

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**IMPACTOS & RECOMENDACIONES PARA EL DESPLIEGUE
DE LAS REDES 5G EN EL MERCADO PERUANO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN
REGULACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS**

AUTOR

Boris Pablo Martel Silva

ASESOR

Luis Alejandro Pacheco Zevallos

LIMA – PERÚ

2020

RESUMEN

El despliegue de las redes 5G no debe ser concebida como una mejora gradual a las evoluciones tecnológicas existentes, sino como un salto cualitativo en la propuesta de valor de la conectividad, ofreciendo servicios con velocidades mucho más rápidas, con latencias mínimas y comunicaciones de muy alta confiabilidad. Estas prestaciones permitirán ser catalizadoras de otras tecnologías como el IoT, la Inteligencia Artificial, el Big Data, la realidad virtual y aumentada entre otras, que sin el soporte de esta conectividad no alcanzarían su potencial esperado.

Los impactos que conllevará el despliegue de estas redes 5G en el mercado peruano junto con la confluencia de los distintos avances tecnológicos proporcionarán los medios para consolidar una transformación que afectará distintos ámbitos de nuestra sociedad desde el punto de vista social, económico, cultural y tecnológico. Estos avances ocurren en los pilares de infraestructura, conectividad, digitalización de hogares, gobierno y empresas (pasar de un internet del consumo a un internet de la producción), así como el desarrollo y crecimiento de las industrias verticales que conllevará acercarnos a los niveles de digitalización de los países de la OECD.

De esta manera, la presente tesis tiene como objetivo identificar las políticas que permitan fomentar su despliegue, y en consecuencia se definieron tres hipótesis de investigación: H1: El despliegue de las redes 5G será un aspecto clave para desarrollar la conectividad de los servicios de Banda Ancha, H2: El 5G será un habilitador del desarrollo de las industrias verticales; y H3: La interconexión IP permite asegurar que no existan impactos negativos en la interoperabilidad de las redes basadas en IP.

Dado que estas políticas plantean propuestas de proyecciones a futuro, se consideró utilizar la “Metodología Estructural Prospectiva”. Esta metodología, usada también por la OECD para estudios sociales, permite identificar las políticas públicas a través de un análisis matricial de la revisión documental y las fuentes obtenidas a través de encuestas a expertos de la industria. Para la investigación se logró obtener los comentarios de 23 expertos, los cuáles fueron agrupadas según su afinidad en los siguientes grupos: del Gobierno, de Operadores, de Proveedores y de la Academia.

Estos resultados fueron ingresados en la herramienta MICMAC “Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación”, los cuáles arrojaron trece políticas públicas como factores críticos de éxito (FCE) y que fueron desarrolladas en la presente investigación. Los resultados concluyen que las hipótesis H2 y H3 son verdaderas, sin embargo el cumplimiento de la hipótesis H1 es parcial dado que si bien el 5G se convierte en el catalizador de otras tecnologías por ser un aspecto clave en la conectividad de las industrias verticales (internet de la producción), éstas no necesariamente aplican para el internet del consumo dado que no es necesario esperar el 5G para fomentar los servicios de Banda Ancha Móvil, estos pueden ya ser aplicados con las tecnologías 4G existentes.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	i
ÍNDICE	ii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
PRIMERA PARTE: MARCO DE LA INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN DE IMPACTOS & CASOS DE USO	2
CAPÍTULO I	
MARCO CONCEPTUAL & ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1.1 Planteamiento del Problema	2
1.1.2 Hipótesis	10
1.1.3 Objetivos	10
1.1.4 Metodología	10
1.2 MARCO CONCEPTUAL	12
1.2.1 Tecnologías de Información y Comunicación (TIC)	13
1.2.2 Brecha Digital	13
1.2.3 Acceso y Servicio Universal (ASU)	15

1.2.4	La Banda Ancha y la Convergencia de Servicios	16
1.2.5	Los Sistemas de Comunicaciones Móviles	19
1.2.6	Aspectos Tecnológicos del 5G	25
	A. Arquitectura Física – 5G	27
	B. Arquitectura de Referencia – Núcleo de Red	35
	C. Arquitectura de Referencia – Red de Acceso	38
	D. Principales Funcionalidades en 5G	39
1.2.7	Espectro Radioeléctrico	45
	A. Situación Actual del Espectro Radioeléctrico	47
	B. Identificación de Espectro para IMT	49
1.2.8	Compartición de Infraestructura	52
	A. Compartición Pasiva de Infraestructura	55
	B. Compartición Activa de Infraestructura	56
CAPÍTULO II		
	IMPACTOS DEL 5G EN EL SECTOR ECONÓMICO, EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y CASOS DE USO EN INDUSTRIAS VERTICALES	61
2.1	EL ECOSISTEMA DIGITAL EN EL PERÚ	61
2.2	IMPACTOS EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL	63
2.3	IMPACTOS EN EL CRECIMIENTO DEL PBI	65
2.4	IMPACTOS DEL 5G POR SECTOR INDUSTRIAL	66
2.5	CASOS DE USO EN INDUSTRIAS VERTICALES	68

2.5.1	Impacto Global y Regional	69
2.5.2	Casos de Uso	70
A.	Agricultura, Procesamiento y Distribución de Alimentos	70
B.	Industria Automotriz	71
C.	Manufactura Inteligente – Industria 4.0	72
D.	Logística Inteligente	73
E.	Otros casos de uso en Industrias Verticales	74
F.	Casos de uso en tecnologías de Vehículos Conectados (V2X)	74
G.	Casos de uso en tecnologías de Drones Conectados (VANT)	75
H.	Casos de uso en Ciudades Inteligentes	76
I.	Casos de uso en Hogares (Banda Ancha Mejorada)	77
SEGUNDA PARTE: IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS, DESARROLLO METODOLÓGICO Y RESULTADOS		78
CAPÍTULOS III		
DIAGNÓSTICO DEL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES E IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS		78
3.1	EL ENTORNO DE DESARROLLO ACTUAL	78
3.2	EL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES	82
3.2.1	Desempeño de los Operadores Móviles	84
3.2.2	Desempeño del Internet Fijo	85

3.2.3	Desempeño del Internet Móvil	87
3.2.4	Desempeño por tipo de Tecnologías de Acceso Móvil	88
3.3	BARRERAS QUE LIMITAN SU DESARROLLO	90
3.3.1	Barreras que limitan el despliegue de Redes de Fibra Óptica	92
3.3.2	Barreras que limitan el despliegue de Redes de Acceso	100
	A. Barreras por trámites administrativos de Gobiernos Locales	103
	B. Barreras por percepción de riesgos en la salud en relación a las antenas	104
3.3.3	Barreras respecto a la Disponibilidad del Espectro	107
	A. Identificación de nuevas bandas para redes IMT	109
	B. Experiencias Internacionales en las Bandas IMT	111
3.3.4	Barreras regulatorias respecto a la Compartición de Infraestructura	114
	A. Experiencias Internacionales - Compartición de Infraestructura	115
3.3.5	Barreras regulatorias respecto a los nuevos servicios de comunicación vs el uso del SS7 en Interconexión	117
3.3.6	Barreras respecto al Desarrollo en Industrias Verticales	119
3.3.7	Barreras para el acceso de los Usuarios	121

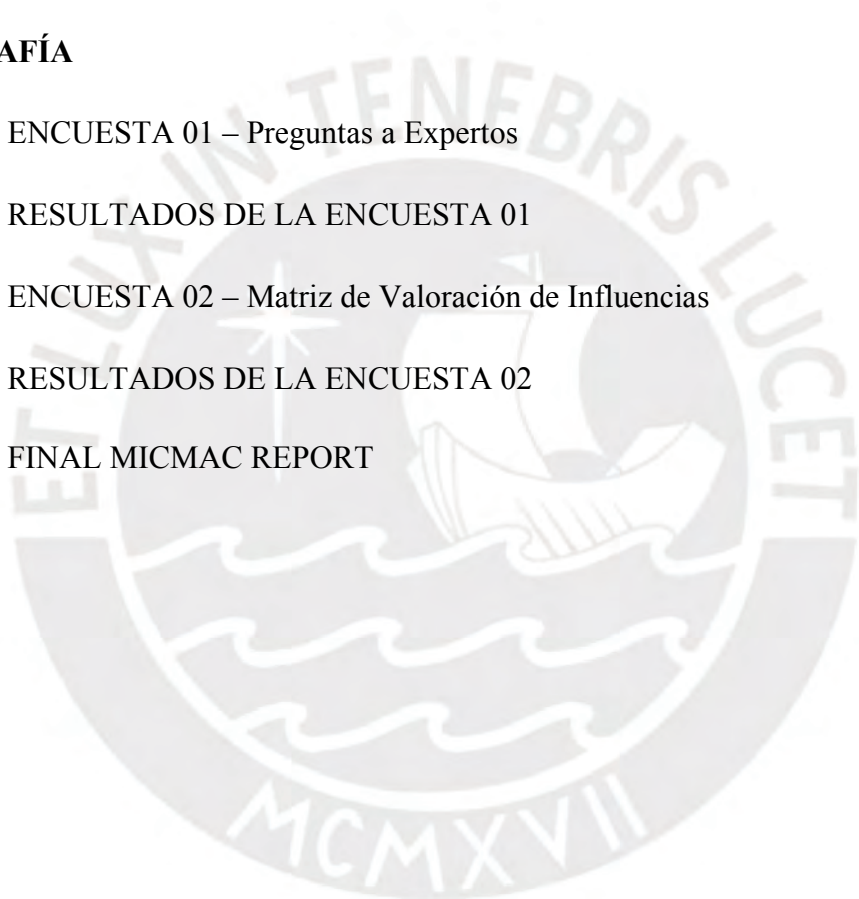
CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA ESTRUCTURAL – ANÁLISIS PROSPECTIVO E IDENTIFICACIÓN DE POLÍTICAS	122
---	-----

4.1 METODOLOGÍA MICMAC – ANÁLISIS PROSPECTIVO	122
---	-----

4.1.1	El Método Estructural MICMAC	123
4.1.2	Identificación de Actores o Stakeholders	124
4.1.3	Obtención de Variables	126
4.1.4	Listado de Variables	127
4.1.5	Identificación de los Factores Críticos de Éxito (FCE)	129
4.2	IDENTIFICACIÓN DE POLÍTICAS	132
4.2.1	FCE 01: Desarrollo de un Plan Nacional de Transformación Digital	135
4.2.2	FCE 02: Desarrollo de un Entorno Regulatorio Favorable (Sandbox Regulatorios)	136
4.2.3	FCE 03: Políticas que impulsen la Alfabetización Digital (Brecha de Demanda)	137
4.2.4	FCE 04: Políticas que fomenten la investigación interdisciplinaria	138
4.2.5	FCE 05: Políticas para reformular la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica - RDNFO	139
4.2.6	FCE 06: Políticas sobre despliegues de las Redes de Acceso	140
4.2.7	FCE 07: Supervisión de la Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones	142
4.2.8	FCE 08: Políticas sobre Licitación y Hojas de Ruta del Espectro	143
4.2.9	FCE 09: Políticas sobre Gestión y Disponibilidad del Espectro	144
4.2.10	FCE 10: Políticas que permitan implementar la Compartición de Infraestructura	146
4.2.11	FCE 11: Políticas que permitan habilitar el desarrollo de las Industrias Verticales	147

4.2.12	FCE 12: Dinamizador de Competencia para servicios de Banda Ancha y en los mercados de Industrias Verticales	149
4.2.13	FCE 13: Promover y definir nuevos modelos de inversión en redes	150
CONCLUSIONES		152
BIBLIOGRAFÍA		157
ANEXO 01: ENCUESTA 01 – Preguntas a Expertos		163
ANEXO 02: RESULTADOS DE LA ENCUESTA 01		165
ANEXO 03: ENCUESTA 02 – Matriz de Valoración de Influencias		177
ANEXO 04: RESULTADOS DE LA ENCUESTA 02		179
ANEXO 05: FINAL MICMAC REPORT		187



LISTA DE FIGURAS

Figura 01	: Hogares con Acceso a Servicios Públicos de Telecomunicaciones	4
Figura 02	: Hogares con Acceso a Internet – 2018	5
Figura 03	: Cobertura de Servicios Móviles a Nivel Nacional – 2018	5
Figura 04	: Estaciones Base Celular por Operador - 2020	6
Figura 05	: Proyección de adopción de 5G en las conexiones IoT	8
Figura 06	: PERÚ - Migración Tecnológica & Penetración por usuarios	9
Figura 07	: Banda Ancha – Las dimensiones de la nueva brecha digital	14
Figura 08	: Requerimientos de anchos de banda según tipo de aplicación	17
Figura 09	: Arquitectura de una Red Móvil	22
Figura 10	: Tecnologías de Acceso Radio	23
Figura 11	: Versiones evolutivas de los Servicios Móviles según 3GPP	24
Figura 12	: Reléase 5G – 3GPP	26
Figura 13	: Opciones de migración hacia 5G – SA	27
Figura 14	: Marco de Referencia NFV – ETSI	28
Figura 15	: Arquitectura SDN	29
Figura 16	: Evolución de las funciones de red en la Nube	30
Figura 17	: Arquitectura ETSI MANO GS	33
Figura 18	: Arquitectura de Software NFV en la Nube según ETSI	34
Figura 19	: Arquitectura de Referencia – 5G	35
Figura 20	: Funciones del Núcleo de Red – 5G	35
Figura 21	: Arquitectura RAN – 5G	39

Figura 22	: Ecosistema de Servicios 5G	40
Figura 23	: Segmentación de Red (Network Slicing)	41
Figura 24	: Categorías Comunicaciones Tipo Máquina (MTC)	43
Figura 25	: Tipos de Redes Heterogéneas	44
Figura 26	: Acceso 5G para el Backhaul	45
Figura 27	: El Espectro Radioeléctrico	46
Figura 28	: Regiones de bandas de frecuencia	47
Figura 29	: Características funcionales IMT	50
Figura 30	: Espectro para tecnologías 5G	51
Figura 31	: Relación entre Compartición de Infraestructura vs Ahorro de Costos	54
Figura 32	: Modalidad de Compartición Pasiva de Infraestructura	55
Figura 33	: Modalidad de Compartición Activa de Infraestructura	56
Figura 34	: Modelos de negocio OMV	58
Figura 35	: Acceso Dinámico de Espectro (DSA)	60
Figura 36	: Ecosistema Digital Nacional	62
Figura 37	: Estructura del Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital	63
Figura 38	: Cadena de causalidad sobre el impacto económico del 5G	65
Figura 39	: Beneficios Económicos del 5G	66
Figura 40	: Proyección de Impacto Económico del 5G por Sector Industrial	67
Figura 41	: Impacto Global y Regional de las Bandas milimétricas	69
Figura 42	: Impacto en la Región de América de las Bandas milimétricas	69
Figura 43	: Proyección en la Contribución Global de las Bandas milimétricas	70

Figura 44	: Casos de Uso en Agricultura, Procesamiento y Distribución de Alimentos	71
Figura 45	: Casos de Uso en la Industria Automotriz	72
Figura 46	: Casos de Uso en la Industria 4.0	73
Figura 47	: Casos de Uso de Vehículos Conectados (V2X)	74
Figura 48	: Tipos de comunicaciones V2X	75
Figura 49	: Drones Conectados (VANT)	75
Figura 50	: Smart City	76
Figura 51	: Equipamiento TIC del Hogar 2012 - 2018	78
Figura 52	: Hogares con Acceso a SSPP de Telecomunicaciones 2012 – 2018	79
Figura 53	: Hogares con Acceso a Internet 2012 – 2018	79
Figura 54	: Volumen de tráfico Global – Speedtest	80
Figura 55	: Tasa de crecimiento de datos por Distrito	81
Figura 56	: Variación % tiempo en Wifi – OpenSignal	81
Figura 57	: Aplicaciones que consumieron mayor tráfico de datos	82
Figura 58	: Estadística Poblacional del Perú – INEI 2020	82
Figura 59	: Penetración móvil a nivel nacional	83
Figura 60	: Crecimiento anual por tipo de servicio	84
Figura 61	: Distribución de líneas por Operador & Concentración de mercado	84
Figura 62	: Tendencia de la portabilidad en la telefonía móvil	85
Figura 63	: Tendencia del Internet Fijo	86
Figura 64	: Participación de mercado de Internet Fijo	86

Figura 65	: Tendencia de la portabilidad en líneas fijas	87
Figura 66	: Total de líneas móviles & Evolución de tráfico a internet	87
Figura 67	: Acceso por tipo de tecnología de radio	88
Figura 68	: Centros Poblados cubiertos por tipo de tecnología de radio	89
Figura 69	: Cobertura por tipo de tecnología de radio	89
Figura 70	: Brecha de acceso de infraestructura – Millones de soles	90
Figura 71	: Red de Fibra Óptica Inter-urbana – 2018	93
Figura 72	: Red Dorsal de Fibra Óptica – 2011	94
Figura 73	: Proyectos Regionales – 2018	97
Figura 74	: Estaciones Base Celular por Operador – 2020	100
Figura 75	: Evolución de la Cobertura Móvil por Centro Poblado – 2020	101
Figura 76	: Proyección de Crecimiento Estaciones Base y Sitios 5G	103
Figura 77	: El Espectro Electromagnético	105
Figura 78	: Ondas Electromagnéticas	106
Figura 79	: Estado de uso de las bandas bajas y medias	108
Figura 80	: Estado de uso de las bandas altas	109
Figura 81	: Cantidad de Espectro usado por los Operadores Móviles	109
Figura 82	: Banda de 3.3 a 3.8 GHz	110
Figura 83	: Banda AWS Extendida	110
Figura 84	: Banda de 1500 MHz	110
Figura 85	: Banda de 600 MHz	111
Figura 86	: Planes para lanzamiento comercial de 5G en el mundo	113

Figura 87	: Nuevos Servicios de Comunicación	118
Figura 88	: Método para identificar los FCE	123
Figura 89	: Agrupación por Grupos de Interés	125
Figura 90	: Representación lógica por Grupos de Afinidad	127
Figura 91	: Matriz de Valorización 20 x 20 – MICMAC	129
Figura 92	: Matriz de Influencia y Dependencia – MICMAC	129
Figura 93	: Resultado del Plano de Influencia y Dependencia – MICMAC	131
Figura 94	: Resultado de las Variables más Influyentes – MICMAC	132
Figura 95	: Palancas de Políticas Públicas	133
Figura 96	: Marco de Referencia en Políticas Públicas	134
Figura 97	: Key Players para el Ecosistema Digital	138
Figura 98	: Situación de las bandas necesarias para 5G en Latinoamérica	144
Figura 99	: Financiación combinada en proyectos sectoriales	150

LISTA DE TABLAS

Tabla 01	: Tipos de Brecha Digital	14
Tabla 02	: Tecnologías de Acceso de Banda Ancha	17
Tabla 03	: Funcionalidades 5G	39
Tabla 04	: Valores definidos por 3GPP para la Segmentación de Red	42
Tabla 05	: Estado de las Bandas de Espectro en el Perú	47
Tabla 06	: Estimación de ahorro de costos por compartición en la capa de acceso	54
Tabla 07	: Estimación de ahorro de costos por modalidad de compartición	55
Tabla 08	: Factores Clave del Ecosistema Digital que se impactarían con el despliegue del 5G	64
Tabla 09	: Operadores y Tarifas Mayoristas en Perú – 2018	96
Tabla 10	: Estado de los Proyectos Regionales de Fibra Óptica	99
Tabla 11	: Número de antenas por Operador por Departamento – 2020	101
Tabla 12	: Bandas milimétricas según UIT	111
Tabla 13	: Bandas IMT	112
Tabla 14	: Bandas 3GPP – 5G	112
Tabla 15	: Asignación temporal de frecuencias para 5G en Perú	113
Tabla 16	: Barreras por Sector Industrial	120
Tabla 17	: Expertos que respondieron la encuesta	124
Tabla 18	: Listado de Variables de la Encuesta	128
Tabla 19	: Sugerencia de la UIT para la Asignación de Espectro al 2020	144
Tabla 20	: Políticas Públicas por Industria Vertical	148

INTRODUCCIÓN

El entorno de las telecomunicaciones en el mundo está por tener cambios disruptivos debido al rápido ritmo de cambios tecnológicos que impactarán significativamente la forma en que normalmente usamos la información y nos comunicamos. Con el advenimiento de los sistemas 5G se vendrá una adopción masiva y generalizada de terminales móviles que conectarán no solo a las personas sino también las cosas, es decir el nuevo entorno sería un mundo “del todo conectado” (IoT - Internet de las cosas) con servicios de baja latencia, con conexiones masivas de máquinas, conexiones de Banda Ancha de muy alta velocidad y transferencias de grandes volúmenes de datos.

Estos cambios no solo consolidarán la convergencia de servicios sino que impulsarán el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación (TIC), que aunado a la confluencia de otros avances tecnológicos como la inteligencia artificial (IA), el Cloud Computing, las redes definidas por software – SDN, la inteligencia de datos (Big Data), el Blockchain, y otras tecnologías, proporcionarían los medios para impulsar una evolución hacia una era digital que transformaría nuestra sociedad no solo desde el punto de vista tecnológico, sino también económico, social y cultural.

De esta manera, la presente tesis tiene como objetivo explorar las medidas que permitan fomentar su despliegue, y en consecuencia impulsar los servicios de Banda Ancha Móvil y el desarrollo de las industrias verticales que permitirá dar el salto de un internet del consumo hacia un internet de la producción. Para ello se identifican las barreras que actualmente están limitando sus despliegues y se proponen políticas públicas que ayuden a acelerar esta transformación en la sociedad, gobierno e industria.

El desarrollo de la tesis está compuesto de dos partes: La primera parte describe el planteamiento del problema, la hipótesis de la investigación, se desarrolla el marco conceptual y se realiza un análisis del impacto económico del 5G, en la transformación digital y en los casos de uso de las industrias verticales. La segunda parte se realiza un diagnóstico del mercado de las telecomunicaciones y las barreras que actualmente están limitando su desarrollo y cuáles permitirán acelerar su despliegue.

Al final se realiza una encuesta a expertos de la industria cuyo objetivo es la obtención de potenciales políticas públicas. Para obtener que políticas serían las prioritarias se utilizó la herramienta MICMAC usando la metodología estructural prospectiva. Esta herramienta arrojó finalmente 13 factores críticos de éxito (FCE) o políticas públicas que serían las más determinantes e influyentes para fomentar el despliegue de estas redes.

1. CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL & ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Planteamiento del Problema

Diversos estudios muestran que el crecimiento en las economías ha estado acompañado con las evoluciones tecnológicas disruptivas los cuales han ocasionado cambios en las formas de hacer e interactuar entre las personas y empresas, y que la adopción de estas nuevas tecnologías por parte de estos generaría beneficios en términos de crecimiento económico y bienestar. Según un estudio del BID, un aumento del 10% de acceso de banda ancha representaría un incremento del 3.2% en el PBI del país, y un aumento en la productividad del 2.6% (BID, 2017).

Actualmente estamos inmersos en un ecosistema digital que abarcan las interacciones sociales y laborales en la sociedad, y las TIC se han convertido en un elemento esencial para el desarrollo y calidad del mismo, cuyo componente principal sería la Banda Ancha. Según Jordán (2010), las TIC solo tendrían impactos significativos en el desarrollo del país si también se despliegan los servicios de Banda Ancha, estos generan un efecto derrame (spillover) en todo el conjunto de la economía, dado que también se requiere la disponibilidad de otros actores complementarios entre sí: los que brindan acceso al servicio, los terminales, los de contenido, los de desarrollo de servicios y aplicaciones, entre otros.

Por tanto, la Banda Ancha no es solo un servicio de telecomunicaciones ni un acceso más a Internet, éste representa el centro neurálgico de todo un ecosistema digital que impacta al conjunto de la sociedad y los actores productivos impulsando el desarrollo, eficiencia, colaboración e inclusión (CEPAL, 2010). El objetivo de la Banda Ancha es alcanzar el máximo aprovechamiento de todo su ecosistema para el crecimiento económico y social del país.

El despliegue de la Banda Ancha en los sistemas de comunicaciones móviles permitió su masificación, esto debido al uso y desarrollo de las tecnologías inalámbricas que con un rango de alcance mayor permitió proveer servicios de telecomunicaciones de voz e Internet en zonas rurales y de baja densidad, en las que si se hubieran hecho con tecnologías alámbricas resultaría costoso o hasta inviable técnicamente. Por lo que la Banda Ancha Móvil sería la herramienta de conectividad que ayude a reducir las brechas digitales con el objeto de alcanzar la universalización del acceso y servicio a las TIC en todo el territorio del país.

Por otro lado, el despliegue de las redes 5G no solo representa una versión más avanzada de la evolución de los servicios móviles, estos ofrecerán servicios de Banda Ancha con velocidades simétricas comparables a una conexión de fibra óptica directo al hogar (del orden de 1 Gbps), así como dispondrá de segmentos de red diferenciados para casos de uso que requieran conexiones masivas y de servicios con necesidades de alta confiabilidad y baja latencia requeridos en industrias de segmentos verticales.

Estos cambios no solo consolidarán la convergencia de servicios sino que impulsarán el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación (TIC), que aunado a la confluencia de otros avances tecnológicos como la inteligencia artificial (IA), el Cloud Computing, las redes definidas por software – SDN, la inteligencia de datos (Big Data), el Blockchain, la Robótica y otras tecnologías, proporcionarían los medios para impulsar una evolución hacia una era digital que transformaría nuestra sociedad no solo desde el punto de vista tecnológico, sino también económico, social y cultural.

El 5G se convertirá en uno de los principales habilitadores de las TIC y las tecnologías emergentes, donde se podrán establecer servicios disruptivos en otras industrias verticales como el uso de la telemedicina, la teleeducación, el teletrabajo, la automatización industrial, la manufactura inteligente o industria 4.0, ciudades inteligentes, entre otros, cuyos requisitos de conectividad permitirán dar el gran salto desde un internet del consumo para llegar a un internet de la producción.

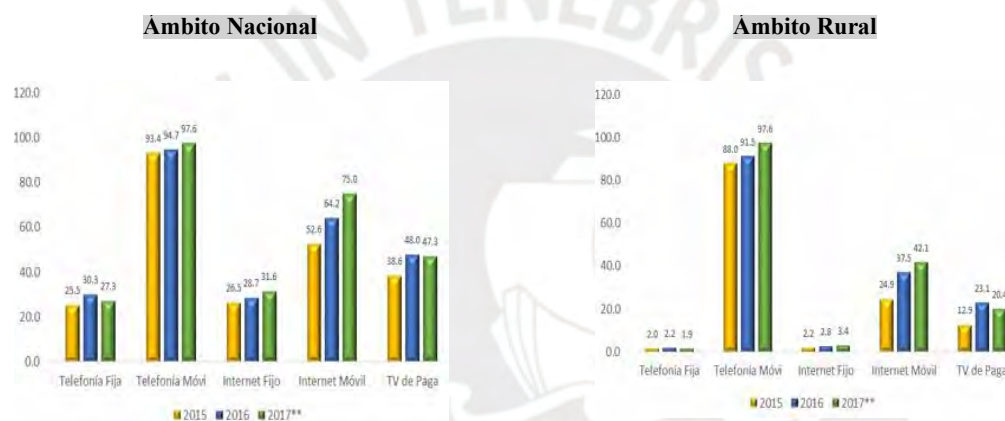
Estas serían las bases para el desarrollo del ecosistema digital que permitirán facilitar la inclusión, la eficiencia y la innovación en las industrias y la sociedad en su conjunto. De acuerdo al informe del MTC (2019), el ecosistema digital nacional se encuentra organizado en cuatro grupos interdependientes entre sí:

- Infraestructura y espectro radioeléctrico: Relacionados a la infraestructura que permite tener la conectividad, así como el espectro radioeléctrico. Algunos elementos serían: La Red Dorsal de Fibra Óptica (RDNFO), las redes de Banda Ancha Regionales, Las estaciones celulares, las redes de cobre, HFC, FTTH, etc.
- Servicios de Telecomunicaciones: Relacionados a los servicios ofrecidos por los operadores a través del uso de su infraestructura y servicios, entre los que podemos mencionar: Conectividad a Internet Fija y Móvil, Telefonía Fija y Móvil
- Industria y servicios digitales: Se encuentran diversos servicios digitales, como las aplicaciones y contenidos, y que pueden ser tanto privados como públicos. Algunos ejemplos serían: Banca por Internet, Trámites en Línea de instituciones del Gobierno, etc.

- Usuarios: Comprende a las personas o empresas (públicas o privadas) que hacen uso de los servicios e infraestructura para consumir y/o producir contenido digital.

De todo el ecosistema, la presente investigación sólo abarca la problemática de las brechas de conectividad, planteando políticas que permitan fomentar el despliegue de las redes 5G. En ese sentido, es necesario afrontar los diferentes problemas que tiene el Perú respecto a las brechas de acceso en los servicios de telecomunicaciones. La siguiente figura muestra que de los distintos servicios públicos de telecomunicaciones en el 2017, en el ámbito nacional es la telefonía móvil la que tiene mayor penetración (97.6% de hogares) comparado con la telefonía fija (27.3% de hogares), comprobando que son las tecnologías inalámbricas las que ayudarán a cerrar estas brechas de acceso.

Figura 01: Hogares con Acceso a Servicios Públicos de Telecomunicaciones



Fuente: OSIPTEL (2017)

Por otro lado, también observamos la existencia de brechas por zonas geográficas. Mientras la penetración de la telefonía móvil en el ámbito rural se mantiene en el mismo porcentaje que la nacional, sucede lo contrario con los servicios de telefonía fija en el ámbito rural pues sus valores sólo llegan a alcanzar un 1.9% de penetración.

A su vez, se observa que el Internet es el servicio que tiene un mayor crecimiento y que está impulsado con el desarrollo de las telecomunicaciones móviles. Según la encuesta del OSIPTEL (2018), en el ámbito nacional la penetración alcanza el 61.4%, teniendo las zonas de Lima Metropolitana y Resto Urbano penetraciones por encima de ese valor, pero el promedio nacional se ve reducida con la participación del ámbito rural, que alcanza sólo un 26.5% de penetración.

Por lo que este crecimiento en el uso de internet tiene como foco el ámbito urbano. Por otro lado, más del 75% de hogares tienen al menos un dispositivo móvil para conectarse a Internet. Siendo el uso del Smartphone el dispositivo responsable de dar oportunidad de conectividad a internet en la

población con un 73.4% de acceso en los hogares, valor muy por encima comparado con el acceso a los equipamientos de computadores o laptops cuyos valores bordean el 32.7% y 30% respectivamente.

Figura 02: Hogares con Acceso a Internet – 2018



Fuente: OSIPTEL (2018)

Por otro lado, sólo el 45.3% de centros poblados cuentan con cobertura a nivel nacional, correspondiente a 45,291 de un total de 99,927 CCPP (MTC, 2018). De estos, los CCPP con despliegues usando tecnología 4G es la que tuvo un crecimiento exponencial de 3,784 en el 2016 a llegar hasta los 21,168 en el 2018. Tendencia muy diferente con la tecnología 2G que solo creció 1% en ese mismo período de tiempo. Considerar que los operadores tienen incentivos de migrar a nuevas tecnologías por las eficiencias operativas y de capacidad en sus propias redes.

Figura 03: Cobertura de Servicios Móviles a Nivel Nacional – 2018



Fuente: OSIPTEL (2018)

Asimismo, sólo la provincia constitucional del Callao cuenta con el 100% de cobertura en todos sus centros poblados, la que le sigue es Lambayeque con un 72% de cobertura, pero 16 regiones no llegan

a cubrir ni el 50% de sus CCPP, de hecho 4 regiones solo cubren el 30% de sus CCPP. La región más limitada es Loreto que sólo llega a cubrir el 21% de sus CCPP.

Por otro lado, para seguir promoviendo más acceso a los servicios móviles se requieren instalar mayor cantidad de antenas. Según el informe de estimación de estaciones celulares preparado por el OSIPTEL (2017), el Perú tiene un déficit de infraestructura de 14 mil antenas por desplegar, al cierre del 2019 se habrían instalado 24,076 estaciones celulares y se proyecta que para el 2021 se necesitarían 36,513 antenas para soportar la demanda.

Figura 04: Estaciones Base Celular por Operador - 2020



Fuente: Elaboración propia – Datos extraídos del Diario “El Comercio” – 17 de Mayo (2020)

Pero los despliegues de antenas se han visto limitados principalmente por barreras administrativas de los Gobiernos locales, así como por problemas en la percepción del daño a la salud por parte de algunos sectores de la población. Entre las barreras administrativas podemos mencionar: cada institución del estado plantea sus propias ordenanzas, múltiples ventanas de atención, plazos de trámites excesivos, falta de digitalización de algunas instituciones, entre otros.

Por otro lado, ante el despliegue de antenas se necesitaría en consecuencia un mayor despliegue de capacidades e infraestructura de fibra óptica en las ciudades, esto permitirá brindar mayor capilaridad para la conectividad de las estaciones celulares con la red de los operadores. De los cuatro operadores de red, tres han desplegado sus propias redes de transporte o backhaul de fibra óptica a nivel nacional cubriendo 70 mil Km en todo el país. En este caso, se tiene que considerar que el grueso de la capacidad usada es para cubrir sus propias demandas de tráfico de datos debido al incremento exponencial que tuvo el internet en los patrones de consumo de los usuarios.

Asimismo, el Estado también desplegó la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO) para incentivar la demanda de servicios de banda ancha en el interior del país, principalmente en las zonas de sierra y selva, con ello se buscaba reducir la brecha digital en zonas rurales dado que el transporte de fibra representaba ser una barrera para el desarrollo de las telecomunicaciones.

Esta red nacional que cubre 13 mil Km, y es operada por la empresa Azteca, ha tenido numerosos problemas y actualmente se encuentra subutilizada, menos del 10% al cierre del 2018. Además se tienen 18 proyectos regionales de Banda Ancha que cubrirían 26 mil Km, 04 de ellos en operación, los demás están en proceso de despliegue. Adicionalmente 03 proyectos se encuentran en fase de reformulación, luego que el Estado resolviera el contrato al proveedor adjudicado.

A su vez, el contar con una mayor cantidad de espectro radioeléctrico sería un punto clave para poder alcanzar las velocidades propuestas para el IMT-2020, lo cual implica que los gobiernos identifiquen mayores cantidades de espectro para el uso de las tecnologías IMT. Asimismo, es necesario desarrollar un marco normativo que permita flexibilizar el uso del espectro, con la finalidad de que sea utilizado de manera más eficiente.

Los requisitos de espectro asociados a esta tecnología permitirán ofrecer una mayor cobertura no solo al exterior sino al interior de los edificios, lugares conglomerados o corredores de transporte. El despliegue de estos servicios junto con las medidas adecuadas por parte de los decisores de políticas permitirán extender la cobertura a zonas rurales o alejadas, dado que sus capacidades pueden usarse como una red de transporte o backhaul, reduciendo el impacto de hacerlo a través de despliegues de fibra óptica que en determinadas zonas pueden ser costosas o técnicamente difíciles de acceder.

Por otro lado, dados los niveles de inversión requeridos en la masificación de antenas por parte de los operadores, es necesario que se implementen todos los mecanismos de compartición de infraestructura (Activa: desde el espectro, nodos, etc., y Pasivas: antenas, postes, semáforos, etc.), de tal forma de dar mayores incentivos a los operadores para el despliegue de su infraestructura.

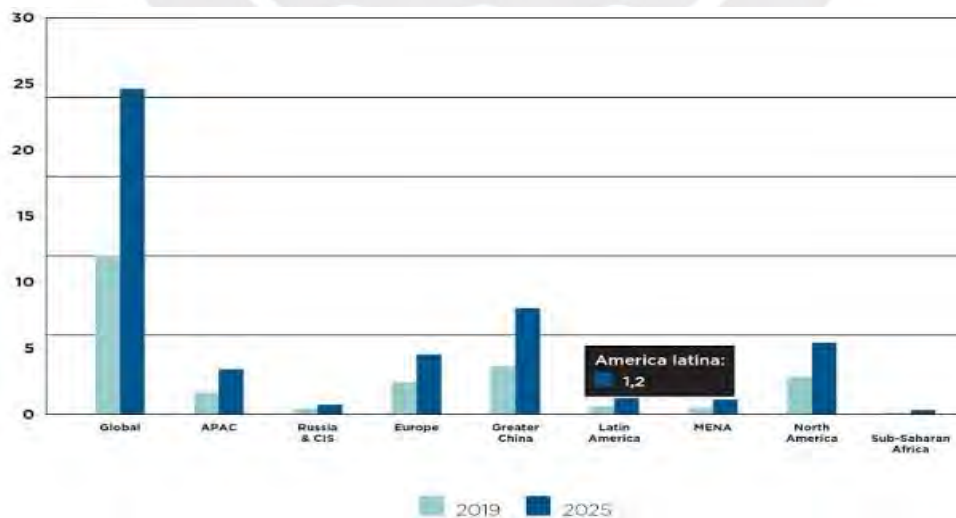
Asimismo, el desarrollo de estas redes 5G permitirá nuevas formas de comunicación, basados en tecnologías de voz de alta calidad, videoconferencias, etc., así como la creación de nuevos esquemas de negocio orientados al sector de industrias verticales que también deben ser abordados como políticas públicas para incentivar sus desarrollos, esto permitiría dar el salto de un internet del consumo a un internet de la producción. En resumen, esta nueva versión de los servicios móviles no debe ser concebida como una mejora gradual, tal cual se venía evolucionando, sino que representaría

un salto cualitativo de mayor conectividad que facilitaría el potencial implícito en la transformación digital para la sociedad y la economía.

Según el benchmarking realizado por la Asociación GSM (GSMA) en su informe económico del mercado latinoamericano en el 2019, señala que las principales oportunidades de ingresos incrementales en 5G se encuentran en los casos de uso empresarial. Las altas velocidades de navegación, las grandes cantidades de transferencia de datos y la baja latencia contribuirán a mejorar la productividad en sectores que dependen de las comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC) usados en las industrias de segmentos verticales como la minería, logística, transporte, retail, manufactura, entre otros, las comunicaciones ultra confiables y de baja latencia (uRLLC) usados por ejemplo para los vehículos autónomos y e-salud como las telecirugías; y por último, los accesos de banda ancha extrema que pueden ser usados como servicios de acceso inalámbrico fijo basado en 5G (FWA), el cual representará una oportunidad para implementar soluciones empresariales en áreas remotas mejorando la cobertura de servicios donde el 5G sea desplegado.

Según la GSMA (2019), la contribución de los dispositivos móviles para la economía latinoamericana en el año 2023 bordearán los USD\$ 300 mil millones a medida que los países se beneficien de estos servicios y de las mejoras en la eficiencia y productividad. También menciona que para el mercado del IoT se estima un fuerte crecimiento en las conexiones totales alcanzando los 1.300 millones para el 2025. A nivel mundial se estima que el crecimiento de conexiones IoT alcancen los 25.000 millones de conexiones impulsados principalmente por los mercados de Asia y China (ver siguiente figura).

Figura 05: Proyección de adopción de 5G en las conexiones IoT



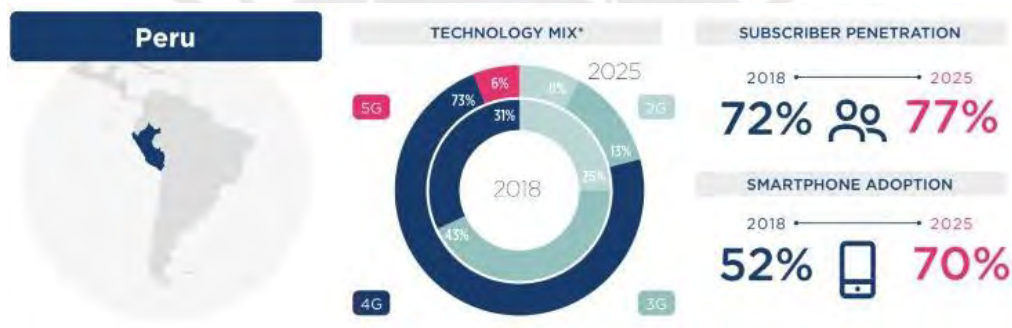
Fuente: GSMA – Informe Mobile Economy LATAM (2020)

A su vez, con las inminentes asignaciones de espectro se aceleraría la adopción de 4G en América Latina y que en los siguientes años las conexiones en 4G bordearán un 67% para 2025, el cual prepararía el terreno del 5G. Estas dos tecnologías coexistirán durante mucho tiempo; se espera que el primer lanzamiento comercial de 5G en la región sea a fines del 2020.

Respecto al mercado peruano, la GSMA estima que para el 2025 el porcentaje de conexiones 5G alcance un 6%, siendo las de 4G las predominantes con un 73% de conexiones. Pero aún tendríamos un 21% de conexiones usando tecnologías legadas de redes 2G y 3G. Para este reporte no se consideró las conexiones IoT.

A su vez la penetración por usuarios únicos llegaría a alcanzar un 77%, teniendo un incremento de 7% respecto al año 2018. Mientras que la adopción del Smartphone alcanzaría un 70%, representando un incremento de un 35% respecto al año 2018 (ver siguiente figura):

Figura 06: PERÚ - Migración Tecnológica & Penetración por usuarios



Fuente: GSMA – Informe Mobile Economy LATAM (2020)

El presente trabajo de investigación realiza un análisis de los impactos ante el advenimiento de esta nueva versión de servicios móviles, que por sus características mencionadas darían un salto cualitativo hacia un mercado de mayor conectividad, consolidando la convergencia de servicios e impulsando el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación (TIC), es decir, facilitando el potencial implícito en la transformación digital de la industria y la sociedad en su conjunto. Por lo que en esta investigación abordaremos las siguientes interrogantes:

Pregunta Principal:

¿Qué políticas se deben plantear para fomentar el despliegue de redes 5G en el mercado peruano?

Preguntas Secundarias:

- ¿Qué políticas permitirán reducir las brechas de conectividad?

- ¿Como el 5G contribuye al objetivo de masificar la Banda Ancha?
- ¿De qué forma el 5G permitirá ser un habilitador de industrias verticales?
- ¿Qué medidas sobre el espectro son necesarias para asegurar el despliegue de las redes 5G en las bandas bajas, medias y altas, y cuáles permiten maximizar un uso eficiente de este recurso?
- ¿Qué políticas regulatorias se encontrarían desfasadas debido a que las evoluciones tecnológicas se encuentran basadas en un entorno IP?

1.1.2 Hipótesis

H1: El despliegue de las redes 5G será un aspecto clave para desarrollar la conectividad de los servicios de Banda Ancha.

H2: El 5G será un habilitador del desarrollo de las industrias verticales.

H3: La interconexión IP permite asegurar que no existan impactos negativos en la interoperabilidad de las redes basadas en IP.

1.1.3 Objetivos

Objetivo General

Proponer políticas que permitan fomentar el despliegue de las redes 5G en el mercado de Telecomunicaciones en el Perú.

Objetivos Específicos

- Se propondrán medidas que permitan fomentar los servicios de Banda Ancha Móvil a través del despliegue de las redes 5G en el Perú.
- Se propondrán medidas de como el 5G permitirá incentivar la habilitación de otras tecnologías emergentes que ayuden al desarrollo de las industrias verticales.
- Se identificarán las medidas sobre el espectro que ayuden a asegurar los despliegues de las redes 5G en las bandas bajas, medias y altas.
- Se propondrán cambios en las políticas regulatorias que estarían desfasadas con la evolución tecnológica basada en redes IP.

1.1.4 Metodología

La primera parte de la metodología de investigación es documental e inicia con la revisión de conceptos sobre las tecnologías de información, los tipos de brecha digital así como el acceso y servicio universal. Luego exploramos los conceptos de los servicios de Banda Ancha y la convergencia de servicios, sus requisitos funcionales y los tipos de infraestructura que la soportan.

Luego revisamos las tecnologías móviles, desde la evolución de los sistemas de primera generación 1G hacia los sistemas 5G. En esta parte, se revisan sus principales características y cambios en sus arquitecturas tanto a nivel de la red de acceso como del núcleo de red. Además se analizan sus funcionalidades como la segmentación de red, el soporte de comunicaciones masivas tipo máquina y las comunicaciones ultra confiables y de baja latencia, así como los casos de uso que la soportan.

Por otro lado, se identifican impactos sobre la gestión y disponibilidad del espectro radioeléctrico así como medidas que permitan fomentar la compartición de infraestructura. Asimismo se revisan los impactos económicos y normativos debido a la implementación de este tipo de tecnologías a nivel global. Se identifican impactos en la transformación digital y en el crecimiento del PBI, así como impactos microeconómicos en cada sector industrial debido al desarrollo del internet de la producción.

La segunda parte, realizamos un diagnóstico del mercado de las telecomunicaciones en el Perú, la evolución de la telefonía fija y móvil, las características de competencia, los servicios de banda ancha fija y móvil, así como los tipos de tecnologías de acceso móvil para acceder a este servicio. Asimismo se identifican las barreras que estarían limitando su desarrollo, desde las barreras en los despliegues de infraestructura, tanto desde las redes de acceso como de fibra óptica, barreras respecto a la disponibilidad de espectro, barreras respecto a la compartición de infraestructura, las barreras relacionadas al desarrollo de las industrias verticales, barreras de acceso a los usuarios, así como las barreras que podrían estar impactando las nuevas formas de comunicación surgidas desde las redes de cuarta generación hacia adelante.

Finalmente, para comprobar las hipótesis planteadas en esta investigación, se realiza una encuesta a expertos en la industria, pero dado que estas políticas plantean propuestas de proyecciones a futuro, se consideró utilizar la “Metodología Estructural Prospectiva”. Esta metodología, usada también por la OECD para estudios sociales, permite identificar las políticas públicas a través de un análisis matricial de la revisión documentaria y las fuentes obtenidas a través de encuestas a expertos de la industria.

Para la investigación se logró obtener los comentarios de 23 expertos, los cuáles fueron agrupadas según su afinidad en los siguientes grupos: del Gobierno, de Operadores, de Proveedores y de la Academia. Estos resultados fueron ingresados en la herramienta MICMAC “Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación”, los cuáles arrojaron trece políticas públicas como factores críticos de éxito (FCE) y que fueron desarrolladas en la presente investigación.

1.2. MARCO CONCEPTUAL

La Banda Ancha ha sido considerada como un instrumento dinamizador del desarrollo, competitividad e inclusión social por diferentes países y organismos internacionales (Gobierno del Perú, 2011). Según el Banco Mundial¹, la Banda Ancha incrementa la productividad y contribuye al desarrollo económico en los países, en donde un aumento del 10% de conexiones de Banda Ancha incrementaría en 1.3% del PBI del país, y este a su vez impactaría con el incremento de la productividad del trabajo en 1.5% en los siguientes 5 años. Por otro lado también existe una correlación con los empleos generados, en donde el 1% de penetración de Banda Ancha impactaría en un 0.3% en la creación de nuevos puestos de trabajo.

Por otro lado, el impacto del despliegue de redes 5G como habilitador de otras tecnologías emergentes como el Big Data, Cloud Computing, Inteligencia Artificial, IoT, entre otros, y aunado a agendas y políticas de universalización permitirán reducir las brechas e impulsarían la transformación digital en la sociedad y en la economía sobre el crecimiento económico, el aumento de la productividad, la creación del empleo y la inclusión social².

Desde el punto de vista de la producción y competitividad, a través de facilitar el acceso y generar un ambiente de innovación y modernización en las empresas (pequeñas, medianas y grandes). En el Estado a través de las políticas de agenda digital, inicialmente impulsados con el Plan Nacional de Banda Ancha del Perú en el 2011, ampliando los accesos y migrando a un ecosistema digital de gobierno electrónico para brindar servicios como: salud a distancia, educación virtual, seguridad pública, trámites administrativos en línea, entre otros. Sobre el desarrollo de la población, primero se tendría que asegurar el acceso a las TIC y aplicar medidas que ayuden a aumentar la alfabetización digital en ciertos sectores de la población, así como fomentar desarrollos de contenido local con valor.

En esta primera sección abordaremos los principales conceptos y definiciones usados en la investigación. En primera instancia, abordamos los conceptos de las tecnologías de información y comunicación (TIC), La Brecha Digital y el Acceso y Servicio Universal (ASU). En segunda instancia abordamos los conceptos de los sistemas de Comunicaciones Móviles, la Banda Ancha y la Convergencia de Servicios que serán usados durante todo el desarrollo de la investigación.

¹ Banco Mundial, estudio “Información y Comunicación para el desarrollo 2009: Ampliar el alcance y aumentar el impacto”. Extraído del Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú (Gobierno Peruano 2011)

² Katz R., “El valor de la transformación digital a través de la expansión móvil en América Latina” (2019)

1.2.1 Tecnologías de Información y Comunicación (TIC)

Según la UIT (2004), las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) se definen como “el conjunto de herramientas o medios de comunicación como la telefonía, internet, computadoras, entre otros., que permiten comunicarse entre sí a personas u organizaciones”. Es decir, las TIC puede ser vista como el resultado de la convergencia tecnológica entre las telecomunicaciones y las ciencias de la computación.

La UNESCO (2002)³, identifico cuatros aspectos que permitirían transformar las TIC en un instrumento para el desarrollo sostenible, las denominaron las “4C”:

- **Computación:** Las TIC no son solo computadores, son también los desarrollos e innovaciones en hardware y software para aplicaciones como: sensores, controladores, entre otros, que deben llegar a ser asequibles y duraderos de modo que no requieran un cambio constante.
- **Conectividad:** Este involucra todos los medios de comunicación: telefonía fija/móvil, internet, radio, TV, etc., así como las interconexiones entre dispositivos: ordenadores, sensores y/o controladores.
- **Contenido:** Se refiere al contenido de valor para las personas. Para ello se impulsa que sean los propios usuarios finales quienes produzcan contenido local, es decir que ellos se conviertan en productores de contenido e información en vez de ser solo consumidores.
- **Capacidad:** Se refiere al aumento de la alfabetización digital, en donde un segmento de la población aún carece de conciencia sobre los beneficios de las TIC, muchas de estas limitaciones pueden llegar a ser sociales, culturales o económicas.

De las cuatros dimensiones de las TIC, las dos primeras (Computación y Conectividad) representan a las relacionadas a políticas de acceso, mientras que las dos últimas (Contenido y Capacidad) están relacionadas a políticas para promover su uso.

1.2.2 Brecha Digital

Normalmente la brecha digital se representa como la diferencia de oportunidades existentes entre las personas, hogares, empresas y áreas geográficas con y sin acceso a las TIC y al uso de internet. Existen tres tipos de brechas digitales según la etapa de adopción: En la etapa de adopción temprana se le denomina brecha de acceso, en la etapa de despegue se le llama brecha de uso, mientras que en la

³ UNESCO – 2002: “Information and Communication Technology in Education”

etapa de saturación se le llama brecha derivada de la calidad del uso (KADO, 2004). La siguiente tabla muestra estas diferencias:

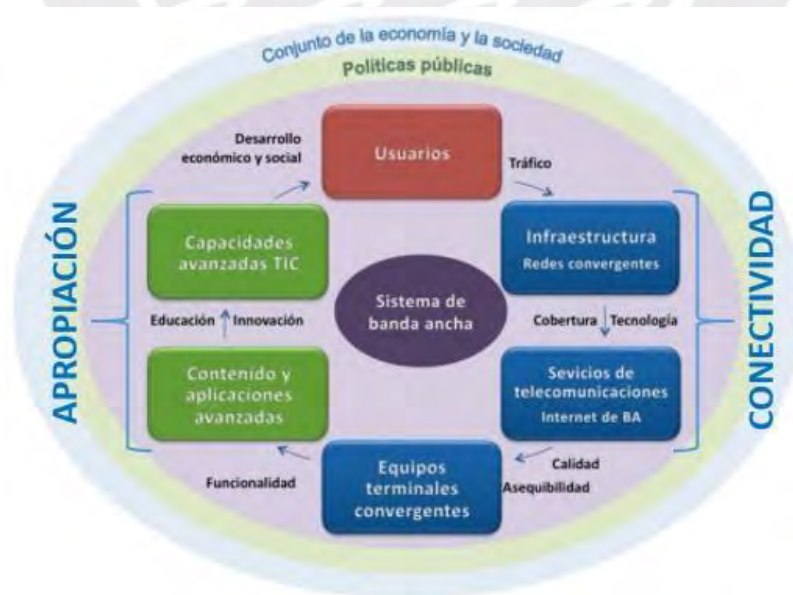
Tabla 01: Tipos de Brecha Digital

Etapa	BRECHA DIGITAL		
	Tipo	Terminología	Descripción
Adopción Temprana	Brecha de acceso	Brecha digital temprana	Representa la diferencia entre las personas que pueden o no acceder a un servicio
Despegue	Brecha de uso	Brecha digital primaria	Representa la diferencia entre usuarios y no usuarios
Saturación	Brecha derivada de la calidad de uso	Brecha digital secundaria	Representa la diferencia dentro de los usuarios

Fuente: KADO (2004)

Asimismo el desarrollo y las innovaciones tecnológicas han transformado el ecosistema digital. El acceso a la banda ancha con sus capacidades de transmisión de grandes volúmenes de información y la masificación de aplicaciones han potenciado el crecimiento económico y desarrollo social, pero también han agregado múltiples dimensiones y complejidad a la brecha digital, donde la brecha de acceso paso de ser un tema de conectividad y uso a uno de apropiación digital (Jordán, 2010), tal como se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 07: Banda Ancha – Las dimensiones de la nueva brecha digital



Fuente: Jordán V. (2010)

En infraestructura, los desafíos se encuentran en términos de cobertura y tecnología de redes. La conjunción de diferentes tecnologías, la paquetización de los datos en arquitecturas IP, la cloudificación, la convergencia de redes y servicios, las redes definidas por software, entre otros, han impulsado el desarrollo para el despliegue de nuevas tecnologías como las de 5G que ofrecerían mayores capacidades de transmisión, recursos de red, niveles de calidad de servicio y una gestión más eficiente del tráfico. Pero la existencia de las distintas tecnologías de acceso representa también una variable a considerar en la brecha digital a parte del tema de cobertura.

En este caso tendríamos una brecha entre el acceso y la conectividad representado por la calidad de las conexiones en términos de velocidad y latencia (capacidades de transmisión), en donde existirán algunas zonas que si bien son cubiertas con tecnologías legadas (2G, 3G y 4G) estas no tendrían las mismas capacidades de transmisión si fueran cubiertas por tecnologías 5G. En términos de asequibilidad del servicio, las elevadas tarifas sobre todo en conexiones que requieran mayores velocidades (en el caso de la fija) hacen que estos servicios sean inasequibles para un segmento de la población. A esta variable hay que agregar el costo de los dispositivos dado que generalmente los dispositivos de alta gama en el caso de los móviles son los que normalmente soportan estas últimas tecnologías inalámbricas.

Respecto al desarrollo de contenido y aplicaciones, estos normalmente son globales y provistos por las grandes empresas de internet OTT, y el tráfico más usado es en aplicaciones de ocio y entretenimiento, siendo las de menor uso las relacionadas a salud, educación, producción, etc. En este contexto es importante contar con políticas que ayuden a impulsar contenidos locales a través de las escuelas, universidades y empresas, dado que la alfabetización digital debe estar orientado a la adopción de contenidos e información que sea útil y de valor para la población.

1.2.3 Acceso y Servicio Universal (ASU)

El acceso y servicio universal normalmente se relaciona con el segmento de la población que no tiene acceso a las TIC dado a que no existe servicio para ellos. Según Oestmann y Dymond (2009), el Acceso Universal (AU) se refiere a que todos pueden acceder al servicio en cualquier parte. Mientras que el Servicio Universal (SU), se refiere a que todas las personas u hogares deberían beneficiarse del servicio y poder utilizarlo.

En ese sentido, existen tres elementos a considerar para el AU y SU (Oestmann y Dymond, 2009):

- Disponibilidad: relacionado a la disponibilidad del servicio en todo el país, principalmente en las zonas rurales.

- Accesibilidad: se refiere a la factibilidad de que todas las personas puedan usar el servicio, sin importar la ubicación, género u otras características.
- Asequibilidad: relacionado a que el costo del servicio debe estar al alcance de los usuarios.

Por lo general, cuando se implementan políticas de AU y SU están focalizadas en las zonas rurales que no han sido atendidas o poco atendidas dada la baja densidad de la población donde las reglas del mercado no funcionan como en las ciudades y por las que generalmente se requiere la intervención del Estado en forma de subsidios.

1.2.4 La Banda Ancha y la Convergencia de Servicios

Los servicios de Banda Ancha provinieron de las redes fijas y se caracterizaban por ser conexiones a Internet en forma permanente y con velocidades de transmisión mayores o iguales a 256 Kbps, velocidades que eran superiores a las alcanzadas vía dial up. Actualmente la Banda Ancha da soporte a una amplia gama de servicios, desde comunicaciones (telefonía, TV, radio, etc.), hasta servicios de información (salud, educación, gobierno, etc.). Estos al ser servicios multimedia demandan mayores cantidades de transmisión de datos, hacia y desde el usuario, por lo que las velocidades que inicialmente definieron a la Banda Ancha no son suficientes para soportar estos servicios.

La Banda Ancha paso de ser un concepto de velocidad a transformarse en una infraestructura fundamental para el desarrollo económico y social, como han sido las carreteras, la electricidad, la telefonía en su momento (Valeria, 2010). Según la UIT (2013), la Banda Ancha puede definirse por:

- Velocidades de transmisión mínimas.
- Tipos de tecnología (por ejemplo las IMT Avanzadas)
- Conexión permanente
- Alta capacidad y conexiones de baja latencia que puedan transportar grandes cantidades de bits (información) por segundo.

Indistintamente a la definición, con la banda ancha se pueden entregar servicios convergentes de voz, datos y video de manera confiable y simultánea a través de redes diferentes. Esto permitió materializar las promesas de la revolución digital al permitir una conectividad permanente, mayor intercambio de contenidos y accesos de calidad sobre servicios avanzados (audio y video de alta definición y servicios de voz sobre internet, entre otros).

El IMS (IP Multimedia Subsystem) es la arquitectura sobre la cual se soporta esta convergencia tecnológica, y se encuentra dividida en capas: la de acceso, terminales, transporte, control y aplicación. La capa de acceso ha sido la principal limitante de los servicios de Banda Ancha, estás

pueden dividirse entre conexiones alámbricas o inalámbricas, que permiten el acceso fijo o móvil a la Banda Ancha:

Tabla 02: Tecnologías de Acceso de Banda Ancha

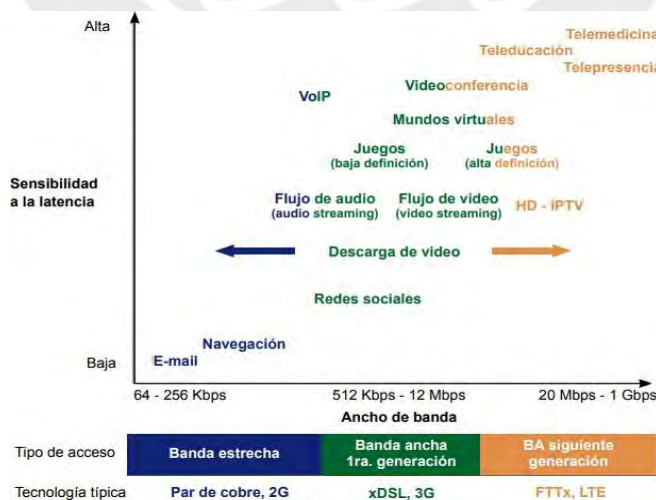
Alámbricas				Inalámbricas			
Par de Cobre	Cable módem	Fibra óptica	Red eléctrica	Redes móviles	WLAN	Satélite	Otras
X - DSL	HFC	FTT-X	BPL	3G 4G 5G	IEEE 802.11	Satélite	LMDS Femtocell

Fuente: Jordán (2010)

Los impactos económicos y sociales de la banda ancha dependen de su utilización y apropiación por parte de los actores productivos y sociales (Jordan, 2010). Si bien las aplicaciones orientadas al ocio y entretenimiento son las más usadas, las que generan mayor rentabilidad social son aquellas destinadas a dar valor a la población como los relacionados a salud, educación y gobierno. Sin embargo, los desarrollos de contenido de estas últimas son las que tienen menos alcance no solo por los mismos usuarios finales sino también por los actores productivos.

Si bien las aplicaciones de impacto social tienen una menor oferta, esto no implica que no tengan las mismas necesidades de conectividad, inmediatez e interactividad similares a los usados para propósitos de entretenimiento. Por lo que para la prestación de estos servicios, como son la teleeducación, telesalud, telegobierno, entre otros, se debe asegurar la calidad requerida según el tipo de aplicación y el grado de sensibilidad a la latencia de datos.

Figura 08: Requerimientos de anchos de banda según tipo de aplicación



Fuente: Jordán (2010)

Algunas aplicaciones como las usadas para las comunicaciones tipo máquina no requieren velocidades ni capacidad de transmisión elevada pero podrían requerir bajas latencias así como alta confiabilidad. En el caso de aplicaciones como telecirugías se requerirían anchos de banda elevados y alta confiabilidad en la comunicación. Para el caso de teleeducación, principalmente se explotarán los relacionados a servicios basados en video con realidad virtual y aumentada que requerirán consumos probablemente equiparables a una conexión de fibra.

Con todas estas prestaciones, la Banda Ancha se convertiría en uno de los principales componentes de las TIC, es decir, las TIC solo tendrían impactos significativos en el desarrollo del país si también se despliegan los servicios de Banda Ancha. Estos generan un efecto derrame (spillover) en todo el conjunto de la economía, dado que también se requiere la disponibilidad de otros actores complementarios entre sí: los que brindan acceso al servicio, los terminales, los de contenido, los de desarrollo de servicios y aplicaciones, entre otros.

Según la CEPAL (2010), el objetivo de la Banda Ancha es alcanzar el máximo aprovechamiento de todo su ecosistema para el crecimiento económico y social del país, por lo que éste no es sólo un servicio de telecomunicaciones ni un acceso más a Internet, éste representaría el centro neurálgico de todo un ecosistema digital que impacta al conjunto de la sociedad y los actores productivos impulsando al desarrollo, eficiencia, colaboración e inclusión.

Para alcanzar este objetivo, primero se debe resolver el problema de reducir las brechas de acceso a través de despliegues de más cobertura en todo el país. Luego se necesita que los precios tanto en terminales como en el uso del servicio sean asequibles para la población (brecha de uso). Por otro lado, se requiere que se impulse el desarrollo local de contenidos y aplicaciones de valor (salud, educación, gobierno, entretenimiento, etc.) y de las capacidades de uso, que están ligadas al nivel educativo en general de la población.

Con el desarrollo de la Banda Ancha se forma un círculo virtuoso en donde el proveer más acceso, capacidad de transmisión de información y velocidad, propician el desarrollo e innovación de muchos servicios y aplicaciones que se ven incluso mejorados dada las características de ubicuidad, velocidad y calidad que provee la Banda Ancha Móvil. El desarrollo de este servicio depende de políticas públicas que permitan impulsar el despliegue de infraestructura, así como el de desarrollo de aplicaciones para masificar el acceso y fomentar procesos de generación de conocimiento y aprendizaje para aumentar las capacidades de uso de la población.

1.2.5 Los Sistemas de Comunicaciones Móviles

El desarrollo de los sistemas de comunicaciones móviles a diferencia de los sistemas fijos ayudarían a alcanzar la universalización del acceso y servicio (ASU) a las TIC, esto debido al uso y desarrollo de las tecnologías inalámbricas que con un rango de alcance mayor permitió proveer servicios de telecomunicaciones de voz y banda ancha en áreas remotas y de baja densidad en las que si se hubieran hecho con tecnologías alámbricas resultaría costoso o hasta inviable técnicamente.

La historia de las comunicaciones móviles data de fines del siglo XIX cuando Heinrich Hertz detectó y produjo oscilaciones eléctricas llamadas ondas electromagnéticas construyendo él mismo en su laboratorio un emisor y un receptor de estas ondas. Las telecomunicaciones deben su existencia a este científico y es por ello que en homenaje a su contribución la comunidad científica dio su nombre a la unidad de frecuencia Hz (Hertz o Hercio), que en 1930 tomó la Comisión Electrotécnica Internacional. Posteriormente a inicios del siglo XX Guillermo Marconi, señalado como el inventor de la radio, logro enviar señales a grandes distancias usando antenas diseñadas por él mismo y desarrollando un sistema de telegrafía sin hilos conocido como radiotransmisor.

El rápido crecimiento de este tipo de comunicaciones a través del espectro electromagnético comenzó a mostrar sus primeros problemas derivados por el mayor uso del espectro y estaba relacionado a las interferencias radioeléctricas. Este problema fue la principal razón por la que los gobiernos empezaron a establecer políticas, primero a nivel nacional y luego a nivel mundial, a fin de determinar las reglas que permitieran ordenar la utilización de estas frecuencias.

Sistemas Celulares

Sobre los años de 1940 en EEUU se empezó a utilizar un sistema telefónico móvil orientado al público, el funcionamiento era unidireccional es decir no se podían establecer comunicaciones simultáneas, se enviaba la información en un solo sentido y la selección del canal (frecuencia) era manual. A este tipo de tecnología se le llamo comúnmente Push to Talk (PTT), en donde para acceder al canal el usuario tenía que seleccionar y presionar un botón para hablar, si no escuchaba nada significaba que el canal estaba libre y podría hablar, pero si escuchaba una conversación el usuario tenía que cortar y escoger otro canal de comunicación. Esta tecnología a parte de las desventajas de la privacidad de la información tuvo problemas de congestión cuando empezaron a incrementarse el número de usuarios debido a la limitada disponibilidad de frecuencias (Cipriano, 2003).

Por los años de 1964 las empresas optaron por mejorar el sistema dando lugar a la selección automática del canal de frecuencias y soportar la comunicación dúplex, es decir bajo este esquema un usuario podía hablar mientras que el otro también hablaba y ambos podían escucharse al mismo

tiempo. Técnicamente la diferencia con respecto al PTT es que la conmutación se realizaba en la misma central de la empresa operadora y el usuario solo tenía que efectuar la llamada. Este tipo de tecnología comenzó a tener problemas de congestión debido al incremento de usuarios y a los pocos canales atribuidos para este servicio. De hecho este servicio no era del todo móvil, dado que solo soportaba un equipo transmisor y si salía fuera de cobertura la llamada se cortaba.

Estos sistemas mencionados anteriormente tenían una arquitectura semejante a los usados en los servicios de radio y televisión, que implican la utilización de un solo transmisor con gran potencia para abarcar una amplia cobertura pero sin embargo por el limitado espectro podía atender a solo unos cuantos usuarios. La idea del concepto “celular” nació para solucionar estos problemas, es decir, la idea de tener un solo transmisor de gran potencia pero para pocos usuarios fue cambiado a una arquitectura que implicó la utilización de varios transmisores de pequeña potencia creando pequeñas áreas (células) en donde es posible reutilizar las mismas frecuencias en distancias cortas. Sin embargo, para evitar interferencias sobre todo si reutilizaban frecuencias en células adyacentes se consideró utilizar las frecuencias de áreas más distantes. Otra funcionalidad soportada era el traspaso de células a través funcionalidades de control y conmutación para cada célula, en donde una llamada efectuada en el lugar A podría mantenerse y culminar en el lugar B sin ocasionar ninguna interrupción.

Este nuevo sistema celular móvil es lo que conocemos actualmente y nos provee una gran variedad de ventajas no solo por soportar grandes cantidades de usuarios sino que hace un uso más eficiente al espectro electromagnético (frecuencias) y por estar focalizado en áreas pequeñas se adaptan las capacidades dependiendo de la densidad del tráfico en ciertas zonas.

Evolución de los Sistemas Celulares Móviles

La evolución de los sistemas celulares móviles se inició en los años 70 y se les denominó redes de primera generación o 1G, su impulso se dio principalmente por la invención de los microprocesadores y la digitalización del enlace de control entre el teléfono móvil y la estación base celular. Los sistemas de primera generación o 1G se caracterizaron por el uso de la tecnología analógica en la interfaz de acceso de radio, esta generación fue caracterizada por el lanzamiento de distintas normas propietarias tanto a nivel nacional como regional creando un sistema fragmentado, entre las que podemos mencionar al sistema AMPS de EEUU, el sistema NMT de los países Nórdicos y el sistema TACS en el Reino Unido.

Los sistemas de segunda generación o 2G, tuvieron como objetivo desarrollar una red de Roaming internacional que funcione en toda Europa. Para cumplir este objetivo, la CEPT (Administración Europea de Telecomunicaciones) decidió en el año 1982 desarrollar un nuevo sistema celular llamado

Sistema Global de Comunicaciones Móviles o GSM. El GSM se convirtió en el primer sistema celular digital operado comercialmente. El sistema GSM utilizó la tecnología TDMA (acceso múltiple por división de tiempo) a diferencia del FDMA de las redes 1G. La comunicación digital permitió mejoras considerables en la calidad de voz y la capacidad de la red así como nuevos servicios suplementarios como la mensajería de texto o comúnmente llamado el SMS. En contraste, otros continentes siguieron desarrollando sus propios estándares. En EEUU se desarrollaron las tecnologías TDMA y CDMA, mientras que en Japón se desarrolló la tecnología PDC.

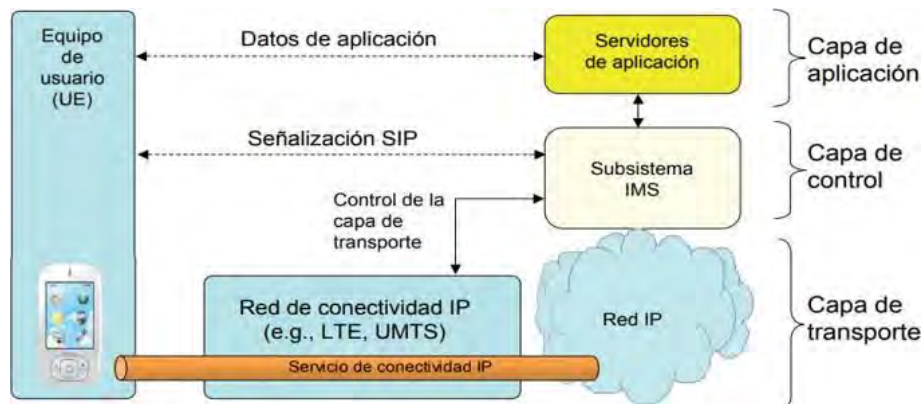
La evolución a la generación 2.5G se dio principalmente por la necesidad de los servicios de datos, a través de funcionalidades como el WAP (Wireless Application Protocol) que permitían acceder a un Internet limitado dado que se utilizaba un conversor o gateway que convertía las páginas de Internet en formatos que los teléfonos móviles pudieran soportar. En esta evolución los estándares estuvieron marcados por los europeos con el GPRS y los americanos con el estándar TIA/EIA IS95-B. El sistema GPRS evolucionó rápidamente al EDGE (Enhanced GPRS) con velocidades superiores al GPRS. El GSM permitió velocidades de datos de alrededor de 9.6 Kbit/s sobre una banda de 200 KHz, es decir, 0.05 bits/s/Hz asociados a un usuario.

En ese contexto, es donde el Comité de Radio Comunicación de la UIT (UIT-R) desarrolló los requerimientos que podrían calificar para estandarizar los servicios móviles, a esto se le llamó el IMT-2000 (Telecomunicaciones Móviles Internacionales). En el año 1998, la ETSI⁴ adoptó la tecnología UMTS (WCDMA), que se enmarcó dentro del IMT-2000, dando inicio al sistema de 3era generación (3G) para las redes móviles. Estos sistemas de 3era Generación o 3G permitieron los despliegues de los servicios de Banda Ancha Móvil en el mundo.

El sistema 3G ofreció las bases para proporcionar servicios y aplicaciones de valor agregado sobre un único estándar, para ello consideraron una arquitectura tecnológica en distintas capas que permitan distribuir servicios convergentes fijos, móviles, de voz y datos, en donde antes que el usuario acceda a los servicios de la capa de aplicación tendrá que acceder primero desde las capas inferiores, tal como se muestra a continuación:

⁴ETSI: European Telecommunications Standards Institute

Figura 09: Arquitectura de una Red Móvil



Fuente: Fundación Vodafone España

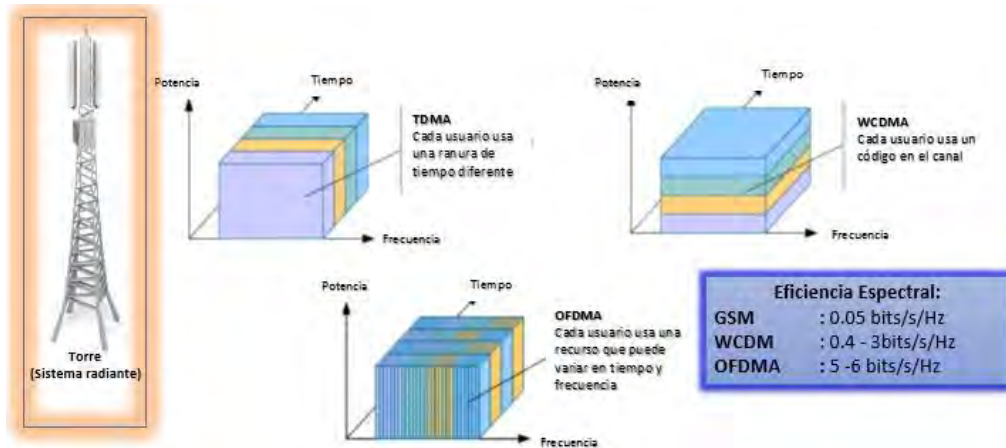
El UMTS R99 permitió velocidades de 2 Mbps sobre una banda de 5 MHz, el cual supone un salto de 10 veces respecto al GSM al poder transmitir hasta 0.4 bits/s/Hz asociados a un usuario. Las redes 3G operan sobre las bandas de espectro de 800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1,700 MHz, 1,900 MHz y 2,100 MHz. La necesidad por ofrecer mejores velocidades y mayores capacidades de transmisión de datos, impulsó el desarrollo de la siguiente evolución denominada 3.5G, que se caracterizó por soportar mayores velocidades de transmisión de datos, hasta 14.4 Mbps en HSPA usando una banda de 5 MHz, este proporciona 3 bits/s/Hz de eficiencia espectral asociados a un usuario (60 veces más en relación a lo que brindó la GSM).

En esta evolución del 3.5G se tuvieron dos variantes definidas según el tipo de red de acceso de radio (RAN), la primera basada en el estándar 3GPP2 con el CDMA 2000: 1xEV-DO y el 1xEV-DV, y la segunda basada en el estándar 3GPP (HSPA+) que fue una combinación del HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) del reléase 5 y el HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) del reléase 6, con velocidades de hasta 42 Mbps. Pero fue la evolución del GSM la que obtuvo una mayor adopción y contribuyó a consolidar la ruta evolutiva a la 3GPP como la organización de estandarización tecnológica de las redes móviles.

La segunda evolución del UMTS continuó con la línea evolutiva de la 3GPP que adoptó la tecnología LTE (Long Term Evolution) y fue considerada como la 4ta Generación Móvil o 4G. Está compuesta por una nueva interfaz de aire basada en un acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA) con una nueva arquitectura llamada SAE (System Architecture Evolution) y un nuevo Núcleo de Red llamado EPC (Evolution Packet Core). El LTE ofrece mejoras significativas en las capacidades de red y fue diseñado para hacer la transición de conmutación de circuitos hacia conmutación de paquetes lo que proporciona una importante reducción de costos respecto a las

generaciones anteriores. El OFDMA puede transmitir a una velocidad de 100 Mbit/s sobre una banda de 20 MHz, el cual da una eficiencia espectral del orden de los 6 bit/s/Hz.

Figura 10: Tecnologías de Acceso Radio



Fuente: Fundación Vodafone España

Estas eficiencias espectrales alcanzadas por las diversas evoluciones tecnológicas pueden explicarse a través del teorema de Shannon-Hartley, quién demostró que la capacidad C de un sistema, que tiene un canal perturbado con ruido blanco gaussiano activo, es una función de la potencia media recibida S , de la potencia media de ruido N y del ancho de banda B , tal como se muestra a continuación:

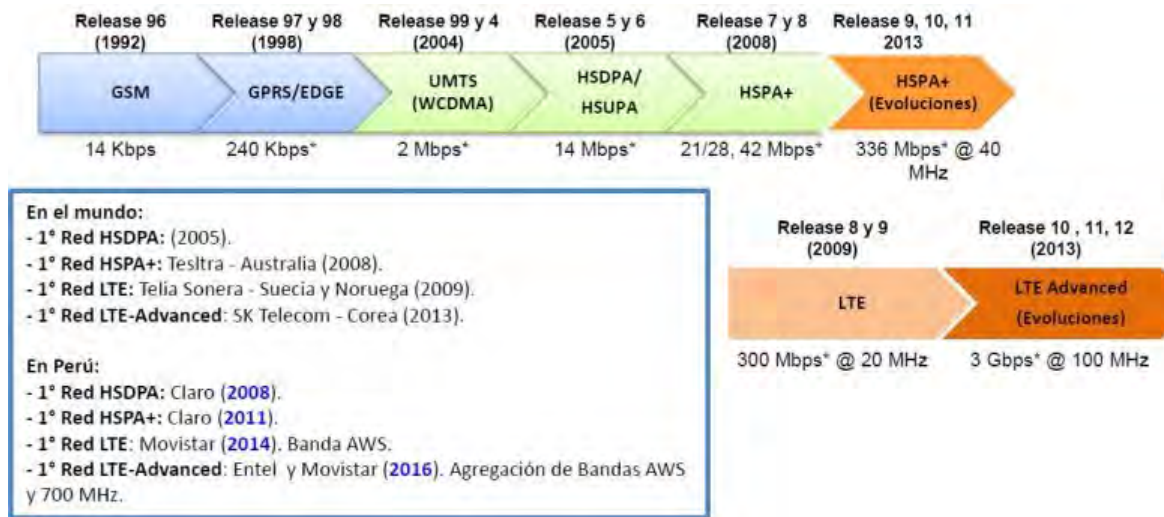
$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Cuando el ancho de banda B se mide en Hz, y el logaritmo se encuentra en base 2, la capacidad de transmisión C viene dada en bits/s. Esta investigación de Shannon muestra que los valores de S , N y B establecen un límite a la tasa de transmisión, y no a la probabilidad de error de bit. Por lo que si retomamos nuestra investigación, podemos decir que si se requieren mayores capacidades de transmisión es necesario contar con mayores anchos de banda, y para que ello suceda es necesario contar con un mayor espectro asignado a los operadores.

En la industria se considera 4G a las versiones superiores de la 3GPP LTE reléase 8 y a la IEEE 802.16m (WIMAX). A pesar que WIMAX fue considerada como 4G no tuvo una aceptación generalizada en el mercado y fue suplantado por LTE, el cual quedó como el estándar más usado en el mundo en redes 4G. El siguiente cuadro desarrollado por Argandoña y More (Argandoña, 2019),

sintetizan las versiones evolutivas de la 3GPP, partiendo desde el reléase 96 con la entrada del GSM en 1992, hasta llegar al reléase 8 y superiores que son la base de la tecnología LTE:

Figura 11: Versiones evolutivas de los Servicios Móviles según 3GPP



Fuente: Argandoña y More (2019)

Cuando LTE fue diseñado el caso de uso principal era el acceso a Internet de alta velocidad conocido como MBB (Banda Ancha Móvil). Esto implicó cambios en los diseños de la arquitectura del sistema pues requerían transportar paquetes IP en todas las interfaces lo más rápido posible y diseñar una interfaz de aire con una latencia baja al moverse entre un estado inactivo y conectado.

Por otro lado, en la industria surgieron otras necesidades y por la cual empezaron a salir otros tipos de tecnologías como las comunicaciones tipo máquina a máquina (M2M), que a menudo tienen otros requisitos de comunicación en las redes móviles. Algunas aplicaciones M2M utilizan muy poco ancho de banda debido a que transfieren poca información (por ejemplo, sensores, medidores, etc.), otras aplicaciones tienen requisitos para soportar altas transacciones, otras requieren que las comunicaciones sean de muy baja latencia, así como otras requieren que las baterías sean de larga duración (para que los casos de uso en estas industrias sean viables técnicamente las baterías deberían ser pequeñas y con una duración de meses o incluso años). Esto significa que la industria requería contar con una interfaz de aire y procedimientos que hagan que las comunicaciones sean esporádicas y los largos tiempos de inactividad sean los más eficientes posibles, así como soportar comunicaciones masivas tipo máquina (mMTC).

En otro lado del espectro de aplicaciones, el desarrollo de las tecnologías que permitían los vehículos autónomos, si requerían una red de comunicaciones de alta confiabilidad y bajas latencias (uRLLC)

mientras que el consumo de energía desempeña un papel menos importante, ya que la potencia lo dará el mismo vehículo.

A su vez, a medida que aumenten las demandas de mayores anchos de banda y de alta velocidad es necesario la utilización de nuevas bandas de frecuencia para crear una ruta de evolución hacia la Banda Ancha Móvil Mejorada (eMBB) cuya calidad de servicio sería equiparable a la de contar con una conexión directa de fibra óptica en el hogar. Todos estos requisitos no pueden abordarse usando el LTE dado que su estructura es rígida tanto en la interfaz aire como en el núcleo de red. Estas necesidades dieron inicio al desarrollo de la siguiente evolución de los sistemas móviles de 5ta Generación o 5G, cuya primera versión llamada 5G-NSA fue especificada en el 2018 por la 3GPP en el reléase 15 como parte de la evolución del LTE.

1.2.6 Aspectos tecnológicos del 5G

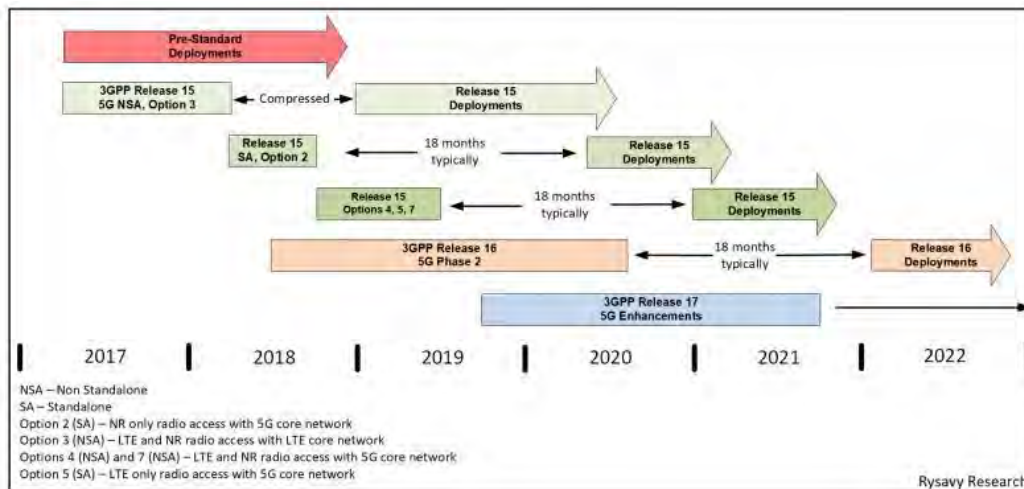
Para soportar todos estos requisitos que generalmente son contrapuestos (anchos de banda mejorados – eMBB, comunicaciones masivas tipo máquina – mMTC, comunicaciones ultra confiables y de baja latencia – uRLLC), se requerirá que el sistema sucesor del LTE debe tener flexibilidad incorporada desde la misma interfaz radioeléctrica hasta el núcleo de red, así como soportar diversos segmentos de red que permitan tener niveles de servicios diferenciados.

En general, la estandarización 5G en 3GPP se divide en dos secuencias, la primera secuencia se centra solamente en la interfaz de aire de próxima generación y se conoce como “5G – NR | 5G New Radio” (5G nueva radio) o “5G-NSA | 5G Non Standalone” (5G no independiente). La segunda secuencia se centra en un nuevo diseño de arquitectura de red 5G – NGC (Next Generation Core) y en la nueva red de radio 5G –NR, y se le conoce como “5G – SA | 5G Standalone” o 5G independiente.

El 3GPP definió la primera versión de la tecnología 5G-NSA en el reléase 15 en el año 2018 junto con un conjunto de nuevas características como parte de la evolución del LTE. Actualmente la 3GPP está trabajando en el reléase 16 cuyo cierre está previsto para el 2020, pero en paralelo también se encuentra trabajando en el reléase 17 cuyo cierre se estima en el 2021.

La siguiente figura muestra las opciones consideradas en cada reléase. El 5G-NSA se definió en el reléase 15 considerando la opción 3 como arquitectura, es decir, se mantenía el núcleo de red LTE (EPC), el cual podría admitir dos tipos de redes de acceso: el de LTE y el 5G-NSA.

Figura 12: Release 5G – 3GPP



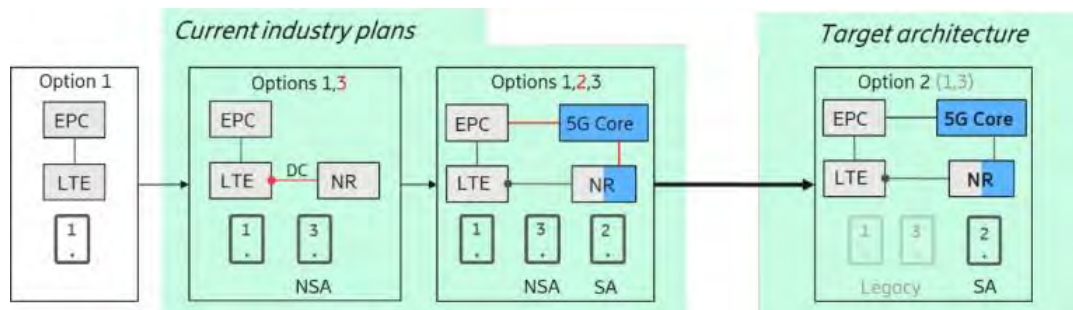
Fuente: 5G Americas (2019)

Respecto a las implementaciones, normalmente la industria tarda entre 18 a 24 meses después de que finalicen los estándares para comenzar a implementar sus redes y que tengan disponibles los terminales. Pero en el caso del 5G NSA, los operadores redujeron el plazo de implementación dadas las nuevas características de los equipos en la red de acceso con la funcionalidad de Single RAN (Radio Access Network) el cual implica que usando un único equipo se pueden ofrecer servicios en distintas tecnologías 2G, 3G, 4G y 5G (All RAT: Acceso a todas las tecnologías de Radio).

En el informe del OSIPTEL (2019), mencionan que los principales proveedores y fabricantes de equipamiento de telecomunicaciones, como Huawei, Nokia y Ericsson, tienen soluciones de Single RAN y que esto permitirá que los operadores migren de forma sencilla a redes 5G, causando el mínimo impacto visual en el despliegue de antenas (Argandoña & More, 2019). En el caso peruano los cuatro operadores de red hicieron anuncios durante el 2019 que habían realizado pruebas 5G usando un espectro temporal asignado por el MTC.

A fines del 2018, la 3GPP emitió otra versión dentro de las especificaciones del reléase 15, esta usaba la opción 2 como arquitectura final, es decir, se contempla una solución de implementación considerando únicamente las nuevas redes de acceso (5G – NR) y la nueva generación de núcleo de red 5G NGC, a esta se le llamo la versión 5G – SA (Standalone). Las otras opciones de la 3GPP en el reléase 15 (4, 5 y 7), proporcionan alternativas de implementación para la migración de NSA a SA (ver siguiente figura).

Figura 13: Opciones de migración hacia 5G – SA



Fuente: 5G Americas (2020)

A. Arquitectura Física - 5G

La arquitectura de una red móvil tiene como objetivo definir los elementos involucrados (estaciones base, centrales de conmutación, bases de datos, terminales de usuarios, entre otros) y las interacciones entre ellos con el fin de garantizar su funcionamiento. Con el objeto de soportar los distintos casos de uso, que en ciertos escenarios hasta pueden ser contrapuestos, la arquitectura en redes 5G fue diseñada por la 3GPP para que sea flexible y tenga una mayor eficiencia en el uso de recursos asignados a cada función de red.

Esto podría lograrse haciendo una red con funciones modulares para que se puedan implementar y escalar rápidamente según la demanda de recursos. Esta eficiencia se lograría a través de un cambio en el diseño de la arquitectura física de red hacia una solución basada en la nube (Cloud native) que con el uso de contenedores (containers) se obtienen soluciones con mayor tolerancia a fallas, escalabilidad y flexibilidad en las implementaciones. Los esfuerzos en esta dirección comenzaron con la adopción del NFV (Network Function Virtualization) y el SDN (Software Defined Network) en los nodos de aplicación del Core de la Red.

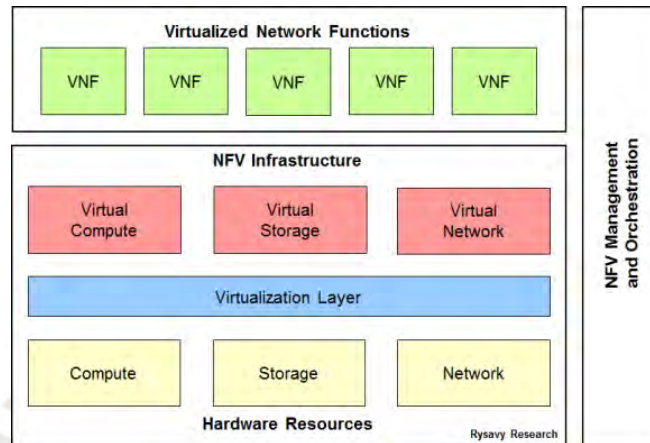
NFV – Virtualización de las Funciones de Red

Las redes de los operadores tienen un componente de HW/SW que deben crecer de acuerdo a los nuevos servicios y a la demanda de usuarios y/o tráfico en la red. Implementar estos crecimientos conllevan altos grados de dificultad relativas a tiempos de comercialización de los equipos, nuevas integraciones, cambios en los diseños de red, entre otros, que aunado al corto tiempo del ciclo de vida del hardware y a la rápida aceleración de las innovaciones tecnológicas llevo a cambiar el diseño de red de una solución basada en HW físico a una solución basada en virtualización de red.

La virtualización se refiere a separar las funciones de software de red con los nodos de infraestructura. Este nuevo enfoque "listo para usar" ofrece características más flexibles en la instalación de estos nuevos nodos permitiendo tener menores costos de implementación, operación, así como tiempos de

implementación más rápidos. Con el NFV se pueden montar múltiples funciones de red compartiendo la misma infraestructura, no solo orientado a las funciones específicas de la red (NF: Core Network, RAN, EPC, otros) sino también facilitaría los tiempos de implementación para soluciones de negocio BSS (Business Support System), OSS (Operation Support System), entre otros.

Figura 14: Marco de Referencia NFV – ETSI



Fuente: 5G Americas (2019)

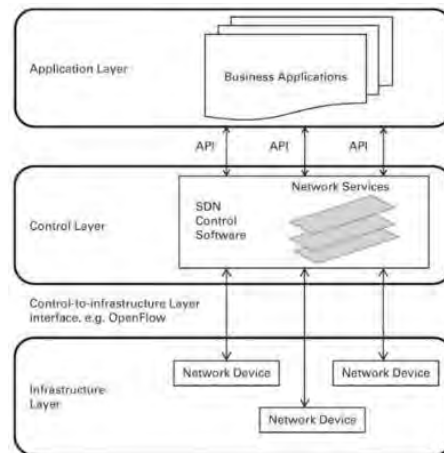
El ETSI estandarizó un marco de referencia para el NFV incluyendo las capas funcionales, sus interfaces y la arquitectura de referencia. Este marco de referencia incluye las recomendaciones de otras agrupaciones industriales como la 3GPP, OpenStack, entre otros.

La figura anterior muestra el marco según la ETSI, en el que las funciones de red virtualizadas son los nodos o aplicaciones (NF) por las cuales los operadores construyen sus servicios. Esta arquitectura requiere un marco de orquestación llamado NFVI (infraestructura NFV) que permite la creación de instancias, monitoreo y operación de las distintas funciones de red NF (Network Function). Para ciertos requerimientos en tiempo real algunos NF pueden necesitar que se implementen aceleradores de HW que permitirían manejar transacciones computacionales muy altas en tiempo y en consumo de recursos que no pueden ser manejadas por el NFVI, esto podría asegurar algunos requisitos de latencia que necesite cada aplicación.

SDN – Redes Definidas por Software

Como se mencionó anteriormente además del NFV, el SDN representa el otro habilitador importante en las redes 5G dado que sus principales funciones son: la separación de los planos de control con los planos de usuario, centraliza la lógica para conectar las redes, así como abstrae las redes físicas desde aplicaciones y servicios por interfaces estandarizadas.

Figura 15: Arquitectura SDN



Fuente: Osseiran, Monserrat y Marsch (2016)

La capa de control interactúa con la capa de aplicaciones a través de APIs (Application Program Interfaces), y con la capa de infraestructura a través de un conjunto de instrucciones estandarizadas llamado Openflow. Las APIs permiten implementar servicios como la gestión de anchos de banda, enrutamiento y seguridad en la red, mientras que el Openflow permite el acceso directo al plano del equipo de red tales como los switches o los routers.

Tanto el NFV como el SDN no dependen entre sí, pero son altamente complementarios, el NFV proporciona una infraestructura flexible donde el SDN puede ser implementado, mientras que el SDN habilita los flujos de funciones de red que necesitan los NF para interoperar. En las redes 5G, ambos conceptos sirven como habilitadores para proporcionar la flexibilidad necesaria, la escalabilidad y la gestión de recursos orientada a servicios.

En cuanto a los dimensionamientos en las redes de telecomunicaciones, estas ya no pueden dimensionarse en base a los requisitos máximos, la flexibilidad significa que las funcionalidades personalizadas tendrán que estar disponibles bajo demanda. Por otro lado, la escalabilidad debe ser soportada para cumplir con los requisitos de los servicios contrapuestos como las comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC), las comunicaciones de baja latencia ultra confiables (uRLLC) y la banda ancha móvil mejorada (eMBB).

Cloud Nativo – 5G

Para entender el concepto de 5G en la nube primero abordaremos el contexto de cómo llegan las soluciones en la nube en las redes celulares. Uno de los principales problemas de las arquitecturas en los sistemas celulares en el pasado era porque sus nodos funcionales estaban basados en bloques independientes conllevando naturalmente a tener arquitecturas monolíticas para cada bloque

funcional. Estos tipos de arquitectura funcionaron bien durante muchos años pero su principal problema era su lentitud para evolucionar o para aumentar su capacidad ante crecimientos inesperados en la demanda de servicios.

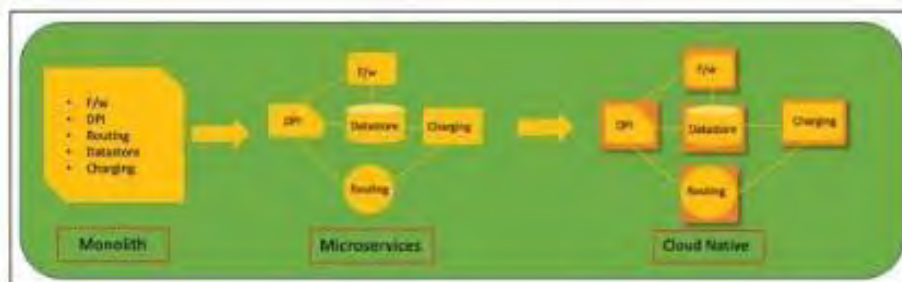
Sin embargo, en los últimos años ha surgido un nuevo paradigma en el desarrollo de la infraestructura, el cual se basa en una infraestructura basada en la nube. Esta se compone de un grupo de servidores de uso general, con un modelo de software diseñado para compartir la infraestructura usando metodologías de desarrollo y arquitecturas abiertas, por ejemplo, basadas en microservicios.

La evolución hacia las soluciones en la nube empezó con la introducción de tecnologías relacionadas a la virtualización (Xen Hypervisor, KVM Hypervisor, Linux Containers, entre otros) que condujo a una mayor eficiencia en el uso de los recursos del sistema por la forma ágil de empaquetamiento y entrega de datos. La adopción de estas técnicas fue el inicio de lo que conocemos hoy en día como una arquitectura basada en la nube.

El desarrollo de la computación en la nube se da por el soporte de un ecosistema de distintas tecnologías de código abierto (Open Source) que permitió construir aplicaciones, arquitecturas de servicio, automatización e integraciones abiertas más eficientes en el modelo de computación en la nube cuyas características principales son:

- Basada en Microservicios, esto significa que cada aplicación es un bloque de software de pequeños servicios que pueden ser operados independientemente uno del otro. Idealmente cada microservicio es un servicio único acoplado libremente, por ejemplo en el caso de la siguiente figura, inicialmente los nodos funcionales de una red móvil se basaban en arquitecturas monolíticas, teniendo que considerar integraciones, crecimientos, evoluciones usando su propia infraestructura, ejemplo de servicios pueden ser: Firewall (FW), Deep Packet Inspection (DPI), Charging System, entre otros.

Figura 16: Evolución de las funciones de red en la Nube



Fuente: 5G Americas (2019)

Por diseño, cada microservicio utiliza una interfaz (webservice) basada en REST (Representational State Transfer), el cual define un conjunto de lógica y restricciones para la integración entre los distintos nodos de red. El webservice que usa el modelo de arquitectura REST se le llama RESTful, por lo que existirá un API RESTful para cada integración entre los nodos.

- Soporte de Contenedores, las aplicaciones en la nube se empaquetan en contenedores con el objeto de proporcionar contextos aislados para soportar los microservicios. Estos contenedores son fácilmente transportables, accesibles y escalables desde un entorno a otro. Esta implementación de microservicios en distintos contenedores permiten que las funciones de red escalen con mayor granularidad en comparación a usar la tecnología de máquinas virtuales (VM), esto significa que el servicio puede ser optimizado para entregar el servicio automáticamente cuando sea necesario, es decir la gestión de recursos es más eficiente.

Por otro lado, el uso de contenedores asegura la portabilidad de estos servicios, es decir, la imagen de este contenedor puede replicarse muchas veces en cualquier entorno permitiendo un rápido despliegue reduciendo los tiempos de ejecución y de recuperación debido a que la carga de los contenedores son más ligeros que las máquinas virtuales.

Existen varias soluciones de orquestación de contenedores, sin embargo fue Kubernetes (desarrollado por Google) el orquestador de facto para gestionar los contenedores en las redes 5G, dado que fue adoptado por la gran mayoría de proveedores en la industria. Kubernetes se basa en una orquestación de contenedores de código abierto basada en clusters para asegurar una alta disponibilidad, escalabilidad y una recuperación rápida de fallas.

- Adopción de DevOps, las aplicaciones basadas en la nube son construidas usando un modelo de entrega continua que admite ciclos rápidos de desarrollo, pruebas, implementación y puesta en producción. A esto se le conoce como DevOps que es una combinación de las palabras "development" (desarrollo) y "operations" (operaciones), cuyo enfoque es el de agilizar los procesos de un requerimiento (como una nueva función de software, una solicitud de mejora o una corrección de errores) para pasar de la fase de desarrollo a la fase de implementación, en un entorno de producción en que puede generar valor para el usuario. Con DevOps es posible brindar una mayor potencia a aquellos servicios que más la necesitan, gracias al autoservicio y la automatización. Por lo que la infraestructura flexible juega un rol importante en estas aplicaciones por la necesidad de escalabilidad y el aprovisionamiento flexible.

Este tipo de tecnologías fueron adoptadas por la 3GPP y ETSI debido a la flexibilidad en sus arquitecturas que permitan abordar las necesidades requeridas en los sistemas 5G. Las aplicaciones que son nativas en la nube se gestionan dinámicamente y son construidas en nuevas plataformas tecnológicas como el Kubernetes, que ofrecen el desacoplamiento del HW y que es fundamental en términos de gestión, automatización y escalabilidad.

En el contexto del desarrollo de aplicaciones, normalmente los operadores usan la nube pública para alojar el contenido de sus aplicaciones, esto debido a la escalabilidad que soluciones como AWS de Amazon, GCP de Google, Azure de Microsoft, y otros ofrecen en la web. Sin embargo, al revisar los requisitos para el 5G y aplicar el modelo en la nube; que si bien podrían ofrecer flexibilidad, eficiencia y ahorros de costos, estos no necesariamente cumplen con las necesidades operativas para una red móvil.

En base a ello, la comunidad de estandarización para 5G ha optado por un enfoque modular basada en una arquitectura en la nube, pero aún quedan por resolver ciertas dependencias en varias capas de la arquitectura de la nube como la gestión en los flujos de trabajo, el motor de contenedores y las capas en los sistemas operativos que deben ser superadas para cumplir con los requisitos de los servicios en 5G.

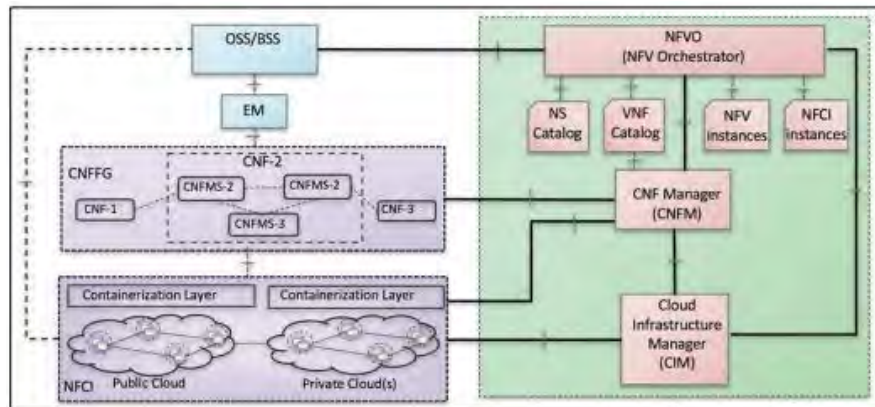
El último reléase de la 3GPP (reléase 17) justamente está enfocada en los requerimientos de estas aplicaciones y negocios verticales que el 5G va a disponibilizar. Todas estas dependencias deben ser resueltas para que la arquitectura en la nube cumpla con los requisitos del 5G. Considerar que en la práctica, se tiene una ventana de tiempo entre tres a cuatro años para que este reléase se encuentre disponible en el mercado, siendo este tiempo el necesario para que los cambios en la arquitectura en la nube se adapten a estos nuevos escenarios.

Es importante considerar que al hacer referencia a una arquitectura en la nube, no necesariamente nos referimos a la nube pública como la usada en Amazon, Google, Microsoft, entre otros, sino también aplicaría una arquitectura en la nube privada, es decir su infraestructura se encuentra alojada en los mismos centros de datos (Datacenters) de los propios operadores.

Propuesta de ETSI para la Arquitectura 5G en la Nube

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) específico un estándar de arquitectura de alto nivel para el 5G en la nube, desarrollando las guías, interfaces e interoperabilidad entre cada subsistema. Muchas de estas especificaciones están definidas en el grupo “MANO GS” (ETSI Management and Network Orchestration Group Specification), tal como se muestra en la siguiente figura y cuyos subsistemas son los siguientes:

Figura 17: Arquitectura ETSI | MANO GS



Fuente: 5G Americas (2019)

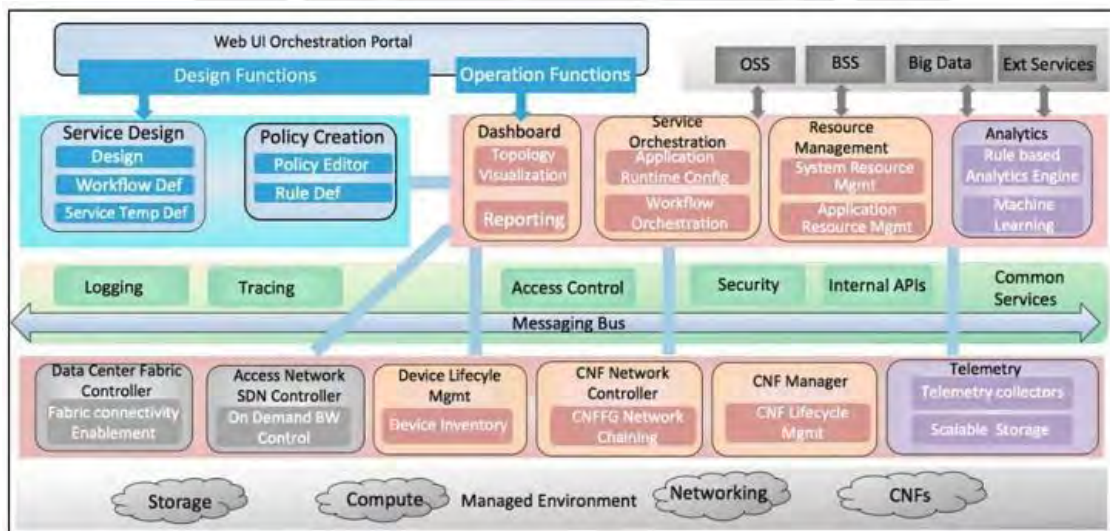
- CNFMS (Función de microservicios de red en la nube): Esta función está compuesta por los contenedores de microservicios.
- CNF (Función de red en la nube): Los CNFs son las funciones de red NFs normalmente desplegadas como microservicios en la nube, usualmente en formato de contenedores.
- NFI (Infraestructura en la nube de las funciones de red): El NFI provee la infraestructura física para los NFs. Esta incluye el hardware, los equipos de conectividad, almacenamiento, así como las capas de los contenedores que se instalan encima de la plataforma de hardware. Los CNFs son desplegados encima de los NFI.
- CIM (Gestor de infraestructura en la nube): Las principales funciones del CIM son las siguientes:
 - El CIM es responsable de gestionar y controlar los recursos computacionales, de conectividad y de almacenamiento. Este gestiona el ciclo de vida de los contenedores de microservicios en la nube.
 - El CIM también recolecta los indicadores de rendimiento en los niveles de infraestructura y contenedores y los disponibiliza a otros bloques funcionales para propósitos de monitoreo.
 - Otra responsabilidad del CIM incluye la gestión de los controladores de red para sus integraciones con otros subsistemas.
 - En el mercado se cuentan varios CIMs disponibles: Kubernetes, AWS ECS, Docker Swarm, entre otros. Pero la 3GPP tomó a Kubernetes como el CIM para la arquitectura 5G.
- CNFM (Gestor de las funciones de red en la nube): El CNFM se enfoca en la gestión del ciclo de vida de las instancias CNF. En una arquitectura en la nube, un CNF está usualmente

compuesto por un grupo de contenedores que implementan una función de red NF. El gestor del CNF tiene la responsabilidad de administrar múltiples instancias de contenedores de la misma función de red. El CNFM y el CIM se encargan de controlar el ciclo de vida de los contenedores de cada CNF.

- NFVO (Orquestador NFV): La responsabilidad del NFVO es el despliegue de los nuevos servicios de red (NS – Network Service) compuesta por múltiples CNFs, la gestión de recursos, la validación y autorización de recursos NFVI, así como la gestión de políticas en las instancias de los NS. El orquestador controla el ciclo de vida de los NS incluyendo la instanciación, el escalamiento (de entrada / salida o hacia arriba / abajo), la medición de rendimiento, la correlación de eventos y su terminación.
- CNFFG (Gráfica de reenvío de las funciones de red en la nube): El CNFFG contiene una lista de CNFs y los enlaces virtuales entre los CNFs y los puntos físicos.

La arquitectura ETSI NFV para el entorno en la nube contiene los microservicios para la orquestación y gestión de los NFVs tanto en la fase de diseño como de ejecución, tal como se muestra en la siguiente figura. En la fase de diseño, los modelos de servicios de red (NS) pueden ser desplegados tanto en una nube privada como en la nube pública. La fase de ejecución contiene los microservicios para la implementación de los NS, la orquestación, la gestión del ciclo de vida, el control, monitoreo y análisis de red.

Figura 18: Arquitectura de Software NFV en la Nube según ETSI

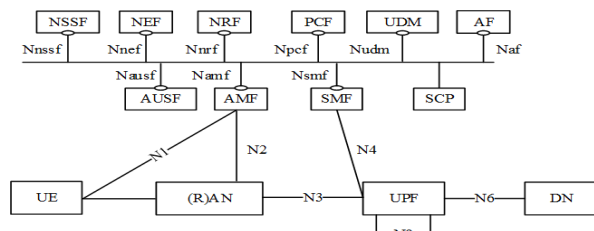


Fuente: 5G Americas (2019)

B. Arquitectura de Referencia – Núcleo de Red (5G – NGC)

La arquitectura de referencia del sistema 5G-NGC es definida en la 3GPP TS 23.501 de dos maneras: la primera desde el punto de vista de servicios 5G y la otra basada en puntos de referencia, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 19: Arquitectura de Referencia – 5G



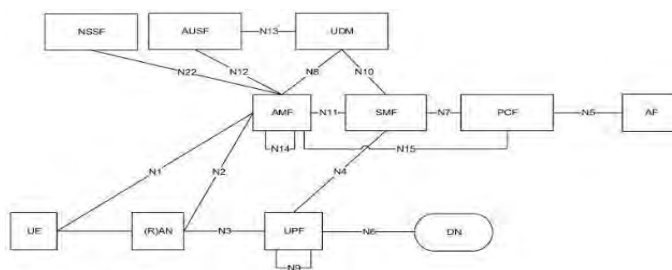
Fuente: 3GPP (2020)

Los elementos de arquitectura que conforman el plano de control de la red 5G son llamados NFs “Funciones de Red”, estos disponibilizan sus servicios a las otras funciones de red a través de un marco común de interfaces que son accesibles en toda la red. En la figura anterior se muestran estas interfaces funcionales (o puntos de referencia) entre cada función de red, por ejemplo, para ilustrar las diferencias entre cada función consideremos el caso del SMF (Función de gestión de sesión) el cual expone los servicios que ofrece (por ejemplo capacidad) usando la interfaz Nsmf para acceder a toda la información requerida en las funciones del plano de control vía el NRF. El SMF interactúa directamente con el UDM (Módulo de datos de usuario) vía la interfaz N10, y el con PCF (Función de control de políticas) vía la interfaz N7, así como AMF (Función de gestión de movilidad y acceso) vía la interfaz N11 y al UPF (Función de plano de usuario) vía la interfaz N4.

Funciones del Núcleo de Red: 5G – NGC

La siguiente figura muestra las funciones del núcleo de red del sistema 5G. Sus alcances se encuentran definidas en el estándar 3GPP TS 23.501, y entre los principales nodos funcionales que podemos mencionar se encuentran:

Figura 20: Funciones del Núcleo de Red – 5G



Fuente: 3GPP (2020)

- AUSF (Función de servidor de autenticación): Definida en la 3GPP TS 23.502, su función principal es la de autenticar el terminal móvil (UE – User Equipment). La función del AUSF puede ser asumida dentro del UDR.
- AMF (Función de gestión de acceso y movilidad): Definida en la 3GPP TS 23.502, su función incluye distintas características pero no todas están asociadas a una misma instancia AMF:
 - Gestión de registración, conexión, alcanzabilidad y movilidad.
 - Cifrado y protección de datos en la red de acceso (RAN)
 - Acceso a la red para autenticación y autorización de UE
 - Gestión de servicios de localización, entre otros.
- UDSF (Función de almacenamiento de datos no estructurados): Esta función es opcional y permite los mensajes USSD en la red. La función del UDSF puede ser asumida dentro del UDR.
- NEF (Función de exposición de red): El NEF cumple varias funciones como:
 - Expone las funcionalidades, características y eventos al UDR (Repositorio unificado de datos) usando una interfaz estándar.
 - Provee una interfaz de provisión segura desde elementos externos (AF – funciones de aplicación) a la red 3GPP. El NEF puede autenticar, autorizar y manejar control de sesiones para los distintos AFs.
 - Traduce el intercambio de información entre los elementos externos (AFs) hacia los elementos internos (NFs). El NEF gestiona el enmascaramiento de la información sensible del usuario hacia los AFs de acuerdo a las políticas de red, entre otros.
- NRF (Función de repositorio de red): La función del NRF es la de descubrir los servicios de la red, estas mantienen todos los perfiles de las funciones de red disponibles en cada instancia de los NFs. Por ejemplo, para el caso del network slicing se despliegan múltiples NRFs en distintos niveles. Lo mismo sucede en los escenarios de Roaming, donde se despliegan también múltiples NRFs en diferentes redes.
- NSSF (Función de selección de network slice): La función del NSSF es seleccionar la instancia de network slice que va a servir al UE. Esta instancia determina el AMF (o lista de candidatos) que va a usar el UE.
- SMF (Función de gestión de sesión): esta función es responsable del establecimiento, modificación y liberación de la sesión. Este autoriza, asigna y gestiona la dirección IP asignada al equipo terminal.

- UDM (Gestión de datos unificados): Esta función es responsable por generar las credenciales de autenticación 3GPP AKA y por manejar la identificación del usuario. Otra función es la de soportar la gestión y terminación de mensajes de texto (SMS).
- UDR (Repositorio de datos unificados): Esta función permite el almacenamiento y recuperación de datos para otros NFs, incluyendo la suscripción de datos del UDM, los datos del control de políticas del PCF y los datos a nivel de aplicación.
- UPF (Función de plano de usuario): Es la función de los datos del usuario, y entre sus responsabilidades podemos mencionar:
 - Enrutamiento y reenvío de paquetes de datos.
 - Punto de anclaje para la movilidad inter/intra RAT (tipo de red de acceso)
 - Punto de sesión de datos externo para interconectarse con las redes de datos.
 - Funcionalidad de inspección de paquetes.
 - Es el que aplica las políticas de control en el plano de usuario.
 - Reporta el tráfico de usuarios.
 - Encargado de manejar la calidad de servicios en el plano de usuario (QoS).
- AF (Función de aplicación): Esta función interactúa con el Core Network para proveer servicios a las aplicaciones externas. El AF puede interactuar directamente con cualquier NF, por ejemplo podría soportar control de políticas integrándose con el PCF.
- 5G-EIR (Registro de identidad de equipos): Esta es una función opcional y permite validar la identificación del equipo terminal (UE) para determinar si se encuentra en una lista negra. El parámetro usado es el IMEI (International Mobile Station Equipment Identity).
- SMSF (Función de servicio de mensajería de texto): Esta función soporta el servicio de SMS (Short Message Service) a través del NAS (servidor de red de acceso). Esta función valida la suscripción del servicio, enruta los SMS, y genera los CDRs (Call detail records).
- PCF (Función de control de políticas): El PCF se encuentra definida en la 3GPP TS 23.503 y su función es la de unificar las políticas de control que gobiernan el comportamiento de la red. Estas proveen distintas reglas en el plano de control para asegurar la ejecución de estas políticas.
- CHF (Función de cobro): El CHF se encuentra definida en la 3GPP TS 32.240 y su función es el cobro de los distintos servicios implementados en la red. El CHF incluye las funciones de cobro online y offline. Este sistema de cobro convergente interactúa con el CTF (Función de disparo de cobro) que está en el dominio del Core Network a través de la interfaz Nchf, y con el dominio de Facturación a través de la interfaz Bx.

C. Arquitectura de Referencia – Red de Acceso (5G – NR)

Las tecnologías de acceso de radio (RAN) han estado en uso desde el comienzo de la tecnología celular y han evolucionado a través de las distintas generaciones de comunicaciones móviles (1G, 2G, 3G, 4G y en algunos países la nueva tecnología 5G). Los componentes de la RAN incluyen una estación base y antenas que cubren una zona determinada dependiendo de su capacidad.

Los sistemas radioeléctricos actuales (desde 2G hasta 4G) proporcionan una “solución única para todos” en la red de acceso, pero para servicios como la banda ancha o comunicaciones tipo máquina que tienen requerimientos contrapuestos se requieren otras características propias tanto en la red de acceso como en el núcleo de red que permitan asegurar el ancho de banda, la latencia o la confiabilidad dependiendo de la necesidad por tipo de servicio. Es por ello, que la 3GPP desarrollo los requisitos que deben tener esta nueva tecnología de acceso, llamado 5G-NR (Nueva Radio), pero no limitado a los requisitos ya definidos por la UIT-R IMT-2020.

El 3GPP TR 38.913 (2018) define los requerimientos y escenarios que aplican a esta nueva tecnología 5G, entre las que tenemos:

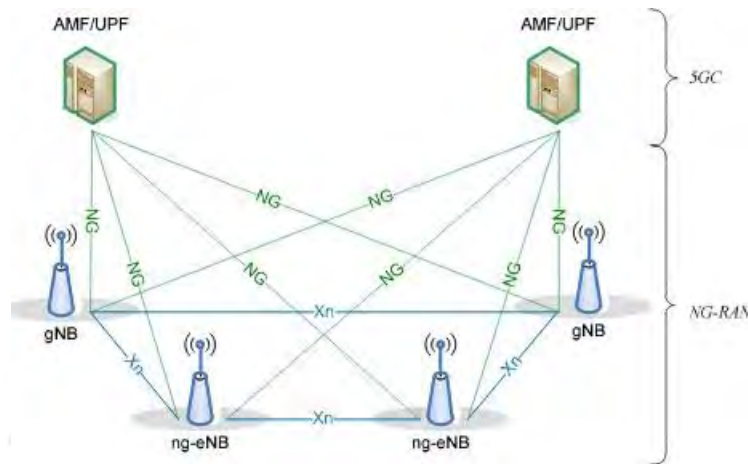
- eMBB (Banda ancha móvil mejorada)
- mMTC (Comunicaciones masivas de tipo máquina)
- uRLLC (Comunicaciones ultra confiables y de baja latencia)
- Requerimientos de espectro: Entre los que tenemos:
 - Rango de espectro: soportar el uso de rangos de espectro de hasta 100 GHz.
 - Escalabilidad en la asignación de canales de ancho de banda.
 - Soportar mecanismos eficientes de compartición de espectro tanto licenciado como no licenciado.
- Soportar requerimientos relacionados a servicios de posicionamiento y localización.
- Soportar servicios de comunicaciones críticas o de emergencia.
- Indicadores de rendimiento, así como requerimientos de arquitectura, operación y servicios.

Arquitectura 5G – NR

Debido a los distintos requerimientos de servicios que en algunos casos pueden llegar a ser hasta contrapuestos, se diseñó la arquitectura 5G-NR para que pueda operar sobre un amplio rango de bandas de espectro separando el plano de usuario con el plano de control para que pueda cumplir con las características requeridas en cada servicio como escalabilidad en la asignación de canales de ancho de banda, flexibilidad en los tipos de propagación, conexión con múltiples dispositivos, entre otros.

En la siguiente figura se muestra la arquitectura de referencia del 5G-NR definida por la 3GPP TS 38.300 (2020), en donde las estaciones base se interconectan usando la interfaz Xn. Mientras que la conexión con el núcleo de red específicamente el AMF (Función de gestión de acceso y movilidad) a través de la interfaz NG. Para el caso del plano de control o de señalización se usa el NG-C, mientras que para el caso del plano de usuario se utiliza el NG-U.

Figura 21: Arquitectura RAN - 5G



Fuente: 3GPP (2020)

D. Principales funcionalidades en 5G

Desde el reléase 15 al 17 de la 3GPP se han introducido diversas funcionalidades orientadas principalmente a dos grupos: la introducción / expansión de mercados en las industrias verticales y a las mejoras en la eficiencia operacional y capacidad en las redes:

Tabla 03: Funcionalidades 5G

Funcionalidades habilitadoras para Industrias Verticales	Eficiencia Operacional y Mejoras en Capacidad
<ul style="list-style-type: none"> • MTC (Comunicaciones tipo máquina) <ul style="list-style-type: none"> ○ mMTC (Comunicación masiva tipo máquina) ○ uRLLC (Comunicación de latencias ultrabajas extremadamente confiables) • Segmentación de Red (Network Slicing) 	<ul style="list-style-type: none"> • Redes heterogéneas y celdas pequeñas • MIMO Masivo • IAB – Acceso integrado al Backhaul • Mejoras en movilidad • Ahorro de Energía en el equipo terminal

Fuente: 5G Americas: (2019)

Funcionalidades habilitadoras para Industrias Verticales

El 3GPP TR 38.913 (2018) define los requerimientos y escenarios que se aplican en las redes 5G, en donde tres son sus principales características:

- eMBB (Banda ancha móvil mejorada)
- mMTC (Comunicaciones masivas de tipo máquina)
- uRLLC (Comunicaciones ultra confiables y de baja latencia)

La siguiente figura muestra los distintos casos de uso que pueden ser implementados usando estas funcionalidades que aunado a la segmentación de red permitirá tener servicios con calidad diferenciada en base a las necesidades de cada solución.

Figura 22: Ecosistema de Servicios 5G



Fuente: MTC (2019)

Segmentación de Red (Network Slicing)

Como mencionamos anteriormente, las redes 5G no solo incluyen un nuevo núcleo de red (5G-NGC) y una nueva radio (5G-NR), sino que gracias a la virtualización estas redes podrán soportar múltiples capas para diferentes casos de uso usando un nuevo enfoque de arquitectura llamado “segmentación de red” (Network Slicing).

La segmentación en el núcleo de red (5G-NGC) se definió en el reléase 15 de la 3GPP (el reléase 16 agrega ciertas funciones adicionales), mientras que la segmentación del RAN estará recién definido en el reléase 17 de la 3GPP.

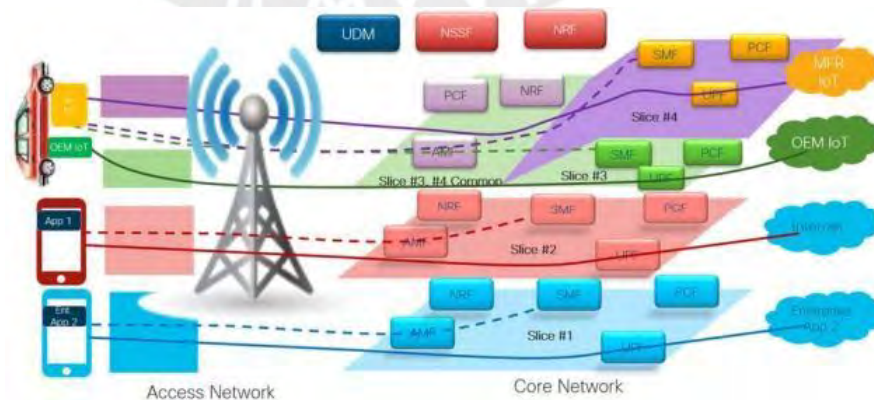
La arquitectura permite a un operador proporcionar múltiples servicios con diferentes características dado que cada red funciona como una versión virtualizada independiente de la otra. Es decir, para una aplicación montada sobre un segmento de red específico solo podría ver lo que le corresponde en ese segmento de red. Los otros segmentos donde el usuario no se encuentra suscrito serían invisibles e inaccesibles para él. La principal ventaja de esta arquitectura es que el operador podría crear segmentos aislados ajustados a casos de uso muy específicos.

La GSMA identificó diversos casos de uso para negocios de segmentos verticales que podrían beneficiarse de esta funcionalidad de segmentación de red:

- Realidad aumentada y realidad virtual
- Negocio automotriz
- Energía
- Salud
- Industria: manufactura, minería, otros
- Internet de las cosas
- Seguridad pública
- Ciudades Inteligentes, entre otros.

La siguiente figura muestra la arquitectura de segmentación de red definida en el reléase 15 de la 3GPP. Este muestra 2 equipos terminales, uno conectado a una aplicación de Internet, la otra conectada a una aplicación privada de alguna empresa. Lo mismo aplica en el caso del vehículo, en donde pueden existir más de dos aplicaciones IoT distintas conectadas a diferentes destinos con calidades de servicio diferenciadas para asegurar los niveles mínimos requeridos.

Figura 23: Segmentación de Red (Network Slicing)



Fuente: 5G Americas (2018)

La identificación de cada segmentación de red es hecha vía el S-NSSAI⁵ (información de asistencia de selección de segmentación de red única), el cual contiene el tipo de servicio y segmento (SST⁶), y se encuentra asociada al segmento de red configurado en términos de funcionalidades y servicios.

Actualmente, la 3GPP permite soportar hasta 8 S-NSSAIs en los mensajes de señalización entre el equipo terminal y la red, es decir, un único equipo terminal podría ser servido hasta por 8 segmentos de red al mismo tiempo. La 3GPP TS.23.501 ha definido 4 tipos de SSTs:

Tabla 04: Valores definidos por 3GPP para la Segmentación de Red

SST	Valor SST	Características
eMBB	1	Segmentación adecuada para manejar los servicios de Banda Ancha Móvil mejorada
uRLLC	2	Segmentación adecuada para comunicaciones ultra confiables y de baja latencia
mMTC	3	Segmentación adecuada para manejar comunicaciones masivas tipo máquina
V2X	4	Segmentación adecuada para manejar servicios Vehículo a todo.

Fuente: 5G Americas (2019)

La 3GPP también define la segmentación de red como un servicio (NSaaS⁷), en donde el NSaaS puede ser ofrecido por un proveedor de servicios de comunicación (CSP⁸) a su servicio al cliente de comunicación (CSC⁹). El CSC puede desempeñar el papel de CSP y ofrecer también sus propios servicios de comunicación montadas sobre la instancia de red asignada.

Comunicaciones Tipo Máquina – mMTC & uRLLC

La arquitectura del sistema 5G clasifica el área de las comunicaciones tipo máquina (MTC) en dos grupos (ver siguiente figura):

- mMTC: Comunicación Masiva Tipo Máquina.
- uRLLC: Comunicación de Latencias Ultrabajas y Extremadamente Confiables (otras veces llamado como MTC de misión crítica)

El mMTC asume servicios de datos tolerantes al retardo para transmisiones de flujos de información típicamente poco frecuentes con cantidades masivas de dispositivos conectados, por ejemplo los

⁵ S-NSSAI: Single Network Slice Selection Assistance Information

⁶ SST: Slice / Service Type

⁷ NSaaS: Network Slice as a Service

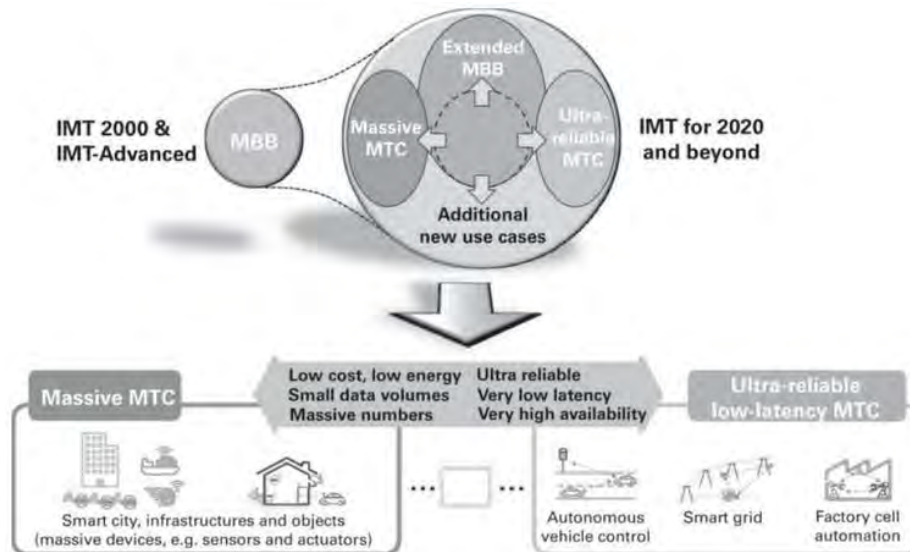
⁸ CSP: Communication Service Provider

⁹ CSC: Communication Service Customer

accesorios inteligentes usadas por las personas para uso recreacional de salud o de seguimiento, actuadores para control de hogar, o dispositivos usados en las ciudades inteligentes, entre otros.

Por el contrario, el uRLLC tiende a ser para servicios de muy alta confiabilidad, latencias muy bajas y control en tiempo real de objetos y procesos. Sin embargo, esta categorización no es muy estricta dado que podrían existir casos de uso de comunicación masiva que puedan requerir alta confiabilidad.

Figura 24: Categorías Comunicaciones Tipo Máquina (MTC)



Fuente: Osseiran et al. (2016)

Funcionalidades para Eficiencia Operacional y Mejoras en Capacidad

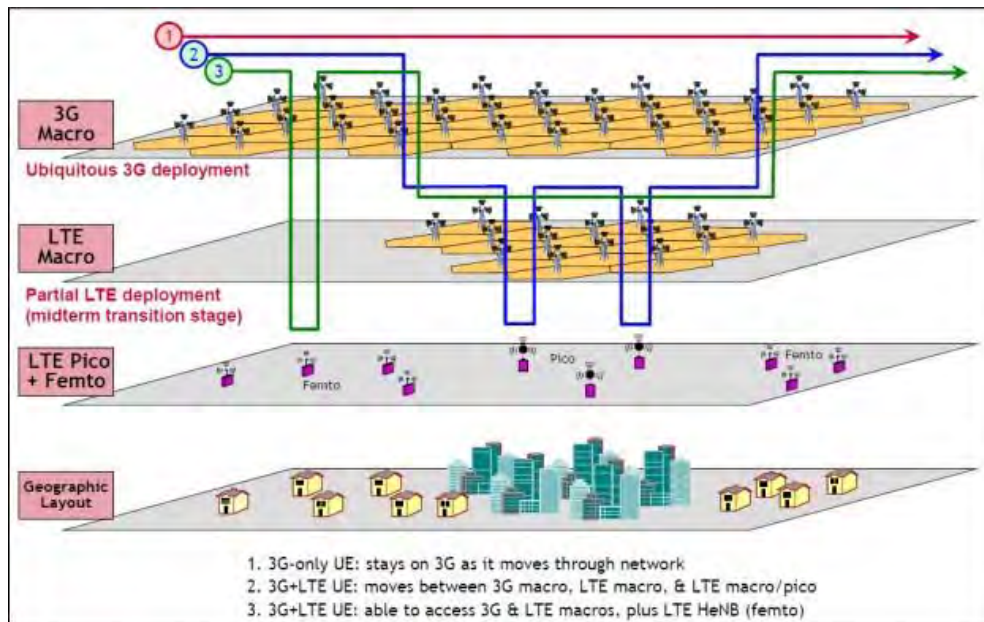
Redes heterogéneas y Celdas pequeñas (Small, Femto y Pico cells)

Un concepto fundamental en la evolución de las redes móviles es la mezcla de múltiples tipos de redes, el cual es caracterizada por crear redes dentro de otras redes, debido a:

- Variedad de áreas de cobertura, incluye la femto celdas usadas principalmente para las oficinas / casas, las pico celdas también conocido como metro celdas, o las macro celdas.
- Distintas bandas de frecuencia
- Diferentes tecnologías de acceso: Wifi, 2G, 3G, 4G y 5G.
- Capacidad de usar el radio 5G como elementos de transporte para el backhaul.

La siguiente figura muestra las distintas capas de redes heterogéneas:

Figura 25: Tipos de Redes Heterogéneas



Fuente: 5G Americas (2019)

MIMO Masivo

Con el lanzamiento de los sistemas de antenas inteligentes, la 3GPP definió en los distintos relés el incremento del rendimiento y capacidades empleadas en la red de acceso. Esto se logra al utilizar el concepto de múltiples antenas tanto del lado de la estación base como del equipo terminal, en donde se explota el uso de múltiples caminos que permiten aumentar las capacidades de transmisión.

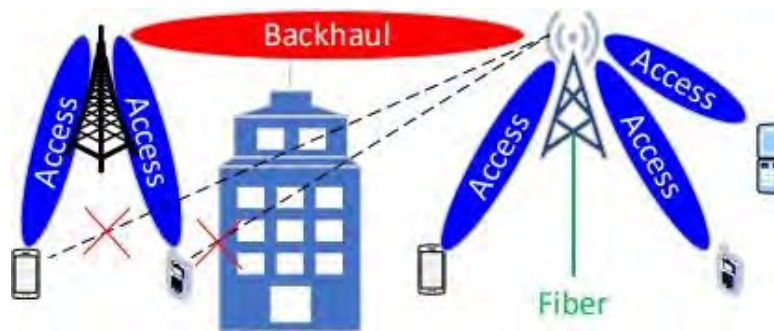
Para el despliegue de 5G la estación base usa típicamente entre 128 a 256 elementos de antenas para frecuencias menores a 6 GHz, y entre 256 a 512 elementos de antenas para las frecuencias de ondas milimétricas. En el caso de los equipos terminales usan de 4 a 32 elementos.

IAB – Acceso integrado en las redes de distribución o backhaul

El IAB provee múltiples beneficios como la reducción de instalar una fibra óptica en cada estación base, reduce las brechas de cobertura aisladas así como se mejoran las capacidades tanto en cobertura exterior como interior, tal como se muestra en la siguiente figura.

El ancho de banda del 5G-NR puede dividirse en enlaces de acceso y enlaces de backhaul, esto es aplicado normalmente en bandas de ondas milimétricas.

Figura 26: Acceso 5G para el Backhaul



Fuente: 5G Americas (2020)

Mejoras en Movilidad

Principalmente orientado a mejorar la confiabilidad en la red de acceso y reducir los tiempos de interrupción por handover entre estaciones base. Estos mecanismos están definidos en el reléase 16 de la 3GPP en el capítulo “NR Mobility Enhancements”.

Ahorro de energía para el equipo terminal

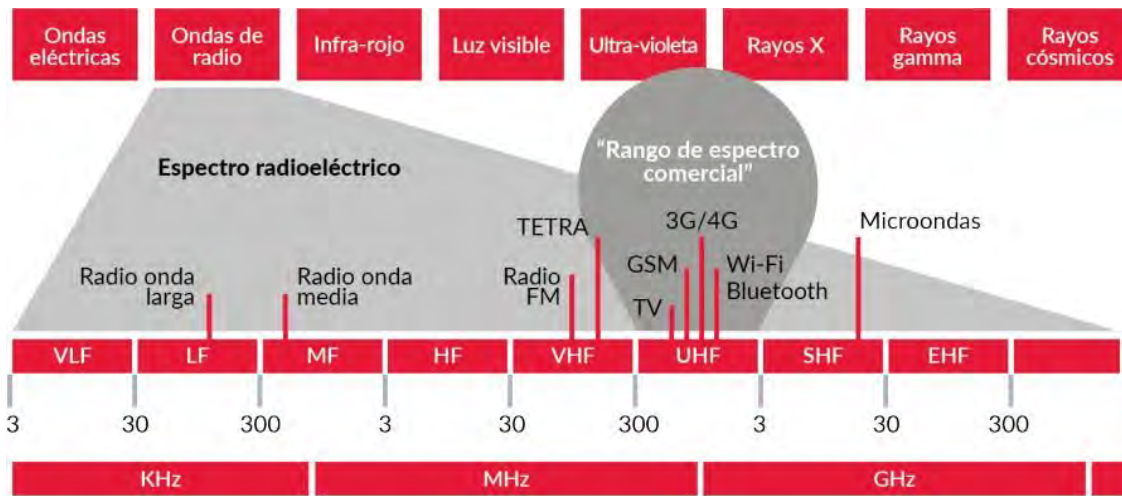
El objetivo del ahorro de energía en los equipos terminales es mejorar el tiempo de vida de las baterías. Los equipos 5G pueden disipar más potencia que los equipos LTE dada las altas velocidades y anchos de banda que se manejan en la red de acceso 5G-NR, es debido a ello que la 3GPP desarrollo un modelo para que los terminales puedan tener un consumo de energía más eficiente. Entre las definiciones se contemplan cambios en el manejo de los estados de conexión (libre, inactivo, activo), adaptación flexible en el número de capas MIMO, reducción de paging innecesario hacia el equipo terminal, entre otros.

En conclusión, el 5G dará una mayor eficiencia operacional en las redes de telecomunicaciones incluido el uso del espectro, pero también permitirá implementar distintos casos de uso, con requerimientos que pueden ser contrapuestos, a través de las funciones de segmentación de red que permitirá tener servicios con calidad diferenciada en base a las necesidades por cada caso de uso. Esto permitirá el desarrollo de las industrias verticales que podrían beneficiarse si se juntan las otras tecnologías que necesitan esos requisitos de conectividad, como la realidad virtual y aumentada, los vehículo autónomos, la industria 4.0, el internet de las cosas, las ciudades inteligentes, entre otros.

1.2.7 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radioeléctrico está representado por el conjunto de ondas electromagnéticas cuyas frecuencias, según la PNAF y en concordancia con la UIT, varían entre los 9 KHz hasta los 300 GHz.

Figura 27: El Espectro Radioeléctrico



Fuente: MTC (2019)

Los servicios de telecomunicaciones móviles hacen uso de este recurso debido a la creciente demanda del consumo de datos por parte de los usuarios que implican realizar aumentos de capacidad en sus redes. Aunado a esto, también debemos considerar las nuevas tecnologías como la realidad virtual y aumentada, el IoT, la Robótica, las Apps, entre otros, que incentivarán el uso de la tele medicina, la tele educación, el tele trabajo, etc., y que influirán en los cambios de patrones de uso de los usuarios y cosas conectadas que requerirán mayores cantidades de espectro radioeléctrico para soportar este crecimiento.

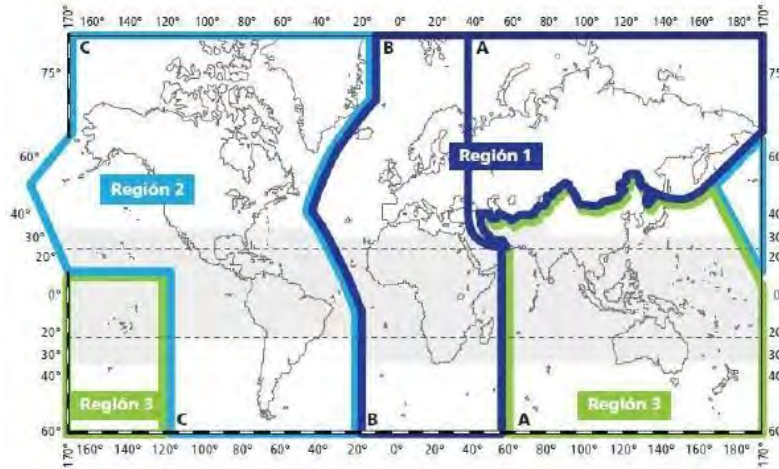
La legislación en diferentes países considera al espectro radioeléctrico como un patrimonio de la Nación. En el caso peruano, el artículo 57° del TUO de la Ley de Telecomunicaciones aprobado por Decreto Supremo 13-93-TCC, indica que el espectro es un recurso natural de condiciones limitadas y es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), quién gestiona, administra y controla el uso del espectro radioeléctrico, para ello elabora el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) que contiene los cuadros de atribución de frecuencias del servicio de telecomunicaciones en el Perú.

El Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) contiene los cuadros de atribución de frecuencias de los servicios de telecomunicaciones en el Perú. Por la naturaleza dinámica de la gestión de frecuencias, el PNAF debe actualizarse periódicamente, esto en base a las recomendaciones de la UIT y de acuerdos bilaterales como la CITEL (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones).

Esto permite asegurar la operatividad de los servicios para que operen dentro de las bandas definidas, así como minimiza la probabilidad de interferencias, permitiendo la coexistencia de servicios dentro

de una misma banda de frecuencias. Las bandas de frecuencia se han dividido en tres regiones, y el Perú está contemplado dentro de la Región 2.

Figura 28: Regiones de bandas de frecuencia



Fuente: MTC - PNAF (2020)

A. Situación Actual del Espectro Radioeléctrico

Para la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones se asignaron en el PNAF un grupo de bandas del espectro radioeléctrico que son usados por los operadores para brindar los servicios de telefonía móvil e internet móvil desde la 2da generación (GSM) hasta la 4ta generación móvil (LTE).

Respecto a las frecuencias para el 5G se espera que los organismos de estandarización como la 3GPP y la UIT identifiquen nuevas bandas de espectro, y que estas en el futuro puedan ser adoptadas en el Perú. Para ello posiblemente se requerirá hacer reordenamientos de espectro de tal forma que permita disponibilizar ese espectro para el uso de esta tecnología.

El siguiente cuadro muestra el estado actual de la atribución, asignación y canalización del espectro usado por los operadores según el PNAF:

Tabla 05: Estado de las Bandas de Espectro en el Perú

Rango de Frecuencias	Nota PNAF	Operadores	Área de Asignación	Ancho de Banda	Tecnologías usadas
385 – 386 MHz 395 – 396 MHz	P41	Dolphin Telecom del Perú SAC Nikela Telecom SAC	Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país	0.5 + 0.5 MHz 0.25 + 0.25 MHz	ND ND
411.675 – 416.675 MHz 421.675 – 426.675 MHz	P45	Ninguno	Banda no canalizada ni asignada	3.325 + 3.325 MHz	ND

Rango de Frecuencias	Nota PNAF	Operadores	Área de Asignación	Ancho de Banda	Tecnologías usadas
411.675 – 420 MHz 426.675 – 430 MHz	P45	M.G Digital SAC	Dpto. La Libertad	50 + 50 KHz	ND
		Dolphin Telecom del Perú SAC	Dpto. Lima y algunas provincias del país	250 + 250 KHz	ND
		Sigma Comunicaciones SAC	Algunas provincias del país	50 + 50 KHz	ND
450 – 452.5 MHz 460 – 462.5 MHz	P48A	Winner Systems	Algunas provincias del país	2.5 + 2.5 MHz	CDMA 450
		Rural Telecom	Algunas provincias del país	2.5 + 2.5 MHz	ND
452.5 – 457.5 MHz 462.5 – 467.5 MHz	P48	Telefónica	Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país	5 + 5 MHz	CDMA 450
		América Móvil	Algunas provincias del país	5 + 5 MHz	ND
698 – 806 MHz	P51	Entel	A nivel nacional	15 + 15 MHz	LTE
		América Móvil	A nivel nacional	15 + 15 MHz	
		Telefónica	A nivel nacional	15 + 15 MHz	
806 – 821 MHz 851 – 866 MHz	P52	Entel	Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país	328 canales de 25 KHz en Lima y Callao	iDEN
821 – 824 MHz 866 – 869 MHz	P52	Entel	Prov. de Lima, Callao	3 + 3 MHz	iDEN
824 – 849 MHz 869 – 894 MHz	P53	Telefónica	A nivel nacional	12.5 + 12.5 MHz	GSM + HSPA
		América Móvil	A nivel nacional	12.5 + 12.5 MHz	
894 – 899 MHz 939 – 944 MHz	P55	Telefónica	Prov. de Lima, Callao	5 + 5 MHz	ND
			Resto del país	8 + 8 MHz	ND
899 – 915 MHz 944 – 960 MHz	P57	Viettel	Prov. de Lima, Callao	16 + 16 MHz	LTE
			Resto del país	13 + 13 MHz	LTE
1850 – 1910 MHz 1930 – 1990 MHz	P65	América Móvil	A nivel nacional	17.5 + 17.5 MHz	GSM + HSPA + LTE
		Entel	A nivel nacional	17.5 + 17.5 MHz	GSM + HSPA
		Telefónica	A nivel nacional	12.5 + 12.5 MHz	GSM + HSPA
		Viettel	A nivel nacional	12.5 + 12.5 MHz	HSPA + LTE
1910 – 1930 MHz	P65	Ninguno	-	20 MHz	-
1710 – 1780 MHz 2110 – 2180 MHz	P65	Telefónica	A nivel nacional	20 + 20 MHz	LTE
		Entel	A nivel nacional	20 + 20 MHz	LTE
2300 – 2400 MHz	P68A	Direcnet	Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país	30 MHz	LTE
		Dolphin Telecom del Perú SAC	Prov. de Yauli	30 MHz	ND
2500 – 2692 MHz	P67	TVS Wireless	Prov. de Lima, Callao	30 + 30 MHz	LTE
				20 MHz	ND
		Entel	Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país	20 + 20 MHz	LTE
		OLO	A nivel nacional excepto Lima y Callao	30 + 30 MHz	LTE
				20 MHz	ND
		Viettel	Algunas provincias del país	20 + 20 MHz	ND
Cotel	Algunas provincias del país	20 MHz	ND		
3300 – 3400 MHz	P73A	Ninguno	-	-	-

Rango de Frecuencias	Nota PNAF	Operadores	Área de Asignación	Ancho de Banda	Tecnologías usadas
3400 – 3600 MHz	P73	Entel	Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país	25 + 25 MHz	ND
		Telefónica	A nivel nacional	25 + 25 MHz	ND
		Americatel	Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país	25 + 25 MHz	ND
		América Móvil	Prov. de Lima, Callao y algunas provincias del país	25 + 25 MHz	ND
		Gamacon (Espectro embargado)	Prov. de Pasco y Daniel A. Carrión	5 + 5 MHz	ND
3600 – 3800 MHz	P73B	Ninguno	-	-	-

Fuente: Argandoña (2019)

B. Identificación de espectro para IMT

El incremento de usuarios y el cambio en los patrones de uso en los servicios de la telefonía móvil y la banda ancha inalámbrica ha generado una tendencia creciente en la utilización de recursos de red debido al aumento sostenido del tráfico. Con el advenimiento de nuevas tecnologías se estima que su crecimiento sea exponencial dado la expansión masiva de dispositivos como el internet de las cosas.

Esta situación demandará de disponer mayores cantidades de espectro para los servicios de datos, que es el medio que ha permitido el desarrollo de los servicios móviles. Según el informe de Ericsson Mobility Report (2019), se estima que para el 2024 habría unos 8.8 billones de usuarios móviles a nivel mundial, siendo un 95% de estas usadas para los servicios de banda ancha. En este sentido, la UIT (2016) estimó que en el 2020 se requerirán entre 1.34 a 1.96 GHz de espectro para el despliegue de tecnologías 5G.

Bajo este contexto, el MTC enfrenta retos para disponer mayor cantidad de espectro considerando el crecimiento exponencial de la demanda, entre los principales desafíos se encuentran:

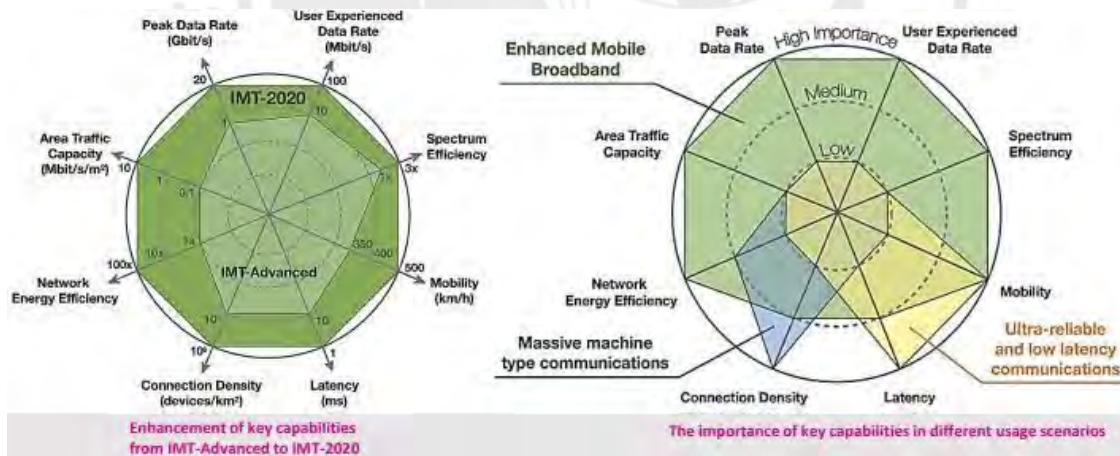
- Canalizaciones que no siguen las tendencias actuales, estos implican retrasos tecnológicos.
- Bandas sin uso (no hay usuarios ni servicios), ocasiona un uso inadecuado del espectro.
- Uso de tecnologías obsoletas.
- Alto riesgo de concentración y especulación en el uso del espectro.

En este sentido, las medidas optadas por el MTC buscan promover políticas que permitan un mejor uso del espectro a través de la promoción de nuevas tecnologías que como explicamos al inicio de esta investigación (Ley de Shannon), permitirán mejorar las capacidades de información e incrementar las velocidades de transmisión.

Al respecto, el IMT-2020 identifica tres grupos de frecuencias clave que abarcarían todos los casos de uso identificados para el despliegue del 5G (Banda Ancha Móvil mejorada, las comunicaciones masivas tipo máquina, y las comunicaciones ultra confiables y de baja latencia), que permitiría ser el habilitador de las otras tecnologías emergentes:

- Bandas inferiores a 1 GHz, para coberturas amplias en zonas urbanas y rurales, estas darán soporte a la Banda Ancha en zonas rurales y en los servicios IoT. Se encuentran las bandas de 600, 700, 850 MHz, entre otras.
- Bandas entre 1 a 6 GHz, que corresponde a las bandas medias ofrece una combinación de ventajas entre cobertura y capacidad para cualquier caso de uso. Los primeros servicios 5G se enfocan en esta banda en las frecuencias de 3.3 GHz y 3.8 GHz.
- Bandas por encima de 6 GHz, es necesario para las velocidades de banda ancha mejoradas y son adecuadas para redes 5G densas de células pequeñas en zonas urbanas de gran capacidad en la que es fundamental una capacidad adicional. Actualmente las frecuencias de 26 a 28 GHz disponen de mayor soporte internacional por ser contiguos, pero están también considerando frecuencias por encima desde los 24 GHz.

Figura 29: Características funcionales IMT



Fuente: Osseiran et al. (2016)

Dependiendo de las bandas de frecuencia, la tecnología funcionará de manera diferente y algunas bandas serán más adecuadas para ciertos casos de uso. Por ejemplo las bandas bajas, menores a 2 GHz, son adecuados para casos de uso que requieren cobertura y movilidad, así como para tipos de tráfico de bajo ancho de banda, como las comunicaciones interactivas y las comunicaciones masivas tipo máquina (mMTC).

El espectro de banda baja también es adecuado para la cobertura en interiores (indoor). En términos de capacidad, algunos casos de uso en 5G dependerán de las altas velocidades para conexiones más rápidas y de baja latencia, por lo que esto requerirá canales más amplios que los que están disponibles en las bandas bajas.

Las bandas de frecuencias altas, o también llamadas bandas milimétricas (mmW), son óptimas para coberturas más cortas, baja latencia y para servicios de muy alta capacidad de transmisión de datos como por ejemplo la Banda Ancha Móvil mejorada (eMBB), pero con penetración en interiores limitado.

El espectro de bandas medias ofrece un balance de estas dos capacidades, complementando las facilidades de las ondas milimétricas en las zonas urbanas y extendiendo la disponibilidad de 5G en las áreas densamente pobladas. El despliegue de las bandas medias típicamente usa un número inferior de macro celdas en comparación al alto número de pequeñas celdas requeridas para soportar el despliegue de las bandas milimétricas en 5G. El siguiente cuadro muestra un resumen de estas características:

Figura 30: Espectro para tecnologías 5G



Fuente: MTC (2019)

1.2.8 COMPARTICIÓN DE INFRAESTRUCTURA

Los principales retos que tienen ahora los operadores tradicionales de red es que en el ecosistema digital los operadores ya no son solo los únicos actores sino que ahora se cuentan con una infinidad de nuevos actores impulsados principalmente por las OTTs y las soluciones basadas en la nube. Estos nuevos servicios han impulsado el crecimiento de tráfico de los usuarios, sin embargo, para que funcionen se necesita asegurar la conectividad y la cobertura para que estos nuevos servicios e innovaciones tecnológicas existan.

Para ello, es necesario hacer nuevos despliegues en la red para aumentar la mancha de cobertura y despliegues de capacidad para soportar las demandas de tráfico de los usuarios. Estos despliegues implican retos en las redes que deben afrontar los operadores tradicionales de red, entre los principales podemos mencionar:

- Aumento de CAPEX, representa a las inversiones debido a las demandas de nuevas tecnologías y servicios, así como por aumentos de capacidades necesarias para soportar el crecimiento del tráfico de usuarios. En este caso se consideran los costos por las futuras licitaciones de espectro para tener mayores anchos de banda, despliegues de fibra para la transmisión de tráfico hacia la red, despliegue de más estaciones base para aumentar la cobertura, despliegue de mayor infraestructura de hardware, entre otros.
- Aumento de OPEX, son los costos operativos que permiten asegurar la operación de la red. Entre los costos tenemos los correspondientes a los pagos de canon por el uso de espectro, los costos de servicios mayoristas (enlaces, interconexión, etc.), los costos de monitoreo y mantenimiento de la red (renta de sitios, energía, licencias de operación, etc.), entre otros.
- Dificultad de monetizar los servicios, relacionadas al comportamiento del mercado en donde los principales operadores ofrecen servicios ilimitados de voz, sms y datos. En algunos casos se incluyen dentro de los planes comerciales los servicios de las OTTs, esto hace que cada vez haya más tráfico, por lo que se requeriría mayor capacidad en las redes, obteniendo pocos ingresos por esos servicios.

La compartición de infraestructura genera diversos beneficios en la industria dado que optimizan la utilización de activos de los operadores, así como reducen los costos y evita duplicar infraestructura innecesaria, permitiendo rentabilizar las redes. También reduciría los tiempos de adquisición de sitios, así como también podría aumentar la competencia al brindar a los operadores acceso a sitios clave necesarios para competir en servicios y cobertura.

Tipos de Compartición de Infraestructura

Existen dos tipos de compartición de infraestructura:

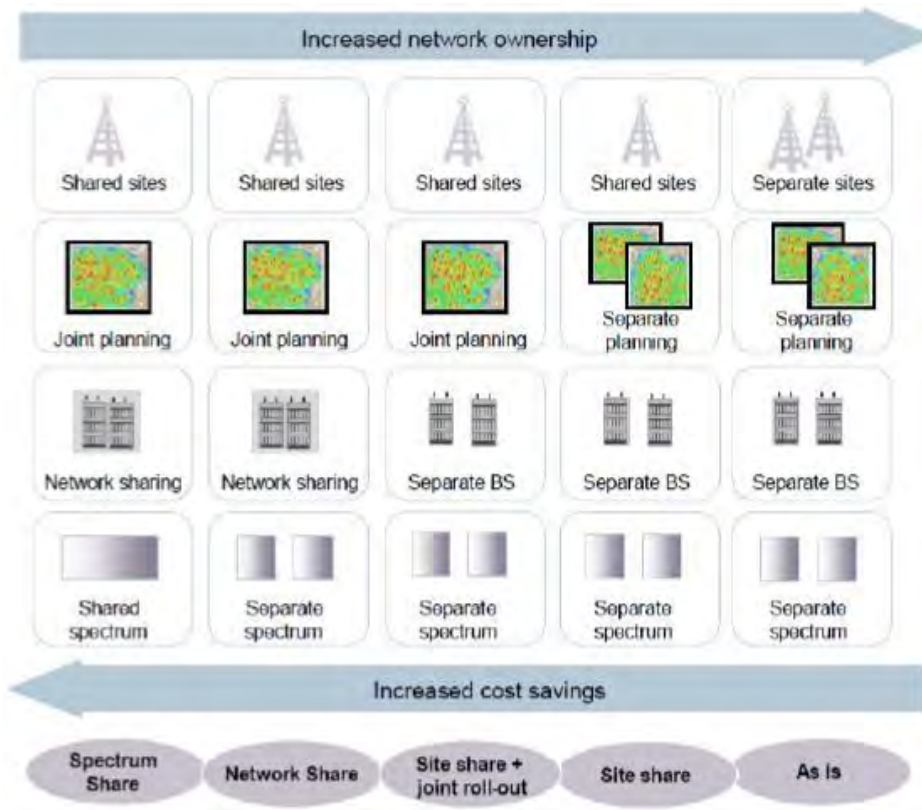
- **Compartición Pasiva**, se refieren a la compartición de elementos necesarios para la instalación y operación de las redes, que no involucran la electrónica de las redes, como obra civil, postes, torres, cableado, entre otros, necesarios para poder montar la infraestructura de transmisión y acceso de las redes.
- **Compartición Activa**, si involucra los elementos electrónicos de la red, por ejemplo las que permiten el acceso de los usuarios a la red, la transmisión de la información dentro de la red, el control de la red como la distribución de tráfico, espectro, así como diversos servicios que el operador solicitante requiera.

La mayoría de los países permitieron y promovieron inicialmente la compartición pasiva entre los operadores móviles, dado que es una práctica que reduce los costos de despliegue de red en zonas rurales, el cual estimula la migración a nuevas tecnologías y aumenta la competencia entre los operadores y proveedores de servicios (por ejemplo los que se encargan de arrendar torres).

En la siguiente figura, extraída de “Analys Mason” 2010, se observa cómo se incrementan los costos de despliegue de una red en ausencia de compartición de infraestructura. De la figura, si observamos el proceso de derecha a izquierda, se inicia con el despliegue de la infraestructura pasiva, la parte física, luego seguimos con la parte de planeamiento de red, y luego con el despliegue de la infraestructura activa de red hasta finalizar con el espectro asignado a cada operador (CRC - Comisión de Regulación de Comunicaciones de Colombia, 2017). Por otro lado, si observamos de izquierda a derecha, se observan las eficiencias en base a los costos que se logran a partir de incorporar las distintas modalidades de compartición de infraestructura.

A su vez, si observamos verticalmente de arriba hacia abajo, se presenta un esquema de compartición que parte desde la compartición pasiva (desde las torres) hasta una activa con la compartición de espectro. Considerar que la compartición activa requiere de mayores esfuerzos y coordinaciones entre los operadores de red.

Figura 31: Relación entre Compartición de Infraestructura vs Ahorro de Costos



Fuente: CRC – Comisión de Regulación de Comunicaciones de Colombia (2017)

En la siguiente tabla se muestra una estimación de ahorro de costos en la capa de acceso realizado por Atkearney (2009), en donde evidencia que con la compartición de infraestructura se pueden conseguir ahorros del 59% en los costos relacionados a: despliegue de red, costos operativos, procesos de desarrollo, optimización y uso de capacidad, arrendamiento de sitios y electricidad (CRC, 2017).

Tabla 06: Estimación de ahorro de costos por compartición en la capa de acceso

Costs	Cost advantage of extensive network sharing operators
Processes	
Design and planning	0%
Deployment and rollout	31%
Operations and maintenance	40%
Optimizations	38%
Specific costs	
Site rental costs	89%
Power consumption	47%
Total access layer	59%

Fuente: Atkearney (2009) – Extraído “CRC (2017)”

Por otro lado, Toth (2013) presento una estimación de ahorro de costos alcanzando un 65% tanto en los costos de capital como en los de operación y mantenimiento (CRC, 2017).

Tabla 07: Estimación de ahorro de costos por modalidad de compartición

Sharing Model	Capital savings	Operations and Maintenance savings
Site/Mast Sharing	5-10%	5-10%
Transmissions Sharing (backhaul)	5-15%	5-15%
RAN Sharing: passive and active RAN, site rents, transmission capex and opex	20-25%	20-25%
Backbone Sharing – core network transmission	5-15%	5-15%
Core Network Sharing	15-25%	15-20%
Total	65% at max	65% at max

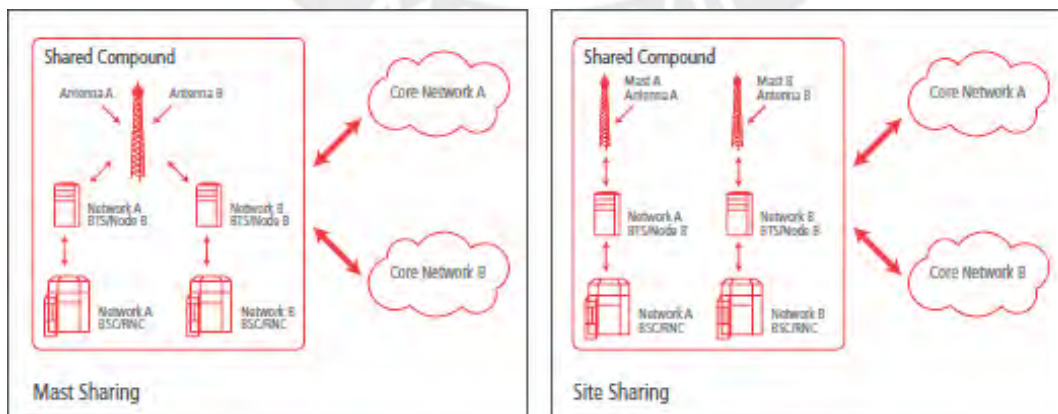
Fuente: Toth (2013) – Extraído “CRC (2017)”

A. Compartición Pasiva de Infraestructura

La compartición pasiva es la infraestructura que no usa la electrónica de las redes, está incluye los sitios de las estaciones base donde los operadores usan los mismos componentes físicos pero tienen diferentes mástiles, antenas, gabinetes y backhaul. Entre los principales elementos de compartición pasiva tenemos:

- Obra civil y elementos accesorios de soporte.
- Torres, Postes
- Sitios y Construcciones
- Bastidores, Cableados y Ductos

Figura 32: Modalidad de Compartición Pasiva de Infraestructura

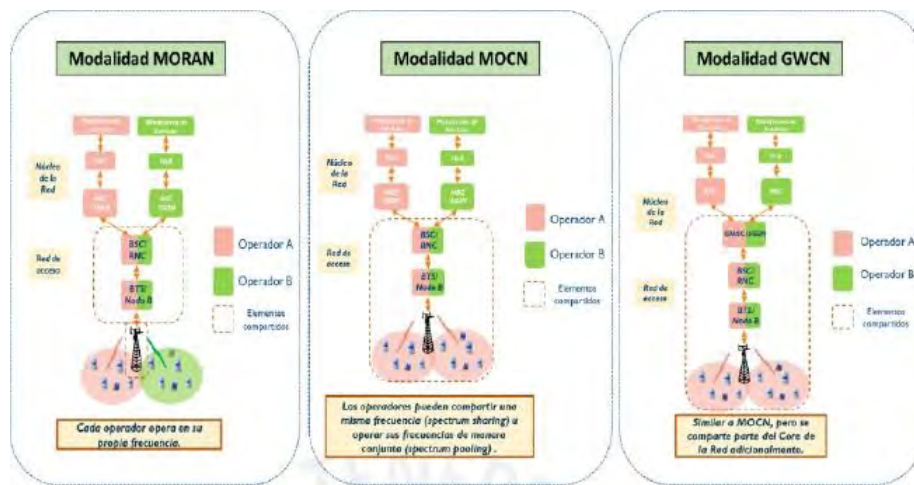


Fuente: GSMA (2013)

B. Compartición Activa de Infraestructura

Es la compartición que involucra la electrónica de las redes. En este esquema se puede compartir desde la red de acceso a los usuarios, el núcleo de red, funciones dentro del núcleo de red, entre otras modalidades que se detallaran a continuación. Debido a su complejidad esta compartición demanda más esfuerzos y coordinaciones entre los operadores para compatibilizar e integrar sus plataformas tecnológicas.

Figura 33: Modalidad de Compartición Activa de Infraestructura



Fuente: T. Frisanco, P. Tafertshofer, and P. Lurin (2007) – Extraído tesis PUCP Tafur J. (2017)

Modalidad MORAN

Esta modalidad llamada también RAN Sharing o Multi Operator RAN, es un esquema de compartición activa donde los operadores comparten la electrónica de la estación celular, es decir: antenas, equipos de radio frecuencia, equipos de procesamiento de banda base, pero no comparten el espectro radioeléctrico. Bajo este esquema los operadores deben contar con su espectro asignado y con su propio núcleo de red (Tafur, 2017).

Modalidad MOCN

Esta modalidad llamada Multi Operator Core Network o MOCN, es una modalidad de compartición activa en donde los operadores comparten su espectro radioeléctrico, adicionalmente a la infraestructura mencionada en la modalidad MORAN (Tafur, 2017).

Esta modalidad esta soportada desde el reléase 6 de la 3GPP, en la TS 23.251, y se tienen dos formas de compartición de espectro:

- Spectrum Pooling, donde los operadores comparten el mismo ancho de banda de sus espectros asignados entre ellos.
- Spectrum Sharing, en donde uno de los operadores no cuenta con asignación de espectro y utiliza el espectro del otro.

Modalidad GWCN

Esta modalidad llamada también Gateway Core Network o GWCN, es una modalidad que permite a los operadores compartir sus pasarelas o GWs de sus núcleos de red para los servicios de voz (GMSC) y datos (SGSN y/o MME).

En esta modalidad no se comparten sus nodos de conmutación (MSC, GGSN o PGW o HLR/HSS), es decir, el procesamiento de las llamadas se realizan en las redes de los mismos operadores.

Roaming Nacional

Es una forma de compartición activa de infraestructura en donde los usuarios de un operador que no tiene cobertura en zonas geográficas puedan acceder a la red del otro operador que si tiene cobertura en esas zonas, siempre y cuando existan acuerdos bilaterales de Roaming entre los dos operadores.

Por otro lado, a diferencia de las modalidades anteriores de compartición activa, en este caso el operador sin cobertura no tiene control de ningún elemento de la red del operador que cuenta con cobertura, por lo que depende enteramente de la calidad y las capacidades del operador sirviente.

Operador Móvil Virtual

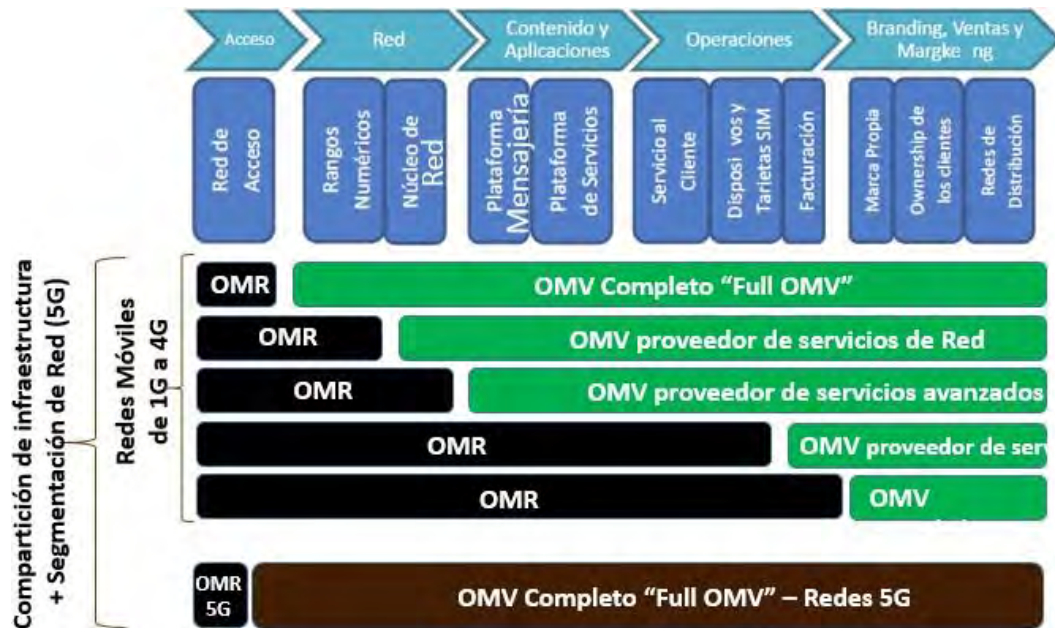
El Estado Peruano publicó la Ley N° 30083 en el año 2014, que tuvo como objetivo establecer medidas para fortalecer la competencia en el mercado de los Servicios Públicos Móviles a través de la inserción de los denominados Operadores Móviles Virtuales (OMV) y los Operadores de Infraestructura Móvil Rural (OIMR) (Diario El Peruano, 2014). Para los usuarios finales los OMV son empresas similares a una empresa operadora móvil de Red tal como Telefónica, América Móvil, Entel o Viettel (OMR).

La característica de los OMV es que son empresas que operan sin contar con licencia de uso de espectro radioeléctrico. A su vez, con el objeto de fortalecer la competencia, la ley impone a todos los OMR la obligación de brindar acceso e interconexión a sus redes móviles a los OMV que lo soliciten, a cambio de una contraprestación que permita al OMV replicar la oferta del OMR, la excepción sería si técnicamente no es factible su implementación.

Desde el punto de vista normativo, un OMV es un operador que no cuenta con espectro radioeléctrico, pero los nuevos casos de compartición de infraestructura permitirán que los propios OMV puedan

ofrecer servicios diferenciados desde la misma interfaz de acceso de aire, que impulsarán nuevos negocios principalmente orientados a las industrias verticales y que podrían cambiar drásticamente el mercado de las telecomunicaciones móviles promoviendo mayor competencia en el Perú.

Figura 34: Modelos de negocio OMV



Fuente: Elaboración propia

A continuación mencionamos las características principales de cada modelo de negocio usado por los OMV:

- **OMV Revendedor:** Se caracteriza por ofrecer los siguientes servicios:
 - Líneas Prepago | Venta de simcards y/o venta de teléfonos | Recarga de saldo y ofrecen paquetes de minutos, sms y datos.
- **OMV Proveedor de Servicios:** Se caracteriza por ofrecer los siguientes servicios:
 - Líneas Prepago | Líneas Control | Venta de simcards y/o venta de teléfonos | Recarga de saldo y ofrecen paquetes de minutos, sms y datos.
- **OMV Proveedor de Servicios Avanzados:** Se caracteriza por ofrecer los siguientes servicios:
 - Líneas Prepago | Líneas Control | Líneas Postpago | Venta de simcards y/o venta de teléfonos | Recarga de saldo y ofrecen paquetes de minutos, sms y datos | Servicios de Valor Agregado (SVA), como suscripción de contenido: noticias, videos, música, otros.

- OMV Proveedor de Servicios de Red: Se caracteriza por ofrecer los siguientes servicios:
 - Líneas Prepago | Líneas Control | Líneas Postpago | Venta de simcards y/o venta de teléfonos | Recarga de saldo y ofrecen paquetes de minutos, sms y datos | Servicios de Valor Agregado (SVA), como suscripción de contenido para noticias, videos, música, otros. | Llamadas internacionales | Servicios de Roaming.
- OMV Completo “Full OMV”: Se caracteriza por ofrecer los siguientes servicios:
 - Líneas Prepago | Líneas Control | Líneas Postpago | Venta de simcards y/o venta de teléfonos | Recarga de saldo y ofrecen paquetes de minutos, sms y datos | Servicios de Valor Agregado (SVA), como suscripción de contenido para noticias, videos, música, otros. | Llamadas internacionales | Servicios de Roaming | Gestiona su propio rango de numeración.

Como observamos de la figura anterior, con la habilitación de la compartición de espectro radioeléctrico y las funcionalidades de segmentación de red en las redes 5G, se agregaría un caso de uso adicional orientado al segmento de las industrias verticales.

Un caso de uso sería un OMV que ofrezca servicios de gestión y control de vehículos autónomos asegurando los requisitos de latencia y confiabilidad que necesitan estos servicios de misión crítica. Otro caso sería el de un OMV especializado en servicios de comunicación para automatización minera o industrial, entre otros. Este nuevo contexto impulsaría la competencia en el mercado empresarial que son los que manejan mayor ARPU en relación a cualquier línea consumer sea prepago o postpago.

Operador de Infraestructura Móvil Rural

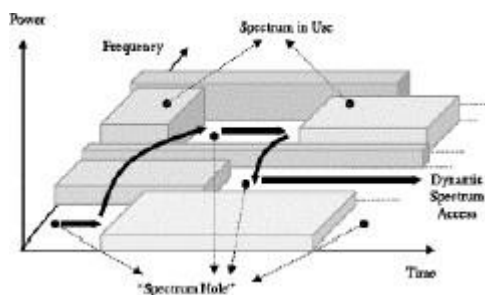
El Operador de Infraestructura Móvil Rural (OIMR), establecida en el Reglamento de Ley No. 30083, son operadores que poseen infraestructura de radio acceso y transporte, pero no cuentan con sistemas de conmutación (núcleo de red) ni de espectro radioeléctrico.

Los OIMR brindan sus servicios a los OMR poniendo a disposición su infraestructura de radio y transporte en la localidad rural para que el OMR pueda ofrecer sus servicios de telecomunicaciones en las zonas donde no tenía cobertura. El OIMR no cuenta con usuarios finales (Tafur, 2017).

Acceso Dinámico de Espectro

El Acceso Dinámico de Espectro o DSA¹⁰, se basa en usar los espacios en blanco de espectro (White Space) por parte de los servicios secundarios cuando los servicios primarios no se encuentran utilizándolo dentro de un determinado tiempo y en una determinada zona geográfica.

Figura 35: Acceso Dinámico de Espectro (DSA)



Fuente: Liu C. (2017) – Extraído tesis PUCP Tafur J. (2017)

Para soportar esta funcionalidad de operar en la misma banda sin interferencias, el DSA utiliza lo siguiente:

- Spectrum Sensing, o sensado de espectro, cuya función es la de escanear y sintonizar un amplio rango de espectro midiendo en tiempo real su grado de ocupación y los niveles de interferencia en las bandas establecidas.
- Spectrum Sharing, o uso compartido de espectro, por la cual el DSA contempla 3 sub-bloques: el acceso múltiple a los bloques no utilizados (Spectrum Access), las funcionalidades de movilidad (Spectrum Mobility) y la Asignación del mismo (Spectrum Allocation).

Con estas dos funcionalidades, los usuarios del servicio secundario primero sensan la banda del servicio primario, y si encuentran canales disponibles, usan la función de spectrum sharing para compartir el espectro con los usuarios del servicio primario y secundario.

¹⁰ DSA: Dynamic Share Spectrum

2. CAPÍTULO II: IMPACTOS DEL 5G EN EL SECTOR ECONÓMICO, EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y CASOS DE USO EN INDUSTRIAS VERTICALES

2.1 EL ECOSISTEMA DIGITAL EN EL PERÚ

Diversos estudios muestran que el crecimiento en las economías ha estado acompañado con las evoluciones tecnológicas disruptivas que han ocasionado cambios en las formas de hacer e interactuar entre las personas y empresas, y que la adopción de estas nuevas tecnologías por parte de estos generaría beneficios en términos de crecimiento económico y bienestar. Según un estudio del BID, un aumento del 10% de acceso de banda ancha representaría un incremento del 3.2% en el PBI del país, y un aumento de la productividad en 2.6% (BID, 2017).

Actualmente estamos inmersos en un ecosistema digital que abarcan las interacciones sociales y laborales en la sociedad, y las TIC se han convertido en un elemento esencial para el desarrollo y calidad del mismo. Según el informe del BID (2017), bajo este modelo la capacidad de las personas para adoptar las TIC se convierten en un aspecto crítico para aprovechar estas oportunidades que ofrecen las evoluciones tecnológicas y que resulta fundamental para mejorar la calidad de vida y las capacidades de realización económica y social del país.

El ecosistema digital tiene características de ser muy dinámico y con características de convergencia creciente entre una gran variedad de sectores y tecnologías que compiten entre sí. La gobernanza de este ecosistema digital a través de los administradores públicos busca establecer políticas que promuevan la innovación y crecimiento de manera inclusiva aprovechando el desarrollo de las TIC para cerrar las distintas brechas digitales (BID, 2017). Por lo que garantizar que estos beneficios alcancen al conjunto de todos los sectores del país es una cuestión vital para reducir estas desigualdades.

Según el MTC (2019), el ecosistema digital nacional se encuentra organizado en cuatro grupos interdependientes entre sí, cuyo impulso se puede asegurar a través del desarrollo de nuevas tecnologías digitales (TIC), incluida la Banda Ancha a través de la mejora en el acceso, uso y aprovechamiento de estos grupos, cuyos desarrollos en conjunto permitirán facilitar la inclusión, la eficiencia y la innovación entre las personas y la sociedad.

Los cuatro grupos que forman la pirámide del ecosistema digital son:

- **Infraestructura y espectro radioeléctrico:** Relacionado a los componentes físicos que permiten tener la conectividad, así como el espectro radioeléctrico. Algunos elementos serían:
 - La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO)
 - Las redes de Banda Ancha Regionales
 - Las redes de cable submarino
 - Estaciones celulares, satelitales, etc.
 - Redes de cobre, HFC, Fibra al hogar
- **Servicios de Telecomunicaciones:** Comprende los servicios de telecomunicaciones ofrecidos por los operadores a través del uso de su infraestructura y servicios, entre los que podemos mencionar:
 - Conectividad a Internet Fija y Móvil
 - Telefonía Fija y Móvil
- **Industria y servicios digitales:** Se encuentran diversos servicios digitales, como las aplicaciones y contenidos, y que pueden ser tanto privados como públicos. Algunos ejemplos serían:
 - Banca por Internet
 - Trámites en Línea de instituciones del Gobierno
 - Portal Aprendo en Casa, entre otros.
- **Usuarios:** Comprende a las personas o empresas (públicas o privadas) que hacen uso de los servicios e infraestructura para consumir y/o producir contenido digital.

Figura 36: Ecosistema Digital Nacional



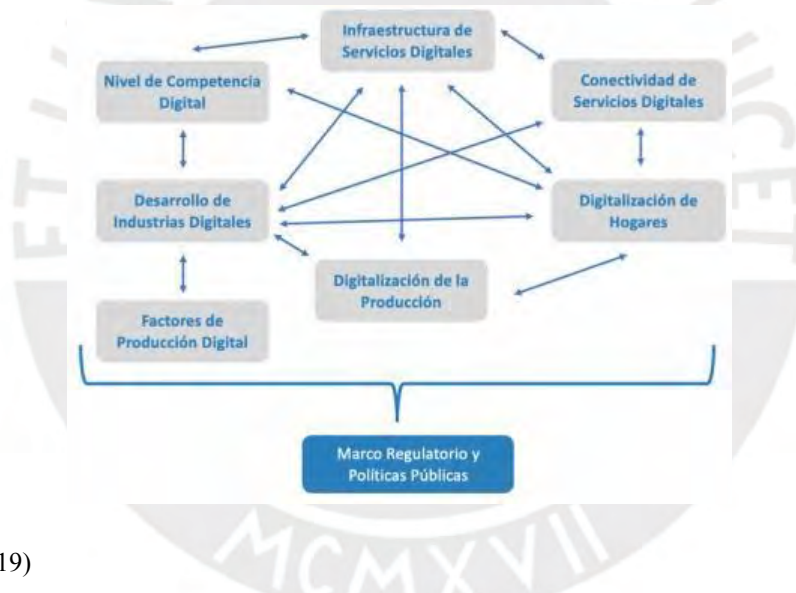
Fuente: MTC (2018)

La apropiada articulación de estos cuatro grupos del ecosistema digital permitirá reducir las brechas de conectividad, impulsar el desarrollo de capacidades en uso y apropiación de los servicios digitales, de tal forma que resulte favorable para mejorar la competitividad entre los sectores económicos y de la calidad de vida de las personas, constituyendo un círculo virtuoso generador de valor social y económico.

2.2 IMPACTOS EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Por otro lado, según el informe de Katz R. (2019), donde analiza los impactos de la transformación digital en los países, señala que la adopción masiva de las tecnologías digitales por parte de la población, gobierno y las empresas han ocasionado cambios profundos en la sociedad y en la economía. Este impacto ha sido medido en base al índice CAF de Desarrollo y Ecosistema Digital, agrupándolos en ocho pilares o componentes:

Figura 37: Estructura del Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital



Fuente: Katz (2019)

- Infraestructura de servicios digitales: Comprende las redes de telecomunicaciones fijas y móviles que son los habilitadores del ecosistema digital.
- Conectividad de servicios digitales: Comprende la adopción de los dispositivos (Smartphones, PCs) y servicios (banda ancha) que permiten el acceso a esta infraestructura.
- Digitalización de los hogares: Representa a la utilización de los consumidores de las plataformas y servicios de internet (servicios de entretenimiento, comercio electrónico, etc).
- Digitalización de la producción: Representa a la adopción de estas tecnologías en la industria y empresas que permitan mejorar la competitividad y productividad de sus negocios.

- Desarrollo de industrias digitales: Representa a las empresas de proveedores de contenido, de sistemas de información, de sistemas de telecomunicaciones y de manufactura en equipos.
- Factores de producción del ecosistema digital: Representa al capital humano y la inversión necesaria para el desarrollo de las industrias digitales.
- Intensidad competitiva dentro del ecosistema digital: Representa a la organización industrial y los niveles de concentración en el mercado de telecomunicaciones e internet.
- Marco Regulatorio y políticas públicas: Comprenden a las políticas públicas y su marco regulatorio que permiten impulsar el desarrollo del ecosistema digital.

Según el Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital de la CAF, en el 2018 el Perú contaba con un índice de 44.35, mientras que Chile tenía el valor más alto de Latinoamérica con un valor de 60.24, muy por debajo del promedio de los países de la OCDE que contaba con un índice de 70.98.

Por otro lado, según Katz (2019) se prevé un impacto en el índice de desarrollo del ecosistema digital como consecuencia del despliegue de las redes 5G, esto a partir de los cambios en los factores más importantes que ocasionarían un aumento de este índice, los cuáles se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 08: Factores Clave del Ecosistema Digital que se impactarían con el despliegue del 5G.

Pilares	Indicadores
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidades Banda Ancha (up/down) • Cobertura en redes 4G y 5G
Conectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Adopción de la Banda Ancha Móvil
Digitalización de hogares	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de e-commerce, e-government • Tele - salud, Tele - educación
Digitalización de la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Despliegue de aplicaciones IoT • Digitalización en la cadena de suministro y canales de distribución
Crecimiento en industrias digitales	<ul style="list-style-type: none"> • Producción local de contenidos y aplicaciones • % del PBI en el sector digital
Capacidad innovadora	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar la innovación a través del aumento de patentes por país • Ingresos por uso de propiedad intelectual

Fuente: Katz (2019)

El impacto en el índice a raíz de los cambios en los factores claves y sumados al despliegue de las redes 5G haría que este indicador oscile entre seis y ocho puntos, en donde los principales avances ocurrirían en los pilares de infraestructura, digitalización de la producción, digitalización en los hogares, así como en el crecimiento en las industrias verticales.

Según el estudio de Katz (2019), en el nivel de competencia y de marco regulatorio no sufrirían cambio alguno en su indicador, pero si aumentaría el índice de digitalización en todos los países del estudio. En el caso peruano tendríamos un índice de 20.93% el más alto de la región, mientras que Chile tendría 16.63%. Es decir, con estos despliegues los países de Latinoamérica se acercaría al promedio de desarrollo de los países de la OCDE.

2.3 IMPACTOS EN EL CRECIMIENTO DEL PBI

El impacto económico por el despliegue de las redes 5G se consolidará a partir de dos efectos: El primero, están relacionados al despliegue de más estaciones celulares, al aumento de mayor capacidad en las redes de distribución o backhaul, en las migraciones hacia infraestructura basadas en cloud computing, y en las actualizaciones de software en toda la red. Es decir, el despliegue del 5G tendrá un impacto en el PBI, en términos directos relacionados con las inversiones en infraestructura y su despliegue, y en términos indirectos, relacionados con la producción de insumos requeridos por los operadores para el despliegue de estas redes (ver siguiente figura):

Figura 38: Cadena de causalidad sobre el impacto económico del 5G



Fuente: Katz (2019)

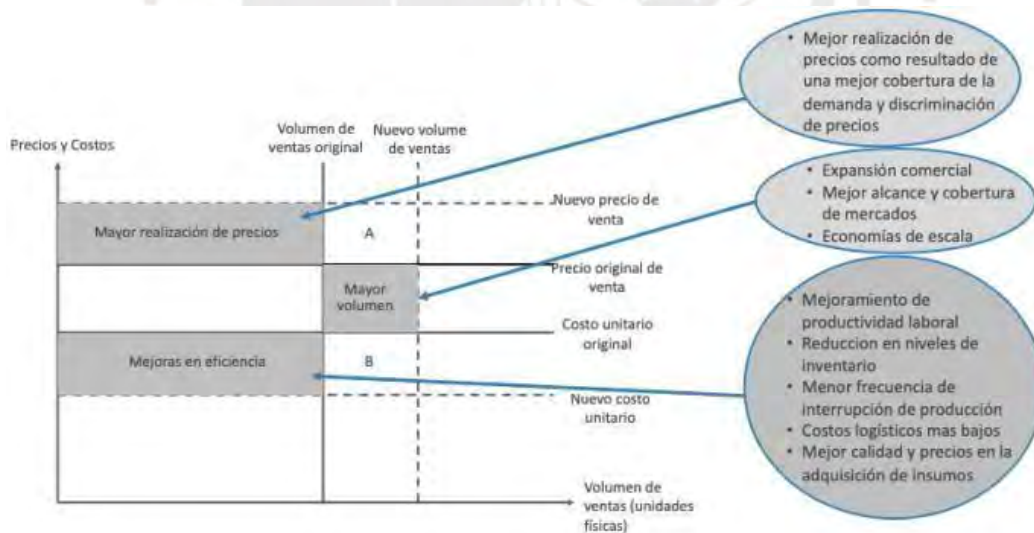
Por otro lado, también se tendrán los efectos inducidos debido al aumento en la demanda de estos servicios ocasionados por el incremento en la producción directa e indirecta. Cuando las redes 5G ya se encuentren desplegadas, también generarán en el tiempo efectos de derrame o spillovers en toda la economía, a partir del aumento en la eficiencia y competitividad en las empresas, y la creación de nuevos mercados derivados de estas nuevas tecnologías.

Según Katz (2019), existiría una cadena de causalidad debido al despliegue de estas redes que se generaría sobre el aumento en la digitalización en los países, en donde un aumento del 1% en la digitalización resultaría en un incremento del 0.32% en producto bruto interno, del 0.26% en la productividad laboral, del 0.23% en la productividad multifactorial, y del 0.09% en la contribución de las TIC con la productividad laboral. El impacto en el PBI en caso que el 5G sea desplegado oscilaría entre USD\$ 104,000 millones para Brasil y USD\$ 15,000 millones para Perú. En toda Latinoamérica el impacto del 5G contribuiría al PBI acumulado en USD\$ 229,000 millones.

2.4 IMPACTOS DEL 5G POR SECTOR INDUSTRIAL

Más allá de los impactos macroeconómicos revisados anteriormente, el despliegue del 5G también puede estimarse a nivel microeconómico respecto a las empresas que adoptan las tecnologías digitales que impacten en su productividad (Arrow, 1984). El despliegue de estas tecnologías soportadas con la nueva conectividad impactarían en el desempeño de las empresas, por un lado se tendrían nuevos casos de uso, que en caso de ser adoptadas por estas, resultaría en una mejor eficiencia dado el impacto que se tendría en la estructura de costos de las empresas, así como en el alcance y cobertura de sus mercados dado los despliegues en los canales de distribución (Katz, 2019).

Figura 39: Beneficios Económicos del 5G



Fuente: Katz (2019)

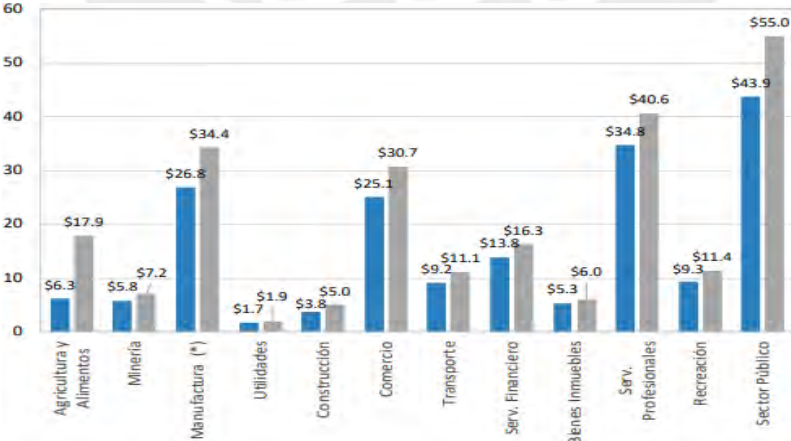
De acuerdo a Katz (2019), se tienen tres dimensiones que impactarían a las empresas dado los despliegues de esta nueva conectividad: El primero sería en la automatización de procesos y en las mejoras en las eficiencias productivas que permitirán reducir los costos unitarios de los productos, por ende un aumento en los márgenes operativos. En segundo lugar, se estimaría un aumento en el

número de ventas debido a los nuevos canales de distribución dados por la mejor cobertura del mercado.

En tercer lugar, el despliegue del 5G permite aumentar la proporción del valor agregado al producto, al incluir no solo los servicios legados de telecomunicaciones sino también los de tecnologías de información que aunado a las tecnologías de IoT, Inteligencia Artificial, Robotica, entre otros, permitirán brindar nuevos servicios garantizando no solo la comunicación en términos de seguridad, velocidad y latencia en comparación a los brindados por las OTT como Google, Facebook, Amazon, entre otros. Esto podría impactar en un aumento en los precios de venta de los productos (realización de precios), pero este factor dependerá de las dinámicas competitivas del mercado entre los operadores y la competencia de servicios con las OTT. Por otro lado, la digitalización también permitiría reducir las barreras de entrada de competidores al mercado, por lo que también habría un impacto respecto a la posibilidad de incrementar la realización de precios (Katz, 2019).

La proyección de la contribución del 5G al crecimiento del PBI por sector varía por cada escenario de despliegue de estas tecnologías, en donde según el estudio realizado por Katz (2019), los sectores que se impactarían en mayor grado serían los del sector público, los servicios profesionales y la manufactura en general. En América Latina por ejemplo se estima que los Servicios Públicos impactarán en el PBI alrededor de 43.9 mil millones de USD en un escenario de despliegue a nivel urbano (barra en azul), pero a nivel nacional se alcanzaría 55 mil millones de USD (barra en gris), ver siguiente figura:

Figura 40: Proyección de Impacto Económico del 5G por Sector Industrial en América Latina (escenarios de despliegue Urbano vs Naconal) en miles de millones de USD



Fuente: Katz (2019)

En el sector público se resaltan los impactos en la calidad y eficiencia relacionados con la entrega de servicios públicos, como los de tele - salud, tele - educación, gobierno, seguridad, entre otros. Por ejemplo un caso de uso podrían ser la implementación de ciudades inteligentes que generarían mayor eficiencia en el monitoreo del tráfico, control y gestión urbana, medición de calidad de agua potable, entre otros. Otro caso serían los servicios de tele - salud, a través del monitoreo de pacientes en tiempo real como cirugías, diagnóstico y tratamiento remoto.

Respecto a los servicios profesionales, estos si representan a un sector que actualmente ya tienen un uso intensivo de las TIC, y sería un beneficiario natural del despliegue de estas tecnologías. Por otro lado, si habría un impacto disruptivo de la tecnología en los sectores de comercio, manufactura y agricultura, dado que conllevaría la transformación digital de estas industrias.

2.5 CASOS DE USO EN INDUSTRIAS VERTICALES

Las redes móviles han evolucionado drásticamente desde proporcionar una comunicación simple de llamada de voz hasta proporcionar una variedad de comunicación por servicios de datos que van desde los SMS hasta una gran cantidad de diferentes aplicaciones móviles como las redes sociales, mapas, juegos, banca móvil, comercio móvil, entre otros.

El mayor impacto que se prevé a futuro en los servicios móviles va a ser el crecimiento de las cosas conectadas que superarán en pocos años a la cantidad de líneas móviles usadas por personas. Esto permitirá crear un ecosistema del “todo controlado” en donde un usuario podrá controlar, monitorear, actualizar los dispositivos conectados a la red.

A diferencia de las tecnologías 2G, 3G y 4G, la tecnología 5G ofrece mejoras sustanciales en la red desde mayores velocidades de conexión, capacidad y movilidad así como bajas latencias ultra confiables, esto permitiría nuevos casos de uso y aplicaciones en diversos sectores de la industria. El espectro juega un papel clave para asegurar el soporte de todas estas nuevas características. Por lo tanto, el impacto socioeconómico del 5G depende del acceso a estos recursos del espectro, incluyendo las asignaciones en las bandas milimétricas (entre 24 a 300 GHz).

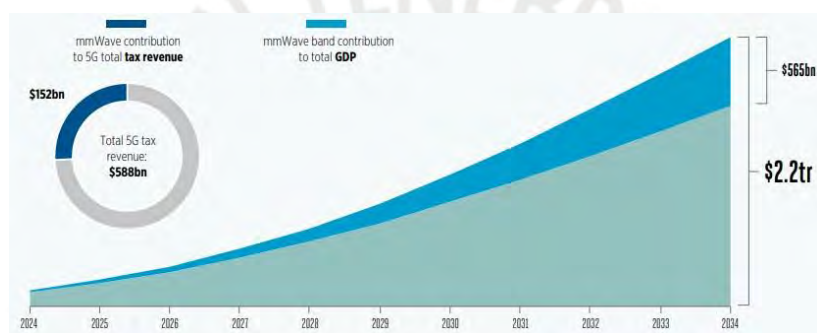
El espectro en estas bandas milimétricas permiten el aumento del ancho de banda y las capacidades que requieren numerosas aplicaciones orientados al segmento de industrias verticales como vehículos autónomos, la manipulación remota de objetos, automatización industrial, aplicaciones de realidad virtual y aumentada, entre otros. Estos casos de uso continuarán incrementando el impacto que los servicios móviles tienen sobre la sociedad y la economía.

2.5.1 Impacto Global y Regional

El informe de 5G Americas (2018), realiza un análisis de los impactos económicos de las bandas milimétricas en el período desde el 2024 al 2034, identificando tres temas claves:

- Estiman que el 5G proporcionará beneficios económicos importantes a nivel global.
- El espectro de bandas milimétricas crecerá hasta convertirse en una variable importante en el tiempo.
- El informe concluye que para el año 2034, el efecto de los servicios en las bandas milimétricas impactarán en un crecimiento de USD\$565 Billones de Dólares en el PBI mundial y obtendrá USD\$152 Billones de Dólares en impuestos.

Figura 41: Impacto Global y Regional de las Bandas milimétricas



Fuente: GSMA (2018)

A nivel regional, Latinoamérica y el Caribe generarán \$20.8 Billones de Dólares del PBI regional, el cual representaría el 1.2% de crecimiento del PBI, generando ingresos en impuestos por un monto de \$5.8 Billones de Dólares (GSMA, 2018).

Figura 42: Impacto en la Región de América de las Bandas milimétricas



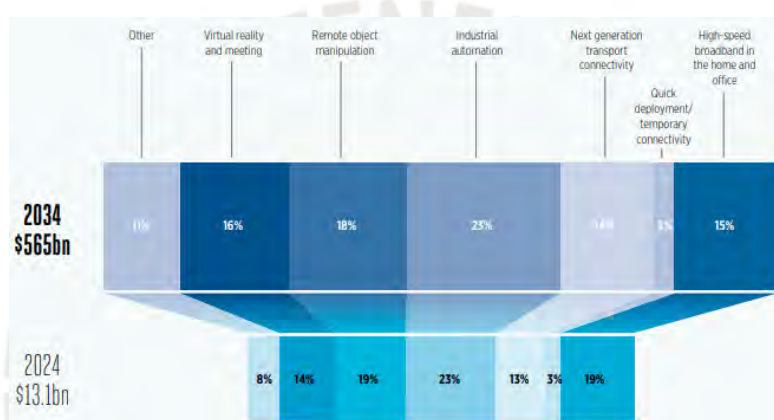
Fuente: GSMA (2018)

2.5.2 Casos de Uso

Según el informe del 5G Americas (2018), el impacto en el PBI mundial por el despliegue de las redes 5G durante el período del 2024 al 2034 crecería 43 veces, desde los USD\$13.1 Billones de Dólares del 2024 hasta USD\$565 Billones de Dólares en el 2034. Se consideró el 2024 dado que para esa fecha ya se tendrían algunos países que habrían desplegado sus redes 5G.

Entre los casos de uso que más impactarían en esta contribución serían la automatización industrial, la manipulación remota de objetos, los sistemas autónomos, la realidad virtual y aumentada, entre otros, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 43: Proyección en la Contribución Global de las Bandas milimétricas



Fuente: GSMA (2018)

El estudio de 5G Americas estima el impacto de la economía en 13 industrias verticales, los cuáles se han consolidado en los siguientes sectores: Manufactura, Servicios Públicos, Servicios Financieros, Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), Comercio, Agricultura y Minería.

De estos, se estima que los sectores relacionados a manufactura y servicios públicos son los que se verían más beneficiados con el uso de estas tecnologías, esto debido a los siguientes factores:

- Representan los sectores de mayor tamaño en la economía mundial.
- El fuerte papel que se espera que juegue la automatización industrial y la manipulación remota de objetos.

A. Agricultura, Procesamiento y Distribución de Alimentos

La cadena de valor en el sector de Agricultura, Procesamiento y Distribución de alimentos se estará beneficiando por los nuevos casos de uso orientados a mejorar la productividad con el uso de tecnologías en telemetría, sensores remotos, redes de IoT interconectadas, realidad virtual y aumentada, así como el uso de drones para el control de maquinarias en tiempo real, entre otros.

En Agricultura los casos de uso estarán en los sistemas automatizados que permitan gestionar la producción de cosechas, la gestión de centros de riego, control de fertilizantes y coordinación de maquinarias a gran escala en grandes superficies. En la parte de Procesamiento de Alimentos los casos de uso estarán en la trazabilidad de los activos, gestión de almacenamiento inteligente, gestión centralizada de inventarios, monitoreo de proveedores y recursos, etc. En los Canales de Distribución a parte de la trazabilidad en toda la cadena de suministro esta sería optimizada con tecnologías basadas en big data e inteligencia artificial, como se muestra en la figura:

Figura 44: Casos de Uso en Agricultura, Procesamiento de Alimentos y Distribución de alimentos



Fuente: Katz (2019)

Actualmente el sector de Agricultura en Latinoamérica representa el 15% de su PBI, mientras que en el Perú bordea el 20%. Según Katz (2019), la adopción de estas nuevas tecnologías en la agricultura de precisión mejorará la productividad entre USD\$ 13 y USD\$28 por hectárea. Por lo que el impacto económico en la productividad sería de USD\$ 1.23 mil millones en la cadena de valor de estas tres industrias.

B. Industria Automotriz

Al igual que en la agricultura, la cadena de valor de la industria automotriz también se verá beneficiada de los nuevos casos de uso que mejorarán la automatización y la producción en esta industria a través del control de maquinarias en tiempo real, comunicaciones IoT masivas y ultra confiables, realidad virtual y aumentada, la inteligencia artificial y la robotización de los procesos industriales.

En el lado de los Proveedores de insumos y autopartes los casos de uso estarán en la gestión automatizada de repuestos, gestión centralizada de inventarios, monitoreo y trazabilidad de entregas. En el lado de Fabricantes se impulsarán la digitalización de diseño de los productos, vehículos autónomos, logística B2C, ingeniería digital integrada así como la descentralización de la producción

facilitada por procesos de manufactura distribuida. En los Canales de Distribución por el lado mayorista los casos de uso estarán en la trazabilidad de entregas y automatización de procesos; mientras que por el lado minorista estará en el monitoreo de las condiciones de carga y optimización de rutas de distribución, ver siguiente figura:

Figura 45: Casos de Uso en la Industria Automotriz



Fuente: Katz (2019)

De acuerdo a Katz (2019), la cadena de valor del sector automotriz representa el 2.8% del PBI Latinoamericano, en el Perú es del 1.44%. Se estima que estos casos de uso generarán beneficios del orden de USD\$ 8.245 mil millones en Latinoamérica, principalmente orientados en el segmento de fabricación de vehículos y que estarían enfocados principalmente en Brasil y México. En el caso del Perú, se estima que el impacto en la productividad sería de USD\$ 188 millones en el PBI.

C. Manufactura Inteligente – Industria 4.0

La manufactura inteligente o llamada también Industria 4.0, ofrecerá a los fabricantes y operadores las tecnologías emergentes para construir fábricas inteligentes que permitan automatizar los procesos que conlleven a mejorar la productividad en esta industria. Mejoras y optimizaciones en los procesos de producción, control logístico eficiente con transportes autónomos, identificación de activos en línea, así como seguimiento y localización de productos y personas.

Entre los casos de uso tenemos la gestión de riesgo en la cadena de suministro usando Big Data e Inteligencia Artificial, esto permitirá tener un análisis y mantenimiento predictivo para que la empresa calcule las probabilidades de retrasos para identificar proveedores de respaldo y así desarrollar planes de contingencia que le permita asegurar la no interrupción de su producción (ver siguiente figura). Por otro lado, la robotización permitiría automatizar los procesos de abastecimiento y seguimiento de inventarios. El uso de IoT industrial así como la realidad virtual y aumentada soportarán los procesos

de operación y mantenimiento de estas industrias reduciendo la intervención humana en lugares que podrían ser riesgosas para las personas.

Figura 46: Casos de Uso en la Industria 4.0



Fuente: Katz (2019)

De acuerdo a Katz (2019), los casos de uso y facilitadores asociados al despliegue de las redes 5G pueden generar un aumento de la productividad en Latinoamérica de USD\$ 34,000 millones (que equivaldría al 2.39% del PBI del sector).

D. Logística Inteligente

Entre los elementos habilitadores en la logística inteligente se encuentran la implementación de procesos automatizados con seguimiento ininterrumpido de entregas, estado y ubicación georeferenciada de los productos tanto en almacén como en la distribución y entrega final, optimización de rutas, entre otros. Estos casos de uso permitirán aumentar la eficiencia en el transporte y almacenamiento y por ende reducir sus costos logísticos. El soporte de conectividad 5G para este caso de uso debe ir junto con la implementación de otros sistemas como el IoT, IA, Blockchain y aplicaciones basadas en la nube.

De acuerdo a Katz (2019), en Latinoamérica estos costos logísticos oscilan alrededor de un 12% de los ingresos brutos, mientras que en los países de la OCDE oscilan entre un 8%. Se estima que el impacto en la productividad en Latinoamérica sería de hasta USD\$ 11,000 millones que representa el 3.21% del PBI del sector.

E. Otros casos de uso en Industrias Verticales

El despliegue del 5G permitirá aumentar la productividad en otras industrias verticales como:

- Minería:
 - A través de la automatización en los procesos de extracción y transporte de metales. Permitiendo el monitoreo y control remoto así como el transporte de máquinas autónomas.
 - Rastreo de flotas y dispositivos IoT.
- Construcción
 - Control remoto de maquinaria pesada
 - Mantenimientos automatizados
- Servicios Financieros
 - Servicios de atención con realidad virtual y aumentada
 - Mejoras en las aplicaciones usando inteligencia artificial
- Hospedaje y Turismo
 - Servicios con realidad virtual y aumentada
 - Sensores y IoT.
 - Mejoras en la atención usando Inteligencia artificial.

F. Casos de uso en tecnologías de Vehículos Conectados (V2X)

Según la GSMA (2019), los vehículos autónomos y los Sistemas de Transporte Inteligente (STI) van a transformar drásticamente el transporte por carretera, desde un punto de vista de eficiencia, comodidad, seguridad e impacto medioambiental. La tecnología 5G desempeñará un papel crucial en los sistemas de transporte inteligente mediante la prestación de servicios V2X (Vehículo a todo).

Figura 47: Casos de uso de Vehículos Conectados (V2X)

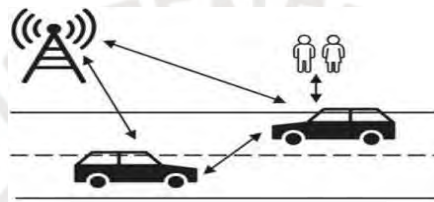


Fuente: GSMA (2018)

Esta tecnología está estandarizada por la 3GPP para las redes 5G y permite llevar conectividad entre dispositivos, ya sean vehículos, infraestructura vial o dispositivos móviles de peatones, y entre dispositivos y redes. Actualmente la Asociación Automotriz 5G (5GAA) que cuenta con 60 miembros de los principales fabricantes de vehículos del mundo, han respaldado la tecnología V2X.

Las comunicaciones V2X fueron introducidas por la 3GPP en el reléase 14 usando la interfaz LTE para soportar las necesidades de la industria automotriz. Estas incluyen funciones básicas de seguridad vial mediante el intercambio de información sobre la posición, velocidad y dirección con los vehículos circundantes (V2V), peatones (V2P) o infraestructuras externas (V2I).

Figura 48: Tipos de comunicaciones V2X



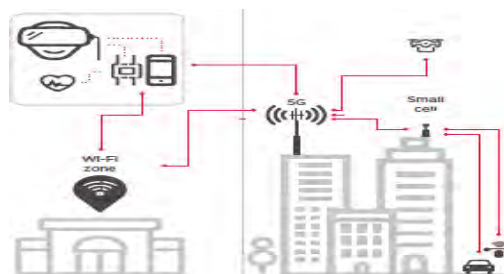
Fuente: Osseiran et al. (2016)

En el reléase 15, la 3GPP introdujo mejoras para los servicios V2X como la introducción de la funcionalidad de agregación de portadoras y reducción de latencias. Los últimos reléase están considerando su implementación en las bandas de frecuencias de ondas milimétricas dada la amplia cobertura que puede soportar.

G. Casos de uso en tecnologías de Drones Conectados (VANT)

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o comúnmente llamados Drones, fueron diseñados inicialmente para uso militar, pero han tenido un gran potencial en la vida civil para facilitar la innovación de servicios que van desde filmaciones, entrega de productos (experiencia en Amazon), hasta inspecciones de infraestructura como centrales eléctricas, carreteras, edificios, entre otros.

Figura 49: Drones Conectados (VANT)



Fuente: GSMA (2017)

En la agricultura los drones ya se utilizan para estudiar los cultivos que ayudarán a mejorar las cosechas. Con las redes 5G se pueden tener conexiones seguras entre los VANT y sus respectivos centros de gestión y control. Esta conectividad usando las redes móviles aportarían las siguientes ventajas:

- Con la conectividad móvil se pueden establecer controles para gestión de tráfico de los VANT y establecer zonas de exclusión.
- Se pueden establecer servicios de identificación y autorización con la gestión de identidad que soportan las redes móviles.
- A su vez, se podrían hacer seguimiento y control de la movilidad en los drones.

H. Casos de uso en Ciudades Inteligentes

Según la GSMA (2018) en base al informe de la OMS, la población mundial se concentrará cada vez más en las ciudades, teniendo una tendencia de crecimiento de 1.63% entre los años 2020 y 2025, y del 1.44% entre los años 2025 y 2030. Esto ocasionará mayor presión sobre la infraestructura y servicios urbanos en las ciudades, generando mayor embotellamiento, contaminación, cambios en las redes de servicios públicos, entre otros.

Este fue el motivo para que los gobiernos empiecen a trabajar en la creación de ciudades inteligentes usando tecnologías móviles e internet de las cosas para enfrentar los retos de este crecimiento poblacional en las ciudades actuales. Según la GSMA (2018), esta tecnología ayudará a disminuir la congestión de tráfico, creará calles más seguras incorporando soluciones inteligentes en las infraestructuras de servicios públicos a través de contadores, análisis de patrones, Big data, inteligencia artificial, y redes inteligentes. Todo ello permitirá crear nuevas oportunidades comerciales y de inversión para las ciudades.

Figura 50: Smart City



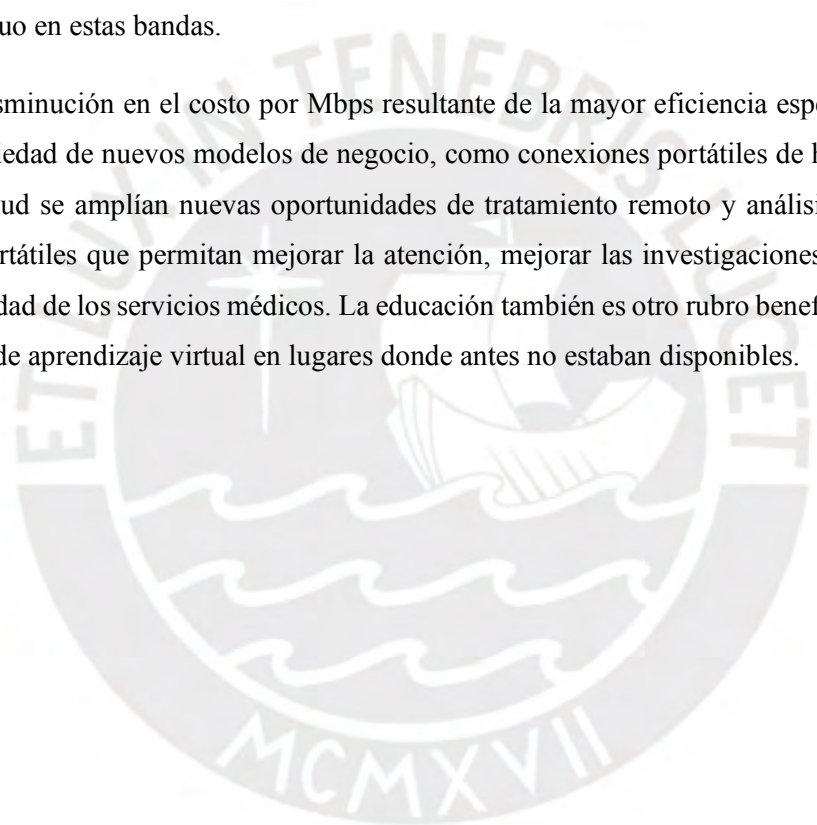
Fuente: GSMA (2018)

I. Casos de uso en Hogares (Banda Ancha Mejorada)

Este sería el caso de uso principal en los lanzamientos comerciales de 5G en sus inicios. Dado que sería equiparable con conexiones de fibra a tu casa. En este caso, si bien la movilidad es posible por ser una red inalámbrica, la mayoría de las veces se usará como un servicio de banda ancha inalámbrico fijo (FWA – Fixed Wireless Access).

Por otro lado, dadas las altas capacidades que tendrá esta tecnología, éstas también se usarán para proveer comunicaciones de enlaces fijos, incluso para dar soluciones de conexión en el backhaul. Si bien estos tipos de capacidades pueden darse en otros rangos de frecuencias, el uso de las bandas milimétricas proporcionaría un servicio de alta calidad debido a su capacidad de utilizar bloques de espectro contiguo en estas bandas.

A su vez, la disminución en el costo por Mbps resultante de la mayor eficiencia espectral permitirá una amplia variedad de nuevos modelos de negocio, como conexiones portátiles de hogar y oficina, en el sector salud se amplían nuevas oportunidades de tratamiento remoto y análisis de datos con dispositivos portátiles que permitan mejorar la atención, mejorar las investigaciones y aumentar el acceso y la calidad de los servicios médicos. La educación también es otro rubro beneficiado, creando oportunidades de aprendizaje virtual en lugares donde antes no estaban disponibles.



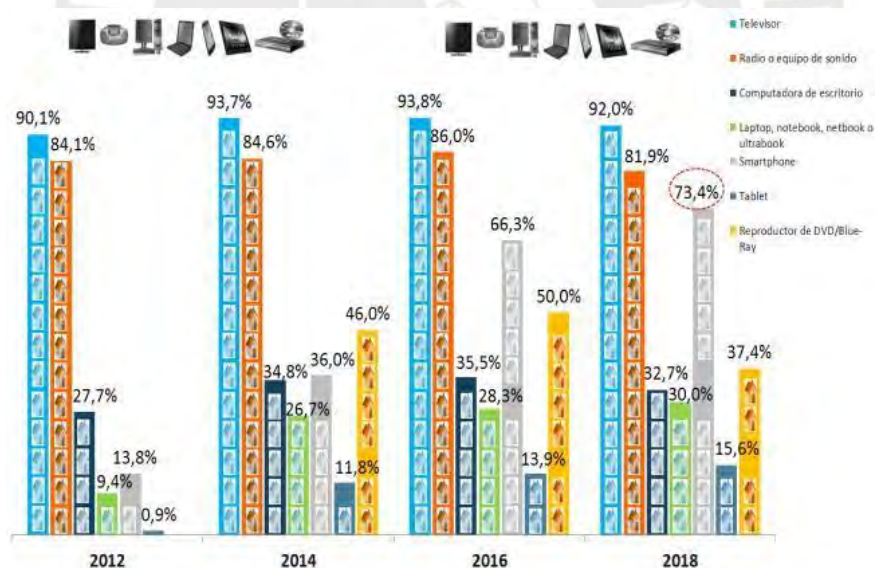
3. CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO DEL DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES E IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS

3.1 EL ENTORNO DE DESARROLLO ACTUAL

El impacto de la pandemia en la sociedad confirmó la importancia del desarrollo de las TIC en el Perú, principalmente por los efectos en la educación, salud, seguridad y productividad en los hogares y empresas. Pero también puso en evidencia las brechas que existen en ciertos sectores de la población que no tienen acceso a estas tecnologías de información y comunicación (TIC).

Un claro ejemplo fue la propuesta del MINEDU “APRENDO EN CASA” que estuvo orientado a seguir brindando clases virtuales por internet a los escolares pero tuvo que replantearse incorporando otros mecanismos de difusión como la radio y la TV puesto que solo el 32% de la población contaba con acceso a una computadora de escritorio y un 30% con una laptop para acceder a internet desde sus hogares, el informe también muestra que es el Smartphone el dispositivo más usado en los hogares con un 73%. (ERESTEL, 2018).

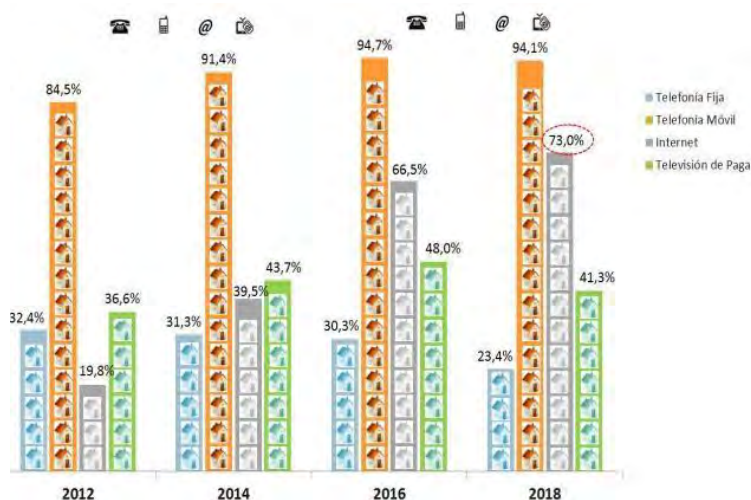
Figura 51: Equipamiento TIC del Hogar 2012 – 2018



Fuente: ERESTEL (2018)

Por otro lado, se observó que fue el uso de la telefonía móvil (94.1%) la que permitió que una gran mayoría de personas puedan acceder a realizar sus labores sea para teletrabajo, teleeducación, atención médica virtual, compra / venta de servicios, etc., a diferencia de la telefonía fija que solo representa el 23.4% de hogares a nivel nacional.

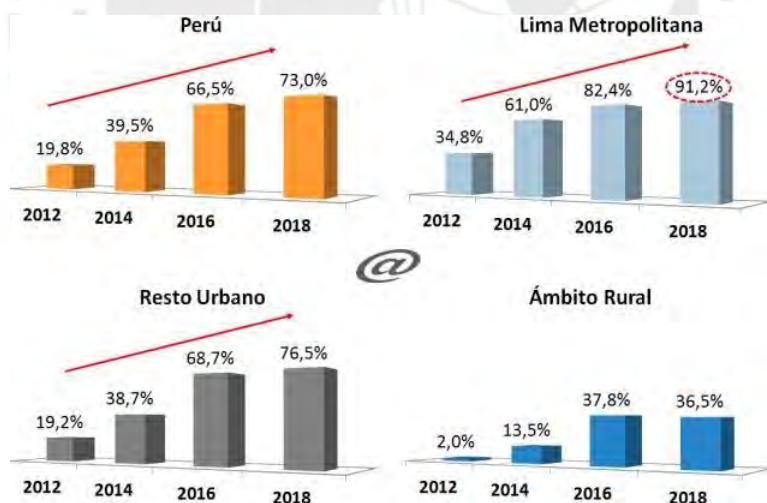
Figura 52: Hogares con Acceso a SSPP de Telecomunicaciones 2012 – 2018



Fuente: ERESTEL (2018)

A su vez, también se evidencio las brechas de acceso entre distintas zonas geográficas, en Lima Metropolitana el acceso a internet es del 91.2%, en las zonas urbanas del 76.5%, mientras que en las zonas rurales solo el 36.5% de hogares cuentan con acceso a internet.

Figura 53: Hogares con Acceso a Internet 2012 – 2018



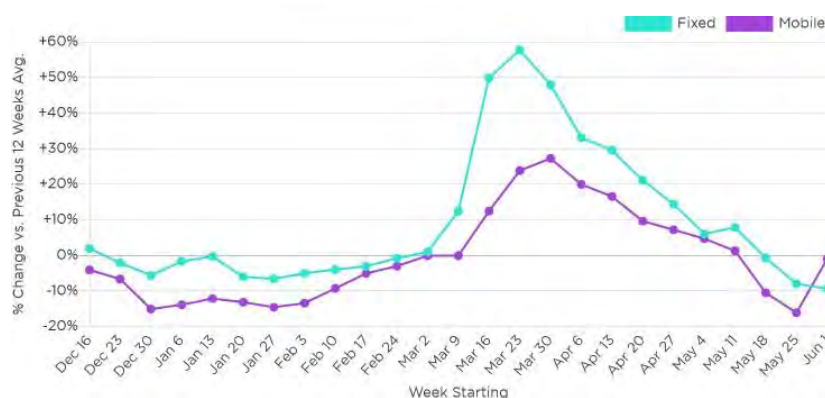
Fuente: ERESTEL (2018)

Por otro lado, debido a las imposiciones del gobierno de aplicar la cuarentena a nivel nacional, trajo como consecuencia cambios a nivel socio económico y cultural en la población, donde las personas tuvieron que adaptarse a este nuevo contexto para resolver los problemas de aprovisionamiento de bienes o servicios, conectividad y acceso a la información. Es decir, esta adaptación permitió acelerar el uso de las TIC en ciertos sectores de la población, reduciendo en consecuencia la brecha de

capacidad, dado que las personas tuvieron que adaptarse a usar las herramientas disponibles en internet para no afectar sus actividades.

Estos cambios de uso y comportamiento de la población ocasiono cambios en el consumo de las redes de telecomunicaciones en el país, a su vez también mostro los déficits y las falencias que se tienen a nivel de conectividad, capacidad y cobertura de estos servicios a nivel nacional. Según el portal de Ookla (Speedtest), las redes de telecomunicaciones a nivel mundial sufrieron un incremento exponencial del tráfico en los periodos donde los países declararon sus cuarentenas:

Figura 54: Volumen de tráfico Global – Speedtest



Fuente: OOKLA – Speedtest (2020)

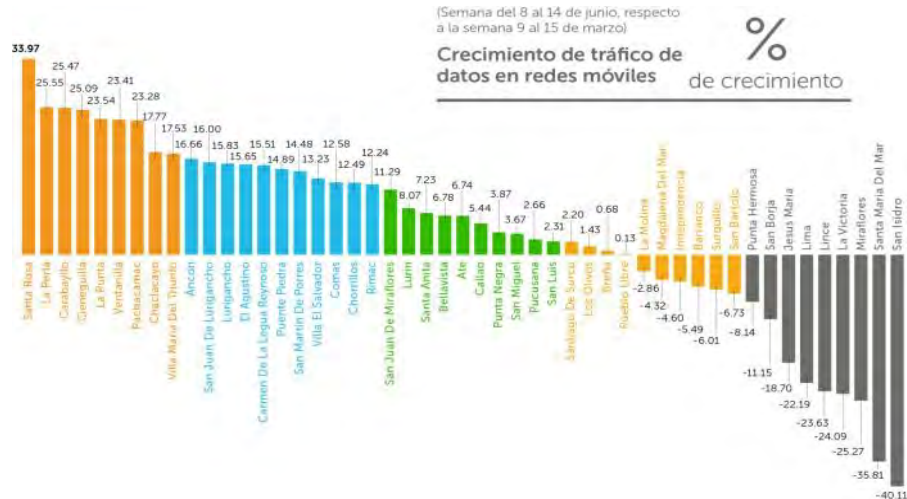
Pero así como aumento el tráfico también se redujo las velocidades de banda ancha, según OOKLA, en el caso de Perú se redujo en (-23%) para la banda ancha fija, y en (-12%) para la banda ancha móvil, combinado a esto también hubo un incremento en las latencias de las mismas tecnologías.

Al respecto, KATZ (2020), menciona que de acuerdo a sus modelos econométricos la velocidad de banda ancha fija tiene un impacto en el PBI de 0.73% cuando la velocidad se duplica, por lo que la disminución registrada por los países en marzo y abril podrían ocasionar un impacto económico negativo si esta tendencia se perpetúa. En el caso peruano a inicios de junio 2020, la velocidad en la banda ancha móvil ya se encontraba un 4% por encima de sus valores antes de la cuarentena, caso diferente es en la banda ancha fija que aún tenía valores inferiores (-23%).

Por otro lado, según el reporte del OSIPTEL (Junio 2020), durante la cuarentena diez distritos de Lima Metropolitana concentraron el 48.92% del tráfico en internet móvil. Los distritos con mayor tasa de crecimiento de tráfico de datos fueron Santa Rosa (33.97%), La Perla (25.55%) y Carabayllo (25.47%), mientras que los distritos que tuvieron un crecimiento negativo fueron los que antes de la cuarentena concentraban una importante cantidad de personas por ser los lugares donde laboraban en

Lima Metropolitana, como San Isidro (-40.11%), Miraflores (-25.27%), Lince (-23.63%) y Cercado de Lima (-22.19%).

Figura 55: Tasa de crecimiento de datos por Distrito

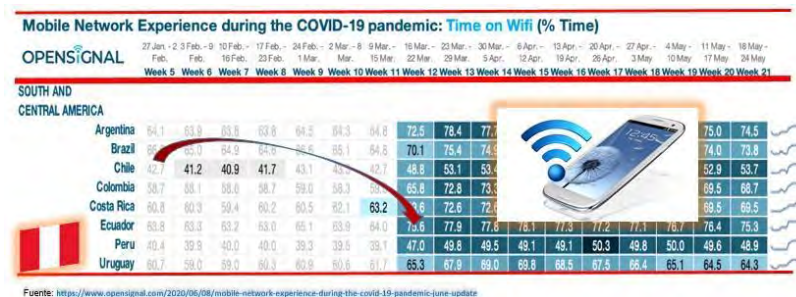


Fuente: OSIPTEL (2020)

Asimismo, durante ese periodo de análisis, los aplicativos más usados en las redes fijas fueron WhatsApp, Tik Tok y Facebook quienes alcanzaron tasas de crecimiento de consumo de hasta 303.10%, 293.94% y 259.55% respectivamente, comparado con una semana antes de que se declare la cuarentena por el Gobierno.

Tomar en cuenta que estas 3 aplicaciones normalmente son consumidas desde terminales móviles, esto indicaría que los usuarios han utilizado el WiFi de sus hogares en vez de usar sus paquetes de datos de su propio celular. Esto puede comprobarse con las estadísticas obtenidas desde el portal OpenSignal, donde en el caso peruano el porcentaje de tiempo en las redes WiFi del Perú se incrementó en 10% durante la cuarentena:

Figura 56: Variación % tiempo en WiFi - OpenSignal



Fuente: OpenSignal (2020)

Por otro lado, según el reporte del OSIPTEL (2020), fueron los aplicativos de Netflix y Youtube quienes consumieron en conjunto el 65,1% del tráfico en internet fijo, mientras que Facebook y Youtube consumieron el 61.7% en internet móvil, esto confirmaría que serían los tráficos de contenido de video los que representan el mayor consumo de tráfico en las redes de los operadores.

Figura 57: Aplicaciones con consumieron mayor tráfico de datos



Fuente: OSIPTEL (2020)

3.2 EL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES

Según el portal de la INEI, al cierre del 2019 la población peruana contaba con 32 millones de personas, de los cuáles un 90.9% de los hogares cuentan con un teléfono móvil, mientras que en el internet fijo solo llega al 29.8% de penetración. Esto evidencia lo mencionado anteriormente, que el uso de las tecnologías inalámbricas permitirá reducir las brechas de acceso para los servicios de telecomunicaciones y banda ancha para la población.

Figura 58: Estadística Poblacional del Perú – INEI 2020

PERÚ EN CIFRAS



Fuente: INEI (2020)

Cruzando los datos anteriores con los obtenidos desde el portal PUNKU del OSIPTEL, observamos un crecimiento sostenido en la adopción de líneas celulares con dos niveles de mesetas en los años 2011 y 2018. Para el año 2019 se observa una tendencia a estabilizarse entre el rango de 120 a 140 líneas por habitante (ver siguiente figura). Pero tenemos que considerar 02 aspectos para dimensionar adecuadamente la penetración móvil en el Perú:

- Según datos del INEI tendríamos que retirar aproximadamente unas 3 millones de líneas que son las correspondientes a los niños menores de 10 años.
- Para los datos del OSIPTEL, esta tendencia puede verse afectada debido a procedimientos dados por los mismos operadores de no considerar líneas activas a los que no han consumido tráfico en cierto período de tiempo o los que han procedido a borrarlos directamente de sus bases de datos.

Figura 59: Penetración móvil a nivel nacional



Fuente: OSIPTEL (2020)

Por otro lado, si revisamos la tendencia de crecimiento por tipo de servicio, observamos que si bien el mercado móvil tuvo un crecimiento acelerado los primeros 8 años después del año 2000, luego esta tendencia decrece sostenidamente y se mantiene por debajo del 10% en los siguientes 12 años.

El Internet Fijo si tuvo una tendencia más sostenida, pero en los últimos 7 años tuvo una adopción muy similar a la del mercado móvil. En contraste, la telefonía fija cerro con valores negativos los 3 últimos años (baja de líneas) y no ha presentado un crecimiento desde hace 11 años (ver la siguiente figura).

Figura 60: Crecimiento anual por tipo de servicio



Fuente: OSIPTEL (2020)

3.2.1 Desempeño de los Operadores Móviles

El mercado peruano cuenta actualmente con 7 Operadores Móviles, de los cuales 4 de ellos son Operadores de Red (América Móvil, Telefónica, Entel y Viettel) y 3 son Operadores Móviles Virtuales (Incacel, Dolphin y Cuy).

Desde el punto de vista de los operadores de red, la participación de mercado se encuentra casi equilibrada. En el primer trimestre del 2020, observamos que tanto Telefónica como América Móvil se encuentran virtualmente empatados con una participación de 31.74% y 29.98% respectivamente, mientras que por el lado de Entel y Viettel se observa una tendencia creciente y cuya participación alcanza 20.98% y 17.19% respectivamente.

Por otro lado, el índice HHI (Herfindahl – Hirschman) empleada para medir los niveles de concentración de mercado, presenta una tendencia decreciente en los últimos 10 años, reduciéndose un 49% respecto a los valores del 2010 (HHI= 5,129) y del 1T-2020 (2,645), lo cual muestra un escenario de competencia y que las medidas adoptadas permitieron equilibrar las condiciones de competencia del mercado. Ver siguiente figura:

Figura 61: Distribución de líneas por Operador & Concentración de mercado

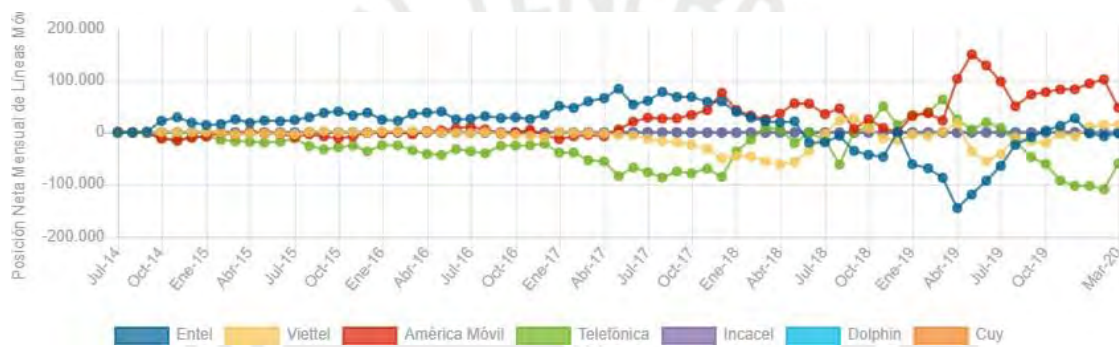


Fuente: OSIPTEL (2020)

No pasa lo mismo en el caso de los Operadores Móviles Virtuales, que aún no logran aterrizar en el interés de los consumidores. Si bien Dolphin y Cuy son relativamente nuevos en el mercado, esto es distinto al OMV Incacel quién adquirió las operaciones de Virgin Mobile¹¹ en el 2017 y teniendo 3 años de operación comercial aún no tiene una posición considerable de participación de mercado ni siquiera se muestra una tendencia de crecimiento.

Esto lo podemos ver en la siguiente figura, que muestra la tendencia de las posiciones netas mensuales de portabilidad en el mercado móvil a Marzo 2020, donde se observa que ninguno de los 3 OMVs aparecen en esta gráfica (o los valores son muy pequeños o nulos) pero obviando las razones la conclusión es la misma, el mercado de los OMVs aún no logra atraer a los consumidores peruanos.

Figura 62: Tendencia de la portabilidad en la telefonía móvil



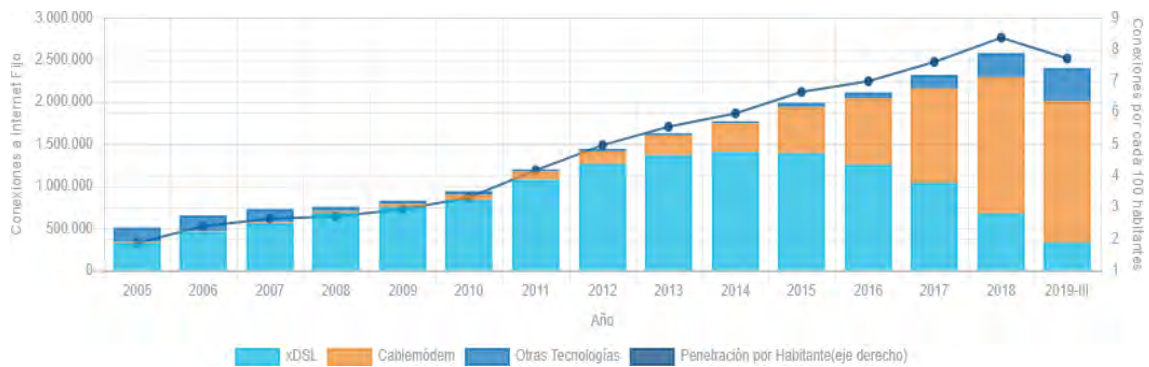
Fuente: OSIPTEL (2020)

3.2.2 Desempeño del Internet Fijo

Respecto al mercado del Internet Fijo si se observa una tendencia más aplanada si la comparamos con la tendencia del mercado móvil. Los temas de cobertura y bucle de abonado juegan en contra para dinamizar este mercado. En los últimos 5 años la cantidad de conexiones por cada 100 habitantes se mantuvo como promedio en 7 conexiones, y la cantidad de líneas fijas al cierre del 2019 bordean los 2.5 millones, valor que se ha mantenido por los últimos 4 años según se muestra en la siguiente figura:

¹¹ El OMV Virgin Mobile ingresó al Perú en el 2016 con el fin de lograr el 2% del mercado en tres años, sin embargo solo pudieron captar el 0.16% del mercado y se mantuvo así por los siguientes 13 meses donde decidieron venderlo a la empresa española Infopyme usando la marca “Incacel”.

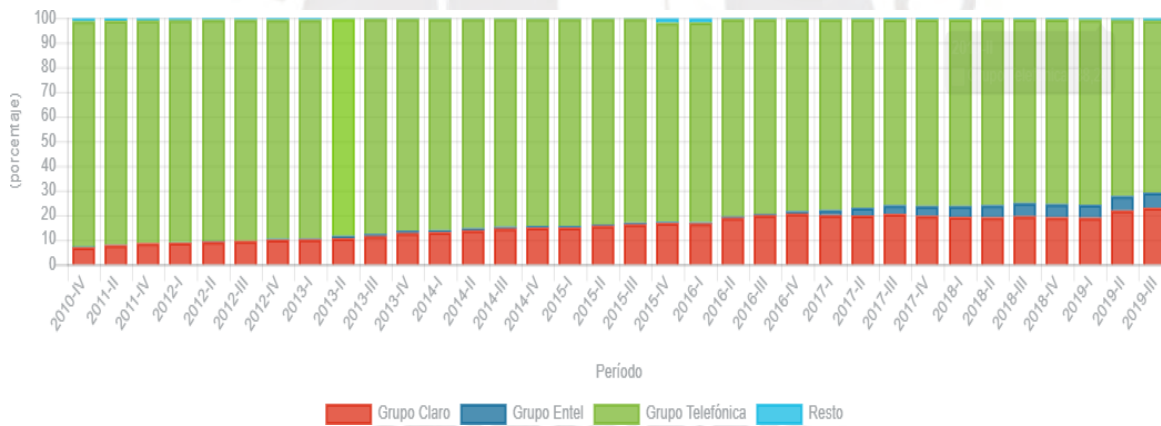
Figura 63: Tendencia del Internet Fijo



Fuente: OSIPTEL (2020)

Por otro lado, las características del Internet Fijo si presentan indicadores de alta concentración de mercado por parte de una operadora (Telefónica) que concentra un 70% de participación de mercado (esto estuvo desde el inicio de sus operaciones cuando adquirió la empresa estatal Entel Perú y estuvo por varios años como un mercado monopólico).

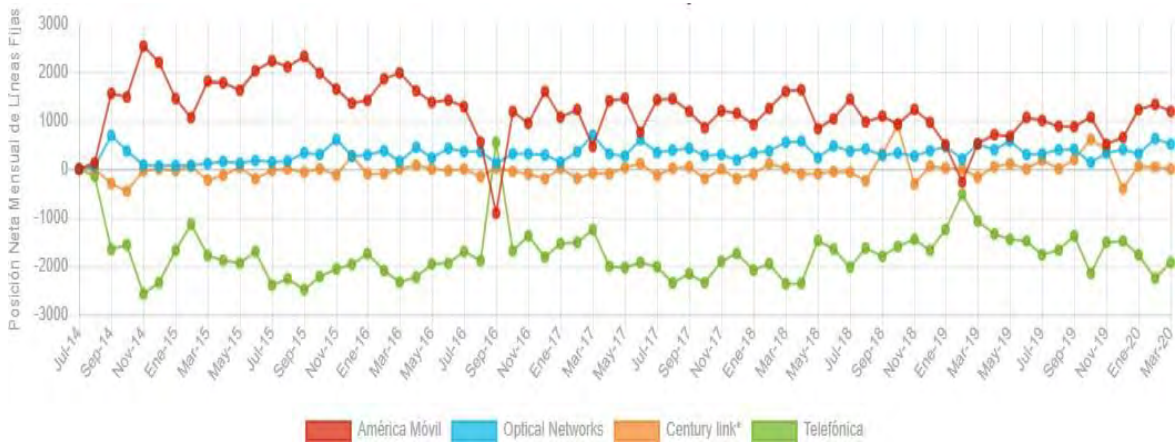
Figura 64: Participación de mercado de Internet Fijo



Fuente: OSIPTEL (2020)

Dinamizar la competencia en este sector es más compleja dado que se requieren que los otros actores (operadores) realicen altas inversiones para incrementar su cobertura. De hecho, las siguientes estadísticas muestran las captaciones mensuales de líneas fijas que bordean las 1000 líneas por mes, valor nada comparable al dinamismo del mercado móvil.

Figura 65: Tendencia de la portabilidad en líneas fijas

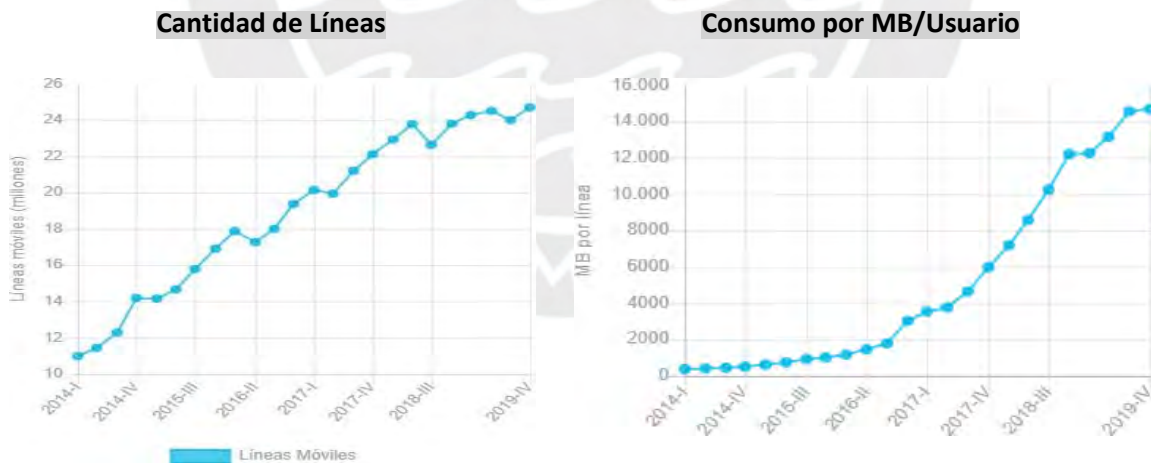


Fuente: OSIPTEL (2020)

3.2.3 Desempeño del Internet Móvil

El mercado del Internet Móvil sí presenta un crecimiento sostenido y su tendencia es al alza. En el 2014 pasamos de tener 11 millones de líneas móviles conectadas a Internet para cerrar con cerca de 25 millones al cierre del 2019 (ver siguiente figura). La penetración sigue la misma tendencia bordeando las 80 líneas por cada 100 habitantes (80%), que guardan relación con las estadísticas del INEI presentadas a inicios de este capítulo.

Figura 66: Total de Líneas móviles & Evolución de tráfico a internet



Fuente: OSIPTEL (2020)

Un dato relevante del reporte del OSIPTEL es el comportamiento que ha tenido el consumo de datos del Internet Móvil que demuestra que si ocasiono un cambio drástico en el patrón de consumo por parte de los usuarios. En el 2014 un usuario consumía menos de 500 MB por día mientras que al cierre del 2020 el consumo subió a 14.000 MB, un crecimiento de 28 veces en un lapso de 6 años.

Para entender este comportamiento debemos considerar también la confluencia de otros servicios, ofertas comerciales y tecnologías que salieron por esos años y fueron igualmente adoptados por los usuarios. Un ejemplo es el uso de las Apps que incentivó y cambió la forma de usar el teléfono y agregó nuevas formas de comunicación.

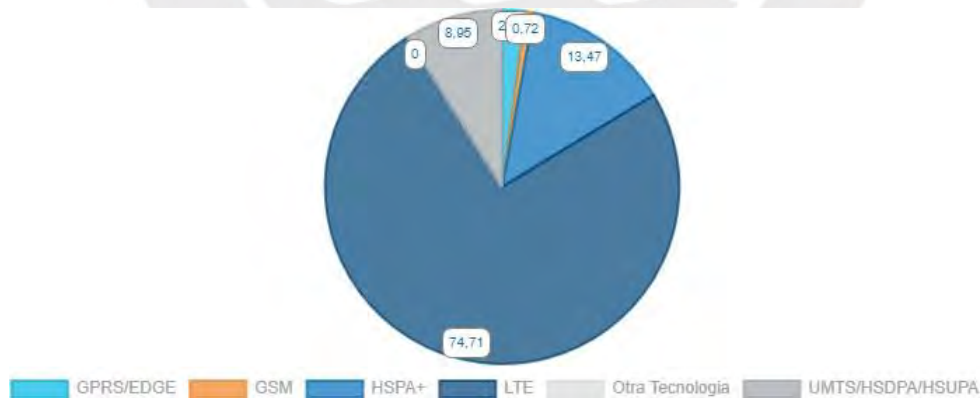
A este escenario hay que agregar los efectos de competencia entre los operadores, que con el objeto de captar más clientes, motivó a que éstos lancen ofertas agresivas tipo zero rating dentro de sus planes o paquetes promocionales, algunas de ellas de alto consumo como los servicios de video o de redes sociales.

3.2.4 Desempeño por tipo de Tecnologías de Acceso Móvil

Según el informe del OSIPTEL (2020), los dispositivos móviles que accedieron a la red con tecnología 4G pasaron de 559 mil en el 2014 a 18 millones en el 2019 (un crecimiento de 32 veces respecto al 2014). En tanto los equipos que accedieron al internet móvil usando la tecnología 3G sumaron solo 5.9 millones (un crecimiento de sólo 1.08% respecto al 2014).

La tecnología que prácticamente está desapareciendo para el acceso a internet es el 2G, lo cual se debería a las propias limitaciones de esa tecnología y las aplicaciones que consumen mayores cantidades de información y hace que la calidad usando la red 2G no sea la adecuada. En el 2014 la cantidad de líneas que accedían a internet con 2G era de 2.5 millones mientras que en el 2019 llegó apenas a 718 mil líneas (una reducción del 72% de líneas).

Figura 67: Acceso por tipo de tecnología de radio

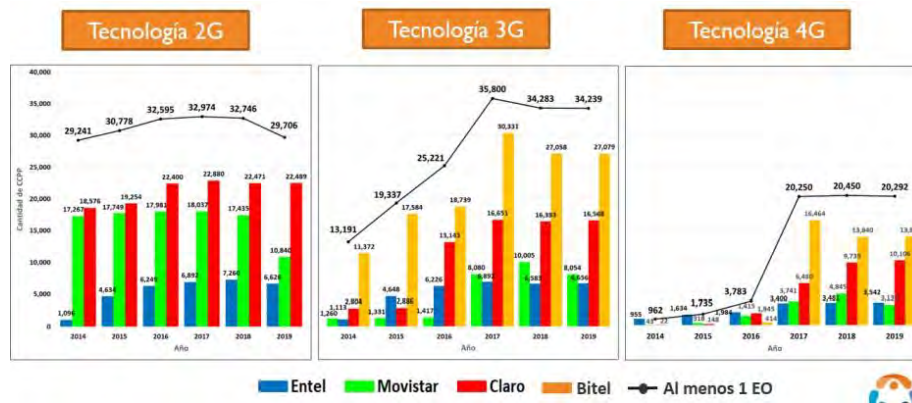


Fuente: OSIPTEL (2020)

En relación a la cobertura móvil por centro poblado, al cierre del 2019 la empresa Viettel cubrió 13,894 centros poblados con 4G, seguido por Claro con 10,106. Por detrás se encuentra Entel y Telefónica quienes solo tienen cubiertos 3,542 y 3,135 centros poblados respectivamente.

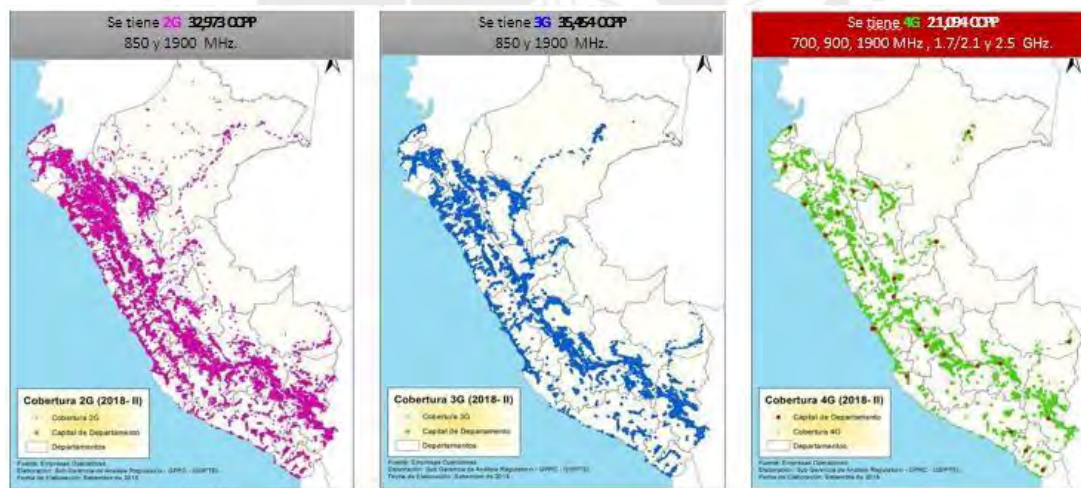
En base al informe del OSIPTEL, podemos mencionar que Viettel también es la operadora que registra la mayor cobertura en 3G, en el 2014 esta empresa cubría 11,372 centros poblados y al 2019 ha alcanzado 27,079 (un crecimiento de 2.3 veces respecto al 2014). Por su parte, América Móvil pasó de 2,804 a 16,568 en el mismo período, mientras que Telefónica pasó de 1,260 a 8,054 centros poblados. Finalmente Entel pasó de 1,113 a 6,656.

Figura 68: Centros Poblados cubiertos por tipo de tecnología de radio



Fuente: OSIPTEL (2020)

Figura 69: Cobertura por tipo de tecnología de radio



Fuente: OSIPTEL (2018)

3.3 BARRERAS QUE LIMITAN SU DESARROLLO

Según el “Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad - 2019” del Gobierno Peruano, y en base a los indicadores de competitividad del WEF¹², el Perú estaría ubicado en el puesto 66 de un total de 137 países en suscripción de banda ancha móvil (Chile está en la posición 53), en el uso individual de internet estaría en el puesto 88 (Chile se encuentra en el puesto 55), en la suscripción de internet fijo de banda ancha estaría en el puesto 81 (Chile está en el puesto 55), y en el puesto 85 en ancho de banda de internet (Chile está en el puesto 27).

Por otro lado, según la UIT (2017) el Perú tiene un índice de desarrollo de las TIC (IDT) de 4.85, muy inferior al promedio de los países de la Alianza del Pacífico (5.7) y de otras regiones avanzadas, este bajo desarrollo en los servicios de telecomunicaciones se debería a las siguientes razones:

- Baja cobertura de servicios (solo el 30% de localidades con más de 100 habitantes cuentan con servicios de internet).
- Bajo uso, (49% de la población son usuarios del servicio de internet).
- Baja asequibilidad, (21% de hogares no contratan el servicio de internet fijo debido a que consideran que sus tarifas son muy elevadas).

Para la medición de la brecha de calidad en infraestructura se consideró la cobertura móvil con tecnología 4G, en donde según la UIT el Perú tiene un porcentaje de 52.2% de acceso de la población a una red móvil 4G. En el plan identificaron metas de corto y largo plazo para reducir esta brecha. En el corto plazo, se requeriría una inversión de 28,217 millones de soles para alcanzar los niveles de acceso básico de infraestructura que serían los equiparables con países con las mismas características socioeconómicas y geográficas.

Figura 70: Brecha de acceso de infraestructura – Millones de soles



Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (2019)

¹² The Global Competitiveness Report 2017-2018

Asimismo según el reporte del MEF (2019), a largo plazo se requerirían 106,124 millones de soles para reducir la brecha en infraestructura, de tal forma que podamos alcanzar los niveles de calidad equiparables a los países de la OECD. Para ello, el gobierno peruano promovió el despliegue de redes de fibra óptica a nivel nacional para impulsar el desarrollo de las telecomunicaciones en todo el Perú mediante la implementación de 21 Proyectos Regionales y 3 Proyectos en la Selva, cuyo objetivo es la de ampliar la cobertura de los servicios de comunicaciones (internet, telefonía, TV, entre otros) e incrementar el uso y asequibilidad de los servicios, a fin de generar desarrollo social y competitividad sobre la población y los sectores público – privado.

Por otro lado, a través del Decreto Legislativo No. 1477 publicado por el MTC en Mayo 2020, se lanzaron iniciativas excepcionales que buscan ampliar la infraestructura de las telecomunicaciones, principalmente donde exista mayor brecha de infraestructura, y en general para garantizar la continuidad, expansión y calidad de los servicios de telecomunicaciones a nivel nacional.

Por ello, el MTC publicó una serie de medidas para mejorar la conectividad en este contexto de pandemia, como la liberación del espectro, se permitió la compartición activa de infraestructura relacionados al Roaming nacional, espectro y antenas, a su vez se establecieron medidas que permitan realizar un fast-track de procesos y nuevas condiciones de uso de la red dorsal nacional.

Respecto a la liberación del espectro, se contempló el mismo mecanismo de asignación temporal de espectro usado en EEUU, Irlanda o Panamá. Si bien normalmente por la asignación del espectro se paga un costo y canon, en estas circunstancias excepcionales, el reglamento indica que los operadores podrán acceder a este espectro sin costo ni canon de forma excepcional por seis meses y prorrogable por seis meses más, para luego ser devuelta pero están obligados a brindar conectividad de internet a las entidades públicas como el MINSA o MINEDU. Esta medida viene aunado a las dispuestas de compartición activa de infraestructura, el Roaming nacional entre operadores por las que un usuario podrá seguir conectado si es que su operador no tiene cobertura dado que se enlazará con la red del otro operador que sí cuenta con cobertura.

Respecto a las normas de fast-track y compartición ayudará a fomentar la compartición activa de infraestructura lo cual dará mayor cobertura, calidad y un uso más eficiente de los recursos. En este caso, a diferencia del espectro cuya asignación es temporal, la compartición y el Roaming nacional si serían permanentes.

Por otro lado, respecto a las barreras que limitan la adopción de la tecnología 5G, podemos iniciar por un lado con el despliegue de infraestructura. Se necesitaría un despliegue masivo de estaciones

base para poder brindar cobertura ubicua y de alta capacidad, así como un mayor despliegue de infraestructura de fibra óptica para brindar mayor capilaridad de conectividad a estas estaciones celulares. Pero estas han enfrentado diversas barreras que han limitado su despliegue: desde trámites adicionales por parte de los gobiernos locales, percepción de riesgo de la salud respecto a las antenas por parte de la población, demoras en los despliegues de la red dorsal de fibra óptica, entre otros.

A su vez, el contar con una mayor cantidad de espectro radioeléctrico sería un punto clave para poder alcanzar las velocidades propuestas para el IMT-2020, lo cual implica que los gobiernos identifiquen mayores cantidades de espectro para el uso de las tecnologías IMT. Asimismo, es necesario desarrollar un marco normativo que permita flexibilizar el uso del espectro, con la finalidad de que sea utilizado de manera más eficiente.

Por otro lado, dados los niveles de inversión por parte de los operadores requeridos en la masificación de antenas, es necesario que se implementen todos los mecanismos de compartición de infraestructura (inclusive desde el espectro) de tal forma de dar mayores incentivos a los operadores para el despliegue de su infraestructura.

Asimismo, el desarrollo de estas redes 5G permitirá nuevas formas de comunicación, basados en tecnologías de voz de alta calidad, videoconferencias, etc., así como la creación de nuevos esquemas de negocio orientados al sector de industrias verticales que también deben ser abordados como políticas públicas para incentivar sus desarrollos. En este capítulo abordaremos esta problemática y se plantea usar la estructura identificada en el Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú del 2011, dado que muchas de las barreras identificadas en ese informe siguen vigentes a la fecha. Adicionalmente se han incluido barreras identificadas en papers de experiencias internacionales en los cuales han propuestos políticas que ayuden a mitigarlas.

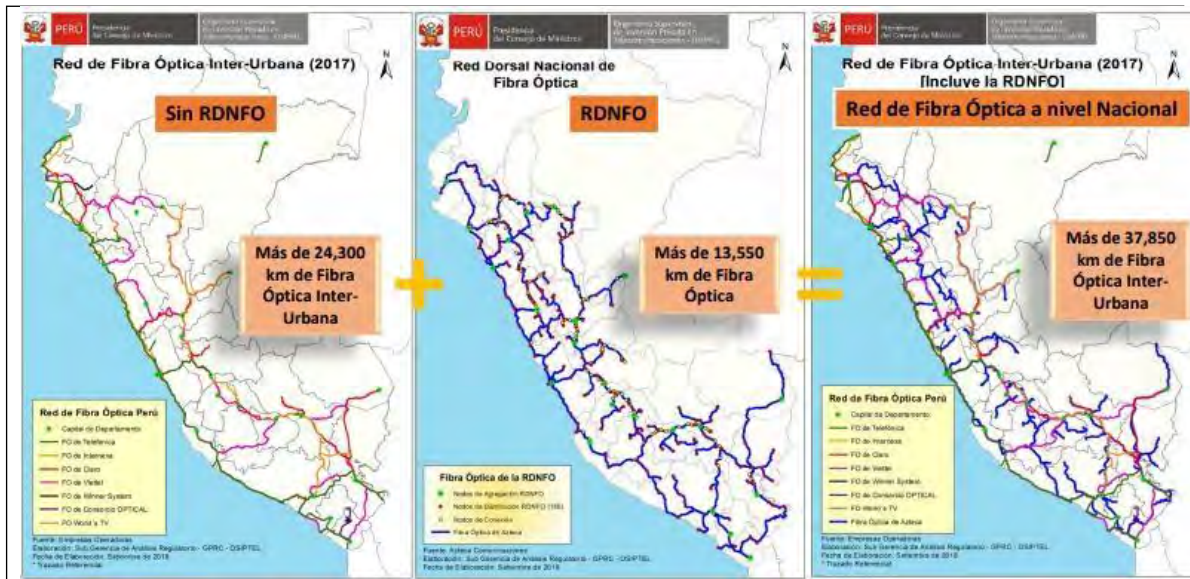
3.3.1 Barreras que limitan el despliegue de las Redes de Fibra Óptica

Las redes de fibra óptica constituyen el medio de transmisión principal para poder brindar los servicios de Banda Ancha debido a su alta capacidad para transportar múltiples señales y por ofrecer inmunidad al ruido y a las interferencias. Por lo que para la adopción masiva de las tecnologías inalámbricas como el 4G y 5G no solo se requerirán mayores estaciones base para poder brindar una cobertura ubicua y de alta capacidad, estas requerirán también mayores despliegues de infraestructura de fibra óptica dentro de las ciudades que permitan brindar mayor capilaridad para la conectividad de las estaciones base con la red de los operadores.

Según el informe del OSIPTEL (2018), los operadores habían implementado más de 24,000 Km de Fibra Óptica inter-urbana, que sumado a los 13,500 Km de la RDNFO, se tendría desplegado en total

más de 37,850 Km a nivel nacional (ver siguiente figura). Por otro lado, también debe contemplarse el despliegue de fibra óptica de los Proyectos Regionales cuyo alcance es llegar a todas las capitales de distritos como red de transporte, y a los centros poblados e instituciones públicas beneficiadas a través de una red de acceso inalámbrica. En total son 21 proyectos regionales con un despliegue de 31,716 Km de fibra óptica que sumado a los 13,500 Km de la RDNFO harían un total de 45,216 Km de fibra óptica desplegada a nivel nacional.

Figura 71: Red de Fibra Óptica Inter-urbana – 2018



Fuente: OSIPTEL (2018)

Si bien los operadores han desplegado su infraestructura de transporte para soportar sus propias demandas de tráfico principalmente por el crecimiento exponencial del uso de internet, estos no necesariamente implica que los operadores desplegarán esta infraestructura en todas las ciudades, por lo que el RDNFO sumado a los Proyectos Regionales podrían ser la infraestructura complementaria que permitan asegurar no solo cubrir el acceso en las zonas en donde los operadores no han invertido sino que también podrían soportarlo con mayores capacidades en caso se requieran debido a los nuevos casos de uso que vendrían con las tecnologías 5G. Se estiman que los proyectos regionales permitirán conectar con fibra óptica a 1,516 capitales de distrito beneficiando a 6,411 Centros Poblados cubriendo a 5.1 millones de habitantes, 6,979 instituciones educativas, 3,471 puestos de salud y 566 comisarías.

La motivación principal del Estado Peruano en el año 2011 fue la de desplegar una Red Dorsal de Fibra Óptica (RDNFO) para incentivar la demanda de servicios de banda ancha en el interior del país, principalmente en las zonas de sierra y selva, con ello se buscaba reducir la brecha digital en zonas rurales dado que el transporte de fibra representaba ser una barrera para el desarrollo de las

telecomunicaciones, para ello implemento una serie de reformas legales y regulatorias con nuevos modelos de concesión y operación público – privado (APP) que permitía promover la implementación de redes de fibra óptica nacional y redes regionales de acceso local en regiones rurales y remotas. Si bien en el 2011 ya se tenía 8,933 Km de tendido de fibra óptica de propiedad de empresas privadas (TELEFÓNICA 4.008 Km, TELMEX/AMÉRICA MÓVIL 3.225 Km, INTERNEXA 1.293 Km, GLOBAL CROSSING 252 Km, AMERICATEL 93 Km, y OPTICAL IP 63 Km) éstas cubrían principalmente la región de la costa y algunos departamentos de la sierra (Junín, Puno, Ancash y Cajamarca), la Selva no contaba con redes de fibra óptica.

Figura 72: Red Dorsal de Fibra Óptica - 2011



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones¹³ (2011)

En el 2013 el Estado Peruano otorgó la concesión de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO) a la empresa AZTECA, y a partir del 2014 comenzó a licitar distintos proyectos regionales de instalación de banda ancha cuyas redes se interconectarían y complementarían con la RDNFO. El objetivo estaba orientado a desarrollar y masificar los servicios de banda ancha a nivel nacional que permitan reducir la brecha digital a través de la inclusión y desarrollo socioeconómico en las regiones y consolidar la transformación digital en la sociedad peruana.

¹³ Extraído del “Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú 2011 – 2016” (2011)

En la actualidad, el RDNFO administrada por AZTECA ha tenido numerosos problemas y su red se encuentra infrautilizada. Por otro lado, los proyectos regionales no se han implementado con la rapidez según lo planificado. A su vez, AZTECA anuncio su retiro del mercado peruano y presentó una propuesta de disolución que está siendo evaluada por el MEF, OSIPTEL y la Contraloría. Ante esta coyuntura, el MTC solicito un informe al Banco Mundial¹⁴ para que realice un diagnóstico de las razones por las que la RDNFO se encuentra infrautilizada (la capacidad usada en el 2T 2020 era alrededor del 7%, según el reporte de resultados de su empresa matriz TV AZTECA - MÉXICO), entre los principales motivos estarían:

- Despliegues no previstos de fibra óptica por parte de tres operadores: TELEFÓNICA, CLARO y BITEL. Estas empresas que son verticalmente integradas desplegaron su propia red de fibra óptica a nivel nacional.
- Servicio estratégico con decisiones no siempre basadas en costos. Si bien el RDNFO representaría una competencia para el negocio portador, este negocio sería marginal para los operadores porque las inversiones tanto en CAPEX como en OPEX estarían siendo asumidos por sus otros negocios de servicios fijos y móviles dado el crecimiento de tráfico que han tenido los servicios de internet en comparación al uso de los servicios de voz tradicional, por lo que el grueso de su capacidad utilizada es para cubrir sus propias demandas.
- En base a su marco normativo, AZTECA se ve imposibilitado de vender sus servicios a operadores internacionales, dado que la Ley de Banda Ancha obliga a que solo puedan vender a las empresas que tengan licencia en Perú (con esto limita la opción de ofrecer el servicio al país de Bolivia que necesitaba acceso a los cables submarinos).
- En relación a los procedimientos administrativos, AZTECA está obligada a seguir procedimientos administrativos extras como la necesidad de que las empresas que requieran contratar sus servicios deberán hacerlo previo el envío de una carta fianza.
- Restricciones en su oferta de precios. La oferta de AZTECA es inflexible con un precio fijo sin variables de descuentos y con un producto único. Esto ocasiono por ejemplo que Entel quién debió ser el cliente natural de la RDNFO pues no tiene red de fibra, se retirará cuando las tarifas ofrecidas por AZTECA no podían equipararse a las ofrecidas por las empresas privadas dada la inflexibilidad de tener un precio fijo (ver siguiente tabla).

¹⁴ Extraído del informe del Banco Mundial: “Diagnóstico del Estado Actual del Mercado de Banda Ancha y posicionamiento de la Red Dorsal de Fibra Óptica en el mercado” (2018)

Tabla 09: Operadores y Tarifas Mayoristas en Perú - 2018

Variable	Situación a 2011/12	Realidad 2018	Red Dorsal
Fibra interurbana disponible (km)	+10.000	+44.000	+3.500
Proveedores relevantes de servicio portador	Telefónica Internexa Satelitales	Telefónica Internexa Satelitales América Móvil RNDFO Bitel	N/A
Tarifa mayorista	+100 USD / Mgps	6-10 USD / Mgps	27 USD / Mgps
Usuarios Banda Ancha	+1.4 MM	+2.3MM	N/A

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones¹⁵ (2011)

- Finalmente, parte de la capacidad que AZTECA esperaba contar y rentabilizar eran con los proyectos Regionales de Fibra Óptica licitados a otras empresas y el despliegue del proyecto REDNACE. El retraso de estos proyectos impacto fuertemente en sus proyecciones.

Por otro lado, bajo el contexto de la pandemia, el MTC considero las recomendaciones dadas en el informe por el BM y adopto medidas de emergencia ampliando el ámbito de acción del PRONATEL (Programa Nacional de Telecomunicaciones) quién administra el Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL).

Entre las nuevas opciones, a parte de las asociaciones público – privadas, permitiría a PRONATEL diferentes opciones de contratación como de Gobierno a Gobierno, Obras por impuestos, Obra pública, entre otros, los cuales facilitarían la ejecución de nuevos proyectos para ampliar los servicios en las zonas aledañas.

Otra de las medidas fue el relanzamiento de la RDNFO para mejorar la cobertura de la Red Nacional del Estado (REDNACE) y la Red de Universidades. El REDNACE es la red de conectividad formada por todas las entidades de los tres niveles de gobierno. Se encarga de identificar y evaluar las demandas de las instituciones públicas (desde un Ministerio hasta un colegio), para atender sus necesidades mediante la mejora y ampliación de los servicios o bienes que ofrece el Estado al

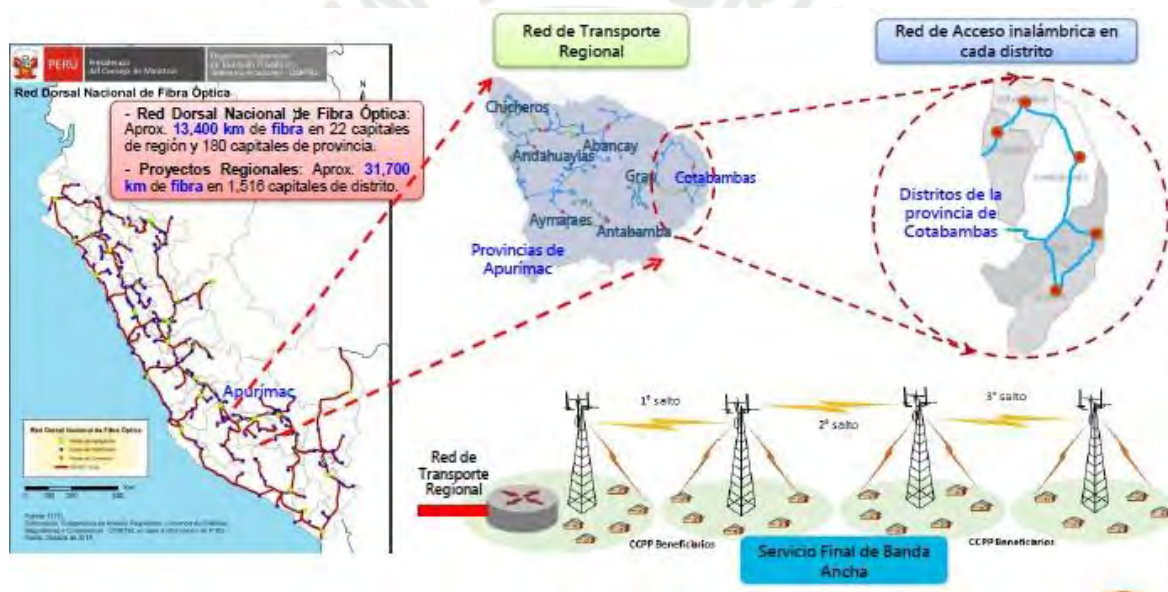
¹⁵ Extraído del “Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú 2011 – 2016” (2011)

ciudadano, priorizando la educación, salud, defensa nacional, cultura, investigación, desarrollo e innovación.

Actualmente existen 29 empresas operadoras conectadas al RDNFO que han contratado con AZTECA el servicio portador. Estas han contratado 387 enlaces en 155 nodos a nivel nacional. El RDNFO implica un tendido de 13.500 Km de fibra en todo el país, y al 2018 habría desplegado al 100% en 180 capitales de provincia de las 195 del país.

Respecto a los Proyectos Regionales de Fibra Óptica la situación es distinta, de los 21 proyectos solo 4 están operando actualmente: La región de Lambayeque con Telefónica y las regiones de Huancavelica, Apurímac y Ayacucho con Gilat Networks.

Figura 73: Proyectos Regionales - 2018



Fuente: OSIPTEL (2018)

Por otro lado, 3 regiones se encuentran en proceso de reformulación, luego que el Estado resolviera el contrato a la empresa REDES ANDINAS, adjudicada en el 2015, para desplegar Fibra Óptica en las regiones de Cajamarca, Tumbes y Piura.

Los 14 proyectos restantes se encuentran en fase de implementación y su estado es el siguiente:

- La empresa GILAT NETWORKS: En proceso de implementación de fibra óptica en la Región del Cusco desde el 2015; y en las Regiones de Ica y Amazonas desde el 2018.

- La empresa OROCOM: En proceso de implementación de fibra óptica en las regiones de Junín, Puno, Moquegua y Tacna desde el 2018.
- La empresa AMÉRICA MÓVIL: En proceso de implementación de fibra óptica en la región Lima desde el 2018.
- La empresa CONSORCIO BANDTEL: En proceso de implementación de fibra óptica en las Regiones de Huánuco y Pasco desde el 2019.
- La empresa CONSORCIO YOFC NETWORK: En proceso de implementación de fibra óptica en las Regiones de Arequipa, Ancash, La Libertad y San Martín desde el 2019.

En conclusión estos tipos de proyectos han presentado diversos desafíos y alta complejidad que no fueron bien dimensionados durante la concepción inicial del proyecto dado que asumieron ciertas premisas que finalmente no se cumplieron, y en consecuencia fueron afectando los tiempos de despliegues de estos proyectos de Redes Regionales:

- Las empresas de electricidad no aceptaron compartir su infraestructura, se fueron a mandato, esto ocasiono retrasos en la implementación.
- Problemas con la adquisición de terrenos, que igualmente impacto en los tiempos del proyecto.
- Los requerimientos técnicos contemplaron arquitecturas monolíticas en vez de soluciones cloudificadas. Por otro lado, no se consideraron sinergias con los proyectos que ya estaban en operación generando duplicidad de funciones tecnológicas como los sistemas de gestión, operación y mantenimiento de las redes de transporte.

Tabla 10: Estado de los Proyectos Regionales de Fibra Óptica

Proyectos Regionales											
Grupo	Región	Adjudicado a:	Km. De Fibra Óptica	Población Beneficiaria	Localidades Beneficiarias	Instituciones Beneficiarias	# Computadoras entregadas	Subsidio	Firma del contrato	Operación	
1	Lambayeque	TELEFÓNICA DEL PERÚ SAA	660	267,868	360	505 - total Instituciones educativas: 379 Comisarias: 18 Centros de salud: 108	2,021	US \$ 58,483,073	27/05/2019	Operando	
	Huancavelica	GILAT NETWORKS SAC	1,297	114,749	354	710 - total Instituciones educativas: 443 Comisarias: 23 Centros de salud: 244	2,482	US \$ 97,273,175	27/05/2015		
	Apurimac		1,224	137,331	285	668 - total Instituciones educativas: 409 Comisarias: 34 Centros de salud: 225	2,304	US \$ 82,660,950			
	Ayacucho		1,889	151,230	350	731 - total Instituciones educativas: 478 Comisarias: 21 Centros de salud: 232	2,643	US \$ 106,414,410			
2	Cusco	GILAT NETWORKS SAC	2,154	186,920	371	615 - total Instituciones educativas: 424 Comisarias: 44 Centros de salud: 147	2,311	US \$ 108,399,000	29/12/2015	En proceso de despliegue	
	Cajamarca	Proyecto en REFORMULACIÓN	2,209	334,187	811	1513 - total Instituciones educativas: 927 Comisarias: 91 Centros de salud: 495	Serresolvió el contrato a la empresa REDES ANDINAS. Actualmente el PRONATEL viene realizando los estudios para un nuevo proceso de adjudicación				
	Tumbes	Proyecto en REFORMULACIÓN	341	40,261	56	87 - total Instituciones: Educativas: 50, Comisarias: 08 Centros de Salud: 29	Serresolvió el contrato a la empresa REDES ANDINAS. Actualmente el PRONATEL viene realizando los estudios para un nuevo proceso de adjudicación				
	Piura	Proyecto en REFORMULACIÓN	1,946	306,996	449	715 - total Instituciones educativas: 463 Comisarias: 27 Centros de salud: 225	Serresolvió el contrato a la empresa REDES ANDINAS. Actualmente el PRONATEL viene realizando los estudios para un nuevo proceso de adjudicación				
3	Lima	AMERICA MOVIL PERÚ SAC	1,797	178,760	291	477 - total Instituciones educativas: 255 Comisarias: 21 Centros de salud: 201	1,497	US\$ 96,789,533.15	19/03/2018	En proceso de despliegue	
	Junin	OROCOM SAC	1,799	223,150	353	558 - total Instituciones educativas: 325, Comisarias: 12 Centros de salud: 221	1,858	US\$ 105,392,054.33	09/05/2018		
	Puno		2,719	219,095	471	958 - total Instituciones educativas: 635 Comisarias: 38 Centros de salud: 285	3,498	US\$ 131,007,824.67			
	Moquegua		549	19,262	66	107 - total Instituciones educativas: 69 Comisarias: 9 Centros de salud: 29	383	US\$ 28,542,980.68			
	Tacna		524	15,248	52	103 - total Instituciones educativas: 68 Comisarias: 11 Centros de salud: 24	375	US\$ 25,902,859.44			
	Amazonas		GILAT NETWORKS SAC	1,255	118,742	268	516 - total Instituciones educativas: 256 Comisarias: 42 Centros de salud: 218	1,540			US\$ 107,936,608.00
	Ica	GILAT NETWORKS SAC	836	64,224	81	116 - total Instituciones educativas: 50 Comisarias: 8 Centros de salud: 58	316	US \$ 45.606.261			
4	Huanuco	CONSORCIO BANDTEL	1,274	148,733	348	516 - total Instituciones educativas: 341 Comisarias: 14 Centros de salud: 161	1,880 (# de Centros de Acceso digital: 59)	US\$ 83,466,392.60	27/05/2019	En proceso de despliegue	
	Pasco		983	100,552	264	545 - total Instituciones educativas: 375 Comisarias: 15 Centros de salud: 155	2,045 (# de Centros de Acceso digital: 40)	US\$ 64,903,178.40			
	Arequipa	CONSORCIO YOFC NETWORK	2,694	134,551	252	442 - total Instituciones educativas: 268 Comisarias: 53 Centros de salud: 121	1514 (# de Centros de Acceso digital: 92)	US\$ 93,105,550.70	10/07/2019	En proceso de despliegue	
	Ancash		1,908	173,643	481	817 - total Instituciones educativas: 520 Comisarias: 28 Centros de salud: 269	9,467 (# de Centros de Acceso digital: 118)	US\$ 121.736,342.10			
	La Libertad		1,556	261,984	730	959 - total Instituciones educativas: 743 Comisarias: 30 Centros de salud: 186	3,931 (# de Centros de Acceso digital: 71)	US\$ 128,504,077.47			
	San Martín		1,280	174,557	220	371 - total Instituciones educativas: 215 Comisarias: 17 Centros de salud: 139	1,231 (# de Centros de Acceso digital: 61)	US\$ 68,404,902.93			

Fuente: MTC (2020)

3.3.2 Barreras que limitan el despliegue de Redes de Acceso

El déficit de antenas en el Perú se hizo evidente durante la cuarentena, los problemas de señal –no carga, retardos o cortes- sacaron a relucir el déficit de infraestructura en las redes de telecomunicaciones los cuales impactan en la reducción de la brecha de conectividad en el Perú. Según el informe de estimación de estaciones celulares preparado por el OSIPTEL (2017)¹⁶, el Perú tiene un déficit de infraestructura de 14 mil antenas por desplegar, al cierre del 2019 se habrían instalado 24,076 estaciones celulares y se proyecta que para el 2021 se necesitarían 36,513 antenas para soportar la demanda.

Figura 74: Estaciones Base Celular por Operador - 2020



Fuente: Elaboración propia – Datos extraídos del Diario “El Comercio” – 17 de Mayo (2020)

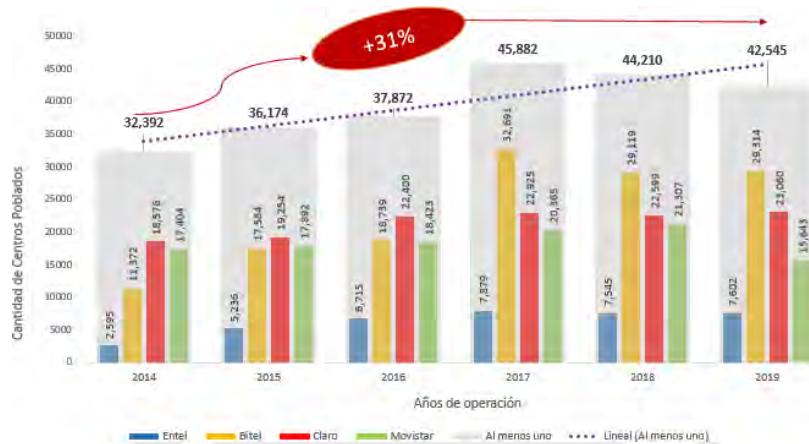
Según lo anterior, se observa que la tasa de crecimiento anual en instalación de antenas se ha reducido considerablemente, desde un 35% en el 2015 comparado con el 6,2% en el 2019, que equivale al despliegue de 1.399 antenas nuevas (mil menos que lo desplegado en el 2018).

Del mismo modo, la evolución de la cobertura móvil por centro poblado tuvo una tendencia creciente hasta el 2017, pero a partir de esa fecha la tendencia ha sido opuesta, es decir se ha venido reduciendo cada año. Para el cierre del 2019, la tasa decreciente fue del (-3.7%) respecto del 2018, es decir 1.665 centros poblados menos. En este caso el aumento en el número de antenas no implicó mayor cobertura, por lo que la explicación estaría en soportar mayores capacidades de transmisión en la red de los operadores para soportar la demanda de tráfico principalmente del consumo de datos.

¹⁶ Informe del número de Estaciones Base Celular (EBC) requeridas al año 2021 – Gerencia de Políticas Regulatorias y Competencia – OSIPTEL (2017)

Considerar que según el Censo Nacional del 2017 el Perú tiene un total de 94.922 centros poblados, de los cuales son 5 departamentos los que agrupan el mayor número de CCPP: Puno (9,9%), Cusco (9,4%), Áncash (7,8%), Ayacucho (7,8%) y Huancavelica (7,1%).

Figura 75: Evolución de la Cobertura Móvil por Centro Poblado - 2020



Fuente: OSIPTEL – Datos extraídos del Diario “El Comercio” – 17 de Mayo (2020)

Así mismo, según información del OSIPTEL, se observa que la región Lima, que tiene la tercera parte de la población, cuenta con 9,196 antenas instaladas, Arequipa cuenta con 1,347 antenas y La Libertad con 1,241 antenas. En casos de regiones fronterizas cuyas ciudades son menores como Tumbes cuenta con 191 antenas, mientras que Madre de Dios cuenta con 169 antenas entre todos los operadores.

Tabla 11: Número de antenas por Operador por Departamento - 2020

	MOVISTAR	CLARO	ENTEL	BITEL
Amazonas	211	46	24	69
Áncash	388	172	142	247
Apurímac	212	92	32	106
Arequipa	421	372	256	298
Ayacucho	314	130	59	153
Cajamarca	468	198	93	216
Cusco	356	306	137	274
Huancavelica	195	89	20	74
Huánuco	273	134	50	143
Ica	191	127	177	148
Junín	402	175	138	231
La Libertad	425	308	244	264
Lambayeque	260	120	142	174
Lima	2.401	2.452	2.678	1.665
Loreto	273	61	35	108
Madre de Dios	38	58	29	44
Moquegua	79	55	28	46
Pasco	92	50	18	71
Piura	432	174	212	277
Puno	295	223	119	230
San Martín	365	87	71	199
Tacna	129	64	59	103
Tumbes	59	44	34	54
Ucayali	102	50	46	71
TOTAL	8.381	5.587	4.843	5.265

Fuente: OSIPTEL – Extraído “El Comercio” – 17 de Mayo (2020)

Por otro lado, debemos considerar que el 5G usará las bandas milimétricas de espectro o bandas altas, que son óptimas para coberturas más cortas, baja latencia y para servicios de muy alta capacidad de transmisión de datos como por ejemplo la Banda Ancha Móvil mejorada (eMBB), pero con penetración en interiores limitado.

Estas bandas milimétricas requerirán una mayor densificación de antenas para asegurar la continuidad de servicios tanto indoor como outdoor. Estos despliegues de antenas requerirán una arquitectura más heterogénea de antenas masivas (MIMO) y celdas pequeñas.

El despliegue de celdas pequeñas constituirán grandes desafíos para los operadores, dado que no necesariamente se instalarían en techos o torres ya instaladas, estos irán al costado de edificios, postes o infraestructura existente en las calles. Esto conlleva cambios en los modelos de adquisición de nuevos sitios así como el establecimiento de acuerdos con empresas de infraestructura (como las empresas eléctricas) para reusar su infraestructura pasiva.

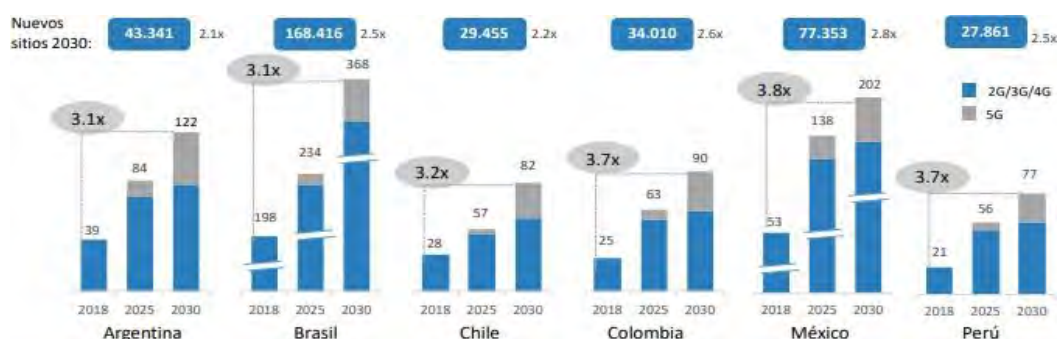
Al respecto, según Katz (2019) menciona que el despliegue del número de estaciones celulares tendría la siguiente proyección de crecimiento:

- Crecimiento de estaciones celulares 4G mantienen su tendencia de crecimiento.
- Las estaciones base (2G/3G) se irán reemplazando en el tiempo.
- El despliegue del 5G será lento e inicialmente usará la banda de 3.5GHz hacia fines del 2020.
- El uso de bandas milimétricas, por encima de 24 GHz, posiblemente sean licitadas durante el 2021 y puedan usarse durante el 2022.
- En el 2025 se cubrirían las primeras 3 grandes ciudades de cada país. Y para el 2030 se alcancen 15 ciudades principales.

Los resultados del análisis de Katz (2019) mostraron que Argentina necesitará 43,341 sitios nuevos (2.1 veces las actuales), Chile 29,455 (2.2 veces), mientras que Perú requeriría 27,861 sitios nuevos (2.5 veces).

Los resultados también mostraron un crecimiento de nuevas estaciones celulares de entre 3 a 4 veces para el 2030 (considerando que las celdas pequeñas cubrirían 225 Km² en zonas densamente pobladas y de 10 por cada macrocelda).

Figura 76: Proyección de Crecimiento Estaciones Base y Sitios 5G



Fuente: Katz (2019)

Es importante señalar que el número de estaciones celulares no necesariamente conllevará a un aumento proporcional del número de sitios, ya que en un sitio normalmente se pueden desplegar varias estaciones celulares, y también debe considerarse el efecto de compartición de infraestructura entre los operadores de Red. De otra manera, el despliegue de celdas pequeñas si requerirían nuevos sitios por sus características de servicio, los casos en que se reutilicen los sitios existentes serían mínimos.

A. Barreras por Trámites Administrativos de Gobiernos Locales

El 20 de mayo del 2007 se publicó en el Diario El Peruano la ley No. 29022, promovida por el MTC y cuyo fin fue de impulsar la expansión de la infraestructura en las redes de telecomunicaciones. Entre sus principales reglamentos establece que los operadores deben obtener las respectivas autorizaciones antes las entidades públicas de administración competentes (incluida los gobiernos locales) para desplegar infraestructura. Por otro lado, se establece que todos los requisitos sectoriales, regionales, municipales o de carácter administrativo, estarán sujetos al silencio administrativo positivo en un plazo de 30 días calendario. Asimismo, la normativa prevé tasas exigibles para la obtención de estas autorizaciones basados en costos reales.

A su vez, en Junio del 2016 se publicó la Ley No. 30477, cuyo objetivo es la de regular los procedimientos para la ejecución de obras de servicios públicos. Por la cual los operadores están obligados a solicitar a las municipalidades correspondientes la autorización para intervenir en espacios públicos bajos los parámetros y criterios establecidos en el reglamento. Así como establece que las entidades de Administración Pública adecúen sus TUPA en virtud de estos requisitos.

Sin embargo, dada la autonomía de las municipalidades, cada gobierno local ha emitido sus propias ordenanzas imponiendo condiciones adicionales sobre lo ya estipulado en la ley, volviendo el proceso

más restrictivo, poco transparente y altamente burocrático. Por otro lado, algunas entidades del estado o municipios ejercen su potestad y emiten sus propias interpretaciones de la Ley, por ejemplo es el caso del MINAM quién propuso en plena cuarentena establecer lineamientos para la prevención y control de radiaciones no ionizantes (RNI) generadas por las antenas. Si se aplica esta propuesta generaría duplicidad a lo ya realizado por el MTC, quien tiene una serie de normas y protocolos sobre radiaciones basados en las recomendaciones de la OMS y en la Comisión Internacional de Protección no Ionizante (ICNIRP).

Entre las principales características de barreras administrativas podemos mencionar:

- Múltiples ventanas de atención: Los requerimientos deben ser presentados a distintas entidades del gobierno, como el MTC, Municipalidades, Gobierno Regional, DGAC, MINAM, Ministerio de Cultura, SERNANP.
- Cada entidad plantea sus propias ordenanzas, esto ocasiona casos de duplicidad como el mencionado anteriormente con el MINAM y las radiaciones no ionizantes.
- Trámites que requieren documentación en físico: Algunas entidades del gobierno, como algunos municipios, aún no cuentan con capacidades técnicas y operativas que permitan implementar procedimientos digitales, por ejemplo, trámites o pagos electrónicos.
- Plazos de trámites mayores a lo establecido en la Ley.
- Algunas instituciones aplican tasas desproporcionadas.
- Falta de continuidad en las decisiones locales. Los cambios de autoridades pueden ocasionar cambios en las ordenanzas.

B. Barreras por percepción de riesgos en la salud en relación a las antenas

La masificación de las estaciones celulares (antenas) necesarias para brindar los servicios de telecomunicaciones han encontrado cierta oposición e incertidumbre en algunos sectores de la población a nivel mundial, debido a informaciones propagadas en las redes o medios de comunicación sobre los efectos de las radiaciones electromagnéticas y la salud de las personas.

Casos recientes han sido los divulgados en redes sociales, donde relacionan las antenas 5G, desplegadas en algunos países de Europa como causante de la propagación del virus COVID19. Estos ocasionaron la quema de antenas en algunas ciudades de Europa. En Perú, pobladores en Huancavelica retuvieron en junio del 2020 a 8 ingenieros que reparaban antenas en esa región (de la empresa GILAT Networks), usando el argumento que los retuvieron por estar instalando antenas 5G.

En tal sentido, la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) que es adjunta a la OEA, lanzó un comunicado en respuesta a estas mal informaciones (fake news), intencionadas o no, señalando lo siguiente (CITEL, 2020):

- Según los estudios de la FDA de EEUU y la OMS, así de otras organizaciones, señalan que hasta la fecha no se han encontrado evidencias científicas que vinculen la propagación de radiofrecuencia de los terminales móviles con problemas de salud, menos que el virus del COVID pueda propagarse a través de estas ondas radioeléctricas.
- La UIT ha realizado 350 estudios de investigación respecto a las bandas 5G y no ha encontrado relación entre la salud humana y los campos electromagnéticos usados por estas bandas, incluso en las bandas altas o milimétricas.

Por el contrario a lo que indican en los fake news, los efectos de la pandemia han mostrado el valor estratégico del desarrollo de las telecomunicaciones en el país, especialmente en las situaciones de emergencia y cuarentena, donde la mayoría de estudiantes pudieron seguir sus clases de manera virtual, los médicos pudieron seguir atendiendo a sus pacientes, algunos trabajadores pudieron mantener sus puestos laborales con el teletrabajo, las empresas que se adaptaron rápidamente a los TIC pudieron seguir ofreciendo sus productos por Internet, es decir, los servicios de las telecomunicaciones han permitido amortiguar los impactos ocasionados por esta pandemia.

Pero, ¿Porque se relaciona las ondas de radio como dañinas para la salud?, para responder a esta interrogante es necesario entender el concepto del espectro electromagnético, las ondas de radio y donde se ubican las radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Figura 77: El Espectro Electromagnético

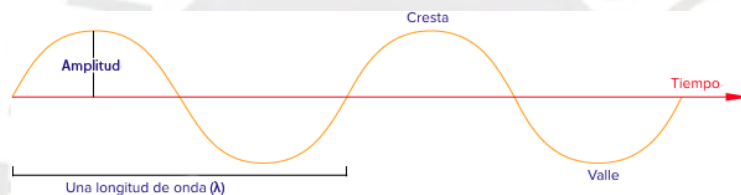


Fuente: GSMA (2017)

Como observamos de la figura anterior, las ondas de radio son un tipo de energía electromagnética, o radiación electromagnética, formada por campos eléctricos y magnéticos desplazándose en el espacio a través de distintos medios como el aire, agua, etc. Esta radiación se presenta en múltiples formas en la naturaleza y la vida cotidiana y viaja a través de ondas electromagnéticas, entre las formas más comunes tenemos a: la luz, microondas, radio, TV, celulares, WiFi, Bluetooth, etc.

Las ondas electromagnéticas son perturbaciones en un medio físico particular o en un campo que resultan en vibraciones u oscilaciones, estas consisten en dos ondas que oscilan perpendicularmente la una con la otra, una representa al campo magnético y la otra el campo eléctrico. Una onda tiene un valle (punto más bajo) y una cresta (punto más alto), la distancia entre la punta de la cresta y el eje central de la onda se le conoce como amplitud, y está relacionada con el brillo o intensidad de la onda (Khan academy, 2020).

Figura 78: Ondas Electromagnéticas



Fuente: Elaboración propia

La distancia horizontal entre dos crestas o valles consecutivos de la onda se conoce como longitud de la onda, cuanto más grande es la longitud de la onda menor es la energía que transmite. Es decir, la relación entre longitud de onda y energía son inversamente proporcionales. Otra magnitud importante es el Período de Oscilación (T), que representa al tiempo entre dos puntos equivalentes de onda, es decir, es el tiempo que demora una partícula en viajar de cresta a cresta. Por otro lado, existe otra magnitud que es la inversa del período llamado Frecuencia, y se define como el número de repeticiones que hace la partícula en un segundo, su unidad es el Hertz (Hz). Por lo que a mayor frecuencia se transmitiría mayor energía (relación directamente proporcional).

A su vez, de acuerdo con el nivel de energía que transmiten se clasifican en radiaciones IONIZANTES (por encima de 10^{15} Hz) y que son perjudiciales para la salud dado que tendrían la energía suficiente para ionizar la materia extrayendo los electrones de los átomos y moléculas, y las radiaciones NO IONIZANTES (debajo de 10^{12} Hz) y que tienen bajos niveles de energía. En el caso de la telefonía celular, la radiación es del tipo NO IONIZANTE dado que las frecuencias usadas están entre los 0.45 GHz y 30 GHz (10^9 Hz), es decir casi 1,000,000 de veces menos para llegar a ser una radiación ionizante.

En base al informe de la GSMA (2020), la OMS ha señalado que no solo la falta de conocimiento es la única razón para la oposición de estos avances tecnológicos con la salud, sino también las fallas de comunicación debido a las diferentes versiones de percepción de riesgo que no son adecuadamente informadas en las comunicaciones de los gobiernos, la industria y la universidad al público en general.

En resumen, existe una carencia de una política integral desde el Estado que mire y enfrente transversalmente este problema que involucra principalmente al sector Salud, Educación, Municipios, Universidades, Medios de Comunicación e Industria, dado que esto constituye una de las principales barreras al despliegue de infraestructura tanto en las redes de acceso como en las redes de distribución de fibra óptica o backhaul.

3.3.3 Barreras respecto a la Disponibilidad del Espectro

El espectro radioeléctrico es un recurso natural escaso y limitado, cuyo insumo en la prestación de los servicios de telecomunicaciones ha generado un impacto sobre el desarrollo de las TIC en la vida de las personas y en las actividades productivas. De hecho, la mayor parte del tráfico ya es transmitido mediante tecnologías inalámbricas, por lo que el espectro radioeléctrico se ha convertido en un insumo vital para el desarrollo del país, y por ende su gestión debe manejarse de una forma eficiente por parte del Estado (MTC, 2019).

Por otro lado, existe una tendencia de crecimiento exponencial en el uso de los servicios de banda ancha móvil en los operadores, el cual se aceleró debido a muchos factores: el uso de smartphones cuyas capacidades de gestionar ecosistemas de aplicaciones permiten que muchas de ellas se conecten independientemente a la red sin necesidad alguna de la intervención del propio usuario, aumento en el consumo de datos estimulado por los patrones de consumo de estas mismas aplicaciones, a lo que se suma el tráfico de las cosas como el IoT con servicios que requerirán mayores anchos de banda y comunicaciones masivas tipo máquina con necesidades de ultra confiabilidad y de baja latencia.

En ese sentido, reducir los costos de los insumos sería necesario para lograr que las inversiones en los despliegues de infraestructura puedan llegar no solo a las zonas urbanas sino también rurales. Entre las iniciativas para reducir estos costos tenemos: Compartición de infraestructura, uso de derecho de vías y la gestión del espectro (WEF, 2015)¹⁷.

En particular, los costos por el uso de espectro influyen significativamente en los despliegues de la red por parte de los operadores. Entre las variables que influyen en los costos tenemos: uso de las

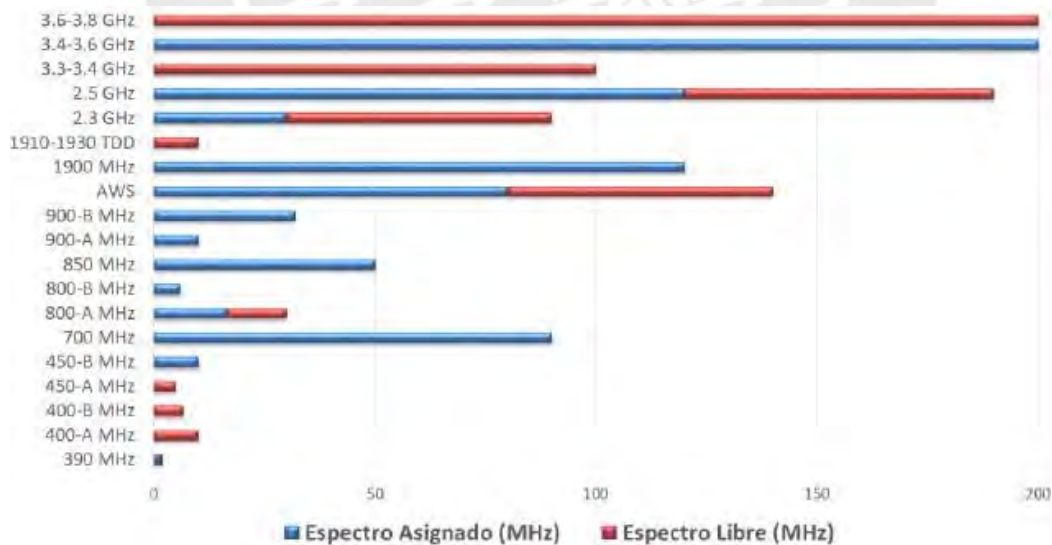
¹⁷ De acuerdo al informe “The Global Information Technology Report 2015” (WEF, 2015)

bandas de espectro apropiadas, planificación de la red y las obligaciones de cobertura. Una manera de reducir estos costos es por ejemplo seleccionando bandas de frecuencias bajas (ejemplo 700 MHz) cuyas características de propagación usando una estación celular ofrecerían mayor cobertura en relación a las bandas de frecuencias altas (ejemplo 2,500 MHz). Es decir, los operadores podrían desplegar menos estaciones celulares con mayor cobertura, bajo este escenario se cubriría también las zonas rurales. Cabe mencionar que si bien las bandas de frecuencias altas cubren menos cobertura, estas ofrecen mayores capacidades de transmisión para casos de uso más exigentes.

Por estas razones la asignación de más espectro contribuiría al desarrollo del ecosistema dado que posibilita la reducción de precios de los terminales para los consumidores y de los equipos de telecomunicaciones para los operadores de red, Por el contrario, el no realizar mayores asignaciones de espectro limitarían las capacidades en las redes de telecomunicaciones y considerando el aumento sostenido del tráfico impactarían en la calidad y experiencia de los usuarios, y posiblemente en el incremento de mayores costos en los servicios móviles.

La siguiente figura muestra el estado de las bandas bajas y medias (menores a 6 GHz), de las cuales se han atribuido a los operadores un total de 1,301.7 MHz., el 59% ya se encuentra asignado, mientras que el 41% que corresponde a 535.75 MHz se encuentra aún disponible.

Figura 79: Estado de uso de las bandas bajas y medias

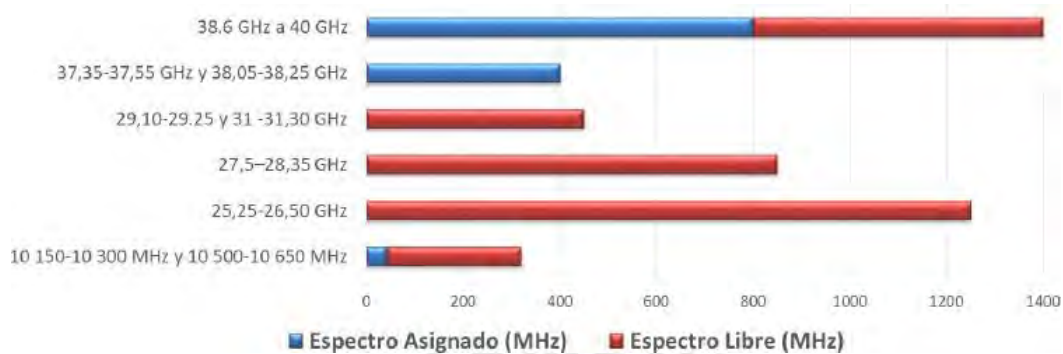


Fuente: Argandoña (2019)

Respecto a las bandas altas, el PNAF atribuyó a los operadores un total de 4.671 GHz de espectro, de los cuales un 27% se encuentra asignado, mientras que un 73% correspondiente a 3.429 GHz se

encuentra disponible (algunas de estas bandas tienen restricciones normativas para que sean usados en servicios de acceso fijo inalámbrico).

Figura 80: Estado de uso de las bandas altas



Fuente: Argandoña (2019)

En resumen, actualmente se tiene asignado 5.97 GHz de espectro, pero no todas las bandas están siendo utilizadas, de hecho solo 584.4 MHz estaría siendo usadas de forma masiva por los operadores. Las bandas de espectro usadas actualmente para los servicios móviles son: 700 MHz, 800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1900 MHz, AWS, 2.3 GHz y 2.5 GHz.

Figura 81: Cantidad de Espectro usado por los Operadores Móviles



Fuente: Elaboración propia (extraído de Argandoña, 2019)

A. Identificación de nuevas bandas para redes IMT

En el informe del OSIPTEL (2019), se identificaron una lista de bandas que estarían dentro del ecosistema de espectro del IMT para el despliegue de tecnologías 5G. Entre las que podemos mencionar:

Banda de 3.3 a 3.8 GHz

Esta banda conocida como la de 3.5 GHz, solo tiene asignado el espectro desde 3.4 a 3.6 GHz para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones. Según la 3GPP el espectro de 3.3 a 3.8

GHz es representado como la banda n78. Pero también ha considerado las bandas n77 y n79 que comprenden los rangos de 3.3 a 4.2 GHz y 4.4 a 5 GHz respectivamente (Argandoña, 2019).

Figura 82: Banda de 3.3 a 3.8 GHz

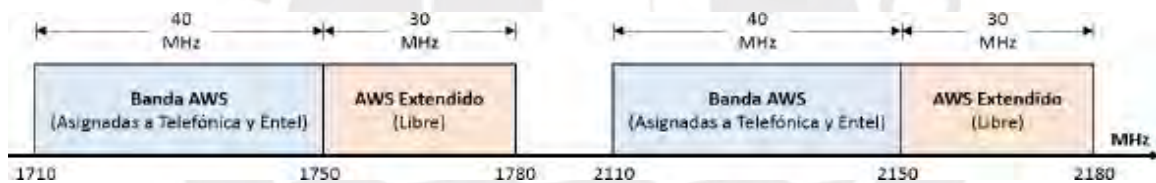


Fuente: Argandoña (2019)

Banda AWS Extendida

Esta porción de banda (30 + 30 MHz) aún no ha sido licitada y comprende el rango de 1750 a 1780 MHz y de 2150 a 2180 MHz. Tanto en EEUU como en Canadá denominan esta banda como AWS.3, y la licitaron en el año 2015.

Figura 83: Banda AWS Extendida

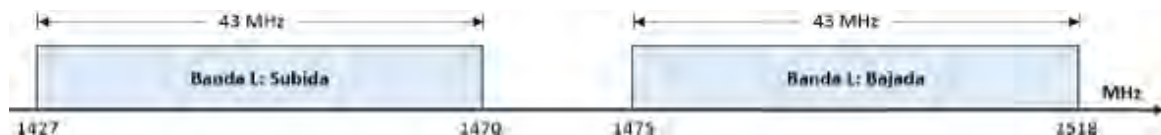


Fuente: Argandoña (2019)

Banda de 1500 MHz

La banda de 1500 MHz (Banda L) está ubicada entre 1427 a 1518 MHz, y ha sido identificada por la UIT como banda IMT. En 3GPP se denomina como banda 74 para LTE y n74 para 5G. Esta banda ha sido identificada en el PNAF en la nota P51A como banda IMT (considerar que esta banda aún no se encuentra canalizada).

Figura 84: Banda de 1500 MHz



Fuente: Argandoña (2019)

Banda de 600 MHz

Esta banda corresponde al “Segundo Dividendo Digital” cuyo espectro es usado por los canales de TV del 38 al 51, y están ubicados entre 614 a 698 MHz.

Figura 85: Banda de 600 MHz



Fuente: Argandoña (2019)

En el WRC-19 se confirmó que países como EEUU, Canadá, Colombia y México adoptaron esta banda para las tecnologías IMT. La Recomendación UIT-M 1036-6 publicado en el 2019 también identificó el espectro de 663 a 698 MHz y 617 a 652 MHz para tecnologías IMT.

Bandas milimétricas

La UIT identificó 17.25 GHz de espectro en las bandas milimétricas para 5G, de los cuales 14.75 GHz se encuentran armonizados a nivel mundial. Por el lado de la 3GPP, se identificaron cuatro bandas en el rango de 24.25 a 40 GHz para las redes 5G (n257, n258, n260 y n261). Estos rangos están alineados por la UIT.

Tabla 12: Bandas milimétricas según UIT

Rango de Frecuencias	Ancho de Banda (GHz)
24.25 – 27.5 GHz	3.25
37 – 43.5 GHz	6.5
45.5 – 47 GHz	1.5
47.2 – 48.2 GHz	1
66 – 71 GHz	5
Total	17.25 GHz

Fuente: Argandoña (2019)

B. Experiencias Internacionales en las Bandas IMT

La recomendación de la UIT publicada en Octubre del 2019, UIT-R-M.1036-6, identifica las bandas para el despliegue de las tecnologías móviles evolucionadas, denominadas IMT (Telecomunicaciones

Móviles Internacionales). Esta recomendación emite directrices para que los Estados realicen acciones en los arreglos del espectro de tal forma que permitan el despliegue de estas tecnologías.

Tabla 13: Bandas IMT

<p>1- Block < 1 GHz:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 450 MHz (450-470) b. UHF band (470-608) c. 600 MHz (610-69/698) d. 700 MHz (698-790/806) e. 800 MHz (790/806-902) f. 900 MHz (902-960) 	<p>2- Block from 1 to 6 GHz:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. L-band (1427-1518) b. 1.7/1.8 GHz (1710-1885)* c. 1.9 GHz (1885-2025) d. 2.1 GHz (2110-2200) e. 2.3 GHz (2300-2400) f. 2.5 GHz, C-band (2500-2690) g. 3300-3400 h. 3400-3500 i. 3500-3600 j. 3600-3700 k. 4.8 GHz (4800-4900) l. 4.9 GHz (4900-4990) 	<p>3- Block > 6 GHz (WRC-19):</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 24 250-27 500 b. 31 800 -33 400 c. 37 000 -40 500 d. 40 500 -42 500 e. 42 500 -43 500 f. 45 500-47 000 g. 47 000-47 200 h. 47 200-50 200 i. 50 400-52 600 j. 66 000-71 000 k. 71 000-76 000 l. 81 000-86 000
---	--	--

Fuente: UIT (2018)

Bandas 5G según 3GPP

A diferencia de la UIT, la 3GPP específico en el reléase 15 la nueva generación de los sistemas móviles como 5G, a la que asocio a su nueva interfaz de radio como NR (Nueva Radio). En la especificación 3GPP TS 38.104 del 2019, se definen dos rangos de frecuencia de operación:

Tabla 14: Bandas 3GPP – 5G

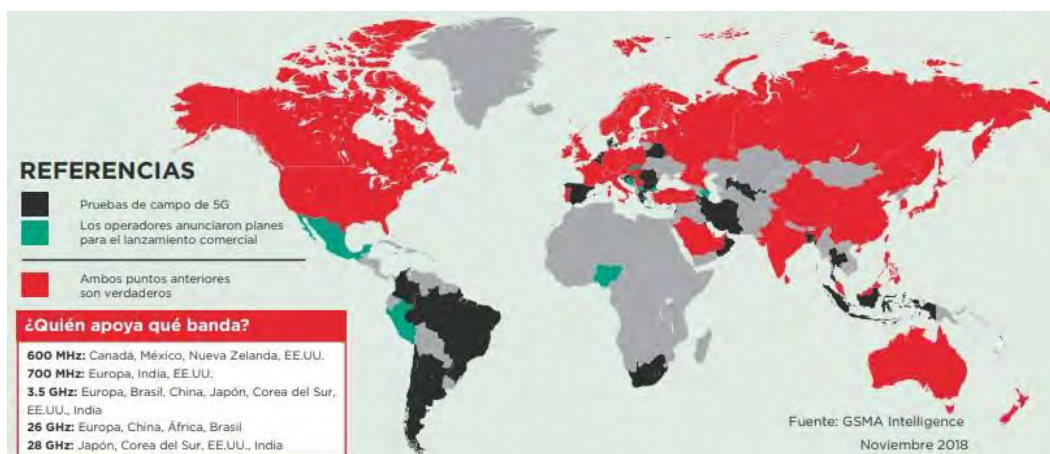
Tipo	Rango de Frecuencia
FR 1	410 MHz -7,125 MHz
FR 2	24,250 MHz – 52,600 MHz

Fuente: 3GPP (2020)

Algunas bandas asociadas en el FR1 ya se están usando en el Perú para las tecnologías de 3G y 4G. Por otro lado, las bandas n77, n78 y n79 se han venido posicionando para ser usadas en las tecnologías 5G y cuyo espectro suman en conjunto 1.5 GHz. Por otro lado, la 3GPP identifico espectro en las bandas del FR2 (24.25 a 29.5 GHz) que podrían habilitar un ancho de banda de 5 GHz.

Según el reporte “5G Market Snapshot” del 2019, se habrían lanzado comercialmente la tecnología 5G en 69 operadores usando el reléase 15 de la 3GPP. A su vez, 328 operadores en 109 países ya estarían realizando inversiones para el despliegue de esas redes en sus operaciones.

Figura 86: Planes para lanzamiento comercial de 5G en el mundo



Fuente: GSMA (2018)

Por otro lado, de acuerdo al informe del OSIPTEL, habría sido Corea del Sur el primer país en desplegar 5G en el mundo en abril del 2019, superando los 5 millones de usuarios a finales del 2019. En Corea del Sur se tendrían tres operadores que habrían desplegado esta tecnología en las bandas de 3.5 y 28 GHz, estos serían: SKT Telekom, KT y LGU+. Por otro lado, China también realizó su lanzamiento de 5G en Noviembre del 2019 con anchos de banda de 100 MHz en la frecuencia de 2.5 GHz para China Mobile, 3.5 GHz para China Unicom y China Telecom.

En América del Sur, fue Uruguay el primer país que lanzó comercialmente el servicio 5G en abril del 2019 usando la banda de 28 GHz con el operador ANTEL. En el caso peruano, el MTC dispuso bandas de frecuencia temporal para que los 4 operadores puedan hacer pruebas de sus despliegues de sus redes 5G en el Perú usando frecuencias medias (3.5 GHz) y altas (por encima de los 26 GHz) con anchos de banda de 100 MHz y 400 MHz para las medias y altas respectivamente.

Tabla 15: Asignación temporal de frecuencias para 5G en Perú

Operador	Banda de 3.5 GHz	Banda de 26 GHz	Banda de 28 GHz
América Móvil	100 MHz	400 MHz	-
Entel Perú	100 MHz	-	-
Telefónica	100 MHz	-	400 MHz
Viettel	100 MHz	400 MHz	-

Fuente: Adaptado de Argandoña (2019)

Según el informe de la GSA, desde el 2017 al 2019 se habrían realizado subastas de espectro para 5G en 17 países, entre los que se encuentran: Arabia Saudita, Australia, Corea del Sur, España, Finlandia,

Irlanda, Italia, Letonia, México, Omán y Reino Unido. Por otro lado, en 14 países se habrían realizado subastas con tecnología neutral, y se estima que entre el 2019 al 2021 40 países realizarían subastas de espectro para 5G.

3.3.4 Barreras Regulatorias respecto a la Compartición de Infraestructura

La compartición de infraestructura genera diversos beneficios en la industria dado que optimizan la utilización de activos de los operadores, así como reducen los costos y evita duplicar infraestructura innecesaria, permitiendo rentabilizar las redes. También reducen los tiempos de adquisición de sitios, así como también podría aumentar la competencia al brindar a los operadores acceso a sitios clave necesarios para competir en servicios y cobertura.

Existen dos tipos de compartición de infraestructura: Pasiva y Activa. La mayoría de los países permitieron y promovieron inicialmente la compartición pasiva entre los operadores, dado que es una práctica que reduce los costos de despliegue de red principalmente en zonas rurales. Estos mecanismos permiten estimular la migración a nuevas tecnologías así como aumentan la competencia entre los operadores y proveedores de servicios (por ejemplo los que se encargan de arrendar torres).

En el Perú se tienen diversos contratos de co-ubicación vigentes entre los distintos operadores, así como con empresas de otros sectores económicos, tales como los proveedores de energía e hidroeléctricas. Por ejemplo podemos mencionar al contrato entre la empresa Viettel con Luz del Sur y Edelnor para el uso de sus postes, así como el de Telefónica con la empresa Electro Noroeste (OSIPTel, 2020).

Por otro lado, en el mercado peruano también se cuentan con proveedores de infraestructura pasiva que se especializan en alquilar sus torres a los operadores móviles. Entre las empresas más conocidas en este rubro se tienen a: American Tower, Torrecom y Torres Unidas.

Respecto a la compartición activa, según datos del OSIPTel (2020), se cuentan con dos contratos de compartición activa de infraestructura:

- Entre Telefónica y América Móvil, relacionado al arrendamiento de puertos ópticos en los equipos DWDM que se encuentran entre dos o más nodos, y
- Entre Telefónica y Entel Perú, relacionado a la modalidad RAN Sharing o MORAN.

Por otro lado, la norma publicada en mayo del 2020 por el MTC también dispuso medidas que permiten la compartición activa de infraestructura, como el Roaming nacional y el arrendamiento de espectro, las cuales han sido declaradas como permanentes.

Respecto al arrendamiento de espectro, la norma permite alquilar el espectro radioeléctrico en el Perú. En ella establece que el arrendamiento tendría una vigencia máxima de 10 años, renovables cada 5, previa verificación de sus obligaciones contractuales. Esto permitirá que los operadores móviles puedan alquilar parte de su espectro radioeléctrico a terceros, pero no podrá otorgar a uno o varios arrendatarios todas sus frecuencias, puesto que está obligado a mantener un mínimo suficiente sujetas a metas de uso y cobertura.

La otra medida de compartición activa es permitir el Roaming nacional entre operadores, por las que un usuario podrá seguir conectado si es que su operador no tiene cobertura dado que se enlazará con la red del otro operador que si cuenta con cobertura.

A. Experiencias Internacionales Compartición de Infraestructura

EEUU

En el año 2015 la FCC asignó un rango de frecuencias para uso compartido de espectro cuyo rango varía desde 3550 a 3700 MHz, por la cual se tendría que usar el sistema de asignación dinámica de espectro bajo 3 niveles de acceso:

- El primer nivel, tendría que ser el de mayor prioridad y protegido contra interferencias. Este nivel estaba enfocado para los operadores que ya tienen licencia activa.
- El segundo nivel, se especificó como una prioridad a nivel de acceso (priority access) y estuvo enfocado para que los operadores desplieguen las antenas pequeñas.
- El tercer nivel, sería de acceso general, es decir cuando algún bloque de frecuencia no esté en uso por los operadores de los otros dos niveles.

MÉXICO

El consorcio conformado por las empresas Axtel y Megacable se adjudicó en el 2016 el proyecto “Red Compartida” en la modalidad MOCN.

BRASIL

En el año 2013, TIM – Oi acordaron compartir infraestructura activa pero sin compartir el espectro para sus redes 4G. Mientras que los operadores Vivo – Claro acordaron una compartición activa con espectro para cumplir con los requisitos de la subasta para el despliegue de sus redes LTE.

UNIÓN EUROPEA

En el año 2011 la ECC (Electronic Communications Committee) publicó un reporte de requerimientos sobre el uso compartido de espectro licenciado para los servicios de telecomunicaciones móviles. En ella se definieron dos propuestas de compartición de espectro tanto en el dominio del tiempo como en el geográfico:

- Modalidad LSA (Licensed Shared Access)

En esta modalidad, un operador podría acceder y usar el espectro de otro operador previo acuerdo comercial entre las partes y debe ser aprobado por su organismo regulador.

- Modalidad CUS (Collective Use of Spectrum)

Esta modalidad permite el acceso a un número ilimitado de usuarios en una zona determinada para que utilicen en el espectro al mismo tiempo (similar al uso de bandas no licenciadas). Estas contemplan ciertas restricciones para reducir interferencias, tales como el nivel máximo de potencia, terminales de usuario, entre otros.

REINO UNIDO

Según OFCOM (2014) la compartición de infraestructura está compuesta por dos grandes acuerdos comerciales entre los cuatro grandes operadores móviles:

- MBNL, es una Joint Venture compuesta por los operadores EVERYTHING EVERYWHERE y THREE, en donde se comparte la red de acceso de radio, tanto equipos activos como pasivos. Pero cada operador mantiene su propio espectro.
- CORNERSONTE, es un acuerdo entre VODAFONE y O2 para la compartición de infraestructura pasiva dividida por área geográfica.

SUECIA

La compañía Net4Mobility que es un Joint Venture de los operadores Telenor y Tele 2 se adjudicaron en el año 2009 la banda de 800 y en el año 2011 la banda de 1800 MHz usando la modalidad de uso compartido activo de espectro e infraestructura (MOCN).

DINAMARCA

La compañía TT-Network conformada como Joint Venture por los operadores Teliasonera y Telenor se adjudicó en el año 2012 un ancho de banda de 20 MHz en la banda de 800 MHz para el despliegue de su red LTE en la modalidad MOCN (Tafur J., 2017).

POLONIA

La compañía NetWorks que es un Joint Venture de los operadores T-Mobile Poland y Orange Poland firmaron un acuerdo en el 2011 para compartir su infraestructura en la modalidad MOCN en las bandas de 900 MHz y 1800 MHz que les permitía desplegar la tecnología LTE (Tafur J., 2017).

3.3.5 Barreras Regulatorias respecto a los nuevos servicios de comunicación vs el mandato de uso del SS7 en la Interconexión

La interoperabilidad de los servicios de telecomunicaciones entre las redes de distintos operadores permitió su desarrollo e hizo posible que los operadores conecten sus equipos, redes y servicios para posibilitar que sus consumidores tengan acceso a los consumidores, servicios y redes de otros operadores. Esto permitió soportar una gran variedad de prestaciones inicialmente con los servicios de voz tradicional, pero con la evolución de los sistemas móviles se fueron incorporando otros tipos de servicios como la mensajería y los datos.

Para soportar esta interconexión se requieren establecer mecanismos e intercambios de mensajes entre cada sistema de las redes de los operadores para asegurar el establecimiento y conexión de la llamada, a estos mecanismos se le conoce como Señalización. La señalización hace posible la conversación entre los usuarios, permitiendo establecer los flujos adecuados para el establecimiento y completación de las llamadas.

En el Perú, la señalización utilizada para la interconexión entre operadores es la Señalización N° 7 (SS7), se trata de un sistema estandarizado por la UIT y se encuentra especificado en la Recomendación Q.700 de la UIT-T.

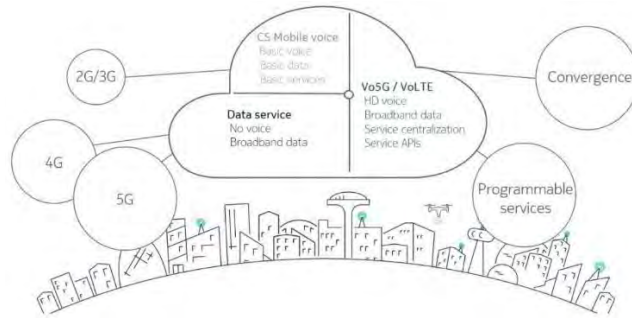
El Plan Técnico Fundamental de Señalización (PTFS), normado por el MTC definen los lineamientos de señalización que deben cumplir los operadores para interconectar sus redes. Su alcance es nacional y de obligatorio cumplimiento, y ha definido el protocolo de señalización 7 (SS7) como el protocolo que debe ser usado por los operadores para interconectar sus redes de telecomunicaciones.

Por otro lado, el SS7 es un protocolo orientado a circuitos y permite el establecimiento de las llamadas, información sobre tasación, entre otros fines. Este protocolo está limitado para ofrecer servicios de comunicación diferenciados basados en paquetes, es por ello que el MTC en su informe del Plan de Actualización del PTFS proponen una serie de medidas que permitan usar otros tipos de protocolos basados en IP (Internet Protocol) de tal forma que aseguren un marco de convergencia de redes y servicios.

Actualmente los operadores de red están en proceso de despliegue de sus redes 4G o LTE en todo el país. Estas nuevas redes traen consigo nuevas formas de comunicación como los servicios de Voz de alta calidad y Voz sobre redes WiFi, a estos servicios se les conoce comercialmente como VoLTE y VoWiFi respectivamente. Actualmente estos servicios funcionan solo para los usuarios que están dentro del mismo operador dado la limitación del SS7 para estos nuevos tipos de comunicación basadas en IP.

Si bien VoLTE ya es una realidad en Perú, y no existe interoperabilidad por lo mencionado anteriormente, en el futuro vendrán nuevas formas de comunicación que no solo mejorarán la fluidez y latencia en las llamadas sino que también soportarán videollamadas.

Figura 87: Nuevos Servicios de Comunicación



Fuente: Ericsson (2020)

A esto se le denomina VoNR (Voz sobre Nueva Radio), y es una solución de voz y vídeo que funciona bajo la infraestructura de la red 5G. Mientras que LTE y VoLTE eran tecnologías de voz a través de redes 4G, con el VoNR tenemos la equivalencia pero con las “nuevas radios”, soportados por los fabricantes en los teléfonos móviles de última generación.

Algunas de las ventajas del VoNR es el uso de la ultra alta definición (UHD) en aplicaciones, música o videoconferencias. Esta tecnología permitirá un mejor soporte en las comunicaciones de tiempo real como el RCS (Rich Communications Services), y prometen ser más seguras que las soluciones de videollamadas como Skype o Zoom, que son intermediarios y por ende usando estos servicios de internet existirían un mayor riesgo y vulnerabilidad en las comunicaciones.

Por lo expuesto, el MTC deberá explorar cuáles son las tendencias internacionales respecto a si se debe colocar como mandato protocolos de señalización. En ese sentido, por ejemplo tanto en Chile como en Colombia se permite que los operadores puedan negociar libremente el protocolo de señalización que utilicen para interconectarse siempre y cuando el mismo garantice su inter funcionamiento y la interoperabilidad de sus servicios y plataformas.

Por ejemplo, en el caso de Colombia existe una Resolución No. 3101 del 2011, en donde en su artículo 20 mencionan sobre el uso de protocolos de interconexión, los cuales establecen que: “Los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones podrán hacer uso de la interconexión de los protocolos SS7, SIP, H.323 de acuerdo con lo definido en las recomendaciones y estándares por la UIT, ETSI, IETF, y que son de aceptación internacional”.

Por otra parte, el PTFS de Ecuador deja abierta la posibilidad para que los operadores negocien protocolos diferentes en la interconexión y solo informen a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) tales acuerdos. El SENATEL es el encargado de administrar el Plan Técnico Fundamental de Señalización en Ecuador. El PTFS en Ecuador sugiere el uso de protocolos SS7, H.323, SIP, SDP, MGCP y MEGACO/H.248 para el tráfico de voz dado que reconoce la tendencia general de servicios basados en tecnologías IP.

En el caso de México si bien definen al PAUXI-MX como protocolo de interconexión, si contemplan una excepción en caso exista común acuerdo entre los operadores de red para establecer un protocolo que permita cumplir con el envío de la información requerida. En este caso, en México no ven necesario establecer los protocolos pues especifican de manea general los conceptos que aplicarán como un protocolo de señalización para interconexión. Su definición de protocolo es la siguiente: “es el conjunto de mecanismos de intercambio de mensajes en las redes de señalización necesarios para establecer la comunicación entre usuarios y para realizar las distintas funciones de administración y control en las mismas”.

De la revisión internacional de los países en Latinoamérica, se evidencia que la regulación respecto al protocolo usado en los enlaces de interconexión está abierta a la elección de lo que negocien libremente los operadores involucrados teniendo en cuenta que no se afecte la calidad del servicio y se garantice la interoperabilidad. En ese sentido, sería necesario que el MTC actualice el PTFS de tal forma que permita evolucionar a otras interfaces que soporten la convergencia de servicios de voz, datos y multimedia, y no coloque como mandato ningún protocolo solo recomendar que éstos utilicen estándares de aceptación internacional como la UIT, ETSI, IETF y 3GPP.

3.3.6 Barreras respecto al Desarrollo en Industrias Verticales

Con el 5G se prevé un aumento exponencial en el consumo del volumen de datos, pero sus características técnicas permitirán que estas transacciones inalámbricas no sufran impacto en su rendimiento, además la segmentación de las redes permitirán tener comunicaciones especializadas para dispositivos o servicios que requieran funcionalidades de baja latencia y alta confiabilidad.

De esta forma, la tecnología 5G se presenta a sí mismo como un catalizador de transformaciones trascendentales de naturaleza digital y social, cuyos beneficios serían la masificación de la Banda Ancha y servicios móviles, la habilitación de tecnologías emergentes (IoT, Blockchain, Big data, etc.) permitirán la creación de nuevos modelos de negocios verticales. Todo ello permitirá reducir las brechas de comunicación tanto de acceso como de cobertura.

A continuación mencionamos algunas de las barreras identificadas por cada sector industrial y que deberían abordarse como políticas públicas (Katz, 2019):

Tabla 16: Barreras por Sector Industrial

<p><u>Sector de Agricultura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Escasa cobertura y capacidad en áreas remotas. • Acceso y costos del RDNFO • Bajo desarrollo de servicios y aplicaciones 	<p><u>Sector Minero:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pobre calidad Indoor. • Altos costos de implementación Indoor. • Falta de confiabilidad en las redes. • Normalmente usan espectro no licenciado (temas de seguridad y capacidad).
<p><u>Sector Manufacturero:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemas de latencias y confiabilidad en la conectividad. • Capacidad y cobertura limitada 	<p><u>Sector Construcción:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemas de cobertura y capacidad en zonas remotas • Bajo desarrollo de aplicaciones del sector
<p><u>Sector Comercio y Logística:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Limitaciones en seguimiento de equipos y personas en tiempo real • Escaso desarrollo de soluciones en este sector 	<p><u>Sector Transporte:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemas de capacidad por alta saturación de terminales conectados a hotspot • Barreras en despliegues de estaciones celulares y small cells
<p><u>Sector Salud:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Restricciones de conectividad para servicios que requieren baja latencia y ultra confiables para diagnósticos y cirugías remotas. • Falta de cobertura en muchas zonas rurales. • Bajo desarrollo de aplicaciones 	<p><u>Sector Educación:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Limitada cobertura en zonas rurales • Escasas aplicaciones orientadas a educación remota
<p><u>Sector Financiero y Mercados:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Limitada cobertura en áreas remotas • Bajo nivel de inclusión financiera • Problemas sobre privacidad y seguridad de la información de los datos 	<p><u>Sector Inmobiliario:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Barreras en la instalación de estaciones celulares

Fuente: Katz (2019)

En resumen, entre las políticas públicas que pueden destacarse es la relacionada a la disponibilidad del espectro en las bandas bajas, medias y altas para proveer conectividad masiva y continua de la Banda Ancha y soportar los diversos casos de uso del Internet de las Cosas. Esta debe ir acompañada con el desarrollo de las TIC en todas las industrias verticales que permitan la digitalización de la producción, el desarrollo de ciudades inteligentes, servicios de salud, automatización industrial, vehículos autónomos, etc., de tal forma que se permita alcanzar la transformación digital en el país.

3.3.7 Barreras para el acceso de los usuarios

Entre las principales barreras para el acceso a la banda ancha por parte de los usuarios podemos mencionar:

- Temas de asequibilidad: relacionada a las restricciones presupuestarias para el acceso a computadoras y servicios de telecomunicaciones, debido al bajo poder adquisitivo de un sector importante de la población identificadas en el Plan Nacional para el desarrollo de la Banda Ancha en el Perú (Gobierno del Perú, 2011).
- Limitada generación de contenido y aplicaciones digitales referidas a: Gobierno electrónico, Educación, Salud, etc., en general de contar con contenido y aplicaciones de gran valor social para la población, así como escaso contenido para los pequeños negocios que pueda impulsar su digitalización y/o automatización de procesos (relacionados a la apropiación).
- Temas de alfabetización digital: relacionada a la carencia de habilidades y capacidades de la población y de las pequeñas y medianas empresas para el mejor aprovechamiento de las potencialidades de la Banda Ancha, esto debido a la falta de formación y capacitación a nivel educativo (Gobierno del Perú, 2011).
- El uso indebido de los servicios de Banda Ancha por parte de revendedores informales que saturan las redes y afectan la calidad de servicio de las mismas.

4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA ESTRUCTURAL – ANÁLISIS PROSPECTIVO E IDENTIFICACIÓN DE POLÍTICAS

4.1 METODOLOGÍA MICMAC – ANÁLISIS PROSPECTIVO

La investigación exploratoria (investigación cualitativa) permite desarrollar una visión general, a manera de aproximación, con respecto a un contexto en particular (Kotler P., Keller K., 2012). Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema sobre el que se quiere obtener más detalles no ha sido explorado de manera integral o no se cuentan con datos suficientes dado que son proyecciones a futuro.

En ese sentido, debido a que la presente investigación trata de explorar los impactos y recomendaciones de una tecnología futura como el despliegue del 5G en el mercado peruano, se consideró utilizar la metodología “PROSPECTIVA” usado generalmente para estudios sociales, identificación de políticas públicas y/o estudios en la universidad. El término etimológico de “prospectiva” proviene del latín “prospectare” que significa: Pro (adelante) y Spectare (mirar mejor).

Según la OCDE define la prospectiva como: “tentativas sistemáticas para observar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías o métodos emergentes que probablemente produzcan los mayores beneficios económicos y/o sociales”.

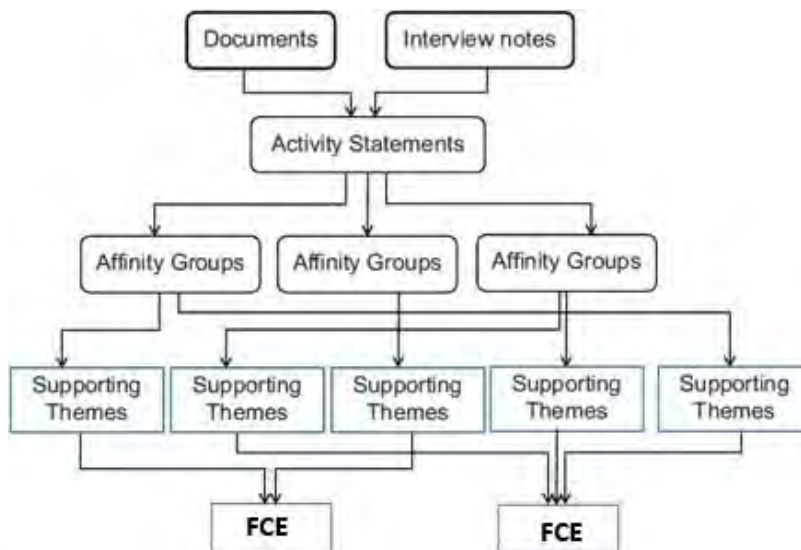
El método cualitativo de la prospectiva utiliza un análisis estructural y su enfoque es tratar de identificar Factores Críticos de Éxito (FCE), el más conocido es el de Caralli, quién presenta un enfoque más estructurado para analizar información e identificar en base a matrices los FCE o las políticas o factores de cambio resultantes (Caralli, 2004). De manera general, el enfoque de Caralli se basa en la revisión documentaria incluyendo experiencias y la realización de encuestas, ya que estos proporcionan la fuente básica de datos a partir del cual se identifican los FCE de una empresa o incluso de un sector industrial.

Para aplicar el método de los FCE, se considera que el grupo a entrevistar está compuesto por expertos de la industria, y la información de las variables que cada grupo pueda identificar es analizada y organizada en grupos por afinidad, de tal forma que los FCE se identifiquen de una manera más eficiente. En resumen, el método propuesto por Caralli para identificar los FCE está compuesto por cinco actividades básicas:

1. Definir el alcance

2. Recopilar los datos
3. Analizar los datos
4. Obtener los FCE
5. Analizar los FCE

Figura 88: Método para identificar los FCE



Fuente: Caralli (2004)

4.1.1 El Método Estructural MICMAC

La prospectiva posee herramientas metodológicas que sistematizan las opiniones colectivas sobre el futuro y la construcción de imágenes o escenarios de futuro (Godet, 2011). En tal sentido, una de las herramientas más usadas es el método estructural MICMAC, el cual se encarga de analizar de manera cualitativa las relaciones entre las variables de un ecosistema dentro de una empresa, industria, país, etc. Estas se apoyan sobre los juicios y valoraciones cualitativas de actores y expertos que son parte del ecosistema.

El MICMAC es un método elaborado por M. Godet y J.C. Duperrin, y significa: “Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación” (Godet, 2007). Su objetivo es identificar las principales variables, influyentes y dependientes; así como las variables esenciales para la evolución del sistema. Son tres fases las que se aplican en el método del MICMAC según Godet (1997):

- Fase 1: Se realiza el listado de las variables, estas se obtienen de las entrevistas a los expertos.
- Fase 2: Corresponde a la descripción de relaciones entre variables del sistema
- Fase 3: Es la identificación de las variables clave (FCE) y sus categorías e interpretación.

4.1.2 Identificación de Actores o Stakeholders

Para el análisis de esta investigación se utilizaron documentaciones obtenidas de instituciones internacionales (CAF, BID, BM, CEPAL, 5G AMERICAS, GSMA, 3GPP, ETSI y UIT), así como nacionales (MTC, OSIPTEL, Tesis de Maestría PUCP). Pero si bien esta investigación permite desarrollar una visión general, a manera de aproximación de políticas respecto a lo que se puede aplicar en la realidad peruana, está no permitiría formular si la hipótesis es cierta o falsa sino consideramos realizar una evaluación cualitativa a través de contrastar las políticas con los actores que intervienen en este ecosistema.

Debido a ello, se planteó realizar una encuesta a expertos de la industria que intervienen en el sistema como representantes del: OSIPTEL, MTC, Empresas Operadoras, de las Empresas de Infraestructura, de los Proveedores Tecnológicos y de especialistas en la Academia. El consolidado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17: Expertos que respondieron la Encuesta

País	Grupo de Interés	Posición
Perú	Gobierno	Director de Regulación
Perú	Gobierno	Director Ejecutivo
Perú	Gobierno	Supervisor Principal
Perú	Academia	Docente Ingeniero
Perú	Academia	Docente Ingeniero
Perú	Academia	Docente Ingeniero
Perú	Academia	Docente Economista
Perú	Operador	CTO
Perú	Operador	Jefe de Ingeniería
México	Operador	Director de Operaciones
EEUU	Operador	Principal Data Scientist
Perú	Proveedor Infraestructura	Gerente de Proyectos
Perú	AFIN	Gerente General
Perú	Proveedor Tecnológico	CEO
Peru	Proveedor Tecnológico	Gerente
Perú	Proveedor Tecnológico	Supervisor
Perú	Proveedor Tecnológico	Gerente

País	Grupo de Interés	Posición
Perú	Proveedor Tecnológico	Telecom Consultant
EEUU	Proveedor Tecnológico	Telecom Consultant
EEUU	Proveedor Tecnológico	Telecom Consultant
EEUU	Proveedor Tecnológico	Gerente
España	Proveedor Tecnológico	Consultor
EAU	Proveedor Tecnológico	Director

Fuente: Elaboración propia

De un total de 51 expertos que se les envió la encuesta, se obtuvo las respuestas de 23 de ellos. Estos fueron agrupados según la afinidad e interés:

- Grupo G: Agrupa a los entrevistados que representen a la posición del Gobierno: MTC y OSIPTEL
- Grupo O: Agrupa a los entrevistados que representen a las empresas privadas que proveen servicios finales: Operadores (Móviles, Rurales), Empresas de Infraestructura y la posición de la agrupación de empresas privadas que fomentan el desarrollo de la infraestructura (AFIN).
- Grupo P: Agrupa a los entrevistados que representen a los proveedores tecnológicos (que proveen de equipos y/o servicios a los del grupo O).
- Grupo A: Representa a la Academia y están las posiciones de docentes de ingeniería y economía de las tres principales universidades del país.
- Grupo D: Representa a la “Documentación” recopilada en la presente tesis (obtenidas de la CAF, BID, BM, CEPAL, 5G AMERICAS, GSMA, 3GPP, ETSI y UIT. Así como de instituciones nacionales: MTC, OSIPTEL, Tesis de Maestría en la PUCP, informes del CIP e INICTEL).

Figura 89: Agrupación por Grupos de Interés



Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Obtención de las Variables

El objetivo de la encuesta fue la de obtener las variables que cada uno de los distintos actores propone como políticas públicas para fomentar el despliegue de estas redes. Para ello se realizó un cuestionario de 12 preguntas enfocadas a los siguientes puntos (ver detalle en Anexo 01):

1. Identificación de trabas y barreras que limitan los despliegues de infraestructura sea de acceso o de fibra óptica
2. Recomendación de políticas para reducir estas barreras, que permitan mejorar el proceso actual y que ayuden a fomentar su despliegue.
3. Identificación de medidas que permitan incentivar la habilitación de otras tecnologías emergentes que ayuden al desarrollo de las industrias verticales.
4. Identificación de mecanismos eficientes en compartición de infraestructura.
5. Identificación de los impactos en el espectro y las medidas que permitan asegurar los despliegues de estas redes.
6. Identificación de políticas regulatorias que se encontrarían desfasadas dada la evolución de comunicaciones basadas en IP.
7. Identificar mecanismos de eficiencia en el Plan de Transformación Digital.
8. Proponer alguna otra variable faltante en la investigación.

Una vez realizado esta agrupación por afinidad, se procedió a consolidar los comentarios e identificar las propuestas de políticas públicas por cada grupo de interés (ver Anexo 02). Para evitar considerar los sesgos o planteamientos que no guardan relación con el análisis de la investigación por parte de cualquiera de los grupos se consideró aplicar las siguientes compuertas lógicas:

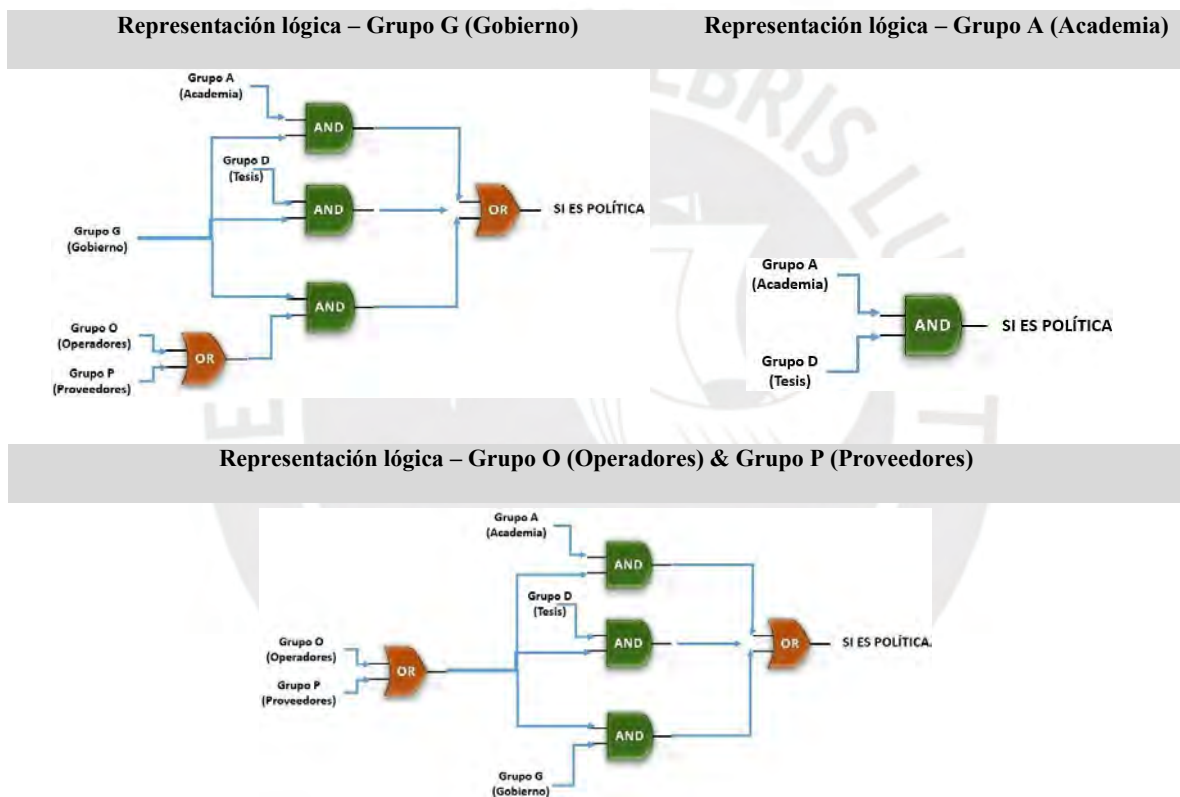
- Se considerarían las políticas del Grupo G, representado por el Gobierno, si estas políticas se encuentran alineadas o en el mismo sentido de por al menos UNO de los GRUPOS anteriores.
- Se considerarían tanto las políticas del Grupo O y del Grupo P, representado por los Operadores/Infraestructura y Proveedores Tecnológicos respectivamente, si estas políticas se encuentran alineadas o en el mismo sentido de por al menos UNO de los siguientes grupos: Grupo G del Gobierno, Grupo A de la Academia, o Grupo D de la documentación de la tesis. El motivo de juntar las propuestas del Grupo O y el Grupo P es porque presentan un mayor grado de afinidad, dado que los Operadores usan las soluciones de los Proveedores Tecnológicos.

- Finalmente, se considerarían las políticas del Grupo A, representado por la Academia si es que guardan afinidad con las propuestas del Grupo D de la documentación de la tesis.

Para representar gráficamente esta metodología se utilizó las compuertas lógicas “AND” y “OR”, en donde:

- AND: Es positivo o si representa una opinión no sesgada, si es que las dos entradas son positivas o tienen concordancia de propuestas.
- OR: Es positivo, si es que al menos una de las entradas es positiva.

Figura 90: Representación lógica por Grupos de Afinidad



Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Listado de Variables

En base a las respuestas de los expertos se obtuvieron 20 variables que podrían convertirse en potenciales políticas. Estas fueron ingresadas en la herramienta MICMAC con la siguiente descripción:

Tabla 18: Listado de Variables de la Encuesta

No.	Potencial Política	Id MICMAC
01	Políticas sobre despliegues de las redes de acceso	antena
02	Reformulación de la RDNFO	fibraopt
03	Establecer fast track de procesos	Fasttrack
04	Políticas que permitan habilitar las Industrias Verticales	Industria
05	Fomento de la investigación interdisciplinaria	educación
06	Plan Nacional de Transformación Digital	Transforma
07	Sobre Gestión y disponibilidad de Espectro	espectro
08	Medidas de compartición de infraestructura	Comparti
09	Implementar ventanillas únicas	Ventanas
10	Dinamizar la competencia de Banda Ancha e Industrias Verticales	Competen
11	Neutralidad de red respecto al Network Slicing	Neutralida
12	Impactos del mandato SS7 en Interconexión para nuevas comunicaciones	Intercon
13	Promover nuevos modelos de inversión en redes	Financia
14	Sandbox regulatorios	Sandbox
15	Alfabetización digital	Alfabeti
16	Asequibilidad de equipos terminales	Asequib
17	Políticas sobre las licitaciones y hojas de ruta de espectro	Licitación
18	Entrega de equipos terminales a zonas rurales	Equipos
19	Regular y supervisar la calidad de los servicios de telecomunicaciones	Calidad
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	Seguridad

Fuente: Elaboración propia

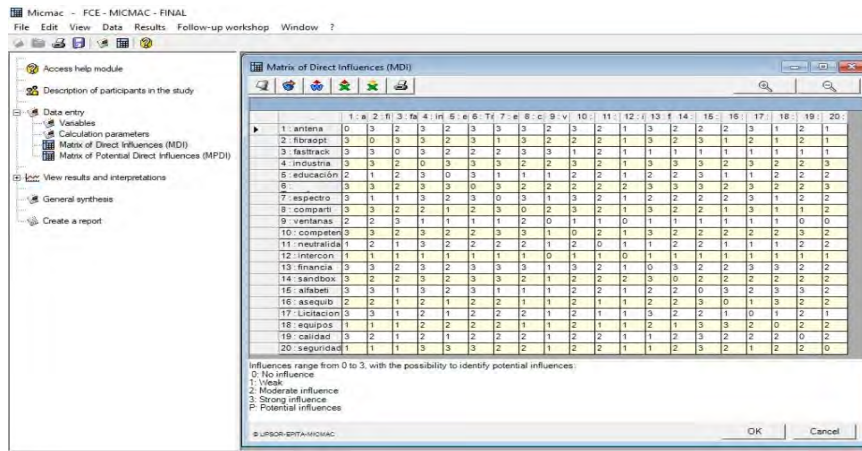
Siguiendo la metodología estructural, estas 20 variables son ingresadas en la matriz de valorización directa del MICMAC, obteniendo como resultado una matriz de 20 x 20, en donde se procede a valorar la influencia y/o dependencia de una variable con respecto a la otra, considerando los siguientes valores:

- 0: Indica que no existe influencia entre las dos variables
- 1: Influencia débil
- 2: Influencia moderada

- 3: Influencia fuerte
- 4: Potencial influencia (si es que a futuro se prevé que esta variable pueda influenciar)

Con la estructura de la matriz de valoración 20 x 20, se realizó una segunda encuesta (ver Anexo 03), para ello se envió el cuestionario a un representante de cada grupo de interés (Grupo G, Grupo O, Grupo P y Grupo A) para que realicen la valoración de influencia y dependencia de las 20 variables. El resultado fue luego ponderado para obtener la matriz de valoración final (ver Anexo 04):

Figura 91: Matriz de Valoración 20 x 20 – MICMAC

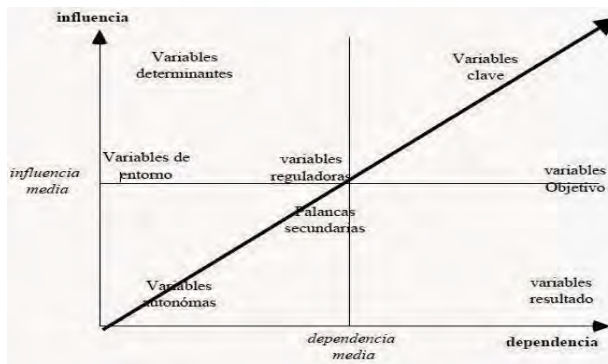


Fuente: LIPSOR – EPITA – MICMAC

4.1.5 Identificación de los Factores Críticos de Éxito (FCE)

Los resultados de la evaluación del plano de influencia y dependencia del MICMAC permiten identificar cuáles son las variables motrices o dependientes y su grado de influencia en el análisis en cuestión. La combinación de estos resultados es la que define a las variables según sus tipologías. De acuerdo a su disposición en el plano nos ofrece una aproximación de las variables a ser analizadas.

Figura 92: Matriz de Influencia y Dependencia – MICMAC



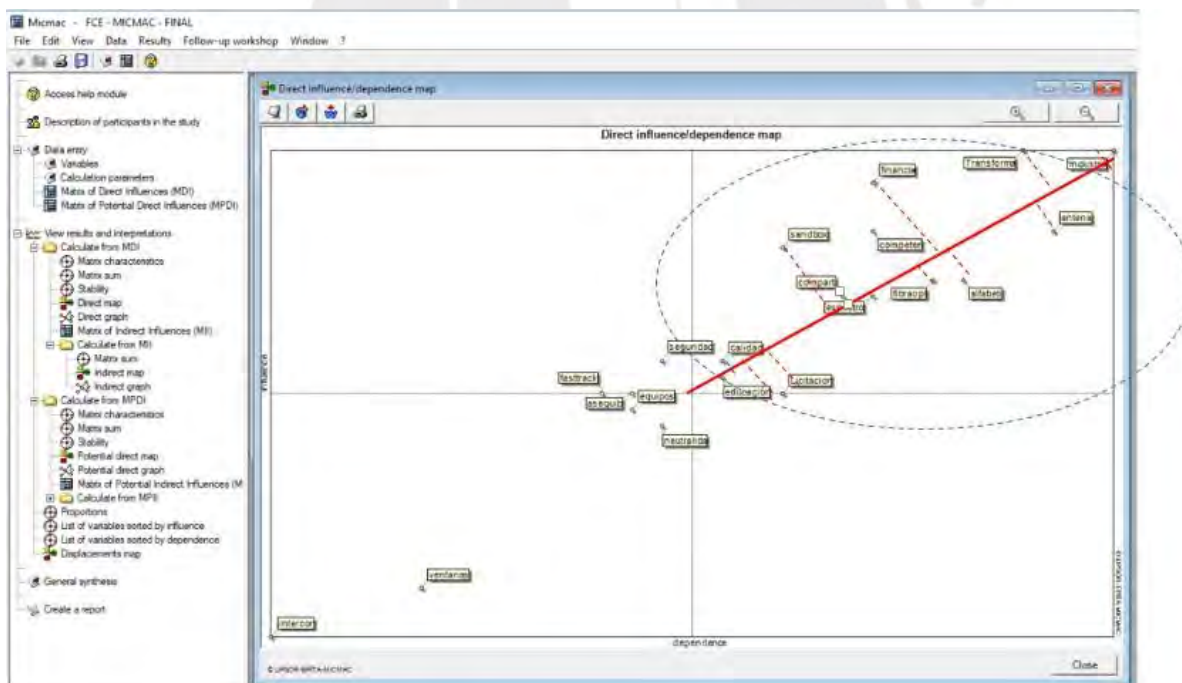
Fuente: Godet (1997)

- **Variables Determinantes:** Se ubican en la parte superior izquierda del plano y representan las variables que pueden convertirse en propulsoras o inhibidoras del sistema. El objetivo es que sean las propulsoras y determinen las conductas adecuadas del sistema.
- **Variables de Entorno:** Ubicadas cerca al eje x de la parte izquierda del plano y representan a las variables con escasa dependencia del sistema. El objetivo sería convertirlos en un valor agregado.
- **Variables Regulatoras:** Se ubican en la zona central del plano y se convierten variables que sirven como palancas para alcanzar el cumplimiento de las variables clave. Estas determinan el buen funcionamiento del sistema en condiciones normales, por los que estas variables son las que se monitorean periódicamente.
- **Palancas Secundarias:** Son complementarias a las regulatoras y se ubican por debajo de estas. Su actuación sobre estas significa impulsar las variables regulatoras que a su vez impactarán en las variables clave.
- **Variables Autónomas:** Ubicadas en la parte inferior izquierda representan a las variables que son poco influyentes y poco dependientes y no constituyen parte determinante para el futuro del sistema. Se consideran como de tendencias pasadas o inercias del sistema o desconectadas de él.
- **Variables Resultado:** Se caracterizan por su baja motricidad y alta dependencia. Estas se ubican en la parte inferior derecha y suelen ser junto con las variables objetivo los indicadores descriptivos de la evolución del sistema.
- **Variables Objetivo:** Estas variables se ubican en la parte central y a la derecha del plano de influencia y dependencia. Estas son muy dependientes y medianamente influyentes, por lo que en ella se puede influir para que su evolución sea aquella que se desea.
- **Variables Clave:** Estas variables se ubican en la parte superior derecha del plano de influencia y dependencia. Se caracterizan por ser muy motrices y muy dependientes y perturban el funcionamiento del mismo sistema. Se considera a estas variables como los Factores Críticos de Éxito (FCE) para el funcionamiento del sistema y su importancia se da en los FCE que se encuentran más cerca de la diagonal de ese cuadrante.

Para el análisis de las palancas de políticas públicas se utilizan las variables obtenidas en el primer cuadrante. De los resultados obtenidos desde el MICMAC serían trece los Factores Críticos de Éxito (FCE) para su evaluación tal como se muestra en la siguiente figura (ver Anexo 05):

- FCE 01: Desarrollo de un Plan Nacional de Transformación Digital
- FCE 02: Desarrollo de un Entorno Regulatorio Favorable (Sandbox Regulatorios)
- FCE 03: Políticas que impulsen la Alfabetización Digital (Brecha de Demanda)
- FCE 04: Políticas que fomenten la investigación interdisciplinaria
- FCE 05: Políticas para Reformular la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica – RDNFO
- FCE 06: Políticas sobre despliegues de las Redes de Acceso
- FCE 07: Supervisión de la Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones
- FCE 08: Políticas sobre Licitación y Hojas de Ruta del Espectro
- FCE 09: Políticas sobre Gestión y Disponibilidad del Espectro
- FCE 10: Políticas que permitan implementar la compartición de infraestructura
- FCE 11: Políticas que permitan habilitar el desarrollo de las industrias verticales
- FCE 12: Dinamizador de Competencia para servicios de Banda Ancha Fija y en los mercados de Industrias Verticales
- FCE 13: Políticas sobre nuevos modelos de inversión en redes

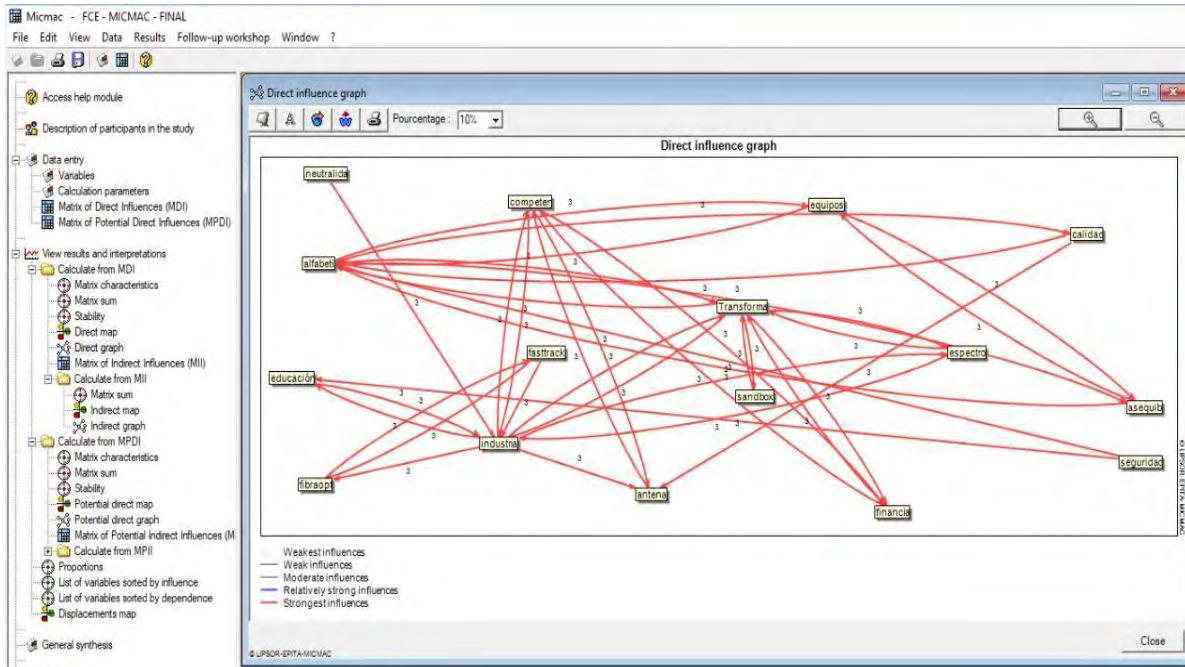
Figura 93: Resultado del Plano de Influencia y Dependencia – MICMAC



Fuente: LIPSOR – EPITA – MICMAC

Por otro lado, también se pueden identificar las variables dependientes que son más influyentes respecto a las demás, éstas se obtienen de la siguiente gráfica y se detectan porque tienen mayor cantidad de líneas que convergen hacia él. De los resultados de nuestro análisis podemos mencionar a las siguientes variables: Plan de Transformación Digital, Gestión y Disponibilidad de Espectro, Industrias Verticales, Dinamizador de Competencia y Alfabetización Digital.

Figura 94: Resultado de las Variables más Influyentes – MICMAC



Fuente: LIPSOR – EPITA – MICMAC

4.2 IDENTIFICACIÓN DE POLÍTICAS

Si bien a través de la encuesta a los expertos se obtuvieron 20 variables para considerar como posibles políticas que permitan ayudar a fomentar la expansión móvil, en nuestra investigación hemos considerado analizar sólo a las que corresponden a las variables clave según la metodología prospectiva (Caralli, 2004).

En base a ello, la siguiente gráfica muestra el consolidado de los 13 Factores Críticos de Éxito (FCE) o las palancas de políticas públicas que permitirían impulsar el despliegue de esta tecnología. En caso de querer priorizar las políticas, el procedimiento indica que las más dependientes e influyentes son las que tienen menor distancia con la diagonal del cuadrante superior derecho. En nuestro caso, para la investigación se han analizados las 13 variables que han salido del resultado del MICMAC obtenidas de la encuesta a los expertos (ver anexo 02).

Figura 95: Palancas de Políticas Públicas



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, indistintamente a los beneficios socio-económicos esperados que conllevará la adopción de estas tecnologías, en términos generales en el sector de las telecomunicaciones en el Perú aún se tiene una agenda pendiente por desarrollar y muchos retos por enfrentar para reducir las brechas digitales en la sociedad.

El desarrollo de esta agenda requiere una coordinación transversal de diversos actores y sectores de la sociedad, y para que sea sostenible se debe manejar como una estrategia de país a través de un plan unificado de transformación digital liderado por una entidad que gobierne esta transformación.

El 5G es un facilitador de esta transformación, y debe traer consigo un cambio de paradigmas en los actores decisores de políticas, dado que esto no es solo conectividad mejorada, sus prestaciones permitirán ser catalizadoras de otras tecnologías como el IoT, la Robótica, Big Data, Inteligencia Artificial, entre otras, que sin el soporte de esa infraestructura no alcanzarían su potencial esperado.

Según Katz (2019), se requieren de cinco palancas fundamentales para alcanzar los beneficios estimados sobre el 5G, y así fijar los estímulos de competencia, incentivos, marco legal, etc., que actúen sobre cada eslabón de la cadena de valor sectorial, tal como se muestra a continuación:

Figura 96: Marco de Referencia en Políticas Públicas



Fuente: Katz (2019)

La primera palanca es la estimulación de la innovación e inversión industrial, esto implica una reconversión económica, industrial y tecnológica, y requiere investigación y desarrollo que debe estar soportado a través de un plan estratégico liderada por el Estado con el apoyo de las Universidades y Empresas como entes de soporte tecnológico e industrial.

Las autoridades deben tener una visión completa de estas estrategias, y sus políticas deben estar orientadas a impulsar esta transformación digital por ejemplo con incentivos para la creación de empresas, optimizar los procesos para la obtención de licencias de funcionamiento, implementar sistemas digitalizados en todas las entidades del Estado y Gobiernos Locales, con plazos que apliquen el silencio administrativo positivo, entre otros.

La segunda palanca está relacionado a la necesidad de identificación del nuevo espectro radioeléctrico para el 5G, considerar que la instalación de redes 5G implicarán disponer mayores anchos de banda espectral superiores a los de las redes 4G, esto debido a los exigentes requisitos en términos de capacidad, latencia y confiabilidad que necesitan estas redes.

La tercera palanca, y que está relacionada a la anterior, es la de definir políticas necesarias para resolver las barreras que afectan el despliegue de infraestructura de Fibra óptica y de más estaciones celulares, así como permitir los distintos mecanismos de compartición de infraestructura. Respecto al uso del servicio, eliminar las barreras que obligan el uso de tecnologías legadas y que no permiten la interoperabilidad de las nuevas formas de comunicación móvil.

La cuarta palanca, relacionado a las alternativas de financiamiento, así como a las formas de licitación para la adquisición de las nuevas bandas 5G. En este caso, el Gobierno deberá considerar medidas que permitan ir cerrando la brecha de acceso a la banda ancha móvil, a través de criterios de expansión de servicio que preponderen el cierre de la brecha digital frente a fines recaudatorios, priorizando el brindar cobertura a una mayor cantidad de localidades que no cuenten con conexión de banda ancha móvil, ya sea con el espectro adjudicado en ese proceso, o con otro espectro con el que cuente el operador que le resulte más eficiente de utilizar para cumplir los compromisos de expansión de servicio. Por otro lado, otra medida que impulsaría la transformación digital sería la de agregar compromisos de cobertura y calidad que permitan el desarrollo de las industrias verticales principalmente en las zonas rurales.

La quinta palanca está relacionada a la confianza a nivel de usuarios y terminales respecto a los temas de seguridad. En donde el nivel de desarrollo de las aplicaciones podrían comprometer no solo la información del core del negocio sino el desempeño mismo de las empresas. A continuación describimos las 13 políticas clave como salida del resultado de la herramienta del MICMAC cuyos resultados fueron obtenidos en la encuesta a expertos (anexo 02). Para el desarrollo y sustento de cada política aparte de los argumentos de los expertos en la encuesta se han agregado como soporte argumentos propios y de la bibliografía usada durante el desarrollo de la investigación.

4.2.1 FCE 01: Desarrollo de un Plan Nacional de Transformación Digital

En base a lo recopilado por los expertos, existe consenso en que los planes de transformación digital no pueden verse de una manera sectorial debido a las ineficiencias que ocasiona. Estos planes son transversales e implican acciones coordinadas de distintos actores con diferentes niveles de formación, normatividad, procesos y una muy variada estructura de incentivos por lo que representa un desafío su implementación en el sector público.

A estas dificultades hay que agregar el deficiente estado de digitalización de las instituciones, en donde por ejemplo en plena cuarentena los permisos en algunos municipios son realizados con presencia física dado que no cuentan con sistemas de atención virtual. Por otro lado, las autorizaciones y permisos pasan por muchas ventanas cada una con sus propias normativas y sus tiempos de atención. El Estado debe iniciar por abordar esta problemática de tal forma que permita evolucionar hacia una sociedad digital conectada.

Por otro lado, respecto a las atribuciones actuales del regulador, se debe considerar que algunas regulaciones legadas estarían obsoletas para abordar esos nuevos servicios digitales, por ejemplo las barreras de interoperabilidad en las nuevas formas de comunicación usando los enlaces de

interconexión por SS7. A su vez, las regulaciones basadas en conectividad pierden relevancia a la hora de establecer cómo hacer funcionar las diversas palancas de políticas públicas que afectarán a los nuevos servicios digitales.

Además el advenimiento de estos nuevos servicios conllevará nuevos dilemas que deben enfrentar las agencias, por ejemplo en el caso de la protección de datos, cuyas políticas deberán enfocarse en los temas de seguridad, privacidad y ciberseguridad. La digitalización traerá nuevos temas por investigar y posiblemente regular como el uso, destrucción, agregación y encriptación de los datos. Asimismo, los decisores de políticas de cada sector (agricultura, salud, educación, energía, etc.) no solo deben coordinar como impulsar estos cambios en su sector sino también deben apoyarse con los elementos provistos por sus pares en los otros sectores, pero siguiendo la misma estrategia del plan nacional de transformación digital.

4.2.2 FCE 02: Desarrollo de un Entorno Regulatorio favorable (Sandbox Regulatorios)

Muchos de los nuevos servicios habilitados por el 5G van a requerir del impulso y la promoción de su regulador sectorial para hacer frente a los riesgos que conlleva funcionar en modelos de negocio no probados. Por lo que medidas como los “areneros regulatorios” o “sandbox regulatorios”, propuestos por los grupos de Gobierno, Academia y Operadores, podrían evaluarse para probar la viabilidad de la aplicación de nuevas tecnologías y nuevos esquemas de negocio por parte de los operadores, estableciendo reglas claras por parte del regulador para su aplicación.

El sandbox o arenero regulatorio es una metodología basada en la ejecución de políticas pilotos o trials donde se pueden experimentar niveles distintos de regulación a los existentes, en un entorno controlado para probar su impacto (Katz, 2019). Si bien inicialmente su implementación estuvo limitado a espacios como el FINTECH¹⁸, se entiende a esta experimentación como un camino que puede proveer evidencia que coadyuve a la innovación y modernización de la regulación (Katz, 2019).

Así por ejemplo, se podría evaluar brindar flexibilidad a los operadores, para que puedan ampliar la cobertura de sus servicios de banda ancha móvil en zonas donde no se contaba con cobertura previamente declarada (lugares en donde tuvieron pocos incentivos de desplegar infraestructura),

¹⁸ FINTECH: Son empresas financieras tecnológicas (Startup) que aportan nuevas ideas y reformulan los servicios financieros usando las nuevas tecnologías de información como el Big Data y la Inteligencia Artificial.

utilizando tecnologías que permitan brindar servicios de banda ancha móvil (4G, en adelante), brindando un periodo de adecuación flexible, por ejemplo de 12 a 18 meses, antes de que se les aplique los regímenes de calidad de servicio estipulado en el Reglamento de Calidad.

Otro caso de uso podría ser permitir el acceso dinámico de espectro o DSA para la compartición de espectro en zonas rurales. Con ello la utilización de los usuarios secundarios en esas áreas geográficas no causaría interferencia con las señales del titular principal de la licencia. Esto no solamente podría ser usado por los operadores para ampliar más cobertura sino también podría impulsar la conectividad que necesita las industrias del Agro, Textil, Alimentos, etc., ubicados en esas zonas para proyectos de innovación y automatización industrial.

Este entorno regulatorio debería contemplar las siguientes políticas:

- Poseer procesos regulatorios transparentes y mecanismos de diseño de políticas que contemplen diversas instancias de consulta no sólo con los operadores sino incluyendo a las universidades y sectores industriales.
- No especificar tecnologías en los mandatos y que estos queden abiertos a la negociación del sector privado, pero si deben contemplar que estas tecnologías a usar serán las definidas por las organizaciones de estandarización internacional. Un ejemplo en particular es el mandato del SS7 en los enlaces de interconexión.
- Definir mecanismos ágiles y transparentes para el otorgamiento de licencias, de tal forma que otorguen flexibilidad a los operadores.
- Implementar sistemas digitales de atención y notificación para facilitar los despliegues de infraestructura aplicando el silencio administrativo positivo.
- Promover todos los tipos de compartición de infraestructura sean Activas y Pasivas.

4.2.3 FCE 03: Políticas que impulsen la Alfabetización Digital (Brecha de Demanda)

El desarrollo de la banda ancha depende de muchas variables pero entre las principales podemos mencionar los despliegues de infraestructura, mayor oferta de servicios, mejores incentivos tributarios por la adquisición de equipos y productos y la utilización de sus servicios. Entre las herramientas que permitirían promover la alfabetización digital y en la cual existe consenso con todos los grupos tendríamos:

- Desarrollo de servicios con alto valor social como los de salud, educación, seguridad, etc., y estímulo a su utilización por personas y empresas.

- Planes de estímulo a la compra de equipamiento y terminales, en particular las computadoras. En este caso, una de las medidas es a través de la exoneración del IGV a las computadoras con precios inferiores a un cierto valor, de tal forma de asegurar que su alcance sea a las personas con menor poder adquisitivo.
- Formación del capital humano, el cual se encuentra relacionado a la existencia de una brecha de demanda, en donde aun contando con los recursos y acceso potencial a los servicios, no se transforman en usuarios efectivos. Por lo que las iniciativas de capacitación y estímulo a las carreras técnicas buscan revertir este fenómeno.

4.2.4 FCE 04: Políticas que fomenten la investigación interdisciplinaria

Se deben dar incentivos para impulsar proyectos de desarrollo de las TIC, no solo para el desarrollo de aplicaciones que generan mayor rentabilidad social como aquellas destinadas a dar valor a la población como los relacionados a salud, educación y gobierno, sino también a los que permitan impulsar el desarrollo de la producción en las industrias verticales con políticas transversales gobernados por una entidad que aseguren los lineamientos de una agenda digital: Estado – Universidad – Operadores – Industrias Verticales, de tal forma de ir preparando el camino hacia la industrialización 4.0.

Figura 97: Key Players para el Ecosistema Digital



Fuente: Elaboración Propia

- Fomentar vínculos más estrechos entre las universidades y las empresas (propuesta de la Academia y Proveedores), en las cuales se desarrollen contenidos con alto valor social, así como el fortalecimiento de la conectividad a través de convenios que permitan usar los recursos de la RDNFO para proyectos de investigación impulsados entre la universidad y las

pequeñas empresas. Para ello, la REDNACE debe ampliarse para que su infraestructura pueda ser usada para estos proyectos, siendo gobernada dentro de este ecosistema digital a través de la institución que centralice el Plan Nacional de Transformación Digital y que permita desarrollar los sectores como: Agricultura, Educación, Salud, Construcción, Manufactura, Transporte, Turismo, etc.

- Programas de estímulo para impulsar la incorporación de las pequeñas empresas en el sistema de la banda ancha. Por ejemplo, a través del acceso al financiamiento y beneficios fiscales para la compra de equipamientos, capacitación laboral y estímulo a las transacciones electrónicas con el Estado.

4.2.5 FCE 05: Políticas para reformular la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica – RDNFO

Si bien los operadores han desplegado su infraestructura de transporte para soportar sus propias demandas de tráfico principalmente por el crecimiento exponencial del uso de internet, estos no necesariamente implica que los operadores desplegarán esta infraestructura en todas las ciudades, por lo que el RDNFO sumado a los Proyectos Regionales podrían ser la infraestructura complementaria que permitan asegurar no solo cubrir el acceso en las zonas en donde los operadores no han invertido sino que también podrían soportarlo con mayores capacidades en caso se requieran debido a los nuevos casos de uso que vendrían con las tecnologías 5G.

En la actualidad, el RDNFO administrada por AZTECA ha tenido numerosos problemas y su red se encuentra infrautilizada, al 2T 2020 la capacidad usada era alrededor del 7%. Por otro lado, la red nacional del Estado (REDNACE) no estuvo desplegada en todo el país, otro de los motivos fueron los retrasos en los proyectos regionales cuya complejidad en su despliegue está tomando más tiempo en las empresas adjudicadas.

Ante ello, e indistintamente a la propuesta de AZTECA de renunciar a su concesión, se propone reformular la RDNFO con las siguientes propuestas de políticas públicas:

- Se deben reformular las condiciones de comercialización de la RDNFO que permitan ofertas flexibles y competitivas con las ofrecidas por las empresas privadas.
- Se debe permitir ofrecer el servicio a operadores internacionales (necesidad de Bolivia de conectarse al cable submarino).
- Se deben flexibilizar los procedimientos administrativos, como las cartas fianzas, que para algunos proyectos de impulsar las industrias verticales representarían una barrera de acceso.

- Respecto a los retrasos en los Proyectos Regionales, se deben permitir la compartición pasiva de infraestructura con las redes de los servicios públicos como: redes de electricidad, redes de gas natural, redes de transporte, etc. Los hacedores de políticas deberán contemplar aplicar mandatos de uso con tiempos máximos de resolución en caso alguna institución no acate las resoluciones.
- Por otro lado, se deben definir reglas claras ante los Gobiernos Locales que permitan agilizar los procedimientos de adquisición de terrenos con fines de servicios públicos.
- En los tres proyectos regionales en proceso de reformulación (regiones de Cajamarca, Tumbes y Piura) se podrían hacer sinergias con los proyectos actualmente en operación para no duplicar funciones considerando arquitecturas cloudificadas en vez de las monolíticas. Esto permitirá ser más eficiente en tiempos de despliegue y costos dado que se podrían compartir infraestructura tecnológica con sistemas ya en producción.

4.2.6 FCE 06: Políticas sobre despliegues de las Redes de Acceso

El uso de las bandas milimétricas será fundamental para los servicios de muy baja latencia y alta confiabilidad (uRLLC) y el internet de las cosas masivo (mMTC). Estas requerirán mayores niveles de densificación y de arreglos de antenas de tal forma que permita cubrir espacios con mayor consumo de tráfico de datos (centros comerciales, estaciones de transporte público, estadios, centros empresariales, etc.), para que estos servicios puedan tener continuidad en un contexto de movilidad.

La densificación de antenas usando las bandas milimétricas requerirán evolucionar hacia una arquitectura de redes más heterogéneas con grandes cantidades de celdas pequeñas que constituirán uno de los grandes desafíos que impactarán sobre los costos de despliegues ya que éstas no se instalan necesariamente en las torres o techos ya instaladas sino más bien en la parte lateral de los edificios, postes, semáforos, o infraestructura pública de las calles. Esto implicará un cambio drástico en los modelos de adquisición de nuevos sitios.

Las propuestas obtenidas de los expertos plantean principalmente las siguientes políticas públicas:

- Digitalización de las Instituciones del Estado, esto permitirá implementar bases de datos centralizadas y ubicaciones de sitios públicos geo-referenciados para que sean utilizados por los operadores y por ende reducir los tiempos y costos de despliegue. A su vez, todos los procedimientos deben ser digitales de tal manera que no se tenga que hacer llenado de papeles, así como las notificaciones también deben ser digitales.

- TUPA único para todas las municipalidades y entidades, relacionado con los requisitos y trámites para obtener los permisos de instalación de antenas o de fibra.
- Capacitaciones a las autoridades, cuyo objetivo es que los responsables de estas instituciones, sean de las municipalidades o instituciones del estado, puedan comprender las ventajas de desplegar las antenas de telecomunicaciones y de fibra óptica. Estas autoridades son las que dan la cara a la población por lo que su importancia para que realmente entiendan estas ventajas y el no impacto a la salud es aún mayor.
- Campañas educativas a la población, estas campañas deberán tener como objetivo mostrar los beneficios del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones sobre el bienestar de la población, así como eliminar las creencias de los efectos en la salud sobre las antenas y las radiaciones no ionizantes. Estas campañas deben darse multisectorialmente, no solo dentro de las instituciones del estado, sino dentro del ámbito de las universidades, la empresa privada y asociaciones civiles.
- Aplicar el silencio administrativo positivo, el cual permite dar una aprobación “automática” sujeta a fiscalización posterior por parte de las autoridades regulatorias.
- Facilitar el uso de edificios del estado, a través de la compartición del uso de infraestructura pasiva, uso de edificios, terrenos públicos, postes, semáforos, etc.
- Facilitar la compartición activa entre las operadoras que permitan optimizar sus costos y realizar inversiones más eficientes.
- Planes nacionales desde el Ejecutivo enfocados en reducir las barreras para promover los despliegues de fibra óptica (redes dorsales y dentro de edificios) y fijar reglas o incentivos (“obligaciones de hacer”) para que los municipios permitan habilitar nuevos despliegues.

El desarrollo del 5G traerán nuevos modelos de provisión de servicios e infraestructura, así como nuevos jugadores. Según Web (2019), los modelos de operadores verticalmente integrados operando infraestructura y regulados por una sola autoridad prácticamente quedarán obsoletas en el mediano plazo. La motivación se dará en base al crecimiento de tráfico de datos, el crecimiento de las ciudades y la población o el marketing de quién llega primero, esto dará inicio a una nueva era de masificación de los despliegues de infraestructura a gran escala. Algunas señales de estos nuevos modelos se ven con la presencia de empresas torreras, o la posibilidad que aparezcan OMV focalizados en zonas específicas. Por ejemplo para brindar servicios de IoT a empresas mineras, agrícolas, manufactura, textiles, etc.

En EEUU, con el despliegue del 5G se observó un crecimiento de poseedores neutrales de activos, los cuáles gestionaban de una manera más eficiente la administración y gestión de sitios. En el caso

de Latinoamérica las dos empresas más grandes: Telefónica y América Móvil también van por ese camino al realizar el “spin off” con Telxius y Telesites respectivamente.

4.2.7 FCE 07: Supervisión de la Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones

Entre las medidas identificadas por los expertos en relación a los despliegues de las redes 5G, incluyen las relacionadas a asegurar la calidad de los servicios de telecomunicaciones brindados por los operadores de red. Esto debido a que las redes no sólo serán usadas por los servicios de comunicación a usuarios finales sino también para servicios de misión crítica como cirugías remotas, operaciones industriales de alta precisión, vehículos autónomos, etc., cuyas variables de latencia y alta confiabilidad se convierten en parámetros críticos a considerar.

Al respecto, conforme a la Resolución del Consejo Directivo No. 123-2014-CD/OSIPTTEL en donde se incorporan modificaciones destinadas a asegurar la calidad de los servicios de telecomunicaciones, se añaden las relacionadas a las mediciones del servicio de acceso a internet. En estas ya se establecen los indicadores de calidad para este servicio de transmisión de datos, que entre los principales indicadores tenemos:

- Cumplimiento de Velocidad Mínima (CVM); calculada según la norma como una proporción de la velocidad máxima contratada de subida y bajada correspondiente al 40% para los servicios de las redes fijas y móviles.
- Velocidad Promedio (VP); representa al promedio aritmético de las mediciones TTD realizadas.
- Tasa de Ocupación de Enlaces (TOE); relacionado al consumo de ancho de banda de los enlaces en un determinado período (diferenciando la transmisión de subida y bajada).
- Tasa de Transferencia de Datos (TTD); corresponde a la velocidad media de transferencia de datos a un servidor de prueba.
- Tasa de Pérdida de Paquetes (TPP); corresponde a la cantidad de paquetes enviados y que no han recibido su respectiva respuesta durante un período de tiempo.
- Latencia (L); relacionado al tiempo promedio que tarda un paquete en recorrer el tramo de ida y regreso hacia un servidor de prueba.
- Variación de Latencia o Jitter; corresponde a la variación del tiempo promedio que tarda en recorrer un paquete de ida y regreso.
- Velocidad Promedio; es el promedio aritmético de los valores TDD obtenidos.

4.2.8 FCE 08: Políticas sobre Licitación y Hojas de Ruta del Espectro

Con el despliegue de los servicios inalámbricos de banda ancha se alcanzó la masificación del acceso de internet en el país. Pero así como la banda ancha, el 5G tendrá un papel importante con la creación de nuevos casos de uso que permitirán mejorar la calidad de vida de las personas e impulsarán la eficiencia en las industrias verticales, pero la prestación de todos estos servicios dependen en gran medida de la disponibilidad del espectro radioeléctrico. El acceso a este recurso determina los costos de despliegue de infraestructura y la estructura competitiva del mercado. Por lo tanto, la disponibilidad de este recurso representa una variable esencial para el desarrollo y la masificación de todos los casos de uso que se tendrán disponibles con el despliegue de estas tecnologías.

El avance tecnológico que han tenido las nuevas tecnologías de servicios móviles ha sido posible gracias a la habilitación de espectro radioeléctrico por parte de los gobiernos y a las inversiones realizadas por los operadores. Según la GSMA (2019), la industria móvil necesitará más espectro en un escenario de crecimiento de las redes móviles LTE y su evolución a 5G, y se requeriría mayor visibilidad por parte de los hacedores de políticas para que los privados puedan planear las inversiones requeridas.

Por otro lado, el Estado a través de sus licitaciones de espectro, también podría coadyuvar a ir cerrando la brecha de acceso a la banda ancha móvil, a través de criterios de expansión de servicio que preponderen el cierre de la brecha digital frente a fines recaudatorios, priorizando el brindar cobertura a una mayor cantidad de localidades que no cuenten con conexión de banda ancha móvil, ya sea con el espectro adjudicado en ese proceso, o con otro espectro con el que cuente el operador, que le resulte más eficiente de utilizar para cumplir los compromisos de expansión de servicio.

La viabilidad del ecosistema digital y el desarrollo de las nuevas industrias sectoriales necesitarán las bandas de espectro de tal forma que los casos de uso puedan cumplir con sus requerimientos mínimos de servicio. Por lo que contar con suficiente espectro y con una visibilidad de hoja de ruta en la asignación de espectro se vuelve una necesidad prioritaria, tanto para el desarrollo económico como para suplir las necesidades de una sociedad más digital. El objetivo de política pública para la utilización o disposición del espectro radioeléctrico será el elemento más crítico por la cual se debe orientar todo el diseño de la licitación y el plan de migración.

Según la UIT (2020), en Latinoamérica se tiene disponible 7,427 MHz de espectro, pero existen bandas en común que interesan o figuran en la hoja de ruta de varios países, como las de 700 MHz, AWS y 2.5 GHz. Por otro lado, la recomendación de la UIT-R M-2078 establece una cantidad mínima de espectro en función del estado de desarrollo del mercado (entorno más bajo o un entorno

de mercado más alto), en ella clasifica las necesidades de espectro en dos grupos: el RATG1 que cubre el pre-IMT e IMT, y el RATG2 que va desde el IMT Advanced.

Tabla 19: Sugerencia de la UIT para la Asignación de Espectro al 2020

	Requerimiento de espectro para RATG 1	Requerimiento de espectro para RATG 2	Requerimiento de total de espectro
Entorno de mercado bajo	440 MHz	900 MHz	1340 MHz
Entorno de mercado alto	540 MHz	1420 MHz	1960 MHz

Fuente: UIT (2020)

4.2.9 FCE 09: Políticas sobre Gestión y Disponibilidad de Espectro

Por otro lado, respecto a la situación de las bandas necesarias para el despliegue del 5G en Latinoamérica, se destacan las revisiones realizadas por Brasil, Chile, Colombia, México y Perú. En el caso de Brasil aprobó una hoja de ruta para la atribución de las bandas de 3.3 GHz, 3.4 GHz y 26 GHz para 5G, con miras a ser asignadas durante el 2020. El primer país que desplego 5G en Latinoamérica es Uruguay en el 2019.

Figura 98: Situación de las bandas necesarias para 5G en Latinoamérica



Fuente: UIT (2020)

Respecto a las bandas bajas se destacan las bandas de 600 y 700 MHz, que por sus características de amplias coberturas en áreas rurales y urbanas, presentan también un alto interés para el uso secundario y dinámico. En estas nuevas bandas se puede promover nuevos operadores entrantes con el uso de nuevas tecnologías de conectividad y el desarrollo experimental de servicios cuyos casos de negocio no han sido probados en su totalidad.

Las bandas medias son las que combinan cobertura y capacidad y están en el rango de frecuencias de 2.3 GHz y 3.5 GHz, estas serán sobre las que inicialmente se basarán los despliegues del 5G. Respecto a las bandas altas, las frecuencias más relevantes están en las bandas de 24 – 26 GHz, 28 GHz, 37 – 43 GHz y 66 – 71 GHz, que fueron definidas en el CMR19 para las tecnologías IMT2020 (5G). Estas bandas altas o milimétricas son claves para asegurar la baja latencia y las altas velocidades requeridas.

Por otro lado, la realidad macroeconómica de varios mercados latinoamericanos en un contexto global impactado por el COVID19 puede afectar las licitaciones que algunos países habían planeado para este 2020. En este caso se conjugan varios intereses, y ante la duda de las políticas que pueden plantear los gobiernos en este contexto, se suman las medidas optadas por los operadores quienes reducen sus inversiones a mediano y largo plazo para destinarlas en asegurar la operación en curso.

Bajo este contexto existe consenso en todos los grupos que el Ministerio debe definir una hoja de ruta de mediano y largo plazo que incluyan subastas transparentes que prioricen la reducción de brechas e incentiven las inversiones en los despliegues de infraestructura. Por otro lado, la UIT (2018) formuló las siguientes políticas públicas a fin de fomentar la inversión en redes 5G:

- Supuesto de inversión: Los responsables de formular políticas públicas pueden realizar sus propias evaluaciones económicas respecto a los impactos en implementar redes 5G.
- Estrategia aplicable a la red 4G: Hasta que se clarifiquen los argumentos en 5G, los responsables de formular las políticas pueden mejorar la disponibilidad y calidad en las redes 4G.
- Armonización del espectro: La Autoridad Nacional de Reglamentación (ANR) pueden considerar la atribución y asignación de bandas de frecuencia 5G armonizadas según la UIT.
- Hoja de ruta de espectro: Las ANR pueden adoptar una hoja de ruta de espectro.
- Compartición de espectro: Las ANR pueden plantear la compartición de espectro a fin de optimizar su uso, especialmente orientadas en las zonas rurales.
- Tarifación del espectro: Las ANR pueden seleccionar procedimientos de adjudicación del espectro que favorezcan la inversión.
- Espectro de 600 / 700 MHz: Los responsables de formular políticas pueden considerar la provisión de estas frecuencias que daría mayores coberturas que puedan usarse para reducir las brechas de acceso en las zonas rurales.
- Incentivos a la inversión en fibra óptica: Se puede estimular la inversión a través de asociaciones público – privados, subvenciones, entre otros.
- Impuesto sobre la fibra: A través de la eliminación de carga fiscal asociada al despliegue de redes de fibra óptica, con el objetivo de reducir sus costos.

- Transición del cobre a la fibra: A través de adoptar políticas o incentivos financieros que fomenten la transición del cobre a la fibra.
- Acceso y compartición de infraestructura: Formular políticas públicas que permitan la compartición tanto activa como pasiva de infraestructura. En el caso de la infraestructura de propiedad del gobierno, por ejemplo postes de luz, semáforos y farolas, se pueden otorgar permisos a los operadores para que puedan instalar sus antenas celulares pequeñas.
- Costos de acceso: Los responsables de formular las políticas pueden considerar imponer tarifas razonables a los operadores a efectos de fomentar el despliegue de antenas pequeñas en el mobiliario urbano.
- Base de datos geo-referenciados de activos: Los responsables de formular las políticas pueden implementar una base de datos centralizada que contenga información geo-referenciada de toda la infraestructura pasiva del Estado. Esto permitirá reducir tiempos a los operadores en la planificación y estimación de costos a la hora de desplegar sus redes de infraestructura.
- Banco de pruebas 5G: Se puede considerar la posibilidad de alentar la realización de experimentos pilotos y banco de pruebas en el ámbito de las tecnologías y casos de uso 5G para estimular la participación en el mercado.

4.2.10 FCE 10: Políticas que permitan implementar la compartición de infraestructura

La compartición de infraestructura genera diversos beneficios en la industria dado que optimizan la utilización de activos de los operadores, así como reducen los costos y evita duplicar infraestructura innecesaria, permitiendo rentabilizar las redes. También reduciría los tiempos de adquisición de sitios, así como también podría aumentar la competencia al brindar a los operadores acceso a sitios clave necesarios para competir en servicios y cobertura.

Si bien inicialmente la mayoría de países permitió la compartición pasiva de infraestructura, por la reducción de costos en los despliegues, fue la compartición activa la que ha permitido dinamizar el mercado, pero actualmente sólo se han dado ciertos tipos de compartición activa en el Perú (para estos tipos de compartición es necesario que estos acuerdos sean notificados al MTC). En ese sentido, las propuestas de políticas tienen como objetivo facilitar a los operadores, establecidos o entrantes, para que puedan ampliar su cobertura y capacidades en sus redes a corto plazo, así como dar incentivos para que desplieguen más infraestructura a mediano y largo plazo. Las políticas consideradas por los grupos de Gobierno, Operadores y Proveedores son las siguientes:

- Acceso al Roaming Nacional, si bien esta ya ha sido normada por el MTC dentro de las medidas de la pandemia, es importante considerar que estos acuerdos deben contar con una

tarifa de acceso regulada de tal forma que permita al operador que brinde el acceso cubrir sus costos operativos y contar con un margen razonable de ganancia.

- En el caso de la compartición activa de espectro, ésta no debe producir una disparidad elevada de asignación de espectro entre los operadores (HHI elevado), para ello el MTC y OSIPTEL deberán evaluar el porcentaje máximo que pueda compartirse.
- Sobre la asignación dinámica de espectro, se debería permitir que el operador alquile parte de su espectro no utilizado en una zona geográfica a otro operador, sin ceder su titularidad, sólo el uso, pero se requeriría desplegar un sistema de gestión de espectro centralizada para tener un control dinámico del mismo.
- Como sandbox regulatorios se podría permitir el acceso y uso de forma secundaria de usuarios no licenciados, por ejemplo para los proyectos que fomenten las universidades y el Estado en las industrias verticales aprovechando también la infraestructura de la RDNFO.

4.2.11 FCE 11: Políticas que permitan habilitar el desarrollo de Industrias Verticales

El 5G será un catalizador para que las nuevas tecnologías como el Big Data, IoT, Inteligencia Artificial, Cloud Computing, la Robótica, entre otros, permitan generar un cambio hacia una sociedad más digitalizada. El papel del 5G permitirá dinamizar la sociedad y la economía a través de la creación de nuevos casos de uso que ayudarán a mejorar la calidad de vida de las personas e impulsarán la eficiencia de los procesos empresariales, al permitir un mayor ancho de banda, comunicaciones masivas de baja latencia y soportar comunicaciones ultra confiables.

Entre las posibles políticas públicas podemos mencionar la importancia de las bandas bajas y medias para proveer conectividad continua y mayor cobertura en los servicios de banda ancha móvil mejorada y en el soporte del IoT masivo. Esta es una de las palancas que permitirán dinamizar el sector de la agricultura de precisión y la producción de alimentos.

Por otro lado, de acuerdo a Katz (2019), la revolución del transporte con los vehículos autónomos, las ciudades inteligentes, así como la digitalización de la producción y la logística, van a necesitar el uso de las bandas de espectro milimétricas, esto permitirá soportar aplicaciones que requieran bajas latencias y comunicaciones de muy alta confiabilidad como las que están asociadas a la provisión de servicios de salud remotos, automatización industrial y vehículos autónomos. El siguiente cuadro muestra un resumen de las palancas de políticas que ayudarán a impulsar el desarrollo de estas industrias:

Tabla 20: Políticas Públicas por Industria Vertical

Sector	Barreras	Políticas Públicas
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de cobertura y capacidad en zonas remotas. • Problemas de acceso y costos al backhaul • Limitado desarrollo del sector 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar las bandas bajas y medias. • Uso compartido de infraestructura. • Promover políticas que impulsen la inversión y el desarrollo de la agricultura de precisión.
Sector minero	<ul style="list-style-type: none"> • Baja cobertura indoor • Actuales soluciones de conectividad no confiables • Uso de tecnologías abiertas no seguras con espectro no licenciado 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar las bandas bajas y medias. • Uso compartido de infraestructura. • Expandir los hotspots de WiFi • Impulsar el desarrollo de soluciones basadas en realidad virtual y aumentada.
Comercio y Logística	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas en control y seguimiento de equipos y personas en tiempo real • Limitado desarrollo de aplicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar las bandas bajas y medias. • Uso compartido de infraestructura. • Fomentar soluciones de aplicaciones en la nube. • Promover desarrollo de aplicaciones del sector.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de capacidad por alta saturación de terminales conectados en hotspot. • Problemas en los despliegues de antenas y small cells. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar las bandas bajas y medias. • Uso compartido de infraestructura. • Medidas para protección de información de datos y privacidad. • Fast track de procedimientos de despliegue de antenas.
Salud	<ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con conectividad ultraconfiables y de baja latencia para cirugías remotas. • Problemas de cobertura y capacidad en zonas remotas. • Bajo desarrollo de aplicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar las bandas bajas, medias y altas. • Incremento de la demanda de soluciones de salud 5G • Dinamizar procesos de habilitación de nueva infraestructura • Medidas de seguridad y protección de información de datos.
Industria Manufacturera	<ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con conectividad ultraconfiables y de baja latencia • Problemas de cobertura y capacidad en zonas remotas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar las bandas bajas, medias y altas. • Promover desarrollos de soluciones y polos tecnológicos • Medidas de seguridad y protección de información de datos.
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de cobertura y capacidad en zonas remotas. • Bajo desarrollo de aplicaciones del sector. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar las bandas bajas y medias. • Uso compartido de infraestructura. • Fomentar el desarrollo de aplicaciones
Educación	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de cobertura y capacidad en zonas remotas. • Bajo desarrollo de aplicaciones del sector. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilizar las bandas bajas y medias. • Uso compartido de infraestructura. • Integrar la REDNACE a los proyectos de educación. • Desarrollo de contenidos y herramientas que ayuden en la alfabetización digital

Fuente: Adaptado de Katz (2019)

4.2.12 FCE 12: Dinamizador de Competencia para servicios de Banda Ancha y en los mercados de Industrias Verticales

Dada las características definidas por la UIT para el IMT 2020 (a considerarse como los requerimientos para la 5G), se esperan velocidades del orden de los Gbps, conectividades de muy bajas latencias, y comunicaciones ultra confiables con redes segmentadas para soportar características específicas de acuerdo a cada tipo de servicio. Esto permitiría brindar servicios innovadores, con niveles de calidad sustancialmente superior a los brindados por 4G, tales como una mayor velocidad de carga y descarga, que bien pueden competir con los servicios residenciales fijos alámbricos de alta capacidad (FTTH), a través de los mismos operadores de red o con los operadores virtuales existentes o futuros que reorienten su estrategia a este nuevo mercado.

Por otro lado, en conjunto a otras tecnologías como el IoT, la Inteligencia Artificial, el Big Data, etc., se podrán establecer servicios disruptivos a otras industrias tales como dar el soporte de conectividad para las ciudades inteligentes, la aceleración de la digitalización y automatización de procesos industriales, vehículos autónomos, la industria 4.0, cirugías remotas con la telemedicina, la teleeducación con el soporte de la realidad aumentada y virtual, entre otros, podrán impulsar el desarrollo de los servicios de valor agregado de los operadores de red y operadores móviles virtuales, dado que se verían forzados a transformarse digitalmente para no convertirse en simples tuberías de datos.

En tal sentido, los operadores migrarán para brindar servicios digitales usando estas tecnologías como su abanico de servicios a ofrecer. Esto conllevará a una competencia más fuerte entre los operadores y entre otras empresas especializadas (incluidas las OTT) en brindar servicios digitales sobre las redes de telecomunicaciones que coadyuvarán en beneficio de los usuarios, empresas e industrias del país.

El impacto del 5G dentro del ecosistema digital en el Perú tiende a ser un elemento clave no solo en la reducción de brechas (revisadas en el capítulo 3) sino que será el elemento que podría ser el disparador (trigger) de la transformación del país. En base a los resultados de la encuesta a los expertos se consideran las siguientes políticas públicas que ayudarían a promover los despliegues de esta tecnología:

- Promover la disminución del uso de tecnologías antiguas (2G/3G) ya que representan una pérdida de eficiencia espectral considerable, comparadas con 4G y 5G, e imposibilitan el incremento de capacidad en las redes.
- 5G y cloudificación va a demandar acercar el contenido al usuario por lo que es importante promover y normar el despliegue de datacenters, esto pasa por una adecuada gestión

territorial y de crecimiento urbano para garantizar las condiciones de infraestructura para la operatividad.

- Regulación y promoción del país como potencial Hub Tecnológico y estratégico para la región que incentiven el despliegue de infraestructura de proveedores de OTT.
- Promoción de carreras técnicas y universitarias asociadas a la tecnología unido a incentivos para empresas de desarrollo de software y fabricación de componentes de manera descentralizada.
- Mayores esfuerzos en Alfabetización digital, es cierto que el COVID-19 va a ayudar a acelerar mucho esta tarea, pero se debe dar sostenibilidad empezando por los profesores.
- Es importante también lo que el Estado puede hacer desde sus propias instituciones impulsoras de los servicios digitales y de telecomunicaciones en general.

4.2.13 FCE 13: Promover y definir nuevos modelos de inversión en redes

Si bien el 5G trae consigo mayor eficiencia espectral y de red por ser una tecnología basada en IP, los modelos de negocio inicialmente están enfocados en los servicios de banda ancha mejorada equiparables a tener una conexión de fibra óptica directa en el hogar (1Gbps), tal cual lo brindan los servicios fijos con las tecnologías FTTH.

Para los servicios en industrias verticales aún existen barreras y brechas por resolver que impactan en los modelos de negocio en estos sectores y que por ende desincentiva a los operadores a realizar inversiones necesarias a corto plazo. Es por ello, que el Gobierno debe explorar nuevas medidas y estrategias de financiamiento que permitan estimular la incorporación de las empresas, instituciones, ONGs, etc., a través de asociaciones público – privadas para que puedan movilizar capital privado, usando por ejemplo modelos innovadores como los sandbox regulatorios.

Figura 99: Financiación combinada en proyectos sectoriales



Fuente: Katz (2019)

Un ejemplo de esta asociación es el proyecto “Internet para Todos”, que aprovecharon la figura regulatoria del OIMR (Operador Móvil Rural) y lanzaron entre 4 empresas: Telefónica, Facebook, BID Invest y la CAF, un esquema de operador mayorista tipo “Network as a Service (NaaS)” de infraestructura de telecomunicaciones de acceso abierto.

Este proyecto cubre principalmente las zonas rurales y su objetivo es la de reducir las brechas digitales llevando los servicios de banda ancha en zonas rurales en poblaciones remotas y económicamente no viables hasta el momento. Por un lado Telefónica aporta con su actual negocio rural, mientras que las demás empresas aportan con el financiamiento. Actualmente el proyecto ha conectado a más de 600,000 peruanos pertenecientes a 2,000 comunidades a nivel nacional.

Estos nuevos tipos de estructura financiera y cuya aceptación va creciendo en organismos multilaterales, ofrecen una visión más amplia y de largo plazo dado que el costo-beneficio es calculado en relación con la ganancia para la economía y la sociedad en general (bienestar) y no solo enfocado a un único inversor.

La OCDE define este financiamiento combinado (blended finance) como “el uso estratégico de financiamiento al desarrollo para movilizar financiamiento adicional para el desarrollo sostenible”. Estos tipos de financiamiento combinado serían claves para el desarrollo de la industria 4.0, a través de proyecto sectoriales y deben ser parte del plan nacional de transformación digital.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la metodología estructural prospectiva, los cuales incluyeron no solo la revisión documentaria sino también las apreciaciones de los expertos de la industria a través de la encuesta a 23 stakeholders, se concluyen que las hipótesis H2 y H3 son verdaderas:

H2: El 5G será un habilitador del desarrollo de las industrias verticales -> Dado que el despliegue de las redes 5G representa un salto cualitativo en la propuesta de valor de la conectividad, ofreciendo sin límites geográficos, servicios con velocidades simétricas mucho más rápidas, con latencias mínimas y comunicaciones de muy alta confiabilidad. Estas prestaciones permitirán ser catalizadoras de otras tecnologías como el IoT, la Inteligencia Artificial, el Big Data, la realidad virtual y aumentada entre otras, que sin el soporte de esta conectividad no alcanzarían su potencial esperado.

H3: La interconexión IP permite asegurar que no existan impactos negativos en la interoperabilidad de las redes basadas en IP -> Dados los nuevos tipos de comunicaciones IP de persona a persona que surgieron con las redes 4G, como el VoLTE y VoWiFi. Estos evolucionarán a nuevos servicios en las redes 5G como el VoNR (Voz sobre la Nueva Radio) y ViNR (Video sobre la Nueva Radio), cuyas aplicaciones serían similares a las ofrecidas por las OTTs como el Zoom, Skype o Teams, pero con las seguridades y velocidades ofrecidas por las mismas redes de telecomunicaciones y no por internet cuya conectividad es “best effort”. Estas comunicaciones se darían nativamente entre las redes de telecomunicaciones de los operadores siempre que la interconexión entre las redes sea basada en IP, por lo que mantener el mandato de interconexión en SS7 no solo se perdería las comunicaciones de voz de alta calidad entre usuarios de distintas de redes sino que podría haber incertidumbre respecto a las comunicaciones de video entre redes basadas en la nueva radio que podría afectar la inversión de los operadores en estos nuevos servicios y ralentizar su despliegue.

Sin embargo el cumplimiento de la hipótesis **H1** (el despliegue de las redes 5G será un aspecto clave para el desarrollo de la conectividad de los servicios de Banda Ancha) es parcial, dado que si bien el 5G se convierte en el catalizador de otras tecnologías por ser un aspecto clave en la conectividad de las industrias verticales (internet de la producción), éstas no necesariamente aplican para el internet del consumo dado que no es necesario esperar el 5G para fomentar los servicios de Banda Ancha Móvil, estos pueden ya ser aplicados con las tecnologías 4G existentes.

Por otro lado de los resultados obtenidos en la herramienta MICMAC “Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación”, arrojaron trece políticas públicas como factores críticos de éxito (de 20 en total) y de las cuales se desprenden las siguientes conclusiones adicionales:

- 1 El despliegue de las redes 5G no debe ser concebida como una mejora gradual a las evoluciones tecnológicas existentes, sino como un salto cualitativo en la propuesta de valor de la conectividad, lo cual implicará la creación de empresas emergentes y la readaptación de los modelos de servicios existentes debido a los nuevos casos de uso habilitados por la mejora en la conectividad y las nuevas tecnologías como el Big Data, IoT, Inteligencia Artificial, Cloud Computing, Blockchain, entre otros.

El despliegue de estas tecnologías conlleva un avance significativo en la transformación digital del país dando el salto desde un internet del consumo hacia un internet de la producción. Esta nueva conectividad permitirá tener avances en la digitalización en los hogares, gobierno y empresas, fomentando también el crecimiento en las industrias verticales, lo cual conllevará a acercarnos a los niveles de digitalización de los países de la OECD. Estos avances también contribuirán en el crecimiento del PBI del país atribuible a los efectos directos e indirectos por el despliegue de estas tecnologías. Por otro lado, el despliegue de estas tecnologías también generará un impacto en la productividad de sectores estratégicos como es el caso de la Agricultura, Transporte, Construcción, Salud, Educación, Servicios Públicos, entre otros.

- 2 Pero indistintamente a los beneficios socio-económicos esperados que conlleva la adopción de estas tecnologías, en términos generales en el sector de las telecomunicaciones en el Perú aún se tiene una agenda pendiente por desarrollar y muchos retos por enfrentar para reducir las brechas digitales en la sociedad. El desarrollo de esta agenda requiere una coordinación transversal de diversos actores y sectores de la sociedad, y para que sea sostenible se debe manejar como una estrategia de país a través de un plan unificado de transformación digital liderado por una entidad que gobierne transversalmente esta transformación.
- 3 Este plan enfrentará diversos desafíos no solo por las coordinaciones de diversos actores con diferentes niveles de formación, normatividad, procesos y estructuras organizacionales, sino también por el estado actual respecto a la adopción de la digitalización en las distintas entidades de gobiernos locales y nacional, que impactan no solo en los tiempos de atención, flexibilidad sino también en la transparencia del mismo.

- 4 Por otro lado, también se deben trabajar en políticas que estimulen la demanda y la alfabetización digital, dado que estos serían pilares fundamentales para materializar los derrames positivos y en la generación de complementariedades que requiere el desarrollo de la expansión móvil. Entre las políticas sugeridas se encuentran el desarrollo de los servicios de gobierno electrónico, los estímulos financieros como la reducción del IGV en las compras de equipamientos y terminales, así como la exoneración del impuesto para computadores. También se debe trabajar en el desarrollo del capital humano, a través de iniciativas de capacitación, estímulos de carreras técnicas, así como fomentar vínculos más estrechos entre la investigación universitaria y la industria de las TIC para el desarrollo de contenidos de alto valor social así como proyectos que impulsen el desarrollo de las industrias verticales.
- 5 Las bases para la adopción de esta expansión móvil sería por un lado el despliegue de infraestructura: se requerirían hacer despliegues masivos de estaciones celulares para poder brindar cobertura ubicua y de alta capacidad en todos los centros poblados del país. Por otro lado, la densificación de antenas usando las bandas milimétricas constituirán uno de los grandes desafíos sobre los costos de despliegues ya que éstas no necesariamente se instalan sobre torres o techos preexistentes sino más bien en las partes laterales de edificios, semáforos, o infraestructura pública de las calles.
- 6 A parte de la digitalización de las instituciones se necesita trabajar en un TUPA único que apliquen a todas las municipalidades y entidades para la obtención de permisos de instalación de antenas y despliegues de fibra óptica. Esto debe llegar consigo capacitaciones a las autoridades para que comprendan las ventajas de desplegar antenas de telecomunicaciones en el país y sean los principales educadores hacia la población ante las propagaciones de noticias falsas sobre efectos nocivos en la salud ocasionados por las antenas. Por lo que también se deben hacer campañas educativas a la población, y deben darse multisectorialmente, desde el ámbito de las universidades, empresas privadas, gobierno nacional, gobiernos locales y asociaciones civiles.
- 7 Pero el despliegue de mayores redes de acceso también impactará en los despliegues de infraestructura de fibra óptica para brindar mayor capilaridad en la conectividad de las estaciones celulares con la red de los operadores. Si bien los operadores han desplegado sus propias redes de fibra óptica para soportar sus demandas de tráfico, en el caso del Estado se necesitaría reformular la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO) considerando que esta red se encuentra subutilizada y los tiempos de despliegue de los proyectos regionales están tomando más tiempo de lo planificado. En tal sentido, se recomendaría flexibilizar sus ofertas y retirar

ciertas condiciones de entrada para acceder al servicio del RDNFO como la presentación de cartas fianzas, lo cual daría un impulso en el desarrollo de nuevos proyectos de industrias verticales tanto para los operadores existentes o nuevos operadores virtuales que se enfoquen en estos nuevos mercados y que requieran utilizar las capacidades de la RDNFO.

- 8 Por otro lado, se deben hacer sinergias con los proyectos regionales que están en operación comercial para reducir los tiempos de despliegue de los otros proyectos o destrabar los que actualmente está en proceso de revisión considerando el uso de tecnologías emergentes como la virtualización de servicios o soluciones en la nube. Y por último se debe considerar mandatorio la obligación de compartición de infraestructura (ejemplo, el uso de las redes eléctricas) que fue uno de las que ocasionaron los mayores retrasos en los despliegues de los proyectos regionales. El RDNFO debe servir para impulsar proyectos de desarrollo de las TIC en industrias sectoriales con políticas transversales que involucren a todo el ecosistema digital nacional.
- 9 Pero la prestación de todos estos servicios dependen en gran medida de la disponibilidad del espectro radioeléctrico. Por lo que contar con una mayor cantidad de espectro radioeléctrico sería un punto clave para poder alcanzar las velocidades propuestas por el IMT-2020, lo cual implica que los gobiernos identifiquen y pongan a disposición mayores cantidades de espectro para el uso de las tecnologías IMT. El acceso a este recurso determinan los costos de despliegue de infraestructura y la estructura competitiva del mercado, por lo tanto, la disponibilidad de este recurso representa una herramienta esencial para el desarrollo y la masificación de todos los casos de uso que se tendrán disponibles con el despliegue de la expansión móvil.
- 10 Por lo que contar con suficiente espectro y con una visibilidad de hoja de ruta en la asignación de espectro se vuelve una necesidad prioritaria, tanto para el desarrollo económico como para suplir las necesidades de una sociedad más digital. Bajo este contexto es necesario que los hacedores de políticas definan hojas de ruta de mediano y largo plazo que incluyan subastas transparentes de tal forma que prioricen la reducción de brechas de acceso e incentiven las inversiones en los despliegues de infraestructura, asimismo que den visibilidad a los operadores para que puedan planear sus inversiones de mediano y largo plazo que faciliten la adopción de nuevas tecnologías.
- 11 Asimismo, es necesario desarrollar un marco normativo que permita flexibilizar el uso del espectro, con la finalidad de que sea utilizado de manera más eficiente. En vista de ello, dado que no es factible contar con espectro adicional en un concurso público a corto plazo, las diversas soluciones tecnológicas como el Roaming Nacional, las distintas formas de Compartición Activa de Infraestructura con Espectro Compartido, OMV, OIMR y la Asignación Dinámica de Espectro

permitirán a los operadores atender la demanda creciente de tráfico de datos así como ampliar la cobertura en sus redes.

En tal sentido, la asignación dinámica de espectro rompe el paradigma actual de tener un uso exclusivo de espectro por un solo operador y un solo servicio. Este mecanismo usa de una manera más eficiente este recurso escaso basándose en el reconocimiento de bloques de espectro no utilizados o sub utilizados (espacios en blanco de espectro) para su posterior uso por parte de operadores secundarios, sin interferir a los sistemas primarios que son los que deben contar con protección contra interferencias. Estas medidas como la compartición activa de infraestructura y la compartición de espectro permitirán coadyuvar a aumentar los niveles de acceso y cobertura en los servicios de telecomunicaciones.

- 12 Por lo que el Estado deberá desarrollar un entorno de regulación favorable a través de medidas como los sandbox regulatorios que ayudarían a probar el impacto de la aplicación de políticas en un entorno controlado. Así por ejemplo, se podría evaluar brindar espectro adicional o permitir la asignación dinámica de espectro a los operadores, para que puedan ampliar la cobertura de sus servicios de telecomunicaciones en zonas donde no se contaba con cobertura previamente declarada (lugares en donde tuvieron pocos incentivos de desplegar infraestructura).
- 13 En ese sentido, también se deben explorar el fomento a nuevos tipos de estructura financiera o financiamiento combinado (blended finance) que permitan estimular la incorporación de capital privado como ONGs, Instituciones mundiales y Empresas. Esto podría impulsar el desarrollo de proyectos sectoriales como la industria 4.0, a través de proveer la conectividad en las industrias del Agro, Educación, Salud, Alimentos, etc., ubicados en zonas rurales y que serían parte de la estrategia del Plan Nacional de Transformación Digital.

BIBLIOGRAFÍA

- 3rd Generation Partnership Project [3GPP TR 38.913 V15.0.0] (2018-06). Technical Specification Group Radio Access Network; Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies (Rel. 15). Retrieved from: https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/38_series/38.913/
- 3rd Generation Partnership Project [3GPP TS 32.240 V16.1.0] (2019-12) Charging management - Charging architecture and principles (Rel. 16). Retrieved from: https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/32_series/32.240
- 3rd Generation Partnership Project [3GPP TS 23.501 V16.4.0] (2020-03). System Architecture for the 5G System - Stage 2. Retrieved from: https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23_series/23.501/
- 3rd Generation Partnership Project [3GPP TS 23.502 V16.4.0] (2020-03). Procedures for the 5G System - Stage 2. Retrieved from: https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23_series/23.502/
- 3rd Generation Partnership Project [3GPP TS 38.300 V16.1.0] (2020-03). Technical Specification Group Radio Access Network; NR and NG-RAN Overall Description; Stage 2. Retrieved from: https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/38_series/38.300/
- 5G Americas (2018) Analysis of ITU Spectrum - Recommendations in Latin America. Retrieved from: https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/EN_Analisis_de_las_Recomendaciones_de_Espectro_de_la_UIT_en_Amrica_Latina_Sept_2018.pdf
- 5G Americas (2019) Global 5G - Implications of a Transformational Technology. Retrieved from: <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/09/2019-5G-Americas-Rysavy-Implications-of-a-Transformational-Technology-White-Paper.pdf>

- 5G Americas (2019) The Evolution of Security in 5G. Retrieved from:
<https://www.5gamericas.org/the-evolution-of-security-in-5g-2/>
- 5G Americas (2020) The 5G Evolution – 3GPP Releases 16 – 17. Retrieved from:
<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2020/01/5G-Evolution-3GPP-R16-R17-FINAL.pdf>
- Banco Mundial [BM] (2018) Acuerdo de Cooperación Técnica Reformas para la Expansión de Servicios e Infraestructura de Banda Ancha a Zonas Remotas y Rurales. Retrieved from:
https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/regulacion_internacional/regulacion/proy%20normativos/2019/Informe_DiagnosticoBancoMundial.pdf
- Cipriano M. y Cayetana A. (2003) El impacto de la Convergencia en los Servicios Móviles. Retrieved from: “La Sociedad de la Información – Nuevas Tendencias de las Telecomunicaciones” – Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas pp 181-194.
- Comisión de Regulación de Comunicaciones de Colombia [CRC] (2017). Revisión de las condiciones de compartición de acceso y uso de elementos pasivos de redes de telecomunicaciones. Retrieved from:
<https://www.crcm.gov.co/uploads/images/files/20170814DocSoporte.pdf>
- Diario El Peruano (2014) Ley N° 30083 - Ley que Establece Medidas para Fortalecer la Competencia en el Mercado de los Servicios Públicos Móviles. Retrieved from:
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/19068/1_0_3239.pdf
- Diario El Peruano (2016) Resolución de Concejo Directivo N° 009-2016-CD/OSIPTEL - Normas Complementarias aplicables a los Operadores Móviles Virtuales. Retrieved from:
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/normas-complementarias-aplicables-a-los-operadores-moviles-v-resolucion-no-009-2016-cdosiptel-1337488-1/>
- European Telecommunications Standards Institute [ETSI MANO-GS] (2014-12). Network Functions Virtualization (NFV) - Management and Orchestration. Retrieved from:
https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV-MAN/001_099/001/01.01.01_60/gs_NFV-MAN001v010101p.pdf

Gobierno del Perú (2011) Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú
Lima – Mayo 2011.

GSM Association [GSMA] (2017) Comunicaciones móviles y salud. Retrieved from:
https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2018/07/Health-Booklet_2017_A4_12ppSPANISH_WEB.pdf

GSM Association [GSMA] (2019) La Economía Móvil – América Latina. Retrieved from:
<https://www.gsma.com/r/mobileeconomy/latam-es/>

GSM Association [GSMA] (2019) Espectro 5G – Postura de la GSMA sobre política pública.
Retrieved from: <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/03/5G-Spectrum-Positions-SPA.pdf>

GSM Association [GSMA] (2019) Study on Socio-Economic Benefit of 5G Services Provided
in mmWave Bands. Retrieved from: <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/10/mmWave-5G-benefits.pdf>

GSM Association [GSMA] (2019) Manual de políticas públicas de comunicaciones móviles.
Retrieved from: https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/03/GSMA_Mobile-Policy-Handbook_2019_ESP.pdf

Jordán V., Galperin H. y Peres W. [CEPAL] (2010) Acelerando la revolución digital: banda
ancha para América Latina y el Caribe. Retrieved from:
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/7FB4BD3FBF2667DA05257C38007739D9/\\$FILE/ACELERANDO_REVOLUCI%C3%93N_DIGITAL.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/7FB4BD3FBF2667DA05257C38007739D9/$FILE/ACELERANDO_REVOLUCI%C3%93N_DIGITAL.pdf)

Katz R. y Cabello M. (2019) El valor de la transformación digital a través de la expansión móvil
en América Latina. Retrieved from: <http://www.teleadvs.com/wp-content/uploads/Expansive-Mobile-Final-report-SPA-1.pdf>

- Katz R. y Callorda F. (2019) The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation: Econometric modelling for the Americas. Retrieved from:
http://www.teleadvs.com/wp-content/uploads/eбат-19-00176_2b_Economic-Contribution-Broadband_Americas.pdf
- Katz R. (2019) Latin American Telecommunications – Status, Trends and Future Policy Guidelines. Retrieved from: <http://www.teleadvs.com/wp-content/uploads/KATZ.pdf>
- Katz R., Jung J. y Callorda F. (2020) El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19. Retrieved from:
https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1540/El_estado_de_la_digitalizacion_de_America_Latina_frente_a_la_pandemia_del_COVID-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Loayza R. y Jáuregui S. [OSIPTEL] (2015) Evolución del Mercado de Telecomunicaciones Móviles en el Perú. Retrieved from:
https://www.osiptel.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/par/dt28_evolucion-mercado-telecom-moviles-peru/dt28-Evolucion-del-Mercado-de-Telecomunicaciones_Moviles-Peru.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2008): Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF). Retrieved from:
https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/servicios_privados/documentos/pnaf_act_feb08.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2016) Propuesta de actualización del Plan Técnico Fundamental de Señalización. Retrieved from:
https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/regulacion_internacional/publicaciones/Publicaciones/Plan%20T%C3%A9cnico%20Fundamental%20de%20Se%C3%B1alizaci%C3%B3n.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2016) Políticas públicas de acceso a las tecnologías de la información y la comunicación – Experiencias internacionales. Retrieved from: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4153.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2019) Estrategias de Gestión de Espectro Radioeléctrico: Hacia el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios digitales. Retrieved from: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/469863/Tecnologia_5g_1_.pdf

More J. y Argandoña D. [OSIPTEL] (2019) Estado del espectro radioeléctrico en el Perú y recomendaciones para promover su uso en nuevas tecnologías. Retrieved from: <https://www.osiptel.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/par/dt-43-estado-espectro-radioelectrico-peru/dt-43-estado-espectro-radioelectrico-peru.pdf>

Osseiran A., Monserrat J. y Marsch P. (2016) 5G Mobile and Wireless Communications Technology - Cambridge University Press pp 21 – 106.

Pratz J. y Puig P. [BID] (2017) La gobernanza de las telecomunicaciones hacia la economía digital. Retrieved from: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/07F955EB47B8DDB0052582030077AD80/\\$FILE/3.La-gobernanza-de-las-telecomunicaciones-hacia-la-economia-digital.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/07F955EB47B8DDB0052582030077AD80/$FILE/3.La-gobernanza-de-las-telecomunicaciones-hacia-la-economia-digital.pdf)

Rozas H. (2003) La Interconexión en el Perú. Retrieved from: “La Sociedad de la Información – Nuevas Tendencias de las Telecomunicaciones” – Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas pp 149-178.

Sauter M. (2017) From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G. An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband. Editorial Wiley –Third Edition

Schwab K (2016) La Cuarta Revolución Industrial. Editorial Debate pp 19 – 42

Tafur J. (2017) Análisis de soluciones tecnológicas que utilicen el uso compartido de espectro y propuestas técnicas para su implementación en el marco normativo peruano. Tesis de Maestría. Retrieved from: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/2/browse?type=author&value=Tafur+Panduro%2C+Jorge+Martin>

- Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT] (2000) Interconexión – Manual de Reglamentación de las Telecomunicaciones. Retrieved from: https://www.itu.int/ITU-D/treg/Documentation/Infodev_handbook/Spanish/Module3-s.pdf
- Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT] (2006) La experiencia peruana en la regulación de la interconexión y las perspectivas de su aplicación a las redes de próxima generación. Retrieved from: <https://www.itu.int/ITU-D/treg/Events/Seminars/2006/Argentina/documents/osiptel.pdf>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT] (2011) About mobile technology and IMT-2000. Retrieved from: <https://www.itu.int/osg/spu/imt-2000/technology.html>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT] (2018) The economic impact of 5G – Ensure regulation and keep pace of innovation. Retrieved from: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Documents/Events2018/RED-AFR_BF/Ses5.0_5G_Ssemboga.pdf
- Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT] (2020) Compartir la infraestructura móvil. Retrieved from: <https://www.itu.int/itunews/manager/display.asp?lang=es&year=2008&issue=02&ipage=sharingInfrastructure-mobile&ext=html>
- Vogelsang I., Scott J., Rendon J., Neu W., Elixmann D., Fuentes F., Wernick C., Plückebaum T. y Hackbarth K. (2009) Interconexión en Redes de Siguiete Generación (NGINs): Estudio preparado para OSIPTEL. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/282571993_Interconexion_en_Redde_Siguiete_Generacion_NGINs_Estudio_para_el_Organismo_Supervisor_de_Inversion_Privada_en_Telecomunicaciones_OSIPTEL_Peru

ANEXO 01

ENCUESTA 01 – PREGUNTAS A EXPERTOS

Breve reseña: El 5G tiene el potencial de soportar 3 características tecnológicas: a. La Banda Ancha Móvil mejorada (eMBB), b. Las Comunicaciones masivas tipo máquina (mMTC), y c. Las comunicaciones ultra confiables y de baja latencia (uRLLC). Esto permitirá explotar nuevos negocios verticales y servicios como el internet de las cosas, vehículos autónomos, ciudades inteligentes, el acceso fijo inalámbrico y otras aplicaciones, lo cual conllevará a plantear distintas interrogantes para identificar un plan de acción que permita fomentar el despliegue de este tipo de tecnologías en el mercado de telecomunicaciones móviles en el Perú.

Las siguientes preguntas tienen como objetivo recopilar y consolidar los distintos puntos de vista sobre este tema de los principales stakeholders (operadores, proveedores de tecnología, representantes del MTC y del OSIPTEL, así como de líderes de opinión en las universidades).

1. Apellidos y Nombre
2. Empresa a la cuál labora
3. Cargo que desempeña
4. Autoriza publicar su nombre en la investigación
5. Pregunta 01: ¿Según su punto de vista cuáles serían los principales beneficios que traería la tecnología 5G al mercado peruano?
6. Pregunta 02: El 5G involucra realizar despliegues masivos de estaciones celulares, así como despliegues y aumentos de capacidad en la red de distribución de fibra óptica o Backhaul por parte de los operadores ¿Qué barreras estarían limitando su despliegue y qué políticas públicas recomendaría implementar?
7. Pregunta 03: Los procedimientos para otorgar los permisos para el despliegue de infraestructura involucran la gestión con diversas entidades del gobierno local: MTC, Municipalidades, DGAC, MINAM, SERNANP, Ministerio de Cultura, donde cada una tiene sus propias ordenanzas. ¿Qué medidas propondría para mejorar el proceso actual? ¿Está de acuerdo con la implementación de ventanillas únicas a nivel nacional administradas por una autoridad nacional?
8. Pregunta 04: El 5G traerá nuevos negocios en segmentos verticales como el IoT industrial para transporte, minería, salud, etc., Vehículos conectados, Drones conectados, Ciudades inteligentes, entre otros ¿Usted cree que los segmentos verticales crearán mayor competencia

en el mercado de telecomunicaciones móviles del Perú? ¿Qué sinergias pueden ayudar para impulsar la digitalización en las industrias verticales?

9. Pregunta 05: El 5G tendrá funcionalidades de segmentación de red que soportarán calidades de servicio diferenciados (servicios de banda ancha, servicios con altas transacciones y servicios de baja latencia y alta confiabilidad), Según su punto de vista, ¿Tendrá esta diferenciación algún impacto con la neutralidad de la red?
10. Pregunta 06: Respecto a los mecanismos supervisados de compartición y acceso de infraestructura tales como: La compartición activa de infraestructura con espectro en modalidad MOCN, la compartición activa de infraestructura en modalidad GWCN, la compartición activa modalidad multi-Operador (MORAN), entre otros, Según su punto de vista ¿Qué mecanismos de uso compartido generarán una mayor cooperación, ahorros de inversión y desarrollo para el despliegue de la infraestructura móvil?
11. Pregunta 07: ¿Qué medidas sobre el espectro son necesarias para asegurar el despliegue de las redes 5G en las bandas bajas, medias y altas, así como que medidas permitirán maximizar un uso eficiente de este recurso?
12. Pregunta 08: ¿Qué opinión tiene entre el uso de licencias exclusivas de 5G respecto a la compartición de espectro y el uso de bandas no licenciadas?
13. Pregunta 09: Las evoluciones tecnológicas de los servicios de telecomunicaciones están basadas en tecnologías IP. Con el despliegue de tecnologías 4G empiezan a surgir nuevas formas de comunicación persona a persona como el servicio de VOLTE, VILTE, VOWIFI, entre otros. Bajo este contexto ¿Sigue siendo eficiente el mandato del uso de la señalización SS7 en los enlaces de interconexión?
14. Pregunta 10: El contexto del COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia de los servicios de telecomunicaciones no solo como habilitador de la economía sino como una herramienta que permita mantener los servicios de educación, salud y trabajo en nuestra sociedad. Bajo este contexto ¿Cuál es la importancia de desplegar nuevas estaciones celulares y cuáles, según su experiencia, podrían ser las medidas que podrían fomentar su despliegue (tributarios, municipales, otros)?
15. Pregunta 11: Existe literatura que proponen que exista una única autoridad que gestione transversalmente la transformación digital en el Estado. ¿Usted consideraría que sería más eficiente la creación de una única autoridad o esta transformación debería mantenerse sectorialmente?
16. Pregunta 12: ¿Según su experiencia que otras variables se deben considerar para el análisis?

ANEXO 02

RESULTADOS DE LA ENCUESTA 01

El desarrollo de la encuesta (Anexo 01) tuvo como objetivo identificar las variables o políticas públicas sugeridas por los grupos de interés.

Las preguntas fueron agrupadas en base a los siguientes alcances:

A. Sobre los Principales Beneficios del 5G en el Mercado Peruano

- Existe un consenso de todos los Grupos respecto a los beneficios que el 5G dará en el mercado peruano, y está puede ser sintetizada en 03 puntos:
 - a. Permitirá brindar servicios de Banda Ancha Mejorada (1 Gbps) similares a las conexiones de Fibra directa en la casa (FTTH).
 - b. Masificación de nuevas aplicaciones que requieran mayores anchos de banda y baja latencia como las de realidad virtual y aumentada, entre otros.
 - c. Catalizador de otras tecnologías como Big data, IoT, IA que permitirán establecer servicios disruptivos en las industrias verticales, acelerando la digitalización y automatización de procesos industriales, entre otros.
- Adicional a estos tres puntos, el Grupo P (Proveedores Tecnológicos) y A (Universidades) considero dentro de sus respuestas los siguientes beneficios:
 - d. El despliegue del 5G junto con las tecnologías emergentes y estrategias para manejar bases de datos globales con políticas impulsadas por el Gobierno permitirán el desarrollo de una arquitectura digital transversal en todos los sectores del Estado.
 - e. Se puede lograr una ventaja y beneficio real del 5G a través del impulso y fondos de inversión hacia las Universidades y Centros de Investigación a fin de desarrollar casos de uso específicos y de gran valor para nuestra sociedad.
 - f. Cualquier sector industrial que se quiera reconvertir tendría esta tecnología como facilitador, pero por detrás se requiere un gran impulso e inversión del sector público si realmente se quiere transformar la economía y la forma de hacer las cosas en el país de una forma estratégica y sostenible.

- En resumen, existe consenso entre todos los actores de los beneficios que traerá 5G en la sociedad y en la economía.
- Las últimas tres opciones propuestas por el Grupo de Proveedores y la Academia, calzan con políticas públicas que requieren ser impulsadas por el Gobierno de una manera transversal. Estas propuestas concuerdan con el análisis realizado por Katz (2019) dentro de su propuesta de implementar un Plan Nacional de Desarrollo Digital, revisado en esta investigación.

B. Sobre las Barreras que limitan su despliegue y que políticas públicas se recomienda implementar

- Existe consenso entre todos los Grupos respecto a las siguientes barreras y políticas que permitirían reducirlas:
 - a. Barreras por parte de los gobiernos locales para el despliegue de infraestructura, tanto para las estaciones celulares como para la fibra óptica. Reducción de “tramitología” para el despliegue de infraestructura y la Digitalización de las instituciones.
 - b. Barreras en la percepción de la salud de las personas respecto a los despliegues de antenas celulares.
 - c. Barreras respecto a la disponibilidad de mayor espectro radioeléctrico.
 - d. Barreras respecto a la gestión del uso del espectro, como flexibilizar el uso de espectro de una manera más eficiente evaluando la implementación de uso compartido y el acceso dinámico de espectro.
 - e. En políticas se recomienda seguir con la adopción de las frecuencias según el estándar mundial definido por la UIT, esto permitirá reducir los costos en equipamiento de radio acceso y en terminales móviles debido al desarrollo de economías de escala.
 - f. Otra política es a través de las licitaciones de espectro que también podría coadyuvar a ir cerrando la brecha de acceso a la banda ancha móvil, a través de criterios de expansión de servicio que preponderen el cierre de la brecha digital frente a fines recaudatorios, priorizando el brindar cobertura a una mayor cantidad de localidades que no cuenten con conexión de banda ancha.

- g. Otra política es establecer fast-track de procesos y brindar facilidades tributarias a la importación de equipos y terminales de tal forma que puedan abaratar el costo final brindado al usuario.
 - h. Políticas que faciliten la compartición de infraestructura pasiva y activa no solo entre los operadores sino también con las redes de servicios públicos como las empresas eléctricas, las redes de gas, las redes de transporte, etc.
 - d. Otra política a considerar está relacionado con el Gobierno, a través de alinear la comunicación entre todos los sectores del Estado (Gobiernos locales y Nacional) de tal forma de tener una comunicación clara sobre los beneficios y la importancia del despliegue de redes y su impacto en la sociedad.
 - e. Desarrollo de un Plan Nacional de Transformación Digital liderados por una autoridad que gestione sectorialmente a todos los actores del ecosistema digital nacional.
 - f. Políticas que impulsen la Alfabetización Digital a través del desarrollo del gobierno electrónico y medidas que permitan estimular la demanda a su utilización por parte de las personas y las pequeñas empresas. Por otro lado, también se debe trabajar en la formación del capital humano a través de iniciativas de capacitación y estímulos de carreras técnicas.
 - g. Promover nuevos modelos de inversión en redes como las asociaciones hechas por Telefónica, BID, Facebook y CAF con el proyecto de INTERNET PARA TODOS (IPT) que puedan aplicarse para los negocios de Internet de las cosas u otros.
- Por otro lado, el grupo del Gobierno considero la siguiente recomendación que guarda relación a la investigación en relación a los areneros regulatorios (Katz, 2019):
- Implementar “sandbox regulatorios” que permitan probar la viabilidad de la aplicación de nuevas tecnologías y nuevos esquemas de negocio por parte de los operadores, estableciendo reglas claras por parte del regulador para su aplicación.

- Asimismo, el grupo de los Operadores y Proveedores consideraron las siguientes políticas:
 - Reformular las condiciones de comercialización de la RDNFO con una apertura a clientes potenciales.
 - Información, capacitación e incentivos a las industrias verticales.
 - Políticas que incentiven y faciliten el uso de aplicaciones que fomenten el comercio electrónico (e-commerce), transacciones bancarias y pagos de servicios desde los móviles.
 - Fomento a través del CONCYTEC para la investigación interdisciplinaria de soluciones aplicadas a diversas áreas de la industria.

C. Sobre las sinergias que ayuden a impulsar la digitalización de las Industrias verticales. Así como su efecto en la competencia del mercado de telecomunicaciones.

- Existe consenso entre todos los Grupos respecto a:
 - Los negocios en segmentos verticales traen una gran oportunidad de crecimiento a los operadores locales, ya que incrementa sus portafolios de servicios hacia los clientes corporativos nuevos y existentes. La comercialización de los nuevos servicios es un desafío muy grande para los operadores tradicionales, y por tanto crea un ambiente competitivo muy difícil pero a la vez muy prometedor en el mercado.
 - Está incorporación de nuevos actores no necesariamente serán competencia de los operadores sino más bien aliados de las empresas de telecomunicaciones para poder brindar servicios con integración vertical, esto le da un mayor dinamismo y amplía el alcance del sector.
 - Por otro lado, los operadores tendrán que migrar a brindar servicios digitales para poder sobrevivir a los cambios tecnológicos, y esto implica especializarse en temas en donde históricamente no han sido su core, como por ejemplo la explotación de grandes cantidades de información a través del Big Data, aplicación de inteligencia artificial, entre otros aspectos. Si logran

integrar dichas tecnologías a su abanico de servicios a brindar, se tendrá una competencia más fuerte entre operadores y entre otras empresas especializadas en brindar servicios digitales sobre las redes de telecomunicaciones.

- Asimismo, el grupo del Gobierno observo lo siguiente:
 - Hay que tener en consideración el efecto en la competencia de que los operadores de telecomunicaciones puedan ampliar sus actividades económicas a otros sectores, dado que podría establecerse acuerdos de exclusividad que puedan impactar directa o indirectamente en los mercados de los servicios de telecomunicaciones u otros mercados (v.g. En el escenario de que el mayor comercializador de vehículos automotores con conducción autónoma, posea aplicativos preinstalados en los vehículos para la conectividad de un solo proveedor de soluciones tecnológicas o de telecomunicaciones, y que no permita la instalación de aplicativos de otros proveedores de servicios digitales). Con reglas claras y no discriminatorias, podrían establecerse escenarios que incentiven una competencia efectiva de agentes especializados en brindar servicios digitales.

D. Sobre los impactos en la neutralidad respecto a las funcionalidades de segmentación de red.

- Existe consenso entre todos los Grupos respecto a:
 - La segmentación de redes (“network slicing”) es un concepto que está dirigido a compañías, o al mismo gobierno, y establece capacidades y niveles de calidad que afectan la capacidad de una red de una forma similar a la que afecta la inclusión de cualquier nuevo suscriptor en la red con un efecto potencialmente más grande. Sin embargo, los principios de neutralidad de la red están enfocados en la igualdad de capacidad de servicios para el usuario único (cliente humano) al acceder a cualquier tipo de aplicación o servicio a través de la red. Al establecer un nuevo segmento de la red, se está creando un “Servicio Especializado” que utilizara parte de la capacidad de la red con un modelo de negocio que involucra al operador y a la compañía, por lo que no representa ningún tipo de discriminación de servicio entre suscriptores comunes.

- El Reglamento de Neutralidad de Red, contempla lo que se conoce como “Servicios Especializados”. Estos servicios, soportados sobre redes IP, al necesitar niveles de calidad específica para su correcto funcionamiento, pero a través de redes IP dedicadas y que no necesiten de acceder a Internet (v.g. IPTV, VoLTE, etc.), se encuentran fuera de la regulación de neutralidad de red. En ese sentido, los diversos servicios que se puedan brindar a través de las redes IP de los operadores, que cumplan con la definición de SERVICIOS ESPECIALIZADOS podrían brindarse, sin entrar en conflicto con la neutralidad de la red.

E. Sobre qué mecanismos de uso compartido generarán una mayor cooperación, ahorros de inversión y desarrollo para el despliegue de la infraestructura móvil.

- Existe consenso entre los grupos del Gobierno y los Operadores respecto a:
 - La compartición de infraestructura, permite establecer sinergias entre operadores para abaratar costos, sin embargo, a medida que se comparte mayor infraestructura, el nivel de control de la red también se reduce. Sin perjuicio de ello, la modalidad de compartición de infraestructura activa MOCN, sería una opción que podría servir de mucha utilidad a los operadores en el marco del despliegue el 5G, toda vez que mediante dicha modalidad podrían compartir también el espectro, permitiendo reducir costos y resguardar cierto control de la red entre las partes. Mediante el MOCN, los operadores podrían compartir sus espectros en una determinada banda (spectrum pooling), pudiendo de esta forma, de manera compartida, alcanzar la capacidad de radio acceso necesaria para brindar las velocidades especificadas en el IMT 2020.
- Asimismo, el grupo de Universidades, Operadores y Proveedores señalan lo siguiente:
 - El regulador puede fomentar el uso de redes compartidas relajando las limitaciones de las licencias de espectro, y creando el marco legal para que operadores compartan predios y contratos de arrendamiento para estaciones base. Este tipo de infraestructura representa la parte más grande del OPEX que aqueja a los operadores. A pesar de que el beneficio es claro, el marco legal imposibilita que este tipo de acuerdos se den naturalmente entre los

operadores, ya que las negociaciones comerciales se ven truncas constantemente debido a los intereses comerciales de cada operador. En estas situaciones, el rol de regulador puede ser el de establecer objetivos de compartición para cada operador.

- Permitir el acceso al Roaming Nacional pero sólo por un cierto período de tiempo, de tal forma que el operador solicitante pueda desplegar su infraestructura de manera progresiva.
- La asignación dinámica de espectro debería permitirse para que el operador que tenga licencia (primario) pueda asignar parte del espectro no utilizado en una determinada zona geográfica a otro operador sin ceder su titularidad.
 - Respecto a la relación costo-efectiva consideran que inicialmente la modalidad GWCN sería la más eficiente, dado que la modalidad MOCN requerirán mayores desafíos respecto a la repartición y control de la capacidad compartida, y que se requerirá mayores tiempos para desarrollarlas.

F. Sobre las medidas en la gestión del espectro en las bandas bajas, medias y altas que permitan maximizar su uso

- Existe consenso entre todos los grupos respecto a:
 - El identificar nuevos bloques de espectro por parte de los gobiernos en bandas bajas, medias y altas, de acuerdo a las recomendaciones internacionales y acuerdos establecidos en el WRC, son de suma importancia para poder atender las capacidades del orden de los Gbps que requiere la 5G. No obstante, al ser el espectro un recurso limitado, y dado que el factor diferenciador entre los operadores en un escenario 5G se daría principalmente a través de los servicios digitales que podría brindar a sus usuarios, el considerar la compartición de espectro en diversas bandas de frecuencias, con reglas claras y que incentiven la competencia en el mercado, se vuelve un escenario plausible de analizar e implementar, dado que los operadores podrían ver dicha compartición como provechosa para desplegar servicios 5G.

- Adicionalmente, es importante incentivar políticas que aceleren el refarming del espectro, en bandas que tengan alto potencial para brindar servicios móviles avanzados (4G en adelante) y que estén siendo utilizadas para brindar servicios móviles con tecnologías legadas. De esta forma, los operadores podrán mejorar sus niveles de eficiencia, reducir costos, e incentivar el uso de la banda ancha móvil en el país.
- Por otro lado, el grupo de Operadores y Proveedores señalan lo siguiente:
 - Se deben revisar los esquemas actuales de asignación y uso de espectro, en favor de fomentar la inversión en 5G. Más allá de evaluar la baja de costos, se debe revisar los tiempos de concesión, extenderlos para que estén alineados con las inversiones que tendrán que hacer los operadores y evitar que repercutan en el costo de los servicios que se entregarán al cliente final, para que se logre masificar el uso de esta nueva tecnología.
 - El espectro debe ser visto por el Estado no como una fuente de ingresos directos sino como un impulsor de desarrollo y crecimiento económico en la sociedad, en ese sentido los mecanismos de concesión deben ser orientados a lograr un mayor y mejor alcance en el país en vez de una subasta económica.
 - La estrategia de espectro en el país es muy importante para establecer condiciones de crecimiento. Empezando por precios razonables, y otorgando el espectro con el tiempo suficiente para que las redes sigan siendo competitivas a nivel regional o mundial en el Perú. La primera opción de desarrollo es hasta el momento las bandas FR1 (cmWave) en espectros n78 y n41, que están teniendo un desarrollo importante, tanto en UIT región 1, como en región 2. El otorgamiento de estas licencias es básico para fomentar el desarrollo de tecnología 5G. Las bandas bajas tienen un efecto de cobertura, con un ecosistema inmaduro aun, mientras que las bandas altas (FR2, mmWave) son más especializadas en capacidad, que será más importante a largo plazo, no durante el desarrollo de la tecnología en el mercado necesariamente.

G. Sobre el uso de licencias exclusivas y no licenciadas. Así como sobre la compartición de espectro.

- Existe consenso entre todos los grupos respecto a:
 - El uso de espectro no licenciado, coadyuvaría a reducir la brecha de acceso a los servicios de telecomunicaciones, al abaratar los costos del operador para cubrir determinadas zonas (sobre todo las muy alejadas). Asimismo, la compartición de espectro, tal como se indicó previamente, coadyuvaría a que los operadores puedan combinar sus licencias exclusivas en zonas con alta demanda de usuarios y de esta forma, incrementar la capacidad que puedan ofrecer a sus usuarios.
 - La compartición de espectro, podría coadyuvar también a generar más competencia en zonas en donde unos pocos operadores cuentan con licencia para operar en dicha zona geográfica. A manera de ejemplo, si se permitiera la compartición de espectro (con reglas claras, y con criterios de competencia), los operadores de redes regionales, que no posean espectro, podrían entablar acuerdos con los operadores móviles tradicionales, para ofrecer servicios móviles en zonas alejadas en donde los operadores tradicionales no tendrían incentivos de invertir, y de esta forma, los operadores regionales podrían aprovechar las economías de escala con las que cuentan los equipos de telecomunicaciones en bandas comerciales y brindar servicios con tarifas competitivas y niveles de calidad superiores a los que se podría brindar utilizando espectro no licenciado.

H. Sobre si el mandato del SS7 en la Interconexión es eficiente en un entorno IP.

- Existe consenso entre todos los grupos respecto a:
 - Actualizar las normativas técnicas para que permitan la señalización IP, basadas en los protocolos más usados utilizados en el sector como la señalización SIP.

I. Sobre el contexto del COVID-19 y la importancia del despliegue de nueva infraestructura, que medidas podrían fomentar su despliegue.

- Existe consenso entre todos los grupos respecto a:
 - Digitalización y flexibilización del despliegue de infraestructura, resguardando el tema ambiental y de ornato, como, por ejemplo, el establecimiento de requisitos únicos y homogéneos que deban de ser requeridos por los gobiernos locales para su despliegue, así como regímenes de autorizaciones automáticas con fiscalizaciones ex post a cargo de los gobiernos locales, la obligatoriedad de mimetización de infraestructura, etc.
 - Programas informativos orientados a la población referentes a la no afectación de las RNI en la salud, sobre la base de estudios científicos avalados por el ICNIRP, las mediciones del MTC, la participación de las municipalidades, el regulador, entre otros sectores y agentes del Gobierno (v.g. sector salud, ambiente, empresas operadoras, universidades, etc.).
 - Obligatoriedad de compartición de infraestructura sea pasiva (entre operadores, estados empresas eléctricas, redes viales, entre otros), y activas.
- Por otro lado, los grupos de Universidades, Operadores y Proveedores señalan lo siguiente:
 - La Red Dorsal de Fibra Óptica del Estado debería ser la proveedora de los enlaces para estas regiones y a un costo reducido. Ello facilitaría el despliegue de los servicios fijos que se complementan con el servicio móvil.
 - Buscar formas de subsidio cruzado (de las ciudades al campo) pueda permitir el despliegue de redes que no van a ser rentables en municipios pequeños o zonas rurales con escasos recursos, esto deberían hacerlo los privados, con algún apoyo estatal para regiones de frontera o de extrema pobreza.
 - Un tema fundamental es la reglamentación de la obtención de los permisos de construcción municipales, es decir, buscar los mecanismos de simplificarlos e incluso bajar sus costos, sin que esto signifique descuidar el cumplimiento de las especificaciones técnicas que aseguren la calidad de las estructuras a construir. Por ejemplo, en México, se creó una iniciativa desde la Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y

Tecnologías de la Información (CANIETI) que se escaló al gobierno federal para lograr una única reglamentación a nivel nacional que facilite la obtención de permisos municipales, ya que actualmente cada entidad municipal, es autónoma en la definición de requisitos para otorgar los permisos de construcción. Actualmente dicha iniciativa se implementó bajo los municipios de un Estado, como piloto para observar su viabilidad y desempeño, antes de extenderla al resto del país (sandbox regulatorio).

- La cobertura de servicios de internet a todos los ciudadanos es considerada un derecho básico del ser humano en varios países, y el efecto del COVID-19 ha confirmado su importancia. No solo para el desarrollo humano, sino para el bienestar general de todas las personas. Como parte del apoyo que el gobierno da a la población para poder sobrellevar la difícil situación, el primer paso que muchos países en todo el mundo han dado, es el de liberar frecuencias para poder abastecer de capacidad y cobertura a los ciudadanos, así como relajar las limitaciones de acceso a los sitios de cada operador para poder realizar expansiones.
- Exigir a las empresas de energía que vayan de la mano con el despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones sobre todo en las zonas rurales.

J. Sobre las otras variables a considerar en la investigación.

- Existe consenso entre todos los grupos respecto a:
 - Los gobiernos locales son una parte fundamental en el despliegue de infraestructura, toda vez que son los que aprueban los expedientes técnicos y tienen la función de fiscalizar dicho despliegue. Por lo que la implementación de un TUPA único para todas las municipalidades y entidades ayudarán a agilizar los trámites en la obtención de permisos de instalación de antenas. Se debe aplicar el silencio administrativo positivo en caso excedan los tiempos de respuesta.
 - Se debe implementar un catastro geo-referenciado y digitalizado de la infraestructura de telecomunicaciones desplegada en las jurisdicciones municipales y que esté centralizada para que pueda ser usada por los operadores, esto ayudará a reducir los tiempos y costos de implementación.

- Las redes de Telecomunicaciones dependen de infraestructura y entre ellas una de la más importante es el suministro de energía. El consumo de datos crecerá exponencialmente y directamente la necesidad de energía eléctrica. Considero en los últimos años no se le ha dado la importancia debida a este factor energético.
- Por otro lado, los grupos de Operadores y Proveedores señalan lo siguiente:
 - Impulso en la educación, no es sólo enfocarse en proveer la red, sino también crear las condiciones para la explotación de los recursos, para eso se debe impulsar la capacitación sobre la tecnología y sus aplicaciones. Adicionalmente impulsar incubadoras de proyectos.
 - Regulación y promoción del país como potencial Hub Tecnológico y estratégico para la región que incentiven el despliegue de infraestructura de proveedores de OTT. Promoción de carreras técnicas y universitarias asociadas a la tecnología unido a incentivos para empresas de desarrollo de software y fabricación de componentes de manera descentralizada.
 - Mayores esfuerzos en Alfabetización digital, es cierto que el COVID-19 va a ayudar a acelerar mucho esta tarea, pero se debe dar sostenibilidad empezando por los recursos que pueda proveer el Estado como impulsor del desarrollo de este ecosistema digital. Así como educar a los ciudadanos acerca del impacto social positivo del acceso a redes móviles, y de su valor para el desarrollo de la economía, y en la seguridad general del país.
 - El impacto del ecosistema (dispositivos, espectro utilizado, modelos de negocio) de 5G merece ser analizado en detalle para poder desarrollar esta tecnología exitosamente en el Perú. Los gobiernos tienen que promover la llegada de dispositivos que soporten las frecuencias programadas en la red, y asimismo promover la disminución del uso de tecnologías antiguas (2G/3G) ya que representan una pérdida de eficiencia espectral considerable, comparadas con 4G y 5G, e imposibilitan el incremento de capacidad en las redes.

ANEXO 03

ENCUESTA 02 –MATRIZ DE VALORACIÓN DE INFLUENCIAS

Consideraciones: A continuación se muestra la siguiente matriz de valoración donde se debe completar el grado de influencia y/o dependencia entre la variable 1 respecto a la variable 2. Los valores van del 0 al 4, donde: 0 indica que no existe influencia, 1: influencia débil, 2: influencia moderada, 3: influencia fuerte, y 4: Potencial influencia (podría existir influencia en el futuro).

		Variables 02																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
		Despliegue de antenas	Reformulación de la fibra óptica	Establecer fast track de procesos	Impulso industrias verticales	Fomento la investigación interdisciplinaria	Plan Nacional de Transformación Digital	Disponibilidad de espectro	Compartición de infraestructura	Ventanillas únicas	Generará mayor competencia	Neutralidad respecto a segmentación de Red	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	Sandbox regulatorios	Alfabetización digital a todo nivel	Asequibilidad de equipos terminales	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	Entrega de equipos a zonas rurales	Supervisar la calidad mínima del servicio	Regular los temas de seguridad y privacidad			
Variables 01	1	Despliegue de antenas	0																					
	2	Reformulación de la fibra óptica		0																				
	3	Establecer fast track de procesos			0																			
	4	Impulso industrias verticales				0																		
	5	Fomento la investigación interdisciplinaria					0																	
	6	Plan Nacional de Transformación Digital						0																
	7	Disponibilidad de espectro							0															
	8	Compartición de infraestructura								0														

9	Ventanas únicas	0
10	Generará mayor competencia	0
11	Neutralidad respecto a segmentación de Red	0
12	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	0
13	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	0
14	Sandbox regulatorios	0
15	Alfabetización digital a todo nivel	0
16	Asequibilidad de equipos terminales	0
17	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	0
18	Entrega de equipos a zonas rurales	0
19	Supervisar la calidad mínima del servicio	0
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	0



ANEXO 04

RESULTADOS DE LA MATRIZ DE VALORACIÓN DE INFLUENCIAS

RESULTADOS CONSOLIDADOS

		MATRIZ DE VALORACIÓN CONSOLIDADA (PONDERACIÓN DE 04 RESULTADOS)																				
		Variables 02																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		Despliegue de antenas	Reformulación de la fibra óptica	Establecer fast track de procesos	Impulso industrias verticales	Fomento la investigación interdisciplinaria	Plan Nacional de Transformación Digital	Disponibilidad de espectro	Compartición de infraestructura	Ventanillas únicas	Generará mayor competencia	Neutralidad respecto a segmentación de Red	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	Sandbox regulatorios	Alfabetización digital a todo nivel	Asequibilidad de equipos terminales	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	Entrega de equipos a zonas rurales	Supervisar la calidad mínima del servicio	Regular los temas de seguridad y privacidad	
Variables 01	1	Despliegue de antenas	0	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	1	3	2	2	3	1	2	1	
	2	Reformulación de la fibra óptica	3	0	3	3	2	3	1	3	2	2	2	1	3	2	3	1	2	1	2	1
	3	Establecer fast track de procesos	3	3	0	3	2	2	2	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4	Impulso industrias verticales	3	3	2	0	3	3	3	2	2	3	2	1	3	3	3	2	3	2	2	3
	5	Fomento la investigación interdisciplinaria	2	1	2	3	0	3	1	1	1	2	2	1	2	2	3	1	1	2	2	2
	6	Plan Nacional de Transformación Digital	3	3	2	3	3	0	3	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	2	3
	7	Disponibilidad de espectro	3	1	1	3	2	3	0	3	1	3	2	1	2	2	2	2	3	1	2	2
	8	Compartición de infraestructura	3	3	2	2	1	2	3	0	2	3	2	1	3	2	2	1	3	1	1	2
	9	Ventanillas únicas	2	2	3	1	1	1	1	2	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0

10	Generará mayor competencia	3	3	2	3	2	2	3	3	1	0	2	1	3	2	2	2	2	2	3	2
11	Neutralidad respecto a segmentación de Red	1	2	1	3	2	2	2	2	1	2	0	1	1	2	2	1	1	1	2	2
12	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	3	3	2	3	2	3	3	3	1	3	2	1	0	3	2	2	3	3	2	2
14	Sandbox regulatorios	3	2	2	3	2	3	3	2	1	2	2	2	3	0	2	2	2	2	2	2
15	Alfabetización digital a todo nivel	3	3	1	3	2	3	1	1	1	2	2	1	2	2	0	3	2	3	3	2
16	Asequibilidad de equipos terminales	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	2	3	0	1	3	2	2
17	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	3	3	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	3	2	2	1	0	1	2	1
18	Entrega de equipos a zonas rurales	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	1	3	3	2	0	2	2
19	Supervisar la calidad mínima del servicio	3	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	3	2	2	2	0	2
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	1	1	1	3	3	3	2	2	1	2	2	1	1	2	3	2	1	2	2	0

RESULTADOS DE LA MATRIA DE VALORACIÓN POR CADA GRUPO

A.

VALORACIÓN DEL GRUPO GOBIERNO

		MATRIZ DE VALORACIÓN GRUPO GOBIERNO																				
		Variables 02																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		Despliegue de antenas	Reformulación de la fibra óptica	Establecer fast track de procesos	Impulso industrias verticales	Fomento la investigación interdisciplinaria	Plan Nacional de Transformación Digital	Disponibilidad de espectro	Compartición de infraestructura	Ventanillas únicas	Generará mayor competencia	Neutralidad respecto a segmentación de Red	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	Sandbox regulatorios	Alfabetización digital a todo nivel	Asequibilidad de equipos terminales	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	Entrega de equipos a zonas rurales	Supervisar la calidad mínima del servicio	Regular los temas de seguridad y privacidad	
Variables 01	1	Despliegue de antenas	0	2	3	2	1	4	3	3	2	2	4	1	3	1	2	3	2	2	1	1
	2	Reformulación de la fibra óptica	3	0	2	2	2	4	4	3	2	2	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1
	3	Establecer fast track de procesos	3	2	0	2	2	4	4	3	3	2	4	1	2	2	1	1	2	2	1	1
	4	Impulso industrias verticales	3	2	2	0	3	4	3	3	2	3	4	2	2	3	2	2	3	2	2	2
	5	Fomento la investigación interdisciplinaria	2	2	2	3	0	4	2	2	1	1	4	3	2	3	3	2	2	3	3	3
	6	Plan Nacional de Transformación Digital	3	3	3	3	2	0	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2
	7	Disponibilidad de espectro	3	2	2	3	2	3	0	3	2	2	2	1	2	2	2	2	3	2	2	2
	8	Compartición de infraestructura	3	2	2	3	2	3	3	0	2	3	3	1	2	3	2	2	3	2	1	2
	9	Ventanillas únicas	3	2	3	3	2	1	1	3	0	1	0	0	1	2	2	1	1	1	0	0
	10	Generará mayor competencia	3	3	2	2	2	2	3	3	3	0	2	0	2	2	2	2	2	2	3	2
	11	Neutralidad respecto a segmentación de Red	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	0	1	0	2	2	2	1	0	1	2

12	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
13	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	3	3	2	4	2	2	4	3	1	2	2	0	0	3	2	2	2	2	2	1
14	Sandbox regulatorios	2	2	2	3	3	3	3	3	1	2	3	0	3	0	2	2	2	2	2	2
15	Alfabetización digital a todo nivel	2	2	1	3	2	3	0	1	0	2	1	0	2	2	0	4	4	2	2	1
16	Asequibilidad de equipos terminales	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	0	1	1	1	0	1	1	2	0
17	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	3	2	1	2	2	2	2	2	1	3	1	0	2	2	2	2	0	1	2	2
18	Entrega de equipos a zonas rurales	2	2	1	2	2	2	2	2	1	3	1	0	2	1	2	3	2	0	2	2
19	Supervisar la calidad mínima del servicio	3	2	2	1	2	2	2	2	1	3	2	0	0	2	2	2	2	1	0	2
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	1	1	1	2	2	2	1	2	1	3	1	0	1	2	2	2	1	2	1	0

B.

VALORACIÓN DEL GRUPO OPERADORES

MATRIZ DE VALORACIÓN GRUPO OPERADORES																					
		Variables 02																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Despliegue de antenas	Reformulación de la fibra óptica	Establecer fast track de procesos	Impulso industrias verticales	Fomento la investigación interdisciplinaria	Plan Nacional de Transformación Digital	Disponibilidad de espectro	Compartición de infraestructura	Ventamillas únicas	Generará mayor competencia	Neutralidad respecto a segmentación de Red	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	Sandbox regulatorios	Alfabetización digital a todo nivel	Asequibilidad de equipos terminales	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	Entrega de equipos a zonas rurales	Supervisar la calidad mínima del servicio	Regular los temas de seguridad y privacidad
Variabl	1	Despliegue de antenas	0	3	2	3	3	3	3	3	2	0	0	3	3	2	1	3	0	1	0
	2	Reformulación de la fibra óptica	3	0	3	3	3	0	3	3	2	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0

3	Establecer fast track de procesos	3	3	0	3	0	2	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Impulso industrias verticales	3	3	1	0	3	3	3	2	2	2	0	0	3	3	3	3	3	3	2	2
5	Fomento la investigación interdisciplinaria	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
6	Plan Nacional de Transformación Digital	3	3	1	3	3	0	2	1	1	0	0	0	2	2	3	3	3	3	3	3
7	Disponibilidad de espectro	3	2	2	3	1	2	0	3	0	3	0	0	2	2	0	1	3	0	3	0
8	Compartición de infraestructura	3	3	3	2	0	0	3	0	2	3	0	0	3	3	0	0	2	0	0	0
9	Ventanillas únicas	3	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Generará mayor competencia	3	3	1	2	0	0	3	3	0	0	0	0	2	2	0	0	3	0	2	0
11	Neutralidad respecto a segmentación de Red	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0	0	0	3	2	2	3	3	3	2
14	Sandbox regulatorios	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	0	3	3	0	3	3	3	3	3	3
15	Alfabetización digital a todo nivel	3	3	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	3	3	2
16	Asequibilidad de equipos terminales	3	1	0	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	3	0	0
17	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	3	2	0	1	0	2	3	2	0	2	0	0	3	3	0	0	0	0	2	0
18	Entrega de equipos a zonas rurales	0	0	0	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	0
19	Supervisar la calidad mínima del servicio	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	0	0	0
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0

C

VALORACIÓN DEL GRUPO PROVEEDORES

		MATRIZ DE VALORACIÓN GRUPO PROVEEDORES																				
		Variables 02																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		Despliegue de antenas	Reformulación de la fibra óptica	Establecer fast track de procesos	Impulso industrias verticales	Fomento la investigación interdisciplinaria	Plan Nacional de Transformación Digital	Disponibilidad de espectro	Compartición de infraestructura	Ventanillas únicas	Generará mayor competencia	Neutralidad respecto a segmentación de Red	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	Sandbox regulatorios	Alfabetización digital a todo nivel	Asequibilidad de equipos terminales	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	Entrega de equipos a zonas rurales	Supervisar la calidad mínima del servicio	Regular los temas de seguridad y privacidad	
Variables 01	1	Despliegue de antenas	0	3	3	4	4	4	3	2	3	3	2	1	2	3	3	3	3	2	4	3
	2	Reformulación de la fibra óptica	3	0	3	4	2	3	1	2	3	3	2	1	2	3	3	3	3	1	4	3
	3	Establecer fast track de procesos	3	3	0	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
	4	Impulso industrias verticales	4	4	3	0	3	4	3	2	2	3	2	1	3	2	3	3	3	3	3	3
	5	Fomento la investigación interdisciplinaria	4	2	3	3	0	4	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2
	6	Plan Nacional de Transformación Digital	4	3	3	4	4	0	3	2	2	4	2	1	3	2	3	2	3	2	2	2
	7	Disponibilidad de espectro	3	1	1	3	3	3	0	2	2	3	2	1	2	1	3	2	2	2	2	3
	8	Compartición de infraestructura	2	2	1	2	1	2	2	0	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
	9	Ventanillas únicas	3	3	1	2	1	2	2	2	0	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1
	10	Generará mayor competencia	3	3	1	3	3	4	3	2	2	0	1	1	4	2	3	3	2	3	3	3
	11	Neutralidad respecto a segmentación de Red	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	0	1	2	1	2	2	1	2	2	2
	12	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	1	1	2	1	2	2

13	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	2	2	1	3	2	3	2	2	2	4	2	1	0	2	2	2	2	2	2	2
14	Sandbox regulatorios	3	3	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	0	2	1	2	2	2	2
15	Alfabetización digital a todo nivel	3	3	1	3	2	3	3	2	2	3	2	1	2	2	0	3	3	4	3	3
16	Asequibilidad de equipos terminales	3	3	1	3	1	2	2	2	2	3	2	1	2	1	3	0	2	4	3	3
17	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	3	3	2	3	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	0	2	2	2
18	Entrega de equipos a zonas rurales	2	1	1	3	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	4	4	2	0	2	2
19	Supervisar la calidad mínima del servicio	4	4	1	3	1	2	2	2	1	3	2	2	2	2	3	3	2	2	0	2
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	3	3	1	3	2	2	3	2	1	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	0

D.

VALORACIÓN DEL GRUPO ACADEMIA

		MATRIZ DE VALORACIÓN GRUPO ACADEMIA																				
		Variables 02																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
		Despliegue de antenas	Reformulación de la fibra óptica	Establecer fast track de procesos	Impulso industrias verticales	Fomento la investigación interdisciplinaria	Plan Nacional de Transformación Digital	Disponibilidad de espectro	Compartición de infraestructura	Ventamillas únicas	Generará mayor competencia	Neutralidad respecto a segmentación de Red	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	Sandbox regulatorios	Alfabetización digital a todo nivel	Asequibilidad de equipos terminales	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	Entrega de equipos a zonas rurales	Supervisar la calidad mínima del servicio	Regular los temas de seguridad y privacidad	
Variables 01	1	Despliegue de antenas	0	2	1	2	0	2	3	3	0	3	1	0	3	2	2	0	4	1	2	1
	2	Reformulación de la fibra óptica	2	0	2	1	1	2	0	3	0	1	3	0	3	1	3	0	4	1	2	1
	3	Establecer fast track de procesos	1	2	0	2	1	0	0	3	3	2	1	1	0	1	3	2	1	1	2	3

4	Impulso industrias verticales	2	1	2	0	1	2	1	1	0	3	3	2	2	2	2	1	1	1	2	3
5	Fomento la investigación interdisciplinaria	0	1	1	1	0	2	0	1	0	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	3
6	Plan Nacional de Transformación Digital	2	2	0	2	2	0	3	3	1	2	3	3	3	3	3	2	2	1	2	3
7	Disponibilidad de espectro	3	0	0	1	0	3	0	2	0	3	3	2	3	4	2	1	2	1	2	2
8	Compartición de infraestructura	3	3	3	1	1	3	2	0	0	3	3	2	3	2	2	1	3	1	2	3
9	Ventanillas únicas	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Generará mayor competencia	3	1	2	3	2	2	3	3	0	0	3	2	3	3	2	3	2	2	2	3
11	Neutralidad respecto a segmentación de Red	1	3	1	3	2	3	3	3	1	3	0	3	3	3	3	1	3	1	3	3
12	Mandato del SS7 en los enlaces de ICX	0	0	1	2	1	3	2	2	0	2	3	0	3	3	1	1	1	1	3	3
13	Fomentar nuevas formas de financiación de redes	3	3	0	2	2	3	3	3	0	3	3	3	0	2	2	3	3	3	2	2
14	Sandbox regulatorios	2	1	1	2	2	3	4	2	0	3	3	3	2	0	1	1	2	1	2	2
15	Alfabetización digital a todo nivel	2	3	3	2	2	3	2	2	0	2	3	1	2	1	0	3	1	1	3	3
16	Asequibilidad de equipos terminales	0	0	2	1	1	2	1	1	0	3	1	1	3	1	3	0	1	3	3	3
17	Pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión	4	4	1	1	1	2	2	3	0	2	3	1	3	2	1	1	0	2	1	1
18	Entrega de equipos a zonas rurales	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	3	1	1	3	2	0	3	3
19	Supervisar la calidad mínima del servicio	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	3	3	2	2	3	3	1	3	0	3
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	1	1	3	3	3	3	2	3	0	3	3	3	2	2	3	3	1	3	3	0

ANEXO 05

Final Micmac report FCE - MICMAC – FINAL

(Nota : Este reporte ha sido obtenido del mismo software del MICMAC)



I. VARIABLES PRESENTATION

1. LIST OF VARIABLES

1. Despliegue de antenas (antena)
2. Reformulación de la fibra óptica (fibraopt)
3. Establecer fast track de procesos (fasttrack)
4. Impulso industrias verticales (industria)
5. Fomento de la investigación interdisciplinaria (educación)
6. Plan Digital que desarrolle la Transformación Digital del País (Transforma)
7. Disponibilidad de espectro (espectro)
8. Compartición de infraestructura (comparti)
9. Ventanillas únicas (ventanas)
10. Generará mayor competencia (competen)
11. Neutralidad de Red respecto a la segmentación de las redes en 5G (neutralida)
12. Sobre el mandato del SS7 en los enlaces de Interconexión (intercon)
13. Se deben fomentar nuevas formas de financiación de redes (financia)
14. Sandbox regulatorios (sandbox)
15. Alfabetización digital a todo nivel (alfabeti)
16. Asequibilidad de equipos terminales (asequib)
17. Costos de pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión para cerrar las brechas digitales (Licitacion)
18. Entrega de equipos terminales a zonas rurales (equipos)
19. Regular y supervisar la calidad mínima aceptable del servicio (calidad)
20. Regular los temas de seguridad y privacidad (seguridad)

2. VARIABLE DESCRIPTION

1. Despliegue de antenas (antena)

Description:

Se requeriran mayores despliegues de antenas para abarcar la mayor cantidad de CCPP en el Perú

Theme:

Despliegues de Antenas

2. Reformulación de la fibra óptica (fibraopt)

Description:

Como soporte al despliegue de antenas se necesita desplegar las redes de transporte de Fibra óptica sean privadas o del Estado, principalmente la reformulación de la RDNFO que permita una apertura de más usuarios potenciales

Theme:

Reformulación RDNFO

3. Establecer fast track de procesos (fasttrack)

Description:

Establecer fast track de procesos para obtención de licencias, para importación y homologación de equipamientos, entre otros.

Theme:

Fast track

4. Impulso industrias verticales (industria)

Description:

Impacto directo en la productividad y eficiencia en industrias verticales

Theme:

Habilitar las industrias verticales

5. Fomento de la investigación interdisciplinaria (educación)

Description:

Fomentar la investigación con sinergias con las universidades para desarrollar soluciones de digitalización de la sociedad así como de industrias verticales

Theme:

Sinergias de ecosistema digital con Universidades

6. Plan Digital que desarrolle la Transformación Digital del País (Transforma)

Description:

Existencia de una autoridad que enfrente la TD transversalmente

Theme:

Transformación Digital

7. Disponibilidad de espectro (espectro)

Description:

Disponibilizar mayores bandas de espectro alineado a la UIT

Theme:

Espectro

8. Compartición de infraestructura (comparti)

Description:

Mayores flexibilidades en la compartición de infraestructura

Theme:

Compartición de Infraestructura

9. Ventanillas únicas (ventanas)

Description:

Reduciría los tramites burocráticos

Theme:

Ventanillas Unicas

10. Generará mayor competencia (competen)

Description:

Como dinamizador de las industrias verticales, mas no como competencia

Theme:

Generación de Competencia

11. Neutralidad de Red respecto a la segmentación de las redes en 5G (neutralida)

Description:

Revisar el impacto de la neutralidad respecto a las nuevas funciones de las redes 5G como la segmentación de red.

Theme:

Neutralidad de Red

12. Sobre el mandato del SS7 en los enlaces de Interconexión (intercon)

Description:

Sobre si el mandato del SS7 impactaría negativamente en la interoperabilidad de las redes

Theme:

Impactos en interconexión

13. Se deben fomentar nuevas formas de financiación de redes (financia)

Description:

Se debe fomentar nuevas formas de financiación de redes

Theme:

Impulsar nuevas formas de financiamiento de redes

14. Sandbox regulatorios (sandbox)

Description:

Explorar nuevos modelos de regulación flexible

Theme:

Sandbox Regulatorios

15. Alfabetización digital a todo nivel (alfabeti)

Description:

Se debe estimular la demanda no solo la oferta

Theme:

Trabajar en la alfabetización digital en la sociedad y en las industrias

16. Asequibilidad de equipos terminales (asequib)

Description:

Bajando aranceles a los productos tecnológicos y usando las bandas según la UIT

Theme:

Asequibilidad de equipos terminales para personas e infraestructura de telecomunicaciones

17. Costos de pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión para cerrar las brechas digitales (Licitacion)

Description:

Redefinición de pagos de espectro y las hojas de ruta en las licitaciones

Theme:

Cambio de marco de licitaciones con criterios de expansión

18. Entrega de equipos terminales a zonas rurales (equipos)

Description:

Entrega de equipos terminales a zonas rurales

Theme:

Entrega de equipos terminales en zonas rurales

19. Regular y supervisar la calidad mínima aceptable del servicio (calidad)

Description:

Regular los niveles de calidad de servicio

Theme:

Regulación de los niveles de calidad por parte de los operadores

20. Regular los temas de seguridad y privacidad (seguridad)

Description:

Regular los temas de seguridad y privacidad

Theme:

Temas de seguridad y privacidad

II. THE MATRICES OF THE ENTRIES

1. MATRIX OF DIRECT INFLUENCES (MDI)

The Matrix of Direct Influence (MDI) describes the relations of direct influences between the variables defining the system.

Influences range from 0 to 3, with the possibility to identify potential influences:

- 0: No influence
- 1: Weak
- 2: Moderate influence
- 3: Strong influence
- P: Potential influences

2. MATRIX OF POTENTIAL DIRECT INFLUENCES (MPDI)

The Matrix of Potential Direct Influences (MPDI) represents the present and potential influences and dependences between the variables. It complements the MDI by also considering the foreseeable future relations.

Influences range from 0 to 3:

- 0: No influence
- 1: Weak
- 2: Moderate influence
- 3: Strong influence

III. THE STUDY RESULTS

IV.

1. DIRECT INFLUENCES

1. MDI characteristics

This table presents the number of 0,1,2,3,4 of the matrix and shows the rate of filling calculated as a ratio between the number of MDI values different from 0 and the total number of elements of the matrix.

INDICATOR	VALUE
Matrix size	20
Number of iterations	2
Number of zeros	24
Number of ones	119
Number of twos	157
Number of threes	100
Number of P	0
Total	376
Fillrate	94%

2. MDI stability

If it were demonstrated that any matrix must converge towards stability at the end of a certain number of iterations (generally 6 or 7 for a matrix of size 30), it would be interesting to be able to follow the evolution of this stability during successive multiplications. In the absence of mathematically established criteria, it was chosen to rely on the number of permutations (bullets sorting) necessary to each iteration to classify, by influence and dependence, the whole set of the variables of the MDI matrix.

ITERATION	INFLUENCE	DEPENDENCE
1	95 %	91 %
2	100 %	100 %

3. MDI row and column sum

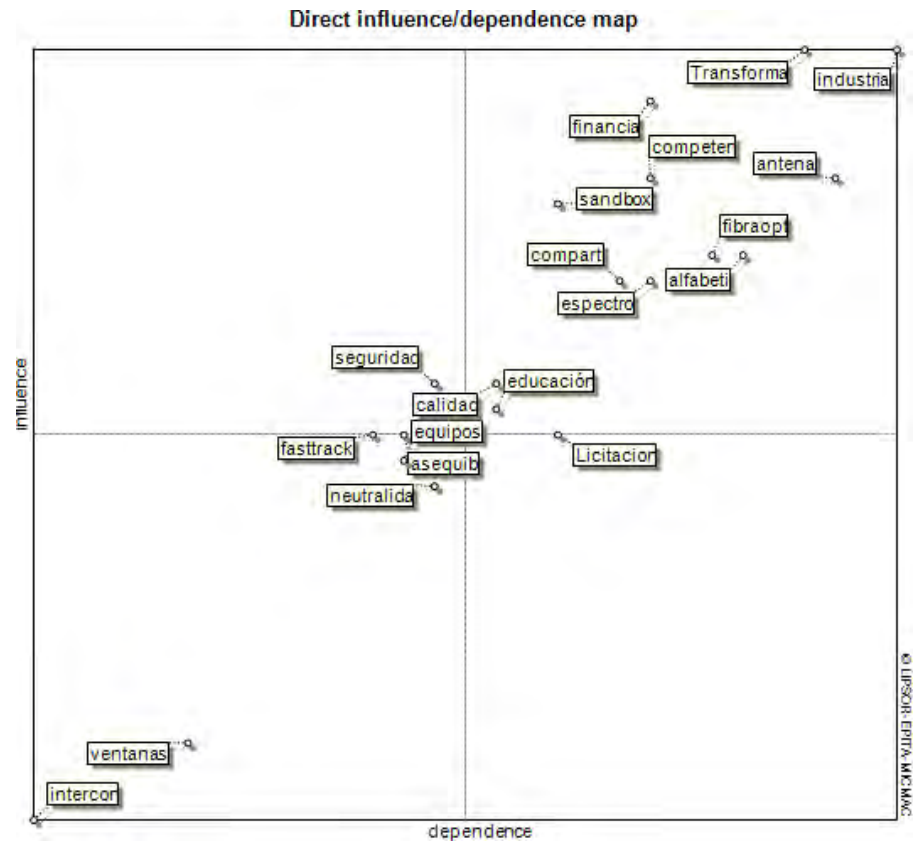
This table allows getting information about the sums in the rows and columns of the MDI matrix.

N°	VARIABLE	TOTALNUMBEROFROWS
Asequibilidad de equipos terminales	33	32
Costos de pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión para cerrar las brechas digitales	33	37
Entrega de equipos terminales a zonas rurales	32	32
Regular y supervisar la calidad mínima aceptable del servicio	35	35
Regular los temas de seguridad y privacidad	35	33
Totals	733	733



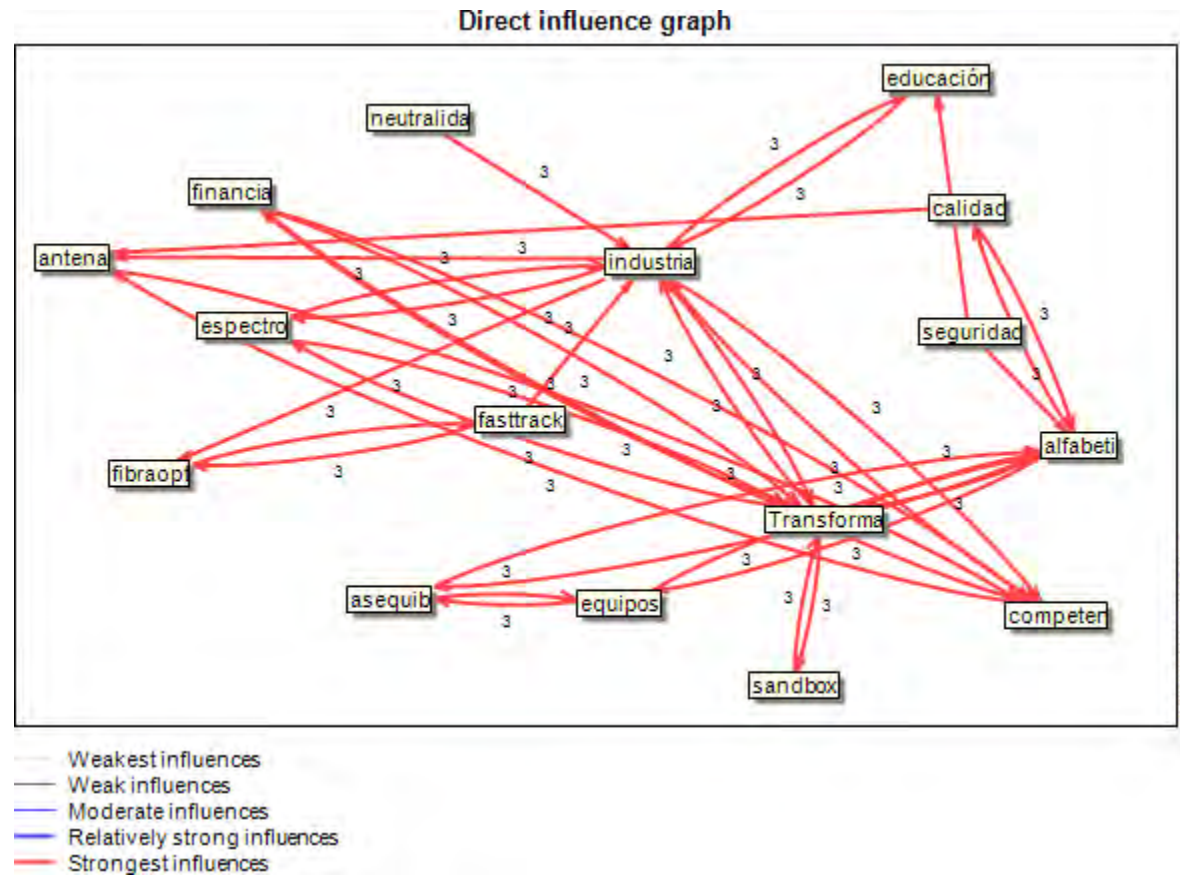
4. Direct influence/dependence map

This plan is set starting from the matrix of direct influences MDI.



5. Direct influence graph

This graph is set starting from the matrix of direct influences MDI.



2. POTENTIAL DIRECT INFLUENCES

1. MPDI Characteristics

This table presents the number of 0,1,2,3,4 of the matrix and shows the rate of filling calculated as a ratio between the number of MPDI values different from 0 and the total number of elements of the matrix.

INDICATOR	VALUE
Matrix size	20
Number of iterations	2
Number of zeros	24
Number of ones	119
Number of twos	157
Number of threes	100
Number of P	0
Total	376
Fillrate	94%

2. MPDI stability

If it were demonstrated that any matrix must converge towards stability at the end of a certain number of iterations (generally 6 or 7 for a matrix of size 30), it would be interesting to be able to follow the evolution of this stability during successive multiplications. In the absence of mathematically established criteria, it was chosen to rely on the number of permutations (bullets sorting) necessary to each iteration to classify, by influence and dependence, the whole set of the variables of the MPDI matrix.

ITERATION	INFLUENCE	DEPENDENCE
1	95 %	91 %
2	100 %	100 %

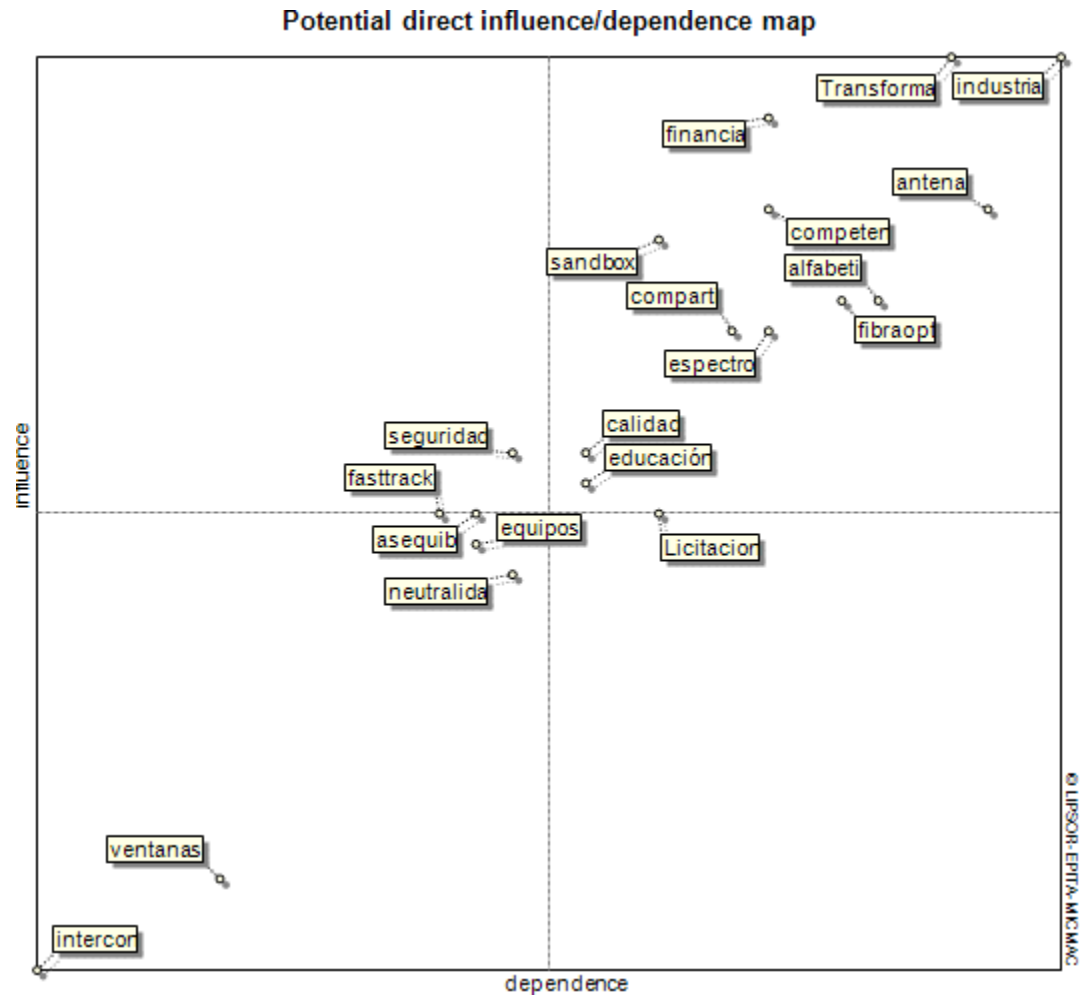
3. MPDI row and column sum

This table allows getting information about the sums in the rows and columns of the MPDI matrix.

N °	VARIABLE	TOTAL NUMBER OF ROWS	TOTAL NUMBER OF COLUMNS
1	Despliegue de antenas	43	46
2	Reformulación de la fibra óptica	40	42
3	Establecer fast track de procesos	33	31
4	Impulso industrias verticales	48	48
5	Fomento de la investigación interdisciplinaria	34	35
6	Plan Digital que desarrolle la Transformación Digital del País	48	45
7	Disponibilidad de espectro	39	40
8	Compartición de infraestructura	39	39
9	Ventanillas únicas	21	25
10	Generará mayor competencia	43	40
11	Neutralidad de Red respecto a la segmentación de las redes en 5G	31	33
12	Sobre el mandato del SS7 en los enlaces de Interconexión	18	20
13	Se deben fomentar nuevas formas de financiación de redes	46	40
14	Sandbox regulatorios	42	37
15	Alfabetización digital a todo nivel	40	43
16	Asequibilidad de equipos terminales	33	32
17	Costos de pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión para cerrar las brechas digitales	33	37
18	Entrega de equipos terminales a zonas rurales	32	32
19	Regular y supervisar la calidad mínima aceptable del servicio	35	35
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	35	33
	Totals	733	733

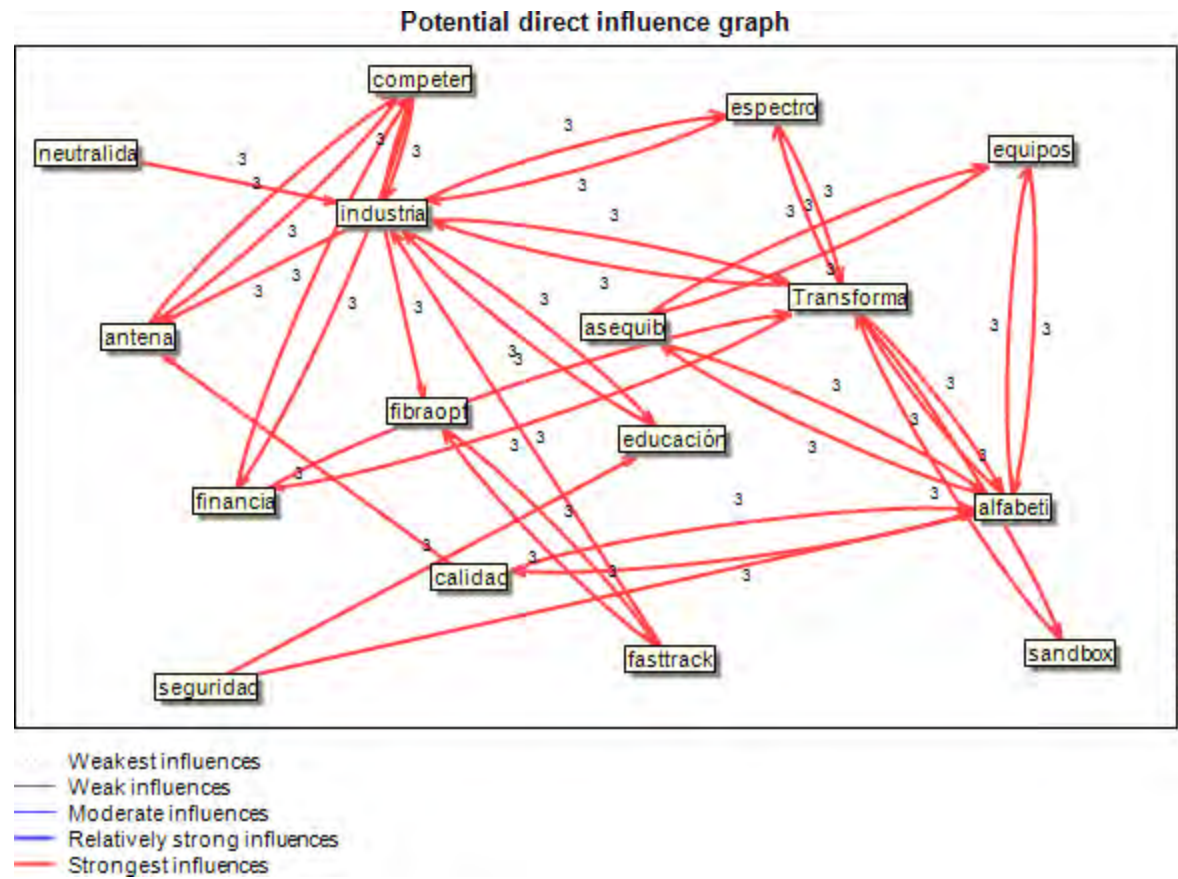
4. Potential direct influence/dependence map

This plan is set starting from the matrix of potential direct influences MPDI.



5. Potential direct influence graph

This graph is set starting from the matrix of potential direct influences MPDI.



3. INDIRECT INFLUENCES

1. Matrix of Indirect Influences (MII)

The Matrix of the Indirect Influences (MII) corresponds to the Matrix of the Direct Influences (MID) enhanced in power, by successive iterations. From this matrix a new classification of the variables emphasizes the most important variables of the system. Indeed, one detects the hidden variables, thanks to a program of matrix multiplication applied to an indirect classification. This program allows studying the diffusion of the impacts by the ways and the loops of feedback, and consequently to treat on a hierarchical basis the variables: by order of influence, by considering the number of path and loops of length 1, 2... N generated by each variable; by order of dependence, by considering the number of paths and loops of length 1, 2... N reaching each variable. Generally, the classification becomes stable from a multiplication of the order 3, 4 or 5.

	1 : antena	2 : fibroapt	3 : fasttrack	4 : industria	5 : educación	6 : Transforma	7 : espectro	8 : comparti	9 : ventanas	10 : competen	11 : neutralida	12 : intercon	13 : financia	14 : sandbox	15 : alfabeti	16 : asequib	17 : Licitacion	18 : equipos	19 : calidad	20 : seguridad
1 : antena	3821	3539	2597	3997	2972	3788	3383	3277	2162	3396	2793	1711	3431	3138	3565	2711	3207	2662	2976	2790
2 : fibroapt	3596	3258	2445	3733	2772	3540	3126	3076	2011	3167	2602	1596	3220	2935	3363	2510	2983	2475	2784	2606
3 : fasttrack	2946	2708	1951	3039	2243	2851	2559	2490	1637	2540	2115	1299	2581	2376	2671	2040	2404	2037	2259	2119
4 : industria	4248	3914	2854	4348	3271	4142	3733	3575	2384	3741	3068	1884	3781	3482	3943	2974	3544	2949	3266	3126
5 : educación	3088	2801	2090	3200	2357	3040	2680	2609	1716	2725	2234	1370	2758	2525	2894	2150	2551	2145	2388	2250
6 : Transforma	4196	3869	2817	4323	3230	4058	3690	3532	2353	3670	3028	1871	3738	3436	3890	2937	3495	2913	3232	3087
7 : espectro	3548	3208	2384	3676	2727	3485	3061	3022	1968	3113	2565	1569	3131	2882	3279	2489	2942	2452	2736	2570
8 : comparti	3513	3224	2364	3598	2673	3412	3079	2933	1972	3089	2536	1557	3128	2865	3256	2435	2922	2425	2680	2574
9 : ventanas	1924	1764	1314	1967	1474	1869	1676	1635	1066	1688	1387	843	1701	1577	1775	1336	1599	1328	1465	1391
10 : competen	3860	3558	2600	3988	2969	3753	3381	3263	2144	3361	2784	1714	3446	3148	3558	2704	3189	2683	2993	2813
11 : neutralida	2798	2595	1887	2927	2167	2755	2470	2389	1570	2475	2029	1252	2493	2302	2606	1976	2328	1960	2182	2050
12 : intercon	1639	1504	1107	1689	1263	1602	1433	1385	910	1441	1186	727	1458	1343	1521	1153	1364	1143	1266	1199
13 : financia	4125	3792	2774	4255	3160	4032	3596	3493	2285	3622	2981	1819	3624	3383	3799	2882	3419	2890	3174	2999
14 : sandbox	3757	3434	2528	3874	2873	3668	3277	3160	2083	3281	2709	1668	3347	3048	3472	2623	3096	2606	2897	2731
15 : alfabeti	3602	3293	2394	3711	2750	3512	3107	3016	1986	3140	2597	1587	3167	2919	3280	2525	2969	2507	2775	2613
16 : asequib	2983	2743	1999	3076	2278	2910	2613	2507	1663	2622	2149	1326	2655	2448	2783	2069	2458	2087	2303	2187
17 : Licitacion	3057	2814	2045	3151	2340	2975	2675	2579	1708	2676	2198	1356	2722	2492	2829	2125	2514	2110	2355	2225
18 : equipos	2831	2603	1923	2953	2208	2797	2509	2412	1596	2512	2063	1275	2550	2321	2665	2021	2380	1969	2209	2088
19 : calidad	3156	2875	2114	3234	2403	3063	2743	2658	1745	2753	2272	1392	2772	2575	2922	2192	2603	2195	2411	2299
20 : seguridad	3121	2871	2108	3264	2432	3093	2750	2680	1746	2761	2274	1395	2778	2567	2924	2215	2595	2192	2437	2271

© IJRSOR-EPITACINMA

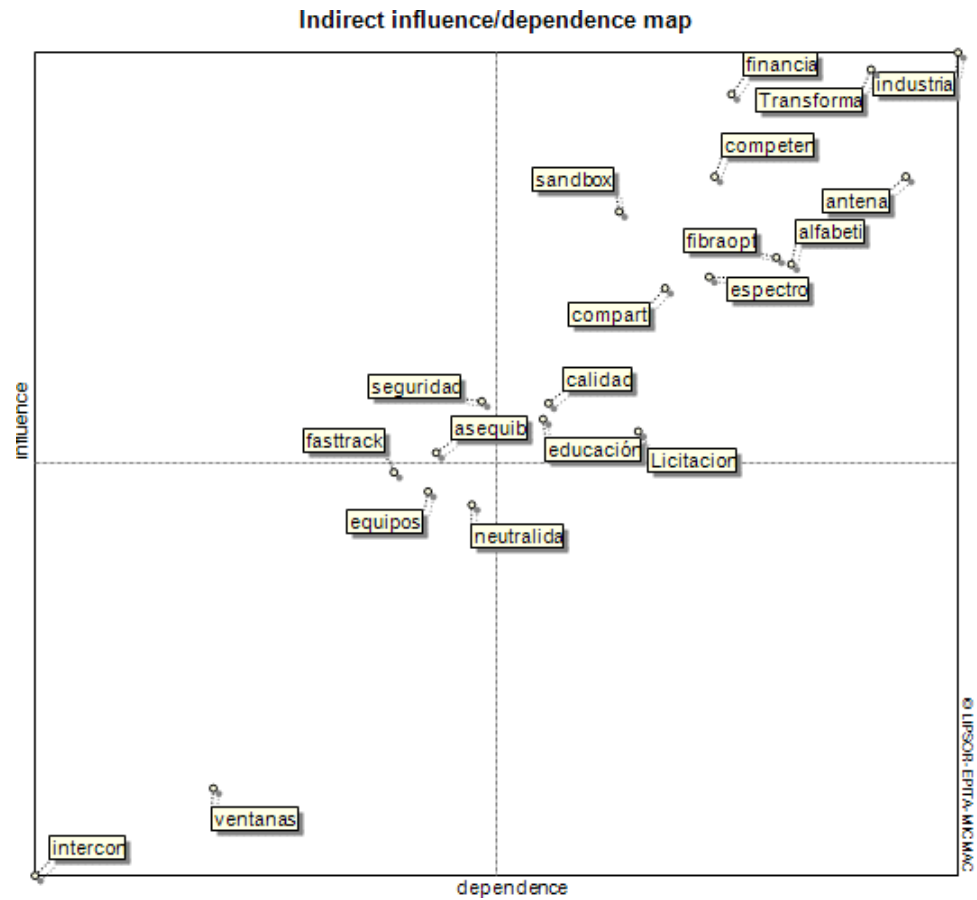
2. MII row and column sum

This table allows getting information about the sums in the rows and columns of the MII matrix.

N°	VARIABLE	TOTALNUMBEROF ROWS	TOTALNUMBEROF COLUMNS
1	Despliegue de antenas	61916	65809
2	Reformulación de la fibra óptica	57798	60367
3	Establecer fast track de procesos	46865	44295
4	Impulso industrias verticales	68227	68003
5	Fomento de la investigación interdisciplinaria	49571	50562
6	Plan Digital que desarrolle la Transformación Digital del País	67365	64345
7	Disponibilidad de espectro	56807	57541
8	Compartición de infraestructura	56235	55691
9	Ventanillas únicas	30779	36705
10	Generará mayor competencia	61909	57773
11	Neutralidad de Red respecto a la segmentación de las redes en 5G	45211	47570
12	Sobre el mandato del SS7 en los enlaces de Interconexión	26333	29211
13	Se deben fomentar nuevas formas de financiación de redes	66104	58481
14	Sandbox regulatorios	60132	53762
15	Alfabetización digital a todo nivel	57450	60995
16	Asequibilidad de equipos terminales	47859	46067
17	Costos de pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión para cerrar las brechas digitales	48946	54562
18	Entrega de equipos terminales a zonas rurales	45885	45728
19	Regular y supervisar la calidad mínima aceptable del servicio	50377	50788
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	50474	47988
	Totals	733	733

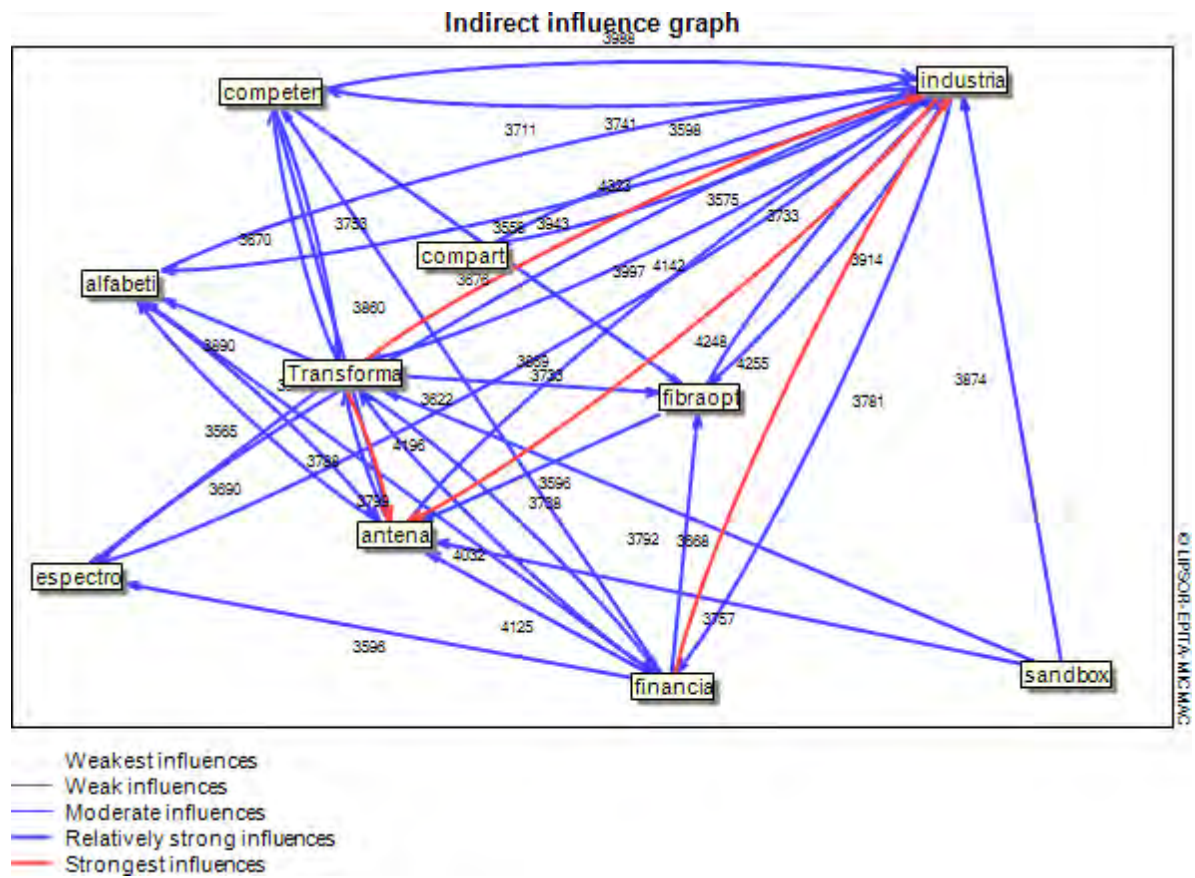
3. Indirect influence/dependence map

This plan is set starting from the indirect influence matrix MII.



4. Indirect influence graph

This graph is set starting from the indirect influence matrix MII.w



4. POTENTIAL INDIRECT INFLUENCES

1. Matrix of Potential Indirect Influences (MPII)

The Matrix of the Potential Indirect Influences (MPII) corresponds to the Matrix of the Potential Direct Influences (MIDP) enhanced in power, by successive iterations. From this matrix, a new classification of the variables emphasizes the potentially most important variables of the system

	1 : antena	2 : fibraopt	3 : fasttrack	4 : industria	5 : educación	6 : Transforma	7 : espectro	8 : comparti	9 : ventanas	10 : competen	11 : neutralida	12 : intercon	13 : financia	14 : sandbox	15 : alfabeti	16 : aseguib	17 : Licitacion	18 : equipos	19 : calidad	20 : seguridad
1 : antena	3821	3539	2597	3997	2972	3788	3383	3277	2162	3396	2793	1711	3431	3138	3565	2711	3207	2662	2976	2790
2 : fibraopt	3596	3258	2445	3733	2772	3540	3126	3076	2011	3167	2602	1596	3220	2935	3363	2510	2983	2475	2784	2606
3 : fasttrack	2946	2708	1951	3039	2243	2851	2559	2490	1637	2540	2115	1299	2581	2376	2671	2040	2404	2037	2259	2119
4 : industria	4248	3914	2854	4348	3271	4142	3733	3575	2384	3741	3068	1884	3781	3482	3943	2974	3544	2949	3266	3126
5 : educación	3088	2801	2090	3200	2357	3040	2680	2609	1716	2725	2234	1370	2758	2525	2894	2150	2551	2145	2388	2250
6 : Transforma	4196	3869	2817	4323	3230	4058	3690	3532	2353	3670	3028	1871	3738	3436	3890	2937	3495	2913	3232	3087
7 : espectro	3548	3208	2384	3676	2727	3485	3061	3022	1968	3113	2565	1569	3131	2882	3279	2489	2942	2452	2736	2570
8 : comparti	3513	3224	2364	3598	2673	3412	3079	2933	1972	3089	2536	1557	3128	2865	3256	2435	2922	2425	2680	2574
9 : ventanas	1924	1764	1314	1967	1474	1869	1676	1635	1066	1688	1387	843	1701	1577	1775	1336	1599	1328	1465	1391
10 : competen	3860	3558	2600	3988	2969	3753	3381	3263	2144	3361	2784	1714	3446	3148	3558	2704	3189	2683	2993	2813
11 : neutralida	2798	2595	1887	2927	2167	2755	2470	2389	1570	2475	2029	1252	2493	2302	2606	1976	2328	1960	2182	2050
12 : intercon	1639	1504	1107	1689	1263	1602	1433	1385	910	1441	1186	727	1458	1343	1521	1153	1364	1143	1266	1199
13 : financia	4125	3792	2774	4255	3160	4032	3596	3493	2285	3622	2981	1819	3624	3383	3799	2882	3419	2890	3174	2999
14 : sandbox	3757	3434	2528	3874	2873	3668	3277	3160	2083	3281	2709	1668	3347	3048	3472	2623	3096	2606	2897	2731
15 : alfabeti	3602	3293	2394	3711	2750	3512	3107	3016	1986	3140	2597	1587	3167	2919	3280	2525	2969	2507	2775	2613
16 : aseguib	2983	2743	1999	3076	2278	2910	2613	2507	1663	2622	2149	1326	2655	2448	2783	2069	2458	2087	2303	2187
17 : Licitacion	3057	2814	2045	3151	2340	2975	2675	2579	1708	2676	2198	1356	2722	2492	2829	2125	2514	2110	2355	2225
18 : equipos	2831	2603	1923	2953	2208	2797	2509	2412	1596	2512	2063	1275	2550	2321	2665	2021	2380	1969	2209	2088
19 : calidad	3156	2875	2114	3234	2403	3063	2743	2658	1745	2753	2272	1392	2772	2575	2922	2192	2603	2195	2411	2299
20 : seguridad	3121	2871	2108	3264	2432	3093	2750	2680	1746	2761	2274	1395	2778	2567	2924	2215	2595	2192	2437	2271

© LPSOR-EPITA-MCMAC

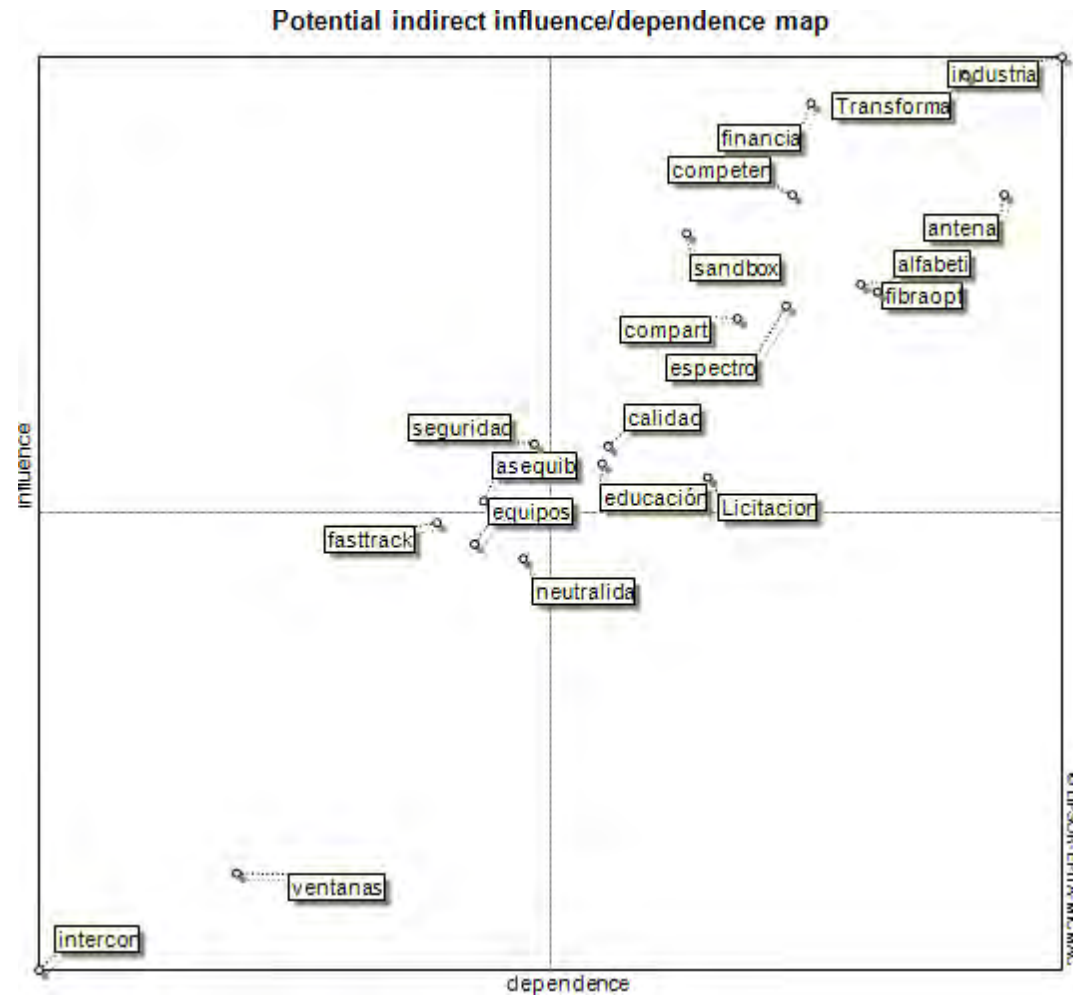
2. MPII row and column sum

This table allows getting information about the sums in the rows and columns of the MIIP matrix.

N°	VARIABLE	TOTALNUMBEROF ROWS	TOTALNUMBEROF COLUMNS
1	Despliegue de antenas	61916	65809
2	Reformulación de la fibra óptica	57798	60367
3	Establecer fast track de procesos	46865	44295
4	Impulso industrias verticales	68227	68003
5	Fomento de la investigación interdisciplinaria	49571	50562
6	Plan Digital que desarrolle la Transformación Digital del País	67365	64345
7	Disponibilidad de espectro	56807	57541
8	Compartición de infraestructura	56235	55691
9	Ventanillas únicas	30779	36705
10	Generará mayor competencia	61909	57773
11	Neutralidad de Red respecto a la segmentación de las redes en 5G	45211	47570
12	Sobre el mandato del SS7 en los enlaces de Interconexión	26333	29211
13	Se deben fomentar nuevas formas de financiación de redes	66104	58481
14	Sandbox regulatorios	60132	53762
15	Alfabetización digital a todo nivel	57450	60995
16	Asequibilidad de equipos terminales	47859	46067
17	Costos de pagos de espectro y las licitaciones con criterios de expansión para cerrar las brechas digitales	48946	54562
18	Entrega de equipos terminales a zonas rurales	45885	45728
19	Regular y supervisar la calidad mínima aceptable del servicio	50377	50788
20	Regular los temas de seguridad y privacidad	50474	47988
	Totals	733	733

3. Potential indirect influence/dependence map

This plan is set starting from the potential indirect influences matrix MIIP.



4. Potential indirect influence graph

This graph is set starting from the potential indirect influences matrix MIIP.

