

Jornadas de Investigación y Análisis

En el camino hacia las redes



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

PROSIC

Programa Institucional
Sociedad de la Información
y el Conocimiento

5G

Universidad de Costa Rica. Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento. Memoria de las Jornadas de Investigación En el camino hacia las redes 5G/Valeria Castro Obando/editora. Programa Institucional Sociedad de la Información y el Conocimiento, Universidad de Costa Rica. - San José, C.R.: Prosic, Universidad de Costa Rica, 2024.

179 pp.

ISBN 978-9968-510-29-5

1.Antecedentes e introducción a las redes 5G. 2.Usos y aplicaciones de la tecnología 5G. 3.Condiciones preparatorias para el despliegue de las 5G. 4.Riesgos y desafíos derivados en la aplicación de la tecnología 5G. 5.Avances de las redes 5G en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Prosic.

Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis En el camino hacia las redes 5G

Alejandro Amador Zamora
Coordinador

Valeria Castro Obando
Editora

María Vanessa Vega Garita
Dariel Amador Pérez
Asistentes de Investigación y apoyo editorial

Keilor Angulo Blanco
Diseño y Diagramación

Setiembre 2024

Índice

Presentación	5
Introducción	7
Avances en los despliegues 5G en América Latina y el Caribe	14
¿Qué ventajas ofrece la tecnología 5G?	16
Parámetros técnicos para 5G.....	17
Red 5G en América Latina	18
Modelos de asignación del espectro radioeléctrico	21
Desafíos en el escenario 5G	21
Antecedentes e Introducción de las Redes 5G	23
Resumen.....	25
Introducción	25
Fundamentos de la tecnología 5G	26
Evolución de las redes móviles	26
Los pilares de 5G	28
Del 5G al 6G.....	30
El espectro radioeléctrico y su importancia para 5G	30
Impacto económico de 5G	32
Iniciativas y avances en Costa Rica.....	34
Liderando la innovación tecnológica a través de 5G	37
De Piedradura a Orbit City.....	46
5G nuevas soluciones en el sector de telecomunicaciones.....	52

Retos asociados al despliegue de la tecnología 5G	54
¿Qué es una red privada de 5G?	56
Los POP-UPS del 5g.....	58
¿A dónde podemos aplicar la 5G?	61
Un país en deuda.....	62
El negocio de 5G en la nube.....	64
Operación de la red	69
La regulación en Costa Rica y los servicios 5G.....	71
El régimen regulatorio del mercado de las telecomunicaciones en Costa Rica	73
Las primeras concesiones otorgadas al sector público	74
En la antesala de la apertura	74
Propuesta de apertura sectorial	74
Concertación Nacional.....	75
CAFTA	75
¿Y qué pasó luego de la apertura?	75
Infraestructura de soporte y su rol para el despliegue de la Red 5g	78
Comprendiendo a los actores y su rol en el desarrollo de las telecomunicaciones.....	81
Limitaciones en el despliegue de infraestructura: la problemática base para desplegar redes de generaciones anteriores	81
Retos vinculados al despliegue de las redes 5G	82
Oportunidades para potenciar el desarrollo de la tecnología 5G	83

Índice

Arquitectura de Redes 5G: Infraestructura integradora y habilitadora de nuevos servicios y oportunidades de negocio	88
Escenarios clave de 5G y sus aplicaciones	94
Redes Móviles 2G, 3G, y 4G	94
Arquitectura del núcleo 5G ("5G Core") y entidades funcionales	103
Tecnologías y retos para implementar redes 5G	107
Seguridad en Redes 5G	107
Espectro Disponible para Tecnología 5G NR.....	109
Sin infraestructura no habrá 5G	118
¿Qué es una red de telecomunicaciones?	120
La tecnología está presente en nuestras vidas	121
Situación de la infraestructura de telecomunicaciones en Costa Rica	122
Comprendiendo el concepto de campos electromagnéticos y su regulación: una perspectiva desde la salud pública	124
¿Qué son los campos electromagnéticos?	126
Tipos de radiaciones de los CEM	127
¿Qué tiene de diferente la 5G?	129
Organizaciones internacionales y normativa que rige la exposición a radiaciones no ionizantes	130

Hacia el 5G: Perspectivas Socioeconómicas.....	132
Acciones del Estado en pro de las redes 5g en Costa Rica.....	137
Una perspectiva técnica para entender qué es el espectro radioeléctrico	139
Aprovechamiento del balance entre cobertura vs. propagación de las ondas radioeléctricas	140
Consideraciones técnicas para las IMT-2020.....	141
El camino hacia las IMT-2020 en Costa Rica.....	142
Sobre el proceso concursal de espectro para redes IMT-2020 en Costa Rica	143
A modo de reflexión final	146
Perspectivas regulatorias para la implementación de las redes 5G en Costa Rica.....	148
Estado de la situación del 5G en Costa Rica.....	161
Historias que evidencian los desafíos venideros	167
Chile, el primero de la región, el de los Campus 5G	168
Brasil, el gigante de la región y el mejor alumno 5G	169
El más emblemático, el más prolijo: República Dominicana	171
La certeza de poner el foco en lo urgente	171
Ir hacia un nuevo pacto social, que sea digital	173
Síntesis Analítica.....	177

Presentación



Alejandro Amador Zamora



La revolución digital ha ido acompañada, durante las últimas tres décadas, de una constante y rápida evolución de las tecnologías de redes inalámbricas que ha transformado la forma en la que las personas transfieren la información. Estas redes móviles son, en la actualidad, un elemento fundamental para que las personas puedan estar conectadas de manera permanente. Es en este contexto que nos encontramos, en Costa Rica, buscando el camino hacia las Redes 5G. Las redes 5G prometen una serie de potencialidades en navegación, aplicaciones y nuevos servicios que van más allá de lo que la tecnología actual (4G) nos permite y es una tecnología clave para lograr las transformaciones que nos promete la Cuarta Revolución Industrial.

En la región latinoamericana, el despliegue de redes 5G ha sido lento. Específicamente para el caso costarricense, pese a las reafirmaciones del gobierno al compromiso con la implementación de redes 5G, la realidad es que las empresas del sector telecomunicaciones no han podido avanzar en su despliegue debido a diversos problemas que emanan desde el sector público.

Por tal motivo, el presente documento agrupa ponencias expuestas del 9 al 11 de octubre del 2023 en las jornadas de investigación y análisis “En el camino hacia las Redes 5G”. En estas se abordan distintos temas relacionados con los antecedentes, usos, aplicaciones, riesgos y desafíos de las redes 5G, así como las condiciones preparatorias para su despliegue y los avances en la temática para Costa Rica a la fecha de realización de dichas ponencias.

El tiempo corre. Las redes 5G requieren de un despliegue de infraestructura ordenado y ágil facilitado por una normativa que considere aspectos técnicos y legales, así como principios básicos de gran importancia como lo es la neutralidad tecnológica. En un mundo en donde la tecnología es precursora de la competitividad de los países, la adopción de las nuevas tecnologías de telecomunicaciones es vital para que Costa Rica pueda competir con el resto de las economías del mundo. Nos estamos quedando atrás. El tiempo corre.

Alejandro Amador Zamora

Coordinador

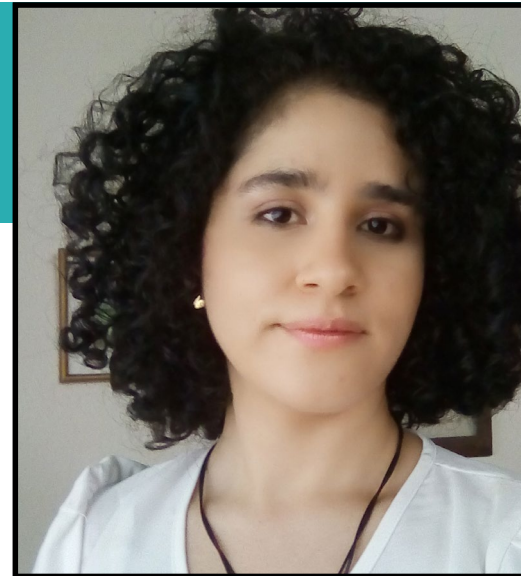
Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento



Introducción



Valeria Castro Obando



Durante las últimas tres décadas, las redes inalámbricas han experimentado importantes cambios, que han llevado a modificar la forma como se transfiere la información y se comunican las personas (Ortiz, 2019)¹. Estas transformaciones han permitido que las redes móviles se conviertan en una infraestructura vital que permite comunicaciones online, el que nos conectemos a Internet, el desarrollo de aplicaciones móviles, así como la descarga y subida de contenidos, entre muchos otros procesos.

Sin embargo, desde que se comenzó a hablar sobre las potencialidades que podrían llegar a ofrecer las redes 5G en materia de navegación, aplicaciones y nuevos servicios, este tema ha captado la atención de operadores de telecomunicaciones, gobiernos, industrias y ciudadanía; quienes ven en esta nueva tecnología, la posibilidad de innovar y dar un salto tecnológico revolucionario. Por tal motivo, la tecnología 5G es vista como una infraestructura clave para llevar a cabo las transformaciones prometidas por la Cuarta Revolución Industrial.

Estas tecnologías integran una serie de sistemas y componentes con capacidades superiores a las ofrecidas por la tecnología 3G y 4G. Tal evolución genera una mejora en el volumen de datos que pueden ser procesados, incrementa la velocidad de navegación y reduce los tiempos de latencia. Es así como la quinta generación IMT -llamada comercialmente 5G- destaca por su potencial para propiciar menor consumo de batería móvil, virtualizar las redes y densificar la cantidad de dispositi-

1 Ortiz, G. (31 de enero de 2019). ¿Por qué es importante la llegada de la red 5G? Forbes México. ¿Por qué es importante la llegada de la red 5G? • Red Forbes • Forbes México

vos conectados (Peña, 2023)²; ya que amplía la cobertura y el ancho de banda de las redes de telecomunicaciones (Arreola-Rosales, 2019)³.

En consecuencia, estas características de las redes 5G prometen la masificación de otras tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT), así como los vehículos autónomos, la creación de programas de realidad virtual y aumentada, el manejo de dispositivos a distancia para distintos usos. Todo esto no sólo incrementará la cantidad de dispositivos que estarán conectados, sino que también podría llegar a cambiar la forma como se produce, se trabaja y se accede a diversos servicios.

Si bien esta tecnología marcará un antes y un después en la conectividad, para aprovechar los beneficios y potencialidades que la misma promete se requiere de un conjunto de condiciones preparatorias que consideren aspectos a nivel legal, fomenten el acceso a recursos escasos (por ejemplo, a espectro radioeléctrico, postera), promuevan inversiones en infraestructura de telecomunicaciones e introduzcan estándares de ciberseguridad y la eficiencia, entre otros aspectos.

Los retos y necesidades que plantea la implantación de la tecnología 5G inspiraron al Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (Prosic) a indagar sobre el estado de situación de las redes 5G en Costa Rica y el mundo a partir de

2 Peña, R. (13 de abril de 2023). Ciberseguridad en redes y servicios 5G. IBM. Think España. Think España (ibm.com)

3 Arreola-Rosales, J. (29 de agosto de 2019). ¿Qué es la 5G y qué beneficios traerá al mundo? Foro Económico Mundial. ¿Qué es la 5G y qué beneficios traerá al mundo? | Foro Económico Mundial (weforum.org)



un enfoque multisectorial que ahondara en los requerimientos, oportunidades e impactos que esta generación tecnológica traerá. Es así como en el 2023, se tomó la decisión de dedicar las Jornadas Anuales de Investigación al tema de las redes 5G.

A partir de esto, se integró un cuerpo expositor conformado por operadores, academia, organizaciones internacionales, prensa especializada, organizaciones públicas, sector privado e instituciones autónomas. Durante los tres días del encuentro estos actores externaron sus puntos de vista y compartieron diversas consideraciones a tomar en cuenta para el desarrollo de la tecnología 5G. La riqueza y diversidad de las discusiones presentadas dieron origen a un compendio que integra la **Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis “En el camino hacia las redes 5G”**. En este documento se recogen 18 ponencias, que se articulan a partir de cinco ejes de reflexión distintos a través de los cuales se abordan los antecedentes e historia de las redes 5G, los usos y aplicaciones potenciales, las condiciones preparatorias para su despliegue, los riesgos y desafíos derivados y los avances de la tecnología 5G en Costa Rica.

Nuestra memoria inicia planteando la importancia de considerar los requerimientos e implicaciones que deben tomarse en cuenta antes de desplegar la tecnología 5G. Desde esta perspectiva, **José Otero Muñoz** nos invita a desconfiar de las visiones fantasiosas para adoptar una mirada mucho más cauta sobre el desarrollo de las redes 5G, lo que implica entender el ciclo de vida usual de este tipo de tecnologías y reconocer que estas no aparecen de golpe sino que requieren de un tiempo para expandir su cobertura. Comprender esto resulta

esencial para gestionar las expectativas de los distintos actores, así como para tener un panorama claro sobre lo que se pretende lograr con el despliegue, los sectores que podrían verse beneficiados con la habilitación de esta tecnología y de qué forma podrían hacerlo.

Esto es clave para determinar la viabilidad financiera y la sostenibilidad de las inversiones que deberán realizar los operadores con esta tecnología. De la mano de esto, resulta necesario que se examinen las capacidades nacionales de los países en términos de su poder adquisitivo y para suministrar capital humano de las áreas ingenieriles y otras necesarias para operativizar las transformaciones asociadas a las redes 5G. Además, de analizar las condiciones que ofrecen los marcos regulatorios nacionales y buscar mecanismos para hacer mucho más asequibles a los dispositivos que operan con la tecnología 5G.

Dichas acciones son necesarias para aprovechar efectivamente las bondades asociadas a las redes 5G, pues en opinión de **Henry Lizano Mora** esta tecnología representa un avance significativo respecto a las generaciones anteriores de tecnología móvil, sobre todo en términos de la velocidad, la capacidad de transmisión de datos y la posibilidad de conectar múltiples dispositivos simultáneamente. Ante esto no solo resulta necesario que se maximicen estos beneficios, sino que también se avance en la implementación de esta tecnología en 5G en Costa Rica. Sin embargo, para este autor, los avances gestados hasta el momento evidencian la existencia de retos regulatorios, técnicos y económicos que están afectando el proceso; los cuales deben ser abordados para lograr una instauración exitosa, sostenible y que transforme a distintos



sectores (como la salud, la educación, la agricultura, la manufactura y el transporte).

Frente a este contexto altamente digitalizado, las empresas se enfrentan al desafío de ser más competitivas y eficientes en un escenario de constante cambio tecnológico. Para sobrevivir a este **Gabriel Silva Atencio** considera importante el desarrollo de estrategias corporativas que propicien mayor apropiación de las TIC y lleven a la exploración de nuevos productos o servicios a partir de las potencialidades que ofrecen las redes 5G para maximizar las arquitecturas digitales ya existentes.

Edwin Estrada Hernández comparte esta visión e indica que en los albores de la revolución 4.0. la tecnología 5G aparece como un habilitante que nos llevará a la integración de otras tecnologías disruptivas que conjuntamente, podrán transformar la producción, el mundo del trabajo e inclusive las relaciones humanas, tal y como las conocemos. Sin embargo, en su opinión, esto no será posible si no se cuenta con un entorno que potencie el despliegue de las redes, fortalezca la infraestructura de telecomunicaciones y de a conocer casos de uso y aplicaciones que incentiven la demanda por la tecnología 5G.

Desde este punto de vista, **Jason Gálvez Estrada** nos recuerda que las redes 5G están orientadas al segmento industrial/empresarial y que además de aportar beneficios en velocidad, latencia e interconexión, también solventa los altos costes energéticos asociados a su operación mediante la migración a la nube. Esto facilita la virtualización de las redes, reduce costos de inversión, genera ventajas en escalabilidad y favorece la aplicación de procesos agnósticos y de homolo-

gación. **Gabriel Silva Atencio** considera que estas particularidades desafían el paradigma tradicional para gestionar una red comercial y plantea una revolución para los procesos de despliegue de infraestructura. Bajo esta perspectiva se cree que la instalación de la infraestructura podrá ser más fácil y sencilla, e introduce mejoras en la comercialización, así como reducciones en los gastos operativos y simplifica procesos en las organizaciones.

Para **Marylin Arias Soto**, estas potencialidades de las redes 5G, las convierte en una tecnología base que permitirá la automatización de procesos, facilitando todo tipo de aplicaciones en áreas como la salud, la agricultura, los sistemas de transporte, la seguridad pública y el entretenimiento, entre otras. A su vez, la integración de la tecnología 5G llevará a mayor interconexión y por tanto, a una amplia generación de datos que requerirá de la implementación de medidas que aseguren la seguridad de los datos e información.

Por otro lado, **Juan Manuel Campos** ofrece un recorrido histórico para entender el origen, evolución y características principales del marco regulatorio costarricense que rige al sector de las telecomunicaciones del país y que en consecuencia, afectan el desarrollo de las redes 5G en la actualidad. A partir de las principales transformaciones que fueron impulsadas en el mercado de las telecomunicaciones destaca la relevancia de los principios de libre competencia entre operadores, el uso eficiente de recursos escasos, convergencia y neutralidad tecnológica para el desarrollo de la tecnología 5G.

En línea con este abordaje del marco legal del sector de las telecomunicaciones, **Elídier Moya Rodríguez** nos recuerda



que Costa Rica cuenta con una arquitectura institucional que define cómo debe desarrollarse el despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones y qué instituciones intervienen en dichos procesos. En su visión, el accionar de estas organizaciones ha sido fortalecido con la promulgación de la Ley N°10216, la adopción de los distintos planes de acción en materia de infraestructura de telecomunicaciones (PAITs) y la creación de espacios como la Comisión de Infraestructura a lo interno del Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt); lo que ha contribuido a establecer condiciones para agilizar al despliegue de la tecnología 5G.

Desde un enfoque técnico, **Adolfo Arias Echandi** plantea a las redes 5G como distintas a otras generaciones móviles por el tipo de infraestructuras y aplicaciones que comprenden. Estas habilitan funcionalidades no existentes en redes anteriores, lo que permite convergencia, flexibilidad y oportunidades de negocio muy diversas a partir de funcionalidades como el network slicing, entre muchas otras que poseen estas redes. Este tipo de particularidades resaltan las capacidades de la tecnología 5G para generar mayor fiabilidad, mayores velocidades y menores tiempos de latencia.

A fin de evidenciar el impacto que podrán tener las redes 5G en el país, **Edwin Segura** presenta una serie de simulaciones teóricas realizadas en diversas locaciones del cantón central de San José (en Costa Rica) utilizando distintas bandas de frecuencias. A partir de eso, se ilustra el modo como podría operar la tecnología 5G en distintas bandas y su potencial impacto en las velocidades que llegarían a tenerse en diferentes sitios. A pesar de que estas simulaciones indican potenciales mejoras en los servicios de telecomunicaciones, las empresas

aún enfrentan dificultades para hacerlas realidad, sobre todo por decisiones gubernamentales que limitan el uso del espectro y afectan su capacidad de despliegue.

Este tipo de cuestiones invita a reflexionar sobre las condiciones previas que permiten el desarrollo y aprovechamiento de las redes 5G. Entre estas, el espectro y la infraestructura de soporte de las redes de telecomunicaciones aparecen como dos de los aspectos más relevantes. Esta última, quizás sea una de las condiciones más importantes, sin embargo, la ponencia de **Eduardo Palacios Gutiérrez**, nos deja ver que hasta la fecha persisten dificultades en este ámbito. Algunas de las principales tienen que ver con el mal estado de fibra óptica, el robo de cable, la falta de una regulación municipal homogénea y la ausencia de mayores mecanismos de simplificación de trámites.

Aunque las anteriores constituyen limitaciones que deben ser resueltas en aras de mejorar los procesos de instauración de las redes 5G, no son las únicas que deben tenerse en cuenta. Por ejemplo, las preocupaciones y percepciones erróneas sobre el impacto que esta tecnología puede llegar a ocasionar en la salud humana pueden convertirse en un obstáculo para el desarrollo de las redes 5G. Desde esta óptica, **Carlos Manuel Pérez Lizano**, introduce el concepto de campo electromagnético y demás apreciaciones técnicas, para esclarecer el impacto real que pueden tener las radiaciones no ionizantes generadas por la tecnología 5G. Con base a estos criterios, nos deja ver que las investigaciones respaldan la idea de que estas redes no representan un riesgo significativo para la salud.



Por otro lado y más allá de las ventajas que se asocian a las redes 5G, **Allan Ruiz** nos plantea que en nuestro ejercicio de impulsar la tecnología de quinta generación también debemos considerar el riesgo de incrementar las desigualdades y brechas (sobre todo en materia de conectividad) entre áreas rurales y urbanas. Asimismo, dichas asimetrías también pueden exacerbarse dentro a lo interno de un Estado, como entre países y sectores productivos, lo que hace necesario que se implementen acciones de política pública que garanticen el acceso a recursos escasos una evolución tecnológica que beneficie a diversos sectores productivos.

Dentro del conjunto de intervenciones que son necesarias, se encuentra una adecuada gestión del espectro radioeléctrico. Esto es indispensable para el desarrollo de las redes 5G pues estas requieren de una combinación de bandas medias, bajas y altas, para alcanzar cobertura y operar eficientemente en diversos entornos. Es por eso que en la mirada de **José Manuel Peralta Carranza**, una gestión exitosa del espectro, demanda la adopción de acciones de política pública que generen intervenciones planificadas que contribuyan al despliegue de nuevas capacidades e infraestructuras digitales; al tiempo que favorecen el diálogo y la colaboración con los operadores.

De manera complementaria, resulta indispensable que se dirijan procedimientos de asignación de espectro y licitaciones 5G efectivas que tengan metas claras. Con esta referencia como base, **Glenn Fallas Fallas**, presenta la experiencia del país en el desarrollo del actual proceso concursal de la tecnología 5G, destacando los innovadores parámetros que fueron tomados en cuenta para diseñar el pliego cartelario.

El uso eficiente del espectro radioeléctrico sin fines recaudatorios, junto con una visión balanceada entre el despliegue y la inversión son señaladas como las claves para lograr un pliego concursal que promueva el desarrollo de las telecomunicaciones y responda a los objetivos de política pública nacionales. **Andrés Oviedo Guzmán**, comparte esta visión, pero también destaca otras particularidades del cartel como la introducción de mecanismos para evitar la concentración del espectro y asegurar la competencia, así como la imposición de obligaciones de cobertura y de disposiciones de ciberseguridad para el desarrollo de la tecnología 5G.

En línea con las particularidades señaladas, **Noelia Tellez Tejeda** cierra la Memoria ofreciéndonos una reflexión sobre la situación de las licitaciones espectrales y los avances que han tenido diversos países latinoamericanos en el encendido de las redes 5G. A este efecto, se le presta especial atención a las experiencias de Brasil, Chile y República Dominicana, no sólo por constituir países líderes en la instauración de la tecnología 5G, sino también porque en estos casos se identifican usos y estrategias innovadoras que pueden transferidos y/o replicados a otros países.

En síntesis, los aportes de las y los ponente de esta memoria nos indican el potencial de la tecnología para apalancar no sólo a otras tecnologías disruptivas, sino también para posibilitar todo tipo de transformaciones en sectores tan diversos como la salud, la producción agropecuaria, la seguridad, la movilidad y el entretenimiento. En ese sentido, queda claro que las redes 5G traerán grandes ventajas sobre todo a nivel empresarial y productivo, sin embargo, esto sólo será posible si se adopta una regulación eficiente y técnicamente sosten-



tada, se propicia el desarrollo ágil de la infraestructura, se innova en las prácticas de despliegue, se fomenta el acceso a recursos escasos y se evita una gestión del espectro con fines recaudatorios.

Con este punto de partida, desde el Prosic presentamos a la **Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis “En el camino hacia las redes 5G”** con la cual pretendemos po-

ner a disposición un producto del conocimiento que no sólo permita que el público sin conocimientos en el tema pueda aproximarse al mundo de las 5G, sino que también brinde insumos útiles sobre los avances del país en la materia e indique potenciales puntos de mejora para afianzar el desarrollo de la tecnología 5G en el país.

Valeria Castro Obando

Investigadora y Coordinadora de las Jornadas
Anuales de Investigación del Prosic



Avances en los despliegues 5G en América Latina y el Caribe¹



José Felipe Otero Muñoz



1

José Felipe Otero Muñoz. Vicepresidente de 5G Americas para América Latina y el Caribe.

El Señor Otero cuenta con cerca de tres décadas de trabajo en el sector de las TIC y las telecomunicaciones de América Latina y el Caribe. Es parte del Consejo Asesor del “Índice de Conocimiento Global” publicado por el Proyecto de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) y la Fundación de Conocimiento Mohammed Bin Rashid Al Maktoum. También fue invitado a participar en el Foro de expertos de la UIT sobre indicadores de telecomunicaciones/TIC para ayudar a definir formas en que las entidades gubernamentales pueden medir de manera más eficiente el uso del espectro radioeléctrico.

Su formación académica incluye títulos en política de la Universidad de Boston, derecho de la Universidad de Edimburgo, tecnología de la Universidad de Georgetown e innovación social de la Universidad de Cambridge. José Felipe Otero también es Instructor Adjunto de la Universidad de Nueva York (EEUU) donde dicta cursos sobre transformación digital y el impacto de la tecnología en los negocios, la política pública y la cultura.



Para analizar el escenario de América Latina y el Caribe (ALC) es importante considerar algunos aspectos clave de la realidad que impactan a la sociedad en nuestros países. Para empezar, hay que mencionar que según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) durante el 2021 el 32,3% de la población (207 millones) vivía en condiciones de pobreza y 12,9% (83 millones) en condiciones de pobreza extrema. Para Costa Rica esta cifra ronda entre el 23% y el 6,3% respectivamente según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Por otro lado, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) estima que en ALC hay al menos 140 millones de personas trabajando en condiciones de informalidad, lo que representa alrededor de 50% de los trabajadores. Cuando nos referimos a otras regiones del país como las costeras o rurales, En el caso de Costa Rica, para el 2023, el 39,2% de los costarricenses trabajaban en la informalidad. Esto no implica que sean trabajos mal remunerados, pero si analizamos la teoría económica, estos trabajos no llegan a reflejar todo el potencial de crecimiento económico para desarrollar estas zonas, en otras palabras, estamos poniéndole freno a lo que viene siendo la capacidad económica.

Otro asunto muy importante, cuando nos referimos a un país como Costa Rica, que es pequeño pero diverso, es el porcentaje de personas que viven en zonas urbanas. El Banco Mundial (BM) estima en 81,1% la cantidad de población de ALC que reside en zonas urbanas y según el INEC, el 82% de la población vive en estas áreas. Pero, esto ¿qué significa? y ¿qué implicaciones tiene para las telecomunicaciones? Para explicar esto

vale la pena utilizar un ejemplo que sirva de referencia. En ese sentido, si colocamos antenas a los diez centros más habitados o importantes del país se estará superando un 60 o 70% de la cobertura poblacional, pero esto deja por fuera a una gran parte del país, sobre todo aquellas zonas que más necesitan de la tecnología para fomentar el desarrollo económico y social e incrementar la eficiencia y la productividad.

¿Qué ventajas ofrece la tecnología 5G?

Una de las cuestiones más importantes es la *densidad de conectividad*, que permite hasta un millón de dispositivos por kilómetro cuadrado y la reducción de la latencia (esa disminuirá de 20 milisegundos hasta casi cero). Esta *baja latencia* se experimenta desde los dispositivos hasta el punto de acceso de radio, es decir, desde el dispositivo hasta la antena. Esto implica una reducción en el costo de transmisión de datos de hasta un 80%, lo cual fomenta mayor uso de diferentes aplicaciones como la realidad aumentada, realidad virtual, computación en la nube y analítica, entre otras.

Otra ventaja del 5G es la *velocidad de acceso a internet*, la cual es mucho más rápida que las generaciones anteriores. Junto con la capacidad de conectar hasta un millón de dispositivos por kilómetro cuadrado, el 5G habilitará el Internet de las Cosas (IoT) industrial y masivo, fomentando el desarrollo de territorios inteligentes y la economía 4.0. Esta transformación digital implica utilizar dispositivos para digitalizar procesos, haciendo más eficientes las diversas verticales de la

¹ Ponencia realizada el 9 de octubre de 2023 para la Universidad de Costa Rica.



economía. De esta manera, se puede mejorar la riqueza del país, siempre y cuando se realicen esfuerzos para garantizar una distribución equitativa de esta riqueza.

Pero se están hablando de las cualidades que son atractivas al mercado. Hay otras que no son tan comunes: una *mayor eficiencia en la utilización del espectro radioeléctrico* y mejores protocolos de seguridad. Esto último, no es algo novedoso, pues si vemos lo que es la evolución de la primera generación (de los celulares analógicos a las siguientes generaciones), es posible ver que hay un aumento de los protocolos de seguridad. No es posible hacer una evolución tecnológica dejando a un lado la ciberseguridad, sobre todo cuando se está hablando de una tecnología que va a tener una mayor cantidad de dispositivos conectados. En ese sentido, pensar en redes de quinta o sexta generación sin considerar la parte de la seguridad es irresponsable.

Parámetros técnicos para 5G

Cuando se están haciendo estos planes de la quinta generación también se necesita especificar diferentes aspectos. ¿Para qué? ¿Por qué? Y ¿quién es el que va a estar beneficiando de forma inmediata de esta tecnología? Estos interrogantes nos llevan a pensar en los parámetros técnicos que deben contemplarse para impulsar el desarrollo de la tecnología 5G.

Para empezar, hay que recordar que las tecnologías no aparecen de golpe. Cada diez años se tiene una nueva generación móvil, la cual tiene un promedio de vida de veinte años, pero en ese lapso se pasa por una fase evolutiva que dura en

promedio de doce a veinticuatro meses cuando se refiere al 3GPP. Por ejemplo, cuando llegó la cuarta generación en el 2009 nos referimos a la versión 8 y cuando apareció la última versión de la cuarta generación es la versión catorce, se pasó de 12 a 24 megabits por segundo de velocidades pico en la versión 8 del LTE a un gigabit por segundo en la versión catorce.

Entonces, el objetivo es un millón de dispositivos conectados por kilómetro cuadrado, pero para lograr esto es necesario ir poco a poco y con cada versión que va llegando se van agregando parámetros de eficiencia y de lo que se logrará experimentar con la tecnología.

Con la versión 15, la cual es la primera que llega a América Latina, es la que reutiliza parte de la infraestructura de la cuarta generación. Como se mencionó anteriormente, la tecnología evoluciona cada diez años, esto significa que en cualquier momento hay tres redes operando simultáneamente y hay casos en AL que hay operadores con hasta cinco redes distintas y esto es un problema, ya que mientras más redes distintas estén operando más se está gastando.

Entonces, en el primer año de implementación de una nueva tecnología, comienza su despliegue y para el año diez, como en el caso de la cuarta generación (4G), esta tecnología alcanza una gran expansión de cobertura. Esto permite una economía de escala que reduce significativamente los costos, no solo en la infraestructura de redes, sino también en los dispositivos que las personas y empresas, especialmente las microempresas y PYMES, necesitan para acceder a la tecnología.



El periodo 2018-2022 es la antepenúltima tecnología y en este caso la tercera generación es la que está de salida y es una tecnología que ha sido apagada en distintos mercados latinoamericanos como Puerto Rico, México, Colombia, entre otros países. En el Release 15 se está utilizando 4G, en otras palabras, si se está buscando hacer una conectividad en centros urbanos donde hay una gran concentración de negocios, obviamente la quinta generación evolucionó por medio de la versión quince. Sin embargo, en esas zonas remotas el poder adquisitivo no es tan grande, las personas necesitan teléfonos más baratos, las fincas necesitan dispositivos más baratos o los dispositivos todavía no están disponibles. En esas áreas tiene sentido que se continúe expandiendo la tecnología 4G para ir preparando el terreno para las redes 5G.

Cuando se habla de una red totalmente autónoma separada de lo que se tenía anteriormente, que es lo viene siendo la versión 16, es la que se está desplegando en muchas partes del mundo: Europa Occidental, China, Brasil, Chile, Puerto Rico, México, República Dominicana, entre otros. Pero también hay un freno, una desaceleración porque se debe ser consciente de lo que está pidiendo el mercado en términos de los dispositivos y del ecosistema disponible para que estos funcionen con la red. No se trata de colocar una red por colocarla, sino que hay que considerar quién lanza la tecnología es el operador de telecomunicaciones con la licencia para ofrecer el servicio móvil, sea este de capital privado, mixto o público. Por lo tanto, lo importante es hacer un lanzamiento que sea financieramente viable y sostenible.

Con el Release 16, se esperaba que este comenzara a comercializarse en 2022, pero su lanzamiento se ha retrasado y en ningún lugar del mundo se ha implementado el Release 17. Sin embargo, es precisamente este último el que incorporará servicios móviles dentro del sistema IMT, integrándolos con otras plataformas como la satelital. Pero ¿por qué hay distintas empresas de satélites de baja órbita haciendo acuerdo con operadores móviles en AL, Norteamérica, Europa y otras regiones del mundo? Porque van a estar integradas dentro del ecosistema básico.

Red 5G en América Latina

En ALC hay 28 operadores móviles de red que están ofreciendo servicios de quinta generación, estos no incluyen algunos operadores móviles virtuales que como están siendo albergados con algún operador que tiene la quinta generación también la están ofreciendo. En América del Norte son 17, en el resto del mundo son 241. Al observar el mapa latinoamericano se puede asumir que son muchos operadores, por ejemplo, en Venezuela se están haciendo pruebas y desde el 2019 en Aruba se firmó un contrato para hacer una red totalmente nacional de quinta generación.

Jamaica, Bahamas, Trinidad y Tobago están haciendo un proceso de consultoría y de consulta pública para lanzar todo lo que viene en 5G. Por su parte, las Antillas Francesas ya tienen 5G y otros países están contemplando avanzar más rápidamente a ese lanzamiento de esta red como por ejemplo Bolivia, Ecuador, Panamá y Costa Rica.



Ahora bien, una cosa es decir que se tienen 28 operadores en ALC que está ofreciendo 5G y otra es tener una cantidad determinada de operadores que están ofreciendo 5G para servicio móvil y fijo con una expansión a nivel nacional sumamente importante versus aquel operador que solo cubre dos cuadras con internet inalámbrico fijo y cuyo anuncio ha sido más bien por temas de publicidad. En términos de la expansión agresiva de la cobertura de 5G, en Sudamérica destacan Brasil, Chile y Perú. En el Caribe, Puerto Rico ya tiene una cobertura que alcanza a más del 90% de la población, mientras que en las Islas Vírgenes la cobertura es del 95% y en República Dominicana, se espera alcanzar una cobertura del 75%.

Respecto a Centroamérica, Guatemala fue el primer país en lanzar la quinta generación y este año ha efectuado dos procesos exitosos de asignación espectro para impulsar lo que viene siendo el avance de esta tecnología. En México, hay dos operadores minoristas con red ofreciendo esta tecnología. Asimismo, Surinam, Trinidad y Tobago, Colombia y Argentina tienen un 5G estático, es decir que no avanza, son inalámbricos fijos y en zonas puntuales.

Por otro lado, el 5G es una tecnología direccionada a un sector empresarial/corporativo, así tenemos que la primera generación daba la telefonía, la segunda los mensajes de texto, la tercera los primeros video juegos y aplicaciones móviles, la cuarta son las computadoras portátiles y la quinta es latencia, IoT y la utilización de bandas milimétricas. Por esta razón cuando se refieren a 5G se deben contemplar otros aspectos, por ejemplo, si estamos en un país con un poder adquisitivo muy bajo, con un sector de manufactura cuya producción está dedicada en un alto porcentaje a la exportación porque no se

tiene un consumo local grande y que además están impactando positivamente a la economía con el ingreso de recursos generados por concepto de impuestos. En esos casos, el gobierno tiene la responsabilidad de viabilizar y asegurar que estas estén bien.

Ahora bien, estas empresas exportadoras compiten en mercados internacionales, contra empresas que tienen redes 5G y que, además, están fabricando equipos calibrados con esta tecnología, con procesos de fabricación automatizados y que utilizan aplicaciones data céntricas. Esto genera una desventaja en comparación con las otras, lo que repercute en los costos de los artículos fabricados y en los márgenes de ganancia.

En este escenario se debe preguntar ¿por qué queremos impulsar tecnología 5G? y ¿para qué? y ¿a quiénes pretendemos beneficiar? Para responder a estas preguntas resulta necesario que se realice una gestión de recursos en aquellos sectores que más lo requieren e impactan a la economía. Es decir, identificar las necesidades nacionales en el corto plazo y evaluar el poder adquisitivo, la capacidad de acceder a nuevas tecnologías móviles y la disposición de dispositivos móviles adecuados para impulsar esta adopción.

En este momento no se tiene un solo teléfono nuevo de quinta generación que tenga un valor de \$125 dólares estadounidenses, por lo que hay que considerar quiénes van a ser los potenciales usuarios de la tecnología 5G y para qué la requieren. Un enfoque de esta naturaleza permite que la tecnología sea accesible a los usuarios finales que requieren de la tecnología y rentable para los operadores.



El primer lanzamiento global estandarizado de la tecnología 5G se realizó en marzo de 2019, impulsado por TGTP y otras organizaciones. Sin embargo, en Medio Oriente se realizaron lanzamientos no estandarizados en 2018 motivados por cuestiones políticas. Históricamente, se ha observado que nuevas tecnologías de telecomunicaciones tardan aproximadamente cinco años en llegar desde regiones pioneras a zonas como América Latina y el Caribe (ALC). Por ejemplo, el lanzamiento del LTE en Noruega y Suecia tardó dos años en llegar a ALC y en menos de nueve meses ya contábamos con cinco redes operando en la región. Este patrón sugiere que la adopción y expansión del 5G en ALC podría ocurrir en un tiempo similar.

Hoy estamos mucho más avanzados en la llegada de la quinta generación, sobre todo si se considera que para que tener esa caída en los precios de los celulares y de los dispositivos inteligentes en general para IoT, se requiere de un periodo de ocho años para crear un ecosistema que permita crecer en la base masiva de usuarios. Sin embargo, tenemos varios fenómenos u obstáculos que han impactado negativamente en el desarrollo de este ecosistema:

1. **Problemas de relaciones diplomáticas entre los grandes productores tecnológicos del mundo:** Hay una escasez bastante importante de microprocesadores porque existe un conflicto entre China y los Estados Unidos (EEUU). Lo que se pensaba que se solventaría a corto plazo con una asignación de 180 mil millones de dólares para crear nuevas fábricas de microprocesadores en varias regiones de EEUU no se ha dado y esto es precisamente porque no hay capital humano suficiente para cubrir esta demanda.

2. **Desarrollo de capital humano:** especialmente porque Estados Unidos no tiene suficientes ingenieros para cubrir la producción masiva de microprocesadores necesarios para la quinta generación en ALC. Es fundamental que las universidades locales inviertan y colaboren con los gobiernos y el sector privado para desarrollar aplicaciones y productos que atiendan necesidades locales. Por ejemplo, universidades costarricenses pueden generar soluciones a problemas específicos de Costa Rica, utilizando recursos humanos locales. Una pregunta clave es ¿cómo podemos empezar a integrar la tecnología 5G en las distintas facultades universitarias? Además, es importante que se impulsen las estrategias de retención de estos expertos para asegurar que el conocimiento y la innovación se queden en la región.
3. **Disrupción provocada por la pandemia:** sus efectos han afectado a las importaciones y exportaciones por más de dos años a nivel mundial.
4. **Baja producción de dispositivos electrónicos de gama media y baja para abaratar los costos de compra o de adquisición de los distintos clientes:** hay recalcar que, a pesar de estas dificultades, la tecnología 5G ha logrado avanzar rápidamente respecto a las tecnologías anteriores. Obviamente existen limitaciones a nivel macroeconómico global, por ejemplo, la tasa de reemplazo de los dispositivos para las empresas de los celulares en la región latinoamericana ha variado mucho de un año a otro, ya que la tasa era de 28 meses en el 2018, luego pasó a 34.5 en 2022 y para el 2023 es de 36 meses.



Respecto al precio de estos dispositivos en la región el precio ha subido 40 dólares del 2022 al 2023 en cualquier gama. Esto nos dice que para empezar a crecer y tener esa base de clientes que me supere un treinta, cuarenta o hasta cincuenta por ciento de usuarios con 5G se va a tardar un poco más.

Modelos de asignación del espectro radioeléctrico

En América Latina y el Caribe (ALC), la asignación de espectro radioeléctrico en bandas milimétricas ha sido limitada. Solo Brasil, Chile y Uruguay han asignado estas bandas. El promedio de espectro asignado en la región, sin contar las bandas milimétricas, es de 513.0 MHz. Costa Rica se sitúa por encima de este promedio con 620 MHz asignados. Sin embargo, la mayoría de los países latinoamericanos están rezagados en este aspecto, destacando el caso de Panamá, que no refleja su capacidad económica en la cantidad de espectro asignado.

En la asignación de espectro tenemos varios modelos, pero generalmente se da el despliegue infraestructural cumpliendo requisitos que son impuestos por el gobierno, como la definición de áreas de cobertura de interés para el Estado en un tiempo establecido y con porcentajes de inversión específicos para el sector privado y público. Este ha sido el caso de Brasil, que ha servido de referencia para los procesos de Colombia y Guatemala.

En otros países se han impulsado procesos de subastas de espectro para sanear las cuentas del gobierno y dolarizar la economía,

como ha ocurrido en Argentina; mientras que en otros como México se han dado procesos recaudatorios. De hecho, en este caso, la alta recaudación por derechos de uso del espectro, un solo operador ha aceptado participar en la asignación del espectro.

Esto se debe a que los ingresos del gobierno por derechos de espectro de servicios móviles representan el 97,72% del total recaudado por conceptos de espectro, incluyendo trunking, satelital, televisión, radio, entre otros. Además, se ha señalado que estos ingresos no se reinvierten en el sector de telecomunicaciones, lo que es especialmente preocupante para un país que carece de una estrategia digital nacional y un plan de servicio universal. En cambio, el dinero recaudado se utiliza para ajustar el presupuesto general.

Estos son los procesos que se han implementado en ALC, pero lo que se recomienda y que está tomando auge es el proceso no recaudatorio, es decir una subasta para la asignación del espectro. El 2023 inició con veinte mercados anunciando estos procesos, Guatemala, Perú, Uruguay y Antillas Francesas los iniciaron hace algunos años. En Argentina, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, Jamaica, México, Panamá, República Dominicana y Trinidad y Tobago están aún pendientes de concluir el proceso, aunque unos con mayores avances que otros.

Desafíos en el escenario 5G

Algunos de los principales desafíos que la región tiene para el despliegue de la tecnología 5G están relacionados con los siguientes aspectos:



- **Exageración de la capacidad tecnológica de 5G:** ninguna tecnología por sí sola va a resolver todos los problemas, esto implica que no va a resolver la brecha digital a corto plazo. Entonces, dependiendo de las particularidades de cada región, se requiere de un esquema que cubra las necesidades según los recursos disponibles, esto es tener en cuenta la infraestructura civil y de telecomunicaciones desarrollada, aspectos topográficos y demográficos de cada localidad.
- **Identificar el mercado potencial real:** dicho mercado es aquel en el que el operador puede expandirse de manera independiente y donde el gobierno puede intervenir para implementar soluciones que beneficien a todos los consumidores, incluyendo personas, empresas y corporaciones. Para lograr esto, es necesario establecer un diálogo inclusivo que involucre a la academia, la sociedad civil, las empresas privadas y el gobierno.
- **Marco regulatorio consistente:** este debe estar adecuado a todas estas exigencias del ecosistema, ya que una cosa es lo que permite la tecnología 5G y otra es lo que la regulación permitirá implementar.
- **Falso sentido de urgencia para desplegar la tecnología 5G:** esto llama la atención pues la transformación no es inmediata ni simétrica. El hecho de que haya tres empresas atendiendo el mismo mercado y ofreciendo productos similares en diferentes localidades no significa que todas necesiten implementar la tecnología al mismo

tiempo. Algo similar ocurre con los operadores; la decisión de lanzar servicios depende del modelo de negocio, la salud financiera y los activos disponibles de cada operador. Además, no en pocos casos, hay una falta de comprensión por parte de los tomadores de decisiones.

- **Infraestructura:** con el crecimiento exponencial de la infraestructura que se requiere para la implementación de esta tecnología, se retoman ideas que en su momento se consideraron caducas, pero que ahora se están retomando. Esto refiere a la compartición de infraestructura activa, las redes neutrales para zonas remotas, la viabilidad de los operadores móviles virtuales, la creación de redes privadas, el fenómeno de la competencia/cooperación, licencia única y el mercado secundario activo en términos de la utilización del espectro, entre otras.
- **Ignorar el factor humano:** es preciso que los profesionales encargados de desplegar y desarrollar estos procesos posean los conocimientos adecuados, así como de un plan de soporte para potenciar el uso de esta tecnología y así lograr el impacto esperado en la sociedad.

A manera de conclusión, debemos recordar que antes de lanzar la tecnología 5G es necesario hacer un análisis serio sobre el objetivo de lanzamiento, los planes de retorno de inversión y de lo que se espera de esta tecnología para hacerla una realidad viable.



Antecedentes e Introducción de las Redes 5G



Henry Lizano Mora

2



Henry Lizano Mora. Investigador del Centro de Investigación Observatorio del Desarrollo (CIOdD) y docente de la Facultad de Ingeniería y la Escuela de Administración Pública de la UCR.

Máster en Sistemas de Información (ITCR) y Candidato a Doctor en Administración del (ITCR). Actualmente es investigador del Centro de Investigación Observatorio del Desarrollo (CIOdD). Se ha desempeñado como director del Centro de Informática de la Universidad de Costa Rica (UCR) y profesor de ingeniería en la UCR desde 2006. La experiencia incluye la dirección de numerosos cursos de grado, postgrado y colaboraciones con organizaciones privadas y públicas. Ha participado en proyectos de investigación en Gestión de Procesos de Negocio, Transformación Digital, Automatización Robótica de Procesos, Inteligencia Empresarial e Innovación. Ha participado en diversas conferencias y programas sobre Gestión de Procesos de Negocio tanto a nivel nacional como internacional.



Resumen

Esta ponencia aborda el estado actual de la implementación de la tecnología 5G en Costa Rica, destacando sus beneficios, retos y el impacto económico previsto. Se analiza cómo las redes 5G representan un avance significativo respecto a las generaciones anteriores de tecnología móvil, y cómo su adopción puede transformar sectores clave de la economía costarricense. Sin embargo, también se discuten los desafíos regulatorios, técnicos y económicos que enfrenta el país para lograr una implementación exitosa y sostenible de esta tecnología.

Palabras clave: 5G, Telecomunicaciones, Costa Rica, Regulación, infraestructura, economía digital.

Introducción

En la era de la digitalización, la conectividad se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo económico y social de cualquier país. La tecnología 5G, conocida como la quinta generación de redes móviles, representa un salto cualitativo respecto a las generaciones anteriores, como 3G y 4G, no solo en términos de velocidad y capacidad de transmisión de datos, sino también en la baja latencia y la capacidad para conectar una gran cantidad de dispositivos simultáneamente. Esto no solo permitirá una mejor experiencia en servicios actuales como la transmisión de video en alta definición y las aplicaciones de realidad virtual, sino que también habilitará nuevas oportunidades en sectores clave como la salud, la educación, la agricultura, la manufactura y el transporte.

Para Costa Rica, la implementación de 5G es una necesidad estratégica para mantener su competitividad en un mundo cada vez más interconectado y aprovechar oportunidades de inversión extranjera. Además, las redes 5G tienen el potencial de ser un catalizador para la innovación, permitiendo a las empresas locales competir a nivel global y facilitando el desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y la automatización.

Sin embargo, la transición hacia 5G en Costa Rica no está exenta de desafíos. La asignación del espectro radioeléctrico, la inversión en infraestructura, la adaptación de marcos regulatorios y la preocupación relacionada con el concurso de adjudicación por parte del Poder Ejecutivo que limita la libertad de competencia y la neutralidad tecnológica. Son solo algunos de los obstáculos que el país deberá superar para aprovechar plenamente los beneficios de esta tecnología. Además, es fundamental que el gobierno, el sector privado y la academia trabajen en conjunto para diseñar una hoja de ruta clara y sostenible que permita una despliegue exitoso de 5G en todo el territorio nacional.

En este contexto, la presente ponencia tiene como objetivo explorar el estado actual de la implementación de 5G en Costa Rica, analizando tanto sus potenciales beneficios como los retos que enfrenta el país en este proceso. Asimismo, se discutirán las implicaciones económicas de 5G y las estrategias que podrían adoptarse para maximizar su impacto positivo en la sociedad costarricense.



Fundamentos de la tecnología 5G

Según Yu *et al* (2017) la quinta generación de redes móviles, conocida como 5G, representa un salto enorme en la evolución de las telecomunicaciones. Esta tecnología no solo promete conectar a las personas de manera más eficiente, sino que está diseñada para integrar prácticamente todos los aspectos de nuestra vida digital, desde dispositivos móviles hasta máquinas industriales y dispositivos de uso cotidianos.

Evolución de las redes móviles

El avance cronológico de las telecomunicaciones móviles se puede observar en distintas etapas de evolución tecnológica, comenzando en los años 80 con la introducción de la primera generación (1G) de telecomunicaciones móviles, la cual permitía la comunicación de voz analógica a través de tecnologías como AMPS, NMT y TACS. Esta tecnología revolucionó la capacidad de establecer llamadas mientras se estaba en movimiento, marcando el inicio de la era de la telefonía móvil.

En la década de 1990, surgió la segunda generación (2G), que introdujo la voz digital a través de estándares como D-AMPS, GSM e IS-95 (CDMA). Este avance permitió una comunicación más eficiente, extendiendo la capacidad de conectividad a miles de millones de personas en todo el mundo.

Con la llegada de los 2000, la tercera generación (3G) trajo consigo un cambio significativo hacia el uso de datos móviles, permitiendo el acceso a Internet inalámbrico mediante tecnologías

como CDMA2000/EV-DO y WCDMA/HSPA+. Esto impulsó el uso de aplicaciones y servicios que requerían acceso a la red, sentando las bases para el crecimiento del Internet móvil.

Durante la década de 2010, la cuarta generación (4G) expandió el acceso a la banda ancha móvil con tecnologías avanzadas como LTE, LTE Advanced y Gigabit LTE. Esta generación permitió la transmisión de datos a velocidades mucho mayores, facilitando la proliferación de servicios de streaming de video y aplicaciones de alta demanda de datos.

Finalmente, en la década de 2020, la quinta generación (5G) surgió como una plataforma unificada y preparada para el futuro, con tecnologías como el 5G New Radio (NR). Esta generación no solo mejora significativamente la velocidad y la capacidad de transmisión de datos, sino que también habilita la conectividad masiva de dispositivos y reduce la latencia, lo que es fundamental para aplicaciones emergentes como la conducción autónoma, la telemedicina y el Internet de las Cosas (IoT) (Qualcomm 2024).

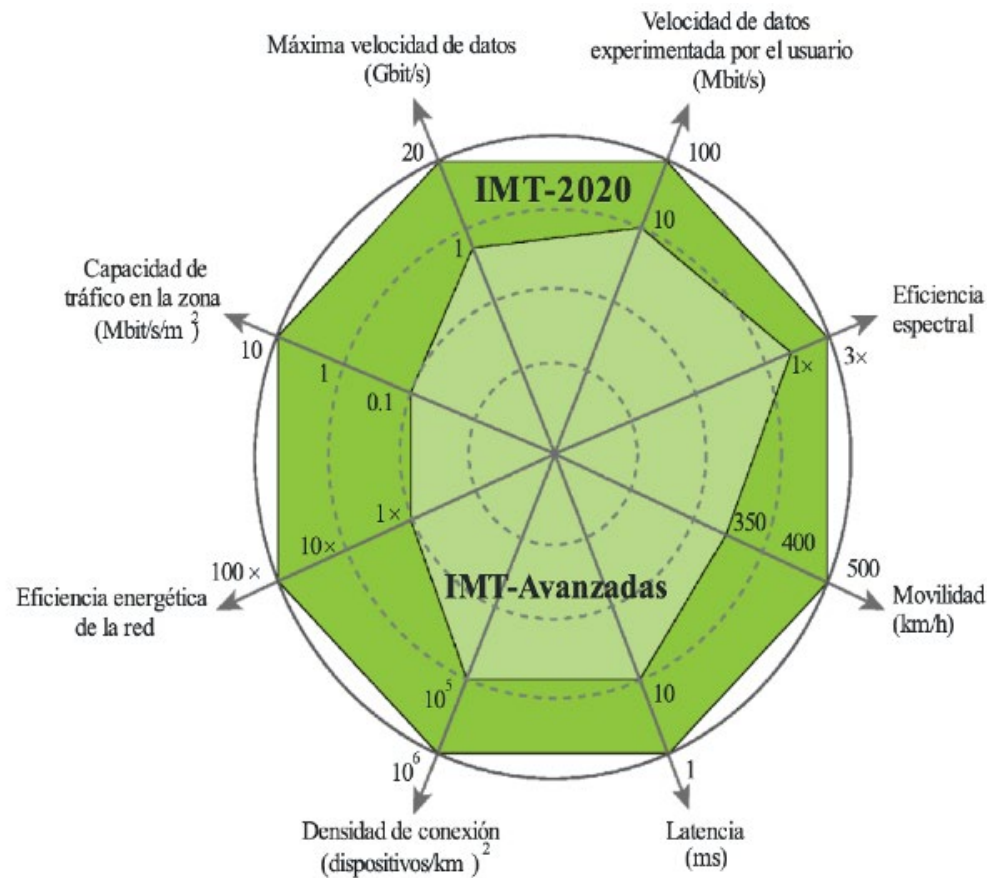
El 5G se caracteriza por ofrecer velocidades de datos sin precedentes, capaces de alcanzar varios gigabits por segundo, con un promedio esperado de 1 Gbps hasta 20 Gbps. Esto supone un aumento dramático respecto a las generaciones anteriores, permitiendo descargas casi instantáneas y streaming de alta calidad. Pero la velocidad es solo el comienzo. La verdadera revolución del 5G radica en su capacidad para reducir la latencia a niveles casi imperceptibles, llegando a tan solo 1 milisegundo. Dicha característica abre la puerta a aplicaciones críticas que requieren respuestas en tiempo real, como la cirugía remota o los vehículos autónomos entre otros.



Comparado específicamente con su predecesor, el 4G, las mejoras son notables en todos los aspectos. El 5G no solo es más rápido, sino que también ofrece una capacidad de red hasta 100 veces mayor, permitiendo la conexión simultánea

de un número masivo de dispositivos. Además, utiliza el espectro radioeléctrico de manera más eficiente, aprovechando bandas de frecuencia que antes eran poco utilizadas.

Figura 2.1. Mejora de las Capacidades Fundamentales de las IMT-Avanzadas a las IMT-2020



Fuente: Recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT-R M.2083.



Los pilares de 5G

La tecnología 5G se sustenta en tres pilares fundamentales, cada uno de los cuales ofrece ventajas clave que habilitan una amplia gama de aplicaciones y servicios avanzados. Estos se explican a continuación.

1. Banda Ancha Móvil Mejorada: (eMBB, por sus siglas en inglés: *Enhanced Mobile Broadband*). Se enfoca en la mejora del ancho de banda móvil, lo que permite una transmisión de datos más eficiente y rápida. Las ventajas asociadas incluyen una cobertura extendida, mayor alcance de las redes, asegurando que más áreas, incluidas las rurales, tengan acceso a servicios de alta velocidad. Permite una transmisión de datos más eficiente, ya que mejora significativamente la gestión y distribución del tráfico de datos, optimizando la experiencia de la persona usuaria.
2. Masificación del Internet de las Cosas: (MIoT, por sus siglas en inglés: *Massive Internet of Things* (MIoT)). Esta característica está diseñada para soportar una gran cantidad de dispositivos conectados simultáneamente, ideal para el Internet de las Cosas (IoT). Entre sus princi-

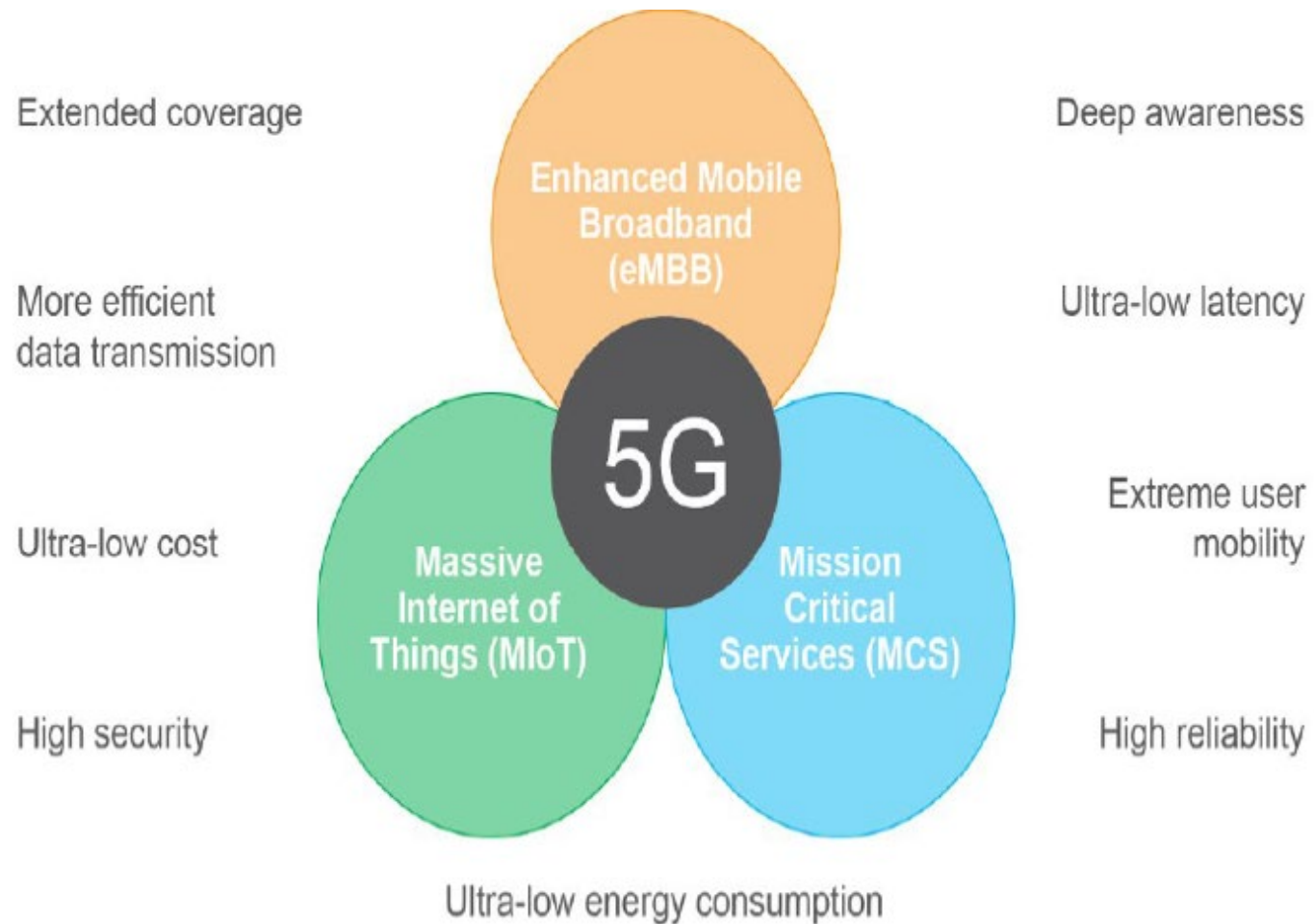
pales ventajas destacan la reducción significativa en los costos asociados con la conectividad de dispositivos IoT. Además, provee mecanismos robustos para garantizar la seguridad de las comunicaciones en un entorno con miles de dispositivos conectados; optimización del uso energético, y permite una operación más sostenible y prolongada de los dispositivos IoT.

3. Servicios de Misión Crítica: (MCS, por sus siglas en inglés: *Mission Critical Services*) soporta aplicaciones que requieren altísima confiabilidad y baja latencia, esenciales en sectores como la salud, la seguridad y la automoción antes mencionadas. La conexión permanece estable, es de calidad y garantiza fiabilidad a las conexiones, por lo que los servicios se vuelven extremadamente confiables, minimizando fallos en situaciones críticas.

En resumen, los tres pilares de 5G —eMBB, MIoT y MCS— por sus siglas en inglés, forman una base sólida que no solo mejora las capacidades actuales de las redes móviles, sino que también habilita una nueva generación de servicios y aplicaciones que transformarán industrias y mejorarán la vida cotidiana (Pang et al. 2022).



Figura 2.2. Pilares de 5G



Source: IHS Markit analysis based on data provided by Omdia

© 2020 IHS Markit: 2001626

Fuente: Tomado de IHS análisis basado en datos proveídos por Omdia.



Del 5G al 6G

El proceso de transición comienza en 2018 con el establecimiento de la base de 5G, conocida como Rel-15 5G Foundation. Esta fase inicial introduce conceptos clave como el marco flexible basado en slots, numerología escalable, la tecnología de Múltiples Entradas Múltiples Salidas por su siglas en inglés (MIMO masivo), y ondas milimétricas mmWave, entre otros. También se implementan avances en codificación de canal, network slicing, Red de Acceso a Radio por sus siglas inglés (RAN) desagregada y una arquitectura basada en servicios.

A partir de 2020, se inicia la fase de expansión de 5G, denominada Rel-16/17 5G Expansion. Esta etapa se extiende hasta aproximadamente 2023 y se caracteriza por la introducción de mejoras significativas. Entre estas se incluyen el ahorro de energía avanzado, movilidad mejorada, uso de espectro sin licencia, diseños para misiones críticas y la exploración de nuevos verticales como mIoT y broadcast. Además, se implementan avances en posicionamiento de alta precisión, NR-Light, realidad extendida y se amplía el espectro utilizado hasta 71 GHz.

Desde 2023 hasta 2030, el enfoque se centra en la investigación a largo plazo para el desarrollo de 5G Avanzado y 6G. Esta fase se caracteriza por la exploración de tecnologías más avanzadas como el diseño basado en Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático por sus siglas en inglés (IA/ML), comunicaciones full dúplex, mejoras en mmWave y posicionamiento. También se investigan las bandas de Tera Hertz (THz), superficies inteligentes, redes verdes y nuevas topologías de red. Se busca lograr una desagregación extrema, la

convergencia entre Cloud, Core y RAN, así como comunicaciones ultra seguras y nuevos paradigmas de compartición de recursos.

Finalmente, a partir de 2030, se proyecta la implementación de 6G. Esta nueva generación promete un salto tecnológico significativo, ofreciendo nuevas capacidades y eficiencias. Se anticipan tecnologías fundacionales de próxima generación, incluyendo nuevas formas de onda, técnicas de multiplexación avanzadas, codificación de canal mejorada y sistemas MIMO más sofisticados.

El espectro radioeléctrico y su importancia para 5G

El espectro radioeléctrico, a menudo descrito como las “autopistas del aire”, juega un papel crucial en la implementación del 5G. Este recurso limitado y valioso es administrado por los gobiernos como un bien de dominio público y Costa Rica no es la excepción. La eficiente asignación y utilización del espectro es fundamental para el éxito del 5G.

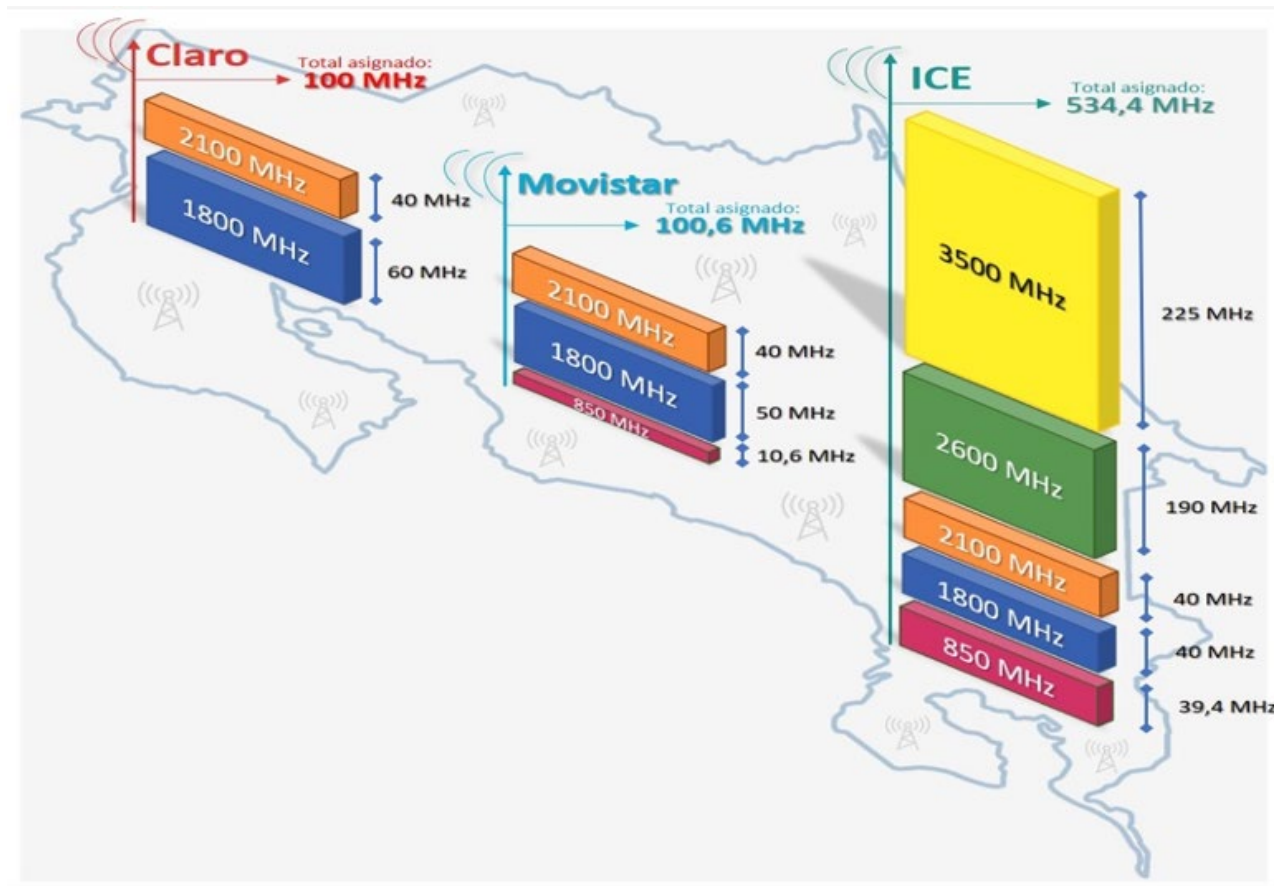
El 5G utiliza una combinación de bandas de frecuencia bajas, medias y altas, cada una con sus propias ventajas. Las bandas bajas, por debajo de 1 GHz, ofrecen una amplia cobertura y buena penetración en edificios. Las bandas medias, entre 1 y 6 GHz, proporcionan un equilibrio entre cobertura y capacidad. Las bandas altas, conocidas como ondas milimétricas, ofrecen capacidades extremadamente altas, pero con un alcance limitado, cada una de estas bandas o la combinación de estas produce una amplia gama de aplicaciones.



En Costa Rica, como en muchos países, la asignación del espectro para 5G presenta desafíos significativos. Es necesario reorganizar y liberar bandas de frecuencia, lo que a menudo implica la reasignación de frecuencias utilizadas por otros

servicios. Este proceso requiere una planificación cuidadosa y una actualización del marco regulatorio para adaptarse a las necesidades específicas del 5G. (Prosic 5G - Sutel - Citavi Web, n.d.)

Fuente 2.3. Asignación de espectro para servicios móviles en Costa Rica



Fuente: Tomado de https://www.sutel.go.cr/sites/default/files/asignacion_de_espectro_para_servicios_moviles_en_costa_rica.jpg



Además, una visión general del espectro electromagnético, centrándose en las frecuencias utilizadas para telecomunicaciones nos permite identificar que el espectro se divide en tres categorías principales: ondas eléctricas, ondas de radio y ondas de luz.

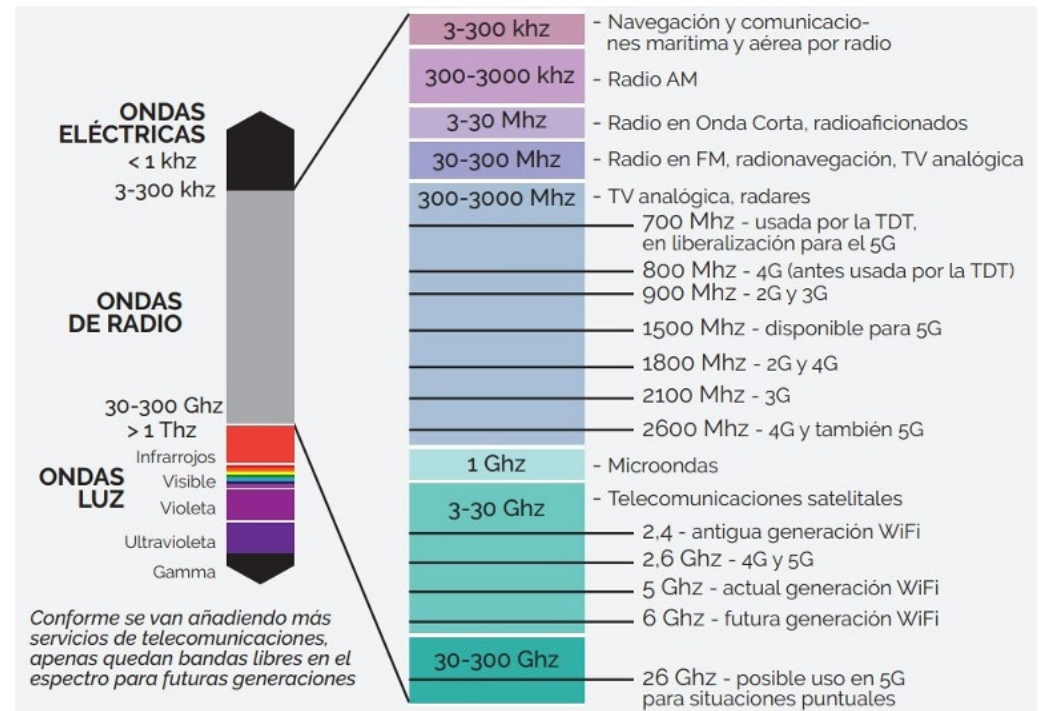
Las **ondas eléctricas** abarcan frecuencias menores a 1 kHz y entre 3-300 kHz. Las **ondas de radio** se extienden desde 3 kHz hasta 300 GHz y se subdividen en varias bandas con usos específicos. Por ejemplo, de 3-300 kHz se utilizan para navegación y comunicaciones marítimas y aéreas por radio, de 300-3000 kHz para radio AM y así sucesivamente hasta llegar a las frecuencias más altas.

En la Figura 2.4, se detalla el uso de frecuencias específicas para tecnologías de comunicación modernas. Por ejemplo, 700 MHz se usa para TDT y está en proceso de liberalización para 5G, 800 MHz para 4G, 900 MHz para 2G y 3G, y 1500 MHz está disponible para 5G. También se muestran frecuencias para otras generaciones de telefonía móvil y WiFi.

En las frecuencias más altas, se mencionan los 3-30 GHz para telecomunicaciones satelitales y el rango de 30-300 GHz, donde se destaca el posible uso de 26 GHz para 5G en situaciones puntuales.

Las **ondas de luz** incluyen infrarrojo, visible, ultravioleta y gamma, aunque no se detallan sus usos en telecomunicaciones.

Figura 2.4. El espectro radioeléctrico más concurrido de la historia



Fuente: https://www.lespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/politica-digital/20200603/reparte-espectro-radioelectrico-llegada/493701949_0.html

Impacto económico de 5G

El potencial económico del 5G es enorme, a nivel global, se proyectan inversiones de cientos de miles de millones de dólares en infraestructura e investigación y desarrollo (I+D) relacionados con el 5G. Estas inversiones no solo impulsarán el sector de las telecomunicaciones, sino que



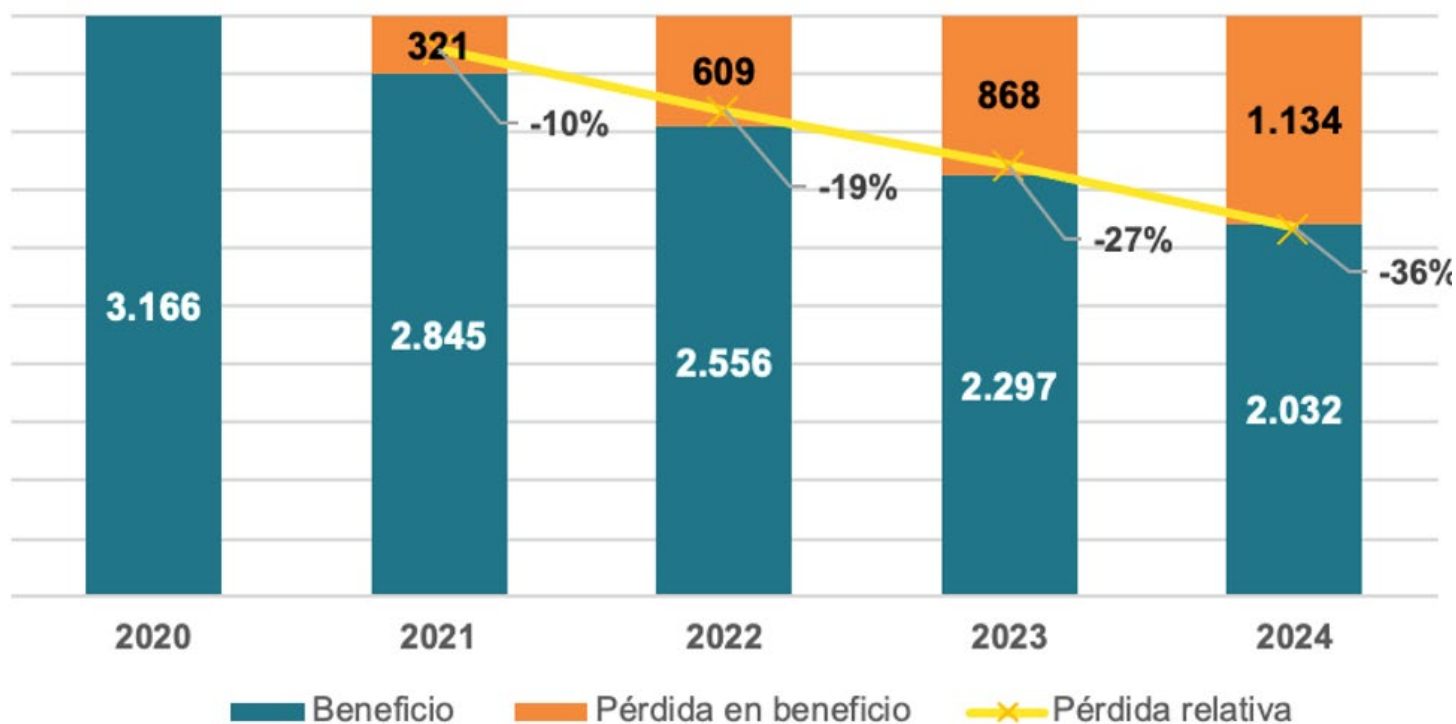
también tienen el potencial de transformar industrias enteras, ya mencionadas (IHS, 2024).

Para Costa Rica, la implementación oportuna del 5G es crucial para mantener su competitividad en la economía digital global. Según estimaciones de Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL), el retraso en la adopción de esta tecnología podría costar al país para este 2024 hasta \$1.134 millones en pérdidas. Estas pérdidas no son solo

monetarias, sino que también representan oportunidades perdidas en innovación, creación de empleos y mejora de la productividad.

La adopción del 5G podría catalizar la innovación en diversos sectores, impulsando el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios. También podría atraer inversión extranjera en tecnología e innovación, posicionando a Costa Rica como un *hub* tecnológico en la región (SUTEL, 2023).

Figura 2.5. Pérdida en el beneficio en relación con el PIB por la demora en la instrucción de los procesos de asignación de espectro (millones de USD \$)



Fuente: Tomado de la Superintendencia de Telecomunicaciones, 2024.

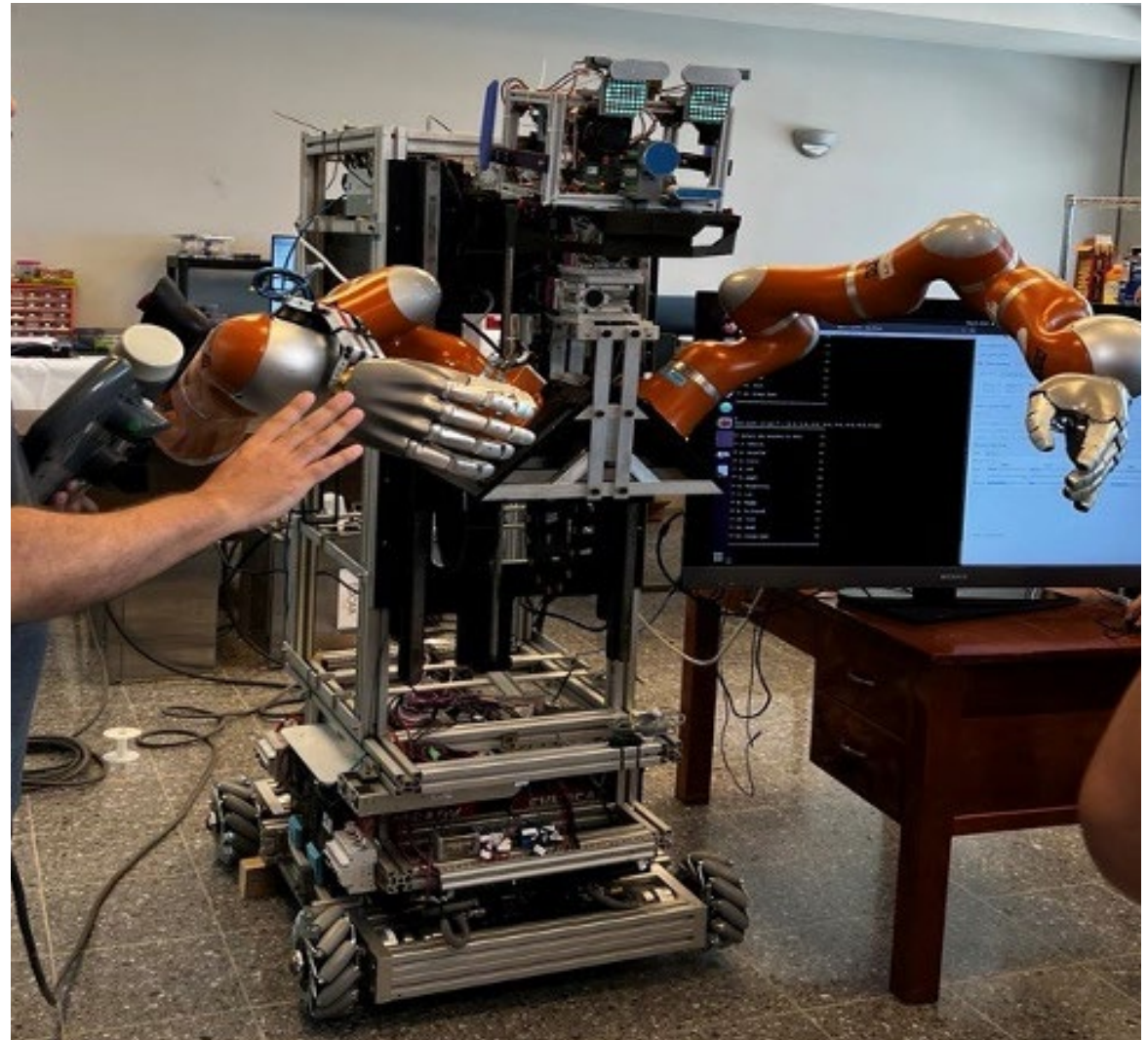


Iniciativas y avances en Costa Rica

En Costa Rica, se están dando pasos importantes hacia la implementación del 5G. La colaboración entre la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) es un ejemplo destacado de cómo la sinergia entre la academia y la industria puede impulsar la innovación tecnológica. Estas instituciones han implementado equipos 5G para I+D, mejor conocido como *test bed*, lo que permite realizar pruebas y experimentos cruciales para entender cómo esta tecnología puede adaptarse y beneficiar al contexto costarricense y en este caso el uso de 5G en la robótica en el laboratorio ARCOS-LAB.

Sin embargo, el camino hacia la plena implementación del 5G en Costa Rica no está exento de desafíos. Es necesario actualizar el marco regulatorio para facilitar el despliegue de la infraestructura necesaria, especialmente en zonas urbanas densamente pobladas. También es crucial abordar las preocupaciones públicas sobre la salud y la seguridad relacionadas con esta nueva tecnología.

Figura 2.6. Robot de ARCOS-LAB UCR



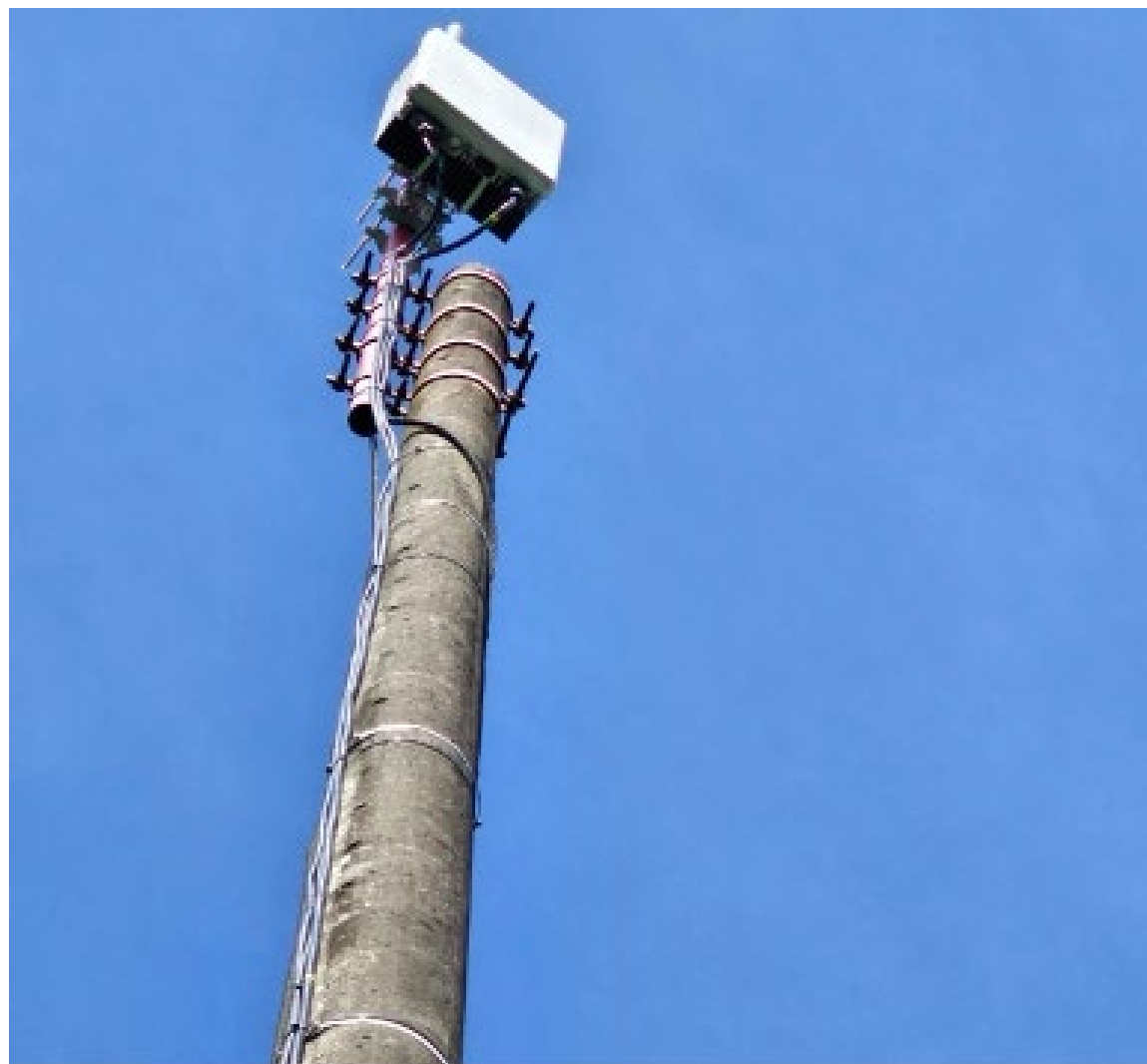
Fuente: ARCOS-LAB, UCR.



Además, la implementación exitosa del 5G requerirá inversiones significativas en infraestructura de fibra óptica para soportar el aumento masivo en el tráfico de datos. Este desafío presenta una oportunidad para modernizar la infraestructura de telecomunicaciones del país, sentando las bases para futuras innovaciones tecnológicas.

En resumen, el 5G representa una oportunidad transformadora para Costa Rica, pero requiere una planificación cuidadosa, inversiones estratégicas y una colaboración estrecha entre el gobierno, la industria y la academia para maximizar sus beneficios y superar los desafíos que presenta.

Figura 2.7. Antena 5G en la UCR



Fuente: Elaboración propia.



Conclusiones

La implementación de redes 5G en Costa Rica representa una oportunidad crucial para el desarrollo tecnológico y económico del país. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos en términos de inversión, regulación, asignación del espectro radioeléctrico, sumado a la politización del nuevo concurso. La colaboración entre el sector académico, el gobierno y la industria será fundamental para superar estos obstáculos y aprovechar al máximo los beneficios que ofrece esta tecnología. Es imperativo que Costa Rica tome decisiones oportunas y estratégicas para no quedar rezagada en la carrera global hacia la adopción de 5G, lo cual podría tener consecuencias económicas significativas. La I+D en instituciones como la Universidad de Costa Rica jugará un papel crucial en la preparación del país para esta nueva era de conectividad.

Referencias

- 5G Market Set to Boom – But Clarity is Needed, IHS Markit Says (2024). Available online at <https://www.businesswire.com/news/home/20190411005588/en/5G-Market-Set-to-Boom-%E2%80%93-But-Clarity-is-Needed-IHS-Markit-Says>, updated on 8/26/2024, checked on 8/26/2024.
- Costa Rica perdería ¢704 mil millones por falta de decisión para implementar redes 5G | SUTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones (2024). Available online at <https://www.sutel.go.cr/noticias/comunicados-de-prensa/costa-rica-perderia-c704-mil-millones-por-falta-de-decision-para>, updated on 8/23/2024, checked on 8/26/2024.
- Pang, Jiyong; Wang, Shaobo; Tang, Zhenfei; Qin, Yanmin; Tao, Xiaofeng; You, Xiaohu; Zhu, Jinkang (2022): A new 5G radio evolution towards 5G-Advanced. In *Sci. China Inf. Sci.* 65 (9). DOI: 10.1007/s11432-021-3470-1.
- What is 5G? | Everything You Need to Know | 5G FAQ | Qualcomm (2024). Available online at <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>, updated on 8/25/2024, checked on 8/26/2024.
- Yu, Heejung; Lee, Howon; Jeon, Hongbeom (2017): What is 5G? Emerging 5G Mobile Services and Network Requirements. In *Sustainability* 9 (10), p. 1848. DOI: 10.3390/su9101848.



Liderando la innovación tecnológica a través de 5G



Gabriel Silva Atencio



3

Gabriel Silva Atencio. Posee una carrera como ingeniero de sistemas, tres maestrías en las áreas de proyectos, innovación y administración de empresas y dos doctorados (uno académico y otro honorífico) en dirección empresarial. Adicionalmente, cuenta con un gran número de certificaciones internacionales y artículos científicos en las áreas de estrategia digital, inteligencia artificial, ciberseguridad, 5G y tecnologías emergentes.

En la actualidad es considerado como uno de los líderes de mayor impacto del ecosistema digital de la región. Apoya a universidades como INCAE, el Tecnológico de Costa Rica, Ulacit y Lead University, así como a empresas y gobiernos en diversos temas.



En esta era digital los procesos son cada vez más acelerados y competir como empresa u organización en la actualidad no es lo mismo que hace 5 o 10 años. Las barreras de entrada tradicionales, como las políticas y geográficas, han desaparecido. Además, todos los días están ocurriendo cambios constantes. Por ejemplo, hoy se está volviendo cada vez más común la presencia del Internet satelital y de hecho, se espera que en los próximos años este adquiera mayor relevancia como parte del ecosistema que estará disponible en la red 5G gracias al uso de satélites de órbita baja¹.

Este tipo de avances son de especial relevancia en un entorno de transformación digital en el que las empresas deben desarrollar sus *estrategias digitales*. Esto implica gestionar sus procesos y orientar sus estrategias empresariales a través de la integración y uso efectivo de la tecnología. Para ello resulta fundamental que se realice un adecuada *gestión de datos*, que sea eficiente, rápida y ayude a las empresas a ser más competitivos. Es por eso que todos los dispositivos que nos rodean, como teléfonos celulares, zapatos, relojes, entre otros, se convierten en piezas importantes para la supervivencia y la ventaja competitiva en las organizaciones.

Por lo tanto, ya no podemos catalogar a nuestra época como una era digital, sino que estamos ingresando a una nuevo periodo basado en modelos de gestión de datos autoorganizados o autorestantes. En pocas palabras, se trata de la in-

¹ En este contexto, la empresa Starlink (de la cual Elon Musk es dueño y que se dedica a ofrecer servicios de Internet satelital) comenzó a operar en Centroamérica y México. La empresa está obteniendo una ventaja competitiva al no requerir estaciones o radiobases físicamente instaladas, pues con un dispositivo disponible entre 160 km y 100 km en órbita baja, pueden ofrecer el servicio automáticamente.

teligencia artificial (IA). La IA es como una autopista que me permite proporcionar esos datos en tiempo real.

Cuando analizamos las generaciones en las comunicaciones móviles, podemos identificar la evolución tecnológica a lo largo del tiempo, empezando en los años 1980 con la primera generación, conocida como voz analógica. Muchos recordarán que los teléfonos de la marca Ericsson eran unos maletines que prácticamente dislocaban el hombro al llevarlos, pero representaban la primera solución tecnológica que nos permitía tener conversaciones móviles. Sin embargo, una década después, comenzó a surgir la segunda generación.

La segunda generación hizo correcciones respecto a la primera, que tenía limitaciones e interferencias en la voz analógica. Esta generación tradujo y compactó la gestión de voz y video dentro del espectro de la frecuencia, aunque aún no se hablaba de datos de manera eficiente. Luego, en el año 2000, surgió la tercera generación. Esta buscaba incorporar el uso del internet y la gestión de datos dentro de la telefonía móvil. Por primera vez, podíamos acceder al internet de forma móvil a través de un teléfono, lo que impactó significativamente en la industria y allanó el camino para lo que conocemos como la cuarta generación o LTE (Long Term Evolution). LTE representó una evolución de la plataforma de la tercera generación para acelerar y ofrecer un uso más eficiente del internet.

En la actualidad, contamos con diferentes versiones de 4G, como el 4.5G, 4.4G, entre otras. Estas son actualizaciones o liberaciones dentro de la tecnología existente para hacerla más eficiente u ofrecer servicios complementarios sobre la base del 4G. Esta es la tecnología que está disponible en nuestro



país actualmente. Ahora se habla mucho de la quinta generación, pero ¿en qué consiste la quinta generación?

Significa explotar aún más el uso del internet. De hecho, en laboratorios, las empresas que han implementado tec-

nología 5G en campo están logrando tasas de descarga y carga de datos de alrededor de 1 gigabit por segundo en teoría. Asimismo, algunos equipos, dependiendo del proveedor del mercado, podrían alcanzar hasta 10 gigabits por segundo.

Figura 3.1. Los dispositivos móviles impulsaron los últimos 30 años: interconectar personas



Fuente: Elaboración propia.



Ahora bien, ¿qué sucede cuando alcanzamos esta tecnología de 5G? Expandimos esa capacidad. Usualmente, tenemos la concepción de que cuando se hace una descarga de datos, nuestro dispositivo se conecta al Internet y descarga los datos. Sin embargo, la tecnología 5G se trata de utilizar el espectro de la manera más eficiente y se empieza a hacer un proceso de superposición, con lo que ocurre una multiplexación del espectro para poder hacer un uso más eficiente.

Eso permitirá el desarrollo de nuevas funciones o servicios dentro del ámbito del 5G. Una de ellas, es una mayor velocidad para descargar pro-

ductos o servicios, lo que se conoce como *banda ancha móvil mejorada*. Hoy podemos, descargar 5GB de alrededor de 1 GB por segundo en campo, pero en un laboratorio se puede llegar hasta 10 gigabits.

Otra función importante es la capacidad de manejar lo que se conoce como *servicios de misión crítica*, como telemedicina, semáforos inteligentes o ciudades inteligentes. Esto implica manejar procesos críticos en tiempo real, lo que permite dar una respuesta inmediata. Los sistemas de misión crítica son aquellos donde la vida humana está en riesgo como los hospitales, los bancos y los servicios de transporte, entre otros.

Figura 3.2. Una red de conectividad unificada



Fuente: Elaboración propia.



Además, un aspecto interesante de la tecnología 5G es que se está convirtiendo en un pilar para el uso del famoso *Internet de las cosas* (IoT). Hasta el año 2022, se hablaba de que un usuario promedio tenía alrededor de ocho dispositivos conectados a Internet. Sin embargo, debido a los impactos causados por la pandemia del COVID-19, se estima que esa cifra ha aumentado. Hoy un usuario promedio tiene más de ocho dispositivos conectados a Internet (por ejemplo, zapatos, relojes, teléfonos, laptops, automóviles, y televisores transmiten y recopilan datos en tiempo real).

Estos avances le permiten a las empresas un mejor manejo de su estrategia digital y ser un negocio competitivo. Lo que

se necesita es tener diferentes formas y mecanismos para recolectar todos los datos, concentrarlos y realizar análisis de datos. A partir de ahí, se puede ofrecer esa información en tiempo real a proveedores o clientes.

A pesar de estas tendencias, nos enfrentamos a una gran disyuntiva en el sector de las telecomunicaciones, pues si bien el tráfico de datos está creciendo, los ingresos de las diferentes economías se están manteniendo estables o están cayendo. De hecho, si hoy un operador desea invertir en 5G y va a subir las tarifas para poder ofrecer esta tecnología, será un caso fallido.

Figura 3.3. El dilema de las telecomunicaciones



Lamentablemente, el despliegue de la tecnología 5G se vio afectada por los temas de pandemia y por eso las implementaciones aún se encuentran en proceso. Cuando hablamos de la versión 5G 15, empezamos a mencionar diferentes atributos o características que permiten acelerar una red. Por ejemplo, la capacidad de tener una banda ancha mejorada de hasta 1 GB de descarga y múltiples conexiones simultáneas de dispositivos a Internet, lo que me permite tener conectados una cantidad considerable de dispositivos y realizar descargas de 1GB.

El objetivo de implementar el 5G es brindar una estrategia diferente para acercarse al mercado. Es decir, si puedo proporcionar a mis usuarios mayor acceso o velocidad a través de esta tecnología, puedo impulsar servicios como redes privadas. Por ejemplo, esto puede permitir que un hospital brinde habilite servicios en línea, a través del sistema de transporte de un operador o mediante su plataforma.

Es más se puede impulsar una demanda para que todos los servicios de la sociedad se realicen en internet mediante la oferta que yo ofrezca. Muchos recordarán cuando se lanzó la cuarta generación y muchos operadores intentaron traspasar directamente los costos de adquisición a los usuarios. ¿Qué pasó? La red estuvo vacía durante mucho tiempo porque no existía el poder adquisitivo necesario para que toda la población accediera a esa tecnología. Este es un error que no se debe cometer con el 5G. El 5G debe ser un acelerador de la estrategia digital del país para generar su competitividad.

Esta tecnología nos permitirá redefinir diferentes modelos de negocios en los ámbitos en los que operamos, como sistemas de transporte, agricultura, entretenimiento, entre otros. Ya están surgiendo casos de uso en los que la tecnología se convierte en una catapulta para generar ventaja competitiva. Por eso, los operadores deben entender que, aunque el tráfico esté creciendo, la economía puede estar estable o fluctuar dependiendo del momento político o económico.

Un aspecto crucial a tener en cuenta es que actualmente existen diversas organizaciones a nivel mundial que están definiendo los parámetros o estándares en la industria. Entre los principales foros se encuentran el 3GPP y el Instituto Europeo de Telecomunicaciones, así como todo lo relacionado con OpenStack y GCM. Estas organizaciones están delineando una arquitectura lo más generalista posible para poder abarcar y apoyar todas las necesidades del entorno.

Figura 3.4. Foros de estandarización 5G



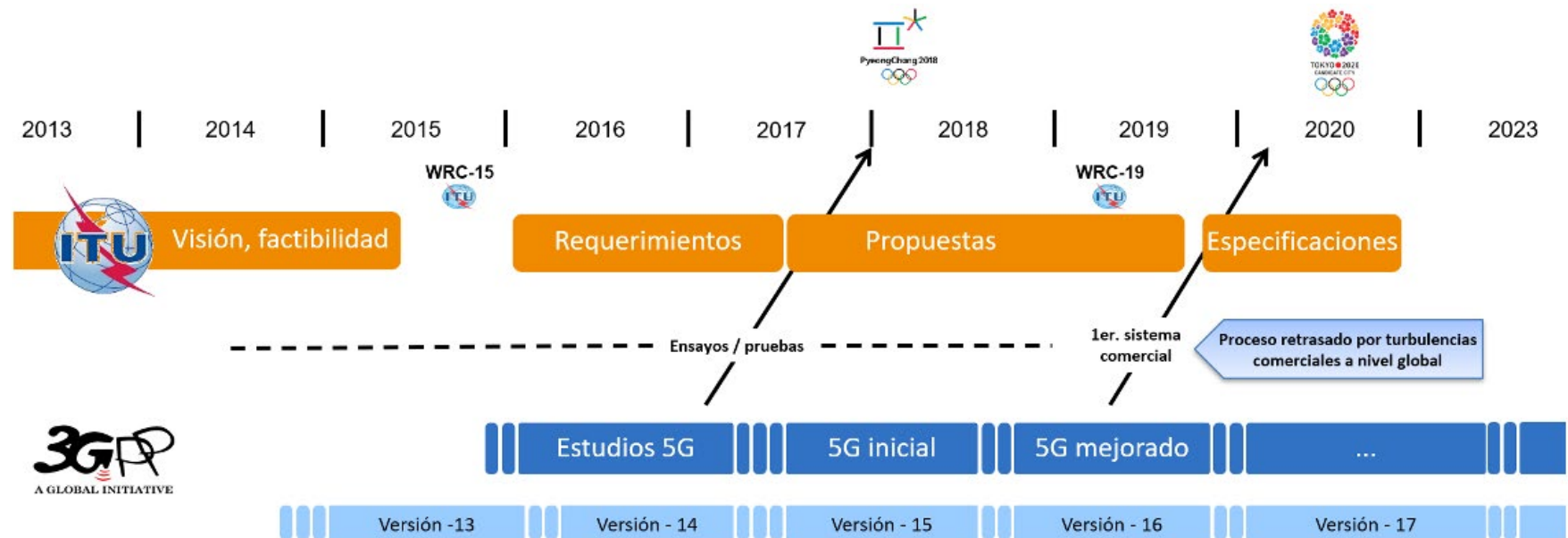
Fuente: Elaboración propia.



La figura 3.5 muestra que la implementación de la versión 16, a la que se hizo referencia anteriormente, comenzó en 2021, pero aún no se ha completado. Todavía estamos en el proceso de revisión y evolución. Esto evidencia que 5G no es sim-

plemente una mejora en la banda ancha; sino que es la incorporación de estos tres pilares. Si un operador no incluye estos tres pilares en el proceso de implementación de 5G, no podrá alcanzar el punto de equilibrio en su modelo de negocio.

Figura 3.5. Hoja de ruta para la implementación de 5G



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, sobre los sistemas de emisión crítica, es importante considerar temas de seguridad, confiabilidad, latencia, ancho de banda, capacidad para manejar hasta 10 TB por cada kilómetro cuadrado y otros aspectos como la

densidad y profundidad, la complejidad y el consumo de energía.

5G tiene tres pilares: la utilización del espectro, el procesamiento de ese espectro en sí y el uso de los recursos. Sin em-



bargo, ya están empezando a aparecer los primeros estudios científicos con pruebas de laboratorio sobre una tecnología llamada 6G. Lo que hace el 6G es corregir desde la raíz todos los problemas o inconvenientes que ha sufrido la tecnología 5G, como es el caso del consumo de energía.

Al hablar del consumo de energía, nos referimos a que la tecnología, debido al gran volumen de datos que está trans-

mitiendo, requerirá mayor uso de energía. Esto implica que se necesitarán más bancos de baterías. Por tanto, se debe buscar mecanismos o formas que reduzcan este proceso de adquisición de datos. ¿Cómo manejar esos datos de forma más segura? ¿Cómo llevar a cabo todo el proceso de captura, gestión y disposición de esos datos?, ¿Cómo compartir esa información en la red de manera segura?



De Piedradura a Orbit City



Edwin Estrada Hernández



4

Edwin Estrada Hernández.

Tiene más de 25 años de experiencia en el Sector de las Telecomunicaciones y en ejercicio del Derecho. Actualmente se desempeña como Consultor Independiente en temas de telecomunicaciones y de tecnologías de información y comunicaciones. Es Miembro de la Junta Directiva de la Cámara de Información y Tecnologías (CAMTIC).

Laboró como director de Desarrollo para la región Centroamericana de la empresa española Nae. Es profesor universitario, conferencista y consultor internacional en temas de telecomunicaciones. Se desempeñó en dos períodos presidenciales como viceministro de telecomunicaciones de Costa Rica. Trabajó en el Viceministerio de Telecomunicaciones de Costa Rica donde ocupó los cargos de Gerente de Regulaciones y Procedimientos y director de Concesiones y Regulaciones en Telecomunicaciones.

Trabajó como asesor parlamentario por más de 10 años especialmente para el Pleno Legislativo, destacando su participación en el proceso de aprobación de las leyes para abrir el mercado de las telecomunicaciones en Costa Rica. Es Abogado y Notario Público. Posee una Maestría en Derecho Público, una especialidad en Administración y Regulación de los Mercados de Telecomunicaciones, un Diplomado como Experto en Regulación de Telecomunicaciones y un posgrado en Derecho Agrario y Ambiental.



De Piedradura a Orbit City, ¿por qué quise ponerle ese título a la presentación? Soy parte de una generación que nació en la “era analógica” y que ha sido testigo en primera línea de todo este proceso de transformación que estamos viviendo. Ese nombre es con el fin de explicar más fácilmente a una generación como la mía, cuál es el impacto de la tecnología de quinta generación, sobre todo en nuestras vidas diarias.

Todos recordaremos que Piedradura es la ciudad donde vivían los Picapiedra, aquella simpática familia que vivía en la prehistoria, mientras que Orbit City es la ciudad donde en el año 2062 vive la familia Sónico. En este último caso, la serie original se estrenó en setiembre de 1962 y la historia está ambientada cien años en el futuro desde esa fecha.

Esta serie cumplió 61 años el pasado mes de setiembre y estoy seguro de que la mayoría de las personas que estamos en este enlace, ni siquiera habíamos nacido. En dicha serie, se mostraron una serie de avances, que en su mayoría eran concebidos en aquel momento como ciencia ficción, pero era lo que en aquel momento se visualizaba la sociedad del futuro. Contaban con telemedicina, teletrabajo, la robótica, vehículos voladores, en fin, una sociedad totalmente digitalizada donde se utilizaba la tecnología hasta para las labores domésticas más simples.

Estoy seguro de que a partir de la pandemia de COVID-19, en la cual nos vimos obligados a recluirnos en nuestros hogares y aumentar el uso de las tecnologías para trabajar, estudiar y muchas otras actividades, utilizamos dispositivos y aplicaciones como los que se veían en la serie de dibujos animados.

Por eso podemos decir que lo que mostraban en ella ya no es ciencia ficción, sino más bien una realidad.

Si hubiésemos hablado hace unas semanas, les habría dicho que de esta serie, lo que aún falta son los vehículos voladores; sin embargo, con la lamentable situación que se está viviendo en Israel, las noticias nos han mostrado cómo se han usado drones para transportar personas heridas a los hospitales. Por eso no podemos decir que todos los avances mostrados en la serie, de una u otra manera ya los tenemos a nuestra disposición, gracias a los avances de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC). Estas van a ver potenciadas con las redes de quinta generación o como se conocen más ampliamente de “5G”.

En Costa Rica, se están empezando a realizar algunas acciones tales como el inicio de la licitación pública de espectro radioeléctrico que publicó en el Diario Oficial La Gaceta el gobierno de la República, el pasado 2 de mayo y que en estos momentos la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL) está llevando a cabo. Igualmente vemos como hay algunos avances en el tema de infraestructura de telecomunicaciones en el cual las diferentes partes interesadas, han puesto el tema sobre la mesa, no solamente en cuanto al despliegue de las redes de telecomunicaciones, sino también cómo incentivar el consumo, mediante la creación de casos de uso útiles para todos los sectores de la economía.

Es fundamental incentivar la demanda, porque poco hacemos con tener una red de última generación, una red que sea robusta, segura y escalable, si no hay personas y empresas que demanden los servicios que se puedan brindar a través de



ellas. Entonces, hay que trabajar en la creación de esa demanda y en las necesidades en toda la industria.

¿A qué nos enfrentamos? Podemos hablar de las aplicaciones más conocidas y utilizadas como el Internet de las Cosas (IoT), Ciencia de Datos (big data), Inteligencia Artificial (IA) y el Block Chain; sin embargo, estoy seguro de que en un futuro muy cercano tendremos a la vista muchísimas otras aplicaciones que hoy día ni siquiera nos podemos imaginar.

Debido a lo anterior, el reto es lograr que, de manera transversal en todos los sectores de la economía y partiendo desde lo más íntimo de nuestra esfera, que son nuestros hogares, se utilicen las TIC de una manera productiva, segura y responsable.

Por eso se debe discutir sobre espectro radioeléctrico, sobre despliegue de infraestructura, cómo crear el entorno habilitador para que se puedan desplegar redes de telecomunicaciones de una manera más rápida y eficiente para lograr brindar los servicios a todos los habitantes del país, independientemente de la zona en que residan. También es fundamental discutir y planear cómo se pueden enseñar y adquirir las habilidades digitales necesarias.

Debemos discutir también sobre cómo reducir la brecha digital, para que las personas en condiciones de vulnerabilidad puedan acceder plenamente a los servicios, con los cuales pueden acceder a oportunidades de desarrollo, en las mismas condiciones que los demás habitantes.

Para las zonas rurales y de difícil acceso, ya se tienen en el mercado servicios de internet satelital, con los cuales se pue-

den cubrir zonas donde ha sido muy oneroso para los operadores desplegar redes fijas.

¿Cómo impacta todo esto en la vida diaria de las personas? Porque definitivamente el potencial es enorme y es transversal en todas nuestras actividades.

Una de las discusiones más intensas que se está sosteniendo en estos momentos, es sobre la conveniencia o no del uso de la inteligencia artificial y el big data en la educación. En la Universidad de Costa Rica, un profesor les otorga una mala calificación a un grupo de estudiantes que utilizaron el Chat-GPT para que les hiciera el trabajo de investigación asignado, en vez de utilizarlo como un complemento.

Esta discusión es necesaria abordarla, porque estoy seguro de que estas aplicaciones son muy útiles para los procesos educativos, pero utilizándola como un complemento, ya que, si no se usan de esa manera, se corre el riesgo que los estudiantes no adquieran las habilidades de analizar y redactar, entre otras.

Uno de los retos a los que nos enfrentamos con el advenimiento de estas tecnologías, es la posibilidad de que la mano de obra humana sea sustituida, no obstante, los expertos han insistido en que no necesariamente será así. Por ejemplo, en el caso de la medicina, se afirma que el médico que será sustituido, es aquel que no utiliza la inteligencia artificial como un apoyo en sus labores y que más bien aquel que sí la utiliza, tendrá ventajas competitivas sobre sus colegas. Esto evidencia la necesidad de que en los diseños curricular de todas las carreras universitarias, se tomen en cuenta las habilidades digitales necesarias, de acuerdo con los avances tecnológicos.



Además, no puede olvidarse que si se utiliza de manera incorrecta la inteligencia artificial, podrían sobrevenir riesgos como la falta de desarrollo de las capacidades creativas de las personas, el sentido crítico y la capacidad de innovación e incluso nuestra salud física, en virtud del sedentarismo al que se puede llegar al usar la tecnología.

Ahora más bien, tenemos que planificar nuestras horas y espacios para hacer ejercicio, cuando antes más bien era parte natural de nuestras actividades diarias, e incluso la actividad de nuestro cerebro que también debe ejercitarse, por lo que, si no se manejan las TIC de una manera adecuada y responsable, podría ser que perdamos o no desarrollemos distintas capacidades que son invaluable para desenvolvemos en nuestra vida cotidiana dentro de la sociedad.

Siempre hablando de la inteligencia artificial, debemos estar conscientes que la misma trabaja utilizando datos que se le han incorporado por parte de seres humanos, por lo que también se corre el riesgo de que no se verifiquen las fuentes y que podamos trabajar con información errónea o de una fuente dudosa o incluso sesgada. Por lo anterior, se está discutiendo en muchos ámbitos la necesidad de transparentar quiénes están detrás de estas aplicaciones, para tener claro el sesgo que puedan tener a la hora de incorporar la información.

Este tema está ligado directamente con la ética en el uso de las TIC, tema del que se habla poco hasta este momento, porque si de algo no hay duda, es que con todas estas aplicaciones y avances es posible realizar muchas cosas. Por eso hay que preguntarse ¿qué se debe hacer? y ¿qué no se puede hacer?; Si ¿debemos hacer todo lo que es posible hacer utilizando las TIC?

La ética es una cualidad intrínseca en los seres humanos y tenemos otras características inherentes como la libertad, el discernimiento, la conciencia y la voluntad y es acá donde tenemos que trabajar, porque la voluntad es la capacidad de elegir entre sí y no, y por medio de la ética podemos responder a la pregunta ¿qué debo hacer? Y ¿qué no debo hacer? aprovechándome de todas las oportunidades que ofrece la tecnología.

Por lo que se debe actuar con prudencia y sentido común, pasando por la ética. ¿Queremos hacer bebés a la carta, o clonación de seres humanos? porque definitivamente es posible técnicamente, ¿pero debemos hacerlo?, esa es la pregunta que debemos responder, es este y en muchas otras circunstancias que se nos puedan presentar en el uso diario de todas estas aplicaciones y avances.

Hay algo muy claro, el desarrollo y el avance de la tecnología es imparable, y la prohibición no es el camino, porque desincentivaría la innovación y los seres humanos tenemos la capacidad de plantear las intenciones.

Como vemos estas aplicaciones, facilitadas por los avances en la tecnología 5G, pueden ser una herramienta y un habilitador para el progreso, no para hacernos menos libres ni para manipularnos. En este punto la ética se puede ver a un nivel macro relacionándola con el desarrollo de los usos y aplicaciones; a un nivel medio, qué deciden los países o las empresas; pero también a un nivel micro, que son las decisiones que podemos tomar como personas de manera individual.

Otra pregunta en la que se debe trabajar para contestar es si ¿es necesario regular el uso de la inteligencia artificial y de



más aplicaciones que nos ofrece las TIC? La respuesta podría ser sí, hay que regular porque hay una responsabilidad compartida de los gobiernos, de las empresas y de las mismas personas de poner las reglas del juego. Definitivamente hay un bien y un mal y en este contexto se debe hablar igualmente sobre protección de datos, sobre ciberseguridad, para qué vamos a usar los datos, por lo que habría que regular, por ejemplo, cómo se recopilan y protegen los datos, quién debe tener acceso a los datos sensibles de las personas.

En este momento se está discutiendo en el seno de la Asamblea Legislativa un proyecto de ley de protección de datos y de ciberseguridad, que tiene que ser atendida y discutida responsablemente y sin apartarse de la ciencia y la técnica, pero también teniendo sobre la mesa principios y valores que establezcan el norte en el tema.

Sin embargo, hay un tema que debe tenerse siempre presente y es que el ser humano nunca debe perder el control del uso de la tecnología, que la última decisión debe ser tomada por un humano, para resguardar esas características que posee el ser humano y que no podemos trasladar a una máquina.

Para finalizar, es oportuno traer colación algunas de las recomendaciones que ha hecho la UNESCO y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) sobre el uso de las TIC: Proporcionalidad y no causar daño, equidad, seguridad y protección, no discriminación, no sesgos, que sea amigable con el medio ambiente, sostenibilidad, derecho a la intimidad, protección de datos, supervisión y determinación humana, que haya transparencia, responsabilidad y rendición de cuentas; que exista alfabetización y finalmente gobernanza y colaboración multisectorial.



5G nuevas soluciones en el sector de telecomunicaciones



Jason Arturo Gálvez Estrada

5



Jason Arturo Gálvez Estrada. CEO de Technology Core.

Ingeniero en Ciencias y Sistemas y posgrado en SIG de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuenta con un MBA con énfasis en mercadeo Digital en la Universidad Ulacit de Costa Rica, actualmente cursa un Doctorado en ingeniería en la universidad de George Washington. Es poseedor de un doctorado Honoris causa por la universidad de Barcelona gracias a su aporte en la educación tecnológica e investigación. Cuenta con más de 18 certificaciones de Gobierno de TI y tecnologías disruptivas, Emprendedor, Director de IDETEL Costa Rica, CEO y fundador de Technology Core y Digital2me empresas dedicadas a la industria 4.0. Es Profesor de Ulacit, INCAE, Ufidelitas, Tecnológico de Costa Rica y UNED de Costa Rica y tiene más de 18 años de experiencia en negocios y puestos gerenciales en áreas técnicas en empresas como Claro, Syniverse, Accenture y VMware.



Inicialmente, las redes celulares de 2G a 3G fueron creadas para el usuario masivo y para ser utilizadas principalmente en celulares. Poco a poco esta tecnología fue avanzando de tal forma que hoy ya hablamos de las potencialidades que la tecnología 5G ofrece, sobre todo para habilitar la implementación del Internet de las Cosas (IoT). Ante estas circunstancias surge la pregunta de ¿qué es lo que realmente se necesita para iniciar el proceso de implementación de una red como la quinta generación?

Una red de esta naturaleza requiere de fiabilidad, alcanzar una latencia (que es el tiempo en el que la comunicación de datos alcanza al usuario final) igual o lo más cercana a 0 y permitir capacidades y velocidades casi infinitas. Ante estas necesidades las redes 5G rompen un paradigma y orientan su tecnología hacia la industria, que constituye el sector que puede desarrollar laboratorios en lo que se puede experimentar con las velocidades y la latencia.

De hecho en estos espacios se ha logrado llegar hasta a los 10 Gbps, lo que significa que las personas usuarias podrían una velocidad 1Gbps en un kilómetro a la redonda. Además, en ese caso, la latencia sería de un milisegundo o menos, alcanzado una fiabilidad del 99,99%. Esto quiere decir que por un millón de paquetes transmitidos en esta red solo diez se pueden perder. Estas características de las redes 5G se traducen en beneficios tangibles que se expresan como:

1. Mejoras en el ancho de banda.
2. La conexión masiva de dispositivos que puede incluir hasta los dispositivos médicos para el control de enfer-

medades tales como la diabetes y de algunas cardiopatías que están conectados.

3. La comunicación crítica en aquellas operaciones básicas temas de seguridad social y en casos de uso que por ahora no se discutirán.

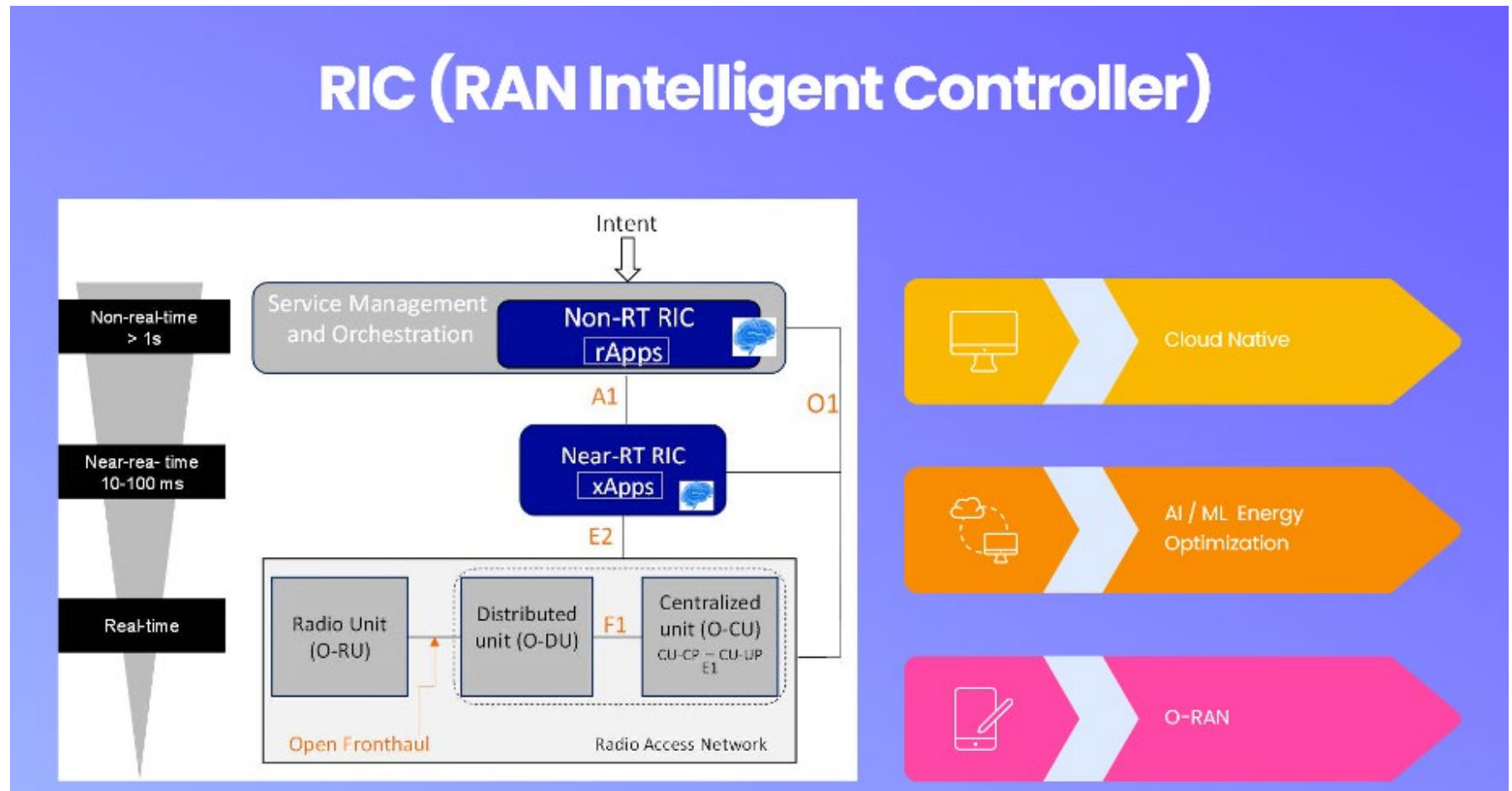
Retos asociados al despliegue de la tecnología 5G

Todo esto implica retos importantes para los operadores y precisamente estos son los aspectos que sirven para crear nuevas soluciones que sirvan para gestionar y operar estas redes, al tiempo que se entrega un producto amigable tanto con el ambiente como con el operador. Para que las empresas de telecomunicaciones brinden un servicio adecuado, estas deben empezar colocando una importante cantidad de antenas en todo distintas partes del territorio.

Para esto nace el *Ran Intelligent Controller* (RIC por sus siglas en inglés) que sirve para manejar los radios de las antenas que se van a colocar en todo el territorio de una forma inteligente. Todo esto se ve facilitado porque ya no hay necesidad de comprar grandes espacios para albergar data centers, sino que todo puede ser manejado a través de la nube. Inicialmente, todas las redes celulares, incluso el software que maneja los radios tiene que estar nativamente en la nube por medio de un estándar.



Figura 5.1. Controlador inteligente de la RAN (Radio Access Network)



Fuente: Tomado de <https://www.5gworldpro.com>



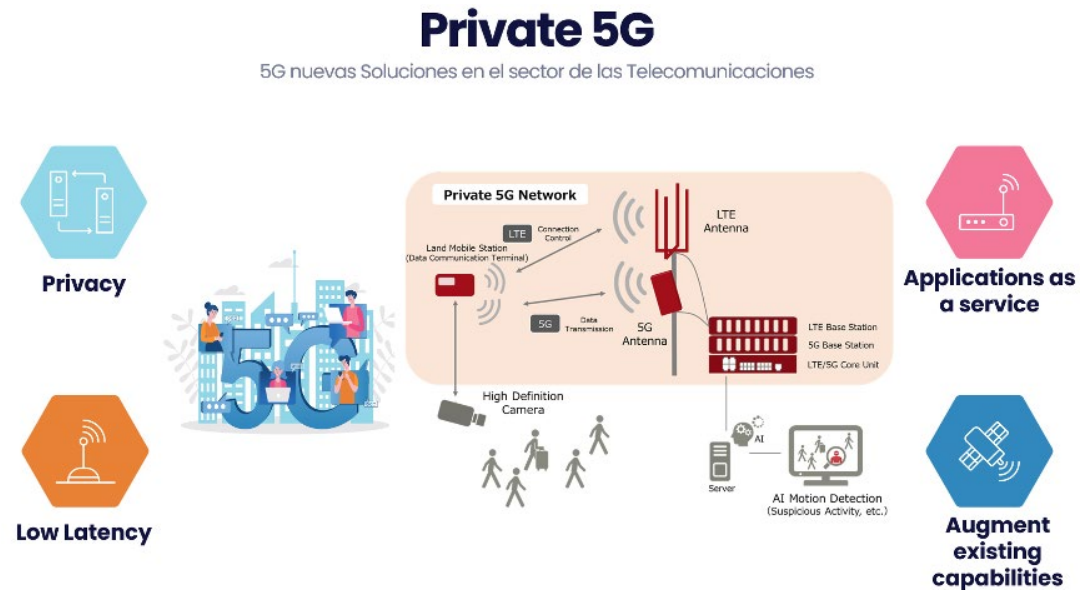
Pero, ¿cómo se aplica la RIC y en qué casos puede ser utilizada? Los operadores tienen un problema serio con la energía ya que su consumo es sumamente costoso, al menos Claro Costa Rica tiene más de dos mil sitios habilitados, Kölbi debe tener el doble y Liberty debe estar similar. Para que estos sitios sean funcionales, deben contar con energía siempre, sin embargo, existen algunos sitios que son poco utilizados o no se usan del todo, pero que por requerimientos normativos deben cubrir una franja específica.

En esos casos, la RIC detecta a través de inteligencia artificial (IA) los lugares poco usados y automáticamente apaga la energía en dichos espacios. En ese sentido, si alguien intenta conectarse al servicio, este se restablece automáticamente para que sea utilizado por dicho usuario y se evita el desperdicio de energía. Además, en algunos casos, mientras se transita del sitio A al sitio B el servicio experimenta problemas de recepción y esto ocurre precisamente porque se experimenta un *hand over* (que es cuando un dispositivo pasa de una antena a otra por cobertura) mientras se transita en estos sitios y como son redes estáticas (inteligentes) hay una pérdida de paquetes de voz. Gracias a la IA se hace un *hand over* de manera eficiente y eficaz.

¿Qué es una red privada de 5G?

Una red privada de 5G tiene un Core (el core es la base de software) específico con distintas funciones. Hasta la tecnología 4G se tenían servidores inmensos que se conectaban en un data center y estos actualmente siguen funcionando como redes de fine network, definidas por softwares que se virtualizan y se envían a la nube. Cada uno de estos módulos que tenía 4G o 5G se convirtieron en funciones virtuales y en redes privadas de 5G.

Figura 5.2. Red privada de 5G



Fuente: Tomado de <https://fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2020/0327-01.html>.



En las redes privadas de 5G lo que se hace es poner el Packet Core (el core es la base de software) en las oficinas del operador, sea este el ICE, Claro o Liberty y a partir de esto se puede entregar GPU para procesar IA en la nube de una forma rápida y eficaz. Eso es algo que no se podía hacer y ahora es posible, lo que representa una forma de acercar la tecnología a las empresas y brindar estas aplicaciones como servicio a las empresas, evitando ir a un servidor en otro país para recibir esa clase de servicios.

Con esto se aumentan las capacidades que realmente se tienen en la red y como se evidencia en el caso mencionado, es en las redes 5G donde realmente va a ocurrir un impacto

en la industria. Eso será posible mediante la virtualización y de hecho, ya hay muchos competidores que están tratando de entregar este tipo de servicios como VM Ware, Red Hat, Amazon y Azure, entre otros.

Para finalizar, hay que mencionar el Telco Cloud Platform (TCP) pues las redes celulares deben ponerse en una nube y esta debe ser agnóstica (que sea compatible con cualquier tecnología). Esto algo que antes no se podía hacer pero que con la tecnología 5G empresas grandes de telecomunicaciones (como Nokia, un Huawei, ZTE) van a poder subir sus Packet Core y su parte RAM para entregar un servicio.



Los POP-UPS¹ del 5g



Marylin Arias Soto



6

Marylin Arias Soto. Máster en Gerencia de proyectos de la Universidad Latina de Costa Rica (Ulatina), Licenciada en docencia en informática de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), Bachiller en Informática de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y Técnica de Riesgos de Intermediarios Financieros. Se ha desempeñado como administradora de proyectos de Tecnología en entidades financieras, ha sido directora académica y docente universitaria de reconocidas instituciones educativas privadas de Costa Rica.

Actualmente funge como Decana de la Facultad de Ingenierías y TICs de la Universidad Latina de Costa Rica, además, coordina el Capítulo Mujer de la Facultad, cuyo objetivo es la atracción y retención de talento femenino al área, para aportar al cierre de brecha de género de Costa Rica. Actualmente es miembro del Cybsersec Woman Connect del Clúster de Ciberseguridad y participa en el Capítulo de Talento Humano y de IoT/5G de Camtic, como representante de la Academia, participa en el CSIRT sectorial de Educación. Actualmente lidera el Consejo de Decanas y Decanos de Ingeniería, Tecnología y Ciencias Aplicadas de Costa Rica y también lidera el Consejo de Decanas y Decanos de Ingeniería, Tecnología y Ciencias Aplicadas Latinoamericano y del Caribe.



Resumen

La presente ponencia reflexiona sobre las particularidades y ventajas asociadas a las redes 5G, resaltando los rasgos que la convierten en una tecnología habilitante para impulsar un conjunto de transformaciones a todo nivel y en distintos ámbitos productivos. A partir de esto, se brindan diferentes casos de uso en los cuales la tecnología 5G podrá ser empleada, destacando sus ventajas y aportaciones. El texto finaliza señalando los retos en materia de seguridad de la información que se enfrenta con la implementación de las redes de quinta generación.

Palabras clave: redes 5G, Pop-ups, conectividad, industria 4.0, casos de uso.

Introducción

La tecnología 5G permite que mediante enrutadores *plug-and-play* se puedan establecer ubicaciones pequeñas y temporales a través de las cuales es posible habilitar conectividad de banda ancha para que esta sea utilizada con distintos propósitos (Manke-Cassidy, 2023). Esto se traduce en mejoras a nivel de la conectividad y latencia, por lo que se incrementará la cantidad de dispositivos que podrán estar conectados a internet.

Por tal motivo, la 5G se considera como un elemento habilitante que podrá ser usada en aplicaciones ligadas a la industria 4.0. y en complemento a otras tecnologías disruptivas como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y el big data, entre otros. En ese sentido, se cree que algunas de las principales aplicaciones de las redes 5G serán usadas para automatizar procesos como la manufactura e introducir controles robóticos remotos (que incluyen sensores, actuadores, unidades de procesamiento y software) en la producción.

Sin embargo, las bondades de la tecnología 5G no se limitan a estos usos, sino que por el contrario, la cantidad de aplicaciones potenciales que se identifican son sumamente variadas. Entre estas se encuentran posibles aplicaciones en los campos de la salud, la agricultura, los sistemas de transporte, la seguridad pública y el entretenimiento, entre muchos otros.

1 Este término indica que la tecnología 5G permitirá conectar una multiplicidad de dispositivos e infraestructuras.



¿A dónde podemos aplicar la 5G?



En razón de la variabilidad de campos en donde se puede usar esta tecnología, a continuación se explican los posibles escenarios en que podrían ser utilizadas las redes 5G. Para empezar hay que mencionar que en el ámbito de la salud, la tecnología 5G puede servir para mejorar los servicios sanitarios al posibilitar la atención médica mediante la telemedicina.

Por ejemplo, cuando un paciente está enfermo y el personal especialista no pueda trasladarse hasta el sitio donde se encuentre y este requiera atención, se podrá aprovechar la conectividad 5G para llevar a cabo casi cualquier procedimiento médico. Claro está, que esto dependerá de que se cuente con equipos e infraestructura necesaria.

Como el 5G nos permite la utilización remota de equipos y dispositivos, es posible que un cirujano pueda operar a un paciente mediante la maniobra remota de un brazo robótico.

En los sistemas de transporte público, puede mejorar la distribución de pasajeros en los autobuses, así como la movilidad. Aplicaciones para saber por donde viene el autobús o el tren, pueden ser muy útiles a la hora de determinar si hubo un retraso y/o un accidente. De ese modo, se facilitaría nuestra planificación cuando debamos dirigirnos a un lugar y con ello, podemos reducir el tiempo que duramos para poder desplazarnos de un sitio a otro.



Por su parte, en el área de medios y entretenimiento, las redes 5G se pueden aprovechar para acceder a videojuegos en tiempo real y en la nube, así como para utilizar la realidad



virtual o la realidad aumentada con el fin de crear experiencias inmersivas y novedosas para la persona usuaria.

Otro de los sectores que podría verse beneficiado es el sector agropecuario, pues con la introducción de tecnología 5G se pueden utilizar drones, sensores y herramientas inteligentes que permitan determinar si hay plagas o enfermedades en los cultivos, informar sobre la acidez del suelo, la humedad, la probabilidad de sequía y conocer en tiempo real el tipo de medidas que se deben tomar en cuenta por ejemplo, para minimizar riesgos en plantaciones o para aplicar fertilizantes.

Agricultura/ ganadería



Maquinaria conectada



Drones agrícolas para monitoreo

Este tipo de mediciones resultan útiles para tomar mejores decisiones porque nos ayudan a identificar problemas en la producción, al tiempo que nos ayudan a focalizar acciones para su pronta resolución.

Por otro lado, para las actividades ganaderas se han creado dispositivos que son colocados en el ganado a modo de collar para la detección de enfermedades (por ejemplo a partir de mediciones de temperatura) y registrar el recorrido de los animales como una medida de protección ante potenciales robos. Aunque ya existen, este tipo de aplicaciones pueden optimizarse aún más con la introducción de la 5G.

Finalmente, la tecnología 5G también puede ser utilizada en la seguridad pública y en la industria automotriz. Mientras que en la primera puede ayudar a desarrollar herramientas de reconocimiento facial que permitan que los sistemas de videovigilancia puedan identificar criminales; en la segunda habilitará la conexión de vehículos autónomos, así como la administración y distribución de las flotillas.

Un país en deuda

A pesar de las potencialidades que nos ofrece la tecnología 5G, en Costa Rica aún no contamos con ningún territorio que esté conectado a una red de esta generación. Sin embargo, esto no quiere decir que los proyectos que ya se han puesto en marcha en el país, no se puedan potenciar aún más con la introducción de la red 5G. Por el contrario, iniciativas como el sistema de videovigilancia y los proyectos de ciudad impulsado por diversos gobiernos locales (como lo es el caso de la Municipalidad de Belén), podrán ser fortalecidos con la tecnología 5G.

Adicionalmente, la habilitación de redes 5G también podrá ser aprovechada para impulsar un grado de transformación



digital y productiva que hasta el momento no ha sido promovido en nuestro país. Esto supone la posibilidad de innovar nuestros servicios de salud, agilizar los sistemas de transporte público y la movilidad, además de modernizar al sector agropecuario y potenciar el surgimiento de nuevos nichos productivos ligados a la industria 4.0.

No obstante, con la implementación de la tecnología 5G también vienen un conjunto de desafíos relacionados con la seguridad de la información, ya que más interconexión implicará mayor generación de datos. Por ello, es una prioridad que la información producida a partir de los sistemas y aplicaciones que funcionarán con tecnología 5G, sean resguardadas adecuadamente; pensando en las medidas de ciberseguridad que deberán ser puestas en práctica.

Referencias

Manke-Cassidy, R. (3 de abril de 2023). 5G in Retail? Pop-Ups, Kiosks, and Hybrid WAN, Oh My! 5G in Retail? Pop-Ups, Kiosks, and Hybrid WAN | Cradlepoint



El negocio de 5G en la nube



Gabriel Silva Atencio



7

Gabriel Silva Atencio. Posee una carrera como ingeniero de sistemas, tres maestrías en las áreas de proyectos, innovación y administración de empresas y dos doctorados (uno académico y otro honorífico) en dirección empresarial, adicionalmente cuenta con un gran número de certificaciones internacionales y artículos científicos en las áreas de estrategia digital, inteligencia artificial, ciberseguridad, 5G y tecnologías emergentes.

En la actualidad, se desempeña como uno de los líderes incumbentes y de mayor impacto en la región en la era digital, junto con el apoyo que brinda a las universidades más prestigiosas de la región latinoamericana como el, INCAE, TEC, ULACIT y Lead University, en conjunto con el apoyo a empresas y gobiernos de conocimientos, experiencias y pericias del más alto nivel en la actualidad.



La tecnología 5G tiene distintas aplicaciones entre las que podemos mencionar el modelo que están aplicando los operadores de telecomunicaciones actualmente. El 5G fue diseñado para establecer un modelo de telecomunicaciones basado en servicio. Hay tres categorías en los servicios: 1) servicios de banda ancha móvil masivo (conocido como *Mobile Broad-band Masivo*), 2) Internet de las Cosas (IoT) masivo y 3) sistemas de emisión crítica.

En el caso de los sistemas de emisión crítica, se busca observar el comportamiento que tiene la red de un operador de telecomunicaciones, sea este el ICE, Claro o Liberty. Cualquiera de estos adquiere una tecnología, como 2G, 3G o 4G y comienzan un despliegue masivo donde compran sitios, radiobases y equipo de hardware para llevar a cabo este despliegue. Esto implica una gran inversión dentro del presupuesto, lo que significa que, durante un periodo de uno o dos años (eso lo podemos discutir posteriormente), entra contablemente y comienza un periodo de obsolescencia. En este punto, el equipo se desactualiza por razones tecnológicas, lo que requiere volver a realizar la adquisición.

Lo anterior obliga a comprar espacio en Data Centers y genera consumo calórico y gastos de energía, lo que termina convirtiéndose en una pesadilla para la operación. Pero, ¿qué pasaría si en lugar de realizar esa compra masiva de hardware y software, los proveedores de hardware propusieran algo diferente?, ¿Por qué no colocar la radiobase de tal manera

que, al encenderla, toda la señal que entra en la radiobase vaya directamente a través de Internet y la nube, manejando así toda la operación de la red con solamente la radiobase?, ¿Qué sucedería si llevara a cabo este ejercicio?

Simplemente, esto marcaría un punto de inflexión. El gasto operativo de la red comenzaría a reducirse y el operador empezaría a “monetizar”, es decir, a generar ganancias, ya que no tendría que seguir comprando hardware para el crecimiento, la escalabilidad o para ganar mercado.

Para comprender la magnitud de este cambio, cabe hacer referencia al siguiente ejemplo. Supongamos que próximamente nos reuniremos todos en un concierto en el Estadio Nacional donde solo hay ocho radiobases para cubrir una demanda de 45,000 a 60,000 personas en un área concentrada. Si alguien logra realizar una llamada de video streaming en ese momento, sería un logro, ya que la tecnología 4G no está diseñada para soportar llamadas masivas.

Pero, ¿qué ocurriría si desplegáramos un conjunto de radiobases móviles, como las que tiene el Estadio Nacional y en lugar de agregar más hardware para soportar ese incremento, utilizamos las radiobases como antenas? Estas tomarían la señal, la enviarían a la nube y permitirían a las personas usuarias vivir la experiencia en tiempo real, transmitir en vivo, crear sus Facebook Live, enviar mensajes por WhatsApp y más.



Figura 7.1. Automatización de la nube de telecomunicaciones



Fuente: Tomado de VM Ware, 2020.

El operador que implemente esta estrategia podría generar mucho dinero sin necesidad de invertir en hardware. ¿Por qué? Porque está llevando a cabo las operaciones directamente en la nube. Este enfoque toma a la nube como punto de partida para

un modelo de negocio y con ello desafía el paradigma tradicional sobre cómo gestionar una red comercial desde la perspectiva de un operador. Aunque se mantienen los sistemas heredados (como los sistemas de tarificación y la lealtad de los clientes VIP), la diferencia radica en la agilidad que se puede obtener.



Si la demanda aumenta, la oferta también lo hace, lo que permite que la red se vuelva más elástica y se comience a tener una oferta y demanda dinámica. En consecuencia, todas las transacciones se gestionan en la nube como procesos transaccionales, sin utilizar hardware físico y se habilita una red 5G virtualizada.

Muchos podrían preguntar: “¿Pero qué sucede si mi hardware proviene de un proveedor chino, finlandés, sueco o surcoreano?” Cuando llevamos todo este sistema a la nube, existe algo llamado *procesos agnósticos* y *procesos de homologación*. Como lo estamos ejecutando de manera virtualizada mediante tecnologías como contenedores, que pueden ser Kubernetes o Docker, esto nos permite manejar a los diferentes proveedores presentes en la industria.

Esto constituye una enorme ventaja pues el tiempo que le lleva a un operador el despliegue de una radiobase puede tardar entre 1 mes y varios meses. Sin embargo, con la virtualización de la red 5G el despliegue se realiza con un solo clic en cuestión de segundos, porque toda la operación se gestiona en la nube. Este enfoque rompe el paradigma de la operación dentro de una red 5G y facilita la operación para capturar la lealtad del cliente. Además, evita que se tengan que realizar inversiones constantes en hardware.

Con esto se llevan todos los procesos, como la automatización de *Network Slicing*¹, a la nube, creando una función de red virtualizada mediante métodos de machine learning y deep learning. Aún no se están utilizando los métodos de inteligen-

¹ Consiste en utilizar porciones de la red para optimizar servicios, funciones e infraestructura de red, junto con la aplicación de la inteligencia artificial.

cia artificial generativa, pero se puede hablar de dos modelos.

Si se piensa en función del modelo de negocio y aplicamos estrategias basadas en la nube se puede tener mejor preparación para que cuando cambie la demanda, la oferta se ajuste automáticamente y capture esa necesidad. Es algo similar a lo que sucede con Uber, cuando se utiliza la aplicación a veces se cobra un monto por una ruta y otras veces, baja el precio y/o incluso ofrecen un servicio gratuito. Lo mismo se podría aplicar aquí: optimizar, automatizar y facilitar una autopista donde el cliente vea una mejora en el servicio para capturar su lealtad. Por otro lado, el operador ve eficiencia operativa al gastar menos dinero y entregar de manera más rápida en tiempo real.

El *Telco Cloud* o *Telecom Cloud Computing*, es considerada como una tecnología de avanzada, que tiene aproximadamente 2 años y se puede encontrar en internet. De hecho, esta ha sido objeto de debate actual dentro de las redes de los operadores y ha generado gran interés porque lo que se pretende es ganar dinero, reducir gastos operativos y aumentar la lealtad del cliente para atraer a más clientes.

En un proceso normal de despliegue de una red, la red tiene las siguientes etapas:

1. Día cero, donde se realiza todo el diseño y la planificación de la red.
2. Día uno, cuando se despliega la red instalando radiobases, equipos y todo lo necesario para operar eficientemente la red en función del modelo de negocio para el cual se está contratando el 5G.



Esto implica escalar si hay más demanda, adaptarse si las necesidades del servicio cambian, o personalizar servicios para clientes VIP. Y todo esto se puede hacer en un instante, sin necesidad de realizar despliegues ni tener centros de atención o soporte para lidiar con problemas de hardware, ya que eso está obsoleto.

Operación de la red

Hoy todo está en la nube. Los temas de virtualización están ganando cada vez más relevancia en todos los ámbitos y las telecomunicaciones no son una excepción. Basta con observar el debate actual en Estados Unidos, donde no se trata de dejar de invertir en redes 5G, sino de optimizar la red actual debido a la aparición de tecnologías como Bware. No se trata simplemente de manejar la agilidad, sino de ir más allá; se denomina 'De Secs'. Manejamos todo el diseño, la seguridad y la implementación en tiempo real y podemos integrarnos en cualquier red, con cualquier operador, en cualquier país.

Figura 7.2. Justificación empresarial de la automatización y la orquestación



Fuente: Tomado de VM Ware, 2020.

En síntesis, *comprar equipo de hardware no es necesario*. Estamos en la era digital y debemos pensar como parte de una estrategia digital en un proceso de transformación digital. Precisamente, esta competitividad nos permite tener múltiples proveedores en la industria que trabajen dentro de un solo ecosistema. Así, podemos realizar despliegues fáciles, rápidos y sencillos. La clave está en cambiar el paradigma.

Es fascinante ver cómo mejora el tiempo de comercialización, el gasto operativo (conocido como OPEX en inglés), el presupuesto (CAPEX) y sobre todo, cómo se optimice la experiencia del cliente. ¿Cómo genero más ingresos y gasto menos? La respuesta está en la nube. Simplificar mis procesos es crucial; ya no puedo seguir siendo ingeniero y buscar el camino más difícil. Necesito realizar despliegues rápi-



dos y eficientes hoy en día y poder convivir en este mundo complejo donde hay 500,000 proveedores con 500,000 soluciones. Todos ellos se abren entre sí bajo un concepto, podríamos llamarlo, de Open API. Además, lo más impor-

tante en este momento, considerando el impacto climático que está teniendo graves consecuencias en nuestras vidas, es la reducción de la huella de carbono.



La regulación en Costa Rica y los servicios 5G



Juan Manual Campos Ávila

8



Juan Manuel Campos. Presidente de Ciber Regulación (Consultoría Estratégica en Telecomunicaciones).

Es abogado y notario costarricense, con amplia experiencia en la regulación de tecnologías de información y telecomunicaciones, cursó estudios en la Universidad Autónoma de Centroamérica en donde se graduó como licenciado en derecho. Desde el año 2008 dirige la firma de consultoría Ciber Regulación Consultores.

A lo largo de su vida profesional ha desempeñado distintos cargos tanto en el sector público como en el sector privado. Destaca su paso por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) como subgerente de telecomunicaciones y por la empresa Motorola donde fue Gerente de Relaciones con Gobiernos para el área Centroamérica, Venezuela y República Dominicana.

Ha brindado servicios como asesor de estrategia, políticas públicas y regulación de tecnologías de información para importantes empresas como Millicom, Avasant, Microsoft, Telecom, Televisora de Costa Rica, American Tower, Telecable, Grupo Konectiva Latam, British Telecom, entre otras.

En su carrera profesional, logró en el año 2010 por medio de un recurso de amparo interpuesto ante la Sala Constitucional de Costa Rica que los servicios de internet fueran declarados derecho humano fundamental y se le impusiera un plazo al gobierno de la república para abrir el mercado de servicios móviles. En su largar carrera profesional, también fue asesor del ex presidente Miguel Ángel Rodríguez Echeverría, a quién representó en el foro de Concertación Nacional, logrando por primera vez en la historia costarricense un acuerdo de apertura del sector de telecomunicaciones que fue negociado con partidos políticos y fuerzas sindicales del país. De los contenidos negociados en dichos acuerdos, Costa Rica tomó como base la estructura de regulación propuesta con la que se abriría el mercado de telecomunicaciones de Costa Rica en el año 2008.

Cuenta con una variada gama de publicaciones en medios escritos costarricenses como, Diario Extra, Semanario El Financiero y La Nación. En la actualidad escribe para el periódico La República, medio en el que dirige los días miercoles un foro digital dedicado al análisis de las Tecnologías de Información y Comunicaciones y su impacto en el país. Ha sido reconocido por diez años consecutivos por la firma Chambers and Partners como el abogado más prestigioso en su campo TMT en Costa Rica.



Resumen

La ponencia examina la regulación del sector de las telecomunicaciones en Costa Rica, resaltando su evolución a través del tiempo, así como los cambios acontecidos en la misma a partir del proceso de apertura del mercado de las telecomunicaciones. A partir de esto, se presentan las principales características que adquirió la regulación y se puntualizan los principios más importantes que perduran hasta la actualidad y afectan tanto a la tecnología 5G, como a cualquier tecnología futura que se desee implementar en el país.

Palabras clave: regulación, mercado de telecomunicaciones, monopolio, apertura, redes 5G.

El régimen regulatorio del mercado de las telecomunicaciones en Costa Rica

Nuestro país ha estado inmerso en una discusión profunda en relación con su sector de telecomunicaciones durante más de 25 años. Costa Rica ha pasado por 2 o 3 etapas muy visibles, comenzando en 1920 cuando por primera vez el Congreso de la República dictó una norma de rango legal que establecía que todos los servicios radioeléctricos del país debían ser explotados mediante un procedimiento de concesión otorgado por la Asamblea Legislativa.

Con esto se empezó a definir una entidad responsable de gestionar estos bienes de dominio público, especialmente el espectro radioeléctrico. Esta legislación de 1920 sufrió modificaciones en el mismo año, pero no fue hasta 1936 y 1937 cuando se dio por primera vez, una reforma a la Constitución de 1871. En dicha reforma, se elevó a rango constitucional la explotación de servicios inalámbricos, inclusive declarándolos monopolio del Estado. El monopolio únicamente permitía que estos bienes fueran explotados bajo un régimen de concesión, más allá de que existiera un proveedor único de servicios.

Posteriormente, en 1949 se dictó la Constitución actual y durante el gobierno de José Figueres con la Junta Fundadora se creó el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). A este se le otorgaron una serie de competencias, aunque en ese momento todavía no se le dio potestad para explotar las telecomunicaciones, sino que únicamente se le dio la competencia en la generación eléctrica.

Adicionalmente hay que mencionar que en 1954 se emitió la Ley de Radio y Televisión, siendo la primera vez que se consideró una ley marco de la industria en el país, aunque con carácter restrictivo. De hecho, existen anécdotas con relación a la emisión y promulgación de la ley de radio, ya que originalmente el gobierno de la época pretendía reglamentar la ley de 1920. Los redactores de la misma incluyeron por primera vez la posibilidad de crear un impuesto, sin embargo, el Ministro de Gobernación de la época determinó que había una reserva de ley, por la cual toda creación de impuestos debe



ser necesariamente aprobada en sede legislativa y no por vía reglamentaria.

El paquete de reglamentos fue enviado a la Asamblea Legislativa y eso que sería el inicio de lo que hoy conocemos como la Ley de Radio, la cual interpretada de manera muy restrictiva, brinda la posibilidad de dar concesiones al sector privado, pero están muy limitadas a los servicios que se enmarcaban en ella.

Las primeras concesiones otorgadas al sector público

La primera concesión otorgada a una empresa pública en el país para la explotación de servicios de telecomunicaciones, ocurrió en el año 1959 con la promulgación de la Ley N° 2199 con la que se le encomendó al ICE la explotación de servicios de telecomunicaciones y quizás el dato más interesante lo constituyó el hecho de que se autorizó a la empresa estatal para realizar una alianza estratégica con una empresa privada, en la que el ICE aportaría la concesión y su socio comercial las inversiones.

El intento, no tuvo mayor éxito y la licitación pública otorgada al grupo italiano “La Centrale” fue anulada por la Contraloría General de la República (CGR), por lo que y Ley N° 2199 se mantuvo por cuatro años hasta 1963 cuando se emitió la Ley N° 3226 con la que el ICE logró obtener las concesiones que actualmente posee.

En la antesala de la apertura

En el periodo comprendido entre 1959 y el año 2007, el país vivió dos etapas claras, la del monopolio “bueno” que permitió al ICE universalizar servicios de telecomunicaciones bajo el *principio de regulación de servicio al costo*, pero también con una presión del sector privado para habilitar la prestación de ese tipo de servicios por otros concesionarios. En el año 1987, el gobierno del entonces presidente Óscar Arias, habilitó una concesión de frecuencias a la empresa Millicom con lo que se convirtió en la primera operadora de telecomunicaciones móviles en el país.

El acuerdo ejecutivo que permitió la operación descrita, fue ampliamente combatido por los sindicatos del ICE y por legisladores de distintos partidos políticos que finalmente lograron en el año 1991 que la Sala Constitucional declarara inconstitucionales tanto los acuerdos de frecuencias como los de interconexión con las redes del ICE, y por esta razón la empresa Millicom debió de suspender sus servicios en el año 1991.

Propuesta de apertura sectorial

Con la llegada al poder de José María Figueres Olsen en el año 1996, dio inicio a una serie de discusiones sobre las necesidades de abrir o no el mercado de telecomunicaciones del país y no fue sino hasta el año 2007, en que por primera vez se presentó a la Asamblea Legislativa un proyecto de apertura gradual de ese importante sector. El proyecto legislativo tuvo



una vida corta porque no fue apoyado por la oposición política que lideraba Miguel Ángel Rodríguez Echeverría.

Concertación Nacional

Recién iniciado el gobierno de Miguel Ángel Rodríguez Echeverría, se propuso una concertación nacional que reunió en su oportunidad a partidos políticos, sindicatos, consumidores, cámaras gremiales y cooperativas a las que se les propuso que en un plazo de tres meses en el año 2008, discutieran y decidieran sobre la viabilidad de una apertura del sector de telecomunicaciones. Durante esas jornadas de debate, se logró un acuerdo de mayoría para la apertura del sector de telecomunicaciones que se materializó con la presentación de un proyecto de ley en la Asamblea Legislativa que a criterio de los sindicatos participantes en el foro de concertación no representaba los acuerdos obtenidos. Esas inconformidades originaron una gran huelga en marzo del año 2000 conocidos como el combo del ICE que finalizaron una vez que la Sala Constitucional dictaminara que los proyectos del ICE eran inconstitucionales.

CAFTA

Hacia el año 2003 y ya gobernando Abel Pacheco De la Espriella, se le ofreció a nuestro país participar en un acuerdo de libre comercio con sus pares de Centro América, República Dominicana y los Estados Unidos de Norteamérica. El objetivo era sustituir *la Iniciativa de la Cuenca del Caribe* que era una legislación con la que se podía enviar productos y servi-

cios sin el pago de aranceles a los Estados Unidos de Norteamérica, para consolidar un acuerdo multilateral con desgravación arancelaria y apertura de servicios uno de ellos el de telecomunicaciones.

El gobierno del expresidente Pacheco, participó desde el inicio en la negociación de todos los capítulos del CAFTA pero nunca se comprometió con ningún tipo de apertura para el país en telecomunicaciones. No obstante, ya cerrándose las negociaciones, Robert Zoellick Secretario de Comercio de los Estados Unidos de Norteamérica, visitó Costa Rica y le indicó al presidente Pacheco, que si Costa Rica no ofrecía una apertura de sus sectores de seguros y de telecomunicaciones quedaría fuera del tratado negociado. Esto provocó que en una carrera contra tiempo Costa Rica, presentara compromisos adicionales en un anexo al capítulo 13, con el cual se solventaría la petición norteamericana.

El gobierno del expresidente Pacheco no envió a ratificación de la Asamblea Legislativa el tratado que negoció en su administración y siendo ya necesario pronunciarse sobre ese particular, los líderes políticos, Óscar Arias Sánchez y Ottón Solís Fallas acordaron que la normativa del CAFTA debía de someterse a un referéndum popular que finalmente logró convertirse en ley con un poco más del 50% de los votos obtenidos.

¿Y qué pasó luego de la apertura?

A partir de los resultados del referéndum se empezaron a establecer los principios generales que regirían en adelante al



sector de las telecomunicaciones y que se plasman en dos normas que se emitieron en el 2008, la Ley N°8642 y la Ley N°8660. Ambas normas son muy importantes porque definen al mercado de telecomunicaciones en el país y ello, impacta a los servicios de quinta generación, así como a cualquier regulación nueva que venga.

De acuerdo con esta normativa, en nuestro país regulamos redes y no servicios, además, se promueve un marco de libre competencia entre operadores que consolidan los derechos del consumidor. Aunado a ello se crea una agencia independiente, que en este caso, es la Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel) como entidad independiente que ejerce el rol del regulador del sector. Del mismo modo otro principio importante que se establece es el de *neutralidad tecnológica* para el sector de las telecomunicaciones y el cual se ha visto afectado con la decisión del gobierno de emitir un reglamento de ciberseguridad para las redes 5G.

También se promueve el *principio de convergencia*, el cual permite que en una sola plataforma tecnológica pueda ofrecer una cantidad diversa de servicios. En contraste con la situación anterior, donde para cada servicio se requería una autorización expresa, en nuestro país, el principio de convergencia, establecido en la Ley General de Telecomunicaciones, permite que un operador despliegue y ofrezca sus servicios con una simple notificación a la Sutel.

Esta ley establece un marco regulador que separa las potestades del Poder Ejecutivo de las otorgadas a la Sutel en términos de regulación del mercado. En ese sentido, la Sutel se reserva la autoridad relacionada con la regulación del mercado,

mientras que algunas decisiones de política pública, como el otorgamiento de concesiones en su fase final, quedan bajo la responsabilidad del Poder Ejecutivo.

Dentro de estos principios regulatorios que impactan nuestro modelo hay que mencionar al *modelo de apertura de telecomunicaciones*, sin universalización de servicios el cual nacería con una serie de debilidades muy importantes. Por eso es que el legislador estableció la posibilidad de otorgar subsidios temporales a población identificada, pero también creó una estructura fuerte de promoción de la competencia.

Aunque pareciera curioso se estableció una regulación tarifaria en el artículo 50 de la Ley General de Telecomunicaciones porque en el momento en que se emitió la ley y cuando esta se discutió, se tenía el temor de que se diera un aumento irracional de tarifas. Por tanto, el modelo escogido fue uno en que el con el paso del tiempo, el regulador determinaría si existían condiciones de competencia efectiva a la hora de dictar una regulación. Es así como al de hoy, prácticamente todos los servicios de telecomunicaciones que ofrece el país están en competencia efectiva.

La ley también creó frenos y contrapesos que incluyen la regulación de la calidad del servicio, con un reglamento específico y la protección del usuario final a través de otra normativa. Además, se contempla el régimen de acceso e interconexión para asegurar que las compañías alcancen acuerdos para conectar sus redes y acceder a su infraestructura, junto con temas de contribuciones al Estado.



A partir de la ratificación de la Ley N° 8100, que es la ratificación del convenio y Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), se impuso la obligación fundamental de *usar eficientemente el espectro radioeléctrico*. Este recurso debe ser utilizado racionalmente, como lo indica el artículo 44 de este convenio, que menciona que “los miembros procurarán limitar las frecuencias y el espectro utilizado al mínimo indispensable para obtener el funcionamiento satisfactorio de los servicios necesarios. A tal fin, se esforzarán por aplicar a la mayor brevedad los últimos adelantos de la técnica”.

Lo anterior genera una obligación internacional para Costa Rica. Adicionalmente, se destaca el reconocimiento de la escasez de bienes, particularmente el espectro radioeléctrico. Se indica que en la utilización de bandas de frecuencias para las radiocomunicaciones, los miembros de la UIT deben considerar que las frecuencias y la órbita de los satélites geoestacionarios como recursos naturales limitados que deben utilizarse de manera racional, eficiente y económica, permitiendo un acceso equitativo a estas órbitas y frecuencias para diferentes países o grupos de países. Esto debe tener en cuenta las ne-

cesidades especiales de los países en desarrollo y la situación geográfica de determinados países.

Es crucial considerar que nuestro modelo regulatorio se enfoca en varios aspectos importantes: el uso eficiente del espectro, la promoción de la competencia efectiva y la protección de los usuarios. Sin embargo, quiero concluir destacando el *principio de neutralidad* establecido en la Ley General de Telecomunicaciones y en un tratado que se basa en cuatro principios fundamentales: no discriminación, sostenibilidad, eficiencia y certeza del consumidor. Estos principios, que Europa consolidó mediante una regulación a finales de los años 90 y principios del siglo XXI, establecen la neutralidad tecnológica. Esto permite a los operadores elegir cualquier tipo de tecnología sin intervención del Estado.

Es importante mencionar esto en relación con la discusión generada por un decreto reciente que obliga a las empresas a considerar tecnología únicamente de los países firmantes del Convenio de Budapest, un acuerdo que no regula tecnología directamente. Es esencial resaltar que la regulación directa y precisa de la tecnología proviene de un tratado de rango superior a la ley, contemplado por la misma ley.



Infraestructura de soporte y su rol para el despliegue de la Red 5g



Elídier Moya Rodríguez



Elídier Moya Rodríguez. Es Ingeniero en sistemas de información; Licenciado en Informática Educativa; posee una Maestría en Redes y Telemática y una especialidad en Auditoría de Sistemas de Información.

Ha trabajado en temas relacionados con tecnología por más de 25 años y para el sector de las telecomunicaciones desde hace 15 años, cuando se abrió a la competencia en Costa Rica. Ha laborado en temas relacionados con infraestructura de soporte, redes fijas, banda ancha, IPv6, entre otros. Asesora a sus superiores y coordina trabajos con organismos nacionales e internacionales, tales como: la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL); La Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones (COMTELCA) y la Comisión de Coordinación para la Instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones. Ha sido Gerente de Redes de Telecomunicaciones para Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt).

Actualmente labora como Director de Evolución y Mercado de Telecomunicaciones del Micitt y también se desempeña como tutor de la UNED para la Escuela de Ciencias de la Educación.



Resumen

Costa Rica actualmente cuenta con una buena penetración a los servicios de telecomunicaciones tanto fijos como móviles y avanza en la ejecución de los procesos que permitirán a los operadores de redes y proveedores de servicios de telecomunicaciones ofrecer la tecnología conocida como 5G (IMT-2020). Esta tecnología no solo permitirá anchos de banda mayores, habilitando servicios como la realidad aumentada; sino que también, por sus características técnicas, permitirá el uso de vehículos autónomos, internet de las cosas (IoT), ciudades inteligentes, entre muchos otros.

Para obtener los beneficios que derivan de estas tecnologías aún existen retos por resolver, algunos de ellos relacionados con el despliegue de infraestructura de soporte. Estos retos aún no han sido resueltos para tecnologías anteriores y se incrementan en el caso del despliegue de la red 5G, ante el mayor requerimiento de infraestructura.

Palabras clave: Infraestructura de soporte, red de quinta generación 5G, ley para promover el despliegue de infraestructura, uso eficiente de recursos y retos construcción de la infraestructura.

Introducción

Aprovechar las características de las nuevas tecnologías para mejorar la calidad de vida de las personas, sin importar el lu-

gar en el que residan, es una tarea fundamental para seguir avanzando como país en una sociedad cada vez más digitalizada. Específicamente en el caso de los servicios de telecomunicaciones la *Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector Telecomunicaciones* (N° 8660), creó el Sector de las Telecomunicaciones y definió las competencias del Poder Ejecutivo quien ejerce la Rectoría del Sector y los Operadores y Proveedores de Servicios, quienes tienen la tarea de desplegar las redes y brindar conectividad a las personas.

Por su parte, la Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel), se estableció como el ente técnico encargado de ejercer la regulación, velar por la competencia en el sector y administrar el Fondo Nacional de Telecomunicaciones (Fonatel) (Asamblea Legislativa, 2008). Cada uno tiene un rol bien establecido, lo que permite que en Costa Rica sea posible disfrutar de los servicios de telecomunicaciones en un sector con 3 operadores móviles y 163 empresas autorizadas (Superintendencia de Telecomunicaciones, [Sutel], 2023).

Considerando la estructura y roles ejercidos por cada uno de estos actores, es que la presente ponencia busca brindar información que refleje el avance del país durante los últimos años. Para ello, se toma en cuenta el impacto que ha tenido la apertura del sector telecomunicaciones a la competencia y el ingreso de más operadores, así como los retos que se enfrentan de cara a tecnologías emergentes como 5G, especialmente aquellos relacionados con el despliegue de infraestructura.



Comprendiendo a los actores y su rol en el desarrollo de las telecomunicaciones

Costa Rica ha seleccionado un modelo de desarrollo de las telecomunicaciones en el que el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt), como parte del poder ejecutivo, ejerce la Rectoría del sector. Desde este rol, una de sus tareas más importantes es la emisión del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT), un instrumento de política pública que establece metas y orienta el desarrollo del Sector.

Por su parte, la Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel), además de emitir la normativa técnica que regula el sector, es la responsable de elaborar y ejecutar los proyectos del Fondo Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (Fonatel), los cuales se crean en concordancia con lo establecido en el PNDT. Finalmente, los operadores se encargan de desarrollar sus redes, operarlas y brindar servicios de telecomunicaciones a las personas, en un modelo en el que atienden aquellas zonas en las que existen las condiciones que les permiten recuperar su inversión.

En las localidades en las que no se ofrecen los servicios, se identifican y se financian mediante la ejecución de proyectos incluidos en el PNDT y financiados por Fonatel, aspecto que cobra especial relevancia en el año 2010, cuando la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia declara el Internet como un derecho fundamental (Sala Constitucional, 2010).

Según Sutel (2023) el trabajo realizado por cada uno de los actores mencionados ha permitido incrementar la cantidad de conexiones móviles a Internet por cada 100 habitantes, en el año 2010 hasta 95,9 en el año 2022. En el caso de las conexiones a Internet en la red fija el aumento fue de 8,66, en el año 2010, hasta 21,2 en el año 2022. Adicionalmente, según Sutel, desde el año 2018 se ha incrementado la cantidad de kilómetros de fibra óptica instalada y la cantidad de suscripciones en otras tecnologías disminuye, mientras las de fibra óptica aumenta.

Limitaciones en el despliegue de infraestructura: la problemática base para desplegar redes de generaciones anteriores

Con el paso de los años tanto en la red fija, como en la móvil se ha conectado cada vez a más personas, reflejando durante los últimos años un incremento en el uso de tecnologías modernas y estables como la fibra óptica. Aunque esto señala una evolución general positiva de los servicios de telecomunicaciones, no se puede obviar la existencia de retos que dificultan el avance de los procesos de despliegue de infraestructura de telecomunicaciones. Entre estos pueden mencionarse:

- a. A pesar de que en general se muestra una evolución positiva, **cuando se desagregan los datos por región de planificación se encuentran brechas significativas.** El caso de la red fija es un claro ejemplo, pues, para el año 2022 se contaba con una penetración a nivel nacional de 21,2 conexiones por cada 100 habitantes, pero al comparar las regiones de planificación, la región cen-



tral mostraba un promedio de 23,31 mientras la Huetar Norte, uno de 13,76. Esta asimetría es aún más evidente cuando se comparan cantones.

- b. Para que los operadores puedan brindar servicios de telecomunicaciones deben utilizar infraestructura de soporte. El desarrollo de infraestructura es un proceso con una elevada participación de las municipalidades, como encargadas de tramitar las solicitudes para construir infraestructura. **En Costa Rica los gobiernos locales tienen su propia regulación, la cual es distinta de un cantón a otro**, tal como se ha evidenciado por el MICITT en sus evaluaciones del año 2019 y 2021 (Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones, [Micitt], 2019; Micitt, 2021).

Por ejemplo, en el año 2021 existían aún 9 municipalidades de las cuales se desconocía cómo regulaban la construcción de Infraestructura de telecomunicaciones, 15 estaban aplicando el capítulo de telecomunicaciones del Reglamento de Construcciones del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) y las demás habían emitido su propia normativa, toda con oportunidades de mejora.

- c. El Dr. Raúl Katz y otros (2023) señalaron la brecha que separa los países de América Latina y el Caribe de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en relación con la inversión en telecomunicaciones per cápita. Mostrando que, para el año 2020 en los países de América Latina y el Caribe (ALC) la inversión era en promedio de, aproximadamente, 39 dólares por persona, mientras que el caso de los

países de la OCDE era de 161. Esta diferencia, llama la atención, sobre todo cuando según Sutel en Costa Rica **la inversión total del sector para el año 2022 disminuyó**, “pasando a representar en ese año un 0,4 % del PIB, frente al 0,6 % registrado en el año 2021” (Sutel, 2023, p.59).

En General en Costa Rica **han existido y siguen existiendo condiciones que limitan el despliegue de infraestructura**, razón por la cual se creó la Comisión de Coordinación para la Instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones (Comisión de Infraestructura). La misma está conformada por la Sutel, el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (Ifam), el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (Mopt), la Cámara de Infocomunicación y Tecnología (Infocom); la Cámara Nacional de Radio y Televisión (Canartel). (Poder Ejecutivo, 2023).

Retos vinculados al despliegue de las redes 5G

Es importante considerar que en el país se inicia el despliegue de la nueva generación de redes móviles, cuando aún tenemos retos por resolver con las anteriores generaciones, tales como los descritos previamente. Está claro que las tecnologías IMT-2020 no solo ofrecen mayor ancho de banda, lo que posibilita el desarrollo de aplicaciones como la realidad aumentada; sino que, por sus características técnicas permiten el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas tales como viviendas inteligentes, vehículos autónomos e internet de



las cosas (Unión Internacional de Telecomunicaciones, [UIT] 2015); sin embargo, existen retos específicos asociados a esta tecnología.

Algunos de los retos asociados específicamente al despliegue de la red 5G son:

- a. Por sus características, **el despliegue de la red requiere más infraestructura**. Con respecto a este tema, “se ha identificado que este tipo de redes pueden requerir el desarrollo de 235 celdas pequeñas por km², y un total de 11 celdas pequeñas por cada macro celda instalada, lo que equivale a más de 12 millones de celdas pequeñas en el caso de Costa Rica” (Sutel, 2022, p.8). Si bien se trata de infraestructura con menores dimensiones, es necesario considerar que se requiere habilitar una gran cantidad de estructuras que permitan a la red brindar servicios adecuadamente.
- b. El despliegue de la red **5G requiere inversión importante**. La UIT en su informe *Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos* señala que: “los gastos de capital necesarios para la implantación de una red de células pequeñas conectada por fibra pueden oscilar entre 6,8 millones USD en una ciudad pequeña y 55,5 millones en una ciudad grande y densa. Los gastos de implantación de una red de células pequeñas en una ciudad densa son mayores por kilómetro cuadrado, pues la necesidad de reducir la distancia entre los emplazamientos de las células pequeñas entraña un aumento en la densidad de las instalaciones” (UIT, 2018, p.36).

Oportunidades para potenciar el desarrollo de la tecnología 5G

Tanto los retos que teníamos para desplegar las redes de generaciones anteriores, como los asociados específicamente a 5G deben ser atendidos sin demora, creando condiciones que permitan atraer y ejecutar inversión. Es necesario tener presente que el objetivo es permitir a las personas disfrutar de los beneficios de los servicios de telecomunicaciones y ejercer su derecho a estar conectados. Al respecto, algunos de los avances y oportunidades que tienen el potencial para que se avance de manera ágil y en un corto plazo son los siguientes.

En primer lugar, se cuenta con un grupo de instituciones comprometidas con el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en el país, formalmente establecidos en la Comisión de Infraestructura. Las instituciones sesionan de manera regular y ejecutan un plan de trabajo con acciones concretas conocido con el nombre de *Plan de Acción de Infraestructura de Telecomunicaciones* (PAIT). El más reciente fue emitido para el periodo 2022-2023 y organiza sus tareas en los pilares: 1) Mejora de normativa, 2) uso eficiente de recursos existentes, 3) formación de capacidades, 4) protección de infraestructura y 5) articulación (Micitt, 2023).

Con el trabajo de esta comisión se identifican barreras al despliegue, por ejemplo, la negativa de las comunidades a permitir el despliegue de infraestructura por temor a los efectos que puedan causar en la salud las radiaciones no ionizantes y se toman acciones concretas. En el caso mencionado, se



ejecutó una campaña de información dirigida a la población general, cuyos materiales se mantienen disponibles en línea para futura referencia¹.

En segundo lugar, se cuenta con la Ley N° 10216, (*Ley para incentivar y promover la construcción de infraestructura de telecomunicaciones en Costa Rica*), que tiene por objetivo

propiciar que las entidades públicas, que intervienen en los trámites y requisitos para la construcción de infraestructura del sector, trabajen de manera coordinada y con la mayor celeridad, con el propósito de incentivar la ampliación y la cobertura de las telecomunicaciones de todo el país bajo un marco eficiente y ordenado (Asamblea Legislativa, 2022).

Esta ley contempla un conjunto de principios, tales como la asignación eficiente de los recursos, la transparencia en el proceso, beneficio al usuario final, promoción del negocio y uso compartido. Se trata de una ley específica que en la práctica dispone aspectos relevantes para agilizar el despliegue de infraestructura para varias instituciones. En esta línea destacan:

- El Micitt, a quien, como Rector del sector de las Telecomunicaciones se le asigna la responsabilidad de emitir la normativa que establezca los procedimientos y las especificaciones técnicas de la infraestructura de telecomunicaciones. De este modo el país podrá contar con un instrumento normativo construido sobre una base técnica, colaborando a la reducción de la dispersión de requisitos que existe, pues actualmente cada gobierno local solicita características técnicas y establece requisitos diferentes.

¹ Para más información se recomienda ingresar a: <https://www.micitt.go.cr/5g-salud>

- El MOPT, quien como Rector del sector Transporte e Infraestructura, en conjunto con el Micitt, deberá emitir las instrucciones y desarrollar los instrumentos internos requeridos para que en todos los diseños y la planificación de obra pública se contemplen las previsiones para el posible desarrollo de la red de telecomunicaciones. Aspecto que se espera pueda habilitar el despliegue de ductos para redes de telecomunicaciones (para transportar la fibra óptica) de manera que se haga un uso eficiente de las intervenciones a la red vial nacional, aprovechándolas para facilitar el despliegue de redes, en este caso subterráneas, que por sus características son más seguras y menos propensas a averías por accidentes de tránsito.
- La Dirección General de Tributación (DGT) del Ministerio de Hacienda (MH), quién emitirá la resolución donde se fije el monto del canon por uso de bienes inmuebles públicos. Esta disposición presenta una oportunidad importante, pues establece una metodología única por uso de bienes para colocar infraestructura de telecomunicaciones en todo el territorio nacional.
- El Ministerio de Hacienda, quien, en conjunto con el Micitt, emitirán el reglamento para la definición de los aspectos y las condiciones relacionadas con el uso de infraestructura pública. Con esto se habilitará el uso de azoteas y edificios públicos para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones.
- Todas las instituciones en el ámbito de aplicación de la norma, que les corresponda generar certificaciones, trámites, permisos y cualquier otro para la planificación y desarrollo de infraestructura en telecomunicaciones. Se



establece en el transitorio segundo de la ley que deberán emitir los reglamentos y las directrices necesarias para brindar la seguridad jurídica y simplificación de trámites según los objetivos de la ley. Disposición que, en conjunto con las disposiciones emitidas para el Micitt mencionadas previamente, tiene el potencial para permitir que el país cuente con regulación armonizada.

Es digno de mención el artículo 7, que establece el plazo para resolver trámites, pues este señala de manera expresa que, pasado el período, el silencio positivo se entenderá como aprobación. Este artículo tiene el potencial de resolver los problemas relacionados con el tiempo que se tarda para el otorgamiento de permisos, que se ha presentado en algunos cantones del país.

Conclusiones

A partir de lo expuesto en los apartados anteriores se evidencia que el trabajo en el sector de las telecomunicaciones ha llevado a un incremento en la penetración de la red fija y la móvil, logrando que más personas estén conectadas e inclusive estén usando tecnologías modernas como la fibra óptica. A pesar de esto siguen persistiendo retos como la brecha de conectividad entre regiones, regulación relacionada diferente para la construcción de infraestructura de un cantón a otro, así como la necesidad de crear condiciones que permitan atraer

inversión. Todo esto representa retos asociadas a la primera generación de redes inalámbricas, los cuales aún no se han resuelto y se unen al desafío de desplegar más infraestructura y generar mayor inversión para el despliegue de las redes 5G.

Aunque se tengan retos, Costa Rica tiene oportunidades para agilizar el despliegue de infraestructura, sobre todo por la existencia de la Comisión de Infraestructura y la Ley N°10216. Esta última es de especial importancia porque establece obligaciones para un conjunto de instituciones públicas en temas relacionados con la emisión de reglamentación técnica y procedimientos para el despliegue de infraestructura; la planificación de obras viales considerando la infraestructura telecomunicaciones; el establecimiento del canon para el cobro por arrendamiento para el uso de bienes de uso público; el uso de azoteas en edificios públicos; el silencio positivos, todas medidas con el potencial de acelerar el despliegue de infraestructura como elemento imprescindible para el despliegue de la red 5G.

En ese sentido, de ser catalizadas adecuadamente estas fortalezas, se podrá lograr el avance en el despliegue de tecnologías modernas, innovadoras y necesarias para el país. Se tiene una base con importantes ventajas, pero es necesario que se trabaje de manera articulada y pronta para permitir que todas las personas ejerzan sus derechos y puedan obtener los beneficios de las redes 5G y las tecnologías que se habilitan a partir de ellas.



Referencias

Asamblea Legislativa (2022). Ley para incentivar y promover la construcción de infraestructura de telecomunicaciones en Costa Rica - No 10216, San José.

Asamblea Legislativa (2008). Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas del Sector Telecomunicaciones N° 8660, San José.

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2023). Plan de Acción de Infraestructura de Telecomunicaciones 2022 – 2023 [actualización del mes de marzo de 2023]. Comisión de Coordinación para la instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones, San José. https://www.micitt.go.cr/wp-content/uploads/2023/05/PAIT-2022-2023_actualizado_Marzo_2023.pdf

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2021). Valoración de los Reglamentos Municipales para la Construcción de Infraestructura de Telecomunicaciones. Comisión de Coordinación para la Instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones, San José. https://www.micitt.go.cr/wp-content/uploads/2022/10/02_informe_revision_reglamentos_2021.pdf

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2019). Valoración de los Reglamentos Municipales para la Construcción de Infraestructura de Telecomunicaciones. Comisión de Coordinación para la

Instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones, San José. <https://www.micitt.go.cr/wp-content/uploads/2022/10/MICITT-CCI-INF-003-2019.pdf>

Raúl Katz et al (2023). El papel de la economía digital en la recuperación económica de América Latina y el Caribe. <https://www.millicom.com/media/5157/katz-informe-latam-completo-junio-2022.pdf>

Poder Ejecutivo, Costa Rica. (2023). N° 44122-MICITT. Reforma al Decreto Ejecutivo N° 36577-MINAET, 'Crea Comisión de Coordinación para la Instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones' San José, Costa Rica.

Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia. (2010). Resolución N°2010012790 , a las 8 horas con 58 minutos del 30 de julio de 2010

Superintendencia de Telecomunicaciones - SUTEL. (2023). Estadísticas del Sector Telecomunicaciones. Superintendencia de Telecomunicaciones, San José, Costa Rica, 2023. https://www.sutel.go.cr/sites/default/files/informe_estadisticas_del_sector_de_telecomunicaciones_costa_rica_2022.pdf

Superintendencia de Telecomunicaciones - SUTEL. (2022). Lineamientos en materia de competencia para despliegues conjuntos de redes de telecomunicaciones.

Unión Internacional de Telecomunicaciones – UIT (2018). Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos.



https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G_01-2018-PDF-S.pdf

Unión Internacional de Telecomunicaciones – UIT (2015). Concepción de las IMT – Marco y objetivos generales del

futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante. Recomendación UIT-R M.2083-0. https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!MSW-S.docx



Arquitectura de Redes 5G: Infraestructura integradora y habilitadora de nuevos servicios y oportunidades de negocio



Adolfo Arias Echandi



10

Adolfo Arias Echandi. Licenciado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica con énfasis en Telecomunicaciones. Tiene 37 años de experiencia en la Empresa en el Sector de Telecomunicaciones, ha desempeñado cargos a nivel profesional como: Director de la División de Servicios (2006-2010) Director de la División de Gestión de Red y Mantenimiento (2010-2014) y Director de la División Infraestructura (2014-2016).

Ha dirigido Divisiones asociadas a la planeación, diseño, implementación y operación de la red de telecomunicaciones. Es profesor universitario con 30 años de experiencia en la Universidad Internacional de las Américas (UIA) y desde el año 2020 en la Universidad Fidélitas en las Carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería en Telecomunicaciones.



Resumen

El IMT-2020 de la UIT establece los requerimientos de los sistemas móviles internacionales. Bajo el nombre comercial de 5G, estos requerimientos se convierten en especificaciones técnicas por parte de los estándares de la 3GPP, y finalmente, se convierten en infraestructura y aplicaciones que definen la red más completa y potente que se ha producido hasta la fecha, con capacidad transformadora de la sociedad, variando la forma en que nos conectamos y nos comunicamos.

La red 5G define tres escenarios clave, sobre los cuales giran las aplicaciones que soporta: Banda Ancha mejorada (eMBB), Comunicación Masiva Máquina a Máquina (mMTC) y Comunicaciones Ultra Confiables de baja latencia (URLLC). Para lograr estos objetivos, habilitar la red y lograr que las aplicaciones soportadas bajo estos tres escenarios sean viables, se requiere de una arquitectura de red con características innovadoras, con tecnologías de nueva generación, nunca antes utilizadas en las redes móviles anteriores, o que hayan sido mejoradas para un escenario de mucho mayor exigencia.

Adicionalmente, agrega una funcionalidad que no disponen versiones anteriores de redes móviles, como lo es de

partición de red ("network slicing") o de exposición de red ("NEF- network exposure función") que permitirán todo un conjunto de posibilidades de negocio y flexibilidad para el cliente que haga uso de sus elementos de red integrados a esta red.

A partir de esto, el artículo explica cómo funciona esta arquitectura y cómo integra en forma convergente todo un universo de aplicaciones y servicios, indicando las alternativas que se ofrecen actualmente, sus ventajas y desventajas.

Palabras clave: Red 5G, Banda Ancha mejorada (eMBB), Comunicación Masiva Máquina a Máquina (mMTC), Comunicaciones Ultra Confiables de baja latencia (URLLC), Partición de Red ("network slicing") y exposición de red ("NEF- network exposure function").

Introducción

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo que establece los requerimientos que las redes deben implementar. Para ello, toma en consideración múltiples requerimientos del mercado y tendencias que influyen en el crecimiento de tráfico como se muestra a continuación:



Figura 10.1. Factores que ayudan a incrementar el tráfico



Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Los sistemas IMT-2020 elaborados por medio de la UIT, establecen el nombre comercial 5G para definir los requerimientos de las redes que cubrirán la demanda de servicios entre los años 2020 y 2030.

La red 5G define tres escenarios clave, sobre los cuales giran las aplicaciones que soporta: Banda Ancha mejorada (eMBB),

Comunicación Masiva Máquina a Máquina (mMTC) y Comunicaciones Ultra Confiables de baja latencia (URLLC). Incluye funcionalidades que no se han brindado en versiones anteriores de redes de tecnología móvil como lo son: la partición de red ("network slicing") y la exposición de red ("NEF- network exposure function").

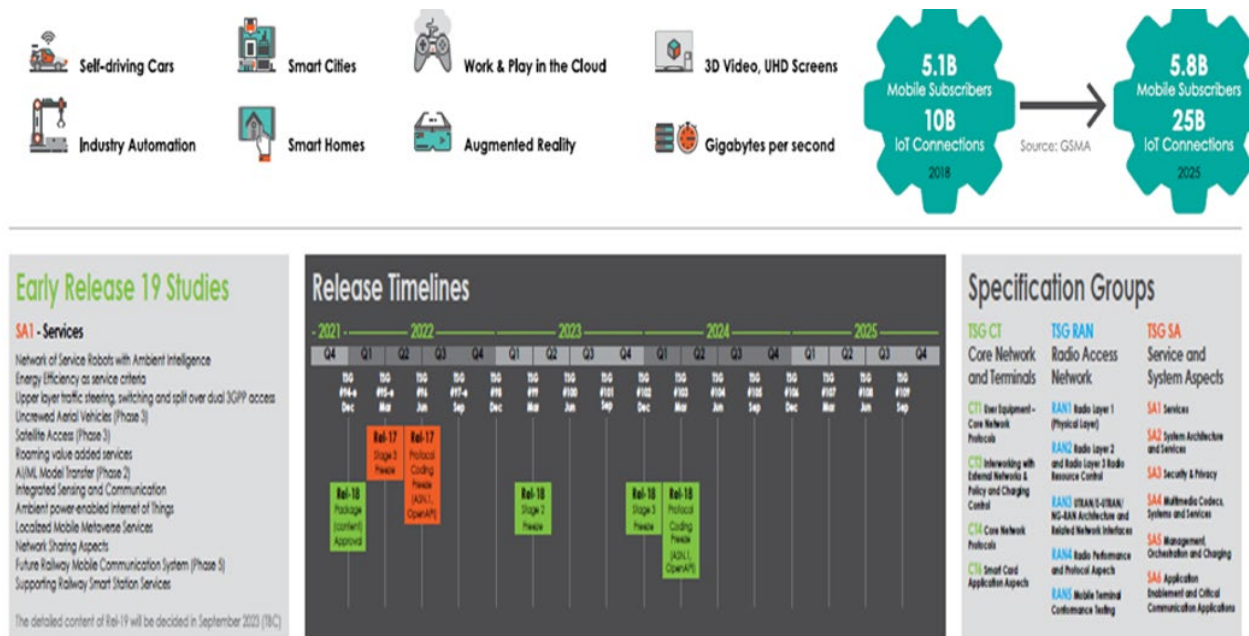


El organismo 3GPP toma los requerimientos formulados por la UIT en el IMT-2020 y los convierte en especificaciones técnicas y recomendaciones, desarrollando así los estándares para que los fabricantes puedan producir la infraestructura de soporte tecnológica necesaria. Esto se desarrolla en las versiones ("releases") que produce esta entidad y cubre las necesidades de diferentes grupos de interés tales como: vehículos autónomos, ciudades inteligentes, trabajo y juegos en la nube, video 3D y pantallas UHD, automatización industrial, hogares inteligentes, realidad virtual y aumentada. Con esto se pretende atender a las necesidades de los diferentes verti-

cales de la sociedad: Educación, Industria, Salud, Agronomía, Industria vehicular, entre muchos otros.

La primera versión ("release") que permitió generar infraestructura fue el "release 15", que definió con claridad la infraestructura de radio y funcionalidades como: partición de red ("network slicing"), funciones de red de núcleo ("core") en la nube, arquitectura basada en servicios, entre otros. Actualmente está en desarrollo la versión "release 18" y se plantea próximamente el "release 19" como se muestra a continuación a partir del año 2024 (ver figura 10.2).

Figura 10.2. Cronograma del Release 19 – 3GPP



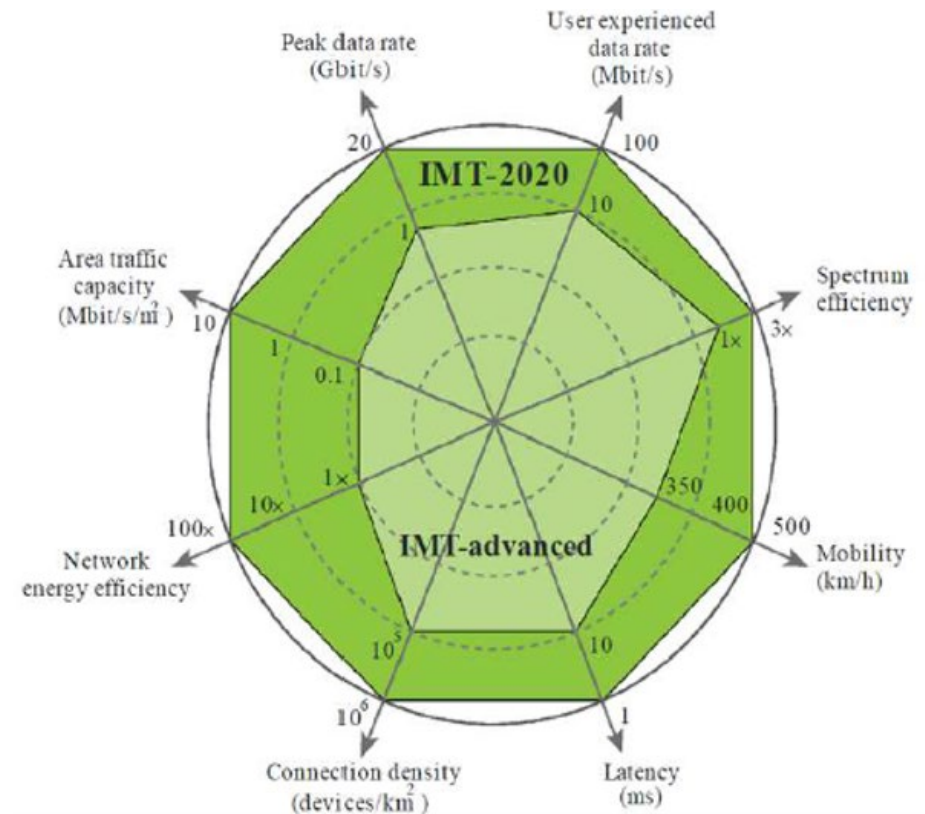
Fuente: Tomado de la 3rd Generation Partnership Project (3GPP).



La UIT exige que a nivel de la conectividad de la red de acceso cumpla con características mejoradas en relación a las redes 4G como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 10.3. Capacidades de 5G VS 4G

Parámetro	Valor	Unidades
Tasa pico de datos	20	Gbps
Tasa promedio de datos	10	Gbps
Tasa de datos de los usuarios	100	Mbps
Latencia	1	ms
Movilidad	500	Km/h
Densidad de conexiones	10^6	Dispositivos/km ²
Eficiencia energética	x100	Bit/Joule
Eficiencia espectral	x3	Bps/Hz
Densidad de datos	10	Mbps/m ²



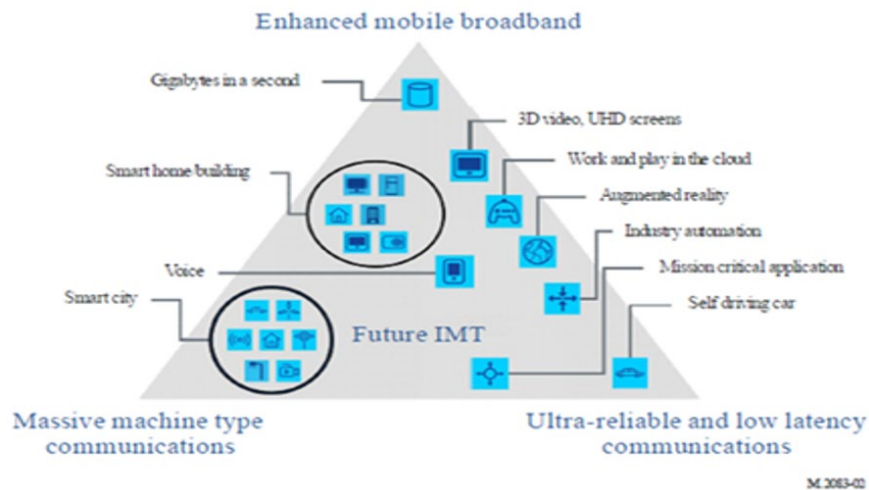
Fuente: Tomado de la 3rd Generation Partnership Project (3GPP).



Escenarios clave de 5G y sus aplicaciones

El estándar de 5G define tres escenarios clave, sobre los cuales giran las aplicaciones que soporta: Banda Ancha mejorada (eMBB), Comunicación Masiva Máquina a Máquina (mMTC) y Comunicaciones Ultra Confiables de baja latencia (URLLC), en donde las diversas aplicaciones se disponen alrededor de estos tres escenarios (ver figura 10.4). Estos se pueden implementar siempre y cuando se disponga de una arquitectura innovadora, como lo es la arquitectura que define una red 5G como se verá en las próximas secciones.

Figura 10.4. Escenarios 5G



Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Redes Móviles 2G, 3G, y 4G

Las redes móviles 2G y 3G son consideradas redes legadas ("legacy"), que soportan su servicio de voz mediante redes que operan mediante conmutación de circuitos (TDM). Las mismas están siendo reemplazadas por las redes 4G, 5G y posteriores que son consideradas Redes de Telecomunicaciones de Nueva Generación y operan con base en el protocolo IP.

Las redes 2G y 3G proveen una red de acceso que integra el tráfico de voz y datos de los clientes mediante las radiobases (BTS en 2G y Nodos B en 3G), hacia las controladoras de aire (BSC en 2G y RNC en 3G). Estos equipos integran el tráfico de las radiobases y separan el flujo de llamadas del servicio de voz hacia el núcleo de la red, procesando las mismas en la central móvil (MSC) y el flujo de datos hacia el núcleo de datos. Dicho núcleo está conformado por las pasarelas SGSN¹ y GGSN², siendo esta última la que brinda el acceso a la red de datos en donde se puede acceder a Internet y demás servicios soportados.

Estos equipos pueden ubicarse a distancias considerables del usuario, con lo que las latencias que se pueden registrar en estas redes superan los 60 ms en la mayoría de los casos. De igual forma, en la red de datos no hay una separación del tipo de tráfico, siendo que se combina tanto el tráfico de datos

1 Serving GPRS Support Node – Pasarela de acceso para datos (General Packet Radio Service)

2 Gateway GPRS Support Node – Pasarela de conexión a la red de datos (General Packet Radio Service)



con el tráfico de video y demás servicios soportados en dicho protocolo, incluyendo VoIP, con lo que se ofrece una calidad de servicio de mejor esfuerzo. Esto hace poco factible que servicios soportados en tecnologías que requieren baja latencia, alta confiabilidad, altos volúmenes de tráfico (realidad virtual o realidad aumentada), entre otros, puedan ser brindados por dichas redes.

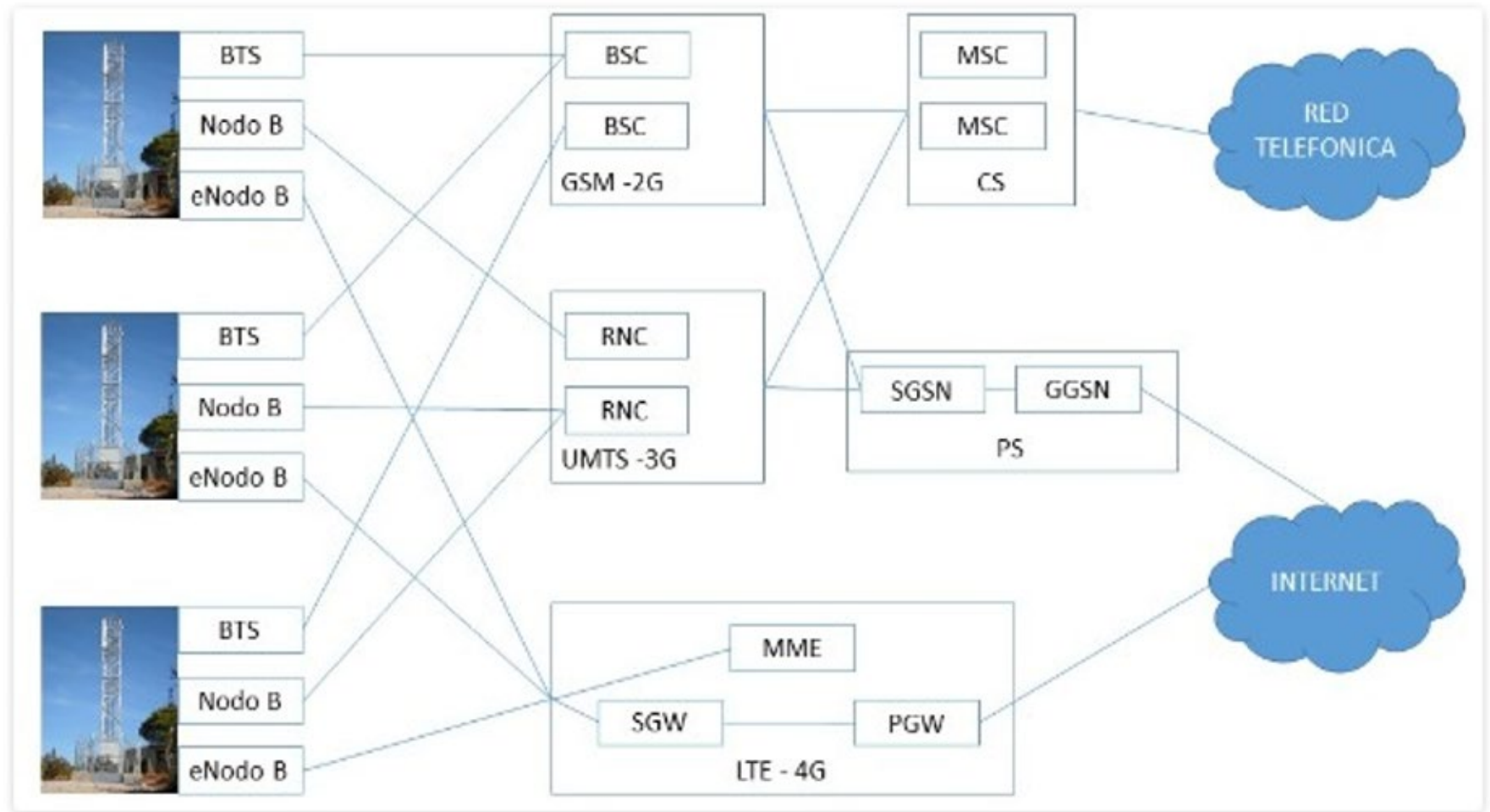
Las redes 4G (LTE) son redes de nueva generación y por ende soportadas en protocolo IP. Como se aprecia en la figura 10.3, integran el tráfico de datos en las pasarelas SGW-PGW mediante las radiobases 4G denominadas e-Nodos B. Prescinden del núcleo de circuitos (MSC) y de las controladoras de radio como elementos monolíticos; las funciones de estos últimos pasan a integrarse en una entidad de software MME – “Mobility Management Entity”. Estas redes fueron desplegadas pensando únicamente en el servicio de datos originalmente, y las llamadas de voz se apoyan sobre las redes 2G y 3G, para lo cual, se debe generar una cobertura paralela entre ambas redes, en donde las redes 2G o 3G deben superponerse a la red 4G para asegurar el servicio de voz con calidad de servicio como se conoce en las redes móviles.

Para integrar el servicio de voz con calidad de servicio garantizada en las redes 4G, se debe integrar el “core” 4G – Evolved Packet Core” (EPC) a un sistema que permita procesar estas llamadas, su señalización y enrutamiento conocido como IMS–IP Multimedia Subsystem. Adicionalmente, se deben implementar pasarelas de medios entre la red IP y la red PSTN conocidas como “media gateways” – MGW. Al hacer esta integración, se logra habilitar el servicio de voz sobre la red 4G, conocido como VoLTE o voz sobre LTE, que implementa el servicio de voz con calidad de servicio y el procesamiento de la numeración telefónica como se conoce en las redes fijas y celulares.

Las redes 4G, si bien alcanzan mayores velocidades de datos entre el usuario y la red e implementan estrategias de calidad de servicio QoS, aún no hacen viable muchos de los servicios y funcionalidades que se requieren en una red que deba permitir el procesamiento de grandes volúmenes de datos en tiempos muy cortos, con muy baja latencia, alta confiabilidad y con una separación de tráfico que garantice que se pueda hacer una partición tal que permita que el tráfico de un servicio o conjunto de servicios no se mezcle con otro, y que el procesamiento de estos datos se pueda dar en núcleos (“core”) separados y para propósitos diversos.



Figura 10.5. Arquitectura de las redes móviles 2G, 3G y 4G



Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

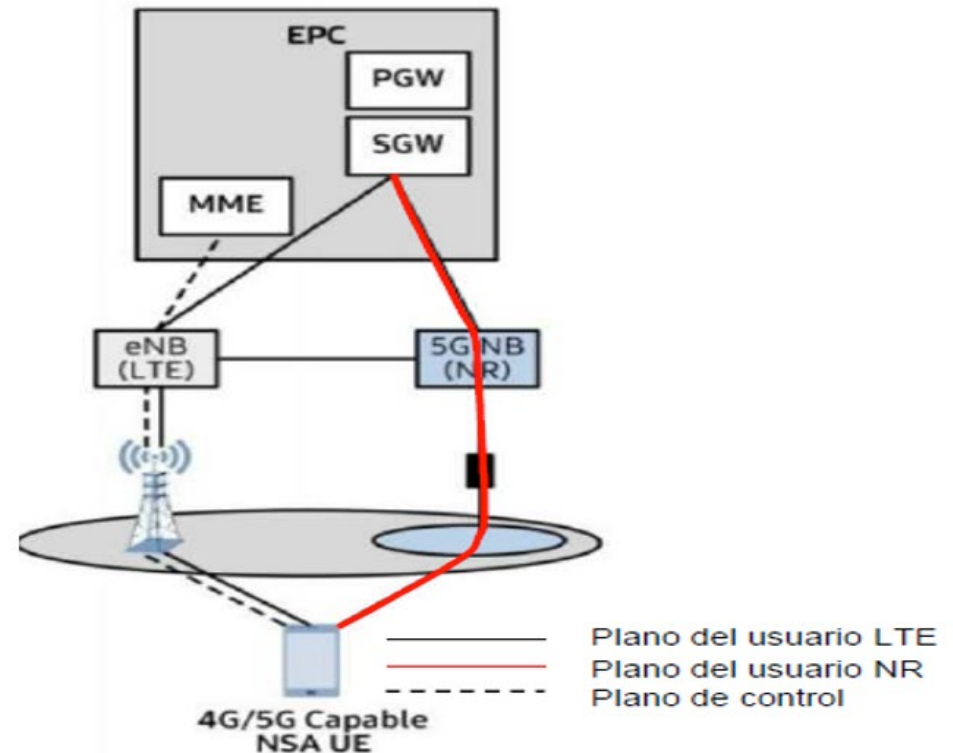
En el diagrama de la figura 10.5, se pueden identificar partes fundamentales de esas redes, como lo son:

- La red de acceso.
- El núcleo ("core").
- Las redes PSTN, basada en conmutación de circuitos.
- La red de datos, que funciona con el protocolo IP para acceder a servicios como el Internet.

Arquitectura de Redes 5G

Las redes 5G tienen una arquitectura que "nace en la nube", como se dice popularmente, no es una G más, pues su arquitectura posibilita la incorporación de servicios como nunca antes se había podido hacer en redes móviles. Cabe indicar, que al hacerse la liberación del "release 15" de 3GPP, se brindó la opción de utilizar radiobases 5G en combinación con el núcleo ("core") de 4G, con lo que los clientes podrían experimentar las velocidades de 5G siempre y cuando se cuente con el espectro necesario. Esto significa contar con anchos de banda suficientes (al menos 100Mhz), con lo que muchos operadores a nivel mundial desplegaron la opción que se denomina "None Stand Alone" (NSA), en donde el "core" 4G controla el establecimiento de las conexiones, y las funciones de la red móvil, combinando radiobases 4G (e-nodos B) y radiobases 5G (g-nodos B) como se muestra en la figura 10.6.

Figura 10.6. Conectividad "None-Standalone" (NSA)



Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Como se muestra en la figura, esta opción requiere que el terminal del usuario tenga la capacidad para conectarse a ambas redes. Sin embargo, tiene el inconveniente de que no habilita todas las funcionalidades de 5G, por ejemplo, para la masificación de dispositivos máquina a máquina (con el Internet de las Cosas) o la implementación de aplicaciones que requieren de latencias muy bajas y un entorno de ultra alta confiabilidad.

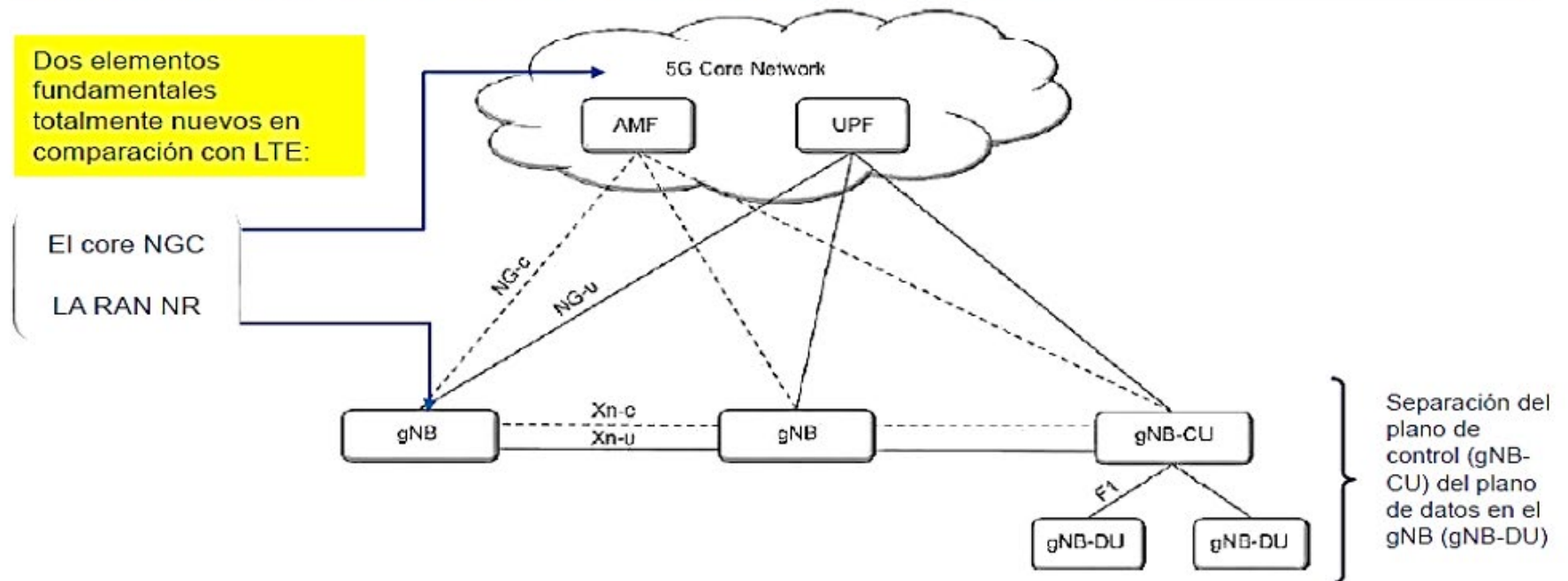


Por ello, para tener una solución completa y que permita todas las funcionalidades, integrando todos los servicios que trae la

5G, se requiere implementar un "core" 5G, en una solución Stand Alone (SA) como la que se ejemplifica en la figura 10.7.

Figura 10.7. Arquitectura general de 5G System NGS (Next Generation System)

El sistema NGS se soporta en la arquitectura basada en servicios SBA, la cual provee un marco general modular que permite desarrollar aplicaciones comunes usando componentes de diversos proveedores.



Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.



En la figura 10.8. se muestra cómo las radiobases 5G (g-nodos) se integran a una nube conformada por el "core" 5G de tipo Stand Alone (SA), en donde corren como funciones de red dos entidades funcionales principales:

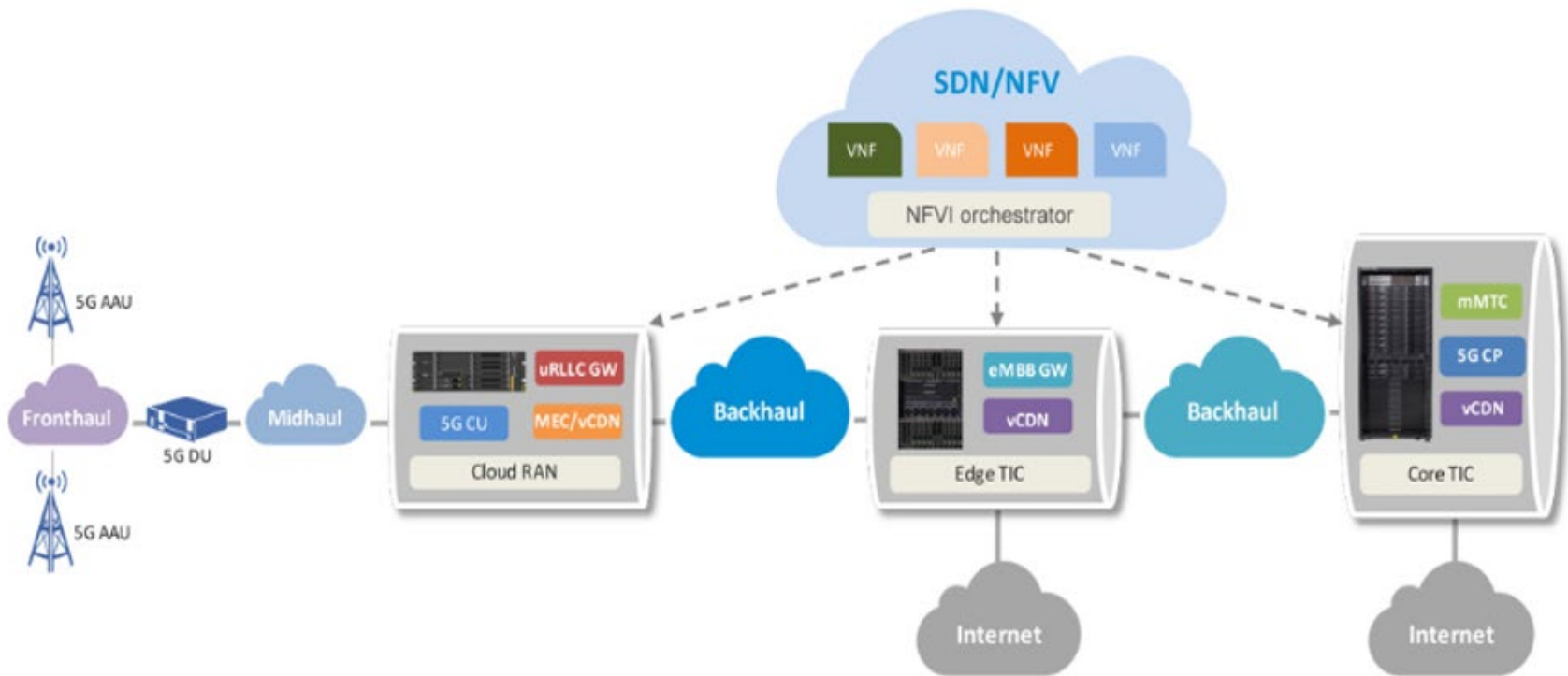
- Access and Mobility función (AMF): encargada de las funciones de control de la red, a nivel de señalización, funciones de este tipo de redes como el traspaso entre celdas ("handover"), el manejo de la función de registro

en la red, la localización, entre otros, pertenecen al plano de control.

- User Plane Function (UPF): el flujo de datos que llevan la voz, los datos y el video son procesados en el UPF, que corresponde al plano de usuario.

En el siguiente diagrama se detalla más profundamente esta arquitectura:

Figura 10.8. Ejemplo de arquitectura de una red 5G "Stand Alone" (SA)



Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.



Como puede apreciarse de la figura 10.8, la red de acceso (5G-RAN) permite integrar las radiobases y su tráfico en una red denominada “fronthaul”, mediante una unidad distribuida (DU), que a su vez se integra mediante otra red denominada “midhaul” a la unidad centralizada (CU). Esta arquitectura es mucho más flexible y segmentada que la existente en las redes predecesoras, permite la integración de centros de procesamiento (“Datacenters”) en diversas partes de la red y a diversas distancias respecto de las radiobases (g-nodos B) que sirven a los clientes.

Tanto la DU como la CU pueden implementarse en forma monolítica como virtualizada, con interfaces abiertas o cerradas. Hoy en día, se ha hecho muy popular la posibilidad de implementar estas unidades empleando arquitectura abierta de tipo OPENRAN que permite que los operadores de red puedan implementar radios de diversos fabricantes en sus radiobases y no adherirse a un solo proveedor.

En la arquitectura 5G, el plano de usuario puede conectar centros de datos en el borde y en las inmediaciones de las radiobases que sirven al cliente. En los siguientes apartados, se estudiarán algunas de estas características y cómo se aprovechan para habilitar diversos servicios que no eran viables en las anteriores redes móviles. También, se profundizará en el plano de control y en sus principales entidades funcionales de software que fueron diseñadas para poder correr en la nube.

Cómputo en el Borde - MEC (“Multi Access Edge Computing”)

En la arquitectura 5G, el plano de usuario puede conectar centros de datos en el borde en las inmediaciones de las radiobases que sirven al cliente, disminuyendo así la latencia a milisegundos, para aplicaciones que así lo requieren. De igual forma, puede integrar en el “borde” centros de cómputo que pueden procesar grandes volúmenes de datos sin congestionar otras partes de la red y dando respuestas con una latencia muy baja, ideal para aplicaciones de misión crítica como: vehículos autónomos, realidad aumentada, realidad virtual, aplicaciones de juegos que requieren muy baja latencia, operaciones a distancia, robótica en manufactura, procesamiento de imágenes, reconocimiento facial, entre otros, que requieren de altos volúmenes de procesamiento de datos y rápida respuesta. De igual forma, se puede concentrar cerca del borde aplicaciones que generan altos volúmenes de datos en sistemas de video streaming en alta definición, 4k y superiores, que mediante la integración de sus sistemas de distribución Content Delivery Network (CDN) pueden aliviar los requerimientos de ancho de banda en las interfaces de la red de transporte.



Partición de la Red (“Network Slicing”)

Quizás la funcionalidad más atractiva que tiene la red 5G es la de partición de la red (“network slicing”). En ese particular, el operador puede contar con una sola red, pero al mismo tiempo, la puede dividir en varias redes:

Figura 10.9. Partición de la red (“Network Slicing”)

Slice significa dividir, cortar, rebanar



Network Slicing, en el contexto de 5G, serán redes virtuales bajo demanda
Es la opción actual para poder satisfacer lo que se exige a 5G, es un corte lógico no físico

- Redes Virtuales distintas con recursos y servicios distintos
- Separación del plano de control del plano de datos
- Configuraciones diferentes para los servicios

Porqué Network Slicing?
Para disponer de una red flexible
Adaptable:

- a las necesidades de usuarios
- a los proveedores de servicios
- a los Vendors

Esto demanda cambios de arquitectura:

- en el Core
- en el RAN

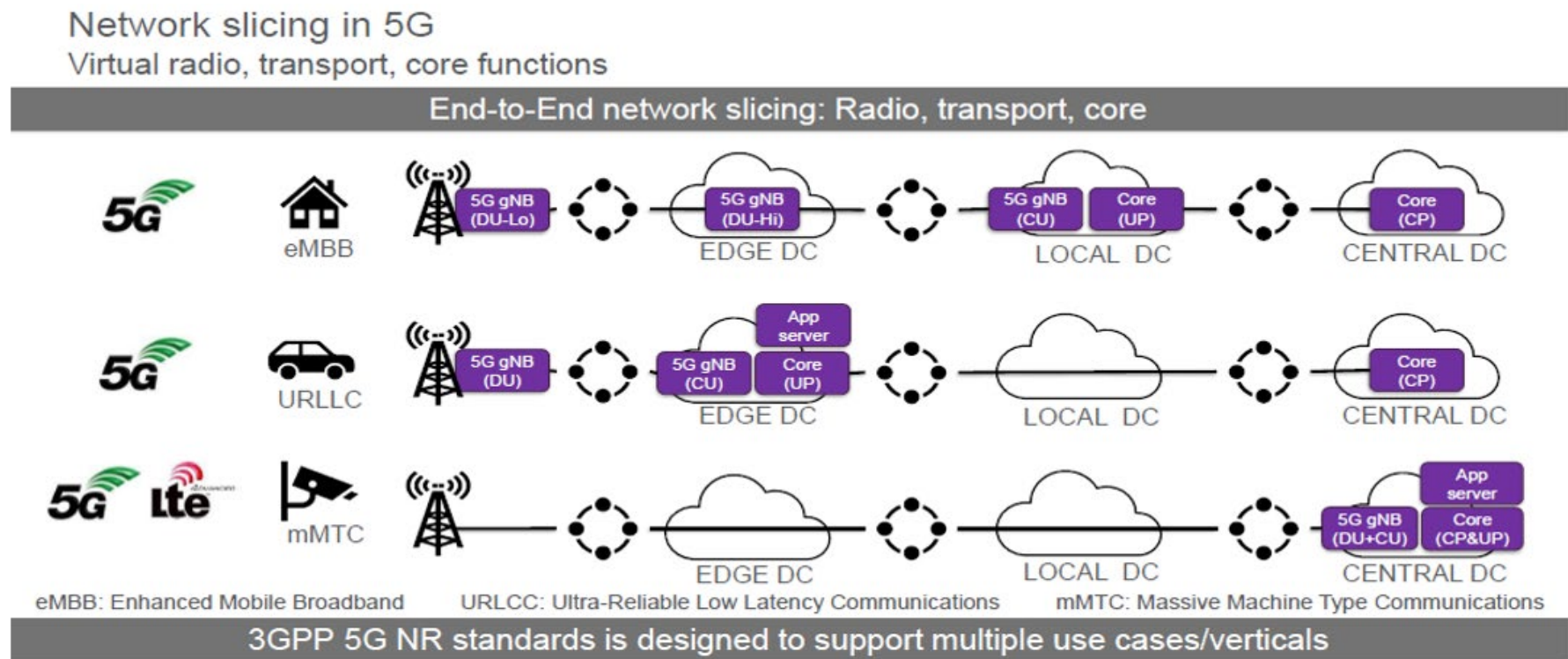
Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.



Como puede comprobarse de la Figura 10.9, la red puede partirse en redes virtuales tanto en la red de acceso (RAN) como en el núcleo ("core"), permitiendo con ello, una separación del contenido de voz, datos y video en diferentes redes con diferentes procesamientos según sea la necesidad. De esa forma, se pueden conceptualizar redes específicas

para propósitos tales como: redes de misión crítica (policía, ambulancia, bomberos, Comisión de Emergencia), redes de seguridad ciudadana (cámaras, procesamiento de imágenes, reconocimiento facial), redes fijas inalámbricas con separación del contenido de voz, el de datos y el de video (ver figura 10.10).

Figura 10.10. Ejemplos de la funcionalidad de partición de red



Fuente: Tomado de la 3rd Generation Partnership Project (3GPP).



En la figura mostrada, se evidencia ver que se puede hacer una separación del tráfico sin que se mezclen tipos de tráfico diferente. En el caso de un hogar conectado, se pueden definir redes virtuales para trasegar en forma independiente la voz, los datos y el video, haciendo llegar dicho tráfico a diferentes partes de la red, en donde las aplicaciones más demandantes de datos, tal como los servicios de “streaming” pueden procesarse en CDN’s cercanas al cliente en Centros de Datos Locales. Igualmente, aplicaciones como el acceso a internet y las llamadas de voz pueden procesarse en centros de datos centralizados, en donde no se puede integrar un IMS o el acceso a la nube de internet.

En aplicaciones que tienen requerimientos más intensos en términos de latencias bajas y de procesamiento de datos, se puede hacer llegar el tráfico centro de datos en el borde (MEC), sin que el mismo se combine con tráficos de naturaleza diferente que no sea el procesamiento de la información necesaria para guiar los vehículos en forma segura. Estos centros de datos, al estar cercanos al cliente no deben sobrepasar un radio de 80 Kms respecto de los vehículos de los clientes, por lo que se debe hacer un diseño apropiado para lograr que se obtenga una cobertura adecuada y suficiente.

Finalmente, algunas aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT), como puede ser la grabación del contenido generado por cámaras de seguridad, pueden procesarse en centros de datos centralizados, separando estos datos en una partición separada, sin que se comprometan los mismos con el flujo de datos de otro tipo de fuentes de información.

Arquitectura del núcleo 5G (“5G Core”) y entidades funcionales

Las redes 5G en solución “stand alone” (SA) dividen claramente en dos planos el flujo de los contenidos (media de voz, datos, video), denominado plano de usuario, del control de los elementos de red que permiten el enrutamiento, la calidad de servicio, el registro, entre otros en el plano denominado como plano de control.

En el plano de usuario, se integran las radiobases (g- nodos B) en la red de acceso (5G-RAN) hacia la función UPF (“user plane function”), que brinda la salida hacia la red de datos (DN) que es la que conecta la red hacia otras redes y hacia diversas aplicaciones. Por otra parte, en el plano de control se:

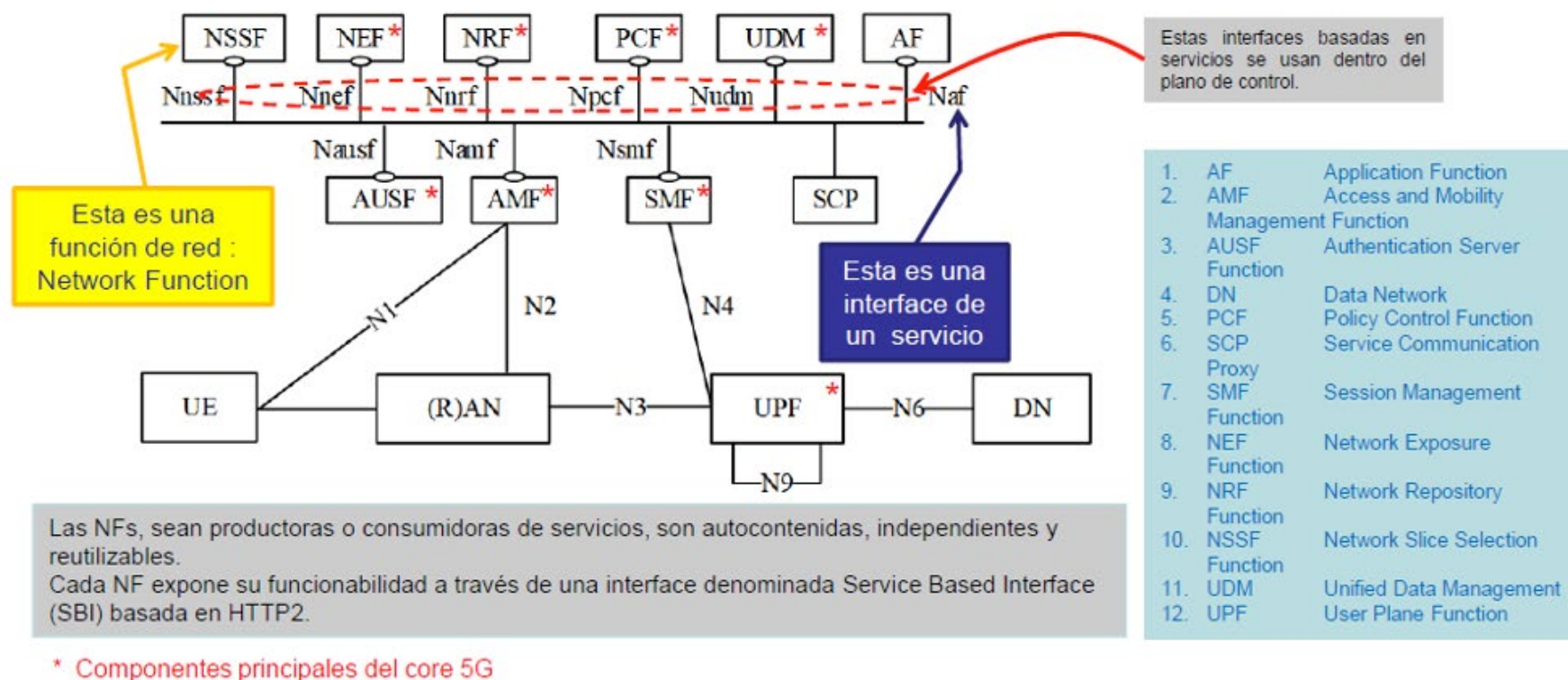
- Almacena el perfil de usuario y las llaves de cifrado.
- Se negocia el registro del usuario en la red.
- Se controla el proceso de traspaso entre celdas de radiobase (“handover”).
- Se negocia con el terminal del usuario las informaciones necesarias para establecer sus sesiones de servicio.
- Se controla mediante políticas la calidad de servicio otorgada a clientes y objetos (M2M).
- Se comparte la información entre entidades funcionales (según sea necesario) mediante un bus común o interfaces de servicio y empleando una arquitectura de intercambio de información de tipo SBA (“Service



Based Architecture”) que facilita la incorporación de nuevas funcionalidades en la red y una mayor velocidad de implementación de soluciones y facilita la innovación.

El siguiente diagrama muestra ambos planos y su interconexión con las entidades funcionales que los conforma, así como las interfaces por donde se producen los intercambios de información, sea en el plano de usuario o el plano de control:

Figura 10.11. Entidades funcionales en redes 5G



Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.



Se identifica en el diagrama en el plano de control tres entidades funcionales completamente nuevas que no existen en las versiones anteriores de redes móviles (2G, 3G o 4G). Estas son: NSSF ("Network Slicing Funcion"), que es la función de partición de red; NEF ("Network Exposure Function"); y NRF ("Network Repository Funcion"), que es el repositorio para registrar en él las funciones de los servicios y para permitir validar y consumir los servicios de acuerdo con esa metodología.

Finalmente, es preciso decir que las redes 5G admiten que en su plano de usuario se integren redes que no tienen espectro radioeléctrico licenciado (no 3GPP), lo que anteriormente no eran viable o resultaba muy complejo, tal es el caso de las redes WiFi, redes LoraWan, Sigfox, entre otras. Esto se logra mediante entidades funcionales de interfuncionamiento (N3-IWF) que se integran al plano de usuario hacia el UPF y en el plano de control hacia el AMF.

En la siguiente figura se resume las entidades funcionales de los planos de control y de usuario, y su función:

Figura 10.12. Entidades funcionales en redes 5G

- Access and Mobility Management Function (AMF)
 - Gestiona el control de acceso y la movilidad. Incluye en NSSF (Network Slicing Selection Function)
- Session Management Function (SMF)
 - Establece y gestión alas sesiones, de acuerdo con las políticas de la red.
- User Plane Function (UPF)
 - Se puede desplegar en varias configuraciones y ubicaciones, de acuerdo al tipo de servicios. Equivale al GWs en 4G.
- Policy Control Function (PCF)
- Suministra un marco general de las políticas de la red incorporando network slicing, roaming y gestión de la movilidad. Equivale al PCRF en 4G.
- Unified Data Management (UDM)
 - Almacena los datos y perfiles de los usuarios. Similar al HSS en 4G.
- NF Reposistory Function (NRF)
 - Es una funcionalidad nueva que no existe en 4G. Permite registrar y descubrir funcionalidades, de manera que las NFs puedan descubrirse entre si y comunicarse vía APIs.
- Nethork Exposure Function (NEF)
 - Es un Gateway de las APIs que permite que usuarios externos, tales como empresas u operadores socios, puedan monitorear, aprovisionar y reforzar las políticas de las aplicaciones, para usuarios dentro de la red del operador.
- Authentication Server Function (AUSF)
 - Es un servidor de autenticación.

Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

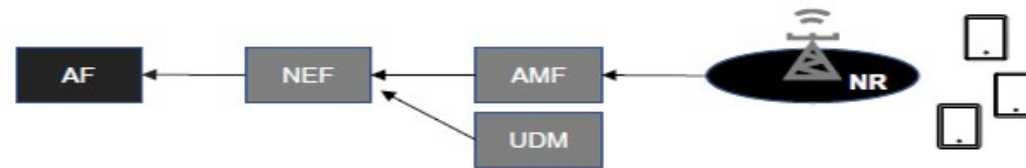


Función de Exposición de Red (NEF – “Network Exposure Function”)

La función de exposición de red NEF abre toda una gama de oportunidades para un cliente de las redes 5G en términos

del control que puede realizar de sus terminales conectados a la red. Es una funcionalidad que nunca se había brindado en redes móviles, que permite a las empresas y socios de negocio monitorear, aprovisionar y variar las políticas de sus equipos terminales conectados como se muestra a continuación:

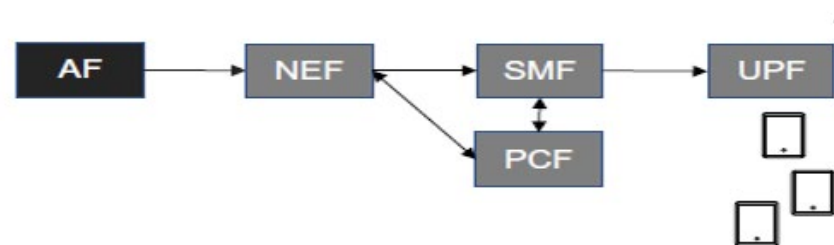
Figura 10.13. Entidad Funcional de exposición de red (NEF)



Architecture for exposure of network event monitoring.



Architecture for data provisioning from external applications.



Architecture for policy control from external applications.

Fuente: Tomado de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.



Es así, que un socio de negocio puede no sólo monitorear sus equipos, sino que variar los parámetros de calidad de servicio en términos de velocidad, tasa de error, latencia y demás atributos que pueda controlar. En aplicaciones con drones, se puede integrar el intercambio de fotografías a diversas resoluciones según sea la calidad de servicio que se requiera y el usuario puede variar esta calidad en forma dinámica desde su empresa. Para aplicaciones de robótica, también se puede incorporar **más elementos o retirarlos de la línea de producción en forma dinámica y conforme sea requerido**. Todo esto abre nuevas oportunidades para que los clientes sientan más empoderados respecto de sus operaciones y con una flexibilidad nunca vista.

Tecnologías y retos para implementar redes 5G

Las redes 5G requieren de las tecnologías más evolucionadas en las diversas capas de red que las conforman, lo cual hace necesario una revisión y una actualización de los elementos de red en operación. Es así como se establecen múltiples requerimientos como se muestra a continuación:

- Frecuencias hasta 100 GHz
- Ancho de banda flexible.
 - Diferentes anchos de bandas.
 - Hasta 1 GHz.
- Duplexing³: totalmente flexible.

3 Bidireccionalidad – Enlace de subida y de bajada bidireccional.

- Soportar FDD ("Frequency Division Duplexing") y/o TDD ("Time Division Multiplexing") tanto en el sentido descendente DL como en el ascendente UL.
- Soporte de espectro compartido.
 - Con o sin licencia.
 - Entre tecnologías IMT o No-IMT.

Tecnologías como:

- SDN (redes definidas por software).
- NFV (Virtualización de funciones de red).
- Beamforming.
- Fibra óptica en todas partes.
- DWDM ("Dense Wavelength Division Multiplex").
- Massive MIMO ("Multiple Input – Output") masivo.
- OFDM ("Orthogonal Frequency Division Multiplexing") con espaciamiento y ancho de banda adaptativos.

Seguridad en Redes 5G

Toda red de telecomunicaciones debe resguardar su seguridad y una red tan atractiva como 5G, con tantas funcionalidades y control de los principales elementos de red que permiten que las verticales de la sociedad (en industria, salud, gobierno, turismo, educación y demás verticales puedan ser controlados), requiere de cuidados especiales.



La especificación de 3GPP TS 33.501 formulada desde la versión 15 “release 15” define la arquitectura de seguridad, funcionalidades y mecanismos para el sistema 5G tanto en su red de radio (5G-RAN) como en su núcleo (5G-CORE). El esquema de seguridad permite un marco de referencia de autenticación tanto para el acceso empleando redes 3GPP como no-3GPP. El intercambio seguro de información tanto en el plano de usuario como en el plano de control debe estar garantizado empleando técnicas de cifrado tales como las recomendadas TLS (“Transport Layer Security”) como IPsec.

Conclusión

La UIT mediante los requerimientos IMT-2020 definen una red móvil con capacidades superiores respecto de las redes móviles predecesoras en términos de velocidad de datos, baja latencia y masificación de dispositivos máquina a máquina. Funcionalidades como la partición de red y las funciones de exposición de red permiten habilitar una gran cantidad de aplicaciones y servicios sobre redes inalámbricas como nunca se había permitido en sistemas móviles. En ese sentido, la red 5G constituye una red que implementa una arquitectura abierta, en ambientes de nube, con una separación muy clara entre el plano de control y el plano de usuario.

Referencias

- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2023). UIT. <https://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>
- 3rd Generation Partnership Project. (2023). <https://www.3gpp.org/>



Espectro Disponible para Tecnología 5G NR



Edwin Segura



Edwin Segura. Gerente Técnico y Business Manager Regional de MOBILNETWORKS (5G NR) para América Latina. Ha laborado como ingeniero en Agilent Technologies (Estados Unidos) y Gerente de Planificación y Optimización de Milicom (TIGO), además de consultor para las empresas Huawei (LATAM), Nokia Chile y ZTE Ecuador. También se ha desempeñado como consultor Senior para Ericsson India, Airspan (India & Israel), Amdocs (EEUU), Astelia para Europa, EXFO para Canadá y Francia y el Grupo ZAIN (Medio Oriente). Es miembro de la Junta Directiva de MOBILNETWORKS para Latinoamérica.



Al referirnos a las redes 5G, ya no solamente se trata de un internet móvil más rápido, sino también de conexiones masivas a través del Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés) y de servicios de misión crítica, por ejemplo para habilitar la conducción y los vehículos autónomos. Para cada una de estas aristas se necesita un espectro específico, es decir, se puede tener un espectro asignado, pero ese segmento quizás no sea el adecuado para desarrollar cada una de estas funcionalidades.

Este es el primer punto que se debe saber, que hay espectro, pero los segmentos tienen diversas ventajas y desventajas que deben ser aprovechadas de manera distinta para aprovechar al máximo sus potencialidades. Aquí es donde radica el secreto para que se puedan lograr todas las mejoras que prometen las redes 5G, pero para eso se requiere de una porción de espectro con ciertas características que maximen o potencien los servicios que quieren ofrecer.

Por otro lado, otra de las aplicaciones son las redes privadas 5G, las cuales pueden ser consideradas una cuarta arista. Se pueden citar varios ejemplos de uso como los son:

- **Minería:** en países como Chile y Perú hay una gran cantidad de despliegues de redes 5G y 4G privados.
- **Transporte masivo:** Esto se utiliza específicamente para ferrocarriles y aeropuertos. En este caso, Chile ha mostrado su reciente interés en diseñar y desplegar una red 5G exclusiva en sus servicios de transporte masivo.

- **Generación de energía eléctrica.**

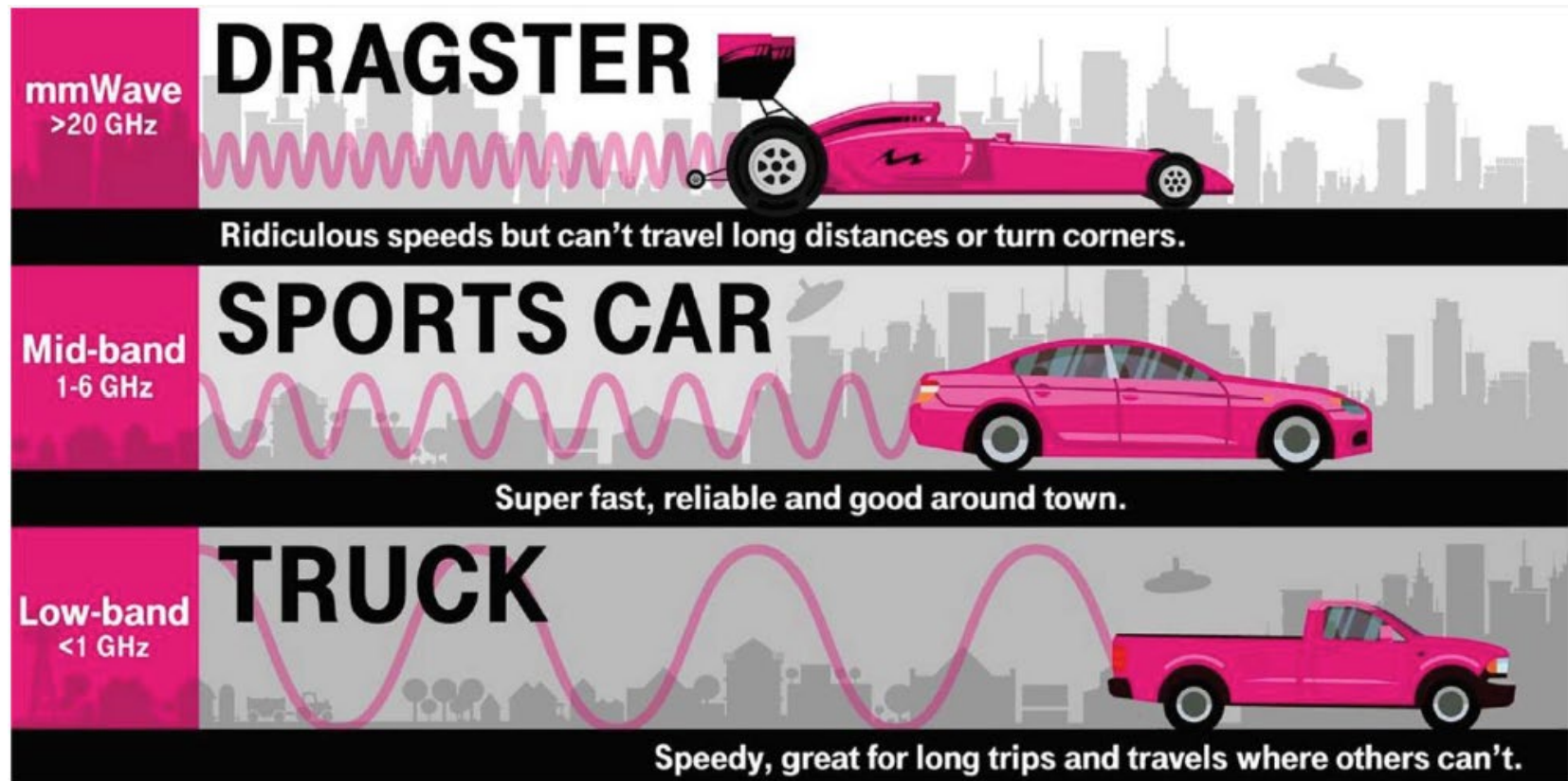
No obstante, volvemos al punto de partida: todos estos proyectos requieren un espectro específico. Se afirma que las redes 5G son capaces de manejar diversos despliegues, servicios, aplicaciones y segmentos del espectro. Un aspecto técnico crucial de la estructura interna de 5G es la *Numerología*. En términos sencillos, mientras que en 4G el ancho de banda de cada subportadora, que componía la señal total de LTE, era de 15 KHz, en 5G esto se ha ampliado significativamente, alcanzando 30, 40 e incluso 120 KHz.

Pero ¿cuál es su relación con el uso del espectro? Por estándar, para 5G están disponibles desde las bandas clásicas de los 800 GHz hasta segmentos muy altos que se conocen como las bandas milimétricas y que, están sin uso total o son desconocidos para la mayoría de ingenieros que trabajan esto, ya que al menos que trabajen en enlaces con satélites o en otras tecnologías las reconocen. Lo anterior implica que estas bandas pueden ser utilizadas técnicamente sin ningún problema.

La mayoría de los despliegues en el mundo y en los que se ha trabajado directamente como en el caso de Kuwait, un país pequeño y muy rico, han sido realizados en el segmento de 3.5. GHz. Un despliegue más bajo de esa banda significa que hay menos disponibilidad de espectro; más arriba de esto la tecnología todavía no ha madurado tanto como para ser capaz de desplegar en 24 o 26 GHz, aunque algunos países más avanzados tecnológicamente ya lo están haciendo.



Figura 11.1. Rendimiento a nivel de sistema: analogía perfecta de T-Mobile USA



Fuente: Tomado de T-Mobile, Estados Unidos.

Entonces ¿dónde está la mayoría de países? Estos se ubican precisamente en el segmento de 3.5GHz, porque es la que ofrece más ventajas como una buena cobertura ajustada al presupuesto con que se cuenta. Si bien no es la misma penetración de 850 MHz al menos si logra penetrar lo suficiente

como para tener un despliegue interesante. El otro segmento que más se ha utilizado es el de 24-28 GHz, el de las bandas altas y son países que tienen un manejo más eficiente del espectro.



Por otro lado, las bandas superiores, aquellas por encima de los 20 GHz, representan las frecuencias del “futuro”, donde se espera que lleguemos en unos años. Estas bandas ofrecen la mayor capacidad de ancho de banda para la red 5G. En la

tecnología LTE, el Carrier solía operar con 20 MHz, pero en la actualidad se considera que 100 MHz es lo mínimo necesario para garantizar un servicio de calidad y velocidad para los clientes.

Figura 11.2. Uso del espectro a nivel global
En todo el mundo, estas bandas han sido asignadas



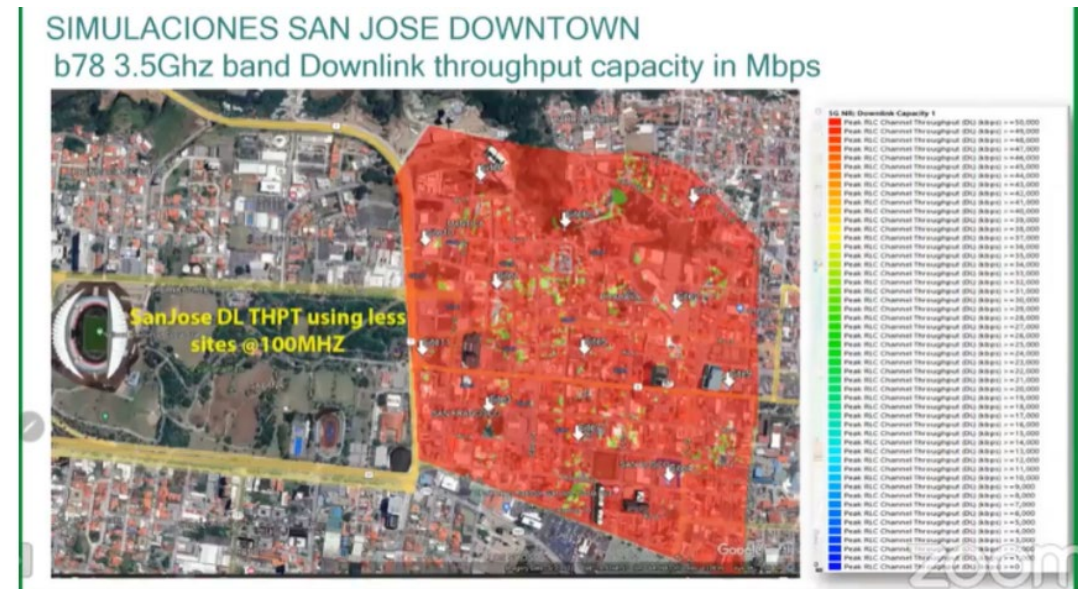
Fuente: Tomado de Mobile Networks



Siguiendo con la analogía, las bandas intermedias, alrededor de los 3.5 GHz, están diseñadas para los primeros despliegues de 5G en esta frecuencia, ya que ofrecen un buen equilibrio entre rendimiento y cobertura. Finalmente, las bandas más bajas, como las de 700 y 800 MHz, son las clásicas. Estas frecuencias, con mayor capacidad de penetración, están especialmente diseñadas para aplicaciones de IoT, ya que ofrecen un mayor alcance.

A manera de ejemplo, se realizó una simulación para el centro de San José, específicamente para la zona de La Sabana y en la imagen siguiente se puede identificar a un lado el Estadio Nacional, esto es lo que identificamos con Downtown San José. Esta simulación se realizó para la banda 78, correspondiente a un despliegue teórico de 5G en 3.5 GHz con un ancho de banda de 50 MHz. En Latinoamérica, las empresas están implementando esta tecnología no por elección propia, sino debido a las decisiones de sus gobiernos, que solo permiten el uso de segmentos pequeños de la banda. Por lo tanto, deben conformarse con segmentos de 50 MHz o menos, lo que limita sus opciones. La imagen ilustra la capacidad en términos de velocidad: las áreas en rojo indican mayor velocidad, mientras que las zonas en azul representan menor velocidad. Se pueden observar “parches” en la imagen, con algunas zonas en rojo y otras en verde y azul, lo que refleja variaciones en la velocidad.

Figura 11.3. Simulación 1 en el área de La Sabana (San José, Costa Rica)
Simulación teórica realizada con Banda de 78 MHz- banda de 3.5 GHz capacidad de rendimiento de enlace descendente en Mbps



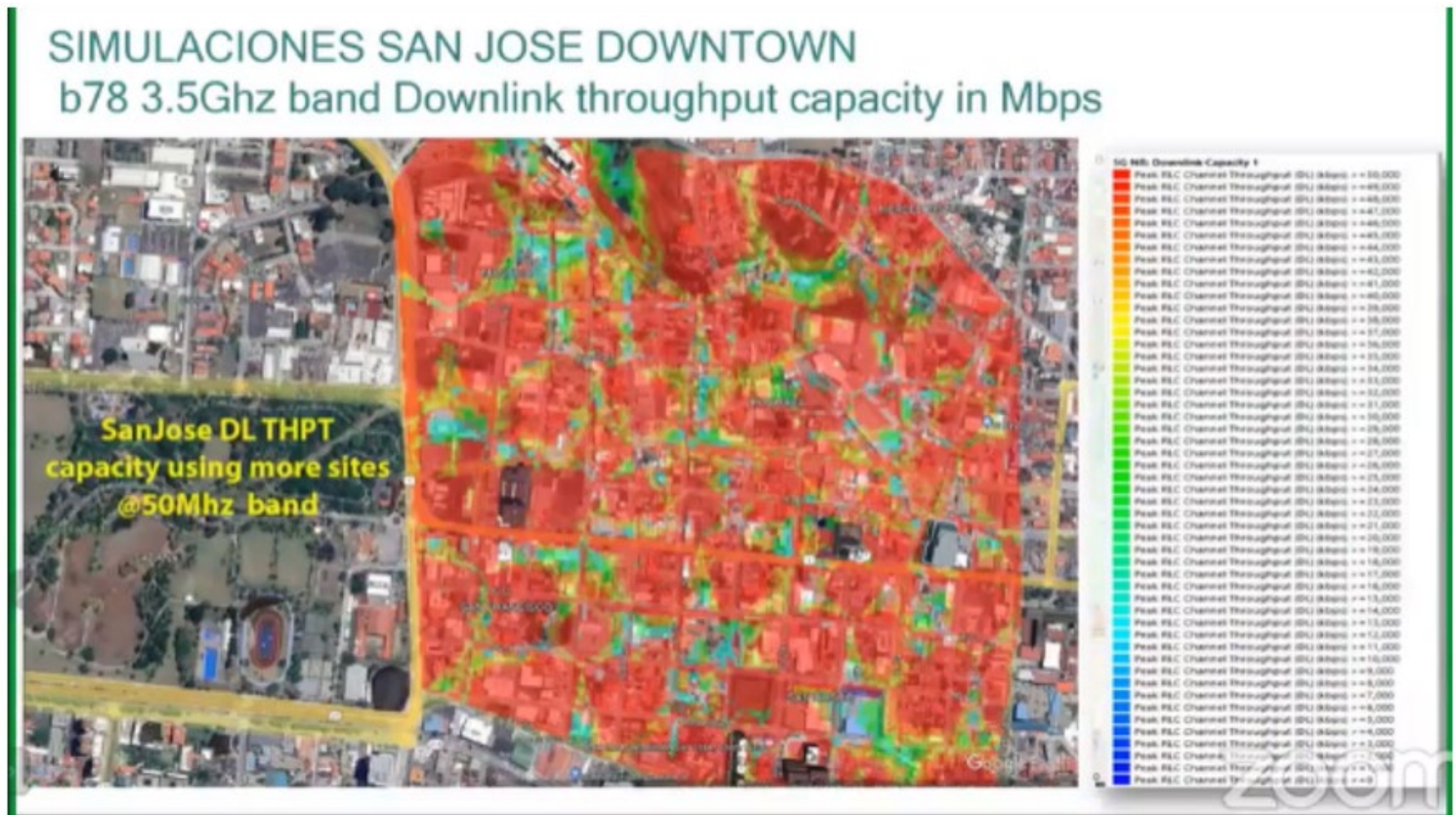
Fuente: Tomado de Mobile Networks, 2023.

En esta misma zona se realizó otra simulación, también utilizando 50 MHz, pero con una mayor cantidad de sitios. La capacidad y la velocidad que se pueden ofrecer dependen de la banda y el ancho de banda que se utilicen. En esta segunda imagen, se puede observar un incremento en las áreas rojas, lo que indica una mejora en la velocidad, aunque esto implique la inclusión de muchos más sitios.



Figura 11.4. Simulación 2 en el área de La Sabana (San José, Costa Rica)

Simulación teórica realizada con Banda de 78 MHz- banda de 3.5 GHz capacidad de rendimiento de enlace descendente en Mbps



Fuente: Tomado de Mobile Networks, 2023.

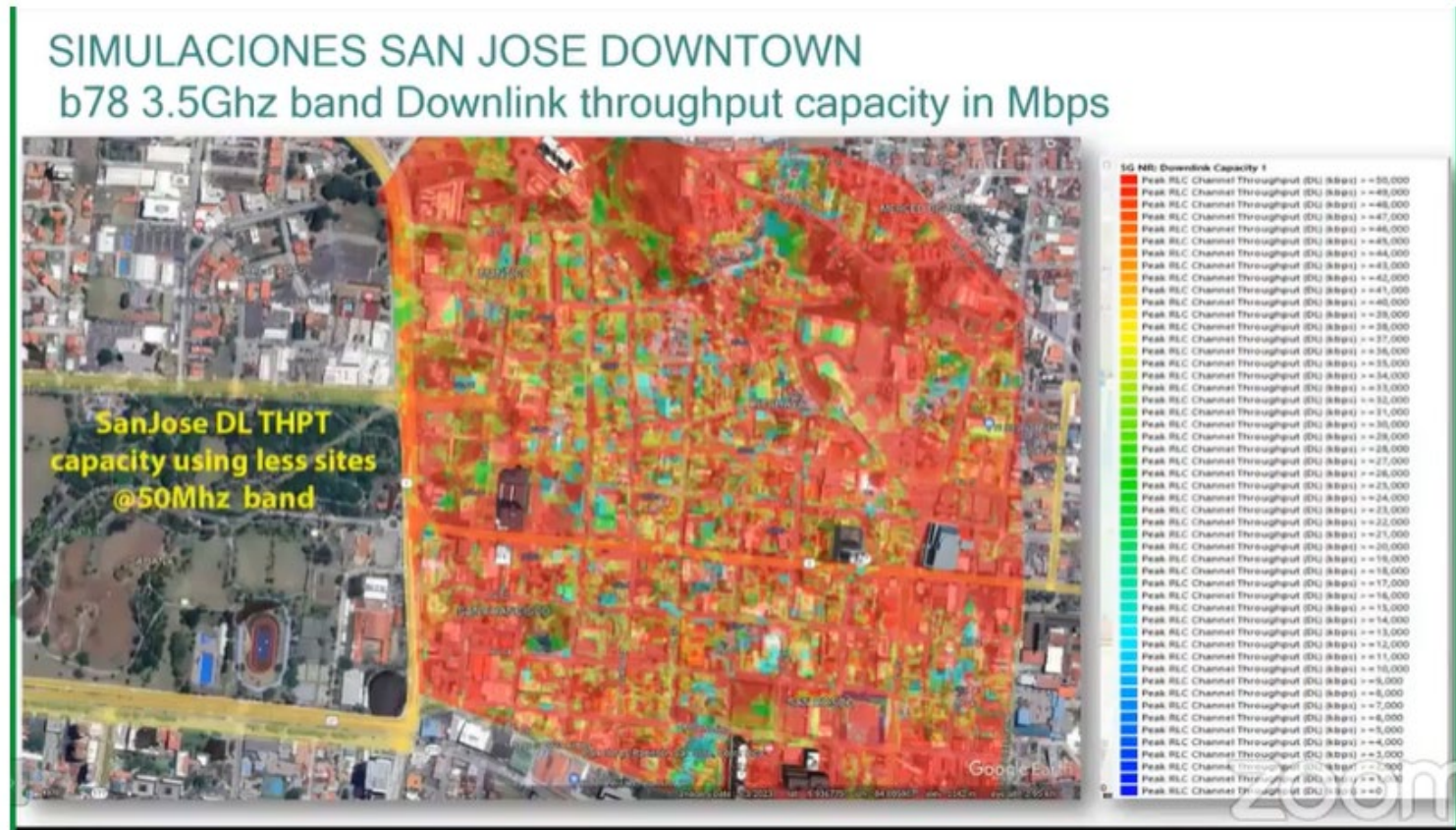


Seguidamente, se realizó una tercera simulación para evaluar el impacto de un Carrier de 100 MHz, que es lo recomendado según los estándares, como ocurre en Kuwait. En este caso,

con la misma cantidad de sitios pero con un mayor espectro, se observa una zona significativamente más roja, lo que refleja una velocidad superior.

Figura 11.5. Simulación 3 en el área de La Sabana (San José, Costa Rica)

Simulación teórica realizada con Banda de 78 MHZ- banda de 3.5 GHz capacidad de rendimiento de enlace descendente en Mbps



Fuente: Tomado de Mobile Networks, 2023.

El espectro, por tanto, juega un papel crucial. Sin embargo, la mayoría de los gobiernos, a pesar de tener espectro disponible, no lo liberan por diversas razones. Esto afecta la cantidad de servicios que los operadores pueden ofrecer a la población. A pesar de esto, en algunos países de Latinoamérica,

como Chile, las licitaciones de espectro han estado sujetas a ciertas condiciones, como proporcionar servicio con una velocidad mínima en zonas rurales, vulnerables o indígenas, con el objetivo de reducir la brecha digital.



Sin infraestructura no habrá 5G



Eduardo Palacios Gutiérrez



12

Eduardo Palacios Gutiérrez. Miembro de la Junta Directiva de INFOCOM. Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) con una especialización en Organización Industrial. También posee una Maestría en Administración de Empresas Globales de la Pontificia Universidad Católica del Perú, " cum laude ", así como una Maestría en Administración de Empresas (MBA) de EADA –Escuela de Alta Dirección y Administración- en Barcelona, España. Se unió a la empresa UFINET en el año 2000 en el departamento de ventas y rápidamente pasó al puesto de Gerente Nacional para Guatemala durante más de cinco años, y desde 2010, después del lanzamiento de las operaciones en Costa Rica, se ha desempeñado como Gerente Nacional en nuestro país.

Ocupa un papel activo en el desarrollo de la Industria de las Telecomunicaciones de Costa Rica, siendo miembro de la Junta Directiva de la Cámara de Infocomunicación y Tecnología (INFOCOM), donde también es subcoordinador de la Comisión de infraestructura y miembro del Comité Ejecutivo de esta cámara.



Resumen

El artículo explora el concepto de red de telecomunicaciones ligándolo a la noción de infraestructura y resaltando su trascendencia para la operación y desarrollo de los servicios de telecomunicaciones. Una vez establecida esta especificación, se proporcionan algunos datos para contextualizar el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en Costa Rica y luego ahonda en el estado de situación de la infraestructura de telecomunicaciones del país.

A partir de esto, se identifican algunos de los principales puntos de mejora y las medidas regulatorias que se han adoptado para solventar estos vacíos. El texto cierra reflexionando la importancia que tiene la coordinación interinstitucional para impulsar la simplificación de trámites y llevar al desarrollo exitoso de proyectos de conectividad a nivel local.

Palabras clave: Infraestructura, red de telecomunicaciones, redes 5G, simplificación de trámites y despliegue ágil.

Introducción

La 5G es una tecnología habilitante que permite interconectar aparatos y dispositivos mediante la unión con otras tecnologías que se han venido desarrollando en las últimas décadas y años, como lo es el caso de la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT). Esto hace que la 5G represente una gran revolución ya que permitirá avances que hasta hace poco eran impensables.

Por ejemplo, la posibilidad de conectar múltiples dispositivos de manera remota a grandes velocidades permitirá que profesionales de la salud puedan realizar una operación a distancia sin tener que estar en el quirófano. Del mismo modo, la tecnología 5G ayudaría a hacer una realidad la conducción autónoma y que los vehículos sean capaces de interpretar las señales de tránsito y de captar los mensajes que les envían sensores colocados en la red vial.

Los ejemplos anteriores muestran apenas una pequeña gama del abanico de aplicaciones que se podrán desarrollar con la tecnología 5G. Sin embargo, para que estas puedan llegar a ser aprovechadas en la vida real, se requiere de una serie de condiciones previas que permitan el desarrollo y aprovechamiento efectivo de las redes 5G. Además de la disponibilidad de espectro, la infraestructura de telecomunicaciones quizás sea uno de los requisitos más importantes, ya que esta constituye la base a través del cual se habilitarán las tecnologías disruptivas asociadas a la cuarta revolución industrial. Esto obliga a priorizar el despliegue ágil de la infraestructura de telecomunicaciones y que en dicho proceso se tenga acceso a recursos escasos, que no resulten prohibitivos para los operadores de telecomunicaciones.

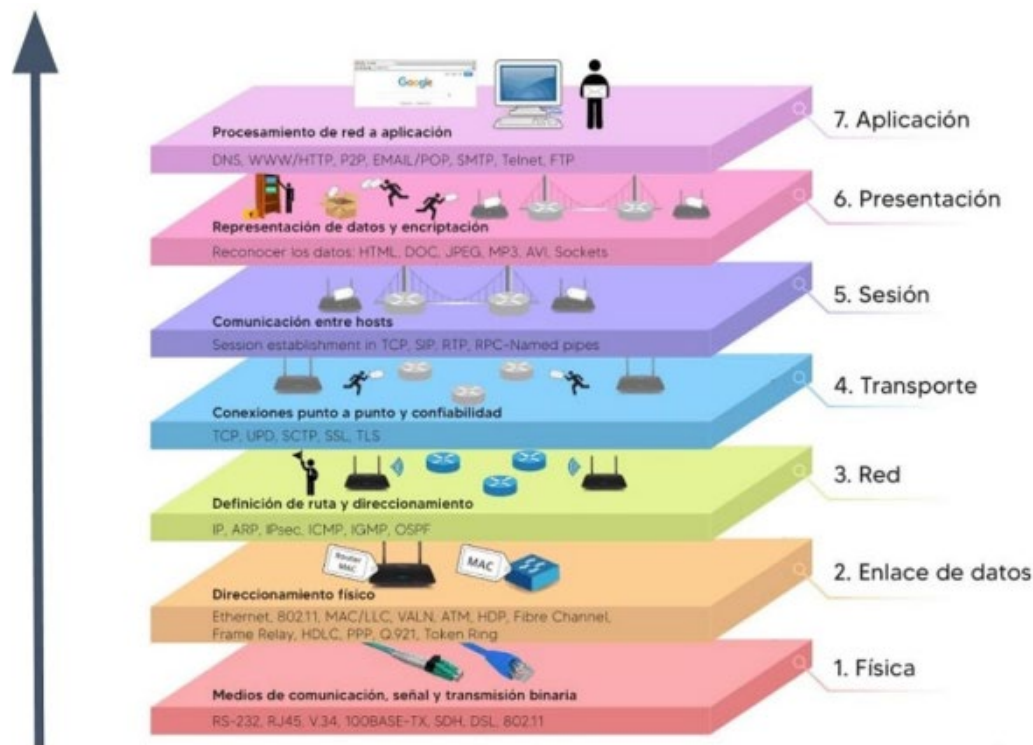
¿Qué es una red de telecomunicaciones?

Una red de telecomunicaciones se construye en capas de la misma forma en que se levanta un edificio. En ese sentido, se puede ir edificando de abajo arriba y en cada planta luego



se trabaja de forma independiente. De ese modo, una red de telecomunicaciones comprende 7 capas distintas, las cuales pueden ser apreciadas en la figura 12.1.

Figura 12.1. Modelo OSI¹ orientado redes



Fuente: Tomado de <https://community.fs.com/es/article/tcpip-vs-osi-whats-the-difference-between-the-two-models.html>

¹ La expresión “Modelo OSI” alude al concepto de interconexión de sistemas abiertos (Open Systems Interconnection) y se utiliza para indicar un modelo que orienta el desarrollo de protocolos de comunicación de las redes informáticas.

De las siete capas, la primera constituye la base de las demás. Esta se corresponde con la infraestructura física, la cual a su vez comprende al conjunto de cables, antenas y torres de telecomunicaciones que cimientan a los sistemas de telecomunicaciones y al resto de las 6 capas que integran a una red de esta naturaleza. La infraestructura de telecomunicaciones es muy importante porque sobre la misma se construye todo el modelo de una red.

La tecnología está presente en nuestras vidas

Aunque Costa Rica sea un país pequeño con una población de apenas 5 millones de habitantes, hay una importante presencia tecnológica. Se estima que casi 4 millones de personas (91% de la población) usan las redes sociales a diario, mientras que se calcula que tenemos unos 4,6 millones de usuarios y usuarias de Internet.

En el país hay casi 8 millones de líneas de celulares, lo que significa que se tienen casi 1,4 líneas por habitante. En cuanto a los principales medios de acceso al Internet, vemos que una proporción significativa de la población cuenta con teléfonos inteligentes y con com-



putadora, aunque se registran diferencias según la zona del país. Otro dato interesante es que un 75% de la población costarricense prefiere utilizar dispositivos Android, mientras que un 23% es usuaria del sistema iOS de Apple; lo que representa un número muy alto comparado con el resto del mundo.

Situación de la infraestructura de telecomunicaciones en Costa Rica

Actualmente la situación no es la ideal. En muchos sitios del país (como la ruta 1) los cables de fibra óptica no están en el mejor estado, mientras que, en otras zonas, se han eliminado elementos que sujetaban los cables y en muchos casos, los elementos de soporte no han sido colocados nuevamente. Esto obliga a que los operadores utilicen cualquier medio a su alcance, en algunos casos en condiciones muy precarias, para garantizar la continuidad del servicios, lo que los expone a una eventual caída y/o a cualquier otro tipo de vulneración.

Asimismo, la oleada de inseguridad que azota al país también afecta a la infraestructura de telecomunicaciones pues se registran constantes actos de vandalismo, asaltos y robo de cables, lo cual también afecta la calidad de los servicios prestados.

Por otro lado, tenemos que considerar que la introducción de tecnologías emergentes implica un uso muy intensivo de la infraestructura de telecomunicaciones. De hecho, se estima que las redes 5G requieren de 10 veces más infraestructura de

la que actualmente demanda la tecnología 4G, e incluso más dependiendo de la zona del país. Además, no debe olvidarse que Costa Rica tiene gran parte de su territorio en áreas montañosas, lo que dificulta el despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones.

Adicionalmente, hay que mencionar que tenemos una amplia cantidad de trámites administrativos para la obtención de permisos, los cuales tienden a ser muy dispersos sobre todo a nivel de las regulaciones cantonales. La existencia de regulación distinta para el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones entre los distintos municipios, imposibilita una instalación rápida y eficiente de redes de telecomunicaciones.

Para solventar parte de estas limitaciones, en el 2022 se promovió la *Ley para incentivar y promover la construcción de infraestructura de telecomunicaciones en Costa Rica* (Ley N°10216) la cual permite el uso de distintos espacios para el despliegue y la instalación de la infraestructura de telecomunicaciones como carreteras, vías de tren y azoteas de edificios públicos, entre otros. No obstante, aunque la adopción de esta norma constituye un notable avance para regulación de este tipo de procesos en el país, aún persisten puntos de mejora sobre todo en materia de simplificación de trámites.

En este ámbito en particular, se considera posible la eventual aplicación de un mecanismo de **ventanilla única** que permita que haya un solo flujo en el otorgamiento de permisos similar a la forma como funciona la plataforma del Administrador de Proyectos (APC) del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA).



Una buena coordinación interinstitucional también resulta clave para mejorar el desarrollo de infraestructura de telecomunicaciones y un buen ejemplo de esta práctica se encuentra en el proyecto *"Conectemos la Esperanza"* de la Municipalidad de Santa Cruz. En este caso, el gobierno lo-

cal identificó la necesidad de fortalecer la infraestructura de telecomunicaciones del municipio para evitar la migración de la población hacia otros cantones y crear a partir de las telecomunicaciones un modelo productivo que fomente la oferta turística del cantón.



Comprendiendo el concepto de campos electromagnéticos y su regulación: una perspectiva desde la salud pública



Carlos Manuel Pérez Lizano



Carlos Manuel Pérez Lizano. Unidad de Salud Ambiental-Ministerio de Salud.

Ingeniero Civil de la Universidad Fidélitas y Máster en Ingeniería Ambiental de La Universidad Internacional Isabel I de Castilla. Ha ejercido la ingeniería civil tanto en el sector privado como en el sector público como funcionario del Ministerio de Salud en la Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental, en temas relacionados con Gestión de Residuos, Calderas, Rellenos Sanitarios, Radiaciones no ionizantes y otros temas de Salud Pública. Tiene experiencia en diseño, construcción, inspección y avalúos de obras civiles.



Resumen

El presente artículo brinda un acercamiento al concepto de campos electromagnéticos (CEM) precisando y diferenciándolo de las nociones de campo eléctrico y campo magnético. A partir de esto, se abordan los tipos de radiaciones (ionizantes y no ionizantes) que pueden generar los CEM. Adicionalmente, se aborda la evidencia científica disponible a la tecnología 5G resaltando su impacto como radiación no ionizante.

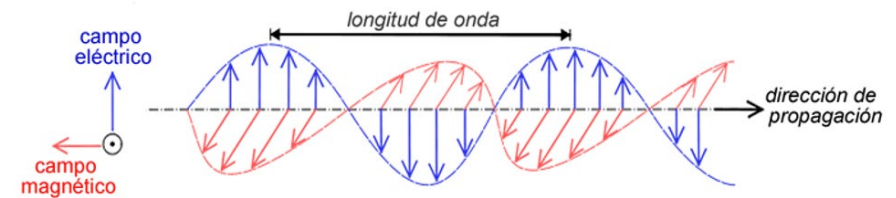
Finalmente, se presentan las organizaciones internacionales ligadas a la tutela y regulación de las radiaciones no ionizantes, así como la normativa nacional que en Costa Rica está vinculada a la temática.

Palabras clave: campos eléctricos, campos magnéticos, campos electromagnéticos, redes 5G, telecomunicaciones.

¿Qué son los campos electromagnéticos?

Los campos electromagnéticos (CEM) son áreas de energía que rodean a los dispositivos eléctricos y se originan por el movimiento de cargas eléctricas. En ese sentido, se pueden entender como una combinación de ondas eléctricas y magnéticas que se desplazan simultáneamente y se propagan a la velocidad de la luz.

Figura 13.1. Campos electromagnéticos



Fuente: Tomado de Radiansa Consulting, 2024.

Los CEM están presentes en nuestras vidas cotidianas y siempre han estado presentes en la naturaleza en diferentes, aunque no nos demos cuenta. Para entender mejor como se manifiestan estos resulta necesario que se aluda a los dos tipos de CEM que existen, los *Campos Eléctricos* y los *Campos Magnéticos*.



Los primeros son campos físicos en los que interactúan cargas eléctricas o cuerpos con dichas cargas. Un ejemplo de estos son las nubes de tormenta, las cuales forman un campo eléctrico pues la fricción entre las gotas de agua de las nubes produce cargas eléctricas negativas que son atraídas por la tierra como rayos. Esto produce un campo eléctrico entre las nubes y la tierra.

Por su parte, los campos magnéticos representan zonas en las que convergen fuerzas magnéticas, producto de la influencia de corrientes eléctricas y materiales magnéticos. El planeta Tierra es la fuente natural más grande de campo magnético y este hace que la aguja de una brújula apunte al norte y existe la hipótesis de que ciertos animales, como algunas especies migratorias, pueden sentir este campo magnético.

Otros ejemplos de campos y ondas electromagnéticas naturales y artificiales de las que nos beneficiamos son: la luz (onda electromagnética), auroras polares, electrodomésticos, torres de comunicación y torres de transmisión eléctrica, entre otros.

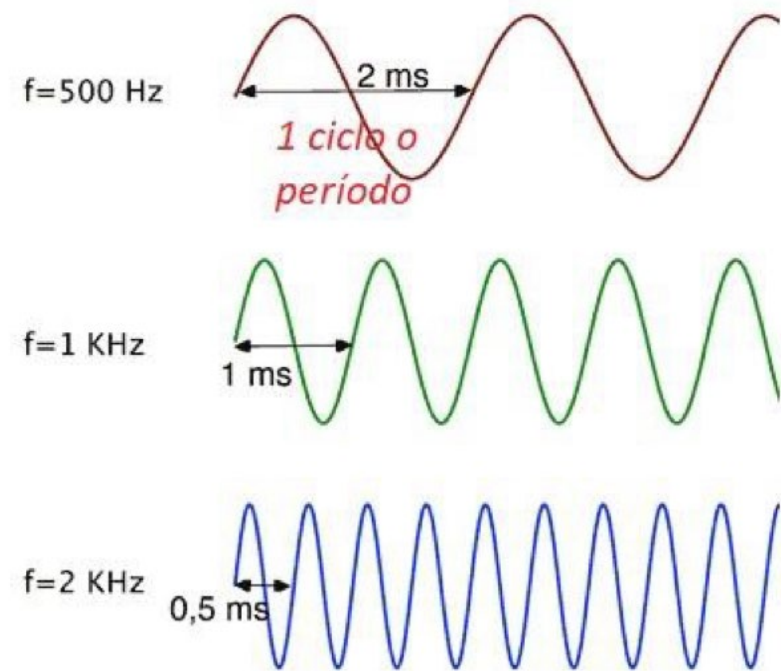
Tipos de radiaciones de los CEM

Un campo electromagnético también es una zona de energía que rodea a los dispositivos eléctricos y que se origina por el movimiento de cargas eléctricas. Estos campos pueden ser ordenados/clasificados en un espectro electromagnético de acuerdo con su frecuencia.

Por su parte, la **Frecuencia** es una magnitud que indica el número de repeticiones por unidad de tiempo de la onda elec-

tromagnética y esta puede ser medida en ciclos por segundo o hercios (Hz). Además, las ondas y su frecuencia se pueden representar mediante una gráfica senoidal.¹

Figura 13.2. Frecuencias de los CEM



Fuente: Capacitación "*Campos Electromagnéticos en Obras de Transmisión*" impartida por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

¹ Una gráfica senoidal representa la función seno y también a dicha función en sí. Es una curva que describe una oscilación repetitiva y suave.



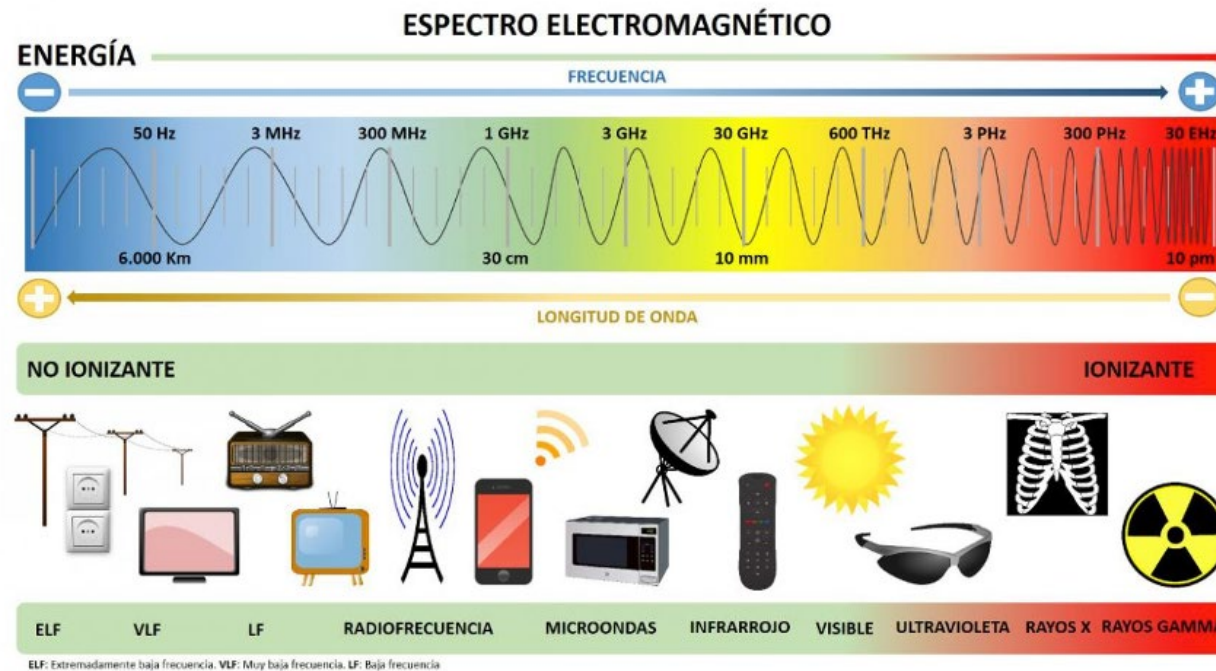
En los CEM se propaga energía en forma de ondas que viajan través del espacio y el vacío, lo que produce **radiaciones electromagnéticas**. Estas pueden clasificarse en dos categorías principales, como *radiaciones ionizantes* y *radiaciones no ionizantes*.

Las radiaciones ionizantes son aquellas que pueden separar electrones de los átomos y las moléculas, produciendo cambios en la estructura de la materia. Las sustancias radioactivas,

los rayos x, los rayos Gamma, las partículas alfa y beta y los aceleradores de partículas son considerados como fuentes de radiaciones ionizantes.

Por otro lado, las radiaciones no ionizantes refieren a las radiaciones que no transfieren suficiente energía como para romper o cambiar la estructura de la materia. Este tipo de radiaciones están presentes en dispositivos cotidianos como televisores, teléfonos móviles, hornos y bombillas, entre otros.

Figura 13.3. Radiaciones ionizantes y no ionizantes, según el tipo de frecuencia



Fuente: Tomado de Comunidad de Madrid, s.f.



¿Qué tiene de diferente la 5G?

Al igual que con telefonías celulares previas, la red 5G depende de las señales que envían las ondas de radio, que son parte del espectro electromagnético, transmitidas entre una antena o torre de comunicación y los teléfonos. La 5G utiliza ondas de frecuencia más alta que las redes previas que telefonía celular, lo que permite que más dispositivos

tengan acceso a internet todo el tiempo y a velocidades más rápidas.

La tecnología de 5G requiere de muchas estaciones de base nuevas, que son las torres que transmiten y reciben señales de teléfonos celulares. Pero como se necesitará de más transmisores, cada uno debe funcionar a niveles de potencia más bajos que la previa tecnología 4G, lo que significa que el nivel de exposición de radiación de las antenas 5G deberá ser más bajo.

Figura 13.4. Transmisión con las redes 5G



Fuente: Tomado de Programa de divulgación científica de Aragón TV, 2021.



Organizaciones internacionales y normativa que rige la exposición a radiaciones no ionizantes

A nivel internacional se cuenta con distintas organizaciones que velan por el cumplimiento de estándares de seguridad que procuren las personas no sean expuestas a niveles de radiación que puedan atentar contra su salud. Entre este grupo de instancias se encuentran:

- **Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP):** es una asociación registrada en Alemania, como organización sin fines de lucro con misión científica. Está formalmente reconocido como actor no estatal colaborador oficial por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- **Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP por sus siglas en inglés):** tiene como objetivo proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos adversos de la radiación no ionizante (NIR). Con este fin, ICNIRP desarrolla y difunde consejos con base científica sobre cómo limitar la exposición a radiaciones no ionizantes. Expertos de diferentes países y disciplinas como biología, epidemiología, medicina, física y química trabajan junto con y dentro de ICNIRP para evaluar el riesgo de exposición NIR y brindar orientación sobre exposición.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) es otro de los actores destacadas dentro de este ecosistema y sobre las redes

móviles 5G ha señalado que estos no están relacionados con afectos adversos para la salud pues los estudios realizados no han encontrado evidencia causal entre la exposición a tecnologías inalámbricas y efectos adversos².

Por otro lado, la exposición a campos electromagnéticos se regula a nivel nacional e internacional y para ello, organizaciones como la Comisión Internacional sobre Protección frente a las Radiaciones No Ionizantes (IGNIR) colaboran con la OMS y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para evaluar y orientar sobre la exposición a estas radiaciones. De ese modo, las normativas de los países suelen usar la evidencia científica disponible para elaborar sus regulaciones.

En esta línea, en Costa Rica la normativa emitida busca limitar la exposición a las radiaciones no ionizantes y proteger a las personas trabajadoras como al público en general. Para ello se han emitido dos decretos que regulan el tema de las radiaciones no ionizantes:

- Decreto N°36324-S *"Reglamento para Regular la Exposición a Campos Electromagnéticos de Radiaciones no Ionizantes, emitidos por Sistemas Inalámbricos con frecuencia hasta 300 GHz"*.
- Decreto N°41065-S-MINAE *"Reglamento para regular la expansión a campos electromagnéticos de radiaciones no ionizantes en los sistemas de transmisión de energía eléctrica de alta tensión"*.

² Con el fin de ampliar sobre este tema, la OMS ha publicado un documento en su página web en formato de "preguntas & respuestas", en el que señala que "hasta la fecha y después de mucha investigación realizada no se han relacionado causalmente con la exposición a tecnologías inalámbricas ningún efecto adverso para la salud".



En resumen, las investigaciones respaldan la idea de que las tecnologías inalámbricas, incluida la 5G, no representan un riesgo significativo para la salud y en ello, el Ministerio de Salud (MS) vigila las publicaciones y estudios para asegurar el bienestar de la población.

Referencias

- Radiansa Consulting. (2024). Campos electromagnéticos de baja frecuencia. Campos electromagnéticos (CEM) de baja frecuencia | Radiansa
- Comunidad de Madrid. (s.f.). Campos electromagnéticos. Campos electromagnéticos | Comunidad de Madrid
- Programa de divulgación científica de Aragón TV. (2021). Descubrimos por fin cómo es una antena 5G. Descubrimos por fin cómo es una antena 5G (youtube.com)



Hacia el 5G: Perspectivas Socioeconómicas



Allan Ruiz

14



Allan Ruiz. Asesor Senior de Mercados Emergentes para Access Partnership.

Ingeniero de la Universidad de Costa Rica en Electrónica y Telecomunicaciones y posee una maestría en Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Madrid. Es experto en telecomunicaciones, tecnologías digitales y desarrollo de políticas públicas y regulatorias. Ha sido profesor en la Universidad de Costa Rica.

Estuvo a cargo de la Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones (COMTEL-CA), apoyó al Centro de Estudio Avanzados de Banda Ancha para el Desarrollo (CEABAD), fue director de Espectro Radioeléctrico y viceministro de Telecomunicaciones del Ministerio de Innovación, Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt) de Costa Rica y ha sido consultor para la UIT, la UE y la banca de desarrollo. Actualmente forma parte de Access Partnership, una firma de políticas públicas con sede en Londres dedicada a garantizar un entorno justo y sostenible en el desarrollo tecnológico.



Al analizar la evolución de las tecnologías móviles desde una perspectiva socioeconómica se identifica que cada generación define pautas y requerimientos específicos para el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones, estableciendo una base que será reutilizada por las generaciones tecnológicas posteriores. Desde la perspectiva de negocios, esto establece una productividad más alta y representa un cambio importante en los modelos de negocio y en cómo absorbemos las tecnologías en nuestro día a día, especialmente en el trabajo.

La primera generación de tecnologías móviles, que eran analógicas, definieron el camino para las comunicaciones personales, facilitando la interacción directa entre las personas. Estas redes solo ofrecían el servicio de voz, con una tecnología vulnerable a interferencias y utilizaba el espectro radioeléctrico de manera ineficiente. La segunda generación introdujo el uso de tecnologías digitales, mejorando significativamente la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico. A partir de eso, se posibilitaron múltiples comunicaciones simultáneas, lo que impulsó el crecimiento de esta tecnología.

También se introdujo el roaming, permitiendo el acceso a servicios de telecomunicaciones mientras se viaja a otros países. Sin embargo, esta tecnología seguía siendo costosa y estaba orientada a personas con alto poder adquisitivo. La tercera generación, impulsó avances significativos en el uso de tecnologías digitales, lo cual marcó hitos importantes en la infraestructura y modificó el modo como nos conectamos y hacemos negocios.

En la tercera generación, los servicios de Internet comenzaron a converger con los de voz y telefonía, permitiendo que se compartieran imágenes, sonido y video y aparecieron algunos servicios de la nube, así como aplicaciones para los dispositivos. Las redes sociales comenzaron a expandirse y con ello se habilitaron las comunicaciones en tiempo real.

Las aplicaciones nos permitieron mantenernos en contacto con otras personas en tiempo real, así como pausar la conversación y responder minutos o incluso días después, continuando la comunicación que establecimos a través de las redes sociales. En paralelo a esto, proliferaron los primeros servicios bancarios online.

Con la llegada de la cuarta generación (4G), comenzaron a estar disponibles servicios de banda ancha con velocidades superiores a las de las generaciones anteriores. Este avance hizo que las plataformas digitales se volvieran más sofisticadas, aumentando la demanda de ancho de banda, especialmente para aplicaciones multimedia. También observamos una convergencia entre Internet y los servicios de televisión y radiodifusión, lo que permitió la creación de estaciones de radio en línea y aplicaciones de contenido televisivo en vivo. El 4G abrió la puerta para el desarrollo de servicios digitales en salud, educación, trabajo remoto, entre otros.

Con el 5G se dará una evolución de las potencialidades de la tecnología 4G, por ejemplo, con la banda ancha extendida no sólo mejorará las comunicaciones críticas sino que también se optimizará la velocidad de las conexiones, así como la latencia. Todo ello será fundamental para aplicar la transformación digital, el internet de las cosas (IoT), los vehículos autónomos y las ciudades inteligentes.



El hilo conductor en todas las diferentes tecnologías ha sido el espectro radioeléctrico. En el caso de 5G se requiere de distintas bandas de espectro, primeramente, están las *bandas bajas* (que son bandas de menos 1 GHz), las *bandas medias* (que están entre 1 GHz y 6 GHz) y las *bandas altas* (que son más de 6 GHz). Las bandas bajas proveen de mucha más cobertura que las bandas medias, sin embargo, las bandas medias y altas nos ayudan a alcanzar mejores capacidades.

Entre más baja sea la frecuencia, más baja será la longitud de onda de la frecuencia y la cobertura de la infraestructura tiende a ser más baja. Por eso cuando estamos hablando de bandas altas (o bandas milimétricas) dichas bandas tienen menos cobertura, por lo tanto, se va a requerir de más infraestructura.

Para poder acceder a estas bandas de frecuencia, los operadores móviles concursan y acceden al espectro licenciado, aunque actualmente, abundan las discusiones sobre el uso compartido del espectro radioeléctrico. Además, del espectro, el 5G requiere del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones y una normativa que facilite su desarrollo. Es fundamental asumir que el valor del espectro radioeléctrico ha cambiado radicalmente a través de las diferentes generaciones.

En la primera generación, los procesos de concurso y asignación de espectro estuvieron muy orientados a fines recaudatorios, valorando el espectro según los recursos económicos que se pudieran obtener a través de su licitación. Hoy esta concepción ha cambiado radicalmente porque actualmente interesa impulsar el uso del espectro para generar un desarrollo socioeconómico que nos ayude a cerrar la brecha digital.

Otro aspecto crucial es facilitar la compartición de la infraestructura de telecomunicaciones. En esta línea varios países de Latinoamérica han desarrollado leyes que permiten que la industria móvil pueda acceder a las diferentes infraestructuras públicas. Esto permitirá que, en postes, carreteras e inclusive edificios públicos se desarrolle de infraestructura digital.

Lo anterior refleja la importancia que tiene la normativa para el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones, sobre todo a nivel municipal. Los gobiernos locales son actores clave para impulsar la tecnología 5G, sin embargo, pueden convertirse en un obstáculo cuando imponen requisitos y trámites que retrasen los procesos de despliegue.

Uno de los principales riesgos de la tecnología 5G es que podría aumentar aún más las desigualdades entre las zonas rurales y urbanas. Si bien las redes 5G proveerán mayor capacidad y menor latencia, es muy posible que los despliegues iniciales dejen a un lado el despliegue en las áreas remotas, por lo que podrían quedar aisladas o generarse nuevas brechas territoriales. Dichas brechas también pueden ocurrir entre países y sectores productivos.

Para mitigar el riesgo de dejar zonas rurales y remotas sin acceso a las redes 5G, una estrategia efectiva es complementar la infraestructura terrestre con enlaces de backhaul satelital, utilizando las constelaciones de satélites en órbita terrestre baja (LEO) que ya están disponibles en la actualidad. Estas constelaciones LEO permiten una cobertura global y pueden proporcionar conectividad de alta velocidad y baja latencia en áreas donde sería costoso o logísticamente complicado desplegar infraestructura tradicional, asegurando que la tecnolo-



gía 5G pueda llegar a todos los rincones, cerrando la brecha digital territorial.

Frente a las posibles asimetrías, los países deben diseñar políticas y planes que ayuden a los Estados a identificar los secto-

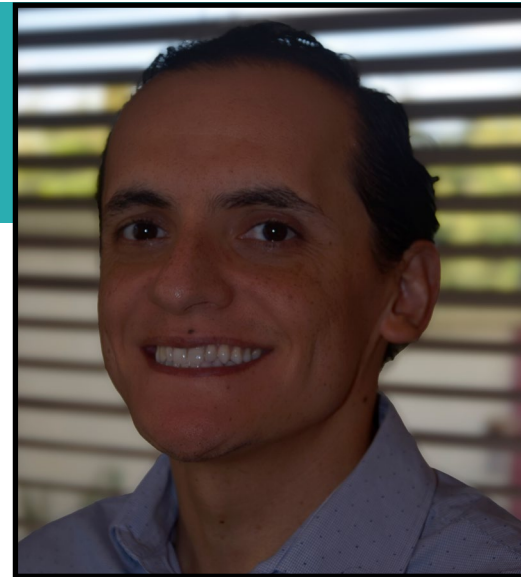
res más productivos para impulsar un proceso de transformación digital que incluya la integración de la tecnología 5G. Por ejemplo, en Costa Rica, el sector turístico es uno que podría dinamizarse a través de este tipo de iniciativas.



Acciones del Estado en pro de las redes 5g en Costa Rica



José Manuel Peralta Carranza



15

José Manuel Peralta Carranza. Gerente de Administración del Espectro Radioelétrico, Micitt.

Licenciado en ingeniería en electrónica del Tecnológico de Costa Rica, con una maestría en Redes y Telemática por la Universidad Latina y una maestría en Economía de las Telecomunicaciones por la Universidad de Estudios a Distancia de Madrid. Tiene experiencia en el área de las telecomunicaciones por más de 17 años, y en particular del área de las telecomunicaciones inalámbricas. Está a cargo del Departamento de Administración del Espectro Radioelétrico en MICITT desde el año 2017.



Resumen

Esta ponencia aborda el espectro radioeléctrico desde una perspectiva en donde se destacan las funcionalidades asociadas a las distintas bandas de frecuencias que existen. A partir de esto, se presentan algunos casos de uso que estas bandas permitirán desarrollar con la tecnología 5G, además de los requerimientos técnicos que en términos de cobertura y características de propagación deberán ser considerados para su implementación.

En paralelo, se presentan algunas de las decisiones de política pública que el país ha adoptado con el fin de crear condiciones propicias para el desarrollo de la tecnología 5G. Entre estas destacan acciones como la definición del cronograma de asignación de espectro (CAE), las reformas realizadas al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF), la promulgación del más reciente Plan Nacional de Desarrollo de Telecomunicaciones (PNDT) 2022-2027, los procesos de recuperación de bandas de espectro y el desarrollo de procesos de licitaciones de las bandas de frecuencias disponibles, entre otras.

El documento cierra reiterando los beneficios y oportunidades económicas que la implementación de redes 5G podrá traer para Costa Rica, por lo cual se considera necesario fortalecer el diálogo entre los distintos actores del sector de las telecomunicaciones y continuar fortaleciendo las inversiones en el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones para el soporte de las redes 5G.

Palabras clave: espectro radioeléctrico, banda de frecuencias, proceso concursal, sistemas IMT-2020 y redes 5G.

Una perspectiva técnica para entender qué es el espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico puede ubicarse dentro de la gama de frecuencias de los 3 kHz a 3000 GHz del espectro electromagnético. Estas frecuencias, habilitan los canales de comunicación que son empleados en las comunicaciones inalámbricas por distintos tipos de dispositivos y aplicaciones.

Las características técnicas de estos canales o vías de comunicación inalámbricas no solamente permiten el desarrollo de distintos servicios de usuario final, sino que obedecen a las reglas de la ciencia y la técnica. Además, se encuentran reglamentadas en el cuerpo normativo técnico, compuesto por el *Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones* (regulación internacional que tiene nivel de tratado internacional para el país) y el *Plan Nacional de Atribución de Frecuencias -PNAF-* (Decreto N° 44010-MICITT, del 30 de mayo de 2023), entre otros. El acatamiento de estas normas por parte de los países deriva en un uso armonizado del espectro radioeléctrico, procurando condiciones de operación donde se minimicen los escenarios de interferencias perjudiciales.

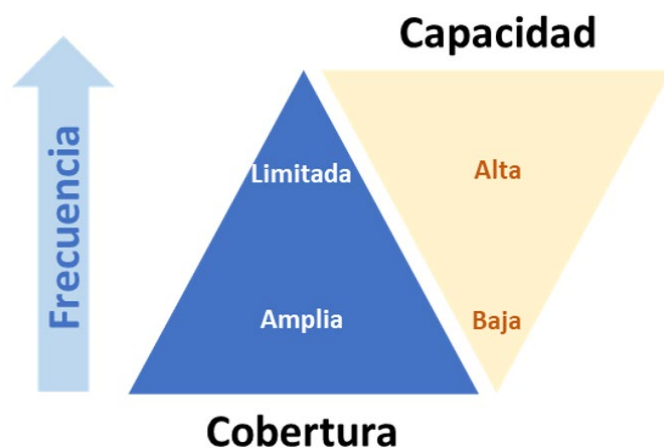
Por otro lado, desde un punto de vista técnico, el espectro radioeléctrico se divide en distintas gamas o bandas, bandas que, por la naturaleza física de las ondas y el valor de su frecuencia, se emplean en la provisión de distintos servicios, tales como la radiodifusión (abierta), comunicaciones satelitales,



teléfonos móviles, entre muchos otros. En este sentido, las frecuencias que componen las distintas bandas del espectro proveen a los servicios de comunicaciones que se proveen a través de estos canales de comunicación distintas condiciones que dependen del valor de frecuencia.

Esto es que, para el caso de *frecuencias bajas* se cuentan con condiciones de propagación ideales para cumplir con objetivos de cobertura, bajo la premisa de que estos canales no proveen una alta capacidad de transmisión de información. Caso contrario, el caso de *frecuencias altas*, estas presentan condiciones que resultan ideales para una alta capacidad para transmisión de información, con el compromiso técnico de no poder cumplir con amplios objetivos de cobertura. Este escenario de capacidad vs cobertura se resume en la figura a continuación.

Figura 15.1. Compromiso entre cobertura y capacidad para las frecuencias del espectro radioeléctrico



Fuente: Elaboración propia.

Aprovechamiento del balance entre cobertura vs. propagación de las ondas radioeléctricas

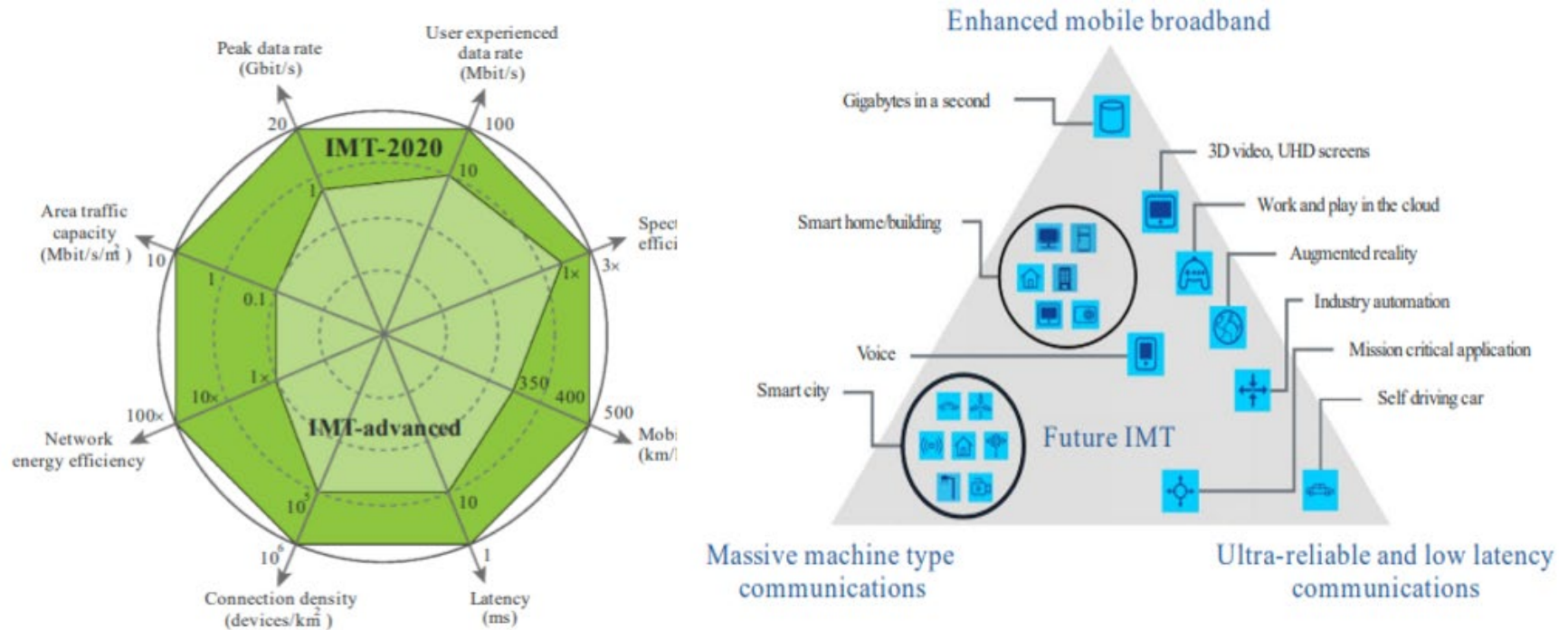
Este fenómeno físico, en el cual intervienen las propiedades físicas y electromagnéticas de las ondas, permite a los entes encargados de gestionar nacionalmente el espectro radioeléctrico, con base en las regulaciones aplicables, emplear distintas bandas de frecuencias para lograr objetivos específicos de cobertura. Por ejemplo, para cubrir amplias zonas geográficas y brindar acceso a distintos servicios de telecomunicaciones con condiciones de calidad suficientes para mantener ciertos niveles de calidad y satisfacción de los usuarios finales.

Asimismo, otras bandas de frecuencias cumplen un objetivo de capacidad que se destina a usos más focalizados geográficamente, según los anchos de banda que ofrecen principalmente las bandas medias y altas. Estos permiten que los operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones ofrezcan aplicativos que hacen uso intensivo de las redes de datos al requerir altas tasas de transferencia.

Los objetivos o estrategias, en el uso del espectro radioeléctrico resultan técnicamente evidentes en los despliegues de redes móviles IMT, particularmente en los desarrollos de las IMT-2020, incluyendo 5G. De hecho, este tipo de redes debe cumplir con una serie de requerimientos específicos que habiliten los distintos usos que se pretenden desarrollar a través de estas redes.



Figura 15.2. Objetivos técnicos y casos de uso asociados a las redes móviles IMT-2020, incluyendo 5G



Fuente: Tomado de la Recomendación ITU-R M.2083. Disponible en https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-1!!PDF-E.pdf

Consideraciones técnicas para las IMT-2020¹

Según lo que indican y citan múltiples fuentes, para el correcto desarrollo técnico de las redes del tipo IMT-2020 es necesaria la disponibilidad de espectro radioeléctrico en bandas por debajo de 1 GHz (bandas bajas), en bandas entre 1 GHz y 6 GHz

¹ El término IMT hace referencia al término genérico empleado por la comunidad de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para designar a los sistemas móviles en banda ancha. Este término incluye los sistemas IMT-2000 (despliegues comerciales del tipo 3G), IMT-Avanzadas (despliegues comerciales del tipo 4G) y las IMT-2020 (despliegues comerciales del tipo 5G).

(bandas medias) y por encima de los 6 GHz (bandas altas o milimétricas, normalmente superiores a los 24 GHz, pero inferiores a los 100 GHz) (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2023).

Por ejemplo, aplicaciones del tipo mMTC (*Massive Machine Type Communications*, por sus siglas en inglés) podrán ser usadas en industrias automatizadas (Unión Internacional de Telecomunicaciones, [UIT], 2022), sensores y dispositivos para automatización de procesos de agricultura. Por su dispersión en grandes zonas geográficas, pero su baja necesidad de tasas de transferencias de datos y latencia, se hace uso de las condiciones físicas que proveen las bandas por debajo de 1 GHz, en términos de amplitud de cobertura, a costas de proveer relativas bajas capacidades de datos.

Por otra parte, casos de eMBB (*Enhanced Mobile Broadband*, por sus siglas en inglés) como el acceso a Internet y la transmisión de datos en alta velocidad, requieren del uso de bandas del espectro que brinden la posibilidad de cubrir áreas geográficas con alguna extensión, al tiempo que permitan establecer canales de comunicación con los usuarios finales. Esto se logra a través del uso de frecuencias en bandas medias.

Por último, innovaciones como la conducción autónoma de vehículos, o las aplicaciones de misión crítica (que no sólo requieren altas tasas de transferencia de datos, sino también muy bajas latencias para dar respuesta a cualquier situación que se presente en carretera para las aplicaciones de conducción, o para responder ante situaciones de emergencia de manera apropiada), demandan la utilización de canales de comunicación con altos anchos de banda. Usualmente, estos

están disponibles en bandas por encima de los 6 GHz, lo cual es un habilitador directo de los casos de uso del tipo uRLLC (por las siglas en inglés de *ultra Reliable Low Latency Communications*).

Adicionalmente, se observa que existe una necesidad de masificar la infraestructura que soporta estas redes, en virtud de que el uso de bandas milimétricas supone cercanía física al usuario por parte de dicha infraestructura. Lo anterior, por la limitada propagación radioeléctrica de estas ondas, de ahí que esa masificación de infraestructura se convierta en un reto importante para operadores y demás actores involucrados, en términos de regulación, normativa y trámites municipales, entre otros.

El camino hacia las IMT-2020 en Costa Rica

Ahora bien, para hacer realidad este tipo de aplicaciones en Costa Rica, el Gobierno de la República formalizó dentro de las disposiciones de Política Pública que orientan al Sector de las Telecomunicaciones la planificación de una serie de procesos de otorgamiento de espectro para este tipo de redes de telecomunicaciones, de forma que, al contar con estas redes en el país, se pueda tener acceso a nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones para la población.

Esta programación, incluida en el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT) 2022–2027 establece el desarrollo de procesos de licitación pública en el “corto plazo”, “mediano plazo” y “largo plazo”, según las fechas allí detalla-



das. Todo esto se define considerando las recomendaciones realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel), los estudios técnicos realizados por el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt) y las necesidades del mercado nacional de las telecomunicaciones para satisfacer la creciente cantidad de tráfico que se genera y cursa sobre las redes móviles (Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones, [Micitt], 2022).

No obstante, la Administración tuvo que implementar diversas acciones que aseguraran las condiciones técnicas, reglamentarias y registrales para que esos escenarios de otorgamientos, principalmente aquel ligado al “corto plazo”, pudieran ejecutarse. Dentro de estas pueden mencionarse:

- Una **reforma al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias** (PNAF) que actualizara las canalizaciones aplicables a las bandas identificadas para el desarrollo de sistemas IMT en el país (Micitt, 2021).
- Procesos de **recuperación de espectro radioeléctrico**. Dentro de los procesos que el Micitt lideró para garantizar condiciones registrales adecuadas para la ejecución del proceso concursal a “corto plazo”, se puede señalar la recuperación y disposición total del espectro en la banda de 700 MHz (producto de la digitalización de la televisión digital y otros procesos administrativos ejecutados), la disponibilidad registral de la banda de 2300 MHz, así como la suscripción de acuerdos mutuos de devolución del espectro suscritos por parte de la Administración con empresas del Grupo ICE en frecuencias de la banda de 3500 MHz.

En este sentido, y luego de contar finalmente con la acreditación de la necesidad y factibilidad por parte de la Sutel, el Poder Ejecutivo emitió el Acuerdo Ejecutivo N° 031-2023-TEL-MICITT, para la instrucción del proceso concursal a la Sutel y se remitió a la Superintendencia el oficio N° MICITT-DM-OF-416-2023 sobre los lineamientos adicionales de política pública para este proceso de otorgamiento para espectro para redes IMT.

Sobre el proceso concursal de espectro para redes IMT-2020 en Costa Rica

Tal como se adelantó en párrafos anteriores, el proceso licitatorio en curso considera bandas en las gamas de frecuencias que son técnicamente requeridas para el correcto despliegue de las redes IMT-2020, incluyendo 5G, en el país. En este sentido, bandas como la de 700 MHz, 3500 MHz y 26 GHz, se incluyen dentro del proceso concursal y apoyan el despliegue técnico de esas redes, además, son bandas con las que se cuenta con disponibilidad registral para su otorgamiento, según el detalle aplicable para cada banda de frecuencias.

Sin embargo, el mecanismo que se aplicaría a este concurso parte de la premisa técnica analizada líneas arriba, la cual es la necesidad de masificación de la infraestructura de telecomunicaciones para estas redes. Por este motivo y en línea con los lineamientos adicionales de política pública emitidos por el Micitt, es que el concurso consideró que una parte importante del pago del espectro que se adjudicaría en las diferentes



bandas de frecuencias incluiría el reconocimiento del valor de la inversión que supone el despliegue de infraestructura nueva para los operadores que resulten adjudicatarios y soportaría la operación de esas nuevas redes móviles en el país.

Esta visión de proceso concursal imprime un *enfoque no recaudatorio*, lo cual resulta beneficioso para el país porque el pago de parte del espectro se traduce de una manera más inmediata en un beneficio social, al habilitar un esquema que facilite el acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad, sobre todo en las zonas del país que históricamente se han visto excluidas de este tipo de servicios.

Asimismo, dicho enfoque tiene consecuencias desde la perspectiva de la dinámica del mercado de las telecomunicaciones, dado que esta modalidad de concurso promueve la competencia en el mercado móvil al variar el marco de referencia tradicional del despliegue de infraestructura. Esto hace que indirectamente se elimine y/o mitiguen las barreras de acceso al mercado, ya sea para operadores existentes o nuevos entrantes.

Todas aquellas zonas geográficas reconocidas como de prioritaria atención por el Poder Ejecutivo en el PNDT 2022-2027 serán atendidas según las obligaciones de despliegue que se establezcan finalmente por parte del regulador, así como otras áreas que cuentan con algún grado de conectividad móvil, pero que requieren de atención para recibir un servicio satisfactorio por parte de los usuarios de servicios de telecomunicaciones.

Todas estas acciones, de cara al consecuente otorgamiento de espectro radioeléctrico, realizadas por la Administración como

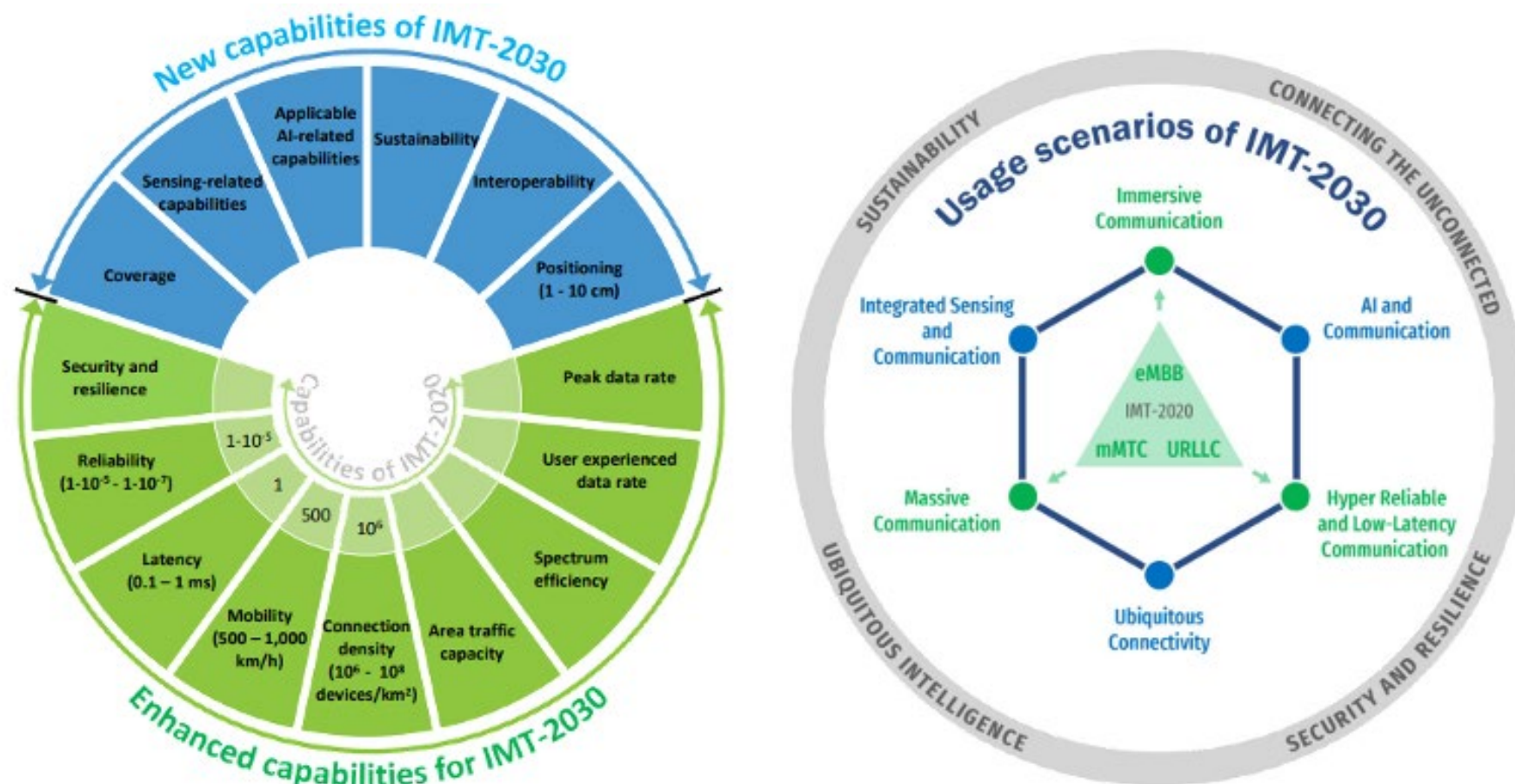
un todo, permiten a la sociedad gozar de los beneficios que traen intrínsecos al emplear tecnologías de telecomunicaciones de punta. Sin embargo, es importante reiterar que existen una serie de procesos de otorgamiento que deberán ser ejecutados por la Administración a futuro, de manera que se pueda satisfacer no solo la necesidad técnica de los operadores de más espectro para el despliegue y operación de sus redes móviles, sino que también satisfagan aquellas originadas por el aumento cada vez más exponencial en el tráfico que cursa estas redes por parte de los usuarios finales de telecomunicaciones.

La demanda para contar con más y mejores servicios e infraestructura de telecomunicaciones que los soporte, orienta al sector de las telecomunicaciones hacia una constante evolución. En este sentido, es claro que el camino de las redes móviles deba, como un paso natural hacia el futuro, evolucionar hacia unas redes que permitan a los usuarios tasas de datos incrementadas, latencias cada vez menores y una disponibilidad de red cada vez mayor, que les permitan el desarrollo y uso de aplicaciones como las potenciadas por las capacidades de la inteligencia artificial (IA), los *"gemelos digitales"* (Ericsson, 2023), la robotización masiva de distintas áreas del quehacer humano y la conducción autónoma, entre muchas otras.

Esta evolución natural, en relación con las tecnologías móviles 5G plantea el reto de implementar la visión y misión de las redes móviles IMT-2030, incluyendo 6G (UIT, 2023). Estas tecnologías, según se ha ido plasmando en los estudios y análisis que han realizado distintas partes interesadas (organismos regionales, operadores, proveedores de equipamiento, academia, entre otros) deberán cumplir los objetivos especificados en la figura 15.3.



Figura 15.3. Capacidades y casos de uso de las redes IMT-2030, incluyendo 6G



Fuente: IMT towards 2030 and beyond, Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Documents/IMT-2030%20Capabilities%20post%20SG5.pdf>



Las incrementadas capacidades que van a ofrecer esas redes móviles satisfacen los requerimientos de aplicaciones con altas exigencias técnicas hacia las redes que las soportarían. Sin embargo, se plantea de forma directa un reto a los distintos países en materia de gestión del espectro radioeléctrico, pues para que todo lo anterior pueda suceder, es vital contar con disponibilidad de espectro en las distintas gamas de frecuencias ya analizadas.

Es decir, el escenario de gamas de frecuencias baja, media y alta aplica de igual forma para estas redes móviles (Nokia, 2023); no obstante, las IMT-2030 requerirán de mayor cantidad de espectro en dichas gamas de frecuencias, con la particularidad de que, en la gama de frecuencias alta se incluyen bandas por encima de los 100 GHz, esto para aplicaciones y casos de uso muy puntuales pero que requerirán tasas de datos aún mayores a las posibles en redes del tipo IMT-2020. Dentro de esto se incluye 5G, tal como es el caso de la transmisión de hologramas que requeriría tasas de transferencia, para hologramas en alta resolución, superiores a los 4 Tb/s (Tataria, 2021).

Este panorama plantea un reto particular para Costa Rica, dada la disponibilidad de espectro en algunas de las bandas de frecuencias que se proyecta emplear a futuro para las redes móviles IMT-2030 y que esto pueda involucrar acciones, en virtud de los mecanismos que provee el marco normativo nacional. Esto es la tarea del ordenamiento del espectro radioeléctrico y en particular para los servicios móviles, es una

tarea continua, en la que el norte debe ser la satisfacción del usuario final de los servicios de telecomunicaciones, prestando especial atención de aquellas regiones y zonas geográficas que puedan encontrarse con dificultades en el acceso a estas tecnologías y servicios.

A modo de reflexión final

El Estado costarricense ha llevado a cabo acciones y planea realizar otras para impulsar el desarrollo de las redes 5G en el país, con el fin de aprovechar las oportunidades que esta tecnología ofrece para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y el crecimiento económico del país. Esas iniciativas demuestran el compromiso y la visión del Estado para adaptarse al progreso tecnológico y la convergencia, así como para generar las condiciones habilitadoras para el despliegue de nuevas capacidades e infraestructuras digitales.

Sin embargo, también se reconocen los desafíos que implica el desarrollo de las IMT, como la necesidad de garantizar la calidad y la seguridad de los servicios, la inclusión digital de toda la población y la coordinación entre los diferentes actores del sector. Por ello, es fundamental continuar con las acciones planificadas, fortalecer el diálogo y la colaboración con los operadores, regulador, los proveedores, la academia y la sociedad civil y monitorear y evaluar los resultados y las lecciones aprendidas de las experiencias en el país.



Referencias

Ericsson. (Marzo de 2023). *Ericsson*. Obtenido de 6G spectrum - enabling the future mobile life beyond 2030: <https://www.ericsson.com/4953b8/assets/local/reports-papers/white-papers/6g-spectrum.pdf>

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (Marzo de 2021). Reforma al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias. *Decreto 42924-MICITT*. Obtenido de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NR TC&nValor1=1&nValor2=94214&nValor3=125381&strTipoM=TC

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones 2022-2027 “Costa Rica: Hacia la disrupción digital inclusiva”*. San José.

Nokia. (Junio de 2023). Obtenido de Spectrum for 6G explained: <https://www.nokia.com/about-us/newsroom/articles/spectrum-for-6G-explained/>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Abril de 2022). *5G – Quinta generación de tecnologías móviles*. Obtenido de <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2022). *Handbook on International Mobile Telecommunications*

(IMT). Obtenido de https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-62-2022-PDF-E.pdf

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2023). *IMT towards 2030 and beyond*. Obtenido de IMT towards 2030 and beyond: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx>

Tataria, M. S. (2021). 6G Wireless Systems: Vision, Requirements, Challenges, Insights, and Opportunities. *Proceedings of the IEEE*, 1166-1199.



Perspectivas regulatorias para la implementación de las redes 5G en Costa Rica



Glenn Fallas Fallas



Glen Fallas Fallas. Director de Calidad de la Superintendencia de Telecomunicaciones. Es Ingeniero en Electrónica y Máster en Tecnologías de Información con énfasis en Telemática del Instituto Tecnológica de Costa Rica (TEC), también es Máster en Gerencia Estratégica de las Telecomunicaciones, con un diplomado en esa misma disciplina. Cuenta con más de 18 años de experiencia en el sector de las telecomunicaciones, los cuales incluyen la apertura del sector de las telecomunicaciones en Costa Rica desde la perspectiva del ente regulador.

Ha liderado los grupos técnicos encargados de los procesos de subasta de espectro en Costa Rica, así como la implementación de la portabilidad numérica y como Director de la Dirección General de Calidad y Espectro de la Sutel, coordina el equipo de trabajo encargado de la verificación de la calidad de los servicios, la atención de reclamaciones de los usuarios finales, la comprobación técnica y monitoreo del espectro, así como la generación de dictámenes técnicos para la asignación de frecuencias.



Resumen

Esta ponencia analiza el borrador del pliego de condiciones desarrollado para la subasta de espectro 5G en Costa Rica realizado durante el 2023. A partir de esto, el documento se enfoca en presentar el modo como el pliego de condiciones emitido por la Sutel se ajusta y cumple a cabalidad con distintos objetivos de política pública establecidos por el Poder Ejecutivo. En ese sentido, se destaca la importancia de que el proceso licitatorio no está orientado a la recaudación, que se incentive el desarrollo de infraestructura a nivel nacional con cobertura a usuarios sub-conectados y desconectados, y que se establezcan condiciones de calidad en beneficio del usuario final a través de este proceso.

Palabras clave: Espectro radioeléctrico, subasta, licitación, redes 5G, Sutel.

Introducción

El desarrollo de un proceso licitatorio lleva una serie de tareas entre las que pueden mencionarse acciones como el desarrollo de dictámenes técnicos de análisis del espectro, la definición del posible valor del recurso y un análisis del contexto nacional para promover un pliego de condiciones, entre otros aspectos.

En Costa Rica, la Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel) en su calidad de ente regulador del sector de las telecomunicaciones ha sido el órgano técnico espe-

cializado, que se ha encargado de elaborar el borrador del pliego de condiciones para la subasta de espectro 5G en Costa Rica. Lo anterior, fue realizado a partir de la instrucción brindada por el Poder Ejecutivo mediante *Acuerdo Ejecutivo N°031-2023-TEL-MICITT*¹, en el cual se definieron los lineamientos de política pública para continuar con el proceso concursal para la tecnología 5G. Esta disposición fue complementada por el oficio MICITT-DM-OF-416-2023 (MICITT, MICITT-DM-OF-416-2023-Lineamientos_2023-_CONCURSO_5G, 2023) del 19 de mayo de 2023 (NI-05991-2023) que fue enviado por la ministra del Micitt, Paula Bogantes Zamora.

Con base a esto, se solicitó que el pliego de condiciones a desarrollar incorporara un conjunto de buenas prácticas en la materia y cumpliera con los objetivos de política pública definidos por el Poder Ejecutivo. Es así como desde el principio se buscó que el proceso llevara al desarrollo de una licitación que no privilegiaría los fines recaudatorios, promoviera el despliegue de la infraestructura (sobre todo en zonas donde no se tiene acceso a los servicios de telecomunicaciones) y permitiera el establecimiento de condiciones de calidad en beneficio de la persona usuaria final.

Para cumplir con estos propósitos, la Sutel diseñó un borrador de pliego cartelario en el que se integraron 7 aspectos distintos a través de los cuales se procuró atender a lo planteado por los objetivos de política pública de la actual Admi-

¹ El acuerdo fue publicado en el Alcance N°77 del diario Oficial La Gaceta N°75 del 2 de mayo del 2023 y notificado a la Sutel por el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) mediante oficio N°MICITT-DVT-OF-350-2023 (NI-05307-2023) del 2 de mayo de 2023.



nistración. De ese modo, el presente artículo pretende detallar cada uno de estos aspectos y mostrar como se ajustan a los requerimientos de política pública solicitados por el Poder Ejecutivo. Estos aspectos se explican a continuación.

1. Priorización del despliegue de infraestructura para las redes móviles IMT² sobre un enfoque meramente recaudatorio

Para el desarrollo de la licitación se definió un esquema de subasta en el que los oferentes deberán aceptar el precio base establecido (no cambiará durante todas las rondas de puja) para cada bloque en cada banda de frecuencias. Posteriormente, sus posturas se presentarán en términos de la cantidad de unidades de infraestructura que se comprometen a desplegar en caso de resultar adjudicatarios a través de dicho recurso, por encima de un mínimo de unidades a desarrollar.

A partir del valor del espectro calculado para el bloque respectivo en cada banda de frecuencias disponible, se establece una distribución porcentual entre recaudación directa (precio base) con un 10 % y la cantidad mínima de unidades de infraestructura (desarrollo de red) por desplegar con un 90 %.

2. Provisión de nuevos y mejores servicios y aplicaciones

Se diseñó un procedimiento concursal que prioriza el despliegue de infraestructura para la provisión de nuevos y mejores servicios a la población. Asimismo, se elaboraron condiciones de calidad que deben cumplir los eventuales adjudicatarios en el desarrollo de sus redes de manera acorde con las capa-

² La sigla IMT se entiende como International Mobile Telecommunications.

idades de los estándares establecidos por la 3rd Generation Partnership Project (3GPP³).

Tabla 16.1. Requisitos de calidad de servicio

Detalle	700 MHz		2300 MHz / 3500 MHz		26 GHz / 28 GHz	
	UL	DL	UL	DL	UL	DL
Requisitos de calidad de servicio Velocidad requerida	10 Mbps	25 Mbps	25 Mbps	50 Mbps	50 Mbps	300 Mbps

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel), 2023.

3. Visión balanceada entre despliegue de infraestructura e inversión

Para las bandas de frecuencias de 700 MHz, 2300 MHz y 3500 MHz, se definió un cronograma para la instalación de la totalidad de unidades de infraestructura de acceso adjudicadas por cada banda a cada concesionario. Es decir, con el fin de asegurar y balancear el debido cumplimiento de la obligación se difirió en el tiempo el requerimiento adjudicado.

Específicamente para las bandas de frecuencias de 26 GHz y 28 GHz, no se tiene una obligación mínima de cantidad de unidades de infraestructura de acceso por desplegar, debido

³ La 3GPP (<https://www.3gpp.org/about-us/introducing-3gpp>) reúne a siete organizaciones de generación de estándares de telecomunicaciones (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC) para la elaboración de reportes y especificaciones de tecnologías móviles.



al uso incipiente a nivel mundial, así como por la inversión requerida para el desarrollo de casos de uso específicos, dadas las características inherentes asociadas con dicho recurso (poca propagación y penetración, además de la necesidad de despliegue masivo de celdas pequeñas). Sin perjuicio de lo anterior, cada unidad de infraestructura deberá cumplir con requisitos específicos relativos a la calidad del servicio.

Tabla 16.2. Obligaciones de despliegue de red

Detalle	700 MHz	2300 MHz / 3500 MHz	26 GHz / 28 GHz
Obligación de despliegue	134 distritos prioritarios	Zonas no servidas o sub-servidas	En cualquier zona dentro del territorio nacional
Cronograma de despliegue	Se establece un cronograma de despliegue diferenciado para cada tipo de banda, que establece el porcentaje de despliegue de infraestructura requerido por cantidad máxima de años para su cumplimiento		No hay plazo máximo para el despliegue

Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel), 2023.

4. Promoción de la competencia

En este aspecto, debe considerarse lo planteado sobre el formato de la subasta para la puja en términos de cantidad

mínima de unidades de infraestructura de acceso por desplegar según bloque genérico en cada banda de frecuencias, las condiciones diferenciadas para eventuales nuevos entrantes e interesados por espectro con cobertura regional y el establecimiento de un mecanismo de “*Control de Concentración de Espectro*”, para atender la asimetría actual en cuanto a la asignación del espectro IMT en el país y evitar que aumente la concentración del espectro.

5. Maximización de la eficiencia espectral

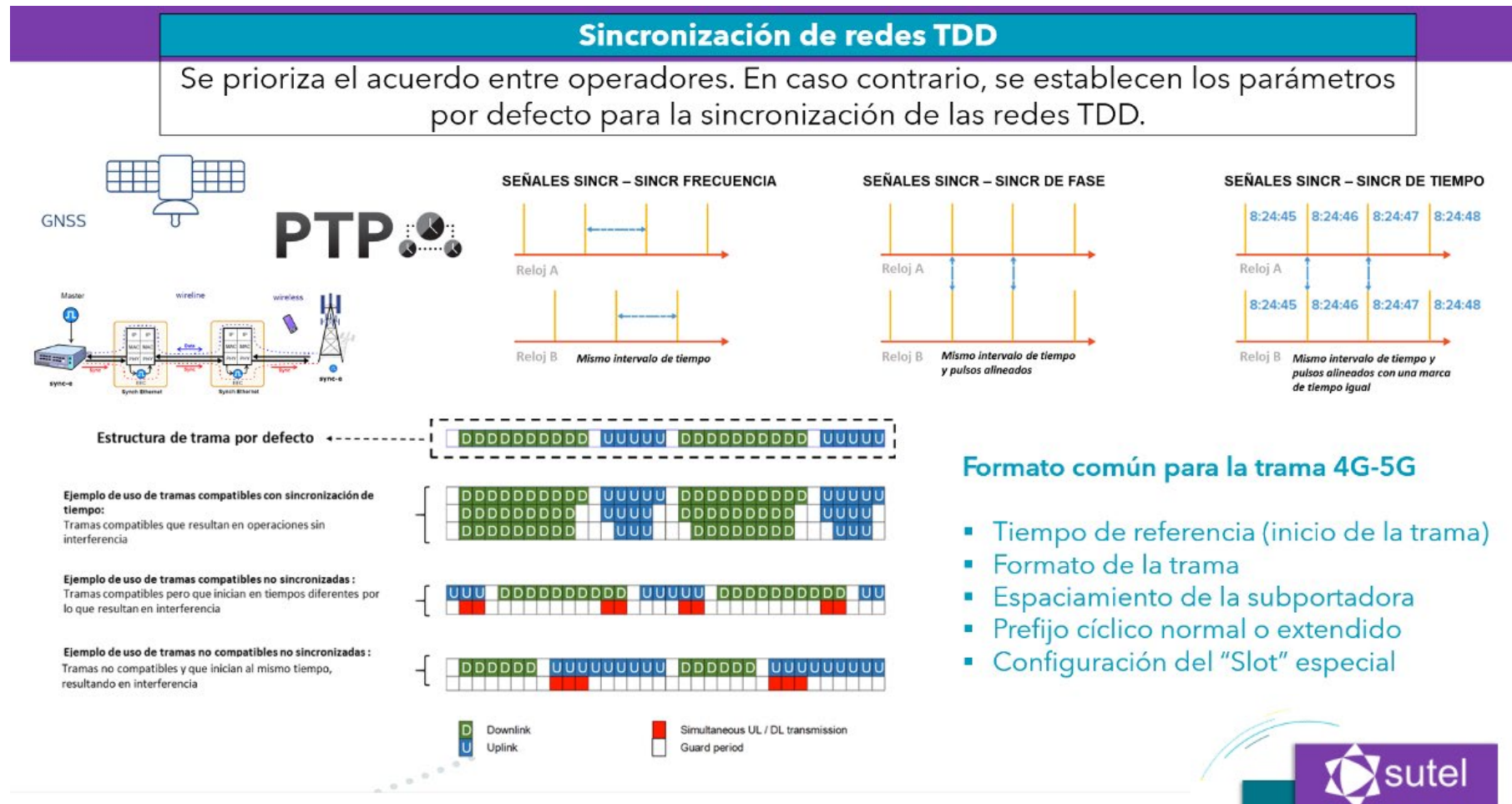
El borrador de pliego de condiciones promueve la asignación del espectro continuo siempre que sea técnicamente factible. Además, establece una etapa denominada “*Recomendación de asignación de Bloques Específicos*”, como resultado del cumplimiento de la condición de cierre dispuesta para cada una de las fases descritas en la subasta y luego de que hayan sido identificadas las posturas ganadoras para los respectivos bloques genéricos en cada banda de frecuencias. Esta etapa tiene como finalidad la recomendación de asignación continua de espectro a cada uno de los adjudicatarios en una banda de frecuencias.

Adicionalmente, para asegurar el uso eficiente del espectro y prevenir las interferencias perjudiciales entre redes móviles de distintos operadores en segmentos de frecuencias adyacentes en una misma banda, se establecieron condiciones por defecto para la sincronización de las redes IMT-TDD⁴, en caso de que los operadores no alcancen un acuerdo en primera instancia.

⁴ Las IMT son las tecnologías móviles internacionales, y TDD, corresponde al método de duplexación por división de tiempo.



Figura 16.1. Sincronización de redes TDD



Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel), 2023.



6. Enfoque en la calidad de experiencia de usuario final

Para la fase de aceptación de la red, se establecieron en el pliego de condiciones obligaciones asociadas con la calidad de servicio experimentada por el usuario final, en términos de velocidad de referencia, es decir, la que experimentará el usuario una vez adquirido el servicio con un operador. Así las cosas, el despliegue y desarrollo de las redes móviles IMT en el país, a partir de las obligaciones dispuestas en el pliego de condiciones, promoverá la mejora en la calidad de experiencia del usuario final, así como la posibilidad de que cuente con más y mejores servicios móviles disponibles.

7. Acciones para mitigar la eventual concentración de espectro radioeléctrico

El borrador de pliego de condiciones establece un mecanismo de “*Control de Concentración de Espectro*” que implica un tope de asignación de espectro del 35 % considerando tanto el espectro disponible por asignar como el ya asignado a cada concesionario, a través de la relación de concentración C_k , particularmente el indicador C_4^5 , con el fin de reducir la concentración de asignación actual del espectro. Dicho tope será aplicable tanto para el ingreso al procedimiento (requisito de admisibilidad), como para la salida de la subasta (recomendación de adjudicación).

En consecuencia, la aplicación del tope de espectro definido permitirá que, (a partir de la ejecución del procedimiento con-

5 El índice C_k en su indicador C_4 es un mecanismo de cálculo de concentración de mercados.

cursal y la participación de los operadores móviles actuales, así como eventuales nuevos oferentes), se promueva la competencia efectiva entre los actores del mercado, a partir de una asignación balanceada del espectro IMT.

8. Condiciones de uso referentes a las bandas de frecuencias objeto de concurso

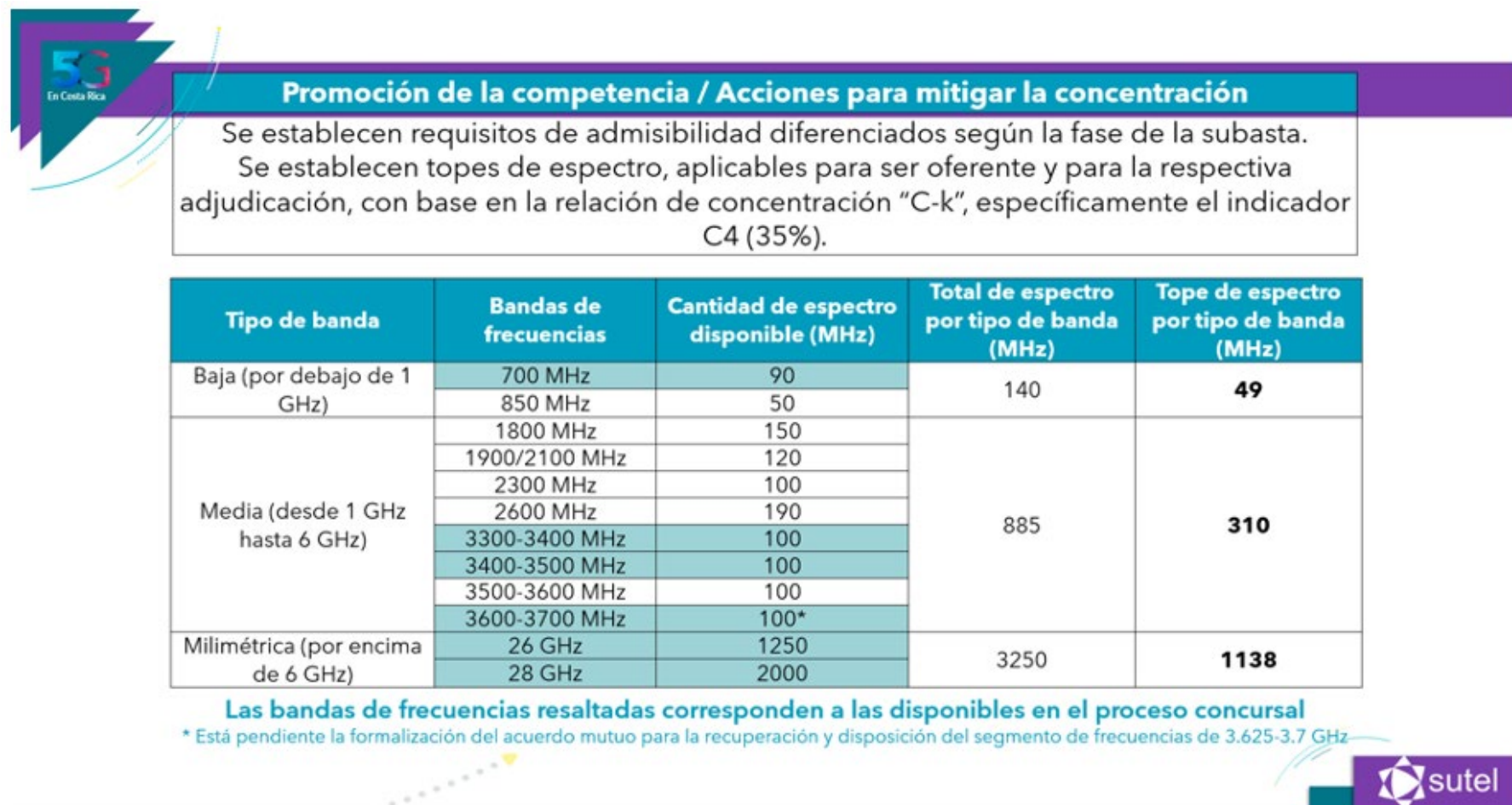
Para la banda de 700 MHz, específicamente las obligaciones de los concesionarios durante la fase de aceptación de la red se deben enfocar en el desarrollo de su red móvil IMT en los distritos prioritarios establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT) 2022-2027 (MICITT, Plan Nacional Desarrollo de las Telecomunicaciones 2022-2027), correspondientes a las zonas del país no conectadas o prioritarias.

Para las bandas de frecuencias de 2300 MHz y 3500 MHz (bandas medias), se establecieron condiciones asociadas con el despliegue de infraestructura en todo el país, priorizando el desarrollo para aquellos distritos sub-conectados que se encuentran en el rango de 0 % hasta un 80 % de cobertura ya desplegada, según los informes de evaluación de la calidad de los servicios móviles efectuados por la Sutel.

Las obligaciones en cuanto a los distritos en que se deberá priorizar el despliegue de infraestructura y las condiciones mínimas para asegurar la calidad de experiencia del usuario final, así como la provisión de más y mejores servicios, atienden lo requerido en la instrucción del Poder Ejecutivo.



Figura 16.2. Topes de espectro por tipo de banda



Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel), 2023.



9. Consideraciones del despliegue de las redes desde el punto de vista de salud humana

Se incluye en el pliego de condiciones la obligación de cumplir con la normativa nacional vigente en la materia, específicamente el *“Reglamento para Regular la Exposición a Campos Electromagnéticos de Radiaciones no Ionizantes, emitidos por Sistemas Inalámbricos con frecuencia hasta 300 GHz”* y sus reformas, las demás normas aplicables del Ministerio de Salud (MS) como ente rector en este tema, así como las recomendaciones internacionales, considerando al menos la recomendación UIT-T K.52 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (UIT, K.52 : Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields, 2021).

10. Procesos técnicos de coordinación internacional aplicables

Para atender este lineamiento, se incorporó en el pliego de condiciones, el requerimiento del concesionario de cumplir con la disposición de la nota 5.431B del Reglamento de Radiocomunicaciones (UIT, Reglamento de Radiocomunicaciones, 2020), en cuanto a la operación de sistemas IMT en la banda señalada.

11. Seguridad de las redes IMT-2020 y la privacidad de los usuarios de los servicios de telecomunicaciones

Desde el punto de vista técnico, con el fin de establecer obligaciones sobre condiciones de seguridad mínimas, se incluyeron en el pliego de condiciones, requisitos elaborados a partir de los estándares técnicos de la 3GPP que consideran lo siguiente:

Seguridad mínima en los diferentes segmentos de la red: interfaz de radio, las interfaces entre las funciones de la red dentro de una arquitectura basada en servicio y en las interfaces con redes externas.

Obligación de cumplir con los protocolos de seguridad 3GPP, tanto para el plano de control como el plano del usuario: autenticación mutua y llaves de seguridad mínimas entre el dispositivo móvil y los elementos de red, algoritmos mínimos requeridos para la encriptación, cifrado y chequeo de integridad para asegurar la confidencialidad de la información, protección de las interfaces basadas en servicios, protección de la red local ante el uso de itinerancia y de la identidad del suscriptor.

Estas condiciones consideran el desarrollo tecnológico de las redes móviles. En todo caso, el pliego de condiciones establece las disposiciones técnicas según los estándares internacionales que corresponde aplicar para asegurar la seguridad de la red y la información que se trasiega en ella. Además, según las obligaciones de los concesionarios se establece el requisito de homologación de terminales⁶ para que los fabricantes o a quienes ellos designen, sean quienes efectúen de forma directa los procesos de prueba de los terminales para su aceptación a nivel nacional.

⁶ De conformidad con las resoluciones del Consejo de la Sutel RCS-154-2018 y RCS-141-2022 disponibles en (<https://www.sutel.go.cr/pagina/solicitud-homologacion>) todos los equipos terminales de servicios móviles o que empleen bandas de uso libre que comercialicen los operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones deben atravesar un proceso de verificación denominado homologación de terminales, para garantizar su correcta operación libre de interferencias en Costa Rica.



12. Condiciones técnicas aplicables a la banda de 28 GHz

Considerando las disposiciones de la nota nacional CTR 052 (antigua CR 105B) del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) (MICITT, MICITT lanza nuevo Plan Nacional de Atribución de Frecuencia, 2023), se detallan las medidas que deberán tomar los eventuales concesionarios en la banda de 28 GHz para la operación de sus redes IMT y la coexistencia con los servicios satelitales incumbentes. Asimismo, para la recomendación de asignación de bloques específicos en esta banda, se iniciará por el segmento de 27.5 GHz a 28.35 GHz, el cual no requiere la coordinación señalada.

13. Condiciones aplicables para eventuales operadores entrantes

Se elaboró un cronograma diferenciado para el despliegue de infraestructura durante la fase de aceptación de la red, con el fin de ampliar en un 50 % el plazo establecido con relación a los operadores móviles actuales en el país.

14. Disponibilidad de espectro para redes regionales móviles

Se diseñó un procedimiento que contempla dos fases de subasta:

Fase 1: correspondiente a la subasta con cobertura nacional.

Fase 2: comprende a la subasta con cobertura regional. Considerará el espectro remanente de la fase 1 (en caso de existir), lo que brindaría una etapa adicional para la adjudicación del recurso.

Para la fase 2 con cobertura regional, se identificaron las zonas de cobertura a nivel cantonal. Es decir, un oferente podrá optar por cada bloque genérico disponible en cada banda en hasta 83 de los 84 cantones existentes.

Para los requisitos de admisibilidad técnicos y financieros, se diferencia entre los oferentes interesados en la fase 1 y la fase 2, en vista de sus modelos de negocio, capacidades financieras y experiencia en cuanto a la prestación de servicios de telecomunicaciones.

15. Sostenibilidad ambiental

En el pliego de condiciones, se incluyó la obligación de los concesionarios para presentar un Plan de Gestión Integral de Residuos Tecnológicos, de conformidad con lo establecido en la Ley para la Gestión Integral de Residuos N°8839 (COSTA RICA, 2019). Asimismo, se incorporaron una serie de disposiciones y recomendaciones para la eficiencia en el consumo energético de las nuevas tecnologías, las cuales deberán tomar en cuenta los concesionarios al momento de desplegar sus redes móviles.

El borrador de pliego de condiciones para la subasta de espectro 5G fue publicado en el periódico La República de fecha 11 de julio de 2023, para lo cual no solo se realizó el proceso de difusión a través de medios de circulación nacional, sino que también se informó sobre dicha publicación a distintos actores del sector, así como a diversos organismos internacionales, consulados y embajadas, con el objetivo de promover una mayor difusión.



Finalizado el plazo otorgado en la consulta pública de 10 días hábiles, se recibieron distintas observaciones y comentarios al del borrador del pliego de condiciones de las siguientes entidades:

Tabla 18.3. Observaciones recibidas durante la consulta pública del borrador de pliego de condiciones

NI	Fecha	Interesado
NI-08685-2023	17/7/2023	5GAmericas
NI-08957-2023	24/7/2023 TELESAT	
NI-08958-2023	24/7/2023	La Asociación Global de Operadores Satelitales (GSOA)
NI-09319-2023, NI-09329-2023	3/8/2023	Asociación Interamericana de Empresas de Telecomunicaciones (ASJET)
NI-09325-2023	3/8/2023	Claro CR Telecomunicaciones S.A. (CLARO)
NI-09335-2023	2/8/2023	The GSM Association (GSMA)
NI-09374-2023	3/8/2023	Qualcomm
NI-09389-2023	3/8/2023	Liberty Telecomunicaciones de Costa Rica LY S.A. (LIBERTY)
NI-09390-2023	3/8/2023	Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT)
NI-09394-2023	3/8/2023	Cooperativa de Electrificación Rural Los Santos R.L. (Coopesantos)
NI-09397-2023	3/8/2023	Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)
NI-09398-2023	3/8/2023	Ciber Regulación Consultores S.R.L.
NI-09400-2023	3/8/2023	Ericsson

Fuente: Elaboración propia.



Entre las principales observaciones de los participantes de la consulta pública se pueden agrupar las siguientes observaciones:

- Plazos de despliegue de las redes móviles
- Posibilidad de utilización de infraestructura existente
- Uso compartido y cubicación de equipos
- Condiciones de calidad de servicio

La Sutel ha analizado todas las posiciones y observaciones remitidas en la etapa de consulta pública, y está en el proceso de estudio de posibles modificaciones a la propuesta divulgada, a efecto de publicar el pliego de condiciones que permitirá el inicio del proceso licitatorio.

Conviene indicar que el proceso señalado, se encuentra a la espera de la formalización del acuerdo mutuo anunciado por el Poder Ejecutivo, que permitirá la recuperación de 75 MHz adicionales en la banda de 3,5 GHz, la cual es la banda con mayores economías de escala en cuanto a desarrollos de redes y disponibilidad de terminales a nivel mundial. Este espectro recuperado hará que para el proceso concursal se disponga en esta banda de un total de 300 MHz.

Una vez que se cuente con la citada formalización por parte del Poder Ejecutivo, la Sutel publicará un nuevo cronograma de la licitación de espectro 5G para servicios IMT en el país.

Conclusiones

A partir de la instrucción del Poder Ejecutivo a Sutel para emprender el proceso concursal para licitar espectro para redes IMT en Costa Rica, la Sutel realizó el diseño de un proyecto de cartel de licitación que sometió a consulta pública.

El proyecto de cartel incluyó aspectos relativos a la forma en que propone el cumplimiento de los objetivos de política pública entre ellos, el énfasis no recaudatorio del proceso, la promoción de más y mejores servicios, el beneficio del usuario, el control de concentración del recuso, disponibilidad de espectro regional y la sostenibilidad ambiental.

Como parte del proceso de consulta pública del proyecto de cartel de licitación, se recibieron múltiples observaciones que deberán ser valoradas de previo a la emisión del cartel definitivo para el inicio del proceso licitatorio.



Referencias

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (19 de Mayo de 2023). *MICITT envía a SUTEL los lineamientos de política pública para continuar con proceso concursal para 5G*. Obtenido de Acuerdo Ejecutivo N°031-2023-TEL-MICITT: <https://www.micitt.go.cr/2023/05/19/micitt-envia-a-sutel-los-lineamientos-de-politica-publica-para-continuar-con-proceso-concursal-para-5g/>

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones.. (2 de junio de 2023). *MICITT lanza nuevo Plan Nacional de Atribución de Frecuencia*. Obtenido de <https://www.micitt.go.cr/2023/06/02/micitt-lanza-nuevo-plan-nacional-de-atribucion-de-frecuencias/>

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (19 de Mayo de 2023). *MICITT-DM-OF-416-2023-Lineamientos_2023-_CONCURSO_5G*. Obtenido de MICITT-DM-OF-416-2023 : https://www.micitt.go.cr/wp-content/uploads/2023/05/MICITT-DM-OF-416-2023-Lineamientos_2023-_CONCURSO_5G.pdf

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (Junio de 2023). *Plan Nacional Desarrollo de las Telecomunicaciones 2022-2027*. Obtenido de <https://www.micitt.go.cr/wp-content/uploads/2023/06/Plan-Nacional-de-Desarrollo-de-las-Telecomunicaciones-2022-2027.pdf>

Ley N°8839, Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica, 15 de julio de 2019.

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2020). *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Obtenido de <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (June de 2021). *K.52 : Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields*. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.52/en>



Estado de la situación del 5G en Costa Rica



Andrés Oviedo Guzmán



Andrés Oviedo Guzmán. Administrador de negocios con énfasis en Comercio Internacional, abogado y notario, cuento con una especialidad de regulación de las telecomunicaciones. Actualmente se desempeña como Gerente de Asuntos Regulatorios e Interconexión de la empresa CLARO CR Telecomunicaciones S.A. También formo parte de la Junta Directiva de CAMTIC e INFOCOM, y adicionalmente coordino la Comisión de Tecnología, Innovación y Digitalización de la UCCAEP.



La Superintendencia de Telecomunicaciones (Sutel) señaló que la parte administrativa de la subasta de espectro de redes 5G podría requerir entre 18 a 24 meses para su desarrollo. Este proceso dio inicio el 8 de mayo del 2023 con la instrucción y con los lineamientos técnicos emitidos por Poder Ejecutivo, en los cuales se definieron cuestiones vinculadas a la ciberseguridad, concentración de espectro, competencia y aspectos relacionados con medio ambiente y cobertura, con los cuales la Sutel diseñó el pliego de condiciones.

Este documento fue sometido a una consulta pública en la cual se recibieron observaciones y comentarios, tanto de operadores, como de terceros entre ellas, asociaciones que agrupan empresas satelitales, particularmente para la banda de 28 GHz. En el caso de éstas últimas, lo que buscaban era la exclusión de la banda de 28 GHz.

Lo anterior evidencia la apertura del Regulador a escuchar sugerencias. Dentro de los temas objeto de comentario, se recibieron observaciones sobre los plazos para realizar el despliegue de la infraestructura para cumplir las obligaciones. El pre cartel establecía para la banda de 700 MHz un plazo de 24 meses para cubrir 134 comunidades y para la banda de los 2300 a 3500 MHz uno de 36 meses. También se decidieron los porcentajes de avance de los proyectos que deben alcanzar los operadores, así como el tiempo estipulado para lograr dicha meta.

A pesar de que la Ley General de Telecomunicaciones (LGT) determina que el despliegue de infraestructura es de interés público y que la Ley de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos refuerza esta declaración, seguimos enfrentando obstáculos significativos. Aunque la Sala Constitucional ha

dictaminado que la autonomía municipal debería ceder en materia de telecomunicaciones debido al interés público, aún persisten dificultades para cumplir con estos objetivos.

Es relevante señalar que el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), buscó que este proceso no tuviera fines recaudatorios y en contraprestación se impusieran obligaciones de cobertura a los participantes. Este tipo de esquema ha funcionado en otros países de América Latina como Brasil y Colombia y ha servido para la reducción de la brecha.

Según lo definido en el cronograma de tareas para llevar a cabo el proceso concursal, hasta octubre del 2023 se logró abarcar la mitad de las actividades programadas y solo estaba pendiente el análisis de observaciones al borrador del pre cartel para su posterior elaboración, por parte de la Sutel. Es importante aclarar que hasta la fecha, los tiempos establecidos se fueron cumpliendo con base a lo programado, pero que podrían verse afectados ya que este es un proceso lento y depende de la incidencia de otros factores, los cuales se analizarán posteriormente. Asimismo, antes de publicar el cartel, recibir las ofertas y analizarlas, la Sutel realizará validaciones financieras, técnicas y jurídicas para autorizar a los participantes en este proceso.

Otro aspecto que ha afectado al despliegue de la tecnología 5G han sido los temas administrativos relacionados con la Sutel. El Consejo de la Superintendencia está integrada por 3 miembros, pero desde febrero del 2023 este órgano ha estado operando solo con 2 personas y hasta octubre del 2023 no se ha logrado ratificar un tercer miembro, ya que este es elegido por la Junta Directiva de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) con cuatro votos (que en ese mo-



mento solo contaba con 3 representantes). Adicionalmente, el nombramiento de otro miembro de este Consejo se vencerá pronto (en diciembre 2023 o en enero 2024), lo que implica que este Consejo se quedaría con una sola persona y por falta de quórum no se podría aprobar los resultados de la subasta.

Otro de los temas evaluados en el pre cartel fue la asignación de espectro IMT a los operadores existentes. Actualmente el espectro se encuentra distribuido de la siguiente manera: Claro y RACSA cuentan con 100 MHz a cada uno, a Liberty 100,6 MHz y al ICE 309,4 MHz (este monto corresponde hasta la devolución de espectro que hizo el ICE). Estos montos corresponden al nivel de tenencia de espectro y no de concentración.

Tabla 17.1. Asignación de espectro inferior a 6 GHz para servicios IMT
Cantidad de MHz por banda, año 2022

Frecuencias	CLARO	LIBERTY	ICE	RACSA
850 MHz	-	10,6	39,4	-
1800 MHz	60	50	40	-
2100 MHz	40	40	40	-
2600 MHz	-	-	190	-
3500 MHz*	-	-	-	100
TOTAL	100,0	100,6	309,4	100,0

*En caso de concretarse mediante Acuerdo Ejecutivo mutuo alcanzado.

**Los 100 MHz de la banda 3500 MHz se encuentran asignados a RACSA, que es quien cuenta con la habilitación para su uso.

Fuente: Tomado del oficio 09228-SUTEL-OTC-2022, 2022.

Cuando salió el precartel, las condiciones de ese momento establecían las frecuencias por las cuales podían participar, tanto Claro como Liberty y el ICE. Así tenemos que en las bandas bajas y medias solo Claro y Liberty podían participar con un máximo estipulado para cada una; mientras que en la milimétrica los tres operadores podían participar con la misma cantidad de MHz para cada uno.

Otra cuestión a considerar es que recientemente se resolvieron dos órganos administrativos por uso ineficiente del espectro, uno contra RACSA y otro contra el ICE. En el caso de RACSA el Poder Ejecutivo decidió separarse de la recomendación del órgano director, el cual indicaba que se le quitaran los 100 MHz a esta entidad. Por otro lado, en el caso del ICE, de los 190 MHz que tiene en la banda de 2600 MHz se le quita 70 MHz y quedan con 120 MHz. En este momento, es necesario aguardar la decisión del Poder Ejecutivo sobre la inclusión de esos MHz en la subasta del espectro.

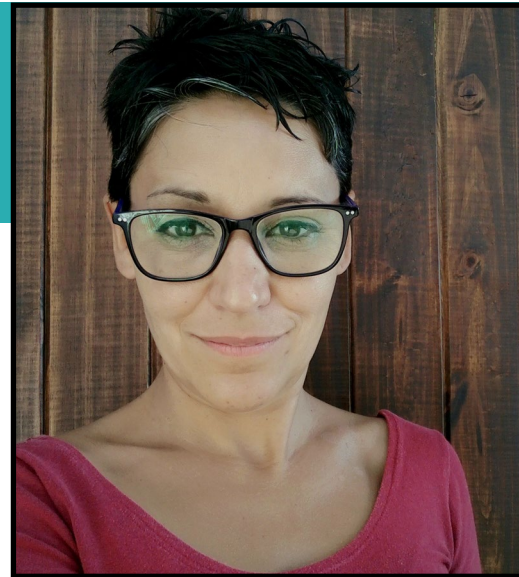
Para concluir, en la actualidad, el tema central de discusión es el reglamento de ciberseguridad para redes 5G. Este asunto no afecta directamente a los operadores como oferentes, ya que es responsabilidad de la Sutel abordar esta cuestión. Los operadores que participen en una subasta del espectro deberán firmar contratos de concesión que definirán sus obligaciones. Es relevante destacar que el precartel ya incluía disposiciones relacionadas con la ciberseguridad. Ahora, se espera conocer cómo la Sutel abordará los riesgos asociados con la presencia de un único proveedor de hardware y software en las redes. Aunque la condición de que el país fabricante sea parte del Convenio de Budapest ya no es estrictamente necesaria, se requiere que el proveedor indique su conformidad para participar.



5G en la región, una crónica periodística



Noelia Mariel Tellez Tejada



18

Noelia Tellez Tejada. Editora Adjunta de Telesemana.

Periodista argentina que estudió en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora y desde hace más de 25 años ejerce el oficio de forma ininterrumpida. Concentrada en las industrias culturales, la innovación, las telecomunicaciones y la tecnología, ocupó varios puestos en la redacción de Grupo Convergencia, de Argentina; fue Jefa de Redacción de la revista Vínculos Entre CIOs, Editora del newsletter Telemedicina Saludenlínea, y Directora de la revista y portal porteño Chamuyo. Inclusive, publicó notas de forma frecuente en otros medios gráficos y digitales, argentinos y regionales, masivos y de nicho.

Otra experiencia que enriqueció mucho su mirada fue la ejercida en 2021, cuando se desempeñó como consultora en Comunicación Estratégica de la Organización Panamericana de la Salud (OMS/OPS), para el Ministerio de Salud de la Nación de la Argentina. Desde 2021 es Editora Adjunta en TeleSemana.com y colabora en otros portales locales, con notas sobre el impacto que las TICs tienen en la vida de las personas.



Resumen

5G llega al territorio americano con la promesa de impulsar la transformación digital de las industrias y de sus sociedades, para estimularlas económicamente y, por ende, mejorar la calidad de vida de las personas. Pero ¿cómo se puede traducir esto en ejemplos concretos? En Brasil, el despliegue de una estrategia vinculada a garantizar la conectividad escolar total y el desarrollo de soluciones innovadoras que permitan cuidar el medioambiente son dos ejemplos concretos; como las experiencias que se registran en los Campus 5G de Chile donde la innovación en ámbitos como el de la Salud, marcan hitos. Otro ejemplo lo ofrece República Dominicana, donde la apuesta pasó a ser el eje rector de una gestión de gobierno.

Hoy les traigo una mirada que surge del seguimiento informativo cotidiano; una crónica de crónicas que permite acceder a una mirada panorámica que menciona las licitaciones espectrales, los encendidos de las redes y las cuestiones regulatorias, para explicar cómo y en qué medida algunas experiencias buscaron incidir -de forma positiva- en la vida de las personas a través de la innovación en materia de comunicaciones.

Palabras clave: transformación digital, periodismo, espectro radioeléctrico, brecha digital, 5G

Historias que evidencian los desafíos venideros

Las telecomunicaciones tienen historias apasionantes, futuristas y hasta anuncios que parecen distópicos cuando se los presenta pero que, con el paso del tiempo y del ejercicio de la innovación, pasan a forjar nuevas formas, hábitos y hasta transformar las formas en que las personas se vinculan entre sí. El teléfono público, el teléfono fijo hogareño, el celular analógico, los teléfonos inteligentes y las aplicaciones móviles son sólo un ejemplo de este recorrido histórico y material, profundamente revolucionario. En todos los casos, fue necesario que existieran redes de telecomunicaciones y, a cada paso, se incrementaron los requerimientos de robustez, resiliencia, velocidad e interoperabilidad y, por ende, el progreso estuvo cada vez más a expensas de las estrategias espectrales.

El propio espectro radioeléctrico también lleva consigo una larga historia de potencialidades y hasta cambios de paradigma porque, en tanto recurso natural, intangible, limitado e insumo indispensable de la industria, es un habilitador o un inhibidor de su mismísima evolución. Y, por tanto, en torno suyo se enlistaron buena parte de los debates durante la última década.

Del mismo modo, el desarrollo de las redes no terrestres y su vínculo con 5G, para garantizar la conectividad móvil total (aún en las zonas más remotas) o por qué no, la promesa de avanzar hacia 6G y en un futuro no tan lejano, tener redes telcos sensibles. Sí, todo parece señalar que estamos ante



un momento histórico bisagra, signado por la transformación que es digital y que es de las comunicaciones. Todo eso parece estar en el horizonte, allá por delante.

¿Qué trae consigo 5G? Soluciones que, sobre todo, apuntan al desarrollo productivo al permitir automatizar procesos, contar con sensores en los sistemas productivos de diversas industrias que potencien su desarrollo, ofrezcan mejores economías de escala y mayor seguridad para las personas. También promete crear nuevas experiencias de usuario, inmersivas u virtuales, que tienen un sinfín de aplicaciones y que van desde el entretenimiento hasta la posibilidad de concretar intervenciones médicas riesgosas a distancia. En todos los casos, la clave pasa por la capacidad de transmisión de datos, la velocidad y la mínima latencia.

En los últimos años, las experiencias de subasta de espectro para uso IMT en la región, arrojaron experiencias concretas sobre cómo todo esto puede traducirse en un cambio concreto y positivo en la vida de las personas, de las comunidades latinoamericanas. Todo esto fue posibilitado por la apuesta de los operadores, las decisiones tomadas por las administraciones públicas y la pulsión por innovar que demostraron algunas universidades, algunos gobiernos, y la sociedad civil a través de empresas, emprendedores y apasionados.

Así, la potencia con que Chile desarrolló sus Campus 5G para fomentar la existencia de casos de uso y que permitieron, por ejemplo, realizar la primera mamografía 5G; sumada a la convicción con que Brasil instrumentó su estrategia de conectividad para, por ejemplo, llegar con Internet a las escuelas de todo el territorio, o la muestra que ofrece República Dominicana al

poner la transformación digital como eje rector de su estrategia de país, son tres experiencias que bien valen recordar.

Chile, el primero de la región, el de los Campus 5G

La subasta de espectro 5G en Chile se concretó hace tres años y se la consideró histórica por varios motivos. Fue la primera en la región en concursar recursos radioeléctricos para 5G y el país que mayor cantidad de espectro ofreció, 1.800 MHz. Hoy, a dos años de iniciado el despliegue de las redes, el proceso se caracteriza por su rápida adopción poblacional, al reunir más de 2,38 millones de usuarios 5G (Catalano, 2023a) sobre una población total de alrededor de 19.5 millones de personas.

Sin dudas, el despliegue de la tecnología y las estrategias de los operadores arrojaron un sinfín de noticias en torno a 5G, pero quizá la que más y mejor represente todos los esfuerzos es la que señaló la aspiración de convertir al país en un *hub* digital regional y en ese sentido, facilitar la incubación de ecosistemas. Conocidos como Campus 5G, diversos organismos del Estado local, junto a operadores de telecomunicaciones, fabricantes de equipos y tecnología, pero también universidades y la sociedad civil, se pusieron a trabajar en casos de uso concretos, en resolver problemáticas comunes, sociales, de negocio, echando mano a la investigación y el desarrollo que posibilitan las nuevas herramientas comunicacionales, a la par que practican la docencia y promueven la adquisición de capacidades intelectuales.



El de la salud es uno de esos cinco sectores que 5G advierte que puede potenciar y una de las experiencias que se desarrollaron en estos campus fue, justamente en este ámbito. Se trató de la primera mamografía 5G (Tellez, 2022) mediante espectro experimental, un router 5G de Telconsur, la apuesta de Movistar Empresas y la decisión política local.

Cabe recordar que, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2020, unas 685.000 personas fallecieron por cáncer de mama en todo el mundo, que es un padecimiento que afecta a hombres y mujeres de todos los países y que cerca de la mitad de los casos involucran el padecimiento de mujeres que no tienen factores de riesgo específicos aparte del sexo y la edad.

Por ello, el logro de Chile no es menor, sobre todo si se piensa en las poblaciones rurales que, mediante la implementación de mamógrafos móviles munidos de conectividad 5G, pueden acortar los plazos de diagnósticos especializados de semanas a minutos. Un margen de tiempo es vital en estos casos.

Pasa en todo el mundo, los centros especializados de diagnóstico por imagen se encuentran en las ciudades más pobladas y aquellas más alejadas quedan a expensas de las distancias y la posibilidad de trasladarse personalmente a buscar soluciones, pero, en este caso, esos inhibidores se resuelven gracias a la incorporación de un router 5G.

La experiencia se realizó en el Centro de Salud Familiar (Cesfam) Los Pajaritos, ubicado en la comuna de Maipú, en la región Metropolitana de Chile y permitió demostrar cómo la tecnología de quinta generación puede facilitar la atención médica de las

personas que viven en sitios alejados y sobre todo, de brindarles accesibilidad al diagnóstico especializado de profesionales que no se encuentran físicamente en la ruralidad.

En definitiva, debe ser posible vivir alejados de los grandes centros urbanos sin perder el derecho de acceso a la salud.

Brasil, el gigante de la región y el mejor alumno 5G

El de Brasil es, quizá, el modelo más celebrado en la región por haber convertido la subasta en una oportunidad para achicar la brecha digital, al apostar por el intercambio de espectro a cambio de las obligaciones de hacer. Fue en noviembre de 2021 y logró captar el interés de 15 operadores, algunos de ellos caracterizados por ser uno de esos pequeños prestadores de Internet que dan conexión al 40 por ciento de la población local, como es el caso de Brisanet (Catalano, 2021).

Otro elemento muy valorado es el vinculado a cómo el regulador se propuso un plan de limpieza espectral paulatino, cuyo cronograma viene cumpliendo al pie de la letra y que, aunque no signifique que los operadores enciendan automáticamente las redes, sí garantiza las condiciones estructurales para que esto suceda. Con todo, hoy Brasil posee más de 10 millones de conexiones 5G (Catalano, 2023b), sobre una población total superior a los 215 millones de habitantes, volumen que erige al país como la séptima nación más poblada del mundo.

De todas las estrategias e iniciativas desarrolladas al calor de la quinta generación móvil, cabe destacar que en ese país,



sus funcionarios la ven como una herramienta para el cuidado ambiental y el desarrollo económico e industrial, pero en cuyo plan también establecieron que deben llegar con conectividad de banda ancha a todas las escuelas del país hacia 2025.

Inclusive, en septiembre último, el país presentó la *Estrategia Nacional de Escuelas Conectadas* para la que reunió fondos por 1.757 millones de dólares (8.800 millones de reales) al unificar todas las iniciativas que allí bregan y con el propósito de que las más de 138.300 instituciones educativas del país accedan a Internet.

Si se mirara el mapa de Brasil y cómo estarán repartidos los esfuerzos, se podría identificar que el nordeste, donde habita una población equivalente a la de Italia, está emplazada la mayor cantidad de escuelas, casi 50 mil (49.953). Le siguen las 40.365 escuelas del sudeste, considerada la región más rica del país y la más industrializada de América Latina y a la que señalan responsable de alrededor del 60% de su Producto Interno Bruto (PIB).

Detrás, más de 20 mil escuelas (20.366) el norte o esa región signada por la selva, las 19.826 en el sur, o la región más pequeña en superficie territorial del país y las 7.845 escuelas que se ubican en la zona centro-oeste conocida por su actividad industrial y productiva agropecuaria.

Vicente Aquino, miembro del Consejo de Administración de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones de Brasil (Anatel),

presidente del Grupo de Seguimiento del Costo de Proyectos de Conectividad Escolar (GAPE) y presidente del Comité de Defensa de los Usuarios de Servicios de Telecomunicaciones (CDUST), dijo a esta cronista (Tellez, 2023a) que “para que la transformación digital se dé de manera efectiva, es necesario ampliar y mejorar la red de *backhaul* con fibra óptica”.

Grosso modo, este plan de conectividad escolar posee cuatro ejes: llegar con infraestructura y garantizar el acceso a Internet, con una velocidad adecuada a los fines pedagógicos, además de la instalación de redes Wi-Fi en el predio y en caso de que falte, garantizar el suministro eléctrico. Porque no se trata sólo de llegar con Internet: un relevamiento oficial identificó que hay 3.031 instituciones sin luz y este plan prevé la conexión a la red pública de energía o el aprovisionamiento de generadores eléctricos fotovoltaicos.

También debe subrayarse que estas apuestas del país se entrelazaron de forma estratégica en torno al relanzamiento de un programa integral, intersectorial y transversal conocido como *Programa de Aceleración del Crecimiento*, ahora Nuevo PAC (Tellez, 2023b) que pone a la conectividad en el centro de la estrategia de desarrollo económico-productivo del país.

Si, basta con imaginarse una escuela sin luz y sin internet, dentro o fuera del Amazonas, para comenzar a describir la urgencia del caso; baste decir que se debe poder tener el derecho a vivir en la selva y no perder el derecho a la educación.



El más emblemático, el más prolijo: República Dominicana

La experiencia dominicana sirve para ejemplificar cómo un país puede abordar a la transformación digital como estrategia de gestión y alinear alrededor suyo aquellas medidas que considera necesarias para lograrlo. Y, en este punto, vale recordar que toda la apuesta estuvo acompañada por consultas públicas que abrieron el debate al sector y a la comunidad.

Y esta crónica pone en valor la prolijidad del caso por haber comenzado por revisar la regulación, por valorarla obsoleta, pero también para unificar medidas que fueron creándose ante la necesidad de actualizarla. Así, mediante la generación de espacios de diálogo comunitario, el plan sumó la mirada de los especialistas y dio voz a las necesidades poblacionales para, recién después, reescribirla.

Julissa Cruz Abreu, la directora ejecutiva del Indotel, (Tellez, 2021) adelantó a esta cronista que, a un año de subastado el espectro para 5G (Telesemana, 2023), habían llegado a garantizar la cobertura a la mitad de la población y que seguirían trabajando para totalizarla en enero de 2024. La apuesta es grande pues involucra pasar de ser uno de los territorios con menor capilaridad de fibra óptica al hogar a cubrirla en su totalidad.

En este caso, quizá, el mayor logro haya sido darle transversalidad a la apuesta y desarrollar una estrategia de país con conectividad, alfabetización digital e impulso económico y que el buen plan trazado en términos de recursos espectrales, le permitiera realizar dos subastas 5G en dos años.

Hay más, claro

Argentina, Colombia, Costa Rica y Uruguay eran las subastas previstas en la región para este 2023 y mientras las tres primeras están en pleno proceso, Uruguay lo resolvió hace cinco meses (Tellez, 2023c). Muy brevemente, hay similitudes. Por un lado, tanto en la Argentina como en Uruguay, con sus diferencias, en el proceso espectral se generó mucho debate porque las administraciones públicas otorgaron recursos a sus empresas, como es Arsat y Antel, respectivamente.

Y, más allá de toda discusión, vale recordar que se trata de Estados democráticos que toman decisiones estratégicas sobre un recurso natural. En el caso de Costa Rica y de Colombia, a su vez y más allá de las obvias particularidades, ambos procesos están atravesados por las vulnerabilidades informáticas sufridas y que impusieron establecer lineamientos específicos. No entraré en mayores detalles en torno a estos escenarios dado que se trata de crónicas que aún en pleno desarrollo.

La certeza de poner el foco en lo urgente

Sea cual fuere el país que se mire, achicar la brecha digital urge, aún con las diferencias de penetración de internet móvil y fija que pueda existir. En el mundo se estima que un tercio de la población mundial no accede a Internet (Tellez, 2023d). Y, en la región, se estima que a fin de 2021, el 62% de los hogares tenía suscripción a banda ancha fija y el 79% de la población a la móvil (Tellez, 2023e).



Se sabe, la brecha ya no sólo está dada por la disponibilidad de la conectividad, sino por la calidad de su enlace, pero también por la asequibilidad a los dispositivos. Y, en este punto, quiero recordar a las mayorías pobres de nuestra América para advertir la dificultad que tendrán para adquirir los dispositivos móviles necesarios para aprovechar 5G e, inclusive, su abono.

Traigo datos de la Comisión Económica para América y el Caribe (CEPAL) que ponen este escenario en contexto: el 45 % de la población de América Latina y Caribe (ALC) está en situación de pobreza, entre los que hay un 13.1% en situación de pobreza extrema (Comisión Económica para América y el Caribe, [CEPAL], 2022). Y traigo de vuelta la ponencia de José Otero en la apertura porque señaló que no hay celulares que estén al alcance de los bolsillos de las mayorías latinoamericanas. Por ello, suscribo la idea de que cada gobierno agarre el lápiz y viabilice su estrategia y defina para quién y para qué necesita 5G, de modo que posibilite el desarrollo de los ecosistemas que permitan hacer crecer esa base de usuarios.

Y, a esos determinantes sociales de la brecha digital hay que sumarles también la alfabetización y la existencia (o no) de competencias culturales digitales.

Y sobre esto la CEPAL también cuenta con indicadores: Durante la pandemia, la región sufrió, además de la emergencia sanitaria, las consecuencias de las desigualdades que hay en materia de conectividad, equipamiento y habilidades digitales porque a las 70 semanas que en promedio estuvieron cerradas las escuelas, en 8 de los 12 países que analizó, el 60% de la población menor a los 18 años –o sea, en edad de

escolaridad inicial, básica o secundaria- no tenía conectividad en su hogar.

En suma: el desafío último es que todas las personas, sin importar su condición socioeconómica, su ubicación geográfica, su género o edad, cuenten con la alfabetización digital necesaria, los dispositivos adecuados y la calidad de conectividad precisa para poder generar y multiplicar conocimiento y no ser un mero consumidor.

Un rápido resumen de las decisiones tomadas recuerda que entre quienes definieron el uso libre de esta banda se encuentran Guatemala (Tellez, 2023f), Argentina (Catalano, 2023c), Canadá, Colombia (Tellez, 2023g), República Dominicana (Tellez, 2022b), Perú y Brasil (Catalano, 2023), aunque en este último caso el debate parece haberse reabierto, sobre todo ante la posibilidad de incluir el uso en exteriores.

Otros como Chile (Tellez, 2023h), que tenía ponderada la asignación total de la banda para uso no licenciado, replanteó su estrategia hasta nuevo aviso, algo similar a lo que ocurrió en México (Tellez, 2023i), donde sólo se autorizó al uso libre en la parte inferior de la banda.

Mientras, varios relevamientos de mercado, como el realizado por Telecom Advisory (Tellez, 2023j), cuantificaron la pérdida económica de postergar el uso libre de la banda completa.

Y para este caso también hay experiencias para revisar. Las redes comunitarias son buenos ejemplos de experiencias de conectividad que tienen fines sociales, que posibilitan el desarrollo de economías regionales y que permiten que pobla-



ciones que no son atractivas para el mercado comercial sean asistidas en sus derechos inalienables: a conectarse, a estudiar, a trabajar y a acceder a la salud. En la Argentina, por caso, hay muchas.

Otra experiencia, vinculada a la Internet de las cosas (IoT) y a la potencialidad de la conectar a las cosas -que es el capital por excelencia de 5G-, es el que se está desarrollando en Brasil y que conquistó a la prensa internacional. La Universidad del Estado de Amazonas recurrió a la Inteligencia Artificial (IA) para crear un dispositivo de alarma y control que, munido de conectividad Wi-Fi, puede identificar el sonido de una moto-sierra y emitir una alerta a las autoridades locales. Se trata de Curupirá que, con la apariencia de un módem, se erige como el nuevo Guardián de la selva amazónica ante la siempre presente amenaza de la deforestación.

Según se supo en las últimas semanas, los sistemas de monitoreo para evitar la deforestación del Amazonas ayudaron a desacelerar un proceso que asustaba. Según el informe anual del Instituto Nacional de Investigación Espacial del Brasil (INPE), la deforestación realizada en la Amazonía -entre agosto de 2022 y julio de 2023- fue de casi 8000 kilómetros (7.925 kilómetros cuadrados) y eso involucra a 665 kilómetros menos en la comparación interanual y se ubica como la cifra más baja desde 2019 (Instituto Nacional de Investigación de Brasil, [INPE], 2023).

Bien vale volver a los derechos de las personas, entonces, y a la importancia de poder disfrutar de un medioambiente cuidado.

Y allí, las estrategias vinculadas a la utilización de los fondos de servicio universal, las decisiones sobre el uso de ciertas bandas de espectro y las políticas públicas para el sector, pueden marcar la diferencia.

En torno a 5G, otro de los debates que están vivos en la región son los concernientes al uso de la banda de 6 GHz, una porción en la que los proveedores de servicios IMT se disputan con los fabricantes de equipamiento inalámbrico, y que siguen con particular atención aquellas poblaciones de zonas remotas en las que no todas las ofertas de conectividad son válidas.

Ir hacia un nuevo pacto social, que sea digital

Llegar con conectividad a cada hogar, a cada habitante de nuestra América, a cada región del país urge. Para ello, la acción y la decisión de los Estados y de la industria es crucial.

La pandemia de Covid-19 dejó muchos aprendizajes a la sociedad global, por ejemplo, que los pactos sociales aún son posibles. Todavía es posible llegar a un acuerdo para, por ejemplo, cuidarse mutuamente porque sólo se requiere de una acción de responsabilidad colectiva. También, entonces, podría ser posible arribar a un pacto social digital, ya que la conectividad es un derecho humano que, a su vez, es un habilitador del acceso a otros derechos consagrados: como el de la salud, el de la educación y el del trabajo.



Quizá, el mayor valor de esta apuesta por achicar la brecha digital con inclusión sea el futuro. Habilitar que los procesos de transformación digital pública y ciudadana sean posibles se traducirá en administraciones más transparentes y eficientes; la alfabetización digital de las poblaciones se traducirá en usos sanos y productivos de las TICs, pero también en competencias culturales, en interés científico, en investigación y desarrollo, en desarrollo económico, en pujanza industrial, en soberanía, en poblaciones empoderadas.

Quizá, entonces, valga comenzar a preguntarse sobre lo posible, de lo urgente y lo imaginable. Por ejemplo, ¿cómo se conectan las personas en las ciudades y en las ruralidades? ¿Qué capacidad financiera tienen las poblaciones para adquirir los productos y los servicios que ofrecen los operadores y para los que hicieron inversiones? ¿Cómo se puede potenciar el PBI de cada país echando mano a las comunicaciones? En definitiva, ¿qué futuro digital anhelamos y cómo lo construimos? Aún falta mucho por hacer y mucho por contar.

Conclusiones

Un repaso por las estrategias espectrales y las apuestas por el achicamiento de la brecha digital con inclusión y transformación digital en la región, ofrecen un panorama de lo posible, de lo urgente y de lo imaginable. Aún falta mucho por hacer y mucho por contar.

En tiempos en que todo parece estar absorbido por la inteligencia artificial y su supuesta capacidad para crear subjetividades, esta presentación busca poner en valor la práctica humana más antigua, que forjó culturas enteras y que resulta inherente a la razón de ser: contar las historias, para entenderlas y proyectar futuro. Ir hacia un nuevo pacto social, que sea digital y que se centre en las personas, en cumplir sus derechos, resolver sus urgencias y conducir sus anhelos.



Referencias

Catalano, A. (2021). La unión hace la fuerza: los pequeños prestadores son el principal proveedor de Internet de Brasil. Telesemana. La unión hace la fuerza: los pequeños prestadores son el principal proveedor de Internet de Brasil – TeleSemana.com

Catalano, A. (2023a). Chile cuenta con más de 2,38 millones de usuarios 5G y ya se advierte el impacto en 4G. Telesemana. Chile cuenta con más de 2,38 millones de usuarios 5G y ya se advierte el impacto en 4G – TeleSemana.com

Catalano, A. (2023b). La red 5G de Brasil ya es más veloz que la de Estados Unidos y las de Europa. Telesemana. La red 5G de Brasil ya es más veloz que la de Estados Unidos y las de Europa – TeleSemana.com

Catalano, A. (2023c). Argentina oficializó el destino de la banda de 6GHz para Wi-Fi y sólo para uso en interiores. Telesemana. Argentina oficializó el destino de la banda de 6 GHz para Wi-Fi y sólo para uso en interiores – TeleSemana.com

Catalano, A. (2023d). Brasil ya prueba Wi-Fi 6E en espectro de 6GHz para uso exterior. Telesemana. Brasil ya prueba Wi-Fi 6E en espectro de 6 GHz para uso exterior – TeleSemana.com

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). Panorama Social de América Latina y el Caribe, 2022. CEPAL. Panorama Social de América Latina y el Caribe:

la transformación de la educación como base para el desarrollo sostenible (cepal.org)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Informe Anual. (2023). Página en reconstrucción (telam.com.ar)

Tellez, N. (2022). Telemedicina y 5G: en Chile se realizó la primera mamografía de la región sobre espectro experimental de Movistar Empresas. Telesemana. Telemedicina y 5G: en Chile se realizó la primera mamografía de la región sobre espectro experimental de Movistar Empresas – TeleSemana.com

Tellez, N. (2022b). A favor del uso no licenciado: ña banda de 6GHz es 100% para Wi-Fi en República Dominicana. Telesemana. A favor del uso no licenciado: la banda de 6 GHz es 100% para Wi-Fi en República Dominicana – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023a). “Para que la transformación digital se dé de manera efectiva, es necesario ampliar y mejorar la red de backhaul con fibra óptica”. Telesemana. “Para que la transformación digital se dé de manera efectiva, es necesario ampliar y mejorar la red de backhaul con fibra óptica” – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023b). Brasil invertirá US \$347.000 millones en el relanzamiento de una iniciativa intersectorial para acelerar el crecimiento. Telesemana. Brasil invertirá US\$ 347.000 millones en el relanzamiento de una iniciativa intersectorial para acelerar el crecimiento – TeleSemana.com



Tellez, N. (2023c). Uruguay recaudó más de US \$84 millones por la licitación de espectro 5G. Telesemana. Uruguay recaudó más de US\$ 84 millones por la licitación de espectro 5G – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023d). Un tercio de la población mundial aún no se conectó a Internet. Telesemana. Un tercio de la población mundial aún no se conectó a Internet – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023e). Un informe sobre transformación digital asegura que América Latina es un escenario “lleno de oportunidades, pero no exento de retos”. Telesemana. Un informe sobre transformación digital asegura que América latina es un escenario “lleno de oportunidades, pero no exento de retos” – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023f). El Salvador se mueve entre la modernización del Estado, la liberación de la banda 6GHz y el financiamiento para telemedicina. Telesemana. El Salvador se mueve entre la modernización del Estado, la liberación de la banda de 6GHz y el financiamiento para telemedicina – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023g). Colombia ya liberó la banda de 6 GHz para uso no licenciado en interiores. Telesemana. Colombia ya liberó la banda de 6 GHz para uso no licenciado en interiores – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023h). La decisión de Chile de quitarle exclusividad al uso no licenciado en banda de 6 GHz multiplicó las controversias sobre el tema. Telesemana. La decisión

de Chile, de quitarle la exclusividad al uso no licenciado en la banda de 6 GHz, multiplicó las controversias sobre el tema – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023i). La decisión tomada en México por el uso de la banda de 6 GHz reavivó el debate por el uso del espectro. Telesemana. La decisión tomada en México por el uso de la banda de 6 GHz reavivó el debate por el uso del espectro – TeleSemana.com

Tellez, N. (2023j). Para Telecom Advisory, retrasar el uso libre de la banda de 6GHz en Chile pospone la creación de valor económico. Telesemana. Para Telecom Advisory, retrasar el uso libre de la banda de 6GHz en Chile pospone la creación de valor económico – TeleSemana.com

Tellez, N. (2021). “Una ley un poco más de dientes que nos permita ejercer una labora de fiscalización más eficiente”. Telesemana. “Una ley con un poco más de dientes que nos permita ejercer una labor de fiscalización más eficiente” – TeleSemana.com

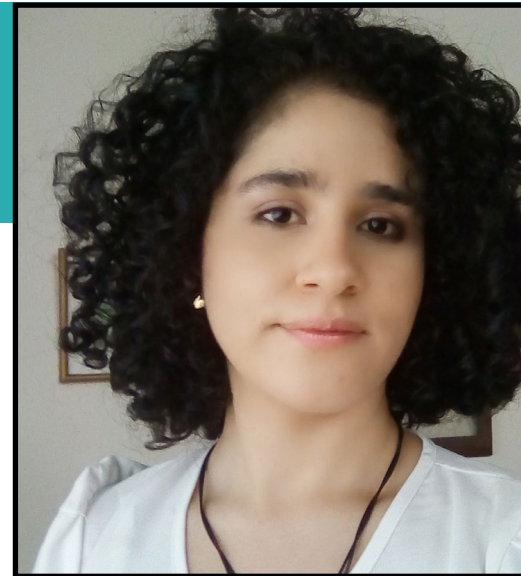
Telesemana. (2023). Foro Virtual Regulación 2023: La necesidad de inclusión social y de restablecer la confianza público-privada fueron los ejes de la primera jornada. Telesemana. Foro Virtual de Regulación 2023: La necesidad de la inclusión social y de restablecer la confianza público-privada fueron los ejes de la primera jornada – TeleSemana.com



Síntesis Analítica



Valeria Castro Obando



Las reflexiones plasmadas en esta Memoria evidencian que la tecnología 5G se convertirá en el primer eslabón para habilitar a otras tecnologías disruptivas asociadas a la revolución 4.0. y potenciar junto con estas, mejoras en la eficiencia, la productividad y la agilidad de organizaciones y empresas. De hecho, es de esperar que las mejoras en materia de latencia, velocidad, densidad de conectividad e inclusive, a nivel de seguridad, terminen por catalizar transformaciones que podrían llegar a cambiar el escenario digital durante las próximas décadas.

Desde este punto de vista, la tecnología 5G representa un parteaguas en el camino, ya que las particularidades técnicas que distinguen a esta generación de servicios móviles superan por mucho a sus antecesoras. No sólo por las mejoras en términos de velocidad e interconexión, sino también porque introduce optimizaciones para hacer un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, virtualizar varias de las funciones de la red y migrarlas a la nube, lo que contribuye con la eficiencia energética, reduce costos operativos para los operadores y favorece la aplicación de procesos agnósticos y de homologación.

Es así como se conforma una arquitectura más convergente que abre las puertas para innovar en la forma como producimos bienes y se entregan servicios. Desde esta óptica se espera que la tecnología 5G nos permita masificar y fortalecer servicios de misión crítica, habilitar operaciones remotas, automatizar procesos y sentar las bases para desarrollar proyectos de ciudad inteligente, entre otros aspectos. Todo esto parece pintar un panorama promisorio en el que se podrán crear nuevas experiencias de usuario y modificar muchas de

las dinámicas socioproductivas tal y como las hemos conocido hasta ahora.

Sin embargo, hacer realidad este tipo de transformaciones no deja de constituir un desafío pues aún persisten importantes puntos de mejora que deben ser solventados en paralelo al desarrollo de la tecnología 5G. Aunque son numerosos, entre los principales podemos mencionar la necesidad de superar los limitantes que ralentizan el despliegue de la infraestructura de soporte de las telecomunicaciones y exacerban las brechas territoriales de conectividad, así como las necesidades en materia de inversión, formación de capital humano (que apoye el cambio tecnológico y los procesos de I+D) y además, mejore la asequibilidad de los dispositivos 5G.

Asimismo, se debe impulsar estrategias que en primer lugar, identifiquen necesidades y que a partir de ello, se establezcan objetivos y metas claras a la hora de impulsar el desarrollo de las redes 5G, considerando el ciclo de expansión usual de las tecnologías móviles. Para eso hay que determinar a los potenciales usuarios de la tecnología 5G y para qué la necesitarán, y a partir de esto, se pueden planificar lanzamientos que sean sostenibles y viables desde el punto de vista financiero.

También hay que contemplar otras cuestiones como la disponibilidad de espectro, los procedimientos de adjudicación de dicho recurso, los lineamientos técnicos para desarrollar los procesos concursales –evitando cobrar excesivamente por el espectro 5G–, la armonización de bandas espectrales y el cumplimiento de buenas prácticas internacionales para la gestión del espectro radioeléctrico, entre otros aspectos.



De igual modo, hay que tener en cuenta la centralidad que tiene el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones pues la implementación de las redes 5G requiere de más antenas, fibra óptica y la implantación de micro células; lo que representa una importante inversión para los operadores e implica considerar los planes de retorno. Además, en el despliegue de infraestructura 5G se necesita de normativa que fomente un despliegue ordenado y ágil que evite que esto no se convierta en una limitante para avanzar en su desarrollo, sobre todo si se introducen trámites sin justificación técnica o con plazos de resolución excesivos que elevan los costes de tiempo y recursos.

En una dirección similar, es muy importante que se respeten los estándares establecidos en la legislación nacional y que buscan garantizar la libre competencia y la igualdad de condiciones para los operadores. Dentro de estos, quizás uno de los principios más relevantes -aunque no por ello es el único, sea la neutralidad tecnológica, ya que esta aplicada al ámbito de las 5G, ayuda a establecer un entorno de certeza jurídica y no discriminación que brinda libertad a los operadores para decidir las tecnologías que emplearan en sus despliegues.

La seguridad de la información la implementación 5G suscita retos sobre todo porque incrementará el número de dispositivos que podrán estar conectados. Esto no sólo producirá más datos sino que también complejiza la seguridad de las infraestructuras al extender los contornos de los entornos digitales y ampliar la cantidad de actores que hay que tomar en cuenta a la hora de gestionar la ciberseguridad. En ese sentido, la gestión de los datos y las redes deberán ser resguardados mediante la propia arquitectura que ofrece la tecnología 5G, que introduce mejoras en este ámbito, así como por mecanismos

que refuercen la seguridad, sin socavar la libre competencia u otras condiciones necesarias para un adecuado desempeño del mercado de las telecomunicaciones.

Al examinar la experiencia costarricense en el despliegue de la tecnología 5G se evidencia que el país ha adoptado pasos importantes para propiciar un entorno regulatorio que favorezca el encendido de la tecnología 5G con acciones como: la definición del cronograma de asignación de espectro, la planificación de usos de las frecuencias en el corto, mediano y largo plazo, la promulgación de la Ley N°10216 y del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT), las reformas al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF), la recuperación y subasta de bandas de espectro y el desarrollo de un proceso concursal sin fines recaudatorios (que promueve del despliegue de infraestructura, establece un mecanismo para evitar la concentración de espectro radioeléctrico y exige el cumplimiento de estándares de la 3GPP en ciberseguridad).

A pesar de esto, el proceso de encendido de la tecnología 5G no ha logrado avanzar al ritmo esperado por la disonancia de visiones entre los actores implicados. Justamente, esto nos recuerda que la implantación de las redes 5G requiere del diálogo constante, articulado y fluido de todos los involucrados. Esto significa que la comunicación operadores, instituciones del sector público, gobiernos locales, organizaciones del sector privado, academia y sociedad civil organizada, es clave para acelerar el desarrollo de la tecnología 5G mediante la adopción de acciones conjuntas que concilien posiciones y respondan efectivamente a los desafíos comunes que enfrenta el sector de las telecomunicaciones.



En el camino hacia las redes

5G

Jornadas de Investigación y Análisis



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

PROSIC

Programa Institucional
Sociedad de la Información
y el Conocimiento

ISBN: 978-9968-510-29-5



Con la Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis “En el camino hacia las redes 5G”, el Prosic busca poner a disposición un producto del conocimiento que permita una aproximación al mundo de las 5G y brinde insumos útiles sobre los avances del país en la materia e indique potenciales puntos de mejora para afianzar el desarrollo de la tecnología 5G en el país.