

La relevancia para México de la implementación de las redes abiertas en zonas rurales

CENTRO DE ESTUDIOS

Responsable

Mtro. José Alberto Candelario Barrera

Índice

Introducción.....	3
Descripción técnica y evolución de la RAN.....	7
Instituciones que apoyan el desarrollo de la arquitectura Open RAN.....	10
Open RAN como una opción para las áreas rurales.....	12
Estudios sobre Open RAN en zonas rurales realizados por organizaciones internacionales.....	19
Esfuerzos financieros y de regulación de gobiernos y entidades regulatorios de diferentes países para impulsar Open RAN.....	21
Ciberseguridad de Open RAN.....	25
Conclusiones.....	27
Bibliografía.....	30
Apéndice.....	31

La relevancia para México de la implementación de las redes abiertas en zonas rurales.

José Alberto Candelaria Barrera

Introducción

Open RAN representa un cambio en la industria de las telecomunicaciones móviles con relación a la arquitectura que se utiliza en el segmento de acceso por radio (Radio Access Network, RAN). Específicamente, Open RAN no es una tecnología como lo son 4G o 5G, sino un cambio en la arquitectura de las redes móviles que permite que los operadores que despliegan y mantienen las redes utilicen una variedad de proveedores, por lo que ofrece una alternativa interesante para la construcción de la infraestructura necesaria para la provisión de los servicios de telecomunicaciones móviles.

Aunque Open RAN es compatible con 2G y 3G, la mayoría de las implementaciones se centran en las redes 4G y 5G debido a las ventajas tecnológicas y de rendimiento que ofrecen las nuevas tecnologías.

El presente reporte tiene por objeto analizar los casos de implementación de soluciones Open RAN en países de América Latina con un énfasis en áreas rurales, con el objeto de obtener información que pueda servir como punto de partida para, en su caso, determinar si este tipo de arquitectura puede ofrecer una alternativa en las zonas aisladas y con características rurales en México.

La búsqueda de alternativas para la prestación de los servicios en zonas rurales en México cobra más sentido cuando se toma en consideración que existen 60,325 localidades sin conectividad, con cobertura móvil no garantizada (3G, 4G o 5G) o con 2G,¹ en las cuales habitan 4,620,055 personas que habitan en 1,114,200

¹ De acuerdo con las mejores prácticas, el acceso a los servicios de telecomunicaciones, particularmente la banda ancha debe contar con una calidad mínima. UIT. (2022). Achieving universal and meaningful digital connectivity. Setting a baseline and targets for 2030. https://www.itu.int/itu-d/meetings/statistics/wp-content/uploads/sites/8/2022/04/UniversalMeaningfulDigitalConnectivityTargets2030_BackgroundPaper.pdf.

hogares.² Esto es, cerca del 4% de la población censada en 2020 carecen de adecuada conectividad.

Para la integración de este reporte se analiza la puesta en marcha de soluciones Open RAN realizadas a nivel internacional para ampliar el despliegue de redes de telecomunicaciones inalámbricas en zonas rurales. Debe señalarse que a la fecha existe poca información académica, o reportes sobre los resultados de implementación de los proyectos de Open RAN implementados en otros países. En este sentido, el presente reporte se elabora a partir de estudios e investigaciones publicados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Unión Europea, así como a partir de los comunicados de algunos gobiernos y de los operadores que participan en proyectos basados en la arquitectura Open RAN.

A partir de una revisión de la evidencia y de la literatura existente, se puede argumentar que la arquitectura de Open RAN puede ofrecer potencial a las redes de telecomunicaciones en zonas rurales, al desagregar componentes y promover la interoperabilidad de componentes provistos por diferentes proveedores de equipo, lo que podría llevar a una mayor flexibilidad, innovación y reducción de costos. Sobre este último punto, destaca que al reducir los costos de construcción y operación de las redes la prestación de los servicios puede ser rentable para los operadores en algunas de las áreas rurales y remotas que son también las que acusan una mayor marginación.

El reporte se limita a identificar los beneficios derivados de la arquitectura Open RAN en zonas rurales, por lo que no se abordan sus beneficios en otras áreas. Al respecto hay estudios como “Evidencia Internacional sobre *Open RAN* y posibilidades de su uso en México” en el que se identifica que el impacto de Open RAN en la industria de las telecomunicaciones y en la sociedad en general puede ser significativo y benéfico para la sociedad³.

² Para mayor detalle sobre la brecha de conectividad, véase: Koike, S. Estrategias para cerrar las brechas digitales. Disponible en: <https://centrodeestudios.ift.org.mx/admin/files/estudios/1706294645.pdf>

³ El estudio destaca que Open RAN puede fortalecer la competencia en la industria de las telecomunicaciones, específicamente en lo que se refiere al número de proveedores de equipo, lo que podría conducir a precios

Cabe destacar que en la práctica se han desplegado y operado pocas redes con esa arquitectura, de hecho, se detectaron sólo 4 casos en América Latina; esos se encuentren en fase inicial y no es posible definir su éxito en el mediano y el largo plazos. Entre los casos analizados, destaca el peruano, que con Open RAN ha tenido la capacidad de conectar más de 3.5 millones de personas que carecían de conectividad. El caso peruano puede sugerir la capacidad favorable de la arquitectura Open RAN en su uso rural, cuando la inversión y el tiempo de maduración son adecuados.

Si bien no es el objeto central de este estudio, se han agregado casos de otros continentes a fin de enriquecer la información y los ejemplos.

El reporte encuentra que, a pesar de sus beneficios potenciales, Open RAN presenta también riesgos importantes que incluyen los desafíos de seguridad que surgen de la integración de múltiples proveedores, los posibles problemas de rendimiento debidos a la diversidad de componentes y por tanto, el desafío para los operadores de cómo abordar las tareas diarias de la red virtual a escala masiva, la necesidad de un sólido ecosistema de proveedores y la indispensable tarea de establecer estándares para garantizar la seguridad de las redes y la viabilidad de esta arquitectura a largo plazo.

La información disponible dificulta sacar conclusiones definitivas sobre la eficacia y viabilidad de Open RAN en el contexto rural. Por lo tanto, es conveniente continuar estudiando y analizando el tema de Open RAN, especialmente en relación con su aplicación en zonas rurales. Un mayor análisis y seguimiento permitirán obtener una comprensión más completa de los beneficios, desafíos y oportunidades que esta arquitectura puede ofrecer en entornos rurales, lo que a su vez facilitará la toma de decisiones informadas para futuros despliegues y políticas de conectividad.

más bajos y a una mayor innovación; también contribuye a acelerar la implementación de 5G y tecnologías futuras al favorecer un despliegue más rápido y eficiente de las redes 5G y, eventualmente, de las tecnologías que vendrán después de 5G; impulsar la personalización y calidad del servicio para satisfacer las necesidades específicas de diferentes grupos de clientes, además de que podría resultar en una mejor calidad de servicio y en una mayor satisfacción del cliente. Estudio disponible en: <https://centrodeestudios.ift.org.mx/admin/files/estudios/1705017322.pdf>.

Descripción y evolución de la RAN.

En una arquitectura de red tradicional, los proveedores de equipos inalámbricos que diseñan sus equipos RAN no tienen que tomar en cuenta la interoperabilidad con los equipos de otros proveedores, porque ellos integran todos los componentes de una red. Como resultado, los operadores de telecomunicaciones se ven obligados a tratar con una sola compañía proveedora de equipo cuando quieren desplegar una red inalámbrica y que ésta funcione sin problemas, así también cuando reponen equipos como parte de los procesos de renovación y mantenimiento de las redes. Esta selección limita las alternativas y podría mantener más elevados los precios de los equipos. Este es uno de los argumentos recurrentemente citados por los promotores de Open RAN⁴.

El concepto clave de Open RAN es la apertura en los protocolos y las interfaces a diferentes subcomponentes (hardware, software, etc.) para el RAN. Es así que Open RAN es la desagregación de la red de acceso de radio en partes que están interconectadas por interfaces abiertas e interoperables. El resultado de este proceso es que las redes se pueden construir a partir de partes de diversos proveedores⁵.

La desagregación del RAN permite que al no tener que depender de un solo proveedor para todos los equipos, los operadores y las empresas tengan mayores posibilidades de buscar la mejor oferta para cada componente. Esta posibilidad genera una presión competitiva en los mercados de equipos y partes, que puede resultar favorable en términos de precios, calidad y diversidad de las ofertas. Así también se ha señalado que esta arquitectura puede tener un efecto positivo en los mercados de telecomunicaciones, al reducir las barreras de entrada.

Los estándares de Open RAN también se encuentran a disposición de los desarrolladores de software, que podrían crear funciones y servicios innovadores para responder rápidamente a las necesidades de los usuarios. Open RAN fomenta

⁴ Wypior, D. Klinkowski, M., Michalski, I. Open RAN—Radio Access Network Evolution, Benefits and Market Trends. Applied Sciences. MDPI. January, 2022.

⁵ Open RAN principles - GOV.UK Mayo 2023. Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-open-ran-principles/open-ran-principles>

así la innovación en diferentes mercados del ecosistema digital, lo que podría llevar a soluciones más eficientes y económicas.

Por otra parte, Open RAN como se describe en este reporte, también ofrece una opción para llevar conectividad confiable y asequible, y sus despliegues son más adaptables a necesidades específicas como las que presentan las zonas rurales. Efectivamente, Open RAN puede ser más asequible al aprovechar diferentes opciones de equipos, potencialmente reduciendo los costos de despliegue y de mantenimiento. Lo anterior puede resultar atractivo, particularmente en áreas sin cobertura, como las zonas rurales de México, en las que la infraestructura de telecomunicaciones presenta retos de despliegue por la orografía compleja, la falta de densidad de población y la limitada capacidad económica de sus habitantes.

A mayor detalle, una de las características que destaca a la arquitectura Open RAN es que virtualiza partes de la red móvil que tradicionalmente son manejadas mediante hardware y software especializados⁶. Las funciones sensibles al tiempo, como la gestión de la calidad del servicio, el control de los traspasos y el equilibrio de la carga, son administradas por la capa de tiempo casi real del controlador inteligente de la RAN (Near-Real-Time RAN Intelligent Controller, Near-RT RIC), mientras que la gestión de políticas y el análisis tienen lugar en la capa de tiempo no real del RIC (RAN Intelligent Controller⁷). Las capas de unidad distribuida (Distributed Unit)⁸ y unidad de radio remota (Remote Radio Unit)⁹ proporcionan una

⁶ Polese, M.; Bonati, L.; D’Oro, S.; Basagni, S.; Melodia, T. Understanding O-RAN: Architecture, Interfaces, Algorithms, Security and Research Challenges. IEEE Communications Surveys & Tutorials. DOI 10.1109/COMST.2023.3239220

⁷ RAN Intelligent Controller (RIC). El controlador inteligente de RAN es un componente definido por software de la arquitectura de la red de acceso por radio abierta (Open RAN); está a cargo de controlar y optimizar las funciones de la RAN. El RIC es una parte fundamental de la estrategia de desagregación de la RAN abierta. Ofrece interoperabilidad, inteligencia, agilidad y programabilidad para las redes de acceso de radio de múltiples proveedores. El RIC permite incorporar aplicaciones de terceros que automatizan y optimizan las operaciones de RAN a escala, mientras admite casos de uso innovadores que reducen el costo total de propiedad de las compañías de telefonía celular y mejoran la calidad de la experiencia (QoE) de los clientes.

⁸ Distributed Unit (DU) es la unidad de procesamiento principal, la cual es responsable de los protocolos RLC, MAC y High Physical en la pila de protocolos de la RAN.

⁹ Remote Radio Unit (RRU) es utilizada para convertir a las señales de radio que se envían desde o hacia una antena, en señales de banda base digital, las cuales pueden ser conectadas a la DU.

funcionalidad virtualizada similar para el procesamiento de la radiofrecuencia y la banda base. Estas características están diseñadas para proporcionar la funcionalidad básica necesaria para todas las redes móviles, al tiempo que ofrecen la oportunidad de mezclar y combinar el hardware real que se utiliza, siempre y cuando el equipo sea compatible con Open RAN.

Las RAN han evolucionado desde la primera generación (1G) hasta la quinta generación (5G) de redes celulares. A partir de la 4G se introduce la RAN LTE, lo cual provocó que la red de acceso de radio y la red central cambiaran significativamente. Además, con la 4G la conectividad del sistema por primera vez se basó en el Protocolo de Internet (IP), reemplazando las redes anteriores basadas en circuitos. Con el LTE Advanced y el 5G, las mejoras llegaron a través de una RAN centralizada, también llamada RAN en la nube (Cloud RAN), y conjuntos de antenas múltiples, como entrada múltiple, salida múltiple (MIMO).

Otro de los componentes principales de la arquitectura Open RAN es el Controlador de Inteligencia RAN (RIC), que controla las funciones de la red 5G, por ejemplo, la priorización de las comunicaciones, etc. Bonati¹⁰ et. al. establecen que el RIC facilita la optimización del RAN por medio de bucles de control cerrado, como las acciones autónomas y bucles de retroalimentación entre los componentes del RAN y sus controladores. Tiene un gran potencial que brinda a los operadores la oportunidad de desarrollar aplicaciones nuevas que optimizan las redes y permiten construir nuevos servicios.

Aunado a lo anterior, desde que se introdujeron las primeras redes celulares, las capacidades de la RAN se han ampliado para incluir llamadas de voz, mensajes de texto y transmisión de audio y de video. En el Cuadro 1 se muestra un comparativo de las características de los tipos de RAN y de su evolución. Se puede observar que en un principio la D-RAN (Distributed RAN)¹¹ y C-RAN (Centralized

¹⁰ Bonati, L.; D'Oro, S.; Polese, M.; Basagni, S. & Melodia T. *Intelligence and Learning in O-RAN for Data-driven NextG Cellular Networks*. IEEE Communications Magazine. July, 2021.

¹¹ Distributed RAN (D-RAN) se refiere a una de las primeras versiones de Radio Access Network, en la cual la RRH (Remote Radio Head) y la BBU (Base-Band Unit) se encuentran colocadas físicamente en cada celda. De tal forma que la RAN se encuentra distribuida a lo largo de toda el área geográfica.

RAN)¹² no eran virtualizadas ni automatizadas; la C-RAN, a diferencia del D-RAN, maneja de forma parcial las interfaces estandarizadas y múltiples proveedores de hardware. Por su parte, el vRAN (Virtualized RAN)¹³ sí es virtualizado, pero no automatizado. En tanto que el xRAN¹⁴ también es virtualizado, pero además es parcialmente automatizado. Así, solamente cuando se llega al Open RAN u O-RAN es que se tiene una red automatizada, virtualizada y con el apoyo de múltiples proveedores.

Cuadro 1. Comparativo de características de los tipos de RAN y su evolución

Tipos	Separación de RU y BBU	BBU en la nube	Virtualización	Separación entre Control y el Usuario	Interfaces estandarizadas	Apoyo de múltiples proveedores	Automatización
D-RAN	No	No	No	No	-	No	No
C-RAN	Sí	Sí	No	No	Parcialmente Sí	Parcialmente Sí	No
vRAN	Sí	Sí	Sí	No	Parcialmente Sí	Parcialmente Sí	No
xRAN	Sí	Sí	Sí	Sí	Principalmente Sí	Principalmente Sí	Principalmente Sí
O-RAN	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Nota: RU es Radio Unit; BBU es la Base-Band Unit.

Fuente: Kaliyammal Thiruvassagam et. al. Open RAN: Evolution of architecture, deployment aspects, and future decisions. Enero 2023.

Para concluir este apartado descriptivo, cabe citar el artículo Open RAN Principles¹⁵ publicado por el gobierno británico en 2022, en el cual se abordan las características que Open RAN y el mercado deben tener para que se materialice el potencial de la arquitectura. En este sentido, para asegurar que Open RAN cumpla sus metas, se señalan los siguientes principios:

- 1) Desagregación abierta, permitiendo que los elementos de la RAN se puedan abastecer de distintos proveedores y se implementen de nuevas formas.

¹² Centralized RAN (C-RAN), o también conocido como Cloud RAN, es una versión mejorada de D-RAN. Esto se debe a que la BBU ya no se encuentra ubicada con la RRH (Remote Radio Head), esto provoca que los recursos sean compartidos de forma dinámica.

¹³ Virtualized RAN (vRAN). Es muy similar a la C-RAN, pero en este caso no existe una dependencia del hardware en algunas partes de la arquitectura RAN.

¹⁴ xRAN es la versión más moderna del RAN, ya que va más allá del paradigma del hardware, e incorpora tecnología y software desarrolladas en la nube como parte central de su integración e innovación.

¹⁵ <https://www.gov.uk/government/publications/uk-open-ran-principles/open-ran-principles>

- 2) Cumplimiento basado en estándares, permitiendo que todos los proveedores prueben las soluciones en un ambiente abierto y neutral.
- 3) Interoperabilidad demostrada, asegurando que los elementos desagregados operen correctamente como un sistema funcional completo y, como mínimo, con el desempeño y seguridad de las soluciones actuales.
- 4) Neutralidad de implementación, permitiendo a los proveedores innovar y diferenciarse en características y desempeño de sus productos.

Así mismo, es importante mencionar algunas de los desafíos por los cuales Open RAN no se ha adoptado más ampliamente a nivel internacional, a pesar de sus ventajas técnicas:

1. Falta de madurez tecnológica: Aunque Open RAN muestra un gran potencial, la tecnología aún no ha alcanzado el mismo nivel de madurez que las soluciones de red tradicionales. Esto significa que puede haber preocupaciones sobre la estabilidad, la confiabilidad y el rendimiento en comparación con las redes tradicionales.
2. Interoperabilidad y estándares: La falta de estándares claros y la interoperabilidad entre diferentes componentes de diferentes proveedores pueden ser un desafío. Esto puede dificultar la implementación y la gestión de redes Open RAN, ya que los operadores necesitan garantizar que todos los componentes funcionen bien juntos.
3. Resistencia al cambio: La industria de las telecomunicaciones tiene una larga historia de confiar en soluciones de red tradicionales de un solo proveedor. Cambiar a Open RAN implica una transición significativa que puede ser costosa y desafiante. Los operadores pueden ser reacios a reorganizar sus estructuras y capacidades ante la nueva estrategia, además de que reemplazar sus inversiones previas en infraestructura y tecnología será solo gradualmente.
4. Inversión inicial: La implementación de redes Open RAN puede requerir una inversión inicial significativa en términos de capacitación, infraestructura y

actualización de hardware. Esto puede ser un obstáculo para los operadores que ya han invertido fuertemente en soluciones de red (legacy).

5. Riesgos de seguridad y ciberseguridad: Al utilizar componentes de diferentes proveedores, puede aumentar el riesgo de vulnerabilidades de seguridad y ciberataques. Los operadores deben implementar medidas de seguridad sólidas para mitigar estos riesgos.
6. Soporte técnico y servicio postventa: La disponibilidad de soporte técnico y servicio postventa puede ser un problema en las implementaciones de Open RAN, especialmente si se utilizan componentes de múltiples proveedores. Los operadores deben asegurarse de que pueden mantener y solucionar problemas en su infraestructura de manera efectiva.
7. Presión de los proveedores tradicionales: Los proveedores de equipos de red tradicionales pueden ser reacios a adoptar completamente Open RAN, ya que podría amenazar su modelo de negocio existente. Esto puede llevar a la resistencia por parte de estos actores en la industria.

A pesar de estos desafíos, Open RAN sigue ganando impulso y atención en la industria de las telecomunicaciones, y se están realizando esfuerzos para abordar sus limitaciones y promover su adopción. Con el tiempo, a medida que la tecnología madure y se establezcan estándares más claros, es posible que veamos una adopción más amplia de Open RAN en todo el mundo, especialmente en áreas donde sus ventajas técnicas pueden ofrecer soluciones efectivas.

Así, se estima que entre 2022 y 2027 tendrá un crecimiento a nivel global de 1400%, pasando de un mercado de 1.1 billones de dólares a 15.6 billones de dólares. Con el mayor crecimiento en América del Norte (E.U.A. y Canadá).¹⁶

Instituciones que apoyan el desarrollo de la arquitectura Open RAN.

¹⁶ https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/open-ran-market-153445936.html?gad_source=1&gclid=EAlalQobChMI0svBg_WqhAMVRTbUAR0Ntw0-EAAYBCAAEgJSVPD_BwE

El grupo más destacado que trabaja para impulsar el Open RAN es la O-RAN Alliance¹⁷, la cual cuenta con el apoyo de todos los principales proveedores de equipos y ha publicado las principales especificaciones para Open RAN; entre ellas para el RAN Intelligent Controller (RIC), Distributed Unit (DU) y Radio Resources Unit (RRU)¹⁸. Entre las empresas que son miembros de la mencionada Alianza¹⁹ se encuentran: AT&T, Airtel, Bell, China Mobile, China Telecom, T-Mobile, Dish, LG U+, Mobifone, NTT Docomo, Orange, Rakuten Mobile, SK Telecom, SoftBank, STC, TIM, Telefónica, Telus, U.S. Cellular, Verizon y Vodafone. Asimismo, existe una serie de instituciones que colaboran en la Alianza, algunas de las cuales son universidades, entre ellas se encuentran las siguientes: Accenture, Cisco, Hewlett Packard, Hitachi, IBM, Intel, King's College London, Lenovo, MathWorks, Mavenir, Microsoft, NEC, National Security Agency (NSA), Nvidia, Parallel Wireless, Rakuten, Samsung, Siemens, Texas Instruments, Toshiba, University of Bristol, University of Glasgow, University of Utah, Universidad de Málaga, University of Surrey, ZTE. No se reporta participación de las agencias reguladoras.

Cabe señalar que esta alianza ha tenido que sortear problemas políticos, entre ellos la inclusión de algunas empresas chinas²⁰ en la lista de prohibiciones del gobierno estadounidense²¹ (p.ej. Huawei). Sin embargo, los cambios en las normas de la O-RAN han garantizado que la participación de las empresas chinas (p.ej. China Mobile, China Telecom, China Unicom, Chunghwa Telecom) se ajuste a la legislación estadounidense. Actualmente ninguna participa.

La Open RAN Policy Coalition²² es otro grupo al que se han unido compañías que promueven políticas diseñadas para avanzar en la adopción de soluciones abiertas e interoperables de Open RAN. Esta coalición busca fomentar la

¹⁷ <https://www.o-ran.org/>

¹⁸ <https://orandownloadsweb.azurewebsites.net/specifications>

¹⁹ <https://www.o-ran.org/membership>

²⁰ Harold, Scott & Kamijima-Tsunoda Rika. *Winning the 5G Race with China: A U.S.-Japan Strategy to Trip the Competition, Run Faster, and Put the Fix In*. Asia policy, volume 16, number 3 (july 2021), 75–103 <http://asiapolicy.nbr.org>

²¹ <https://www.lightreading.com/open-ran/nokia-halts-o-ran-work-on-fear-of-us-penalties-for-china-links/d/d-id/771775>

²² <https://www.openranpolicy.org/>

innovación, estimular la competencia y expandir la oferta de tecnologías inalámbricas avanzadas para la red 5G. Las empresas que forman parte de dicha coalición son empresas globales de tecnología, incluyendo las siguientes: Airspan, Amdocs, AMD, American Tower, Analog Devices, AT&T, AWS, Bharti Airtel, Broadcom, Ciena, Cisco, Cohere Technologies, DeepSig, Dell Technologies, Deutsche Telekom, DISH Network, Fujitsu, Google, Hewlett Packard Enterprise, IBM, Inseego, Intel, JMA Wireless, Juniper Networks, Kyrio, Ligado Networks, Marvell, Mavenir, Meta, Microsoft, NEC Corporation, Nokia, NTT, Nvidia, Oracle, Pivotal Commware, Qualcomm, Quanta Cloud Technology, Radisys, Rakuten Mobile, Red Hat, Reliance Jio, Samsung Electronics America, STL Tech, Texas Instruments, U.S. Cellular, US Ignite, Verizon, VMware, Vodafone, Wind River, y XCOM-Labs.

En el caso particular de América Latina, el Banco de Desarrollo CAF impulsa junto a Telefónica, Facebook, BID Invest y Parallel Wireless, Inc., (empresa líder en Open RAN) el despliegue de cientos de sitios Open RAN 4G virtualizados y programables con el objetivo de suministrar banda ancha móvil a través de Internet para Todos Perú (IpT Perú). IpT Perú busca proporcionar conectividad a internet a los usuarios de regiones remotas de Perú. Tradicionalmente, el alto costo de inversión y operación y la complejidad de los despliegues de baja densidad han impedido a los operadores móviles llevar cobertura a estas áreas. Asimismo, la evolución tecnológica se ha enfocado en escalar la capacidad en las zonas urbanas en vez de crear soluciones eficientes de escala reducida para las áreas con menor densidad de población.

En México, el Pleno del IFT aprobó en diciembre de 2021²³, la creación del Comité Técnico en materia de despliegue de 5G (Comité 5G), que opera como un órgano técnico consultivo de apoyo al IFT, con opinión no vinculante, y que tiene por objeto generar contribuciones que impulsen el desarrollo y el despliegue de 5G.

²³ “Comunicado de Prensa. No 144/2021”. IFT. Diciembre 2021. El Comité 5G permite la interacción entre el IFT, la industria, la academia y otras instancias públicas, para exponer las necesidades, estrategias, prospectiva y estudios de 5G. El Comité 5G cuenta con 6 mesas de trabajo, a saber: asignación del espectro; despliegue y disponibilidad de infraestructura; aplicaciones y servicios vinculados a 5G; aspectos regulatorios; ciberseguridad, y experimentación.

La Mesa 4 del Comité 5G se enfoca en aspectos regulatorios para 5G, y como parte de sus trabajos, en 2023 abordó el análisis de la “*Evaluación de Open RAN como esquema para compartición de infraestructura, identificación de posibles barreras regulatorias para su implementación y, en su caso, alternativas para removerlas*”. Con este trabajo se generó un estudio con recomendaciones,²⁴ y se reconoció la importancia de la nueva arquitectura de red, Open RAN, concluyendo que esta puede ser útil para el despliegue de la tecnología 5G y para impulsar la cobertura universal de los servicios de telecomunicaciones, esto es, la atención de zonas desatendidas como las rurales.

Open RAN como una opción para las áreas rurales.

En los círculos de la industria y la academia se considera que la arquitectura de las redes Open RAN se ajusta mejor a las características topográficas de las áreas rurales, las cuales tienden a tener poca densidad de población y mayor dispersión²⁵. Como se ha señalado, las redes Open RAN incrementan la competitividad en los mercados de equipos, lo cual tiene un efecto directo en los costos de capital de los operadores. De acuerdo con Fetterolf²⁶ se pueden alcanzar ahorros de hasta un 32.5% en gastos de capital y de un 21% en gastos operativos (OPEX, por sus siglas en inglés) derivados del despliegue de redes Open RAN. En este contexto, la instalación de redes Open RAN en ambientes rurales se presta mejor al desarrollo y prueba de servicios nuevos. Por ejemplo, La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) en Estados Unidos ha sido un defensor de Open RAN y ha tomado varias medidas para promover su adopción. Entre otras ha creado un fondo para apoyar la implementación de redes Open RAN en áreas rurales, y ha propuesto nuevas reglas para facilitar la implementación de redes Open RAN en tierras públicas.

²⁴ Evidencia Internacional sobre Open RAN y posibilidades de su uso en México. Disponible en: <https://centrodeestudios.ift.org.mx/admin/files/estudios/1705017322.pdf>.

²⁵ Tognisse, I.; Kora, A. & Degil, J. Cloud-RAN And Coverage Gap in Rural Areas. 2021 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat)

²⁶ P. Fetterolf, The Economic Benefits of Open RAN Technology (2021). URL <https://infohub.delltechnologies.com/section-assets/acg-the-economic-benefits-of-open-ran-technology>

Por otra parte, el documento de la Mesa 4 antes citado señala: Vodafone ha sido uno de los principales defensores de Open RAN en Europa. En 2020, la empresa anunció planes para desplegar Open RAN en el Reino Unido, así como en varios países africanos. Este despliegue se está realizando en zonas rurales y suburbanas, donde la infraestructura de telecomunicaciones existente es menos densa.

Como se mencionó anteriormente, uno de los factores clave que favorecen la implementación de redes Open RAN en las zonas rurales son los gastos de mantenimiento. Estos se reducen por el uso de la virtualización de las redes Open RAN y la capacidad de actualizar la red de forma remota. Es decir que, con la tecnología Open RAN completamente automatizada y virtualizada, se aporta mayor agilidad y flexibilidad al despliegue y gestión de una red de acceso de telecomunicaciones. Estos aspectos claramente benefician el despliegue de las redes Open RAN en zonas geográficamente dispersas como las áreas rurales.

Tognisse, Kora y Degila²⁷ demuestran en su trabajo las ventajas del despliegue de una red Cloud RAN o C-RAN (la cual como se detalla en el Cuadro 1 es una arquitectura de red anterior a Open RAN). sobre una red tradicional a través del desarrollo de un modelo de costos. De acuerdo con su modelo se concluye que la nube (Cloud, en inglés) tiene el potencial de fortalecer la sustentabilidad de las redes en las zonas rurales. Asimismo, los autores sostienen que el costo-beneficio es significativo aun considerando solamente la adopción de la nube, pero al integrar tecnología de nube tal como SDR (Software Defined Radio²⁸), los beneficios crecen de forma exponencial. Este diseño ayudaría a superar el reto de un bajo retorno de la inversión que tradicionalmente se presenta en las zonas rurales.

Cabe destacar que comúnmente las zonas rurales cuentan con menor cobertura de los servicios de telecomunicaciones. Por ejemplo, en México la población que

²⁷ Tognisse, I.; Kora, A. & Degila, J. Cloud-RAN And Coverage Gap in Rural Areas. 2021 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat).

²⁸ Software Defined Radio (SDR), son sistemas de radio compuestos de una interfaz análoga (RFE, Radio Front-End), una FPGA -unidad de base digital, y de una interface de señal mixta, típicamente vía ADC's y DAC's. Los SDR's proveen una baja latencia, flexibilidad, alta interoperabilidad (importante para la capa física de la red 5G y una capacidad MIMO masiva. <https://www.embedded.com/understanding-software-defined-radios-and-networks-in-5g-architectures/>

aún no cuenta con conectividad de algún tipo se encuentra en las zonas rurales. Así, un elemento adicional que impulsa la arquitectura Open RAN en esas zonas, es la inexistencia de redes tradicionales (legacy), y por tanto la ausencia de costos hundidos. Esto es, en lugares que no cuentan con inversiones previas en infraestructura se fortalece la posibilidad de desplegar nuevas arquitecturas, de ahí que la mayoría de los casos detectados de implementación de Open RAN se encuentran en las zonas rurales.

También es conveniente destacar que la atención de las zonas rurales no conectadas, pero que cuentan con comunidades cercanas a redes de fibra resulta conveniente, ya que en estas los nuevos despliegues se facilitan debido a la infraestructura existente. Al aprovechar las redes de fibra cercanas, se puede establecer una conexión inicial más rápida y estable, lo que facilita la implementación y ofrece una base sólida para expandir la cobertura a áreas más remotas. Esta estrategia no solo reduce costos de instalación, sino que también permite ofrecer una experiencia de usuario mejorada desde el principio, lo que podría aumentar la adopción y el interés en áreas que anteriormente carecían de acceso a Internet de calidad.

En este apartado se han presentado los beneficios que pueden brindar las redes Open RAN en las zonas rurales. No se omite señalar que este tipo de arquitectura también presenta desafíos asociados con el uso, incluyendo garantizar la seguridad y el rendimiento de la red, así como la necesidad de crear en los operadores de red la capacidad y recursos para coordinar los diferentes proveedores, y en las autoridades avanzar en el proceso de estandarización.

A continuación, se muestran casos de relevancia internacional relacionados al despliegue de redes de telecomunicaciones en zonas rurales basados en soluciones de Open RAN:

i. **Argentina**²⁹

²⁹ Apartado elaborado con base en <https://www.telesemana.com/blog/2021/03/26/movistar-argentina-empieza-despliegue-de-openran-con-foco-en-validar-la-tecnologia-y-habilitar-casos-b2b/>

Recientemente, Movistar Argentina empezó el despliegue de Open RAN con foco en validar la tecnología y habilitar casos B2B. La red de Open RAN con carácter comercial se despliega en Puerto Madryn, Chubut. Se trata de la primera red de comunicación móvil con esta tecnología de este operador en Sudamérica, siguiendo la experiencia previa en Alemania y pruebas de laboratorio realizadas, entre otros mercados, como Brasil. Telefónica también está probando la tecnología en el Reino Unido para desarrollar una tecnología que permita implementaciones de red mucho más flexibles y económicas.

Con una vocación industrial y urbana, la idea es validar la tecnología e imaginar casos de uso para el *far edge*. Movistar busca desplegar aplicaciones de muy baja latencia para servicios B2B en las mismas radiobases donde se aloja el software de Open RAN, al poder utilizar servidores de propósitos generales en el RAN. Puerto Madryn es una localidad argentina con fuerte presencia industrial — particularmente en la fabricación de aluminio y la industria petrolera—, por lo que la compañía espera, en un futuro, poder ampliar las pruebas para el uso de Open RAN y los servidores del edge en aplicaciones empresariales que requieran de ultra baja latencia.

En el futuro, Telefónica también espera probar casos de uso de Open RAN para entornos rurales en Argentina, donde el modelo de negocio hoy no hace viable un despliegue de 4G con tecnología tradicional. Consideran que en aquellos lugares donde el costo de la radiobase o la energía hace difícil el modelo económico, se están evaluando soluciones que incorporen el uso de Open RAN y conectividad satelital.

ii. **Brasil**

En 2022, la Anatel (Agencia Nacional de Telecomunicaciones de Brasil) emitió los primeros certificados de aprobación de productos desarrollados para redes tipo Open RAN. Asimismo, destaca el Grupo de Trabajo Open RAN, cuyo objetivo es monitorear y evaluar la evolución de la tecnología para apoyar el diseño de la próxima agenda regulatoria. El plan de trabajo de dicho grupo (que comenzó a operar desde 2021) consta de tres áreas:

- 1) Metas del eje tecnológico, para realizar estudios sobre los mecanismos intrínsecos del concepto e iniciativas Open RAN.
- 2) Metas del eje económico, que evalúa los posibles impactos que la iniciativa Open RAN puede traer a los costos de las redes de acceso y al mercado de las telecomunicaciones en su conjunto.
- 3) Metas del eje normativo, enfocándose en el estudio de posibles barreras legales e infralegales para el desarrollo de la arquitectura Open RAN y la posible necesidad de adopción de políticas públicas.

También se destaca un Término de Ejecución Descentralizado (TED) firmado entre la Anatel y la Fundación Universidad de Brasilia con el objetivo de realizar estudios para la implementación de Open RAN en Brasil y cuyos resultados deben presentarse en noviembre de 2023. Los diez estudios planeados a entregarse por TED versan sobre: estado del arte, interoperabilidad, adecuación tecnológica, arquitecturas Open RAN, seguridad, mercado de las telecomunicaciones, valor añadido, trabajo, barreras legales e infralegales, y políticas públicas.

En agosto 2023 Anatel y el Ministerio del Interior y Comunicaciones de Japón firmaron un Memorándum de Cooperación en el marco de un Seminario de Redes Abiertas, organizado por ambos países en Brasilia. En él se acordó intercambiar conocimientos sobre las ventajas de esta tecnología, las oportunidades para aprovechar y los desafíos que implicará avanzar con decisiones en esta dirección. Los ejes sobre los que trabajarán ambos países apuntarán a promover la conformación de nuevos proveedores de equipamiento, y no depender únicamente de los tres principales vendedores de la industria, Nokia, Ericsson y Huawei.”

También “invertirán más de 35 millones de dólares (180 millones de reales) para formar centros de competencia orientados a desarrollar la investigación de 5G y 6G como también tecnologías inmersivas aplicadas a mundos virtuales y Open RAN”.³⁰

³⁰ <https://www.telesemana.com/blog/2023/05/31/brasil-insiste-con-el-desarrollo-de-open-ran-y-tecnologias-como-5g-y-6g-e-invierte-en-centros-de-competencia/>

iii. Colombia

En Colombia la empresa Millicom³¹ desarrolla un proyecto para implementar la arquitectura Open RAN en zonas rurales, el cual lo convertirá en el primer operador en desplegar dicha arquitectura en alianza con la empresa Parallel Wireless. Esta tecnología será desplegada por la subsidiaria de Millicom, TIGO Colombia, brindando cobertura 4G a 362 sitios rurales de ese país.

iv. Perú

Uno de los proyectos que destaca en la región de América Latina es la iniciativa Internet para Todos (IPT) en Perú, la cual ha desplegado cientos de sitios 4G Open RAN virtualizados y programables para ofrecer banda ancha móvil del fabricante Parallel Wireless, empresa basada en los Estados Unidos, como parte de su estrategia de brindar servicios móviles 3G y 4G a nivel mayorista en localidades apartadas con baja densidad poblacional de manera autosostenible. IPT-Perú es una iniciativa colaborativa entre Telefónica de España, Meta (Facebook), CAF y BID Invest. Al cierre del 2022, IPT³² alcanzó la mitad de su meta, llevando acceso a **internet 4G a más de 3.1 millones de personas de más de 16 mil centros poblados rurales de la costa, sierra y selva**, llevando conectividad a las zonas más alejadas de Perú.

Con anterioridad a la llegada de dicho proyecto en Perú, los operadores de red móvil no habían llevado la cobertura hacia zonas rurales, principalmente por los altos costos de inversión y de operación, así como por la complejidad de las implementaciones de baja densidad. El Open RAN Controller de Parallel Wireless crea un ecosistema abierto multiproveedor y multioperador de componentes interoperables para los diversos elementos de la RAN y de diferentes proveedores. Todas las nuevas unidades de radio son autoconfiguradas por el software, por lo que se reduce la necesidad de intervención manual, y se tiene capacidad de

³¹ <https://ml-eu.globenewswire.com/Resource/Download/8dd8c813-feba-4d73-b4d4-5e5b7776d02c>

³² Memoria Anual Integrada 2022. Telefónica. <https://telefonica.com.pe/nosotros/informe-anual/>

automatizar la optimización a través de diferentes RAN en la red de IPT-Perú, utilizando los datos RAN disponibles de todos los tipos de RAN (macros y células pequeñas). Esto crea un modelo de negocio abierto, en el que los operadores de red móvil pueden asociarse con empresas locales que se centran en la cobertura rural para permitir una estructura de costos que es ajustada y asequible.

En suma, se han podido detectar 3 proyectos de despliegue de redes Open RAN en América Latina, dos de ellos (Argentina y Colombia) en etapa inicial. Salvo el caso de Perú, los proyectos se encuentran en una fase inicial. Open RAN también está considerándose una opción atractiva para llevar la tecnología 5G a la Industria 4.0. (Argentina y Brasil). También es conveniente destacar que la atención de las zonas marginadas no conectadas que cuentan con comunidades cercanas a redes de fibra resulta conveniente y facilita los nuevos despliegues debido a la infraestructura existente. Al aprovechar las redes de fibra cercanas, se puede establecer una conexión inicial más rápida y estable, lo que facilita la implementación y ofrece una base sólida para expandir la cobertura a áreas más remotas. Esta estrategia no solo reduce costos de instalación, sino que también permite ofrecer una experiencia de usuario mejorada desde el principio, lo que podría aumentar la adopción y el interés en áreas que anteriormente carecían de acceso a Internet de calidad.

Para ampliar la información sobre casos de uso rural se presenta a continuación casos de uso de la arquitectura Open RAN en zonas rurales de otros continentes.

Otros Casos

i. Reino Unido

La empresa Vodafone tiene la expectativa de utilizar tecnología RAN en el 30% de sus antenas de telecomunicaciones para el año 2030³³. Algunos de los proveedores estratégicos con los que busca hacer el primer despliegue comercial de arquitectura Open RAN en el Reino Unido son Dell, NEC y Samsung Electronics.

³³ Moura Gomes, Andre. Open Radio Access Networks (Open RAN). 24 July 2022. Cullen International. <https://www.cullen-international.com/client/site>

Algunas pruebas fueron efectuadas en el año 2020 en áreas rurales del Reino Unido en conjunto con Mavenir.

Por otra parte, la empresa O2 anunció en enero del año 2020 el despliegue de redes 4G y 5G basadas en arquitectura Open RAN en áreas de alta densidad poblacional y en comunidades rurales aisladas del Reino Unido³⁴. En tanto que para julio del año 2022 O2 anunció la realización de soluciones de cobertura rural junto a WaveMobile en Woldingham, Surrey, Reino Unido.

ii. Rumanía

Otro caso, es el de las empresas Orange y Vodafone, las cuales desplegarán de manera conjunta redes Open RAN en una zona rural³⁵ de Rumanía, cerca de Bucarest. El proyecto servirá para crear una experiencia real de uso de esta tecnología que involucra a varios proveedores de software y hardware en la misma red. Ambas empresas seleccionarán de forma individual a los proveedores estratégicos con los que contarán en esta fase del proyecto de compartición de redes. Aunado a lo anterior, las dos empresas subrayan la caída en costos que supondrá la popularización de la tecnología Open RAN.

iii. Países de África

Vodacom y Vodafone: Vodacom, junto con su empresa matriz Vodafone, ha estado desplegando Open RAN en varios países africanos, incluyendo la República Democrática del Congo y Mozambique. La compañía está utilizando la arquitectura para ampliar la cobertura en áreas rurales y remotas.

Estudios sobre Open RAN en zonas rurales realizados por organizaciones internacionales

³⁴ *Idem.*

³⁵ <https://www.lightreading.com/open-ran/orange-and-vodafone-cooperate-on-shared-open-ran-in-rural-areas/d/d-id/783370>

En 2022 la UIT publicó un informe titulado "Global Connectivity Report 2022"³⁶, en que se señala que aun cuando no se ha encontrado una solución universal, desde hace varios años han estado disponibles una variedad de soluciones tecnológicas para proporcionar acceso económico a las personas que viven en zonas rurales y remotas. Por ejemplo, destaca las siguientes: las mejoras en las tecnologías de telefonía móvil inalámbrica están reduciendo el costo de implementación del acceso de última milla; el proyecto Open RAN está promoviendo el uso de software de código abierto y hardware interoperable para reducir el costo de los productos propietarios, y pasar a un entorno basado en la nube y dirigido por software puede reducir el costo de las redes celulares. Agrega que, en Japón, Rakuten lanzó la primera red móvil basada en la nube, afirmando que tiene costos un 40 por ciento más bajos que los de las redes celulares tradicionales. En el reporte se señala que las soluciones tecnológicas para proporcionar acceso económico a las personas que viven en zonas rurales y remotas, incluyendo las basadas en Open RAN, pueden impulsarse con financiamiento, eliminando las barreras regulatorias y creando un entorno favorable para la inversión.

La Unión Europea también tiene varios estudios sobre Open RAN en áreas rurales. Por ejemplo, un estudio publicado por la Comisión Europea³⁷ en 2021 encontró con base en un modelo de costos que Open RAN podría reducir el gasto de despliegue de redes 5G en áreas rurales en un 40%. El estudio también encontró que Open RAN podría mejorar la confiabilidad y el rendimiento de las redes 5G en áreas rurales.

Otro estudio, publicado por la Asociación Mundial de Operadores Móviles³⁸ (GSMA) en 2022, encontró que Open RAN podría acelerar el despliegue de redes 5G en

³⁶ Este reporte no tiene una liga directa ya que hay que proporcionar información personal para tener acceso al reporte. <https://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>

³⁷ European Commission and NIS Cooperation Group. Report on the cybersecurity of Open RAN. May 2022. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/cybersecurity-open-radio-access-networks>

³⁸ GSMA. Accelerating Rural Connectivity: Insights from the GSMA Innovation Fund for Rural Connectivity. December 2022. <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2023/01/Accelerating-Rural-Connectivity.pdf>

áreas rurales y que podría reducir en un 30% el tiempo de despliegue de redes 5G en dichas áreas

Estos estudios muestran que Open RAN tiene el potencial de ser una tecnología importante para las áreas rurales. Al reducir el costo y acelerar el despliegue de redes 5G, Open RAN puede ayudar a cerrar la brecha digital entre las áreas rurales y urbanas. No obstante lo anterior, en mayo de 2022 la Comisión Europea publicó el Report on the cybersecurity of Open RAN³⁹, en el cual advierte que el desarrollo de especificaciones técnicas de Open RAN todavía está en etapa temprana y se identifican diversos retos en seguridad para estas redes.

Esfuerzos financieros y de regulación de gobiernos y entidades regulatorios de diferentes países para impulsar Open RAN

Como parte del análisis de los esfuerzos en el despliegue de redes en zonas rurales, se hace necesario considerar las iniciativas financieras y de regulación que se han impulsado por parte de los gobiernos y las autoridades regulatorias de diversos países.

A continuación, se presentan algunos ejemplos específicos de países, reguladores y gobiernos, que han tomado medidas para promover el despliegue de Open RAN en zonas rurales:

i. Estados Unidos

La FCC de los Estados Unidos ha tomado una serie de medidas para impulsar el despliegue de Open RAN en zonas rurales. Estas medidas incluyen:

- 1) Financiar ensayos y proyectos piloto de Open RAN en zonas rurales.

³⁹<https://techblog.comsoc.org/2022/05/11/summary-of-eu-report-cybersecurity-of-open-ran/#:~:text=The%20report%20found%20that%20Open,in%20the%20same%20geographic%20area.>

- 2) Desarrollar directrices y recomendaciones para el despliegue de Open RAN en zonas rurales.
- 3) Eliminar las barreras regulatorias que dificultan el despliegue de Open RAN.

Entre otros esfuerzos que destacan se encuentra el Fondo 5G para la América Rural⁴⁰ creado por la FCC en octubre de 2020. Dicho fondo Incluye disposiciones para respaldar la implementación de Open RAN en zonas rurales, y consta de una bolsa de 9 mil millones de dólares a repartir en un periodo de diez años entre aquellos operadores ganadores de un proceso de subasta inversa. De este modo, se llevarán a cabo dos fases de subasta, en la primera se colocarán hasta 8,000 millones de dólares para apoyar a regiones sin banda ancha móvil 4G o 5G no subvencionada, destinando 680 millones de dólares del total a los operadores que presten servicios en las reservas indias. Ya en la segunda fase se destinarán al menos 1,000 millones de dólares (más la suma total de los fondos no usados en la fase inicial) para implantar redes 5G para la agricultura de precisión. El plan recoge el compromiso de T-Mobile US de cubrir el 90% de las zonas rurales de Estados Unidos en los próximos seis años, tras la fusión con Sprint.

Por otra parte, la FCC realizó una consulta pública en marzo de 2021 en materia de promoción del despliegue de redes de acceso abiertas 5G (Promoting the Deployment of 5G Open Radio Access Networks)⁴¹. La consulta versó sobre temáticas como:

- 1) Estado del desarrollo y despliegue de soluciones Open RAN (estado actual de las especificaciones y estándares; ecosistema Open RAN; oportunidades actuales y futuras para la industria de infraestructura; estado de los despliegues domésticos e internacionales).
- 2) Beneficios potenciales de interés público (efectos de Open RAN en la entrada al mercado, diversidad de vendedores y competencia en la industria de equipos de redes móviles; costos y beneficios de Open RAN para los

⁴⁰ <https://www.fcc.gov/5g-fund>

⁴¹ <https://www.fcc.gov/document/promoting-deployment-5g-open-radio-access-networks>

consumidores; cómo Open RAN mitiga los riesgos de la cadena de suministro y habilita el despliegue de redes más seguras y confiables, y provee beneficios para las comunicaciones de seguridad pública y de emergencias; beneficios tecnológicos potenciales del despliegue de Open RAN en temas como network slicing, edge computing, machine learning, artificial intelligence, internet of things, vertical applications).

- 3) Consideraciones adicionales sobre el desarrollo y despliegue de Open RAN (impactos de la desagregación de la RAN y/o necesidad de contar con un sistema integrador; posibilidad de que se generen nuevas vulnerabilidades en la red, así como en las comunicaciones de seguridad pública; vulnerabilidades del software abierto; riesgos de un ambiente operativo virtualizado; barreras de adopción para operadores establecidos).

Las acciones sugeridas a la FCC a partir de los resultados de la consulta pública⁴² fueron las siguientes:

- 1) Promover políticas que respeten la neutralidad, y que apoyen soluciones abiertas, interoperables y virtualizadas.
- 2) Acelerar el despliegue de la red 5G.
- 3) Apoyar inversiones que fomenten la innovación, así como la investigación y el desarrollo (I+D).
- 4) Apoyar y defender derechos de propiedad en el caso de las empresas que innoven.
- 5) Apoyar la competencia en el mercado de proveedores.

En mayo de 2023, fue lanzada la última versión del Mapa Nacional de Banda Ancha⁴³, que refleja los datos de cobertura móvil más detallados y precisos recopilados a la fecha a través del BDC (Broadband Data Collection). La FCC publicará actualizaciones de este mapa dos veces al año, superponiendo datos

⁴² https://www.uschamber.com/assets/documents/210428_comments_5gdeployment_fcc_final.pdf

⁴³ <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-396574A1.pdf>

disponibles de proveedores de servicios en estas actualizaciones para asegurar que el Mapa Nacional de Banda Ancha esté actualizado. Basándose en los datos de cobertura móvil recopilados en el BDC, la comprensión de dónde sigue siendo deficiente el servicio móvil ha mejorado significativamente, y por lo tanto, la FCC ha avanzado en sus planes para el Fondo 5G.

En los casi tres años transcurridos desde la adopción del *5G Fund Report and Order*, el despliegue de servicios móviles de alta velocidad 5G se ha expandido significativamente⁴⁴. Sin embargo, a pesar de esta expansión de la cobertura 5G, la brecha digital persiste, y numerosos "desiertos de banda ancha" continúan existiendo. De acuerdo con la FCC, gracias a los datos del BDC hasta diciembre de 2022, se estimaba que había más de 14 millones de ubicaciones de servicios de banda ancha que carecen de cobertura móvil. Considerando lo anterior, y con la información de cobertura móvil basada en los datos recopilados a través del BDC, la FCC considera justificable una modificación a la definición de áreas elegibles adoptada en el Informe y Orden del Fondo 5G. Específicamente, la FCC propone definir las áreas elegibles para el apoyo en la subasta de la Fase I del Fondo 5G como aquellas donde los datos de cobertura móvil presentados en el BDC muestran la falta de servicio de banda ancha 5G no subsidiada por al menos un proveedor de servicios. Asimismo, la FCC propone utilizar como base para las áreas elegibles finales la versión de los datos de disponibilidad móvil publicados en el Mapa Nacional de Banda Ancha, con no más de 30 días antes del inicio de la licitación.

La FCC señaló en el *5G Fund Report and Order* que si bien la mayoría de los proveedores aún se encontraban en las etapas iniciales de despliegue de sus redes 5G en áreas rurales, se esperaba que los datos recopilados en el BDC mostrarían

⁴⁴ En su reporte Informativo (Updating the 5G Fund for Rural America. Further Notice of Proposed Rulemaking – GN Docket No. 20-32) de agosto 2023, la FCC da cuenta del avance de 5G en zonas rurales, en el cual destaca que el fondo de apoyos debe promover el despliegue continuo de tecnologías Open RAN (págs. 4 y 26)

avances significativos en los despliegues de banda ancha 5G así también se hizo

Reino Unido

El gobierno del Reino Unido ha anunciado un plan de £200 millones para apoyar el despliegue de Open RAN en zonas rurales. El plan incluye:

- 1) Financiar ensayos y proyectos piloto de Open RAN en dichas zonas.
- 2) Desarrollar directrices y recomendaciones para el despliegue de Open RAN en zonas rurales.
- 3) Trabajar con operadores de redes móviles para promover el despliegue de Open RAN.

En 2020 el gobierno de Reino Unido publicó la guía 5G Supply Chain Diversification Strategy⁴⁶, en la que se establecen planes específicos y ambiciosos para diversificar el mercado global de suministro de telecomunicaciones, a través de tres áreas clave de actividad:

- 1) Apoyo a proveedores incumbentes para asegurar su resiliencia y habilidad para abastecer al mercado, al mismo tiempo en que se apoya su transición a la estructura de mercado emergente.

Conclusiones

Open RAN puede ser una solución técnica factible en zonas rurales por varias razones:

⁴⁵ A manera de ejemplo, la FCC decidió excluir de la elegibilidad para recibir apoyo del Fondo 5G a aquellas áreas donde los datos del BDC mostraran el despliegue de redes 4G LTE no subsidiadas, ya que subsidiar despliegues 5G donde ya se han desplegado redes 4G LTE no es innecesario y correría el riesgo de afectar despliegues 5G que la FCC esperaba en esas áreas.

⁴⁶ <https://www.gov.uk/government/publications/5g-supply-chain-diversification-strategy/5g-supply-chain-diversification-strategy>

1. Flexibilidad y desagregación: Open RAN permite a los operadores desagregar sus redes, lo que significa que pueden utilizar componentes de diferentes proveedores en lugar de depender de un solo proveedor de equipos de red. Esto es particularmente valioso en áreas rurales donde la disponibilidad de recursos y la inversión inicial pueden ser limitadas. Los operadores pueden adaptar y personalizar sus redes según las necesidades específicas de cada área rural.
2. Reducción de costos: La flexibilidad de Open RAN puede conducir a una reducción significativa de los costos de implementación y operación de la red en zonas rurales. Al permitir la reutilización de hardware existente y la adopción de soluciones más asequibles de diferentes proveedores, las inversiones iniciales pueden ser más bajas y los costos operativos pueden mantenerse en niveles más razonables.
3. Compartición de recursos: En áreas rurales donde la densidad de población es baja, la compartición de infraestructura de red entre varios operadores puede ser esencial para hacer que la conectividad sea más asequible y sostenible. Open RAN facilita esta compartición al permitir que diferentes operadores utilicen la misma infraestructura de antenas y torres, lo que reduce los costos para todos los involucrados.
4. Escalabilidad y actualización: Open RAN permite una mayor escalabilidad y capacidad de actualización en el futuro. Esto significa que las redes pueden comenzar con una infraestructura más básica y luego crecer y adaptarse a medida que la demanda de datos y servicios aumenta en zonas rurales sin requerir una inversión masiva inicial.
5. Fomento de la innovación: La naturaleza abierta de Open RAN fomenta la innovación y la competencia entre proveedores de equipos de red. Esto puede llevar a soluciones más avanzadas y asequibles para las redes en áreas rurales, lo que beneficiaría a las comunidades locales al proporcionar acceso a servicios y tecnologías más avanzados.

6. Cobertura mejorada: Open RAN puede adaptarse para brindar una cobertura mejorada en áreas rurales mediante la implementación de estaciones base y antenas de manera más eficiente y estratégica. Esto puede ayudar a superar los desafíos geográficos y topográficos que a menudo se encuentran en zonas rurales.

De esta manera, Open RAN ofrece una serie de ventajas técnicas que hacen que sea una solución factible e incluso atractiva para mejorar la conectividad en zonas rurales. Su flexibilidad, reducción de costos, capacidad de escalabilidad y fomento de la innovación hacen que sea una opción viable para abordar los desafíos de conectividad en áreas rurales y proporcionar acceso a servicios de comunicación de calidad en estas regiones.

Los reguladores deben ayudar a establecer las reglas del juego para Open RAN. Esto puede incluir el desarrollo de normas y regulaciones que promuevan la interoperabilidad y la seguridad de las redes. Las autoridades regulatorias también tienen la labor de supervisar el mercado para garantizar que los operadores de telecomunicaciones cumplan con estas normas y regulaciones.

Según un informe de la consultora Cullen International, en México no existen aún iniciativas por parte de los operadores para su implementación⁴⁷. Debe recordarse que las soluciones de Open RAN están diseñadas básicamente para redes 4G y 5G por lo que son más fáciles de implementar hasta que los operadores actualicen sus redes. Al respecto, México contaba para el segundo trimestre de 2022 con una cobertura garantizada de las redes 4G⁴⁸ y 5G⁴⁹ del 89.9% y del 6.2% de la población a nivel nacional, respectivamente. Por su parte, para el segundo trimestre del año 2023, Telcel contaba con una cobertura del 91.24% para tecnología de red 4G y de 23.52% para la tecnología de red 5G⁵⁰. También se requiere que los usuarios

⁴⁷ *Open radio access networks (open RAN)*, Cullen International. 24 de Julio de 2022.

⁴⁸ Sistema Nacional de Telecomunicaciones y Conectividad. <http://satyc.ift.org.mx/>

⁴⁹ Información proporcionada por los operadores mediante los reportes de cobertura que entregan a la Unidad de Política Regulatoria del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

⁵⁰ Unidad de Política Regulatoria, Instituto Federal de Telecomunicaciones. No se cuenta con cifras correspondientes a otros operadores.

adopten los dispositivos inteligentes que permiten estas redes⁵¹. En ese sentido las opciones de Open RAN deben visualizarse al menos en la tecnología 4G. En México para el año 2022, había 75.5 millones de usuarios de teléfono celular inteligente con conexión móvil a Internet, cifra que representaba el 89.4% del total. Estos porcentajes son seguramente menores en las zonas rurales. Cabe destacar, que el despliegue de redes Open RAN en poblaciones desconectadas del ámbito rural, podrá limitarse a áreas con cercanía a las redes de fibra, y no puede descartarse la necesidad de apoyos (subsidios) para equipar a la población de zonas rurales y marginales con un teléfono inteligente.

Para los operadores existe el reto que impone la mezcla de proveedores de equipo; esto es, el Open RAN requiere que los operadores móviles tengan las habilidades y los recursos para evolucionar desde la gestión de un grupo reducido de proveedores de equipos a docenas de proveedores.⁵² Esto es, el proceso de adopción de Open RAN podría requerirles de la integración de capacidades de gestión nuevas, para la integración de sistemas ensamble de funciones y equipos, en lugar de la adquisición de soluciones integradas. Así también, superar la barrera que imponen los costos hundidos asociados a las redes ya desplegadas bajo otra arquitectura. De ahí que el avance de la tecnología Open RAN será posiblemente gradual y más factible en el corto y mediano plazo en las zonas rurales.

En México la normativa es de carácter general, basada en la convergencia y la neutralidad tecnológicas. En ese contexto, el regulador tiene que identificar si existe, o no, algún reto a solucionar o prevenir, o bien, alguna oportunidad que requiera su intervención regulatoria. Por ejemplo, puede ayudar a establecer y hacer cumplir normas de seguridad para Open RAN. Esto es especialmente importante debido a las preocupaciones sobre la seguridad de las redes de esta arquitectura.

⁵¹ Strand, J. https://strandconsult.dk/the-moment-of-truth-is-openran-an-alternative-for-emerging-markets/?utm_campaign=13.+april+2023+-+Kundeemneliste+-+The+Moment+of+Truth+Is+OpenRAN+an+alternative+for+emerging+markets308413&utm_source=Kundeemneliste&utm_medium=email

⁵² Strand, J. *op cit.*

Finalmente, el análisis regulatorio que deberá realizarse podrá incluir la interoperabilidad, estandarización y definir si existe alguna barrera normativa para la adecuada implementación de Open RAN.

Es importante destacar que, aunque existen casos internacionales de implementación de Open RAN en zonas rurales, su operación es reciente y aún no se alcanzan a percibir resultados tangibles, lo que dificulta llegar a una conclusión definitiva sobre sus beneficios, aunque la rápida expansión que Open RAN ha tenido en los últimos años en el mundo sugiere que sus beneficios contrarrestan los retos que la arquitectura impone. Por lo tanto, es fundamental seguir estudiando y evaluando el impacto de Open RAN en áreas rurales en el futuro próximo.

En suma, Open RAN parece ofrecer una alternativa para llevar la conectividad confiable y asequible a áreas rurales en México, siempre y cuando se atiendan los retos de seguridad y compatibilidad. Así también, se debe prestar atención a desafíos de asequibilidad en zonas rurales, lo cual puede ser abordado en futuros proyectos de estudio.

Bibliografía

(1) Bonati, L.; D'Oro, S.; Polese, M.; Basagni, S. & Melodia T. Intelligence and Learning in O-RAN for Data-driven NextG Cellular Networks. IEEE Communications Magazine. July, 2021.

(2) Fetterolf, P. The Economic Benefits of Open RAN Technology (2021). URL <https://infohub.delltechnologies.com/section-assets/acg-the-economic-benefits-of-open-ran-technology>

(3) GSMA. Accelerating Rural Connectivity: Insights from the GSMA Innovation Fund for Rural Connectivity. December 2022. <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2023/01/Accelerating-Rural-Connectivity.pdf>

(4) Harold, Scott & Kamijima-Tsunoda Rika. Winning the 5G Race with China: A U.S.-Japan Strategy to Trip the Competition, Run Faster, and Put the Fix In. Asia policy, volume 16, number 3 (July 2021), 75-103 <http://asiapolicy.nbr.org>

(5) Moura Gomes, Andre. Open Radio Access Networks (Open RAN). 24 July 2022. Cullen International. <https://www.cullen-international.com/client/site>

(6) Open RAN principles - GOV.UK Mayo 2023. Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-open-ran-principles/open-ran-principles>

(7) Polese, M.; Bonati, L.; D'Oro, S.; Basagni, S.; Melodia, T. Understanding O-RAN: Architecture, Interfaces, Algorithms, Security and Research Challenges. IEEE Communications Surveys & Tutorials. DOI 10.1109/COMST.2023.3239220

(8) Report on the cybersecurity of Open RAN. NIS Cooperation Group. 11 May 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2881

(9) Strand, J. https://strandconsult.dk/the-moment-of-truth-is-openran-an-alternative-for-emerging-markets/?utm_campaign=13.+april+2023+-+Kundeemneliste+-+The+Moment+of+Truth+Is+OpenRAN+an+alternative+for+emerging+markets308413&utm_source=Kundeemneliste&utm_medium=email

(10) Tognisse, I.; Kora, A. & Degila, J. Cloud-RAN And Coverage Gap in Rural Areas. 2021 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat).

(11) Wypior, D. Klinkowski, M., Michalski, I. Open RAN—Radio Access Network Evolution, Benefits and Market Trends. Applied Sciences. MDPI. January, 2022.

Apéndice

Diferencias entre las redes 5G y las redes abiertas

Las redes 5G y las redes Open RAN (Radio Access Network) son dos tecnologías de comunicación inalámbrica que tienen algunas diferencias significativas:

1. Estándares y tecnología:
 - 5G: 5G es la quinta generación de redes móviles y se basa en estándares definidos por organizaciones como 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Utiliza una arquitectura centralizada y jerárquica.
 - Open RAN en zonas rurales: Es una arquitectura de red abierta que permite la interoperabilidad de componentes de diferentes proveedores. Puede utilizarse tanto en redes 4G como en 5G y se centra en permitir una mayor flexibilidad y desagregación de la red.
2. Flexibilidad y desagregación:
 - 5G: Las redes 5G tradicionales suelen estar construidas por un solo proveedor de equipos de red, lo que limita la flexibilidad y la capacidad de utilizar componentes de diferentes fabricantes.
 - Open RAN en zonas rurales: Ofrece una mayor flexibilidad al permitir que las redes se construyan con componentes de diferentes proveedores, lo que puede ser beneficioso en áreas rurales donde la disponibilidad de recursos y equipos puede ser limitada.
3. Costos:
 - 5G: La implementación de redes 5G suele requerir inversiones significativas en infraestructura y equipos, lo que puede ser costoso especialmente en áreas rurales donde la densidad de usuarios es menor.
 - Open RAN en zonas rurales: Puede ayudar a reducir los costos al permitir la reutilización de hardware existente y la adopción de soluciones más asequibles de diferentes proveedores.
4. Cobertura y capacidad:
 - 5G: Las redes 5G se diseñan principalmente para proporcionar una alta capacidad y velocidades de datos más rápidas en áreas urbanas y densamente pobladas, lo que puede resultar en una cobertura limitada en áreas rurales.
 - Open RAN en zonas rurales: Puede adaptarse mejor a las necesidades de cobertura en áreas rurales al permitir una mayor flexibilidad en la implementación de estaciones base y antenas.

Así, las redes 5G y las redes con arquitectura Open RAN en zonas rurales tienen enfoques y objetivos diferentes. Mientras que 5G es una tecnología de próxima generación diseñada para entornos urbanos densamente poblados, Open RAN en zonas rurales se enfoca en brindar flexibilidad y reducir costos en áreas con menor densidad de población y recursos limitados. Cada una tienen su lugar en el panorama de las comunicaciones inalámbricas, y su elección dependerá de las necesidades específicas de la región y los recursos disponibles.

Complementariedad de las redes 5G y las redes abiertas en zonas rurales

Las redes 5G y las redes abiertas, como Open RAN, pueden complementarse de varias maneras para mejorar la conectividad en zonas rurales:

1. Cobertura extendida: Las redes 5G suelen tener una cobertura limitada en áreas rurales debido a la baja densidad de población y la dispersión geográfica. Las redes Open RAN pueden desplegarse de manera más eficiente para extender la cobertura 5G en áreas rurales donde se necesite, utilizando una infraestructura más flexible y costos más bajos.
2. Flexibilidad de despliegue: Open RAN permite a los operadores de redes utilizar componentes de diferentes proveedores, lo que puede ser útil en zonas rurales donde la disponibilidad de recursos y la inversión inicial pueden ser limitadas. Esto les permite adaptar las redes de manera más económica a las necesidades específicas de cada área rural.
3. Uso compartido de infraestructura: En áreas rurales, donde la densidad de población es baja, puede ser conveniente compartir la infraestructura de red entre varios operadores. Las redes Open RAN facilitan la compartición de torres, antenas y otros recursos, lo que reduce los costos para todos los involucrados y aumenta la eficiencia.
4. Fomento de la innovación: La naturaleza abierta de Open RAN fomenta la innovación y la competencia entre proveedores de equipos de red. Esto puede llevar a soluciones más avanzadas y asequibles para las redes 5G en áreas rurales, lo que beneficiaría a las comunidades locales.
5. Escalabilidad y actualizaciones: Las redes 5G y Open RAN permiten una mayor escalabilidad y capacidad de actualización en el futuro. Esto significa que las redes pueden crecer y adaptarse a medida que la demanda de datos y servicios aumenta en las zonas rurales sin requerir una inversión masiva inicial.
6. Mejora de la experiencia del usuario: La combinación de las capacidades de alta velocidad de 5G con la flexibilidad y eficiencia de Open RAN puede mejorar significativamente la experiencia del usuario en áreas rurales, proporcionando acceso a servicios avanzados, como Internet de las cosas (IoT) y aplicaciones de realidad aumentada/virtual.

De esta forma, 5G y Open RAN pueden trabajar en conjunto para abordar los desafíos de conectividad en zonas rurales, brindando una mayor cobertura, flexibilidad y eficiencia en la implementación de infraestructura de red. Esta colaboración puede ayudar a garantizar que las comunidades rurales también se beneficien de las últimas tecnologías de comunicación.