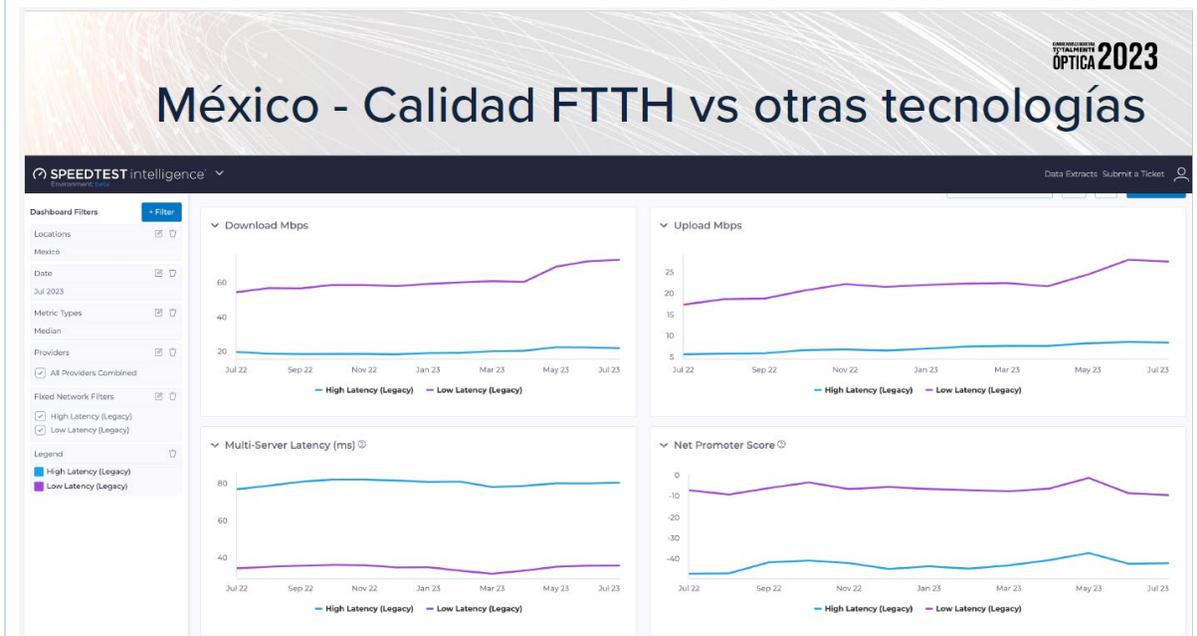
Gráfico 22: Estadísticas de prueba de velocidad de Ookla - Rendimiento de banda ancha fija: México vs Global



Fuente: Índice Global Speedtest de Ookla

Según estadísticas técnicas, en comparación con otras tecnologías de acceso, las tasas de velocidad de descarga y subida de FTTH en México son significativamente más altas que las de otras tecnologías de acceso (ver Gráfico 23), lo que proporciona un impulso adicional para la aceleración del despliegue de redes de fibra en el país.

Gráfico 23: Estadísticas de prueba de velocidad de Ookla: rendimiento de banda ancha fija FTTH frente a otras tecnologías en México



Fuente: Índice Global Speedtest de Ookla

VI. Contexto Regulatorio

6.1. Medidas implementadas/necesarias para promover la competencia en infraestructura.

En los últimos años, varias medidas regulatorias impuestas al Agente Económico Preponderante en el sector de telecomunicaciones, como las tarifas de interconexión y las obligaciones de compartir infraestructura, han beneficiado a los consumidores, que han sido testigos de una significativa caída de los precios de los servicios.

Adicionalmente, debido a la necesidad de altos niveles de inversión sin precedentes en redes de fibra y 5G, junto con un mercado cada vez más reducido y altamente competitivo para los recursos de inversión, los reguladores y los responsables de política pública y las partes interesadas del sector se han dado cuenta de que los modelos de compartición de infraestructura y coinversión ofrecen mayores beneficios a costos más bajos.

Cada vez más, las empresas comparten redes para reducir costos, mantener márgenes de ganancia y centrarse en brindar servicios innovadores para satisfacer las cambiantes demandas

de los clientes. Esta dinámica requiere una colaboración sin precedentes entre los operadores, así como un entorno regulatorio favorable para facilitar este proceso.

El aumento en la compartición de infraestructura de telecomunicaciones ha permitido un despliegue más eficiente de las redes de próxima generación. La compartición de torres y otros elementos de red pasivos, incluida la participación de una gama cada vez mayor de diferentes participantes de la industria y del sector público, también se traduce en el intercambio de conocimientos especializados y mejores prácticas. La compartición de infraestructura también contribuye a impulsar la competencia y mejorar las economías de escala para acelerar el desarrollo de nuestra economía digital.

Tabla 4: Pros y contras de los argumentos económicos de la compartición de infraestructura

Pros	Contras
Uso eficiente de recursos escasos (evitar costos económicos y ambientales en la duplicación de redes)	Incentivos reducidos a la inversión
Menores costos de la industria (un informe del BEREC (<i>Body of European Regulators for Electronic Communications</i>) sugiere que compartir infraestructura podría reducir los gastos de capital hasta en un 45% y los gastos operativos hasta en un 33%). (BEREC, pág. 16) ¹³	Reducción de la resiliencia de la red
Mayor cobertura de red	Riesgos de colusión
Competencia mejorada	Desafíos y costos operativos
Precios al consumidor más bajos	

Fuente: Omdia con base en la plataforma de regulación digital de la UIT – Banco Mundial

Aunque existen ventajas y desventajas de la compartición de infraestructura, existe una visión general positiva extendida entre las autoridades reguladoras de todo el mundo sobre la compartición de infraestructura.

El desafío para la regulación es establecer las condiciones que maximicen los beneficios, minimicen las desventajas y creen el entorno para que la compartición de infraestructura tenga

¹³ BEREC, Report on infrastructure sharing BoR (18) 116, June 2018

https://www.berec.europa.eu/sites/default/files/files/document_register_store/2018/6/BoR_%2818%29_116_BEREC_Report_infrastructure_sharing.pdf

un impacto económico positivo. El objetivo de la política regulatoria para compartir infraestructura es claro y sencillo: debería haber tanta compartición como sea técnicamente factible y económicamente deseable. Esto minimizará los costos generales de la industria, evitará duplicaciones innecesarias e impactos ambientales y, finalmente, conducirá a una mejor disponibilidad del servicio y precios más bajos.

Tabla 5: Mejores prácticas de compartición de infraestructura

Mejores prácticas en políticas públicas	País	Descripción
Obligaciones de uso compartido de la red para todos los participantes	Reino Unido.	<p>OFCOM reguló en 2020 que todos los solicitantes de acceso y proveedores de acceso tienen la obligación de negociar acuerdos de compartición de infraestructura, y que los términos de esos acuerdos deben ser transparentes, justos y no discriminatorios (hay un margen considerable para la negociación comercial).</p> <p>Se requería la regulación del proveedor de SMP (Poder de Mercado Significativo) junto con un acceso más amplio a las Regulaciones de Infraestructura (UKG, 2020) que se aplican a todos los propietarios de infraestructura.</p>
Infraestructura neutral compartida única Acceso abierto y Coinversión	Unión Europea	<p>El nuevo Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas (EECC, en vigor desde diciembre de 2018), considera a los participantes mayoristas como actores clave para aumentar los niveles de competencia en los mercados emergentes de fibra (naturaleza procompetitiva de las TowerCos e InfraCos independientes).</p> <p>Los operadores con un poder de mercado significativo que ofrezcan acceso a su infraestructura mediante coinversión pueden quedar exentos de otras formas de obligaciones de acceso.</p> <p>Casi todos los países europeos han implementado redes de fibra de acceso abierto, y muchas de ellas están relacionadas con Redes de Iniciativas Públicas (con financiación pública).</p> <p>El uso compartido de fibra está regulado en varios países, ya sea en forma pasiva o activa (acceso al flujo de bits o <i>bitstream access</i>).</p> <p>En España, Italia y Portugal se lograron acuerdos voluntarios entre operadores, mientras que, en otros mercados, como Francia, se implementó la regulación de coinversión.</p> <p>En febrero de 2023, la Comisión Europea presentó un conjunto de acciones destinadas a poner la conectividad Gigabit a disposición de todos los ciudadanos y empresas de la UE para 2030.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Propuesta de la Ley de Infraestructura Gigabit (GIA) (una regulación que presentará nuevas reglas para permitir un despliegue más rápido, económico y efectivo de redes Gigabit)

		<ul style="list-style-type: none"> Borrador de Recomendación sobre Gigabits (condiciones para el acceso a las redes de telecomunicaciones de operadores con un poder de mercado significativo, a fin de incentivar una desconexión más rápida de las tecnologías heredadas o <i>legacy</i> y un despliegue acelerado de redes Gigabit). <p>Consulta exploratoria sobre el futuro de la conectividad y la infraestructura de banda ancha, incluido el debate sobre el <i>Fair Share</i>.</p>
Pautas de implementación de fibra, Regulación asimétrica (es decir, ofertas de referencia de compartición de infraestructura, recomendaciones para nuevas medidas que incentiven el despliegue).	Francia	<p>La regulación francesa de la fibra incluye una regulación "asimétrica" impuesta por ARCEP para varios mercados. Las reglas requieren que todos los operadores que instalen FTTH/B en edificios lo implementen de tal manera que permitan el acceso a redes pasivas (fibra oscura) en puntos de concentración que agreguen al menos 1000 líneas. Las ofertas deben incluir el potencial para cofinanciamiento (con base en derechos irrevocables de uso o IRU, por sus siglas en inglés) antes de que ocurra la inversión, después de la inversión o basándose en alquiler a corto plazo. Los términos y condiciones, así como los precios, se establecieron a través de una serie de disputas resueltas por el regulador. Los precios se basaban en los costos, pero con recargos en el WACC para tener en cuenta el mayor riesgo.</p>

Uno de los desafíos clave en el despliegue de redes de fibra a menudo citado por los operadores de red, son los obstáculos legales y regulatorios para obtener las autorizaciones necesarias. Estas barreras suelen ser una fuente de incertidumbre con respecto al tiempo y las condiciones en las que se llevará a cabo el despliegue de la infraestructura, afectando la capacidad de los operadores para desplegar redes de fibra de acuerdo con la planificación y los horarios.

En este mismo sentido, los concesionarios que ya prestan servicios necesitan complementar su infraestructura de telecomunicaciones arrendando elementos de red a otro operador en aquellas zonas donde no cuenten con infraestructura propia o capilaridad suficiente de sus redes. Por lo tanto, comprar un servicio mayorista a otro operador les permite alcanzar una escala eficiente para instalar su propia infraestructura a mediano plazo.

El IFT determinó que el acceso a la infraestructura pasiva del Agente Económico Preponderante en el sector telecomunicaciones es necesario para permitir que otros concesionarios y operadores brinden servicios competitivos sin tener que incurrir en altos costos de inversión en despliegue de fibra en aquellas áreas donde no es posible alcanzar una escala mínima de operación. De esta manera, la regulación asimétrica del preponderante a través del uso y

acceso compartido de su infraestructura en condiciones no discriminatorias permite una reducción en los costos de despliegue de la red, reduciendo las inversiones requeridas, liberando recursos para financiar los costos operativos.

6.1.1. Barreras de entrada impuestas por las autoridades locales.

Una de las principales barreras que enfrentan los operadores de telecomunicaciones en los despliegues de fibra en México está asociada a la burocracia y la falta de transparencia en las entidades gubernamentales respecto a la diversidad de permisos que se deben tramitar y los requisitos que se deben cumplir para obtenerlos.

Actualmente, existen 2,469 municipios en los 32 estados del país, lo que hace agotadora la tarea de identificar y ubicar los permisos y requisitos que se necesitan.

Por lo tanto, debido a que no existe un instrumento legal único ni ningún tipo de directriz que regule los requisitos, plazos de autorización, costos, áreas de tramitación o un permiso único que sea exclusivo para la instalación, operación y/o mantenimiento de infraestructura de redes de telecomunicaciones en toda la República Mexicana, es muy común que los trámites y tiempos de espera difieran considerablemente de un municipio a otro.

6.2. Promoción de la Competencia

Debido a la evolución y convergencia de las redes, ahora es posible brindar una amplia variedad de servicios digitales que van más allá de los servicios que tradicionalmente ofrecen los operadores de telecomunicaciones, como banda ancha, voz, televisión de paga, mensajes y datos. En este sentido, además de los operadores, con el tiempo se han ido integrando al mercado nuevos participantes tales como proveedores de video OTT (*Over-the-Top*), proveedores de servicios en la nube, proveedores de equipos e infraestructura de red, y otros proveedores de servicios digitales, conformando el ecosistema digital actual.

Como tal, la infraestructura de redes de telecomunicaciones es la columna vertebral sobre la que se asienta este ecosistema digital y en la que la tecnología de fibra óptica es el elemento principal que proporciona la capacidad para el transporte de todos los datos generados por los diferentes servicios digitales.

Por esta razón, el IFT revisa y actualiza continuamente el marco regulatorio mediante la implementación de mecanismos y políticas regulatorias flexibles, estableciendo las condiciones adecuadas que faciliten el despliegue de infraestructura de fibra óptica en todo el país y favorezcan la entrada e integración de nuevos participantes en el mercado de manera que todos los actores estén en condiciones de desplegar sus propias redes de fibra óptica y/o tener acceso a la infraestructura de fibra que ya está desplegada.

Política de preinstalación

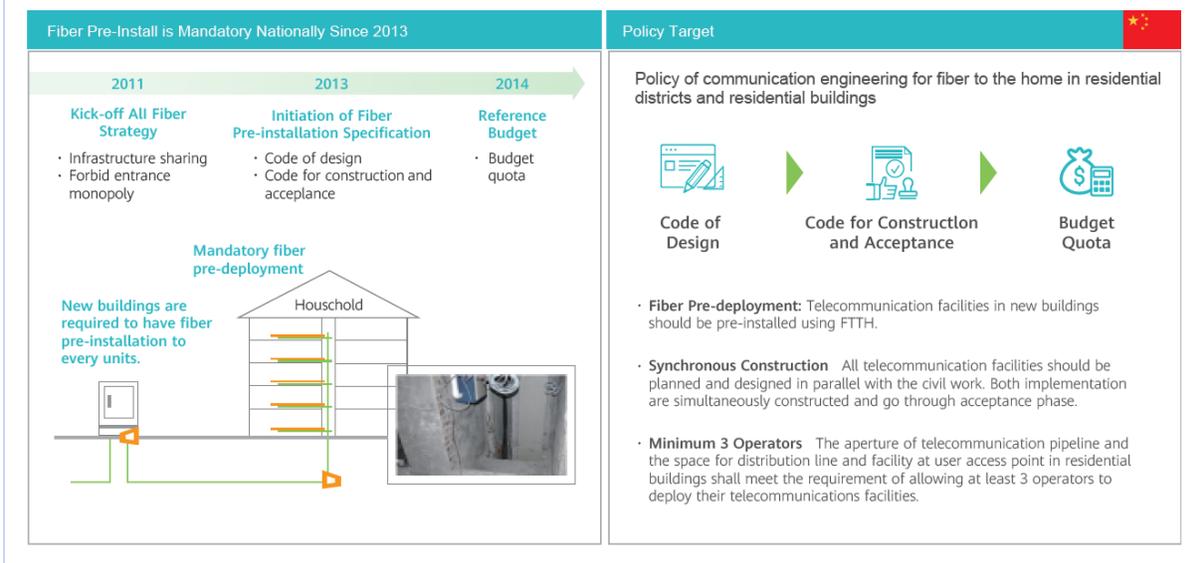
Las políticas previas al despliegue de fibra abarcan una serie de medidas y regulaciones destinadas a facilitar la planificación, construcción e instalación de redes de fibra óptica antes de que se lleve a cabo el despliegue real. Estas políticas generalmente se centran en crear un entorno propicio y abordar los posibles obstáculos para el desarrollo de infraestructura de fibra, como los marcos de planificación y coordinación que requieren o fomentan la coordinación de los planes de implementación de fibra con otros proyectos de desarrollo de infraestructura (por ejemplo, construcción de carreteras o instalaciones de servicios públicos).

Tabla 6: Mejores prácticas de preinstalación

Mejores prácticas en políticas públicas	País	Descripción
Preinstalación	China	Desarrolló una estrategia de pre-despliegue de fibra en edificios residenciales con el fin de facilitar el desarrollo de servicios de banda ancha fija a través de redes de fibra. Desde 2013, todos los edificios que soliciten un permiso de construcción deben cumplir con los códigos de diseño y los códigos de construcción y aceptación.
Infraestructura compartida	España	Uno de los países líderes en términos de despliegue de fibra óptica, cuyo éxito se puede atribuir en gran medida al entorno regulatorio favorable que respaldó la compartición de infraestructura y los acuerdos de coinversión entre la empresa dominante, Telefónica, y sus competidores. Al promover activamente acuerdos de infraestructura y de inversión compartida, los operadores españoles pudieron

		<p>compartir costos y riesgos, especialmente en áreas rurales, y así alcanzar niveles de conectividad mucho más altos que otros mercados clave en Europa.</p> <p>Desde 2013, los operadores llegaron a un acuerdo sobre la compartición de infraestructuras verticales dentro de edificios y sobre la desagregación de las líneas de fibra que llegan a los usuarios finales, solicitando al regulador que estableciera los precios de estos servicios. Para cerrar la brecha con Telefónica, Orange España y Vodafone anunciaron ambiciosos planes para el despliegue de FTTP en España y firmaron su propio esquema de uso compartido de redes en 2014. Y en 2016, Orange España firmó un acuerdo conjunto de despliegue de red con Grupo MASMOVIL y Telefónica firmó un acuerdo mayorista con Vodafone España.</p>
--	--	---

Gráfico 24: Estudio de caso de preinstalación de fibra - China



Fuente: F5G lights up Giga Brazil

Al establecer un sistema de apoyo basado en mapas para compartir infraestructura aprovechando la infraestructura existente, como ductos o conductos, los proveedores de servicios pueden evitar el proceso lento de obtener permisos y llevar a cabo una construcción extensa para cada implementación. El uso compartido de la infraestructura permite un despliegue más rápido de las redes de fibra, ya que los proveedores pueden utilizar la

infraestructura existente para extender su cobertura y llegar a áreas que de otro modo podrían ser económicamente difíciles de atender. Al compartir infraestructura, los proveedores pueden extender sus redes a ubicaciones remotas o desatendidas.

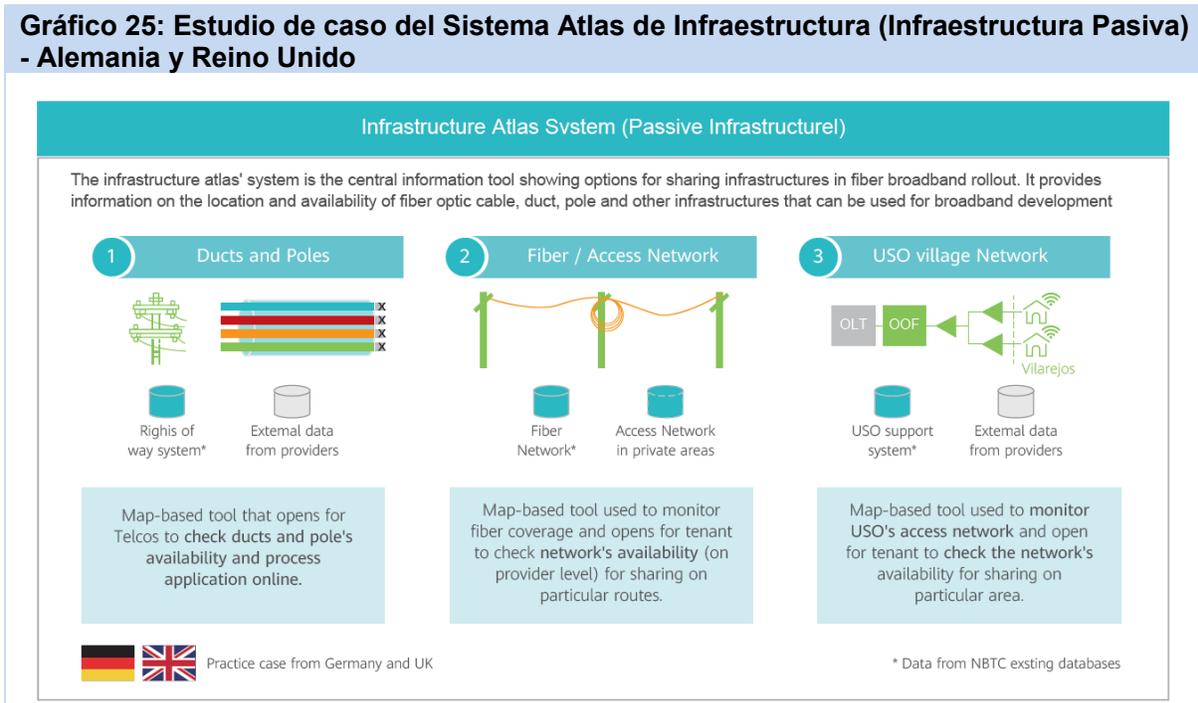
Varios países han hecho esfuerzos y continúan trabajando para tener mapas de infraestructura de banda ancha para facilitar el intercambio de infraestructura y promover la competencia de servicios. El mapa de infraestructura o Sistema Atlas es una herramienta de información central que muestra las opciones de infraestructura disponible que podrían compartirse en banda ancha de fibra (y también en otras tecnologías). Proporciona información sobre la ubicación y disponibilidad de ductos, postes y otras infraestructuras que se pueden utilizar para el despliegue de banda ancha a un costo y tiempo reducido y más eficiente.

Tabla 7: Mejores prácticas de mapeo de infraestructura de banda ancha

Mejores prácticas en políticas públicas	País	Descripción
Mapeo de infraestructura de banda ancha	Eslovenia	PROSTOR, una herramienta de mapeo de infraestructura fue desarrollada en Eslovenia por la Autoridad de Topografía y Cartografía (Administración Geodésica de la República de Eslovenia) dependiente del Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Espacial. El sistema de mapeo presenta de forma gráfica los datos sobre ductos, cables, nodos, estaciones base, etc. El sistema recopila datos sobre las instalaciones de los operadores de comunicaciones electrónicas, principalmente la ubicación y el tipo de redes utilizadas. Los ciudadanos pueden consultar la disponibilidad de banda ancha proporcionada por los operadores.
Mapeo de infraestructura de banda ancha	Alemania	Alemania estableció un Atlas de infraestructura central voluntario en 2009, se amplió en 2018 y en 2020 se relanzó con una nueva interfaz y varias funciones nuevas. Facilita el uso de sinergias en el despliegue de infraestructura. El Atlas contiene datos espaciales sobre la infraestructura de empresas e instituciones, como geodatos sobre líneas de

	<p>fibra óptica, ductos vacíos, torres y mástiles de radio, así como estaciones de radio. Más de 1,500 instituciones lo utilizan y 3,325 proveedores de información (telecomunicaciones, electricidad, gas, autoridades locales, alcantarillado, transporte). Es un sistema de información geográfica basado en la web (web GIS). También es un punto de información central que muestra la penetración y disponibilidad de la banda ancha.</p>
--	---

Gráfico 25: Estudio de caso del Sistema Atlas de Infraestructura (Infraestructura Pasiva) - Alemania y Reino Unido



Fuente: F5G lights up Giga Brazil

6.3. Integración de nuevos participantes en el ecosistema digital

Como se discutió anteriormente, las redes de fibra proporcionan la capacidad necesaria para respaldar de manera óptima el transporte de la gran cantidad de datos generados hoy en día, así como los generados en el futuro como resultado de la creciente demanda de tráfico de datos derivada del uso creciente de servicios y aplicaciones digitales que consumen un alto ancho de banda, como la computación en la nube, Internet de las cosas (IoT), *Big Data*, inteligencia

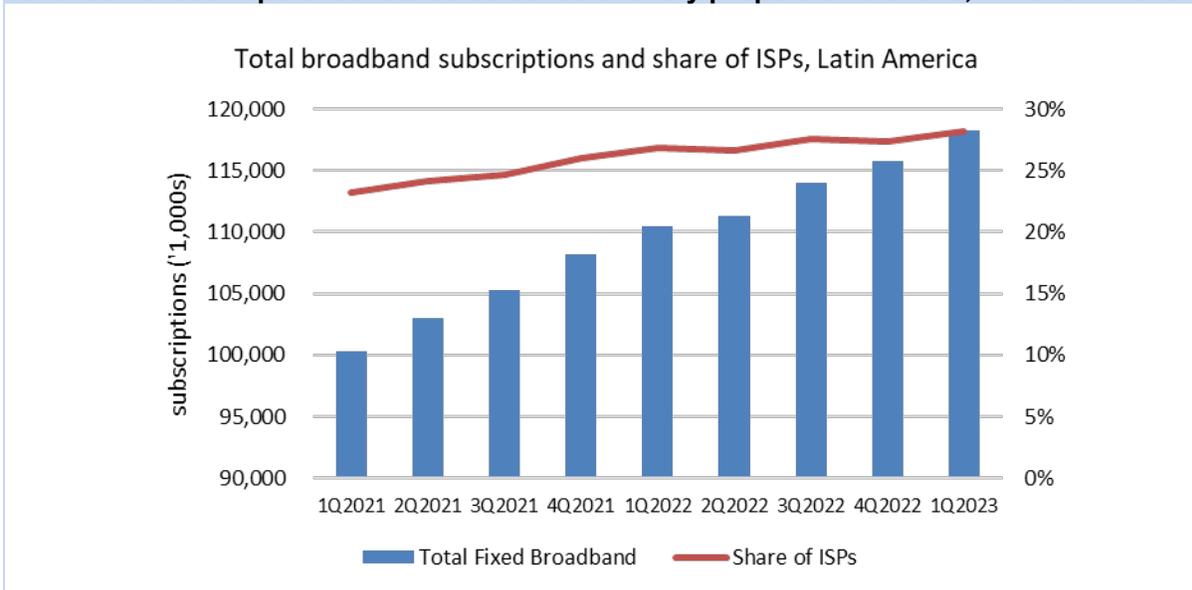
artificial (AI), realidad aumentada (AR), realidad virtual (VR) y tecnologías inalámbricas como 5G.

Con base en el análisis realizado en el Estudio de Computación en la Nube en México¹⁴, la creación de Puntos de Intercambio de Internet (IXP) puede dar lugar a la entrada de nuevos Proveedores de Servicios de Internet (ISP) al mercado, a la creación de Redes de Entrega de Contenido (CDN) y fomentar la construcción de Centros de Datos para convertir una región en un centro o *Hub* de almacenamiento y procesamiento de datos, así como para el intercambio de tráfico de Internet. Por lo tanto, los IXP juegan un papel clave en la evolución del ecosistema digital.

Para garantizar un rendimiento óptimo de las redes y promover un desarrollo eficiente del ecosistema digital en México, el IFT ha promovido un marco regulatorio flexible, de modo que se identifiquen y eliminen, en la medida de lo posible, las barreras u obstáculos que puedan existir con el fin de facilitar el despliegue y/o acceso a la infraestructura de fibra óptica tanto en el segmento de acceso como de transporte, así como para fomentar la construcción y expansión en el país de infraestructuras de red como IXP y Centros de Datos, que requieren capacidades de conexión y transmisión de datos elevadas para interconectarse con las distintas redes. Esto permite un mercado más abierto y dinámico, así como un entorno con mayores condiciones competitivas, fomentando la entrada e integración de nuevos participantes al ecosistema digital, lo que implica más y mejores servicios disponibles para los usuarios finales.

Los operadores pequeños y regionales se han convertido en participantes importantes en el mercado latinoamericano de banda ancha fija. En muchos casos, estos operadores han sido responsables de llevar infraestructura a áreas desatendidas. Estos operadores encontraron un nicho de mercado fuera de las áreas urbanas densamente pobladas, lejos de los mercados centrales de los operadores tradicionales y, por lo tanto, áreas sin presión competitiva o muy limitada. Estos operadores han crecido en importancia en América Latina, de acuerdo con Omdia, tenían 33.3 millones de conexiones de banda ancha fija en el primer trimestre de 2023. Además, los pequeños y medianos proveedores de servicios de Internet (ISP) han aumentado su participación en los últimos años. En el gráfico a continuación se puede ver la evolución de su participación, que creció del 23% en el primer trimestre de 2021 al 28% en el primer trimestre de 2023 de todas las conexiones de banda ancha fija en la región.

¹⁴ <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/politica-regulatoria/dgciestudio-cloudcomputing.pdf>

Gráfico 26: Suscripciones totales de banda ancha y proporción de ISPs, América Latina


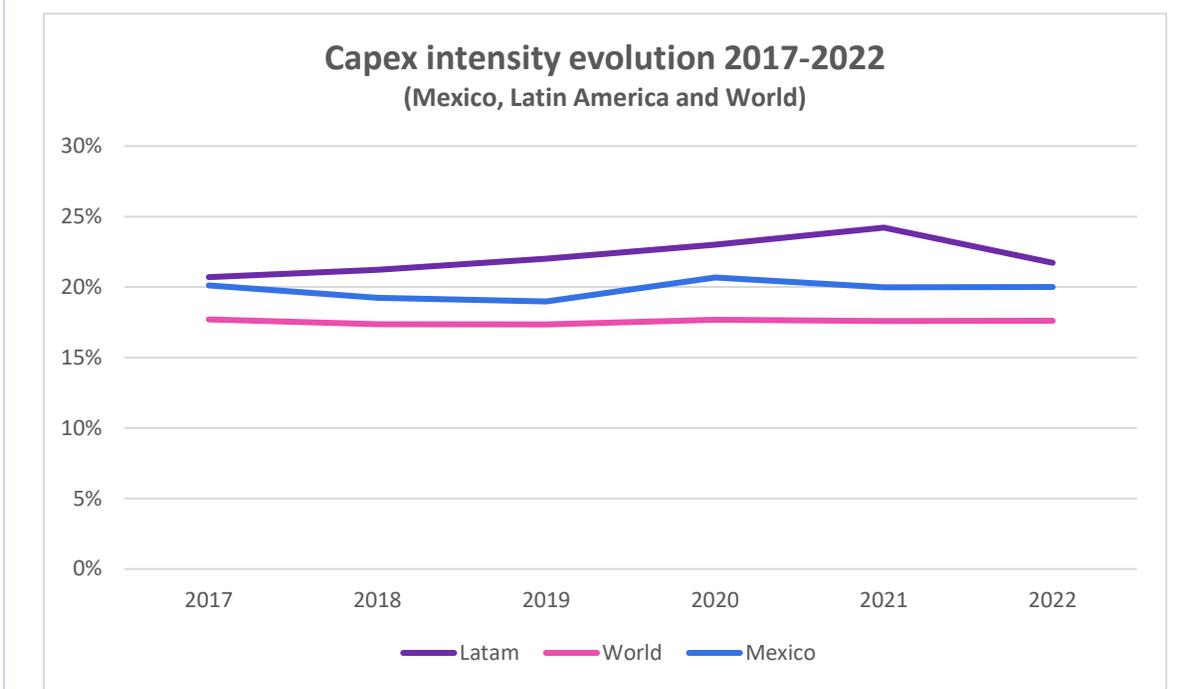
Fuente: Omdia

Nota: Los ISPs se refieren a ISP pequeños y medianos

Brasil es un ejemplo de esta tendencia creciente (ver Anexo C) del estudio de caso de ISP pequeños y medianos.

6.4. Importancia de inversión y financiación suficientes

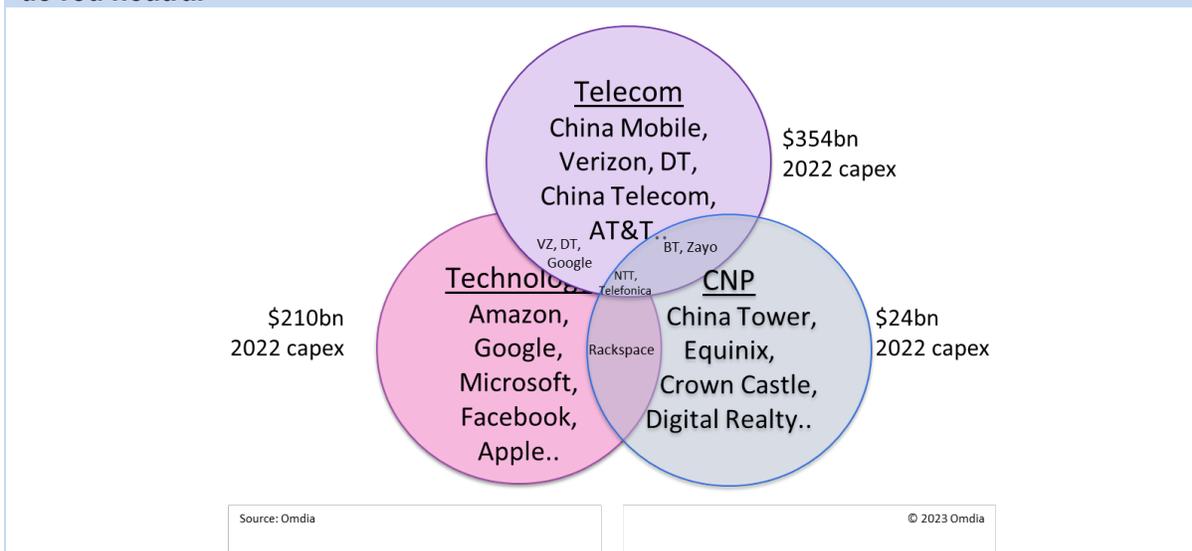
Se requieren grandes inversiones en redes para conectar a los ciudadanos mexicanos a Internet, incluida la inversión en la ampliación de infraestructura en áreas rurales y en la actualización de redes con fibra para satisfacer la creciente demanda. La intensidad de capital (gastos de CAPEX - CAPEX/ ingresos) para el sector de las comunicaciones en América Latina se ha mantenido por encima del promedio internacional durante los últimos años, como se muestra en el siguiente gráfico. Si bien el promedio de intensidad de capital global para 2017-2022 ha rondado el 17%, en América Latina esta proporción alcanza el 22.1% en promedio. Este indicador muestra que se han realizado grandes esfuerzos de inversión en la región, incluso con un tamaño de mercado más pequeño e ingresos medios por usuario más bajos. Al observar los datos de México, específicamente, muestra una relación de intensidad de CAPEX por encima del promedio mundial.

Gráfico 27: Evolución de la intensidad de Capex 2017-2022


Fuente: Datos del IFT para México, estimación de datos de México de 2022. Resto de países Omdia – Rastreador de Ingresos y CAPEX de Proveedores de Comunicaciones – 1Q23

Teniendo en cuenta el ecosistema más amplio, los operadores de telecomunicaciones representan alrededor del 60% de la inversión de capital de red global en 2022. El monto total de CAPEX a nivel global fue de \$354 mil millones de dólares (60% del total), las empresas de tecnología de Internet tuvieron un CAPEX de \$210 mil millones de dólares (36%) y los proveedores de redes neutrales \$24 mil millones de dólares (4%).

Gráfico 28: Segmentos de la industria: telecomunicaciones, tecnología y proveedores de red neutral



Fuente: Omdia - Seguimiento de Ingresos y Gastos de Proveedores de Comunicaciones - 1T23
 Tenga en cuenta que algunas empresas operan en todos los segmentos.

Las empresas de telecomunicaciones han mantenido niveles de CAPEX globales durante los últimos seis años de alrededor de \$354 mil millones de dólares (CAGR 2017-2022: 0.2%). Las empresas de tecnología han aumentado su CAPEX con una tasa compuesta anual del 20.6% y han aumentado su contribución a las inversiones en redes del 18% al 36% del gasto total. Los operadores neutrales también han aumentado las inversiones con una tasa compuesta anual del 5.4%, pero aún representan solo el 4% del total de inversiones. Las inversiones de las empresas de tecnología se centran en Centros de Datos, cables submarinos, servicios en la nube, servicios informáticos, CDN y, más recientemente, en satélites, sin inversiones directas en redes locales. Este desequilibrio ha generado controversia y un debate regulatorio sobre cómo todos los participantes deben contribuir para soportar los costos de la red. Este llamado “*fair share debate*”, es actualmente un tema de alta prioridad en la agenda regulatoria de la Unión Europea, junto con la neutralidad de la red.

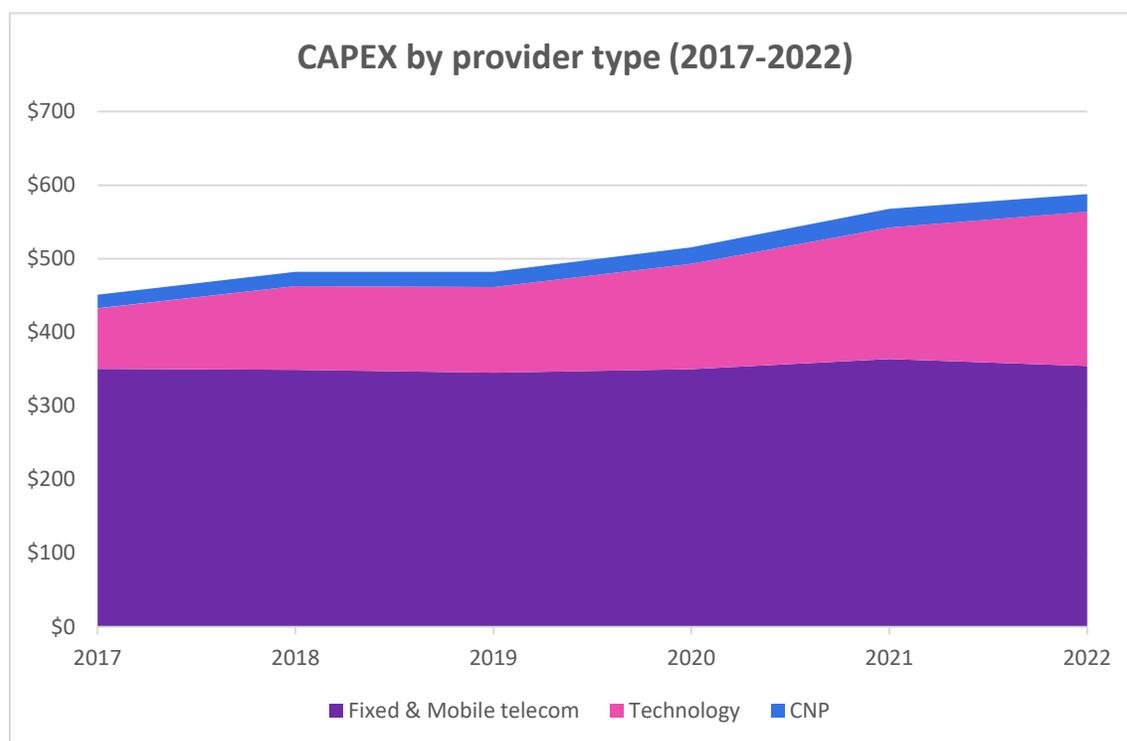
Tabla 8: CAPEX total global 2017-2022

Gastos de CAPEX (USD \$bn)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2017–22 CAGR
Telecomunicaciones fijas y móviles	\$351	\$349	\$345	\$350	\$364	\$354	0.2%
Tecnología	\$82	\$113	\$117	\$143	\$179	\$210	20.6%
CNP	\$18	\$19	\$21	\$23	\$25	\$24	5.1%

Inversión total en la red	\$451	\$482	\$482	\$516	\$568	\$588	5.4%
% Empresas de telecomunicaciones	78%	72%	72%	68%	64%	60%	
% Empresas de tecnología	18%	24%	24%	28%	31%	36%	
% Operadores neutrales	4%	4%	4%	4%	4%	4%	

Fuente: Omdia - Seguimiento de Ingresos y Gastos de Proveedores de Comunicaciones - 1T23

Gráfico 29: Inversiones por tipo de proveedor (2017-2022)



Fuente: Omdia - Seguimiento de Ingresos y Gastos de Proveedores de Comunicaciones - 1T23

6.5. Infraestructura neutral – Redes neutrales

La convergencia de factores como el crecimiento de los ISP, la necesidad de reducir el nivel de endeudamiento y el crecimiento de la demanda de fibra ha cambiado la forma en que los operadores entienden el valor de su infraestructura. Si en el pasado la consideraban un activo estratégico y un diferenciador clave que debía mantenerse bajo estricto control, algunas de

estas empresas se han dado cuenta de que pueden desbloquear el valor de estos activos y atraer inversores en infraestructura que también comparten necesidades de inversión. Esta tendencia global, que se originó en los EE. UU. y Europa, ahora está comenzando a adoptarse en México y América Latina.

Los Proveedores de Servicios de Comunicaciones de América Latina han desinvertido no solo en sus torres, sino también en su infraestructura de fibra; alejándose del modelo integrado de empresa de servicios de infraestructura hacia un modelo más puro de servicios de telecomunicaciones. Esta tendencia está generando modelos de negocio más diversos que se basan en compartir la infraestructura. La participación privada y la asociación público-privada son fundamentales para el éxito de este tipo de redes de compartición de infraestructura.

Dado que el caso de negocio para el despliegue de fibra es más desafiante en México y en América Latina que, en otras regiones, especialmente fuera de las áreas urbanas densas, la creación de estas redes compartidas hace que el caso de negocio sea más factible y permita la implementación de redes de fibra en áreas menos densas, evitando también la sobre construcción en áreas densas y aprovechando al máximo los recursos disponibles. Además, la naturaleza procompetitiva de las empresas independientes de infraestructura brinda más beneficios a los consumidores.

Los fondos de infraestructura y las empresas tienen diferentes impulsores económicos, esperando periodos de retorno más largos. Esto podría traer recursos de financiamiento adicionales para acelerar la brecha de cobertura de fibra en México. Las tendencias globales muestran que los modelos de coinversión e inversión público-privada son elementos clave que facilitan los despliegues de fibra de manera más rentable y resultan en una mayor cobertura de fibra en un período más corto.

En el Anexo D se puede encontrar un análisis más detallado de las tendencias de redes neutrales de infraestructura en América Latina.

VII. Visión de Banda Ancha de México

La banda ancha de alta velocidad es la piedra angular de la economía, y aunque México ha logrado un crecimiento significativo de la banda ancha en los últimos años, aún se puede lograr más. En 2023 México ocupó el puesto 46 en el Índice de Desarrollo de Fibra de Omdia,

ubicándose en la media de los 93 países incluidos en la IED. La siguiente sección analiza las principales ideas y conceptos destinados a impulsar la conectividad de fibra del país y la economía digital en general.

7.1. La banda ancha de alta velocidad es la piedra angular de la economía

Como se detalló en las secciones anteriores de este documento, el crecimiento constante de dispositivos, aplicaciones y servicios exige cada vez más infraestructura de banda ancha, lo que resulta en actualizaciones necesarias para las redes de acceso de banda ancha heredadas o tradicionales.

La conectividad de banda ancha de alta velocidad es la base de la infraestructura digital, y sus beneficios socioeconómicos y su papel como motor clave del crecimiento económico son bien conocidos y documentados. La inversión de única vez en infraestructura de acceso y redes troncales de fibra a nivel nacional está preparada para el futuro y lista para integrar generaciones de actualizaciones futuras. En este contexto, es importante reconocer el costo de construcción comparativamente más bajo mencionado en la sección 4.6. (costo bajo general de construcción), y el hecho de que en México (al igual que en el resto de la región de América Latina) el 81% de la población se encuentra en áreas urbanas, así como el bajo costo de mano de obra, lo que hace que los despliegues de redes de fibra óptica sean más rentables en comparación con otros países.

Las redes de fibra óptica juegan un papel crucial en el contexto de la manufactura inteligente en México. La fabricación inteligente implica la integración de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) con tecnologías de fabricación de próxima generación, lo cual requiere una infraestructura de red que conecte a personas, máquinas y objetos a través de una conectividad centrada en datos y una base de red industrial totalmente óptica. En el proceso de fabricación inteligente, es esencial mantener una latencia baja y sus variaciones *jitter* por debajo de un milisegundo para la monitorización remota y el control preciso en ingeniería, que requiere redes de fibra óptica con amplio ancho de banda y baja latencia. La inversión en redes de fibra óptica es fundamental para respaldar la fabricación inteligente y por lo tanto el crecimiento económico en México.

7.2. Desarrollo de fibra en México y tendencias futuras

En consonancia con la visión de México, se prevé que las redes de fibra óptica ofrecerán capacidad Gigabit, reflejando el compromiso de lograr una transformación digital más profunda al proporcionar productos, servicios y aplicaciones innovadores a ciudadanos y empresas, haciendo hincapié en la necesidad de redes más rápidas, confiables, seguras y flexibles para respaldar las tecnologías emergentes y satisfacer las cambiantes demandas de usuarios y aplicaciones. Se considera importante invertir en infraestructura de fibra a largo plazo para garantizar la viabilidad de las redes y satisfacer las crecientes demandas de la comunicación moderna y las nuevas aplicaciones inmersivas.

Los costos de implementación de FTTP por ubicación en México y América Latina son considerablemente bajos en comparación con los mercados desarrollados. Esto mejora significativamente el caso para la implementación de FTTP en la región. Varios factores contribuyen a estos bajos costos en América Latina, incluido el menor costo de mano de obra en la región, la alta urbanización y la densidad de población en las áreas urbanas de México y América Latina. Además, las implementaciones de FTTP en la región se pueden realizar utilizando principalmente fibra aérea, lo que reduce significativamente el tiempo requerido para las implementaciones. Esta eficiencia en el despliegue de FTTP se considera una ventaja en comparación con los países donde los costos de instalación son más altos debido a la falta de conductos subterráneos.

Además, la intensidad de la inversión de capital en el sector de las comunicaciones en América Latina ha aumentado en los últimos años, y México muestra un crecimiento sustancial en este aspecto a partir de 2020. En los últimos años, el país ha experimentado un rápido desarrollo en el campo de la banda ancha, con notables mejoras tanto en términos de cobertura como de velocidad. De la sección 6.4, en 2021 la intensidad de CAPEX en México alcanzó el 20% según IFT BIT¹⁵.

Sin embargo, hay desafíos que deben abordarse:

- a. **Adopción de banda ancha de fibra óptica:** Aunque México ha avanzado en la penetración de banda ancha fija con 73% de hogares conectados, solo 43% de los hogares se suscribe a una conexión de banda ancha de fibra óptica. Este es un desafío porque la fibra es

¹⁵ <https://bit.ift.org.mx/>

fundamental para el desarrollo de servicios y aplicaciones digitales en diversos sectores, como el entretenimiento, la educación, el trabajo desde el hogar, los servicios corporativos, las ciudades inteligentes y la atención médica.

- b. **Velocidad de banda ancha:** Las estadísticas muestran que la velocidad media de descarga en México es de 61.4 Mbps, que está por debajo del promedio mundial de 82.6 Mbps. Para mejorar la calidad de la conexión, es necesario acelerar la construcción de tecnologías de fibra óptica.
- c. **Infraestructura neutral y compartida:** En México, compartir infraestructura es necesario. Esta tendencia permitiría que varios operadores se beneficien de la infraestructura compartida, lo que podría acelerar el despliegue de fibra en áreas menos densamente pobladas.

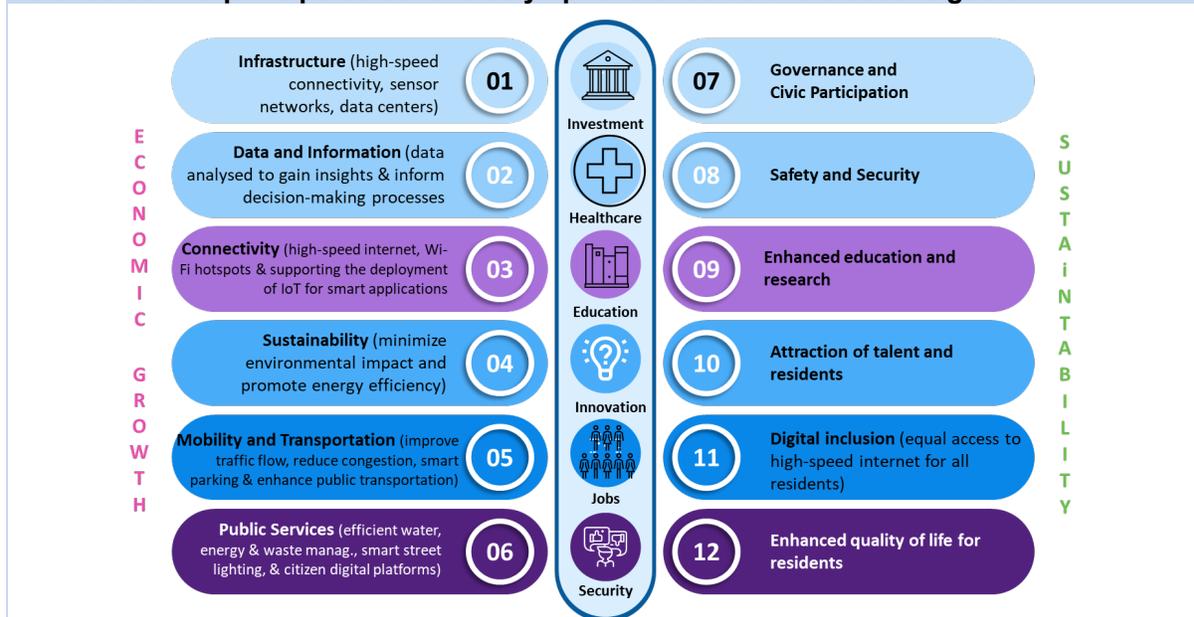
Visión de Giga ciudades en México

Las ciudades mexicanas son importantes impulsores de la economía y centros de conexión. Por lo tanto, cuantas más áreas alcancen la visión de Giga ciudad, mayores serán el crecimiento económico y los beneficios sostenibles para los ciudadanos mexicanos.

La Ciudad de México debería liderar el camino hacia esta visión, seguida por otras ciudades innovadoras del país.

El siguiente gráfico ilustra los principales beneficios y aplicaciones de una ciudad Gigabit:

Gráfico 30: los principales beneficios y aplicaciones de una ciudad Gigabit



Fuente: Omdia

7.3. Medidas para mejorar la conectividad.

1. **Establecer un mapa preciso de cobertura:** el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) ha llevado a cabo un estudio de costos de conexiones de banda ancha fija (BAF) y redes de fibra óptica a nivel municipal en México, así como un análisis y diagnóstico más confiable de la situación de conectividad en México, incluida una estimación de los recursos necesarios para reducir la brecha digital¹⁶.

El estudio utiliza información sobre el acceso de banda ancha fija (BAF) del operador a nivel municipal y las tecnologías que brindan estos servicios para reflejar la diversidad de operadores y redes desplegadas en toda la región. Este estudio contribuye a ayudar a eliminar las desigualdades en el acceso y uso de los servicios de telecomunicaciones fijas en todo el país.

2. **Promover la implementación de planes específicos relacionados con la infraestructura de telecomunicaciones:** Prestar atención al papel clave de la planificación urbana y fortalecer la coordinación entre planes específicos para la infraestructura de telecomunicaciones y la planificación estratégica nacional, la planificación territorial y espacial, y los planes de control detallados.

¹⁶ <https://despliegueinfra.ift.org.mx/estudios.php>

3. **Fortalecer la coordinación de los requisitos de construcción:** Reforzar la coordinación de los requisitos de construcción de sitios, salas de equipos y sistemas de distribución interiores, aprovechar al máximo los recursos existentes y compartir recursos sin necesidad de nuevas construcciones.
4. **Implementar estrictos estándares de construcción de redes:** La construcción conjunta y la compartición de infraestructura de red como postes, tuberías, salas de equipos, fibras ópticas y líneas de transmisión de acceso a estaciones base.
5. **Promover el despliegue conjunto de fibras ópticas:** Fomentar el despliegue conjunto de redes de fibra óptica en lugares clave como áreas centrales urbanas, áreas funcionales importantes, lugares turísticos, parques, grandes áreas residenciales, edificios y transporte público.
6. **Garantizar el acceso equitativo a las redes de Gigabit:** Los propietarios de edificios y otras instalaciones de comunicaciones deben facilitar el acceso a todos los residentes y negocios de manera equitativa y asegurarse de que la libre elección de los usuarios no esté restringida. Además, también es necesario mantener la igualdad de acceso a las redes de banda ancha para los proveedores de servicios a fin de promover la competencia y acelerar la adopción de servicios de banda ancha Gigabit.
7. **Fomentar la cooperación y el intercambio intersectorial:** El acceso a las fuentes de energía eléctrica, como torres de energía y cables ópticos de energía, así como a la infraestructura municipal, como carreteras municipales, puentes, postes de iluminación, instalaciones de transporte y comunicaciones, debe ser abierto y compartido.

7.4. Estándares abiertos y cumplimiento de neutralidad

La neutralidad tecnológica es uno de los principios clave del marco regulatorio. Las regulaciones de neutralidad tecnológica son un pilar clave para impulsar la innovación y facilitar la migración de una tecnología a la siguiente, sin impedimentos regulatorios. Las regulaciones vinculadas a una tecnología específica pueden volverse obsoletas rápidamente y requerir enmiendas adicionales. Además, las regulaciones específicas de tecnología generan dependencia de fabricantes, desarrolladores, proveedores o distribuidores específicos de tecnología o servicios. El principio de neutralidad tecnológica garantiza la libertad de elección al no obligar a los operadores a utilizar ninguna tecnología específica. También facilita un entorno empresarial más competitivo. Las regulaciones de neutralidad tecnológica brindan flexibilidad a las empresas al brindarles períodos más largos de certeza regulatoria, así como la libertad de adoptar la tecnología que consideren mejor para lograr los resultados regulatorios requeridos. También pueden brindar posibles mejoras de eficiencia, ya que las industrias están incentivadas

a encontrar formas innovadoras de cumplir con los requisitos regulatorios sin comprometer la salud, la seguridad o la protección del medio ambiente. Por último, las regulaciones de neutralidad tecnológica facilitan a las empresas la adopción de nuevas tecnologías en el futuro.

Las organizaciones de estandarización generalmente aplican principios abiertos, consenso, transparencia, mantenimiento, disponibilidad, política, relevancia, neutralidad, estabilidad y calidad.

Se definen diferentes tecnologías en varios foros de estándares para admitir el creciente número de servicios en la nube que requieren conexiones de alto ancho de banda y/o baja latencia, algunas de ellas se enumeran a continuación:

- IETF
- ETSI ISG F5G
- ITU-T SG15
- BBF
- IEEE
- ETSI ISG ENI Z ZSM
- Metro Ethernet Forum (MEF 23.1-23.2)

Detalles incluidos en el Anexo A.

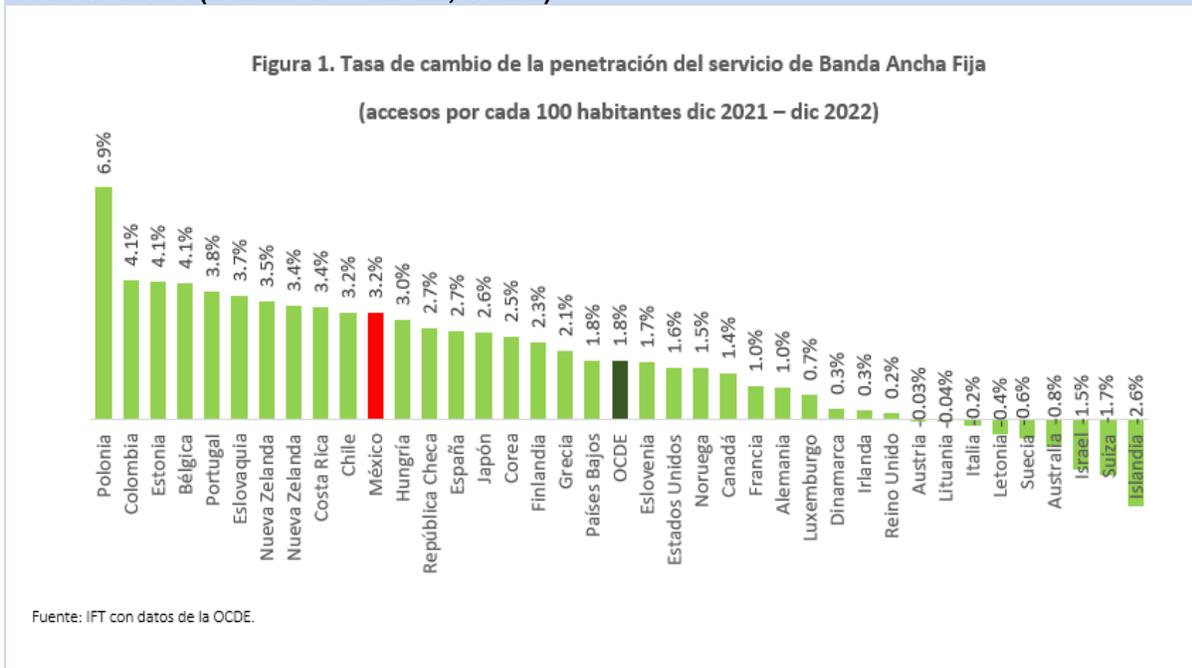
VIII. Mirando hacia el futuro

De diciembre de 2013 a diciembre de 2022 México fue el tercer país miembro de la OCDE con mayor crecimiento en penetración de banda ancha fija, con un aumento del 89%¹⁷.

Según datos de la OCDE, la penetración del servicio de banda ancha fija en México aumentó un 3.2% entre diciembre de 2021 y diciembre de 2022, cifra superior a la tasa de crecimiento promedio del 1.8% en los países de la OCDE.

¹⁷ Fuente IFT : <https://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es?page=2> Ciudad de México, a 13 de julio de 2023.

Gráfico 31: Tasa de variación de la penetración del servicio de banda ancha fija en banda ancha (2021 frente a 2022, OCDE)



La conectividad segura y de alta calidad para todos y en todas partes en México se está convirtiendo en un requisito previo para brindar beneficios económicos y sociales sostenibles basados en servicios digitales modernos y conexiones rápidas a Internet.

La conectividad de banda ancha, especialmente la que funciona con fibra óptica, permite que los sitios de los usuarios, residenciales o corporativos, se conecten a Internet o a una red privada y disfruten de un ancho de banda mucho mayor y una latencia más baja.

Del capítulo V, se observa que en 2022 México contaba con 21.3 millones de accesos de banda ancha fija, de los cuales 51.5% eran de fibra y 28.0% seguían siendo coaxiales. Con base en esta información, se puede esperar que las tasas de crecimiento de las redes de fibra se mantengan durante los próximos años.

Por otro lado, a finales de 2023 México tenía aproximadamente 75% de los hogares cubiertos con redes FTTP pero sólo 43% de los hogares mexicanos tienen conexión de fibra.¹⁸

Banda ancha de fibra mejorada (eFBB)

¹⁸ <https://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics/>

Según los últimos datos de Ookla Speedtest (agosto de 2023), la velocidad media de descarga en México es de 61.36 Mbps y la velocidad media de carga alcanza los 21.13 Mbps. En comparación, la velocidad media global de velocidad de descarga alcanza los 82.56 Mbps y la velocidad media de carga es de 36.8 Mbps.

Según los datos de Ookla, a marzo de 2023, la mayor proporción de accesos al servicio de banda ancha fija son los siguientes:

- *El 51.46% tenía una velocidad de descarga de 50 a 100 Mbps.*
- *El 22.98% tenía velocidades de descarga en el rango de 100 Mbps a 1 Gbps.*
- *El 0.21% tenía un valor superior a 1 Gbps.*

Se puede esperar que a medida que la capacidad de las redes de fibra continúe mejorando, también lo harán las velocidades alcanzadas en los próximos años.

Experiencia Confiable Garantizada (ECG).

La alineación entre los organismos de estandarización MEF (Metro Ethernet Forum) y los despliegues de fibra F5G, definidas por ETSI, ofrece beneficios significativos en varios frentes. Ambas organizaciones comparten un enfoque en interoperabilidad, calidad de servicio (QoS) y administración de redes. Esto permite una integración más efectiva de la fibra óptica en las redes Ethernet, garantizando un rendimiento consistente y de alta calidad para aplicaciones críticas. Además, la capacidad de alta velocidad y gran ancho de banda de la fibra óptica se combina con la flexibilidad y escalabilidad de los servicios Ethernet, lo cual es crucial en un entorno en constante evolución. Esta alineación mejora la eficiencia en la administración de la red y la prestación de servicios en un mundo cada vez más conectado que depende de la conectividad de alta velocidad.

El Acuerdo de Implementación MEF 23.2 utiliza la distancia como el principal medio para describir los **Niveles de Rendimiento** y derivar las demoras mínimas. Las distancias indicadas para cada nivel de rendimiento se pueden considerar como una distancia aproximada.

A continuación, se presentan los cinco Niveles de Rendimiento (PTs) definidos en este Acuerdo de Implementación con el formato:

Número del Nivel de Rendimiento (Nombre *PT-Performance Tier*) – Descripción (distancia, retardo de propagación derivado usando las restricciones del Objeto de Rendimiento de Clase de Servicio (CPO) para establecer un mínimo por Nivel de Rendimiento).

- PT0. 3 (Ciudad PT) - derivado de distancias menores que el Metro en extensión (<75 km, 0.6 ms)
- PT1 (Metro PT – derivado de distancias típicas de Metro (<250 km, 2 ms)
- PT2 (PT regional) – derivado de distancias regionales típicas (<1200 km, 8 ms)
- PT3 (PT continental) – derivado de distancias típicas nacionales/continentales (<7000 km, 44 ms)
- PT4 (PT global) – derivado de distancias globales/Intercontinentales típicas (<27500 km, 172 ms)

Las distancias no son normativas y solo se usan para proporcionar restricciones objetivas de Rendimiento de Clase de Servicio relacionadas con retardo por PT. La intención es proporcionar una gama de conjuntos de Niveles de rendimiento que aborden Redes Ethernet de operadores de diferente cobertura geográfica, diseño y alcance.

8.1. Hacia un F5G avanzado

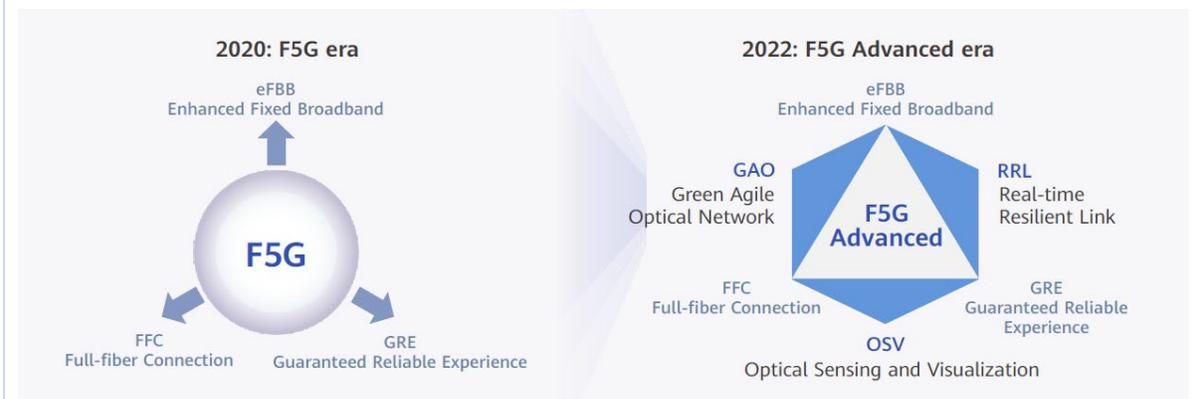
La comunicación óptica siempre se encuentra en un estado de innovación y desarrollo continuos. En la primera fase, los estándares F5G se han dado en uso comercial. Pero las tecnologías F5G aún se están desarrollando. En la reunión del 16 de septiembre de 2022, el ETSI nombró oficialmente la siguiente fase: F5G Advanced. En la donde se definen nuevos objetivos y capacidades para el desarrollo futuro de F5G. Con la amplia aplicación de F5G en diversas industrias, se generan nuevas oportunidades y requisitos de servicio para hogares, empresas e industrias. La evolución a "F5G Advanced" es necesaria para enriquecer las aplicaciones, promover la innovación y construir una industria de redes fijas sostenible.

En comparación con el F5G, el "F5G Advanced" tiene los siguientes cuatro cambios principales:

- De 1 Gbps a 10 Gbps en todas partes. Lo cual significa que la Banda Ancha puede ser usada para diferentes servicios.
- Desde telecomunicaciones hasta uso industrial, latencia de nivel μ s, confiabilidad del 99.9999%, lo cual resulta en un mejor nivel de rendimiento con alta confiabilidad.
- Desde la comunicación hasta la detección, precisión de posicionamiento de 1 metro, una alta precisión para localizar problemas en la red.

- De Conexión Eléctrica hasta la Conexión Óptica, lo cual implica una eficiencia energética mayor.

Gráfico 32: Era avanzada de F5G y F5G



Fuente: ETSI

IX. Conclusión

Con el rápido desarrollo de la sociedad digital, la banda ancha se ha convertido en un requisito indispensable de la vida de las personas y en una parte fundamental de la infraestructura de los países, equivalente a otros servicios públicos, como el agua, la electricidad y el gas. Las redes de banda ancha de fibra óptica brindan conectividad sostenible y rentable con alto ancho de banda, estabilidad, confiabilidad y latencia reducida, promoviendo el crecimiento económico a largo plazo al permitir el desarrollo de servicios y aplicaciones digitales avanzados para usuarios, empresas e industrias.

Mensajes clave:

- Con el creciente número de aplicaciones y servicios para hogares y empresas (como VR, AR y video en vivo), se imponen mayores requisitos en la infraestructura de banda ancha, lo que resulta en actualizaciones necesarias de las redes de acceso de banda ancha existentes.
- La banda ancha de fibra óptica aporta importantes beneficios socioeconómicos. El acceso a Internet de banda ancha es un motor clave del crecimiento económico y la competitividad de la industria, desempeñando un papel cada vez más transformador en todos los sectores económicos y en la sociedad en general.
- Los estándares relevantes de la industria, por ejemplo, MEF, ETSI ISG F5G, definen las redes futuras como relacionadas con las redes Gigabit de fibra óptica.

- En México, según el análisis de la infraestructura actual, la atención se centra en varias áreas clave: aumentar la cobertura de banda ancha en áreas remotas, promover actualizaciones tecnológicas (como la migración de cobre y cable a fibra) y acelerar la adopción de banda ancha de fibra urbana, entre otras.

La alternativa posible en México es lograr una mayor transformación digital mediante el desarrollo de redes de alta capacidad que entreguen productos, servicios y aplicaciones innovadores a todos los ciudadanos y a las empresas.

X. Anexo

A –Normas y estándares

- IETF: El Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet. El IETF define no solo el conjunto de protocolos de Internet, sino también los protocolos de administración y los lenguajes de modelado de datos. El enrutamiento segmentado sobre IPv6 y los modelos de datos YANG en la capa de servicio (por ejemplo, L3SM (Modelo de Servicio de VPN de Capa 3)), la capa de red (por ejemplo, L3NM (Modelo de Red de VPN de Capa 3)) son tecnologías habilitadoras importantes desarrolladas por el IETF para la automatización de redes.
- ETSI ISG F5G: La Red Fija de quinta generación (F5G y F5G Advanced). La comunidad de F5G describe un gran conjunto de casos de uso para F5G (como BB5) y "F5G Advanced" (similar a BB5.5). En función de esos casos de uso, se muestran los requisitos tecnológicos y las posibles brechas. Se define una arquitectura de red integral holística general utilizando muchas tecnologías. El grupo también se propuso definir las características de la 5.^a generación, que es la red que la mayoría de los operadores están construyendo actualmente.
- ITU-T SG15: Diversas tecnologías de referencia. La SG15 tiene varios subgrupos que definen diversas tecnologías de comunicación óptica en los diferentes segmentos de extremo a extremo. Las tecnologías de agregación de redes y transmisión incluyen OTN con su evolución (mayor velocidad y sub-1G), gestión de sistemas de transmisión y sincronización. En la red del área metropolitana, se lanza la Red de Transporte Metropolitano de Fibra Fina (G.fg MTN) para transportar servicios de paquetes premium de baja velocidad. En el segmento de red de acceso, se definen varias generaciones de PON y tecnologías de acceso Ethernet bidireccional. En el segmento de redes domésticas/locales del cliente, se definen las tecnologías de fibra hasta la habitación y Li-Fi.
- BBF: Foro de Banda Ancha. La BBF define varios aspectos de las redes de acceso, incluida la administración del enrutador doméstico, los modelos de datos de administración de PON y la convergencia inalámbrica y cableada.
- IEEE: Ethernet y Wi-Fi. IEEE define las tecnologías básicas de Ethernet y Wi-Fi (por ejemplo, Wi-Fi 7/8) utilizadas en las redes de banda ancha. Esto también es muy importante para los aspectos de redes de centros de datos de banda ancha. El grupo de trabajo IEEE P802.3df está definiendo una interfaz de 8 líneas que admite Ethernet de 800 Gb/s, y el grupo de trabajo P802.3dj está trabajando en Ethernet de 800 Gb/s y 1.6 Tb/s con tecnología óptica y eléctrica más avanzada de 200G por línea y óptica coherente. El Grupo de trabajo

IEEE802.11be (centrado en Wifi7) está definiendo el protocolo de interfaz aérea que admite la velocidad máxima de 39,6 Mbps y utiliza diversas tecnologías, como la modulación de alto orden 4KQAM y la transmisión de doble enlace. Y el Grupo de Trabajo IEEE802.11bn definirá protocolos de interfaz aérea más avanzados que operan en la banda de 1-7. 125 GHz para mejorar el rendimiento, la latencia y el consumo de energía.

- ETSI ISG ENI & ZSM: El Grupo de Especificación Industrial (ISG) de ETSI sobre Inteligencia Experiencial en Redes (ENI) se centra en mejorar la experiencia del operador, agregando mecanismos de inteligencia artificial en bucle cerrado basados en políticas impulsadas por metadatos y conscientes del contexto para reconocer e incorporar rápidamente nuevos conocimientos y cambios, y así tomar decisiones accionables. El grupo ETSI ZSM se formó con el objetivo de acelerar la definición de la arquitectura de gestión de servicios de extremo a extremo, que abarca infraestructura de red heredada y virtualizada, para permitir la ejecución automática de procesos y tareas operacionales.
- MEF: el Metro Ethernet Forum (MEF) es una organización industrial global dedicada a la promoción y desarrollo de estándares y servicios relacionados con Ethernet para redes metropolitanas y de área amplia. Los estándares MEF 23.1-23.2 están diseñados para garantizar un alto nivel de confiabilidad y rendimiento en redes metropolitanas y de área amplia. Esto es relevante para aplicaciones críticas, como servicios en la nube, voz, comunicaciones avanzadas de datos y aplicaciones empresariales. Al adherirse a estos estándares, los operadores pueden brindar servicios de mayor calidad y minimizar las interrupciones de la red.

B – Mejores prácticas de política pública

Obligaciones de uso compartido de la red para todos los participantes – Estudio de caso del Reino Unido

Existe una discusión general sobre si se debe exigir el uso compartido de la infraestructura a todos los operadores de red o solo a aquellos con un Poder de Mercado Significativo (SMP).

Un buen ejemplo es la Revisión del Mercado de Infraestructura Física realizada por OFCOM en el Reino Unido (OFCOM 2019). Aunque consideró todas las formas de infraestructura física que podrían implementarse en la prestación de servicios de comunicación electrónica, encontró que no toda la infraestructura es igualmente valiosa (existen desventajas y complejidades en el uso de otra infraestructura de servicios públicos en lugar de la infraestructura específica de telecomunicaciones) y no toda la infraestructura se puede combinar en una red homogénea (OFCOM encontró que los proveedores de comunicaciones tienen una fuerte preferencia por una infraestructura de telecomunicaciones ubicua). Por razones como estas, OFCOM concluyó que incluso con acceso a toda la infraestructura física competidora, habría una insuficiente restricción competitiva sobre el proveedor dominante de infraestructura de telecomunicaciones, BT Openreach. Por lo tanto, se requería la regulación del proveedor de SMP junto con un acceso más amplio a las Regulaciones de Infraestructura (UKG, 2020) que se aplican a todos los propietarios de infraestructura.

Recomendar que todos los buscadores de acceso y proveedores de acceso tengan la obligación de negociar acuerdos de compartición de infraestructura, y que los términos de esos acuerdos sean transparentes, justos y no discriminatorios, es un buen ejemplo de regulación ligera, ya que hay una obligación inherente, pero se establece de manera que haya un amplio margen para la negociación comercial.

Infraestructura neutral compartida única Acceso abierto y Coinversión

Muchos países se están moviendo hacia una estructura de la industria de las telecomunicaciones que incluye un único proveedor importante de infraestructura de comunicaciones compartida: por ejemplo, una red troncal nacional de fibra (por ejemplo, Tanzania) o una red nacional 5G (por ejemplo, Malasia) o un único proveedor mayorista integrado para todos los servicios fijos y móviles (por ejemplo, Brunei Darussalam). En estas circunstancias, las obligaciones regulatorias se extienden más allá de "se debe negociar" para incluir reglas de acceso abierto, justificadas ya sea debido a la financiación pública deseada y/o debido al estatus del operador como SMP (operador con poder sustancial de mercado) en el mercado de infraestructura, ya sea pasiva o activa. Las normas de acceso abierto no solo deben

garantizar un acceso transparente, justo y no discriminatorio para todas las partes interesadas; también deben establecer una metodología de fijación de precios adecuada. Eso significa proporcionar una tasa de rendimiento comercial al proveedor de acceso, considerando los riesgos de inversión ya realizados y los incentivos para continuar invirtiendo en las redes de alta capacidad que se requerirán en los próximos años.

Los desafíos actuales también han llevado a la tendencia hacia empresas conjuntas para compartir infraestructura y acuerdos de intercambio intersectoriales, lo que lógicamente conduce al objetivo de coinversión para nuevos proyectos de infraestructura de red. Coinversión significa cualquier inversión en la que la propiedad o el control se comparte entre dos o más partes.

Los modelos de coinversión permiten compartir los riesgos concurrentes entre todas las partes interesadas relevantes, incluidos los operadores de red y proveedores de servicios, pero potencialmente también empresas y agencias gubernamentales.

Unión Europea – Mejores prácticas

El marco regulatorio de la Unión Europea parte de la premisa de que la competencia basada en infraestructuras debe fomentarse siempre que sea posible. Recientemente, ha evolucionado de un principio estricto a una visión más pragmática del intercambio de infraestructura. Esto se debe a las colosales inversiones necesarias para el despliegue de las redes de última generación (5G, fibra).

El nuevo Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas (EECC en vigor desde diciembre de 2018) considera a los participantes mayoristas como actores clave para mejorar los niveles de competencia en los mercados emergentes de fibra (regulaciones anteriores: centradas en el riesgo de monopolios de infraestructura por parte de dichos participantes): Naturaleza procompetitiva de las TowerCos e InfraCos independientes.

Este Código considera que los operadores con un poder de mercado significativo que ofrezcan acceso a su infraestructura mediante coinversión pueden quedar exentos de otras formas de obligaciones de acceso.

Casi todos los países europeos han implementado redes de fibra de acceso abierto, y muchas de ellas están relacionadas con Redes de Iniciativas Públicas (con financiación pública). El uso compartido de fibra está regulado en varios países, ya sea pasivo o activo (acceso al flujo de bits).

En España, Italia y Portugal se lograron acuerdos voluntarios entre operadores, mientras que, en otros mercados, como Francia, se implementó la regulación de coinversión.

En septiembre de 2020, la Comisión Europea adoptó una recomendación instando a todos los Estados miembros a desarrollar y acordar un conjunto común de mejores prácticas de la Unión para fomentar la conectividad.

En febrero de 2023, la Comisión de la UE presentó un conjunto de acciones destinadas a poner la conectividad Gigabit a disposición de todos los ciudadanos y empresas de la UE para 2030, que incluyen:

- Propuesta de la Ley de Infraestructura Gigabit (GIA) (una regulación que presentará nuevas reglas para permitir un despliegue más rápido, económico y efectivo de redes Gigabit)
- Proyecto de Recomendación sobre Gigabits (condiciones de acceso a las redes de telecomunicaciones de los operadores con un poder de mercado significativo, a fin de incentivar una desconexión más rápida de las tecnologías heredadas y un despliegue acelerado de redes Gigabit).
- Consulta exploratoria sobre el futuro del sector de la conectividad y su infraestructura, incluido el debate sobre el "Fair Share" o Contribución Justa.

La propuesta de una 'Ley de Infraestructura Gigabit' (GIA) son nuevas reglas para permitir un despliegue más rápido, económico y efectivo de redes Gigabit en la UE que reemplaza la Directiva de reducción de Costos de banda ancha 2014/61/UE). Se compone de:

- Establecer un único punto de información digital ("SIP") para la obtención de información sobre infraestructura física existente, obra civil y permisos.
- Simplifica y digitaliza los procedimientos de concesión de licencias/autorizaciones/permisos.
- Aprobación tácita para la concesión de permisos
- Conexión lista de fibra para sitios de nueva construcción o aquellos en proceso de renovación importante (excepto en casos justificados)
- Reducirá la "burocracia", los costos y la carga administrativa asociados con la implementación de redes Gigabit.
- También mejorará la coordinación de obras civiles entre los operadores de redes para implementar la infraestructura física subyacente, como conductos y mástiles, y garantizará que los actores pertinentes obtengan acceso a ella.
- Preserva el plazo máximo de cuatro meses para los procedimientos de concesión de permisos, incentiva plazos aún más cortos, como ya se ha visto en algunas regiones de los Estados miembros, y limita las extensiones para circunstancias excepcionales.

- Extender el principio de limitación de costos más allá de los permisos para incluir derechos de paso y otras cargas financieras como impuestos u otros cargos;
- Prever directamente una exención de cualquier procedimiento de concesión de permisos para actualizaciones a sitios móviles;
- Mantener la amplia definición de infraestructura propiedad física y controlada por las autoridades públicas, y la obligación de que las autoridades identifiquen claramente y justifiquen debidamente por qué ciertos edificios están excluidos;
- Extender el plazo de un mes para la solución de controversias por acceso denegado;
- Establece un punto de información único y claro donde se puede encontrar información, realizar solicitudes y resolver disputas.

Francia - Mejores prácticas

La regulación de fibra en Francia incluye regulación "asimétrica" impuesta por ARCEP (Autoridad Reguladora de Comunicaciones Electrónicas, Postales y de Distribución de Medios de Francia) para varios mercados (Infraestructura física; Acceso mayorista local proporcionado en una ubicación fija; Acceso central mayorista proporcionado en una ubicación fija para productos de mercado masivo; y Soluciones activas dedicadas de alta calidad para empresas). ARCEP señaló que, en 2020, Orange controlaba el 99,99% de los accesos de cobre y el 69% de los accesos FTTP. La participación de Orange en el mercado mayorista (excluyendo el autoabastecimiento) de fibra fue del 67%. ARCEP designó a Orange como el operador con un poder de mercado significativo (SMP) en cada uno de los mercados notificados e impuso una serie de obligaciones regulatorias, incluidos el acceso, la no discriminación y los controles de precios. El otro aspecto de la regulación del acceso a la fibra es la regulación "simétrica", que establece el acceso pasivo a los segmentos de terminación de las redes FTTP. Las reglas requieren que todos los operadores que instalen FTTH/B en edificios lo implementen de tal manera que permitan el acceso pasivo (fibra oscura) en puntos de concentración que agreguen al menos 1000 líneas. Las ofertas deben incluir el potencial para cofinanciamiento (con base en derechos indefinidos de uso o IRU) antes de que ocurra la inversión, después de la inversión o basándose en alquiler a corto plazo. Los términos y condiciones, así como los precios, se establecieron a través de una serie de disputas resueltas por el regulador. Los precios se basaban en los costos, pero con recargos en el WACC para tener en cuenta el mayor riesgo.

Derecho de paso y autorizaciones gubernamentales: Estonia – Mejores prácticas

Estonia ha implementado numerosas políticas y prácticas que han facilitado el despliegue de fibra óptica. En 2007, Estonia fue uno de los primeros países europeos en adoptar una "Ley de

cavar solo una vez" (Dig once, en inglés), que estableció un marco legal para la planificación coordinada y la instalación de conductos o tuberías vacías durante la construcción o el mantenimiento de carreteras para dar cabida a diversas infraestructuras de servicios, incluida la infraestructura de telecomunicaciones como la fibra óptica. El propósito de la política es minimizar las interrupciones y reducir los costos al permitir que varias empresas de servicios públicos utilicen la misma infraestructura.

En 2014, se lanzó un Registro de Infraestructura electrónica ("Ehitisregister") que proporciona información sobre la infraestructura existente, incluidos cables y conductos subterráneos, y facilita la coordinación entre los operadores de infraestructura. Este registro ayuda a evitar excavaciones innecesarias y promueve el uso eficiente del derecho de paso.

Estonia también sigue un modelo de acceso abierto, lo que significa que los operadores de red y los ISP tienen acceso justo y no discriminatorio a los derechos de paso públicos. Esto fomenta la competencia, ya que varios proveedores pueden utilizar la misma infraestructura, lo que reduce la necesidad de implementaciones redundantes.

Mejores prácticas previas a la instalación

China

La República Popular China desarrolló una estrategia de crecimiento de la red de fibra en 2011 que incluía compartir infraestructura y esfuerzos para limitar el acceso monopolístico. En 2013, la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma (CNDR) desarrolló políticas para la preinstalación de fibra en edificios en colaboración con dos organizaciones principales: el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información y el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano Rural, que son responsables de desarrollar el Código de diseño y Códigos para la construcción y aceptación.

Las redes de fibra son necesarias para los edificios nuevos antes de su ocupación, al agregar infraestructura de comunicaciones al estándar de aceptación de construcciones. Al menos tres operadores de banda ancha fija deben estar respaldados por la sección transversal de los conductos de comunicación, los puntos de distribución y las instalaciones para construir redes de fibra en los edificios.

Posteriormente, en 2014, se creó un presupuesto de referencia para ayudar a los desarrolladores inmobiliarios a prever el costo de la instalación de redes de fibra en el desarrollo de edificios. En resumen, la República Popular China ha desarrollado una estrategia de preimplantación de fibra en edificios residenciales para facilitar el desarrollo de servicios de banda ancha fija a través de redes de fibra. Desde 2013, todos los edificios que soliciten un

permiso de construcción deben cumplir con los códigos de diseño y los códigos de construcción y aceptación.

España

España es uno de los países líderes en cuanto a despliegue de fibra, con un 96% de hogares conectados a redes de fibra en 2023. El éxito del despliegue de fibra en España se puede atribuir en gran medida al entorno regulatorio favorable que respaldó el intercambio de infraestructura y los acuerdos de coinversión entre la empresa dominante, Telefónica, y sus competidores.

En julio de 2013, Telefónica, Orange España y Vodafone España llegaron a un acuerdo sobre el intercambio de infraestructuras verticales dentro de los edificios y sobre la compartición de las líneas de fibra que llegan a los usuarios finales, solicitando al regulador que estableciera los precios para estos servicios. Para cerrar la brecha con Telefónica, Orange España y Vodafone anunciaron ambiciosos planes para el despliegue de FTTP en España y firmaron su propio esquema de uso compartido de redes en 2014. Y en 2016, Orange España firmó un acuerdo conjunto de despliegue de red con Grupo MASMOVIL y Telefónica firmó un acuerdo mayorista con Vodafone España.

Al promover activamente acuerdos de infraestructura y de inversión compartida, los operadores españoles pudieron compartir costos y riesgos, especialmente en áreas rurales, y así alcanzar niveles de conectividad mucho más altos que otros mercados clave en Europa.

Mapeo de Infraestructura de Banda Ancha – Mejores Prácticas en Eslovenia y Reino Unido/Alemania

PROSTOR, una herramienta de mapeo de infraestructura fue desarrollada en Eslovenia por la Autoridad de Topografía y Cartografía (Administración Geodésica de la República de Eslovenia) dependiente del Ministerio de Medio Ambiente y Planificación Espacial. El sistema de mapeo presenta de forma gráfica los datos sobre conductos, cables, nodos, estaciones base, etc. El sistema recopila datos sobre las instalaciones de los operadores de comunicaciones electrónicas, principalmente la ubicación y el tipo de redes utilizadas. Los ciudadanos pueden consultar la disponibilidad de banda ancha proporcionada por los operadores.

Eslovenia asignó recursos financieros de los Fondos Estructurales para el período de programación 2014-2020 para respaldar el mapeo detallado y el análisis de cobertura, con el fin de apoyar la expansión de las redes de banda ancha mediante la implementación de métodos de reducción de costos de los cuales todos los operadores y la sociedad pueden beneficiarse.

C – Caso de los ISP pequeños y medianos –Caso de estudio: Brasil

Brasil es uno de los casos más estudiados en la región en lo que respecta a estos participantes; actualmente los ISP pequeños y medianos son responsables del 50% del mercado de banda ancha fija en Brasil. Los aprendizajes de este mercado deberían tenerse en cuenta para otros países que estén planeando fomentar el crecimiento de participantes alternativos en el ámbito de la banda ancha.

- Trámites de licencias rápidos y sencillos: El regulador brasileño, Anatel, simplificó el proceso para solicitar una licencia para brindar servicios de banda ancha, lo que permitió a las empresas regularizar fácilmente sus operaciones.
- Simplificar la tributación: El sistema tributario brasileño es complejo y gravoso; sin embargo, las empresas con ingresos anuales inferiores a 360,000 dólares estadounidenses pueden beneficiarse de un sistema tributario simplificado diseñado para fomentar a las pequeñas empresas.
- Facilitar el financiamiento: Puede ser un desafío para los nuevos operadores obtener préstamos, a menudo no tienen suficientes garantías para ofrecer a los bancos, o incluso esos bancos no aceptan la red de fibra como garantía para dichos préstamos. Para casos como estos, los gobiernos pueden crear fondos para apoyar las necesidades financieras de estos participantes, que pueden ser simplemente ofrecer garantías a los préstamos de los bancos privados.
- Costos de interconexión justos: Por lo general, los participantes pequeños y regionales invierten en la construcción de las redes de backhaul y última milla, pocos de ellos tienen los recursos o el interés en construir redes de transporte de larga distancia, ya que para las mismas confían en el mercado mayorista establecido, y en estos casos, el costo de interconectar la red puede convertirse en un factor limitante importante para los jugadores regionales, por lo tanto, debería considerarse la regulación de precios del mercado mayorista.
- Derechos de paso: Un factor clave para habilitar la banda ancha de fibra en muchos mercados es la posibilidad de utilizar fibra aérea suspendida entre postes de servicios públicos. Sin embargo, los derechos de paso no están claramente definidos en muchos países, lo que genera opiniones contradictorias entre los operadores de telecomunicaciones y las empresas de servicios públicos. Para resolver este problema, es importante la coordinación entre los reguladores de telecomunicaciones y energía para armonizar la regulación.
- Permisos municipales: En muchos países, incluido Brasil, las empresas necesitan la aprobación de las autoridades municipales para construir sus redes, cada ciudad tiene

su propio conjunto de reglas y, en muchos casos, no hay plazos claros para los procesos de aprobación. Esta situación genera costos adicionales y retrasos en la construcción de redes. Actualmente, se encuentra en discusión en el Parlamento brasileño una ley que unifica estas normas municipales y establece un período de tiempo para la aprobación de estos permisos, luego del cual el proyecto queda aprobado automáticamente.

D- Tendencias de infraestructura de redes neutrales en América Latina

La convergencia de factores como el crecimiento de los ISP, la necesidad de reducir la deuda y la demanda de fibra ha cambiado la forma en que los operadores entienden el valor de su infraestructura. Si en el pasado se consideraban un activo estratégico y un diferenciador clave que debía mantenerse bajo estricto control, algunas de estas empresas se han dado cuenta de que pueden desbloquear el valor de estos activos y atraer inversores en infraestructura que también comparten necesidades de inversión. Este es un movimiento global, iniciado en los EE. UU. y Europa y comenzando a llegar a México y América Latina.

América Latina vio el lanzamiento de varias nuevas empresas mayoristas. Otros, decidieron vender y arrendar sus redes de fibra. En todos estos casos, las nuevas empresas abrieron sus redes para hacer negocios con múltiples operadores, aprovechando las oportunidades de beneficiarse de la multipropiedad de la red. Varios operadores también crearon una nueva compañía de infraestructura, ya sea debido a decisiones regulatorias o estrategia comercial.

La siguiente tabla 8 presenta varios casos latinoamericanos recientes con características diferentes: algunos se limitan a la red de última milla, otros involucran todo, desde la última milla hasta los cables submarinos, y otros están limitados geográficamente.

Tabla 8: Acuerdos de infraestructura de fibra en América Latina

Red de Nombres	País	Vendedor	Comprador	Porcentaje adquirido	Fecha del Acuerdo	Valor de la Transacción	Hogares Pasados
On Net Fibra	Chile	Telefónica	KKR	60%	Julio de 2021	\$1bn	4m(3Q23)
On Net Fibra	Colombia	Telefónica	KKR	60%	Enero 2022		3.4m(3Q23) (1.2m en 2022)
Telefónica	Argentina	N/A (no es una venta, estrictamente un acuerdo para compartir infraestructura)	N/A (se refiere a: SION, Metrotel e lplan)	N/A	Agosto de 2021, octubre de 2022, marzo de 2023	-	-
Entel Fiber	Chile	Entel	On Net Fibra	100%	Octubre de 2022 (anunciado)	\$358m	3.4m(3Q23) 1.2m in 2022
I-Systems	Brasil	TIM Brasil	IHS Towers	51%	2021 de noviembre	\$295.7 m	6.4m
V.tal	Brasil	Oi	BTG Pactual	Porcentaje inicial: 57.9% Porcentaje actual: 65.27%	2022 de mayo	\$2.6bn	16m (18m por 3Q22)
FiBrasil	Brasil	Telefónica	CDPQ	50%	Julio de 2021	\$306m	1.6 m (3.3 m por 3Q22)
PanageaCo (TEF), Telefónica, Entel	Perú	Telefónica Entel	KKR (On*Net Peru)	54% (36% TEF y 10% Entel)	Julio de 2023	-	2.8m (3Q23) 2m(1Q23) (5.2m por 4Q26)

Fuente: Omdia

Los proveedores de servicios de comunicación de América Latina han estado desinvirtiendo no solo en sus torres, sino también en la infraestructura de fibra; alejándose del modelo de empresa integrada de servicios de infraestructura hacia un modelo más puro de servicios de telecomunicaciones. Esta tendencia está generando modelos de negocio más diversos que se

basan en compartir infraestructura. La participación privada y la asociación público-privada son fundamentales para el éxito de este tipo de redes de intercambio de infraestructura.

Los fondos de infraestructura y las empresas tienen diferentes impulsores económicos, esperando períodos de retorno más largos. Esto podría traer recursos de financiamiento adicionales para acelerar la brecha de cobertura de fibra en México. Las tendencias globales muestran que los modelos de coinversión y de inversión público-privada son aliados clave para facilitar los despliegues de fibra de una manera más rentable y alcanzar una mayor cobertura de población de fibra en menos tiempo.

El mercado de inversión en infraestructura está evolucionando con un creciente interés por activos de red de larga vida útil que sustentan el funcionamiento de las economías y las comunidades. Las redes de fibra ahora forman parte de las carteras de fondos de pensiones, junto con carreteras de peaje, gasoductos, puertos y parques eólicos. El interés en las redes que ofrecen rendimientos casi monopolísticos a largo plazo dentro de un entorno regulatorio estable es atractivo, ya que los inversores buscan igualar los activos con los horizontes de inversión a largo plazo de sus clientes.

E – Glosario

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica)

AI: Artificial Intelligence, (Inteligencia Artificial - IA)

APN6 Application-aware IPv6 Networking

AR: Augmented Reality (Realidad Aumentada)

ARCEP: Autoridad de Regulación de Comunicaciones Electrónicas y de servicios Postales de Francia

BEI: Banco Europeo de Inversiones

BIERv6 Bit Index Explicit Replication

CAGR: Compound annual growth rate (Tasa de crecimiento anual compuesto)

CAPEX: Capital expenditure (Gasto de capital)

CAV: Connected Autonomous Vehicles (Vehículos Autónomos Conectados)

CAT5: Cable Categoría 5 que soporta Mbps en distancias de hasta 100 metros.

CAT 6: Cable Categoría 6

CNP: Carrier-neutral Providers (Proveedores neutrales del Operador)

CPE Consumer Premise Equipment (Equipo Local del Cliente)

DOCSIS: Data Over Cable Service Interface Specifications (Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable)

DQ ODN: Digitalized & Quick Optical Distribution Network (Red de Distribución Óptica Rápida y Digitalizada)

DSL: Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital)

CE: Comisión Europea

ETSI: Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones

eFBB: Enhanced Fixed Broadband (Banda Ancha Fija Mejorada)

EXC Electrical Cross-Connect

F5G: 5th Generation of Fixed Network (5ta Generación de Red Fija)

FAT: Fiber Access Terminal (Terminal de Acceso de Fibra)

FDI: Fiber Development Index (Índice de Desarrollo de Fibra)

FDT: Fiber Distribution Terminal (Terminal de Distribución de Fibra)

FFC: Full-Fiber Connection (Conexión de Fibra Completa)

FTTB: Fiber to the Building (Fibra hasta el edificio)

FTTE: Fiber to the Edge (Fibra hasta el borde)

FTTH: Fiber to the Home (Fibra hasta el hogar)

FTTN: Fiber to the Node (Fibra hasta el nodo)

FTTP: Fiber to the Premise (Fibra hasta la instalación)

FTTR: Fiber to the Room (Fibra hasta la habitación)

FTTS: Fiber to the Site (Fibra hasta el sitio)

FWA: Fixed Wireless Access (Acceso Inalámbrico Fijo)

GDP Gross Domestic Product (Producto Interno Bruto)

Gigabit City: se refiere a una ciudad que tiene acceso generalizado a conexiones a Internet de alta velocidad, que ofrecen velocidades de 1 Gbps o más

GPON: Gigabit Passive Optical Network

GRE: Guaranteed Reliable Experience

IETF: Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet)

IFIT In-Situ Flow Information Telemetry

IFT: Instituto Federal de Telecomunicaciones

IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas)

IPTV: Internet Protocol Television (Televisión por Protocolo de Internet)

IPv6: Internet Protocol Version 6 (Protocolo de Internet versión 6)

ISP: Internet Service Provider (Proveedor de Servicios de Internet)

IXP: Internet Exchange Point (Punto de Intercambio de Internet)

ISG: Industry Specification Group (Grupo de Especificación Industrial)

KPI Key Performance Indicators (Indicadores clave de rendimiento)

MEF: Metro Ethernet Forum

ML: Machine Learning (Aprendizaje de Máquinas)

MR: Mixed Reality (Realidad Mixta)

NLP: Natural Language Processing

NPS: Net Promoter Score

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

ODN: Optical Distribution Network (Red de Distribución Óptica)

OFCOM: Oficina de Comunicaciones, autoridad reguladora y de competencia aprobada por el gobierno para las industrias postal, de radiodifusión y de telecomunicaciones del Reino Unido.

OLT: Optical Line Terminal (Terminal de Línea Óptica)

ONT: Optical Access Terminal (Terminal de Red Óptica)

ONU: Optical Network Unit (Unidad de Red Óptica)

OXC: Optical Cross-connect

PT: Performance Tiers (Niveles de Rendimiento)

QoE: Quality of Experience (Calidad de Experiencia)

QoS Quality of Service (Calidad de Servicio)

ROW: Rights of Way (Derechos de Paso)

SRv6 Segment Routing over IPv6

STB Set Top Box

Tasa de bits: número de bits que se procesan por unidad de tiempo, se expresa como "bit por segundo", con un prefijo como kilo (kbit/s o kbps), mega (Mbit/s o Mbps), giga (Gbit/s o Gbps) y tera (Tbit/s o Tbps)

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

VDSL: Very high bit rate digital subscriber line (Línea de abonado digital de muy alta velocidad)

VR: Virtual Reality (Realidad Virtual)

WACC: Weighted Average Cost of Capital (Coste promedio ponderado del capital)

XR: Extended Reality (Realidad Extendida)



INSTITUTO FEDERAL DE
TELECOMUNICACIONES



/IFT.mx



@IFT_MX



iftmexico



IFTmx



iftmexico

INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES
Insurgentes Sur 1143, Col. Nochebuena,
Demarcación Territorial Benito Juárez, C.P. 03720,
Ciudad de México, Tel: 55 5015 4000 / 01 800 2000 120.

WWW.IFT.ORG.MX