

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**Título**

**ASIGNACIÓN DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA  
REDES INDUSTRIALES**

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

**AUTOR**

**NAYLAMP MARTÍN LÓPEZ GUERRERO**

**ASESOR**

**LUIS ALEJANDRO PACHECO ZEVALLOS**

**JUNIO, 2021**

## RESUMEN

En el presente trabajo se investiga respecto al desarrollo y la implementación de redes de datos móviles industriales en el Perú. Las redes móviles industriales son aquellas redes móviles de datos, típicamente de banda ancha, diseñadas e implementadas para satisfacer un requerimiento específico de cobertura, capacidad y calidad de servicio móvil en zonas de presencia de actividades industriales.

Dado que las tecnologías 4G y 5G permiten la implementación de redes móviles privadas para su uso en sectores mineros, agrícolas, transporte, entre otros sectores; este trabajo explora la conveniencia de poner a disposición espectro radioeléctrico para uso privado a cambio de compromisos de cobertura en favor de localidades sin acceso a los servicios de telecomunicaciones. Este trabajo se orienta a la búsqueda de mecanismos para reducir las brechas de acceso a los servicios de telecomunicaciones en zonas rurales, brechas que se han hecho aún más relevantes en tiempos de pandemia, debido a la necesidad de acceder a las diferentes plataformas de teleeducación que se han implementado para evitar la pérdida del año escolar, como por ejemplo el proyecto “Aprendo en Casa” del Ministerio de Educación.

Para analizar la conveniencia de la propuesta regulatoria por parte de la empresa privada, se estiman los montos estimados de las obligaciones a ser establecidas a empresas privadas a cambio de licencias de uso de espectro por un determinado periodo de tiempo. Posteriormente se analizan las opciones disponibles para que la empresa privada pueda satisfacer su demanda del servicio de red móvil privada en comparación a la alternativa de disponer de una asignación propia.

Finalmente, se analiza la eficiencia de la propuesta regulatoria desde el punto de vista de la gestión del espectro radioeléctrico. La conclusión del trabajo es que la opción de poner a disposición espectro radioeléctrico a empresas privadas para su uso y aprovechamiento podría ayudar a reducir las brechas de acceso, no obstante, es más eficiente poner el espectro a disposición de operadores de servicios públicos a través de asignaciones nacionales, y que sean estos los que atiendan la demanda de los privados.

# ÍNDICE

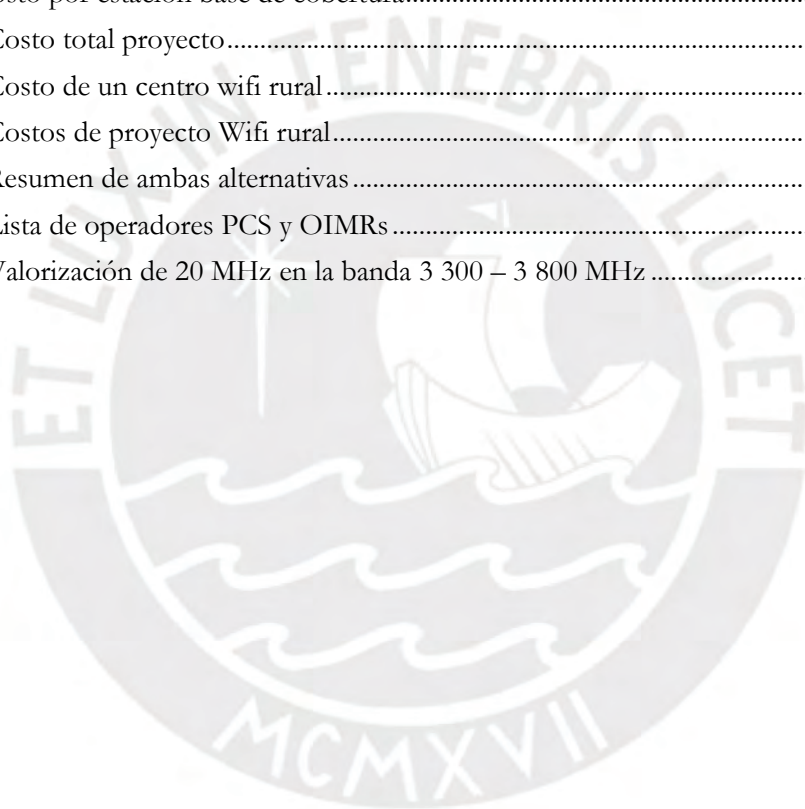
	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo 1 Contexto de las redes móviles de datos .....	3
1.1    Redes móviles para transmisión de datos .....	4
1.2    Espectro radioeléctrico para servicios móviles de datos .....	6
1.3    Penetración y cobertura de los servicios móviles de datos.....	13
1.4    Brechas del acceso universal a los servicios de telecomunicaciones.....	19
1.5    Acceso Universal.....	22
Capítulo 2 Redes privadas inalámbricas.....	26
2.1    Redes privadas inalámbricas .....	27
2.1.1    El estándar WIFI.....	30
2.2    Experiencia Internacional.....	31
2.2.1    Alemania.....	31
2.2.2    Francia .....	33
2.2.3    Reino Unido.....	34
2.2.4    Estados Unidos .....	37
2.3    Banda de frecuencias para redes inalámbricas en el Perú .....	38
2.3.1    Bandas no licenciadas.....	38
2.3.2    Bandas libres.....	41
2.3.3    Bandas licenciadas.....	42
2.3.4    Compartición de Bandas de espectro .....	43
2.4    Casos de implementación de redes privadas industriales en el Perú.....	48
2.5    Revisión del capítulo .....	53
Capítulo 3 Caso de estudio .....	56
3.1    Caso de estudio: Minera Las Bambas .....	56
3.1.1    Alternativa 1 Expansión de cobertura móvil .....	62
3.1.2    Alternativa 2 Implementación de zonas Wifi .....	68
3.2    Comparación de ambas alternativas.....	71
Capítulo 4 Alternativas de implementación .....	74
4.1    Soluciones sin el uso de la propuesta regulatoria .....	74
4.1.1    Operadora PCS con espectro licenciado .....	75
4.1.2    Concesionaria con espectro arrendado.....	76
4.1.3    Concesionaria con espectro no licenciado .....	77

4.2	Soluciones mediante el uso de la propuesta regulatoria.....	78
4.2.1	Asignación de espectro para servicio público de red móvil privada sin obligaciones de inversión.....	79
4.2.2	Asignación de espectro para servicio público de red móvil privada con obligaciones de inversión ....	81
4.2.3	Asignación de espectro para servicio privado de red móvil privada y con obligaciones sociales .....	83
4.3	Obligaciones de inversión .....	84
4.3.1	Obligaciones de cobertura móvil 4G.....	85
4.3.2	Obligaciones de servicio de internet .....	89
4.4	Desventajas de la asignación de espectro radioeléctrico para redes móviles privadas.....	90
4.5	Conclusiones del capítulo.....	94
	Conclusiones.....	96
	Bibliografía.....	100
	Anexo 1 .....	103



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evolución de la tecnología HSPA (3G) .....	5
Tabla 2: Principales normas que regulan la asignación de espectro .....	9
Tabla 3: Concursos públicos para asignación de espectro para prestar servicios públicos de telecomunicaciones.....	11
Tabla 4: Asignación de frecuencias en la provincia de Lima para servicios públicos de acceso inalámbrico .....	12
Tabla 6: Brecha de Estaciones Base Celular (EBC) IV T 2019 – 2025.....	21
Tabla 7: Versiones del estandar Wifi.....	31
Tabla 8: Costos estimados de una estación base con tecnología 4G.....	64
Tabla 9: Costo por estación base de cobertura.....	64
Tabla 10: Costo total proyecto.....	65
Tabla 12: Costo de un centro wifi rural.....	69
Tabla 13: Costos de proyecto Wifi rural.....	69
Tabla 14: Resumen de ambas alternativas.....	73
Tabla 15: Lista de operadores PCS y OIMRs.....	85
Tabla 16: Valorización de 20 MHz en la banda 3 300 – 3 800 MHz .....	91



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de las tecnologías móviles.....	6
Figura 2: Evolución del tráfico de voz y data a nivel mundial .....	13
Figura 3: Información de tráfico de datos.....	14
Figura 4: Tráfico acumulado de datos en millones de MB .....	15
Figura 5: Penetración del servicio de internet móvil.....	15
Figura 6: Evolución de cobertura en centros poblados .....	16
Figura 7: Mapa de cobertura 3G y 4G .....	18
Figura 9: Evolución de la cobertura móvil en centros poblados .....	22
Figura 10: Brechas de acceso y zonas de intervención.....	23
Figura 11: Proyección de la demanda de mercado de redes móviles .....	26
Figura 12: Requerimientos de conectividad .....	29
Figura 13: Diagrama básico de una red privada móvil .....	29
Figura 14: Espectro compartido en Reino Unido .....	36
Figura 15: Banda de espectro CBRS .....	38
Figura 16: Esquemas de compartición de bandas .....	44
Figura 17: Metodología de decisión de uso de bandas compartidas .....	46
Figura 18: Taxonomía de bandas compartidas .....	47
Figura 19: Atribución de la banda de frecuencias 3300 – 3800 MHz .....	48
Figura 20: Ubicación Minera Las Bambas.....	50
Figura 21: Ubicación Unidad Minera Constancia (Hudbay).....	51
Figura 22: Ubicación Minera Southern.....	52
Figura 23: Ubicación Mina Chinalco.....	53
Figura 24: Área de influencia social del proyecto Minero Las Bambas .....	58
Figura 25: Distribución del área de influencia local.....	58
Figura 26: Distribución de los habitantes con cobertura móvil.....	59
Figura 27: Disponibilidad de tecnología.....	60
Figura 28. Detalle centros poblados sin cobertura.....	63
Figura 29: Comparativa de costos en base a opciones actuales .....	79
Figura 30: Comparativa de costos como servicio público .....	81
Figura 31: Costos con compromisos sociales .....	82
Figura 32: Costos con compromisos sociales .....	84
Figura 33: Infraestructura por OIMR.....	86
Figura 34: Modelo de red abierta rural.....	88
Figura 35: Área ocupada por red privada .....	92

# INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología, la estandarización de los productos y servicios, así como con el acceso a economías de escala, existe una diversidad de ofertas para la implementación y provisión de redes de datos móviles para aplicaciones privadas.

Si bien es cierto a diciembre 2020 en el Perú son cuatro los grupos económicos que concentran la mayor cantidad de usuarios de los servicios públicos de datos móviles, para el caso de servicios de datos móviles privados la oferta de proveedores es mucho mayor siendo la limitante el acceso a frecuencias apropiadas para la implementación de redes de datos móviles privadas.

El presente trabajo analiza la factibilidad de otorgar frecuencias para la implementación de redes móviles privadas de datos a empresas interesadas, en especial en aquellas redes de datos orientadas a la industria, de requerimientos diferentes a las redes de datos móviles de los servicios públicos.

En el capítulo 1, se presentan las condiciones para el acceso a frecuencias que ha establecido el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), así como la normativa para la prestación de servicios de datos móviles establecida por el Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL).

Posteriormente en el capítulo 2 se revisan las tecnologías utilizadas para la implementación de redes móviles privadas, así como la experiencia internacional de identificar y disponer de bandas de frecuencia para la implementación de redes privadas.

Con la finalidad de estimar algunas proyecciones respecto a la cantidad de localidades beneficiarias, la cantidad de habitantes beneficiados y la magnitud de las obligaciones económicas que corresponderían a las asignaciones de espectro radioeléctrico para redes privadas; en el capítulo 3 se estudia un caso de aplicación de asignación de espectro radioeléctrico para una empresa privada del sector minero.



Basado en este caso de aplicación, en el capítulo 4 se analizan las diferentes opciones con las que contaría la empresa privada para atender su demanda de red privada móvil, incluyendo la propuesta regulatoria de asignación de espectro a cambio de obligaciones de servicio. Asimismo, se realiza el análisis desde el punto de vista del regulador, respecto a la conveniencia de disponer espectro radioeléctrico para asignación a privados.

Finalmente se presentan las conclusiones del estudio realizado, analizando las posibles ventajas y desventajas de permitir la identificación, reserva y asignación de frecuencias para el despliegue de redes móviles industriales, en lugar de asignarlas a las empresas operadoras de servicios públicos.





## Capítulo 1 Contexto de las redes móviles de datos

La evolución tecnológica de los sistemas de telecomunicaciones ha provocado la aparición de nuevos servicios y aplicaciones que han modificado los hábitos de uso y de consumo. La universalización del protocolo IP como medio de encapsulamiento para el transporte de paquetes de datos, los avances en las técnicas de modulación y codificación de señales, así como las mayores capacidades de procesamiento en los dispositivos terminales, han ocasionado que las redes de telecomunicaciones de servicios móviles se hayan convertido en redes de datos móviles dejando relegadas las tempranas redes de telecomunicaciones orientadas al tráfico de circuitos de voz.

El recurso básico indispensable para la prestación de los servicios móviles es el espectro radioeléctrico. Sin la autorización de las entidades gubernamentales para la explotación de este recurso natural limitado, las empresas de telecomunicaciones no podrían implementar las redes de telecomunicaciones móviles. En este capítulo se menciona la clasificación de los servicios móviles en la normativa vigente, los procedimientos que rigen para la asignación de frecuencias para la prestación de servicios públicos, así como la asignación actual de las frecuencias identificadas para servicios móviles.

Posteriormente se presentan algunos indicadores país que muestran la brecha de infraestructura de telecomunicaciones. Hay estudios que determinan la brecha de infraestructura de telecomunicaciones en función de la cantidad de infraestructura necesaria para atender la demanda de tráfico proyectada a 5 años. Otros estudios estiman la brecha de infraestructura de telecomunicaciones en función a la competitividad como país con respecto a otros países. También se presenta el cálculo de la brecha de infraestructura en función a la cantidad de centros poblados que no cuentan con infraestructura para servicios móviles de banda ancha, así como de la cantidad de centros poblados que no cuentan con ninguna infraestructura para servicios móviles.

Finalmente, se menciona la normativa vigente sobre el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones en el Perú.

## 1.1 Redes móviles para transmisión de datos

La demanda de transmisión de datos a través de las redes de telecomunicaciones de los sistemas celulares (o redes móviles) ha registrado un incremento exponencial en la última dos décadas.

En las primeras generaciones de redes móviles, la transmisión de datos mediante redes móviles se caracterizaba por su baja velocidad y su bajo volumen de datos. Las primeras redes de datos móviles basadas en redes móviles analógicas (1G) usaban módems celulares para transmitir datos en redes móviles diseñadas para tráfico de señales de voz.

Con la aparición de la tecnología 2G GSM en los años 90 se introdujo la posibilidad de complementar la voz móvil con nuevos servicios como mensajes de texto y las primeras versiones de datos móviles con velocidades iniciando en los 14,4 kbps. Todos estos servicios se soportaban sobre sistemas de codificación, modulación y multiplexación digitales, lo que daba paso a la introducción de mecanismos de cifrado añadiendo seguridad en el aire a las comunicaciones. Además, eran posible enviar mensajes de texto multimedia y conectar un computador a internet utilizando un teléfono móvil como modem.

La transmisión de datos utilizando tecnología 2G mantenía el principio de transmisión de datos usando circuitos de transmisión de voz, lo que limitaba su velocidad. Estas limitaciones condujeron al desarrollo del estándar General Packet Radio Service (GPRS), sistema de transmisión digital que permitía obtener mayores velocidades de transmisión por ser un sistema más eficiente para la transmisión de datos. Posteriormente se introdujo la tecnología Enhanced Data Range for Global Evolution (EDGE) que mejoró las velocidades de transmisión de datos de GPRS mediante técnicas avanzadas de modulación de radio que permiten hasta triplicar el ancho de banda ofrecido por la tecnología GPRS.

En el año 2001 llegó la tercera generación de sistemas móviles, destacándose dos estándares: el estándar CDMA2000 norteamericano y el estándar UMTS de la 3GPP. En ambos estándares, la tecnología 3G permite una mayor capacidad de transmisión de voz y datos. Los datos se envían a través de la tecnología llamada Packet Switching. Las llamadas de voz se transmiten mediante circuitos de voz.

La 3GPP posteriormente desarrollo el estándar High Speed Packet Access, una mejora del estándar UMTS que utilizad de forma más eficiente el espectro radioeléctrico, mejorando la velocidad y latencia en la transferencia de datos. En el siguiente cuadro los diferentes releases

de HSPA desarrollados por la 3GPP y las velocidades teóricas máximas de descarga y de subida.

**Tabla 1: Evolución de la tecnología HSPA (3G)**

Evolución de HSPA			
Nombre	Release	Velocidad de descarga	Velocidad de subida
HSDPA	Release 5	14,4 Mbps	384 Kbps
HSUPA	Release 6	14,4 Mbps	5,76 Mbps
HSPA+	Release 7	28 Mbps	11,5 Mbps
HSPA+ MIMO	Release 8	42 Mbps	11,5 Mbps

Fuente: 3GPP

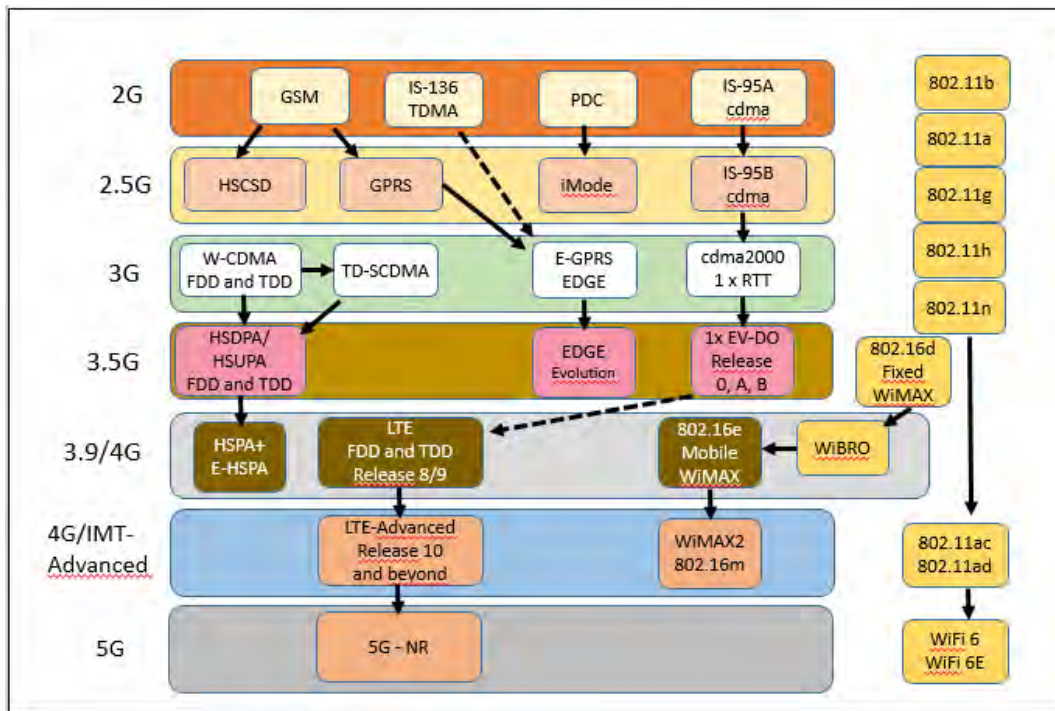
A partir del año 2009 se comercializaron en el mundo los primeros planes de internet 4G LTE, que surgió como la evolución de la generación predecesora ahora sobre una plataforma tecnológica completamente de datos, simplificando la arquitectura de red. Esta red se basa enteramente en protocolo IP para la transmisión de datos, dejando de lado la capacidad para transmisión de circuitos de voz. Las principales cualidades de la conectividad 4G LTE (siglas de Fourth Generation Long-Term Evolution) son mejores velocidades de carga y descarga, alcanzando hasta 150 Mbps (10 veces más la velocidad de 3G) en dispositivos móviles, junto con retardos (delay) en la transmisión de datos sustancialmente inferiores con respecto a las generaciones anteriores.

Posteriormente se desarrolló el estándar LTE PRO, también conocido como LTE Advanced, LTE-A o red 4.5G, el cual es una evolución del estándar LTE. El LTE Advanced fue definido por primera vez en el Release 10 de la 3GPP y ofrece velocidades pico de 3 Gbps para descarga y 1,5 Gbps para subida. Entre sus principales ventajas, ofrece agregación de portadoras (Carrier Aggregation) y uso mejorado de técnicas multiantena, lo que le permite ofrecer mayores tasas de transferencia, mejor desempeño y eficiencia en el uso de recursos.

A partir del año 2016, la 3GPP comenzó los estudios para la determinación de las especificaciones técnicas de la nueva generación de telefonía móvil, 5G. Debido a que el 5G contempla no solo un gran aumento en la capacidad de transmisión de datos, sino que también implica la capacidad de conseguir servicios con baja latencia así como la capacidad de conseguir una gran conexión de dispositivos de manera simultánea, se dividió el desarrollo del 5G en dos fases: 5G fase 1 y 5G fase 2.

El 3GPP Release 15, correspondiente al 5G fase 1, fue completado de manera oficial en junio 2018 mientras que el Release 16, correspondiente al 5G fase2, fue finalizado en julio 2020. El 5G permitirá el desarrollo acelerado de industrias y servicios avanzados, mediante redes que conectarán todo a todo y todas las cosas a todo el mundo, haciendo posible una nueva generación de experiencias y aplicaciones en todos los sectores, incluyendo las ciudades inteligentes y el Internet de las Cosas (IoT); por lo que se identifica a las redes 5G como un elemento básico de la denominada cuarta revolución industrial.

**Figura 1: Evolución de las tecnologías móviles**



Fuente: Adaptado de The evolution of LTE

## 1.2 Espectro radioeléctrico para servicios móviles de datos

La prestación de servicios móviles en el Perú se rige bajo la normativa del Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones<sup>1</sup> (TUO de la Ley) y del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones<sup>2</sup> (TUO del Reglamento).

En el Reglamento se define a los siguientes servicios finales de telecomunicaciones:

### ***“Artículo 53.- Clasificación de teleservicios públicos***

*Se consideran teleservicios públicos a los siguientes:*

<sup>1</sup> Mediante Decreto Supremo N° 013-093-TCC del 28 de abril de 1993

<sup>2</sup> Mediante Decreto Supremo N° 020-2007-MTC del 03 de julio de 2007

1. *Servicio telefónico.- Es el que permite a los usuarios la conversación telefónica en tiempo real, en ambos sentidos de transmisión, a través de la red de telecomunicaciones.*

8. *Servicio de comunicaciones personales.- Es el servicio que utilizando Sistemas de Comunicaciones Personales (PCS) permite brindar servicios de telecomunicaciones móviles que mediante un terminal asociado al abonado posibilitan comunicaciones en todo momento dentro del área de concesión.*

**Artículo 56.- Definición del servicio telefónico móvil**

*El servicio telefónico móvil es aquel que se presta a través del medio radioeléctrico en las bandas específicamente determinadas por el Ministerio, mediante terminales móviles que se pueden transportar de un lugar a otro dentro del área de servicio de la empresa operadora, la misma que se encuentra configurada en células.”*

En la normativa vigente se hace distinción entre el servicio de telefonía móvil y el servicio de comunicaciones personales (PCS). Mientras que el servicio de telefonía móvil hace referencia únicamente al servicio de telefonía que se presta utilizando espectro radioeléctrico, el concepto del servicio de comunicaciones personales es más amplio, puesto que comprende cualquier tipo de telecomunicación móvil incluyendo la transmisión de señales de voz y datos. Es debido a esta definición que para el despliegue de redes de telecomunicaciones de datos móviles las empresas operadoras requieren inscribir el registro de comunicaciones personales en su concesión única para estar autorizadas a la prestación del servicio público de datos móviles.

Para la prestación del servicio de acceso a Internet mediante las redes móviles (también conocido como internet móvil) se requiere, de manera adicional al registro PCS, el registro de valor añadido de conmutación de datos por paquetes.

Para la prestación de servicios de telecomunicaciones utilizando espectro radioeléctrico, el MTC de manera previa identifica, atribuye y pone a disposición de las empresas interesadas porciones de espectro radioeléctrico; cuya asignación dependerá de los mecanismos que se señalen.

La identificación de las bandas de frecuencias y su atribución para los diferentes servicios de telecomunicaciones es realizada por el Comité Multisectorial del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (CMPNAF), comité constituido a través del Decreto Supremo N° 041-2011-PCM, conformado por representantes del MTC y del OSIPTEL. El Plan Nacional de



Atribución de Frecuencias (PNAF) es el documento que contiene los cuadros de atribución de frecuencias de los diferentes servicios de telecomunicaciones, de tal forma que los diversos servicios operen en bandas de frecuencias definidas previamente para cada uno de ellos, a fin de asegurar su operatividad, minimizar la probabilidad de interferencias perjudiciales y permitir la coexistencia de servicios dentro de una misma banda de frecuencias, cuando sea el caso.

Asimismo, el CMPNAF es la comisión multisectorial permanente encargada de emitir informes técnicos y recomendaciones para la planificación y gestión del espectro radioeléctrico.

Las porciones de espectro radioeléctrico identificadas para la prestación de servicios públicos móviles de telecomunicaciones, que comprende a los servicios de telefonía móvil, a los servicios de comunicaciones personales y a los servicios móviles de canales múltiples de selección automática (troncalizado).

La asignación de espectro radioeléctrico para la prestación de servicios de telecomunicaciones es realizada por el MTC. De acuerdo a la normativa vigente, existen dos modalidades para la asignación de espectro radioeléctrico:

- A solicitud de parte
- Mediante concurso público

Para la asignación de frecuencias en la provincia de Lima y en la Provincia Constitucional del Callao el artículo 203 del TUO del Reglamento establece que la asignación de espectro radioeléctrico en las bandas identificadas para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y atribuidas a título primario, se realizará mediante concurso público.

Mediante la Resolución Ministerial n° 687-2018-MTC/01.03 del 29 de agosto de 2018, se estableció en el PNAF que en el caso de las frecuencias fuera de la Provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao, la asignación de espectro radioeléctrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y atribuidas a título primario se realiza por concurso público, salvo disposición normativa que establezca lo contrario y para los casos de radioenlaces digitales para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones en las bandas atribuidas como tales en el PNAF.

Esto quiere decir que, según la normativa vigente, la asignación de espectro radioeléctrico para la prestación de servicios móviles se realiza a través de un concurso público. Estas asignaciones mediante concurso público deben sujetarse a las siguientes normas vigentes:

**Tabla 2: Principales normas que regulan la asignación de espectro**

DOCUMENTO	NORMA
Decreto Supremo N° 013-93-TCC	Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones
DS N° 020-2007-MTC	Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones
Decreto Supremo N° 020-98-MTC	Lineamientos de política de apertura del mercado de telecomunicaciones del Perú
Resolución Ministerial N° 187-2005-MTC	Plan Nacional de Atribución de Frecuencias
Decreto Supremo N° 016-2018-MTC	Reglamento Específico para el Reordenamiento de una banda de frecuencias
Decreto Supremo N° 015-2019-MTC	Norma que regula el arrendamiento de bandas de frecuencias de espectro radioeléctrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones
Resolución Ministerial N° 234-2019-MTC	Norma de Metas de Uso del Espectro Radioeléctrico aplicable para los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, excepto para el Servicio Portador brindado a través de enlaces punto a punto y para los servicios satelitales
Resolución de Consejo Directivo N° 123-2014- CD/OSIPTEL	Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones
Resolución de Consejo Directivo N° 138-2012-CD/OSIPTEL	Texto Único Ordenado de las Condiciones de Uso de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones

Fuente: Elaboración propia



Asimismo, en la Tabla 3 se señalan los concursos públicos efectuados por el MTC para la asignación de espectro radioeléctrico.

Los concursos públicos para asignación de frecuencias se realizan en el Perú desde el año 2000, estableciéndose metas recaudatorias y/u obligaciones de servicios a cambio de la explotación del espectro asignado. Dentro de las obligaciones de servicio que se establecen se mencionan las obligaciones de cobertura (compromiso de brindar servicio en determinada cantidad de localidades), obligaciones de conectividad (compromiso de brindar acceso a Internet a determinada cantidad de entidades), obligaciones de telefonía pública (compromiso de instalar teléfonos públicos en zonas rurales) entre otras obligaciones que el MTC establece al momento de diseñar el concurso público.

Finalmente cabe mencionar que no todo el espectro para servicios móviles ha sido asignado mediante concurso público. Antes de la Resolución Ministerial n° 687-2018-MTC/01.03 el MTC podía asignar porciones de espectro radioeléctrico en provincias a solicitud de parte, con lo que varias empresas del sector telecomunicaciones consiguieron asignación de espectro en provincias sin realizar pago alguno al Estado por la asignación. Muchas de estas empresas posteriormente transfirieron el espectro asignado a otras empresas del sector a cambio de retribución económica.

**Tabla 3: Concursos públicos para asignación de espectro para prestar servicios públicos de telecomunicaciones**

<b>EMPRESA</b>	<b>BANDA ASIGNADA</b>	<b>PERIODO DE CONCESIÓN OTORGADO</b>	<b>ÁREA DE ASIGNACIÓN</b>	<b>MONTO CONTRATADO (\$)</b>
<b>AMERICA MOVIL PERU S.A.C</b>	PCS BANDA F( 1900 MHz)	2005-2025	A NIVEL NACIONAL	21'100,000.00
	BANDA 3400 - 3600 MHz	2006-2026	LIMA Y PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO	4'950,001.00
	PCS - BANDA A (1900)	2000-2020	A NIVEL NACIONAL	180'000,000.00
	BANDA B (800 MHz)	2007-2027	A NIVEL NACIONAL	22'220,000.00
	BANDA B (700 MHz)	2016-2036	A NIVEL NACIONAL	306'000,001.00
<b>ENTEL PERÚ S.A.</b>	PCS -BANDA D Y E (1900 MHz)	2007-2027	A NIVEL NACIONAL	27'000,000.00
	BLOQUE B( BANDA 1710 - 1770 MHz / 2110 - 2170 MHz)	2013-2033	A NIVEL NACIONAL	105'511,176.00
	BANDA 3400 - 3600 MHz	2000-2020	ANCASH, AREQUIPA, ICA, LA LIBERTAD, LAMBAYEQUE, PIURA, TACNA, LIMA Y LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.	9'850,000.00
	821 - 824 MHz y 866 - 869 MHz	2009-2029	A NIVEL NACIONAL	4'700,000.00
	BANDA A (700 MHz)	2016-2036	A NIVEL NACIONAL	290'206,123.00
<b>TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A.A.</b>	BLOQUE A( BANDA 1710 - 1770 MHz / 2110 - 2170 MHz)	2013-2033	A NIVEL NACIONAL	152'229,000.00
	BANDA 3400 - 3600 MHz	1994-2027	A NIVEL NACIONAL	9'850,000.00
	BANDA C (700 MHz)	2016-2036	A NIVEL NACIONAL	315'007,700.00
<b>AMERICATEL PERÚ S.A.</b>	BANDA 3400 - 3600 MHz	2001-2031	AREQUIPA, ICA, LAMBAYEQUE, LA LIBERTAD, LIMA Y LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO	10'301,000.00
<b>VIETTEL PERÚ S.A.C.</b>	BANDA C (1900 MHz)	2011-2031	A NIVEL NACIONAL	1'300,000.00
	BANDA 900 MHz	2012-2032	A NIVEL NACIONAL	2'000,000.00
<b>OLO DEL PERÚ S.A.C.</b>	BANDA 2.5 GHz	2010-2030	A NIVEL NACIONAL	3'900,001.00

Fuente: PROINVERSION y MTC

Tabla 4: Asignación de frecuencias en la provincia de Lima para servicios públicos de acceso inalámbrico

OPERADOR	BANDA DE FRECUENCIAS										
	450 MHz	700 MHz	800 MHz	850 MHz	900 MHz	1900 MHz	AWS 1700/2100 MHz	2300 MHz	2600 MHz	3500 MHz	TOTAL (MHz)
América Móvil	7.5	30	---	25	---	35	---	---	80	50	147.5
TVS Wireless	---	---	---	---	---	---	---	---	80	---	80.0
Telefónica del Perú	10	30	---	25	16	25	40	---	---	50	196.0
Entel Perú	---	30	16.4	---	---	35	40	30	40	50	241.4
Americatel	---	---	---	---	---	---	---	---	---	50	50.0
Viettel	---	---	---	---	32	25	---	---	---	---	57.0

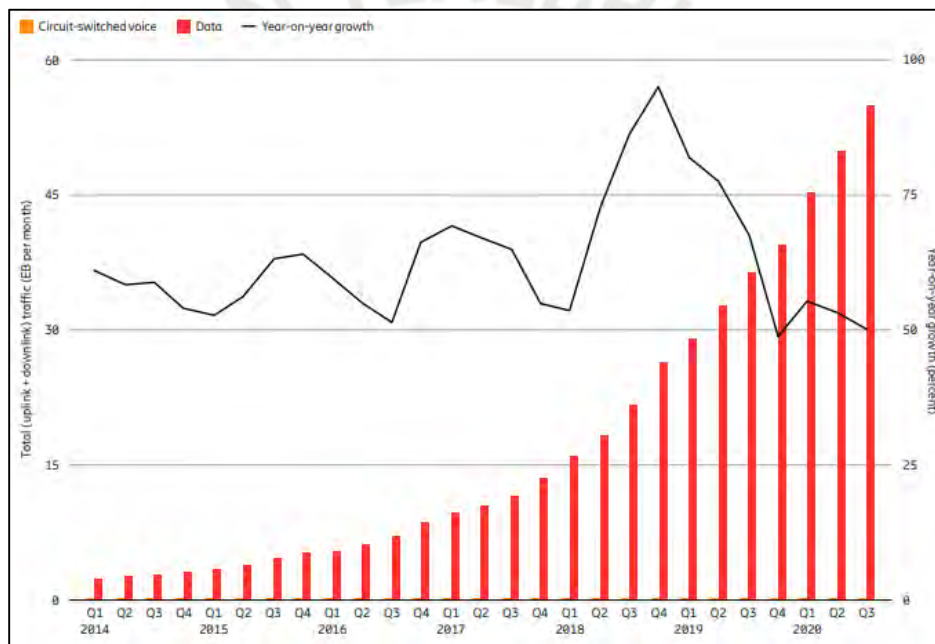
Fuente: Registro Nacional de Frecuencias - MTC

En la Tabla 4 se presenta las asignaciones de frecuencia para las operadoras de servicios públicos en las bandas identificadas para la provisión de servicios móviles. Hay que considerar que las empresas TVS Wireless y América Móvil pertenecen al mismo grupo económico, de la misma forma que las empresas Entel Perú y Americatel Perú.

### 1.3 Penetración y cobertura de los servicios móviles de datos

De acuerdo al reporte de noviembre 2020 realizado por la empresa de telecomunicaciones Ericsson (ERICSSON, 2020), el tráfico en la redes móviles de telecomunicaciones continúa creciendo en lo que respecta a transmisión de datos, en detrimento de la transmisión de señales de voz.

**Figura 2: Evolución del tráfico de voz y data a nivel mundial**



Fuente: Ericsson Mobility Report – Noviembre 2020

Esto refleja la tendencia actual en las telecomunicaciones, todos los servicios y aplicaciones de las redes móviles utilizan las redes de datos basadas en protocolos IP. El reporte de Ericsson indica que el aumento es producto del constante aumento en la cantidad de dispositivos smartphones así como por el mayor consumo de aplicaciones de videos.

El aumento de tráfico de video es como consecuencia de:

- la mayor transmisión de videos en las redes sociales como Facebook, Twitter, Whatsapp, TikTok y otros;

- el uso de plataformas de compartición de videos como Youtube y Hulu
- el mayor uso de plataformas de streaming de video como Facebook Watch, Youtube Live,
- la aparición de plataformas de video on-demand como Netflix, Amazon Video, HBO, Fox Premium

Se espera que con las bondades de capacidad de transmisión de la tecnología 5G, aparezcan nuevos servicios que demanden una mayor cantidad de datos, como por ejemplo los servicios y aplicaciones basados en realidad virtual interactiva.

En el Perú, el comportamiento del tráfico de datos sigue el comportamiento observado a nivel mundial. OSIPTEL, en su documento de trabajo “Estimación del número de estaciones base celular para atender la demanda de servicios móviles en el Perú al año 2025” (More & Gavilano, Estimación del número de estaciones base celular para atender la demanda de servicios móviles en el Perú al año 2025, 2020) presenta la información del tráfico de datos cursado en Internet móvil a setiembre 2020, información reportada por las empresas operadoras en cumplimiento de la Norma de Requerimientos de Información Periódica (NRIP), no obstante la disparidad en los datos obtenidos da a presumir que la información reportada aún requiere de un trabajo de validación a fin de que todas las empresas utilicen el mismo procedimiento de medición y reporte de la información.

**Figura 3: Información de tráfico de datos**

Empresa	Tráfico 2020-3 (GB)	Tráfico Mes	Usuarios de IM	Tráfico mes usuario(**)	(%) Mercado
TDP	241 072 070	80 357 357	8 203 242	9,80	32,8 %
AM	219 099 347	73 033 116	8 408 986	8,69	33,6 %
EN	129 617 643	43 205 881	4 389 277	9,84	17,6 %
VT	30 353 038	10 117 679	3 995 461	2,53	16,0 %

TDP=Telefónica del Perú; AM=América Móvil; EN=Entel; VT=Viettel.  
 (\*) Información en proceso de validación. Solo se consideró Internet desde teléfonos móviles.  
 (\*\*) Se asume que el tráfico trimestral se distribuye igualmente cada mes.

Fuente: (More & Gavilano, Estimación del número de estaciones base celular para atender la demanda de servicios móviles en el Perú al año 2025, 2020)

De manera similar, el MTC en su documento de trabajo “Propuesta de asignación de bandas de frecuencia 3.5 GHz, y 26 GHz e Identificación de la banda de frecuencia de 6 GHz para el desarrollo de servicios y tecnologías digitales 5G y más allá” (Ministerio de Transportes y

Comunicaciones, 2020) presenta la evolución del tráfico acumulado de datos en redes móviles.

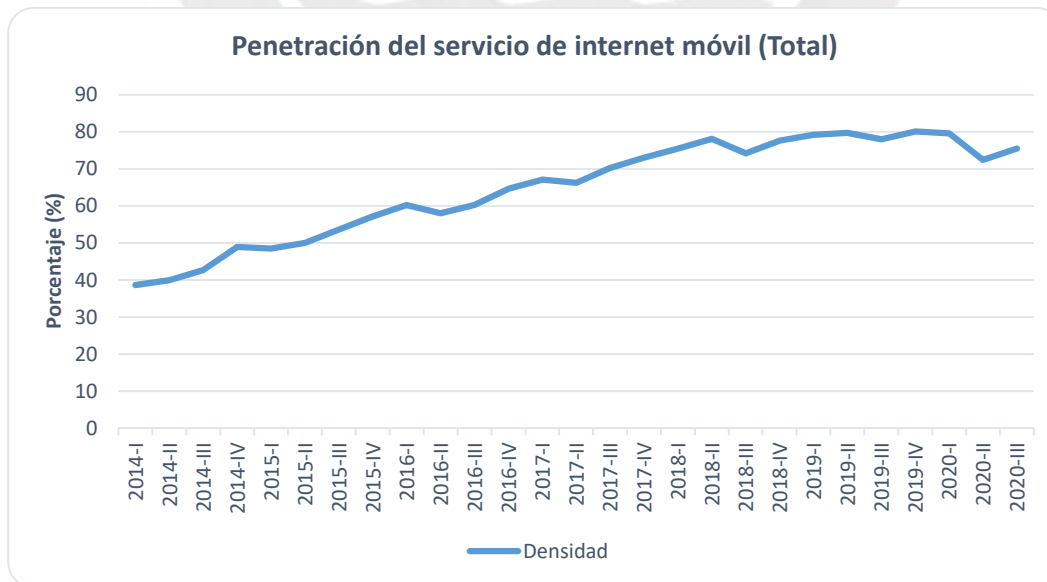
**Figura 4: Tráfico acumulado de datos en millones de MB**



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020)

De acuerdo a la plataforma PUNKU de OSIPTEL, la penetración del acceso al servicio de internet móvil a febrero 2021 es del 75,51%, es decir de cada 100 habitantes 75 acceden al servicio de internet móvil mediante redes de tecnología 3G y 4G.

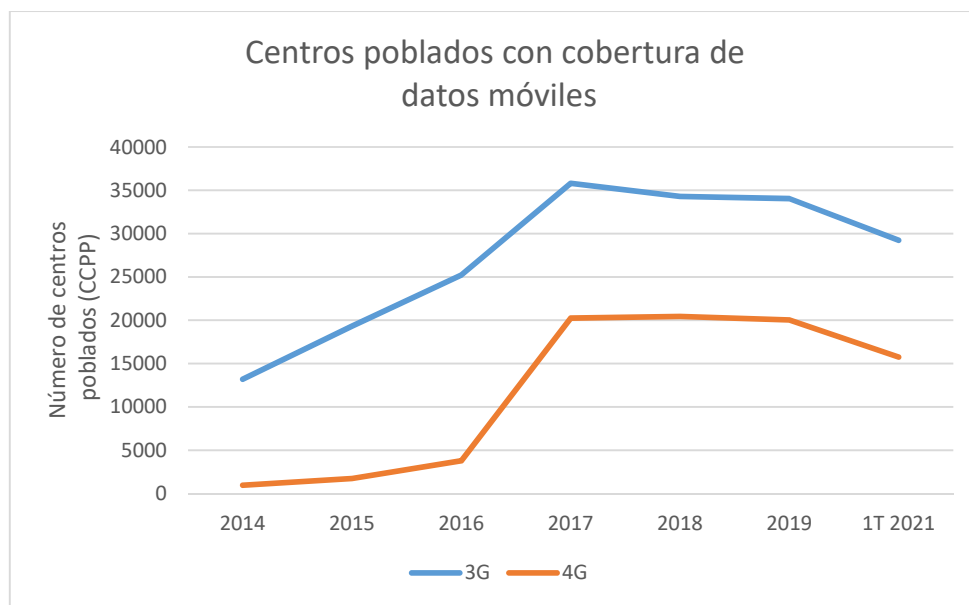
**Figura 5: Penetración del servicio de internet móvil**



Fuente: PUNKU – OSIPTEL

El acceso al servicio de internet móvil se consigue por medio del despliegue de infraestructura de las redes de servicios móviles, en específico de las redes basadas en tecnologías 3G y 4G. En la Figura 6 se observa el avance de la implementación de estaciones base de tecnologías 3G y 4G en todo el territorio nacional.

**Figura 6: Evolución de cobertura en centros poblados**



Fuente: PUNKU - OSIPTEL

La Figura 6 muestra que en el Perú, para la transmisión de datos mediante redes móviles, hay mayor infraestructura de telecomunicaciones basada en tecnología 3G, lo que muestra una brecha de calidad de servicio de internet móvil, toda vez que mediante la tecnología 3G la velocidad de transmisión de datos no permite el uso de aplicaciones y servicios basados en redes de internet de banda ancha.

Finalmente, es importante conocer la distribución geográfica de la infraestructura existente del servicio de internet móvil. En la Figura 7 se observa la ubicación de los centros poblados que cuentan con cobertura móvil basada en tecnologías 3G y 4G. Aquellos departamentos que cuentan con geografía de difícil acceso como Loreto, Madre de Dios, Ucayali y Cajamarca cuentan con baja densidad de centros poblados con cobertura debido a las dificultades técnicas para llevar redes de alta velocidad. De forma similar, aquellos departamentos de menor desarrollo social económico como Huancavelica, Apurímac y Pasco presentan baja densidad de centros poblados con cobertura debido al poco interés de las operadoras de servicios públicos en expandir su infraestructura hacia estos lugares.



Tabla 5: Cobertura del servicio móvil, 2020

REGIÓN	CCPP por REGIÓN	CCPP con SM	CCPP con SM por tipo de Tecnología				CCPP sin SM	% CCPP con SM	% CCPP sin SM
			2G	3G	4G	4.5G			
Amazonas	3236	1491	969	1327	318	0	1745	46%	54%
Ancash	7914	3993	2702	3167	2008	12	3921	50%	50%
Apurímac	4181	1460	1021	1202	750	0	2721	35%	65%
Arequipa	5354	1588	1100	1288	983	43	3766	30%	70%
Ayacucho	7778	2543	1442	1957	1264	4	5235	33%	67%
Cajamarca	6458	3807	2821	2941	1646	0	2651	59%	41%
Callao	7	7	7	7	7	5	0	100%	0%
Cusco	9818	3226	2211	2806	1596	14	6592	33%	67%
Huancavelica	6938	2268	1950	1412	708	1	4670	33%	67%
Huánuco	6779	2908	1880	2503	1488	21	3871	43%	57%
Ica	1527	1024	881	980	673	43	503	67%	33%
Junín	4574	1905	1116	1684	1017	9	2669	42%	58%
La Libertad	3792	2243	1831	1651	945	29	1549	59%	41%
Lambayeque	1510	1026	832	985	615	17	484	68%	32%
Lima	5410	2602	2051	1639	1425	84	2808	48%	52%
Loreto	2482	450	243	341	110	0	2032	18%	82%
Madre de Dios	335	152	116	134	63	0	183	45%	55%
Moquegua	1397	387	316	258	203	0	1010	28%	72%
Pasco	2935	909	540	739	525	2	2026	31%	69%
Piura	2891	1697	1185	1509	752	13	1194	59%	41%
Puno	9616	4000	2914	3165	1757	0	5616	42%	58%
San Martín	2989	1746	875	1706	807	4	1243	58%	42%
Tacna	824	357	262	328	216	0	467	43%	57%
Tumbes	204	136	115	133	94	0	68	67%	33%
Ucayali	978	240	127	219	77	1	738	25%	75%
<b>TOTAL CCPP</b>	<b>99927</b>	<b>42165</b>	<b>29507</b>	<b>34081</b>	<b>20047</b>	<b>302</b>	<b>57762</b>	<b>42%</b>	<b>58%</b>

Fuente: MTC

Figura 7: Mapa de cobertura 3G y 4G



Fuente: Catastro de infraestructura IV trimestre 2019 - MTC

#### **1.4 Brechas del acceso universal a los servicios de telecomunicaciones**

Respecto a la importancia del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, en especial de la infraestructura para servicios de banda ancha, en (ITU, 2018) se encuentra un impacto significativo de la banda ancha fija en la economía mundial durante los últimos siete años (2010-2017), un aumento del 1% en la penetración de banda ancha fija contribuye a un aumento del 0.08% en el PBI. Respecto a la banda ancha móvil, un aumento del 1% en la penetración de la banda ancha móvil contribuye con un incremento del 0.15% en el PBI.

De manera similar, el MTC ha publicado el documento de trabajo “Impacto económico del acceso a internet en los hogares peruanos” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020), en donde en base a los datos de panel de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO) realizada en los años 2017 y 2019, se muestran los impactos económicos positivos que se producen en los sectores rurales como resultado del uso del internet.

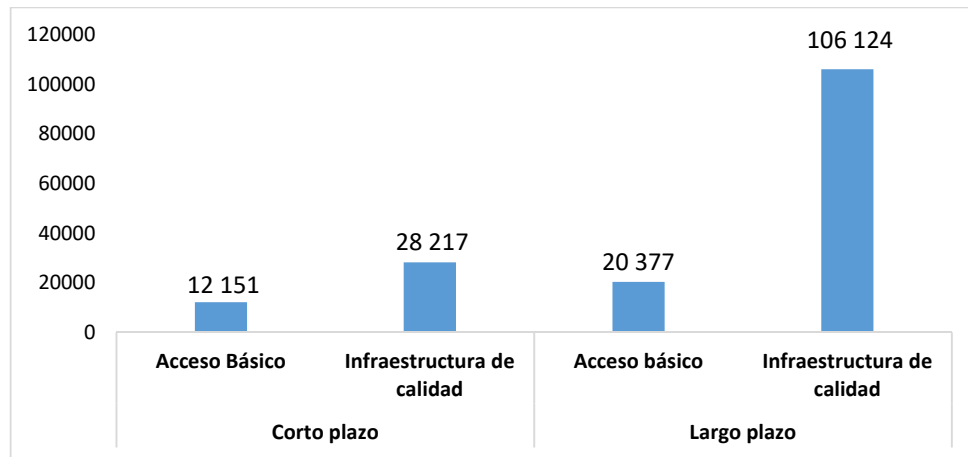
De esta manera, el acceso a los servicios de telecomunicaciones y la información, proporciona recursos esenciales de conocimientos en las actividades productivas de hogares rurales y de bajos recursos; brinda a las pequeñas empresas acceso a grandes mercados regionales, nacionales, e incluso globales; e incrementa el alcance y eficiencia de la prestación de servicios gubernamentales y sociales. (Navas-Sabater, Dymond, & Juntunen, 2002).

Las brechas existentes en el país en materia de telecomunicaciones, han sido estudiadas y analizadas por diferentes estudios realizados tanto por organismos locales como por organismos internacionales.

En el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019) , se indica que de acuerdo a un estudio elaborado por la Universidad del Pacífico en febrero de 2019, a solicitud del Ministerio de Economía y Finanzas y con apoyo del BID; se compararon los indicadores de conectividad peruanos con respecto a otros países con similares características geográficas y socioeconómicas para un período de corto plazo de 5 años, mientras que se compara con otros países pertenecientes a la OCDE para obtener las brechas de infraestructura en telecomunicaciones para periodo de largo plazo de 20 años.

En este estudio se concluye que la brecha estimada de inversión en infraestructura de telecomunicaciones para el acceso básico al servicio móvil es de 12 151 millones de soles para el período de corto plazo de 5 años, mientras que la brecha asciende a 20 377 millones para el período de largo plazo de 20 años, como se observa en la siguiente figura:

Figura 8: Perú: Brecha de inversión en infraestructura de telecomunicaciones para el servicio móvil, 2019 – 2038 (millones de soles)



Fuente: (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019)

Cabe resaltar que, en este mismo estudio, se determina la brecha de infraestructura de calidad, tomando en cuenta la infraestructura requerida para alcanzar la misma cobertura móvil, pero con mejor calidad de servicio mediante el uso de la tecnología 4G. En este escenario, la brecha de infraestructura es mayor, obteniéndose una brecha en el corto plazo de 28 217 millones de soles; y en el largo plazo esta brecha asciende a 106 124 millones de soles.

Otro estudio realizado para determinar la brecha existente en infraestructura de telecomunicaciones, fue publicado en el año 2020 por el OSIPTEL, en donde se realizó una estimación del número de estaciones bases del servicio móvil serían requeridas al año 2025. En dicho documento, se mostró que se requerían 60 771 estaciones base celular (EBC) a nivel nacional para atender la demanda proyectada de servicios móviles al año 2025 (More & Gavilano, 2020)

Contrastando esta proyección con la información de la cantidad de estaciones base al cuarto trimestre del año 2019, se evidencia que existe una brecha de infraestructura de 36 695 estaciones base por desplegar para el acceso al servicio móvil.

**Tabla 6: Brecha de Estaciones Base Celular (EBC) IV T  
2019 – 2025**

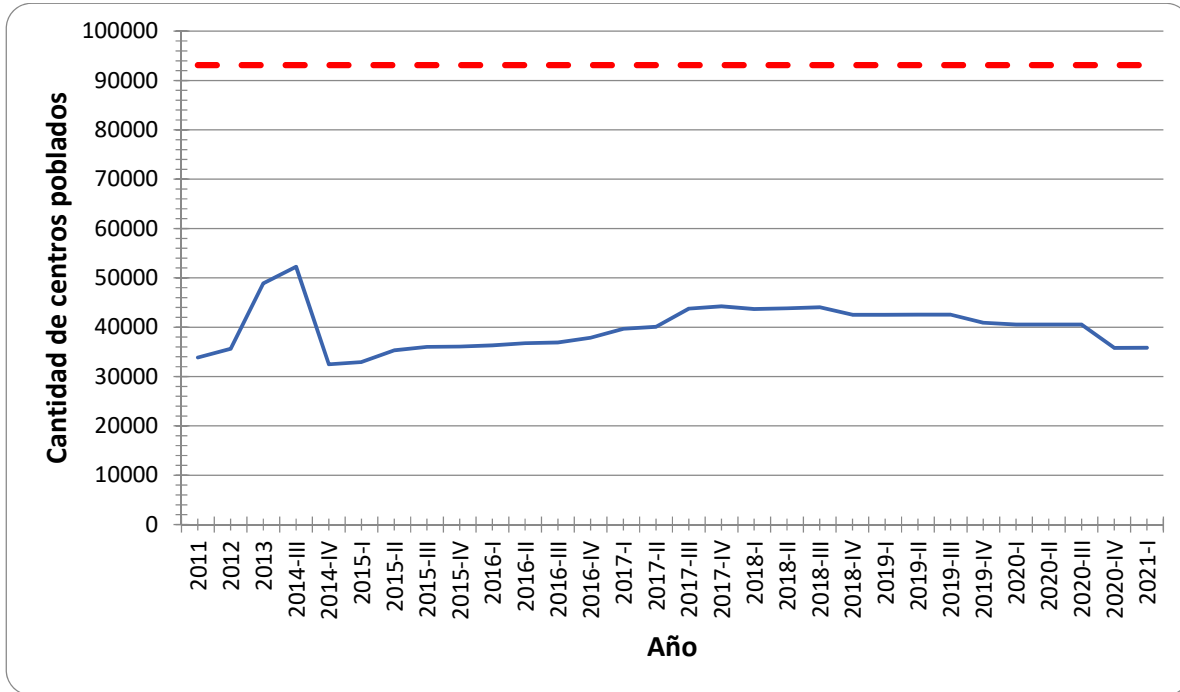
Región	Estaciones Base Celular existentes 4 T 2019	Estimación de Estación Base Celular 2021	Brecha
Amazonas	350	575	64%
Ancash	949	2136	125%
Apurímac	442	623	41%
Arequipa	1347	4367	224%
Ayacucho	656	981	50%
Cajamarca	975	1313	35%
Callao	589	942	37%
Cusco	1073	2313	1116%
Huancavelica	378	531	40%
Huánuco	600	886	48%
Ica	643	2810	337%
Junín	946	2076	119%
La Libertad	1 241	3 955	219%
Lambayeque	696	2 574	270%
Lima	9 196	2 5671	179%
Loreto	477	975	104%
Madre de Dios	169	455	169%
Moquegua	208	534	157%
Pasco	231	314	36%
Piura	1 095	2 775	153%
Puno	867	1 609	86%
San Martín	722	1 120	55%
Tacna	355	739	108%
Tumbes	191	520	172%
Ucayali	269	919	242%
<b>Nacional</b>	<b>24 076</b>	<b>60 771</b>	<b>152%</b>

Fuente: (More & Gavilano, 2020)

Otro indicador de la brecha de acceso a los servicios de telecomunicaciones se obtiene del portal de información de las telecomunicaciones – PUNKU, mediante el reporte de centros poblados con cobertura móvil. Al cuarto trimestre 2019, la cantidad de centros poblados con cobertura móvil es de 40 890. Considerando que a junio 2020, la cantidad de centros poblados registrados en el Sistema de Consulta de Centros Poblados del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) es de 93 107, resulta que solo el 43.97% de los centros

populados cuenta con cobertura móvil, dando un déficit de 57.03% de centros poblados a nivel nacional sin acceso a los servicios móviles ni a los servicios de internet fijo.

**Figura 9: Evolución de la cobertura móvil en centros poblados**



Fuente: PUNKU - Osipitel

De la evolución histórica de la cobertura móvil en centros poblados, se observa que el despliegue de infraestructura por parte de los operadores de servicios móviles se mantiene entre el 40 y 50% de cobertura en centros poblados, atendiendo aproximadamente al 90% de la población.

### 1.5 Acceso Universal

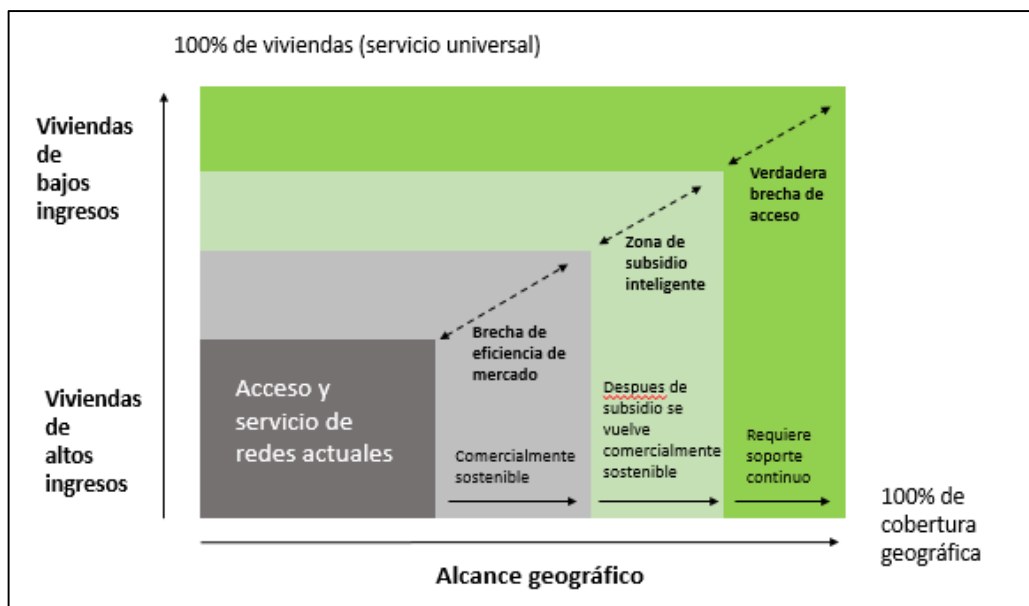
Los conceptos de acceso universal y servicio universal han venido constantemente evolucionando desde la liberalización y privatización de los servicios de telecomunicaciones. Inicialmente concebidos y regulados para el acceso a comunicación de voz mediante circuitos telefónicos, con la llegada y adopción de la banda ancha el concepto de acceso universal y servicio universal ha tomado un nuevo matiz respecto al objetivo de la política pública.

En la publicación *Telecommunications Regulation Handbook* (THE WORLD BANK/infoDev/ITU, 2011), se explican los conceptos y diferencias entre Acceso Universal y Servicio Universal así como los diferentes servicios de telecomunicaciones que se han ido



incorporando a estos conceptos. También se hace mención a la brecha de acceso, identificando las tres zonas existentes dentro de esta brecha: la brecha de eficiencia de mercado, la zona de subsidio inteligente y la verdadera brecha de acceso.

**Figura 10: Brechas de acceso y zonas de intervención**



Fuente: Adaptado de Telecommunications Regulation Handbook (THE WORLD BANK/infoDev/ITU, 2011)

En (OCDE/BID, 2016) se indica que aunque los objetivos económicos y sociales que sirvieron de base para considerar el servicio de telefonía fija como pilar del acceso universal siguen siendo válidos, las metas de acceso universal tienen ahora una nueva dimensión debido a la expansión de las redes de alta capacidad y la evolución de las necesidades sociales. Asimismo se concluye que los principales desafíos que plantea el conseguir un incremento del acceso y uso de banda ancha en la región Latinoamérica y el Caribe están vinculados a cuestiones de la oferta, como por ejemplo el despliegue de la infraestructura y la prestación de servicios de banda ancha, o de la demanda, como capacidades, emprendimiento, contenido local y protección del consumidor.

En el documento Digital Regulation Handbook (ITU and The World Bank, 2020) el concepto de Acceso Universal está relacionado al acceso a las tecnologías de información y comunicación (TIC), lo que incluye el acceso a redes, dispositivos y servicios de banda ancha; en la búsqueda que todos los habitantes y en cualquier lugar tengan completo acceso a los beneficios que se derivan de la transformación digital.



En el Perú, el concepto de acceso universal fue originalmente definido mediante el Decreto Supremo N° 020-98-MTC, que aprueba los lineamientos de política de apertura del mercado de telecomunicaciones del Perú. Este concepto fue posteriormente modificado por el Decreto Supremo N° 003-2007-MTC, que incorpora los Lineamientos para Desarrollar y Consolidar la Competencia de los Servicios de Telecomunicaciones en el Perú, y por el Decreto Supremo N° 024-2008-MTC que aprueba el Marco Normativo General para la promoción del desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones de áreas rurales y lugares de preferente interés social.

La normativa vigente define el acceso universal como:

*"El Acceso Universal comprende el acceso en el territorio nacional a un conjunto de servicios públicos de telecomunicaciones esenciales y de valor agregado, capaces de transmitir voz y datos, tales como telefonía fija, servicios móviles, larga distancia, portador local, Internet; así como la utilización de la banda ancha en la prestación de dichos servicios. Asimismo, entiéndase que es servicio público de telecomunicaciones esencial, el cursar llamadas libres de pago a los servicios de emergencia.*

*El Acceso Universal también incluye la capacitación en el uso de las tecnologías de la información y comunicación."*

En 1993, mediante el Decreto Supremo N° 013-93-TCC, se crea el Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEC), con el objetivo de mediante proyectos encargados atender las necesidades de acceso a los servicios de telecomunicaciones en aquellas áreas de bajo desarrollo económico y social. Posteriormente, mediante Decreto Supremo N° 024-2008-MTC, se establece que el ámbito de intervención de FITEC incluye las áreas rurales y lugares de preferente interés social que carezcan de al menos un servicio público de telecomunicaciones esencial.

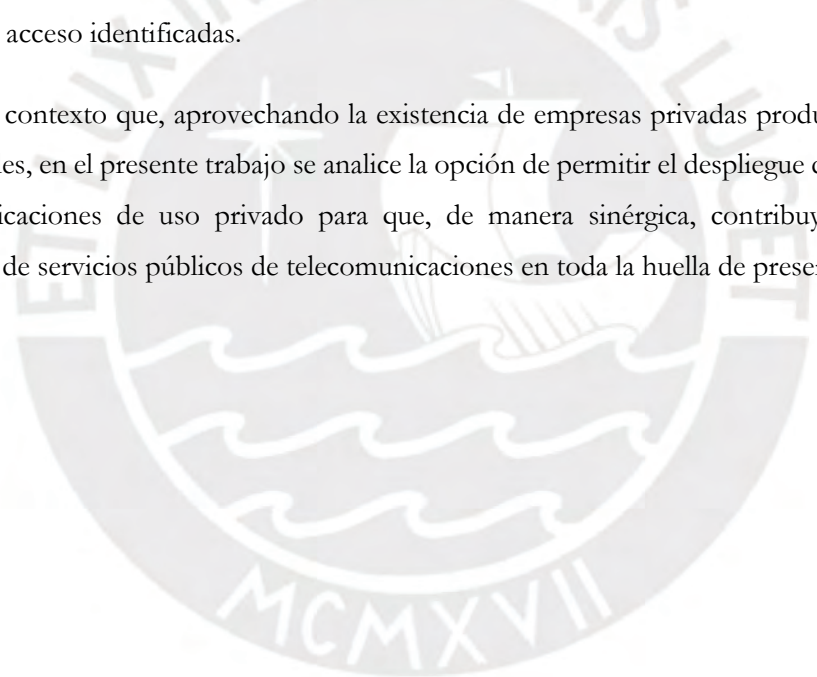
Finalmente, en diciembre 2018 mediante el Decreto Supremo N° 018-2018-MTC se aprobó la fusión del FITEC con el MTC, generándose un nuevo organismo llamado Programa Nacional de Telecomunicaciones (PRONATEL), dependiente del Viceministerio de Comunicaciones.

Las soluciones técnicas económicas para cerrar la brecha de acceso universal son materia de investigaciones, proyectos y experiencias a nivel mundial. En The Last-mile Internet Connectivity Solutions Guide (International Telecommunication Union, 2020) se muestra una guía práctica para que los gobiernos tomen decisiones respecto a soluciones a implementar para reducir las brechas de acceso en base consideraciones de asequibilidad, densidad demográfica, sostenibilidad de los servicios y de satisfacción de usuario.

En el caso peruano, los esfuerzos del gobierno por reducir la brecha de acceso, pasan desde la formulación y ejecución de los proyectos del FITEL (hoy PRONATEL), así como mediante el establecimiento de obligaciones a las empresas operadoras en los distintos procedimientos que involucran espectro radioeléctrico (asignación de frecuencias mediante subastas, reordenamiento de bandas de frecuencias, arrendamiento de frecuencias, renovación de concesión con espectro radioeléctrico) y así como también de la aplicación del Coeficiente de Expansión de Infraestructura (Decreto Supremo N° 003-2018-MTC) que permite que las operadoras puedan destinar cierto porcentaje del monto del canon anual para la implementación de nuevas estaciones del servicio móvil en zonas rurales.

No obstante lo mencionado, se observa que para conseguir el objetivo de incrementar el porcentaje de centros poblados con acceso a servicios de telecomunicaciones es necesaria la adopción de nuevos mecanismos de política pública que permitan continuar reduciendo las brechas de acceso identificadas.

Es en este contexto que, aprovechando la existencia de empresas privadas produciendo en zonas rurales, en el presente trabajo se analice la opción de permitir el despliegue de redes de telecomunicaciones de uso privado para que, de manera sinérgica, contribuyan con la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones en toda la huella de presencia.



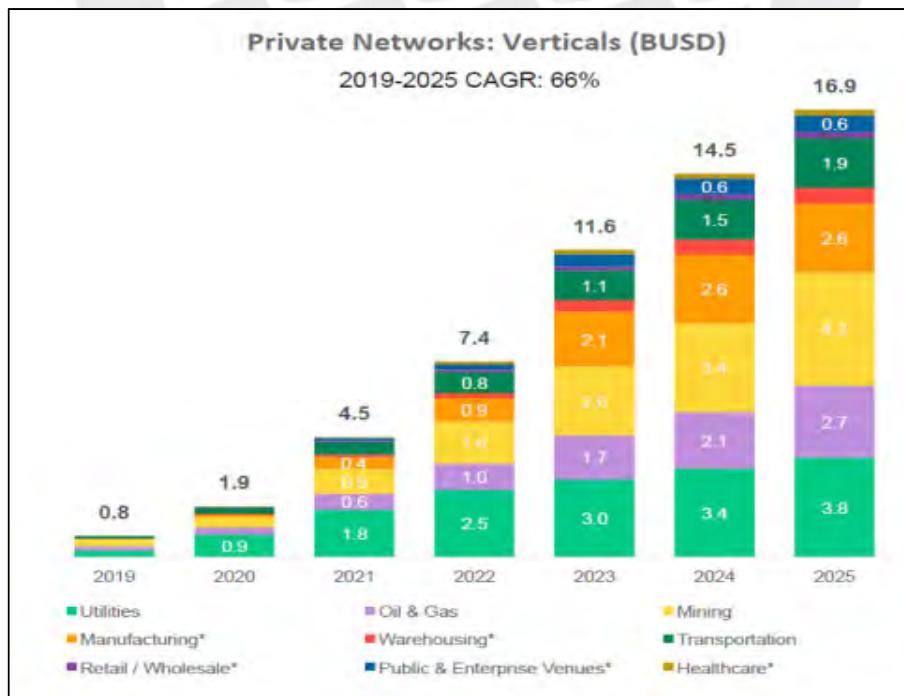
## Capítulo 2 Redes privadas inalámbricas

La evolución tecnológica de los sistemas de telecomunicaciones ha provocado la aparición de nuevos servicios y aplicaciones que han modificado los hábitos de consumo y que exigen el desarrollo de sistemas de comunicaciones de respuesta instantánea, de mayor capacidad de transmisión de datos y de mayor flexibilidad para múltiples servicios con diferentes calidades de servicio.

Es así que, cuando una empresa busca dotar de conectividad empresarial a sus instalaciones, buscando por una solución que le permite una conectividad de alta disponibilidad, alta velocidad, baja latencia, de eficiencia energética, con capacidad de acceso para muchos dispositivos inalámbricos; la empresa puede tomar dos opciones: contratar este servicio a un operador de servicios públicos o implementar su red inalámbrica propia usando su propio espectro. En muchos la empresa optará por implementar su propia red.

Según el reporte de 5G Americas (5G Americas, 2020), el mercado global de las redes móviles privadas estará valorizado en 60 billones de dólares para los próximos años, en la que destaca el mercado de las redes móviles en la industria minera y en el sector energético.

**Figura 11: Proyección de la demanda de mercado de redes móviles**



Fuente: (5G Americas, 2020)

En este capítulo se describe las características y topologías de las redes privadas inalámbricas, incidiendo en la necesidad de separar estas redes privadas de las redes comerciales de servicios públicos. Luego se analiza la tecnología inalámbrica de mayor uso para el desarrollo de redes privadas inalámbricas: el estándar WiFi.

Posteriormente se analiza la experiencia internacional, como en otros países la autoridad que administra el espectro radioeléctrico permite el uso de porciones de espectro radioeléctrico a empresas privadas para el desarrollo de redes locales sujetas a objetivos de uso, a requisitos técnicos para no interferir a operadores prioritarios o incumbentes, así como a la no protección ante interferencias.

Finalmente se revisa el caso peruano, analizando la posibilidad de replicar algunos de estos esquemas de uso compartido de frecuencias que permita la asignación o licenciar para el desarrollo de redes privadas inalámbricas.

## **2.1 Redes privadas inalámbricas**

La aparición de la conectividad industrial es uno de los más notables desarrollos en la historia de las comunicaciones industriales. Las redes industriales existen sobre un amplio rango de aplicaciones que incluyen las industrias de manufacturas, petróleo, generación y distribución de energía, minería y las industrias de procesos químicos. Estas redes difieren de las redes empresariales y de las redes domiciliarias en términos de requerimiento de servicio.

Las tecnologías inalámbricas dan ventajas a las comunicaciones industriales como mayor flexibilidad para conectar máquinas y dispositivos, reducción en instalación y costos de mantenimiento, soporte de movilidad de dispositivos y reducción de la exposición del personal a situaciones de riesgo.

Las comunicaciones industriales han venido evolucionando de manera constante tanto de manera alámbrica como inalámbrica, sin embargo con la aparición de las redes 4G, 4.5G y 5G, las redes inalámbricas industriales han encontrado una solución de conectividad universal que les soporta un múltiple rango de aplicaciones verticales

Las principales razones para desplegar una red privada son:

- Cobertura, las organizaciones puede garantizar cobertura al interior de sus instalaciones mediante la instalación de su propia red. Esto es necesario cuando

las redes públicas no existen o no son robustas (como por ejemplo en áreas remotas como mineras y granjas agrícolas) pero también puede ser necesario al interior de edificios (campus universitarios, fábricas, almacenes, plantas de energía, etc.).

- Capacidad, las empresas pueden disponer del 100% de la capacidad de red. Se pueden configurar velocidades de subida y de descarga, se pueden configurar políticas de uso personalizadas y se puede dimensionar las necesidades del procesamiento de los datos de manera específica a la demanda que se genera.
- Control, los operadores privados pueden configurar políticas de acceso de usuarios, que recursos pueden ser utilizados y que tráfico debe ser priorizado. Si es necesario, los parámetros de radio pueden ser customizados para optimizar la confiabilidad y la latencia en ambientes físicos desafiantes. Asimismo, las compañías pueden controlar la seguridad, cuidando el acceso a la información sensible.

En general, las redes privadas industriales están diseñadas para comunicaciones entre máquinas como el servicio primario. No es en vano, que una de las fortalezas del 4G (LTE) es su capacidad multiservicio que soporta, por ejemplo, aplicaciones de baja velocidad como Internet de las Cosas (IoT), control de equipamiento crítico (maquinaria industrial) y aplicativos de smartphone para uso por humanos, en una sola infraestructura común.

Entre las ventajas de las redes LTE se pueden mencionar:

- Alta eficiencia espectral
- Buena performance de radio
- Calidad de servicio configurable
- Movilidad
- Ecosistema e interoperabilidad
- Soporte para dispositivos de diferentes capacidades
- Variedad de bandas de frecuencia de operación
- Seguridad



- Inminente actualización tecnológica a 5G

En la Figura 13 se muestran los principales requerimientos de conectividad de diferentes aplicaciones industriales.

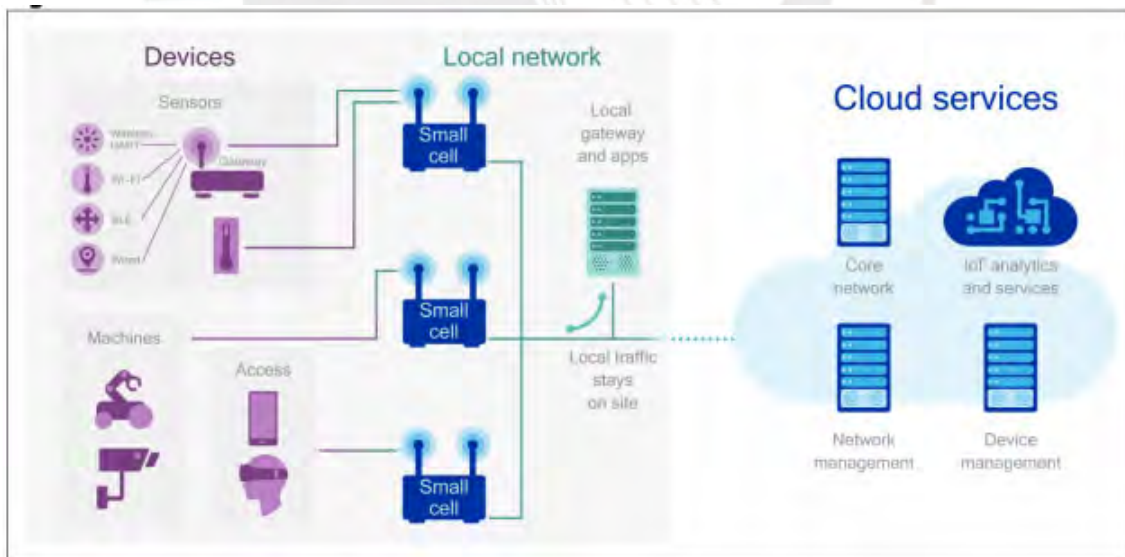
**Figura 12: Requerimientos de conectividad**

Application	Reliability	Latency / Cycle Time	Data Rate	Scalability
<b>Conventional Industrial Applications</b>				
Monitoring	≥ 99.9%	50 ms – 100 ms	0.1 Mbps – 0.5 Mbps	100 – 1000 nodes
Safety Control	≥ 99.999%	5 ms – 10 ms	0.5 Mbps – 1 Mbps	10 – 20 nodes
Closed-loop Control	≥ 99.999%	2 ms – 10 ms	1 Mbps – 5 Mbps	100 – 150 nodes
Motion Control	≥ 99.9999%	0.5 ms – 2 ms	1 Mbps – 5 Mbps	10 – 50 nodes
<b>Emerging Industrial Applications</b>				
Mobile Workforce	≥ 99.999%	5 ms – 10 ms	10 Mbps – 50 Mbps	50 – 100 nodes
Augmented Reality	≥ 99.99%	5 ms – 10 ms	500 Mbps – 1000 Mbps	10 – 20 nodes
Remote Maintenance	≥ 99.99%	20 ms – 50 ms	1 Mbps – 2 Mbps	500 – 1000 nodes
Remote Operation	≥ 99.999%	2 ms – 10 ms	100 Mbps – 200 Mbps	1 – 5 nodes

Fuente: (Aijaz, 2020)

En la Figura 14 se muestra un esquema básico de una red privada, en donde se incluyen el acceso de radio, los dispositivos y el núcleo de red.

**Figura 13: Diagrama básico de una red privada móvil**



Fuente: (Heavy Reading, 2017)

La implementación de un núcleo de red local es necesario cuando se trata de asegurar que determinada información sensible no puede salir de la red local. La importancia del núcleo de red local es para garantizar performance (mínimo retardo), privacidad / seguridad

(información sensible) y continuidad del servicio (se elimina el riesgo de que fallen las redes de transporte a la nube).

Las redes privadas pueden funcionar como redes aisladas, sin conexión alguna con las redes de servicios públicos de telecomunicaciones, o pueden estar conectadas a la red pública de telecomunicaciones bien para el envío de información hacia sistemas en la nube, o bien para mantener la conexión de sus usuarios cuando se desplazan fuera del área de cobertura de la red privada móvil.

Con la llegada del 5G, se abren muchas más posibilidades de implementación de redes privadas. En (5G Americas, 2020) , se analizan varias topologías posibles de red privada móvil combinando diferentes componentes de las tecnologías 4G y 5G. La estandarización de las tecnologías, así como las características orientadas al servicio principalmente del estándar 5G, permiten que los diseños de red privada en base a tecnología 5G puedan satisfacer cualquier requerimiento de capacidad, cobertura y latencia que sea necesario.

### **2.1.1 El estándar WIFI**

Proveniente del término en inglés Wireless Fidelity, el WiFi es una tecnología de transmisión de datos inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11. Inicialmente concebida para permitir la conexión inalámbrica entre dispositivos electrónicos computacionales como computadoras y laptops, el creciente uso del internet permitió el uso de la tecnología WiFi para otros dispositivos electrónicos como impresoras, smartphones, tablets y televisores. Al día de hoy, con el desarrollo del Internet de las Cosas (IoT) y la domótica, cada vez hay más equipos que incorporan adaptadores WiFi para efectos de adquisición de datos, control a distancia, monitoreo remoto, analítica de datos, entre otras aplicaciones.

WiFi es una marca de Wi-Fi Alliance o Alianza Wi-Fi, la organización que promueve dicha tecnología y que se encarga de certificar todos los productos que se ajustan a las normas establecidas de interoperabilidad.

El estándar WiFi ha evolucionado en el tiempo, incorporando mejoras en la búsqueda de ofrecer comunicaciones inalámbricas de mayor cobertura, de mayor velocidad de transmisión de datos y mayor inmunidad a las interferencias.

En la Tabla 7 se muestran las diferentes versiones del estándar 802.11



**Tabla 7: Versiones del estandar Wifi**

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ah	802.11ax
Denominación	-----	-----	-----	-----	Wi-Fi 4	Wi-Fi 5	-----	Wi-Fi 6
Año	1997	1999	1999	2003	2009	2014	2017	2019
Banda de frecuencias	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 y 5 GHz	5 GHz	900 MHz	2.4, 5 y 6 GHz
Máxima velocidad teórica (Mbps)	2	54	11	54	450	1730	8.67	2400

Fuente: Intel (<https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000005725/network-and-io/wireless.html>)

Estas diferentes versiones estándares, han permitido desarrollar una gran cantidad de equipos y servicios basados en los estándares para atender los diferentes requerimientos de transmisión de velocidad, cobertura, calidad de servicio, seguridad entre otros, en una variedad locales de implementación como ambientes residenciales, conectividad empresarial, redes industriales, hot spots públicos, residencias universitarias, etc.

El hecho de que el estándar WiFi trabaja sobre espectro no licenciado, permite ahorros en costos de acceso y gestión por el espectro radioeléctrico, a diferencia del espectro licenciado en donde se exigen títulos habilitantes para postular a una asignación de espectro y además se debe invertir para la asignación del espectro radioeléctrico que usualmente es asignado mediante la realización de licitaciones.

Las principales empresas de tecnología como Cisco, Huawei, Siemens, Nokia, Emerson, cuentan con productos basados en el estándar WiFi para atender redes industriales en diferentes sectores como fábricas, almacenes, centros de gestión de datos, plantas de energía, etc.

## 2.2 Experiencia Internacional

La necesidad de espectro radioeléctrico para uso de empresas privadas ha sido materia de regulación en diferentes países. A continuación, se hace un breve repaso de la experiencia internacional respecto a la identificación de espectro radioeléctrico para la asignación e implementación de redes 4G y 5G industriales.

### 2.2.1 Alemania

El regulador alemán de telecomunicaciones, Bundesnetzagentur, identificó y reservó 100 MHz de espectro en la banda de 3700 – 3800 MHz para redes locales. Desde noviembre de

2019, los interesados pueden solicitar licencias en la referida banda para su uso. Para ello el regulador alemán publicó las reglas y formularios de solicitud finales en su página web.<sup>3</sup>

Las áreas geográficas de asignación deben conformar una unidad, inclusive si las áreas en mención ocupen varias divisiones del catastro geográfico. Esto permite la asignación de espectro para diferentes coberturas como por ejemplo parques industriales, mineras, granjas, etc.

Cualquier persona que tiene derecho a usar el área puede solicitar una aplicación, en especial el propietario del terreno. En caso de múltiples propietarios se puede realizar una solicitud conjunta por toda el área de interés.

Los bloques asignados deben ser múltiples de 10 MHz de espectro 10 MHz en duplexación TDD. Los solicitantes deben demostrar la demanda suficiente, así como el modelo de negocio a desarrollar que asegurará el uso eficiente del espectro. Cabe mencionar que las solicitudes deben estar orientadas para el uso de tecnología 5G, por lo que las solicitudes deben justificar el ancho de banda utilizando esta tecnología.

Las asignaciones se realizan por un plazo de hasta 10 años acorde a la solicitud. El regulador va a imponer una política estricta de fiscalización de uso de las frecuencias asignadas, en la que en caso de no utilizarse las frecuencias acorde al uso propuesto por un plazo mayor a un año se revocan las licencias.

Las licencias tienen que respetar las condiciones técnicas de armonización establecidas para el uso de 5G en la banda 3400 – 3800 MHz. En caso de interferencias entre las asignaciones de las operadoras de servicios públicos y las asignaciones locales, tienen precedencia las señales de los operadores de servicios públicos, por lo que las asignaciones locales deben tomar todas las medidas necesarias para evitar interferencias.

Asimismo, el regulador planea también identificar espectro en la banda de 26 GHz para aplicaciones industriales por orden de llegada y como licencias locales. Las reglas planificadas para su asignación serán muy similares a las existentes para las licencias locales en la banda de 3700 a 3800 MHz.

---

<sup>3</sup> Ver:

[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html)

## 2.2.2 Francia

Francia ha reconocido el 5G como un tema estratégico para la industria francesa, de nuestra economía, la innovación y los servicios públicos renovados. Para tal finalidad, Francia ha adoptado una hoja de ruta para facilitar el desarrollo y despliegue de 5G, incluido el programa de trabajo de la Autoridad de Regulación Postal y Comunicaciones Electrónicas (ARCEP).

La hoja de ruta de 5G de Francia cumple tres objetivos principales:

- Lanzar varios proyectos piloto 5G en una variedad de territorios y albergar las primicias mundiales de aplicaciones 5G en campos industriales;
- Asignar nuevas frecuencias 5G y tener un despliegue comercial en al menos una gran ciudad para el año 2020;
- Cubrir los principales ejes de transporte en 5G para el año 2025

Asimismo, la hoja de ruta identificó como uno de los proyectos importantes en la hoja de ruta, promover el desarrollo de nuevos usos industriales usando la tecnología 5G. Para tal finalidad, en enero del 2019 la Autoridad Reguladora de Comunicaciones y Correos Electrónicos (ARCEP) y el gobierno realizaron una convocatoria pública a los interesados a fin de poner a disposición licencias de prueba en la banda de 26 GHz (26,5–27,5 GHz) para implementar plataformas de prueba abiertas en 5G.

Los operadores que construirán estas redes de prueba 5G a pequeña escala deben abrirlas estas redes a los interesados en cubrir sus necesidades así como identificar nuevas aplicaciones con el uso de estas frecuencias.

Permitiendo que empresas tecnológicas y empresas de servicios accedan a estas plataformas de pruebas en 5G, el Gobierno francés reduce significativamente dos limitantes del desarrollo tecnológico: el costo y las habilidades técnicas necesarias para instalar estas redes, especialmente en aquellas industrias no tan familiarizadas con telecomunicaciones.

A cambio del acceso a las pruebas de plataformas de prueba, las operadoras obtienen los siguientes beneficios:

- Licencias para el uso de la banda de 26 GHz por un periodo de hasta tres años;

- Un ambiente regulatorio para pruebas (sandbox), que les permitirá realizar pruebas bajo un régimen de regulación ligera.
- Exposición nacional e internacional por el Gobierno y el regulador

En octubre del 2019 el regulador anuncio que otorgó 11 licencias de prueba. Las licencias se otorgaron tanto a empresas de telecomunicaciones tradicionales como a industrias verticales en varios campos. A setiembre del año 2020, el regulador ha emitido catorce licencias de prueba para nuevos casos de uso en la banda 5G.<sup>4</sup>

### 2.2.3 Reino Unido

En julio de 2019, el regulador de telecomunicaciones OFCOM decidió implementar una política de licencias locales para respaldar el despliegue de redes locales en varios sectores, incluido el Internet de las cosas (IoT), empresa, logística, minería y agricultura, así como ayudar a mejorar la calidad de la cobertura móvil en áreas con servicios deficientes.

La política de licencias locales dispone lo siguiente:

- El rango de frecuencias 2390 – 2400 MHz se convierte en una banda de uso compartido.
- El rango de frecuencias 1781.7-1785 / 1876.7-1880 MHz se convierte en una banda de uso compartido
- El rango de frecuencias 3800 – 4200 MHz se convierte en una banda de uso compartido.

En las bandas de uso compartido se dispone la autorización de licencias locales. Los interesados pueden solicitar a OFCOM acceso al espectro compartido de manera coordinada (para evitar interferencias) y en base al esquema “primero que pide primero que obtiene”. Estas licencias tienen un costo que refleja el costo de OFCOM para administrar las licencias coordinadas.

---

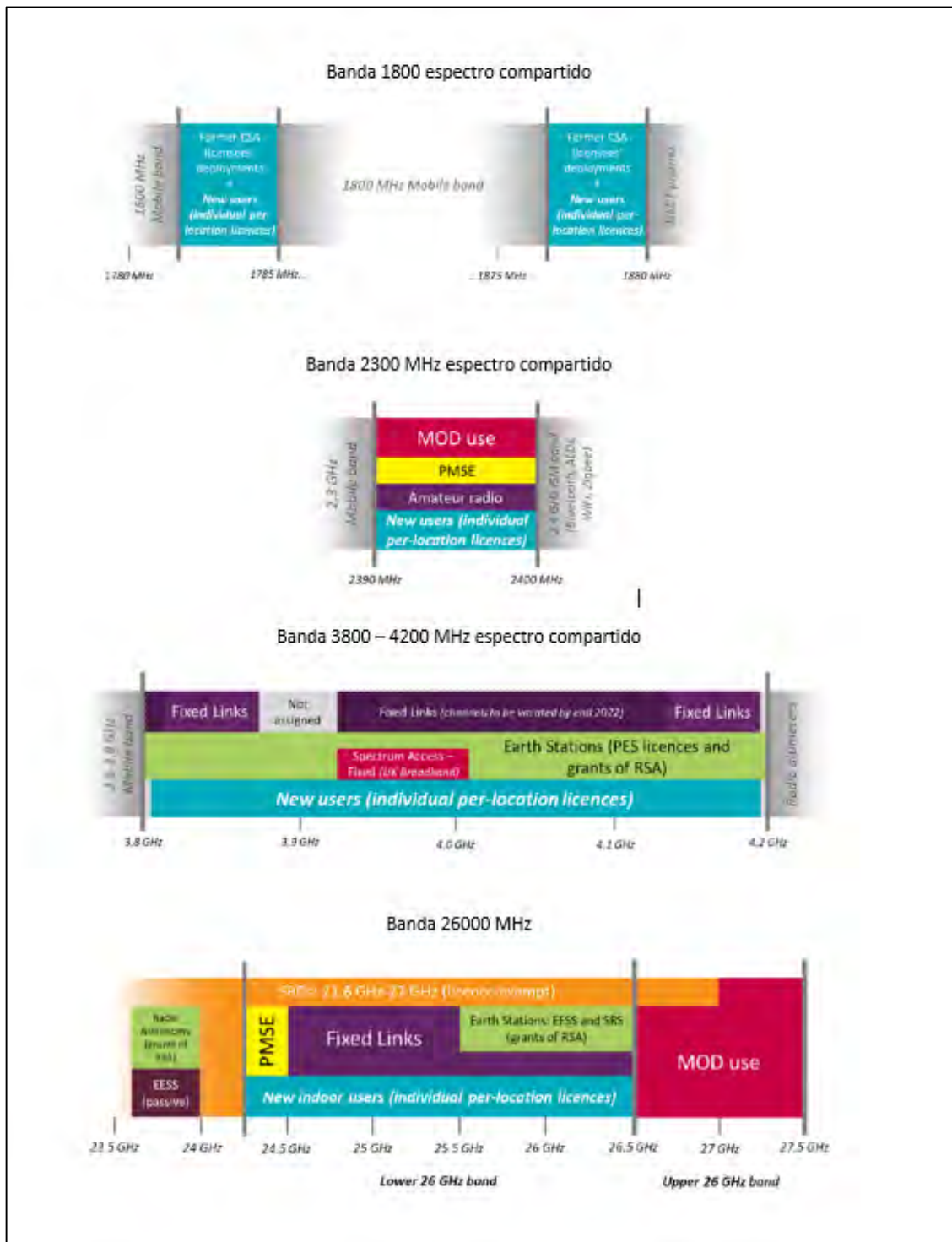
<sup>4</sup>Ver:<https://www.arcep.fr/cartes-et-donnees/nos-publications-chiffrees/experimentations-5g-en-france/tableau-de-bord-des-experimentations-5g-en-france.html#c20576>

Adicionalmente, OFCOM dispuso que el rango de frecuencias 24.25 – 26.5 también sea incluido dentro de la plataforma de espectro compartido, pero únicamente para aplicaciones indoor.

Finalmente, OFCOM dispuso el acceso al espectro radioeléctrico asignado a las operadoras de servicios móviles, pero que no está siendo usado o no está en planes de uso en una determinada área particular. En estos escenarios los interesados pueden solicitar licencias hasta por tres años de uso en las bandas de frecuencias 800 MHz, 900 MHz, 1400 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz, 2300 MHz, 2600 MHz y 3.4 GHz. De ser necesario mayor tiempo, OFCOM debe llegar a un acuerdo con las operadoras de servicios móviles antes de emitir la licencia local.



Figura 14: Espectro compartido en Reino Unido



Fuente: OFCOM



## 2.2.4 Estados Unidos

En el año 2015, la Federal Communications Commission (FCC) adoptó reglas para el uso comercial compartido de la banda de frecuencias 3550 – 3700 MHz. La FCC estableció el servicio de radio de ancho de banda para los ciudadanos (CBRS, del inglés Citizens Broadband Radio Service) y creó una estructura de tres niveles de acceso y una plataforma de autorización para compartir el uso de la banda entre usuarios federales y no federales.

Las operaciones y los accesos al espectro radioeléctrico son administrados por un coordinador automatizado de frecuencias, conocido como el Sistema de Acceso al Espectro (SAS, del inglés Spectrum Access System). Los SAS coordinan la operación entre los usuarios distribuidos en tres niveles: los incumbentes, los de acceso prioritario y los de uso general.

El nivel más alto de prioridad lo tienen los usuarios incumbentes, que incluyen los usuarios federales autorizados en la banda 3550-3700 MHz, estaciones satelitales del sistema fijo satelital en la banda 3600-3650 MHz, y algunas licencias de acceso inalámbrico de banda ancha otorgadas con anterioridad. Este nivel más alto cuenta con protección contra interferencias, por lo que los usuarios de los niveles prioritarios y de uso general deben tomar todas las medidas necesarias para no interferir a los usuarios del nivel incumbentes.

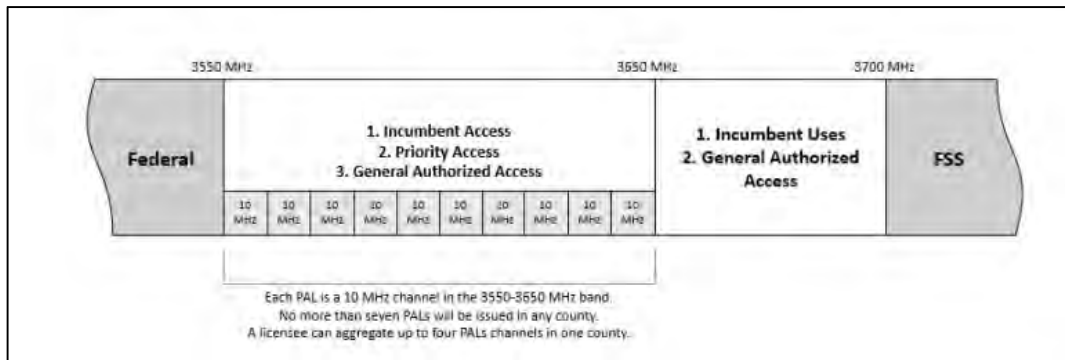
El segundo nivel de prioridad es para los usuarios de acceso prioritario (PAL, del inglés Priority Access Licenses) para los que se licenciará espectro dividido en condados en base a licitaciones. Cada licencia PAL consiste de 10 MHz por 10 años en la banda 3550-3650 MHz en un condado. Para efectos de la licencia PAL, se definieron 2017 condados en todo el territorio norteamericano.

Por cada condado se pueden otorgar hasta 7 licencias PAL, sin embargo se aplica un tope de asignación de espectro de hasta 4 licencias PAL por condado. Las PAL otorgadas deben alcanzar un requisito sustancial de performance al final del periodo de la licencia para poder optar por una renovación. Las PAL reciben protección sobre interferencias producidas por los usuarios de uso general, pero a su vez deben proteger y aceptar interferencias desde los usuarios del nivel incumbentes. Las licencias PAL pueden ser a su vez alquiladas o transferidas de manera parcial o total.

El tercer nivel está conformado por las licencias de uso general (GAA, del inglés General Authorized Access), sistema flexible de otorgamiento de licencias para permitir el acceso a la mayor cantidad de potenciales usuarios. Los usuarios GAA pueden operar en la banda 3550-

3700 MHz, deben ser capaces de tolerar las interferencias de los usuarios incumbentes y de los usuarios prioritarios, no pueden generar interferencias a los usuarios incumbentes y prioritarios, y no deben esperar protección sobre otros usuarios GAA.

**Figura 15: Banda de espectro CBRS**



Fuente: FCC

La subasta de espectro CBRS de la banda de 3550-3650 MHz se realizó en agosto del año 2020, la FCC logró recaudar cerca de 4 600 millones de dólares con 20625 licencias PAL ofertadas.

## 2.3 Banda de frecuencias para redes inalámbricas en el Perú

El marco normativo vigente de la gestión del espectro radioeléctrico considera tres tipos de banda de frecuencias para la implementación de redes móviles inalámbricas: las bandas no licenciadas, las bandas libres y las bandas licenciadas. El uso de estas bandas está sujeto a diferentes requerimientos técnicos y legales, los cuales deben ser tomados en cuenta al momento de la elección de la banda a utilizar.

### 2.3.1 Bandas no licenciadas

El artículo 28 del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones, emitido mediante Decreto Supremo N° 020-2007, determina las bandas de frecuencias que no requieren título habilitante alguno (concesión, autorización, permiso, licencia, etc.) para su uso.

*“Artículo 28.- Bandas no licenciadas*

*Están exceptuados de la clasificación de servicios de la Ley, del Reglamento y de los Reglamentos Específicos que se dicten, las telecomunicaciones instaladas dentro de un mismo inmueble que no utilizan el espectro radioeléctrico y no tienen conexión con redes exteriores.*

*También están exceptuados de contar con concesión, salvo el caso de los numerales 4 y 5, de la asignación del espectro radioeléctrico, autorización, permiso o licencia, para la prestación de servicios de telecomunicaciones, de la clasificación de servicios de la Ley, del Reglamento y de los Reglamentos Específicos que se dicten:*

...

*4. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 916 - 928 MHz, 2400 - 2483,5 MHz y 5725 - 5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cuatro vatios (4 W) o 36 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto.*

*Asimismo, aquellos servicios cuyos equipos, utilizando la banda de 915 - 928 MHz transmiten con una potencia no superior a un vatio (1 W) o 30 dBm en antena (potencia efectiva irradiada).*

*5. Aquellos servicios cuyos equipos; utilizando la banda de 5250-5350 MHz transmiten con una potencia no superior a un vatio (1 W) o 30 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto. Dichos equipos no podrán ser empleados para el establecimiento de servicios privados de telecomunicaciones.*

*En el caso de utilizar equipos bajo las condiciones señaladas en los numerales 4 y 5, para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, se debe contar previamente con la concesión respectiva. En este caso, los concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones que empleen dichos equipos no requerirán del permiso para su instalación y operación, ni de la asignación de espectro radioeléctrico para su uso.*

*En el caso de equipos y/o aparatos que utilicen las bandas 915 - 928 MHz y 916 - 928 MHz, previamente a su operación o comercialización, la persona natural y/o jurídica que realice dichas actividades, deberá presentar al Ministerio una Declaración Jurada de Cumplimiento de que éstos han sido configurados para operar solo en las bandas 915 - 928 MHz y 916 - 928 MHz, según corresponda. Sólo en caso de comercialización de dichos equipos y/o aparatos, se deberá incluir además una "Etiqueta de Cumplimiento" visible para el usuario, adherida, grabada, impresa de forma indeleble o en un rótulo fijo adherido permanentemente.*

*Sin perjuicio de lo dispuesto en el presente artículo, aquellos que hagan uso de las frecuencias antes indicadas deberán respetar las normas técnicas emitidas o que emita el Ministerio."*

El uso del rango de frecuencias 2400 – 2483.5 MHz (conocido como 2.4 GHz) y el rango de frecuencias 5750 – 5850 MHz (conocido como 5.8 GHz) están autorizados para cualquier sistema de telecomunicaciones, en concordancia con la medida adoptada internacionalmente.

El tercer rango de frecuencias 900 – 928 MHz utilizado en varios países (conocido como banda 900 MHz), ha sido modificado en el Perú debido a la asignación de la operadora de origen vietnamita Viettel, cuya marca comercial es Bitel. Es así que a partir del año 2013, la banda no licenciada fue modificada al rango 915 – 928 MHz.

Las condiciones técnicas de uso de las bandas no licenciadas en el Perú fueron establecidas mediante la Resolución Ministerial N° 777-2005-MTC, posteriormente modificado por la Resolución Ministerial N° 199-2013-MTC.

La adopción del estándar internacional de bandas no licenciadas permite disponer del gran ecosistema de equipos y soluciones diseñados para las bandas 2.4 G y 5.8 G. Tecnologías como Wi-Fi, LTE-U, Multefire, entre otras utilizan este espectro sin licencias para el despliegue de todo tipo de soluciones incluyendo a las redes privadas.

A pesar de las altas capacidades de transmisión de datos, la gran cantidad de equipos disponibles y la facilidad para el uso de estas bandas de frecuencia; el gran problema de estas bandas es que nadie tiene protección para su uso, por lo que el uso de las bandas no licenciadas se convierte en tierra de nadie en donde se superponen múltiples señales y sistemas lo que ocasiona altas latencias así como riesgos de seguridad y vulnerabilidad.

Finalmente, mediante Resolución Ministerial n° 373-2021-MTC/01 del 30 de abril de 2021, el MTC ha establecido las condiciones técnicas para el uso del rango de frecuencias 5925 – 7125 MHz como banda no licenciada únicamente en interiores. Asimismo, mediante Resolución Ministerial n° 488-2021-MTC/01 del 27 de mayo de 2021, se ha publicado el proyecto de Decreto Supremo que modifica el artículo 28 del TUO del Reglamento de la ley de telecomunicaciones, que incluye al rango de frecuencias 5925 – 7125 como banda no licenciada, únicamente para aquellos servicios cuyos equipos transmiten con un potencia isotrópica radiante equivalente (PIRE) no superior a un vatio (1W) o 30 dBm y no sean empleados para efectuar comunicaciones en espacios abiertos.

## 2.3.2 Bandas libres

Mediante el Decreto Supremo N° 024-2008-MTC, modificado mediante el Decreto Supremo N° 006-2013-MTC, mediante el cual se Aprueban “Marco Normativo General para la promoción del desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones de áreas rurales y lugares de preferente interés social”, se define el concepto de banda libre.

*“Artículo 22.-Identificación de bandas libres:*

*22.1 Para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones en áreas rurales y/o lugares de preferente interés social, no se requerirá contar con asignación de espectro, permiso de instalación ni licencia de operación, en las siguientes bandas de frecuencias:*

- i) 915 - 928 MHz cuya PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 30 dBm (1W).*
- ii) 916-928 MHz, 2 400-2 483,5 MHz y 5 725-5 850 MHz, siempre y cuando la potencia máxima de salida de un transmisor no exceda de 30 dBm.*
- iii) 5 250-5 350 MHz y 5 470-5 725 MHz, siempre y cuando la potencia máxima de salida de un transmisor no exceda de 24 dBm.*

*22.2 Asimismo, no se aplicarán restricciones respecto a la ganancia de las antenas, a excepción de la banda 916 – 928 MHz en la que se deberá cumplir con las condiciones de operación aprobadas por Resolución Ministerial N° 777-2005-MTC/03 y sus modificaciones. Sin perjuicio de ello, los equipos a utilizarse deberán contar con el respectivo certificado de homologación.”*

Como se puede observar, el concepto de banda libre es una facilidad establecida por la autoridad para el desarrollo de sistemas de telecomunicaciones en zonas rurales y de preferente interés social. El uso de esta banda libre es únicamente para la prestación de servicios públicos, por lo que para uso se debe gestionar la concesión para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones.

Asimismo, el uso de la banda libre es únicamente para zonas rurales y de preferente interés social. El mismo Decreto Supremo N° 024-2008-MTC establece el concepto de área rural:

*Artículo 8°.- Área Rural*

*8.1. Se considera área rural a los centros poblados que cumplan con las tres (3) siguientes condiciones:*

- a) Que no formen parte de las áreas urbanas según el INEI.*
- b) Que cuenten con una población de menos de 3000 habitantes, según el último censo poblacional del INEI o su proyección oficial, de ser ésta más reciente; y,*



*c) Que tengan escasez de servicios básicos.*

*8.2. Por otro lado, también se considera área rural a aquellos centros poblados con una teledensidad de menos de dos líneas fijas por cada 100 habitantes, los cuales no requieren cumplir con las condiciones del numeral 8.1 del presente artículo.*

*8.3 FITEC publicará anualmente en su página web la relación de centros poblados que se encuentran en áreas rurales, basada en los datos remitidos al Ministerio por las empresas concesionarias de servicios públicos de telecomunicaciones.*

El área rural al que se refiere la norma está compuesta por los centros poblados que cumplen con los criterios establecidos. Cabe añadir que no se consideran como área rural ni las vías de acceso ni las áreas de producción contiguas a los centros poblados.

Considerando que las necesidades de redes locales industriales se presentan en locales de producción y no en centros poblados, se descarta el uso de la banda libre para el desarrollo de redes industriales.

### **2.3.3 Bandas licenciadas**

Las bandas licenciadas son todas aquellas bandas de frecuencias que la autoridad identifica y habilita para su uso y explotación a través de licencias o autorizaciones. La licencia que otorga la autoridad garantiza su uso exclusivo en las áreas geográficas de la asignación y durante el tiempo de vigencia de la asignación.

La autoridad establece los procedimientos administrativos requeridos para la asignación de porciones de espectro en bandas licenciadas. En los casos de porciones de espectro de alta demanda y que no existe disponibilidad para asignar a todos los solicitantes, la autoridad podrá establecer mecanismos de asignación bajo esquemas de subastas o concursos públicos.

El uso de las bandas licenciadas acarrea obligaciones económicas como consecuencia de su asignación (canon por la asignación del espectro radioeléctrico). Asimismo, la asignación de espectro en bandas licenciadas suele exigir un compromiso de uso eficiente del recurso escaso por parte de la operadora asignada.

En el caso peruano, el Plan Nacional de Frecuencia (PNAF) establece cuales son las bandas licenciadas y cuál es el mecanismo a seguir para su asignación (mediante concurso público o a través de una solicitud al MTC).

En (More & Argandoña, 2019) se analiza el estado actual de las bandas de frecuencias licenciadas utilizadas para servicios públicos de telecomunicaciones, en donde se observa que



los principales operadores de servicios móviles cuentan con espectro asignado de manera exclusiva tanto en frecuencias bajas (menor a 1 GHz) como en frecuencias medias (mayor a 1 GHz y menor a 6 GHz). Las frecuencias bajas permiten llevar cobertura a extensas áreas con un reducido número de estaciones, mientras que las frecuencias medias atienden la demanda de capacidad de alta transmisión de datos.

En el documento de trabajo “Propuesta de asignación de bandas de frecuencia 3.5 GHz, y 26 GHz e Identificación de la banda de frecuencia de 6 GHz para el desarrollo de servicios y tecnologías digitales 5G y más allá” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020) , el MTC propone la identificación del rango de frecuencias 24 250 – 27 500 MHz como banda licenciada para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones bajos los estándares desarrollados para las telecomunicaciones móviles internacionales – IMT (del inglés International Mobile Telecommunications). Dicho documento de trabajo fue publicado tanto en idioma español como en idioma inglés para recibir los comentarios del sector tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Se espera que el MTC publique la propuesta final para la identificación de la banda 26 GHz, insumo fundamental para el despliegue de los servicios basados en tecnología 5G.

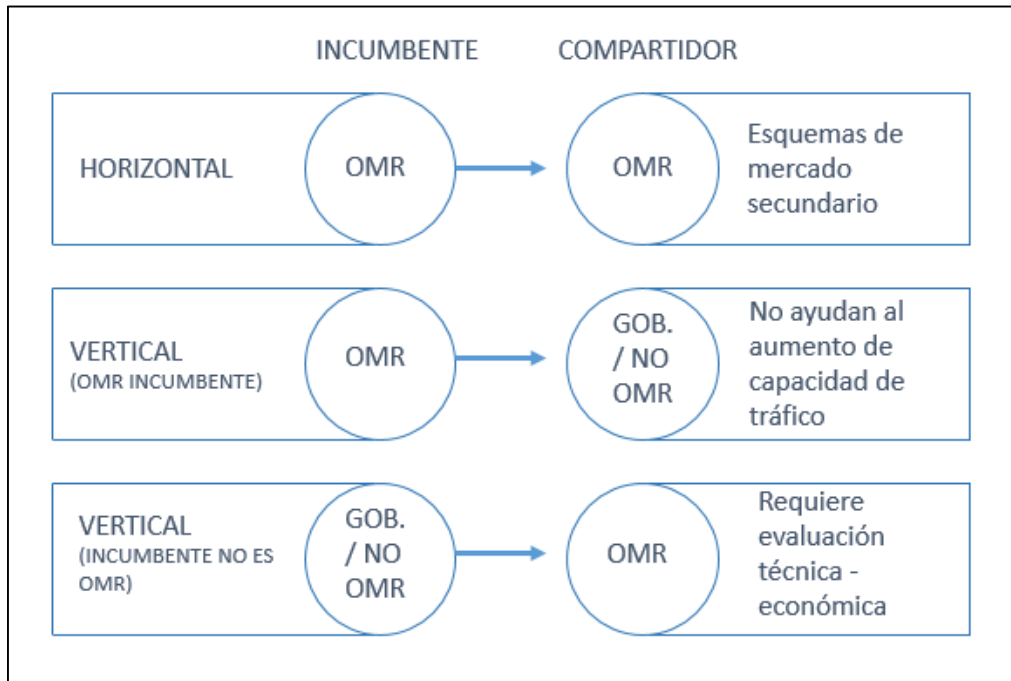
#### **2.3.4 Compartición de Bandas de espectro**

El continuo crecimiento del tráfico de datos móviles representa una constante preocupación para el desarrollo de las redes inalámbricas. Esta demanda de mayor capacidad de tráfico es originada por el aumento del uso de dispositivos móviles, la existencia de aplicaciones de mayor consumo de tráfico de datos, así como el desarrollo de nuevos servicios orientados a las comunicaciones máquina a máquina.

Dado que la identificación, armonización y reordenamiento de bandas de frecuencias apropiadas para la provisión de servicios móviles pueden ser procesos de largo plazo y de resultados no siempre predecibles; se ha investigado y desarrollado opciones para que los operadores de servicios móviles puedan acceder a bandas de espectro asignadas de manera previa a un operador de servicios públicos, privados y/o gubernamentales.

La compartición de bandas de espectro trae beneficios tanto para el operador anfitrión (incumbente), titular de la asignación, por cuanto obtiene beneficios económicos por permitir el acceso a sus frecuencias asignadas, así como mejora sus indicadores de uso eficiente de espectro; mientras que el operador huésped (compartidor) consigue acceder a espectro propicio para aumentar su capacidad de tráfico de datos móviles.

Figura 16: Esquemas de compartición de bandas



Fuente: Adaptación de (Real Wireless, Deloitte, & GSMA, 2014)

En (Real Wireless, Deloitte, & GSMA, 2014) se analiza, desde el punto de vista las operadoras móviles, las ventajas y desventajas de los diferentes esquemas de compartición de bandas que pueden considerar a los operadores móviles con red (OMR). Mientras que en el esquema horizontal existen esquemas de acuerdo entre OMRs para el uso parcial del espectro asignado al OMR incumbente, en el caso del esquema vertical la conveniencia por parte del OMR de apostar por un esquema de compartición de bandas con un incumbente no OMR dependerá de factores como:

- Restricciones geográficas para el uso compartido
- Restricciones de horario para el uso compartido
- Dinamismo de la asignación, es decir si las restricciones geográficas y/o de horario son constantes o varían en el tiempo.
- Ancho de banda a compartir
- Duración del acuerdo o licencia de uso compartido
- Obligaciones económicas por uso del espectro compartido

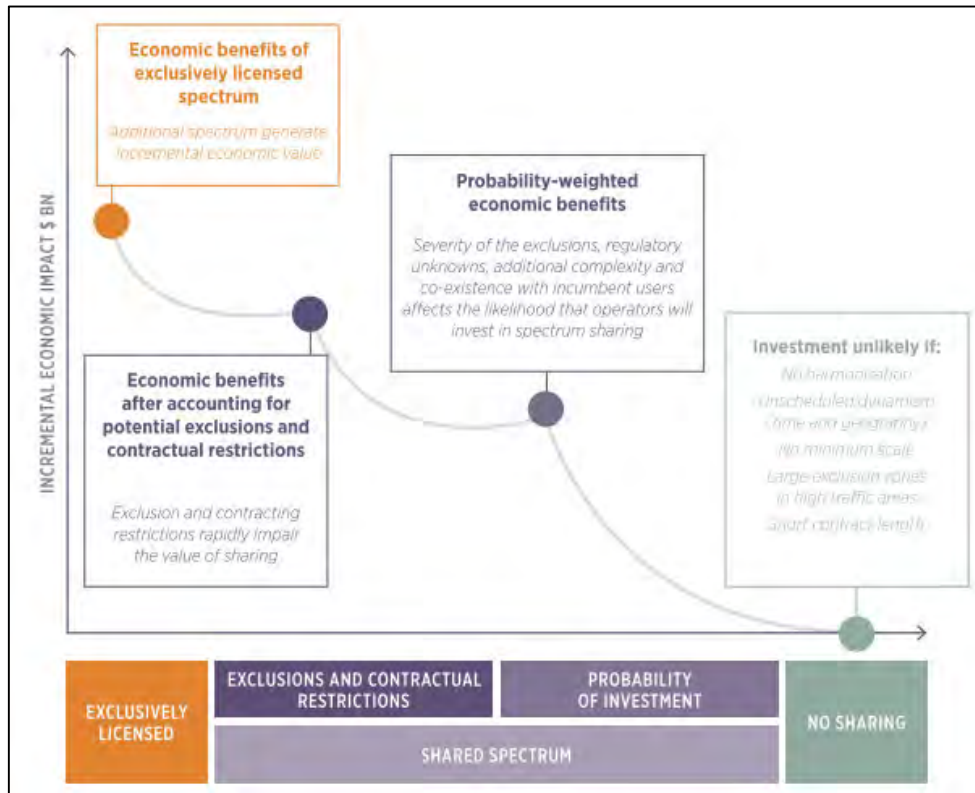
- Costos de los mecanismos de monitoreo y control del acceso compartido
- Vigencia de la asignación del incumbente y su panorama de renovación
- Otras obligaciones regulatorias por uso del acceso compartido

En el mismo reporte, se presenta una metodología para la toma de decisión por parte del OMR respecto al beneficio económico de utilizar espectro adicional de una banda compartida con un incumbente no OMR. En esta metodología se parte desde el escenario en donde el OMR tiene una licencia de uso exclusivo de la banda y se calculan los beneficios económicos de esta asignación exclusiva. De manera progresiva se van añadiendo las potenciales exclusiones y las restricciones contractuales para determinar la disminución de los beneficios económicos por el uso de la banda compartida.

Posterior a esta etapa, se procede a evaluar las incertezas del uso compartido, como resultado de las restricciones y las exclusiones, así como las incertezas regulatorias y posibles incertezas en la relación con el incumbente. Finalmente, después de esta evaluación, el OMR puede determinar el beneficio económico del uso adicional de espectro a través de una banda compartida.

El concepto de bandas compartidas es mucho más amplio que los esquemas horizontales y verticales que involucran un solo OMR interesado en obtener mayor capacidad para su red y un solo incumbente con uso exclusivo de la banda interesado en compartir.

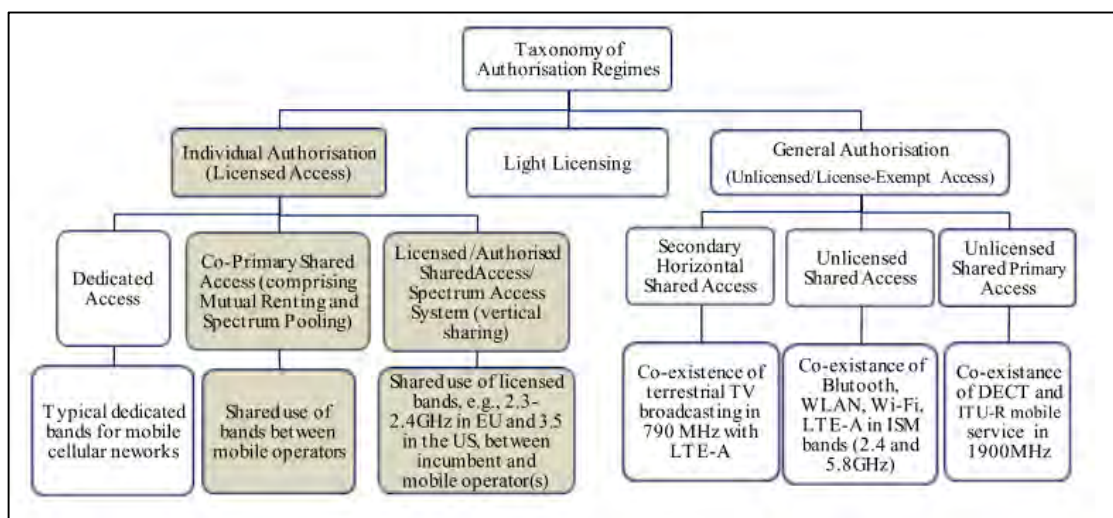
Figura 17: Metodología de decisión de uso de bandas compartidas



Fuente: (Real Wireless, Deloitte, & GSMA, 2014)

En (Tehrani, Vahid, Triantafyllopoulou, Lee, & Moessner, 2016), se presenta una taxonomía de todos los regímenes y esquemas de compartición que puede definir la autoridad que administra el espectro radioeléctrico al momento de identificar y planificar el uso de una banda. Dependiendo del esquema de compartición, de la cantidad de operadores que compartirán, de las prioridades y predominancias que se establezcan; la compartición de una banda de espectro puede requerir el establecimiento de condiciones técnicas de fiel cumplimiento por parte de todos los actores involucrados hasta el estudio y desarrollo de un estándar específico que permita la múltiple compartición.

Figura 18: Taxonomía de bandas compartidas



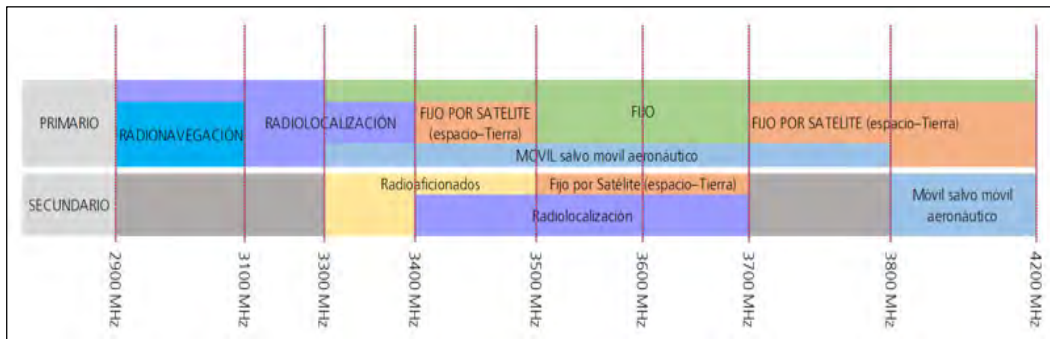
Fuente: (Tehrani, Vahid, Triantafyllopoulou, Lee, & Moessner, 2016)

En (Tafur Panduro, 2017) se analiza desde el punto de vista tecnológico diferentes opciones que utilicen el uso compartido del espectro. En algunos casos, las asignaciones son estáticas por lo que la coordinación para evitar interferencias es mínima (típicamente establecer bandas de guarda y/o sincronizar portadoras). En otros casos, la compartición de espectro puede requerir el uso de técnicas de compartición dinámica de espectro, debido al dinamismo en área, tiempo y ancho de banda de todos los operadores que comparten el espectro. Todas estas opciones requieren como primer paso que la autoridad identifique y planifique el uso compartido de una banda de espectro para poder determinar las mejores opciones tecnológicas aplicables.

La normativa peruana no contempla ningún esquema de espectro compartido para las bandas identificadas como IMT. No obstante, la identificación del rango de frecuencias 3300 – 3800 MHz para redes y servicios 5G trae el reto de definir el Plan de Migración que se debe realizar para migrar a los operadores y usuarios existentes en este rango de frecuencias, de manera especial en el rango de frecuencias 3700 – 3800 MHz, rango de frecuencias utilizado para la provisión de servicios satelitales fijos y de servicios satelitales de transmisión de señales de televisión “free-to-air”. Al no contar con una base de datos de usuarios de los servicios fijos satelitales ni de los usuarios de las señales “free-to-air” no es posible dimensionar ni el esfuerzo económico ni el tiempo requerido para limpiar esta banda de frecuencias y ponerla a disposición para una subasta a nivel nacional.



**Figura 19: Atribución de la banda de frecuencias 3300 – 3800 MHz**



Fuente: MTC

Siendo este el escenario, la administración podría optar por implementar un esquema de espectro compartido en el rango de frecuencias 3 700-3 800 MHz, que permita y garantice la coexistencia de operadores incumbentes, operadores regionales y operadores de redes locales. Este esquema requerirá de un sistema de gestión, coordinación, supervisión y fiscalización del espectro, por lo que la administración deberá contemplar los costos de administración a incurrir para la implementación del esquema de espectro compartido.

Un primer escenario de banda compartida lo está implementado el MTC mediante el uso de los espacios en blanco de la televisión (TVWS, del inglés TV white spaces). En esta banda compartida los operadores de servicios de radiodifusión por televisión deberán compartir el rango de frecuencias 470 – 698 MHz con los operadores de servicios públicos. Mediante la Resolución Ministerial n° 488-2021-MTC/01 el MTC ha publicado para comentarios el proyecto de norma que regula el uso compartido de la banda de frecuencias 470 – 698 MHz. Se espera que mediante el uso compartido de esta banda de frecuencias se pueda llevar el servicio de acceso a internet en zonas rurales, aprovechando las bondades de la propagación de señales de radiofrecuencia en el rango UHF.

## 2.4 Casos de implementación de redes privadas industriales en el Perú

Los operadores de servicios públicos tienen las herramientas y los recursos para atender una gran variedad de necesidades de los sectores verticales. Los operadores móviles tienen la experiencia y además cuentan con las tecnologías y bandas de frecuencias licenciadas necesarias para atender el crecimiento de las industrias verticales. (GSMA, 2020)

Los operadores cuentan con espectro en diferentes bandas de frecuencias, así como infraestructura de red, lo que les permite atender necesidades de alta capacidad de transmisión de datos así como extensas áreas de cobertura. Mediante el uso de small cells y



de sistemas de antenas distribuidas se planifican redes orientadas a objetivos distribuidos geográficamente, tanto para redes privadas indoor como para redes privadas outdoor.

En la práctica, cada industria tiene diferentes múltiples requerimientos como por ejemplo baja latencia, alta capacidad de transmisión, larga duración de baterías, cobertura focalizada, cobertura extensa, etc. Estos diferentes requerimientos demandan diferentes frecuencias y diferentes elementos de red. Los operadores de servicios públicos cuentan con los equipos, la tecnología y los sistemas de acceso, transporte, conmutación y procesamiento necesarios para atender estas diferentes necesidades.

A continuación, un repaso de cuatro iniciativas de implementación de redes privadas para el sector minero utilizando las redes de los operadores de servicios públicos en bandas licenciadas

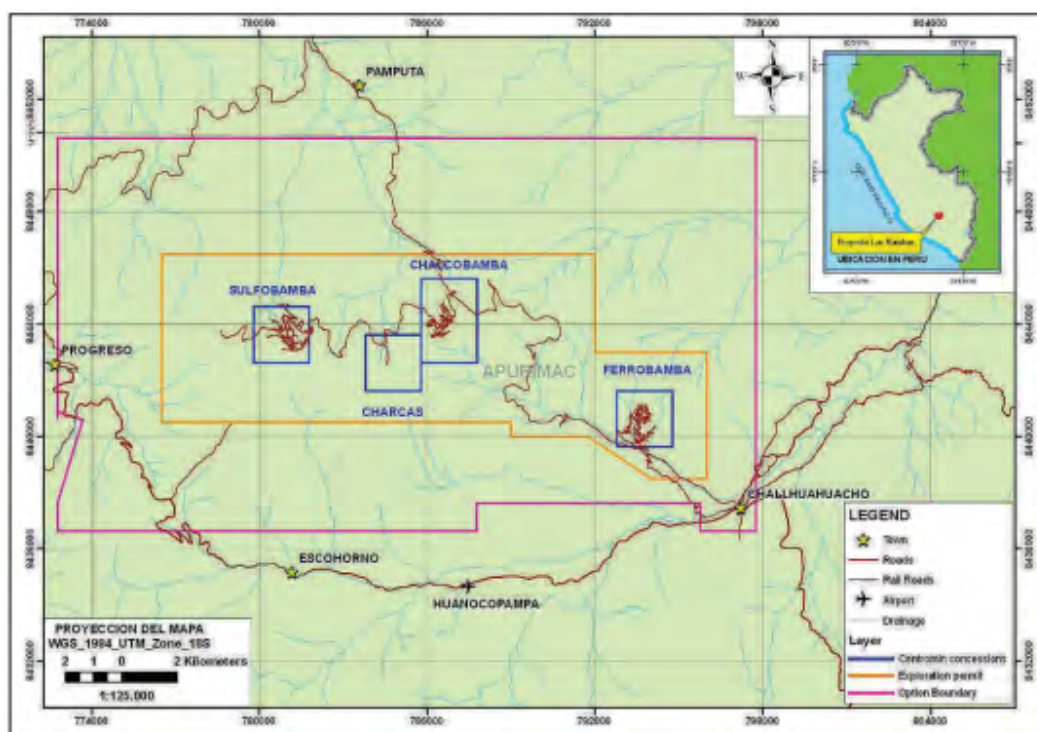
### **Minera Las Bambas**

En setiembre 2019, las empresas Nokia y Telefónica del Perú han firmado un contrato con Minera las Bambas para desarrollar proyectos de digitalización y automatización en su mina de cobre ubicada en el departamento de Apurímac<sup>5</sup>. Este contrato tiene por objeto el desarrollo e implementación de una red privada LTE a 4600 msnm. Uno de los primeros objetivos es implementar medidas de seguridad adicionales y reducir los costos operativos de su sistema de comunicación basado en el sistema Tetra, para posteriormente añadir nuevas capacidades como servicios push-to-talk y push-to-video.

---

<sup>5</sup> Véase <https://gestion.pe/economia/empresas/mineria-nokia-y-telefonica-del-peru-habilitaran-mineria-digital-automatizada-para-las-bambas-noticia/?ref=gesr>

Figura 20: Ubicación Minera Las Bambas



Fuente: Ingemmet

Según información proporcionada por la empresa minera<sup>6</sup>, esta red LTE privada no tiene conexión con la red LTE pública, por lo que la información se mantendrá siempre de los sistemas de Las Bambas, garantizando su seguridad. Asimismo, dadas las bondades de la tecnología LTE la empresa minera viene trabajando en conectar su flota pesada a la red LTE a través de un trabajo conjunto de las áreas de Tecnología, Mantenimiento Eléctrico y varios contratistas con alto nivel de especialización.

### Minera Hudbay

En noviembre 2019, la minera Hudbay y la empresa Huawei iniciaron un proyecto de implementación de una red privada LTE para la Unidad Minera Constancia (UMC), mina de cobre ubicada en la provincia de Chumbivilcas, región Cusco<sup>7</sup>.

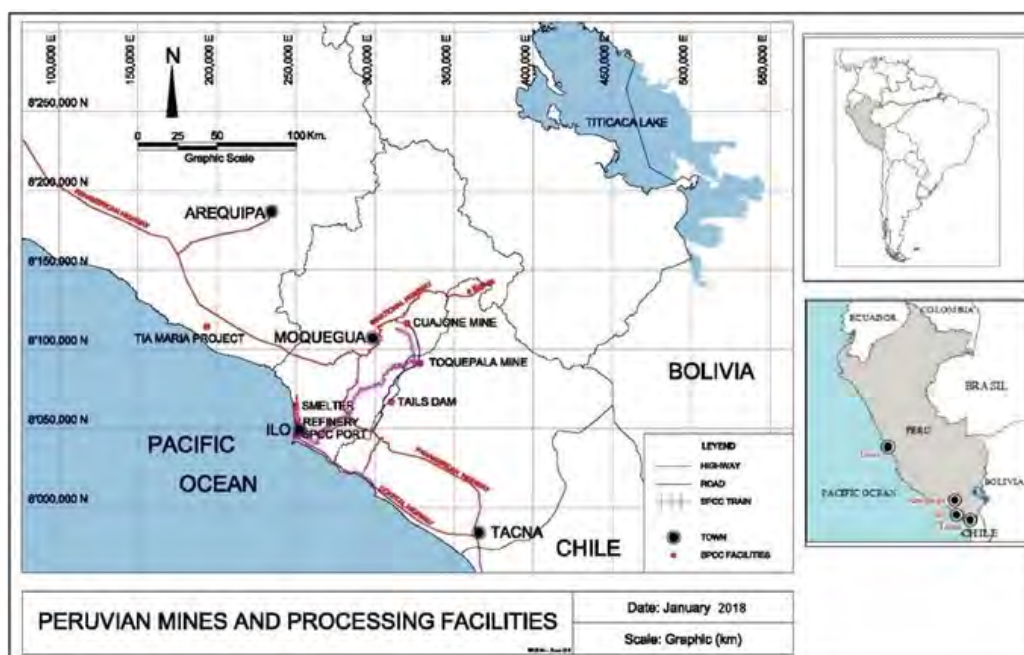
<sup>6</sup> Véase <http://wemineforprogress.com/es/2020/07/21/las-bambas-commissions-private-lte-network-provide-95-coverage-operation/>

<sup>7</sup> Véase <https://camiper.com/tiempominero/minera-hudbay-implementa-su-red-privada-lte/>





Figura 22: Ubicación Minera Southern



Fuente: <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1001838/000104746918001211/a2234122z10-k.htm>

Para el diseño de la red, se han considerado los cambios geográficos en la unidad minera en los próximos años, de modo que se pueda garantizar la conectividad de la flota pesada en sus operaciones. De esta manera, esta solución permitirá habilitar comunicaciones seguras y confiables para los procesos de misión crítica, con integración directa en los procesos mineros.

### Minera Chinalco

Como parte de la evolución de sus sistemas de comunicaciones basados en TETRA, la compañía Chinalco ha firmado un acuerdo con la empresa operadora Dolphin Telecom para que sus redes y equipos TETRA puedan utilizar espectro radioeléctrico en banda licenciada, con la finalidad de integrar funcionalidades de datos en la red de comunicación actualmente en operación.

El uso de redes LTE para el servicio de datos, permitirá la integración de aplicaciones de banda ancha en los terminales TETRA así como la incorporación de aplicaciones de video en las comunicaciones de la empresa minera.

Figura 23: Ubicación Mina Chinalco



Fuente: <https://dialogochino.net/es/actividades-extractivas-es/15576-el-gigante-minero-chino-y-el-pueblo-fantasma/>

## 2.5 Revisión del capítulo

A nivel internacional, existen diferentes iniciativas por parte de las entidades que administran el espectro radioeléctrico para permitir el uso de bandas de frecuencias identificadas para redes IMT para el despliegue e implementación de redes privadas.

Todas estas iniciativas reconocen el potencial de la tecnología 5G para el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios que sirvan para modernizar y optimizar la industria y así impulsar la economía y la innovación tecnológica.

Se observa que, en todas iniciativas, el regulador no identifica y reserva una banda de frecuencias para uso exclusivo de redes locales, sino que se habilita un esquema de licencias para redes locales en aquellas porciones de espectro en donde la presencia de múltiples operadores incumbentes no permite una asignación a nivel nacional para la prestación de servicios públicos. Estas bandas de frecuencia se declaran como bandas de espectro compartido. Esto está acorde con la posición de la GSMA, quienes afirman que reservar espectro para sectores verticales en bandas 5G prioritarias (es decir, de 3.5/26/28 GHz) podría poner en peligro el éxito de los servicios 5G públicos y malgastar espectro. Los

enfoques de compartición, como el arrendamiento, son mejores opciones para los sectores verticales que requieren acceso a espectro radioeléctrico. (GSMA, 2019)

En todos los casos revisados, las redes locales deben soportar la interferencia de las redes de mayor jerarquía (incumbentes o comerciales) y deben cumplir las especificaciones técnicas establecidas para no interferir a las redes existentes. Esto último puede requerir la adopción obligatoria de ciertas tecnologías y determinados requisitos de operación y funcionamiento de las redes locales privadas.

El otorgamiento de licencias locales requiere de una plataforma que gestione y administre las solicitudes y el espectro compartido. El pago por las licencias está orientado a los costos de implementación, operación y supervisión de la infraestructura del espectro compartido.

Las licencias para las redes locales son por períodos entre 3 a 10 años, renovables si se demuestra un uso eficiente y productivo de las frecuencias asignadas. En caso de no uso de las licencias, estas pueden ser revocadas por el organismo regulador.

La necesidad de acceso a espectro radioeléctrico para el desarrollo de una red local privada puede ser atendida mediante un esquema de arrendamiento de espectro, acuerdo privado entre un operador con espectro asignado y un interesado en espectro para el despliegue de una red local. En la normativa peruana el arrendamiento de espectro solo se permite entre concesionarios de servicios públicos, por lo que no está permitido la cesión parcial y/o total del derecho de uso del espectro para el despliegue de una red privada.

Asimismo, cabe mencionar que la necesidad de acceso a espectro radioeléctrico para el desarrollo de una red local privada puede ser atendida por los operadores de servicios públicos de telecomunicaciones a través de la misma infraestructura utilizada para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones o a través del despliegue de una infraestructura dedicada para satisfacer los requerimientos de la red local.

Finalmente, siempre está la opción de desarrollar redes de área local utilizando bandas no licenciadas. Existe gran ecosistema de dispositivos y soluciones industriales para el uso de las bandas no licenciadas tanto para la banda 2.4 GHz como para la banda 5.8 GHz. La gran desventaja de las bandas no licenciadas es que no gozan de ninguna protección ante interferencias por lo que siempre serán vulnerables a la interferencia causada por otros equipos que operen también en la banda no licenciada. Esta vulnerabilidad ocasiona que las



redes industriales de alta performance y alta criticidad no se fíen en las capacidades y bondades de las bandas no licenciadas para la implementación de redes industriales.



## Capítulo 3 Caso de estudio

En este capítulo se presentan un caso de estudio, un caso de inversión minera, en la que como motivo de la inversión se han realizado los correspondientes estudios de impacto ambiental como requisito para la aprobación del proyecto.

El estudio de impacto ambiental determina las siguientes áreas de influencia:

- Área de influencia directa, definida como el espacio físico que será ocupado, en forma permanente o temporal, por los componentes del proyecto durante todas sus etapas de desarrollo. También se incluyen los espacios colindantes donde algún componente ambiental pueda ser afectado por las actividades de construcción y operación
- Área de influencia indirecta, consiste en aquel espacio físico donde los efectos directos del proyecto sobre un determinado componente ambiental influyen, a su vez, en otro u otros componentes ambientales, aunque con menor intensidad. Es importante mencionar que esa influencia puede ser de carácter positivo o negativo. Se considera como AII aquellas zonas alrededor del área de influencia directa en donde se podrían evidenciar impactos de tipo indirecto por las actividades del proyecto. Estas zonas pueden definirse como zonas de amortiguamiento con un radio de acción determinado, y su tamaño puede depender de la magnitud del impacto y el componente afectado. En este sentido, la determinación del área de influencia indirecta es variable, según se considere el componente físico, biótico o socioeconómico y cultural; e incluso dentro de cada uno de estos componentes el área de influencia indirecta puede variar según el elemento ambiental analizado.

Para este caso de estudio se realiza el análisis de cobertura de las localidades ubicadas dentro del área de influencia directa. Asimismo, se determina la cantidad de población que no cuenta con acceso al servicio de internet móvil (3G o 4G) y se determina el costo económico y la población beneficiaria para diferentes propuestas de conectividad.

### 3.1 Caso de estudio: Minera Las Bambas

La Minera Las Bambas, está ubicada entre los distritos de Challhuahuacho, Tambobamba y Coyllurquí, provincia de Cotabambas, y el distrito de Progreso, provincia de Grau, en la Región Apurímac, a una altitud que varía entre los 3 800 y 4 600 m.s.n.m.

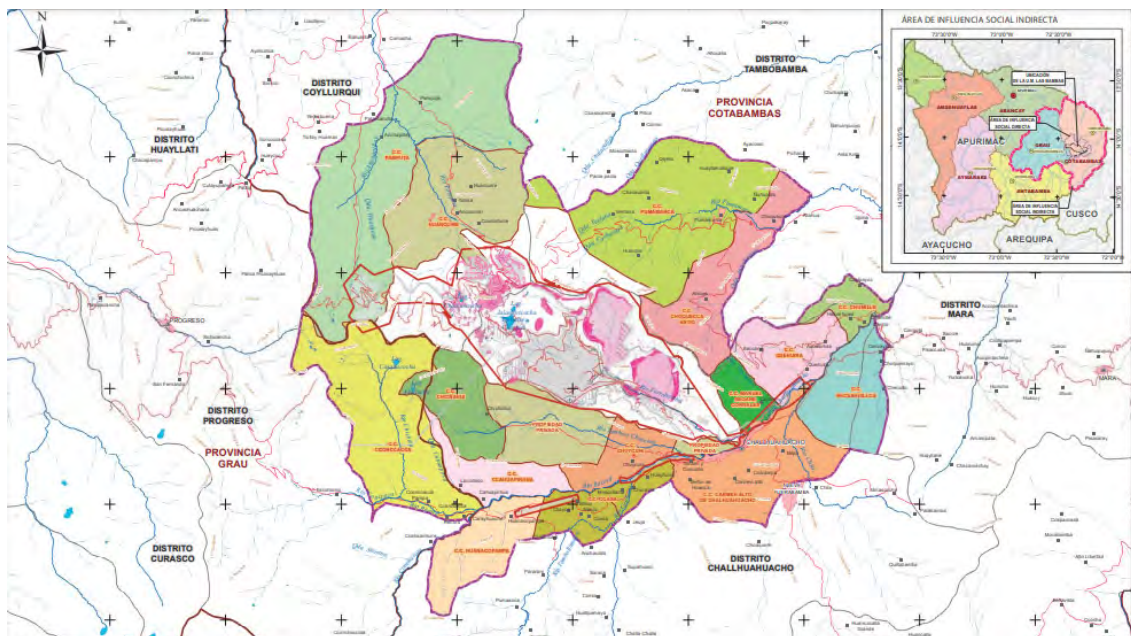
El estudio de impacto ambiental de la unidad minera Las Bambas (Golder Associates, 2010) determinó que el área de influencia social directa comprenden las siguientes 19 comunidades campesinas:

- Arcospampa Congota
- Carmen Alto de Challhuahuacho
- Ccahuapirhua
- Ccasa
- Cconccacca
- Chicñahui
- Chuicuni
- Choquecca Antio
- Chumille
- Fuerabamba reubicada
- Huayulloc Upina
- Huanacopampa
- Huancuire
- Manuel Seoane Corrales
- Pamputa
- Pumamarca
- Quehuira
- Sacsahuilca

En la Figura 25, se puede ver el área de influencia social indicada en el estudio de impacto ambiental. No se considera en esta evaluación el área social directa del Mineroducto entre la Minera Las Bambas y la Minera Tintaya debido a que su ejecución aún se encuentra postergada.

De acuerdo al estudio de impacto ambiental realizado, la población de estas 18 comunidades se estima en 7 500 personas. Cruzando esta información con el Directorio Nacional de Centros Poblados (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), s.f.) se obtiene que en estas 18

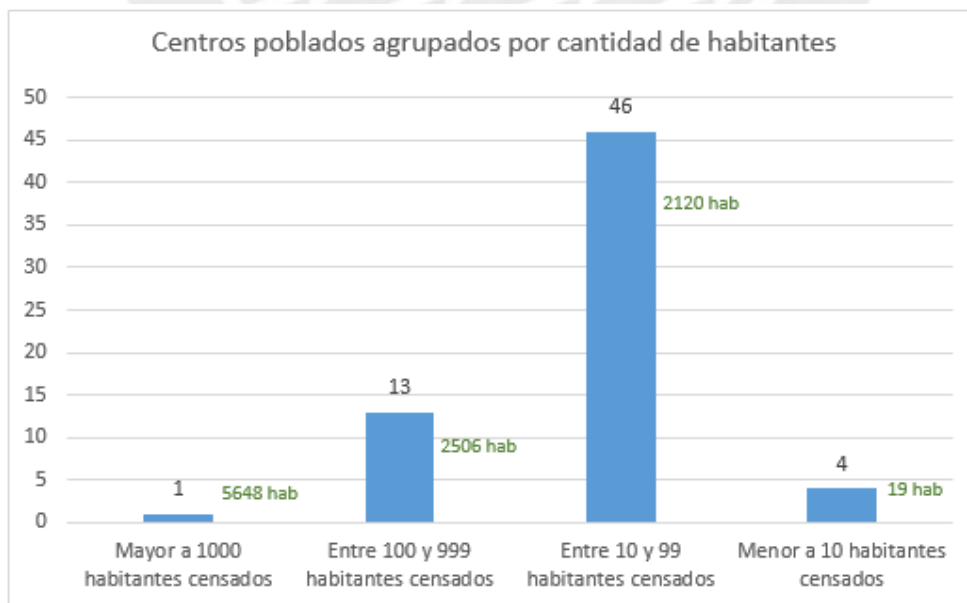
**Figura 24: Área de influencia social del proyecto Minero Las Bambas**



Fuente: SENACE

comunidades campesinas existen un total de 64 centros poblados que forman parte de la zona de influencia local, con un total de 12 239 personas censadas. En el Anexo 1 se detalla la lista de los 64 centros poblados registrados en el censo del INEI. En la Figura 26 se muestra la distribución demográfica de estos 64 centros poblados.

**Figura 25: Distribución del área de influencia local**

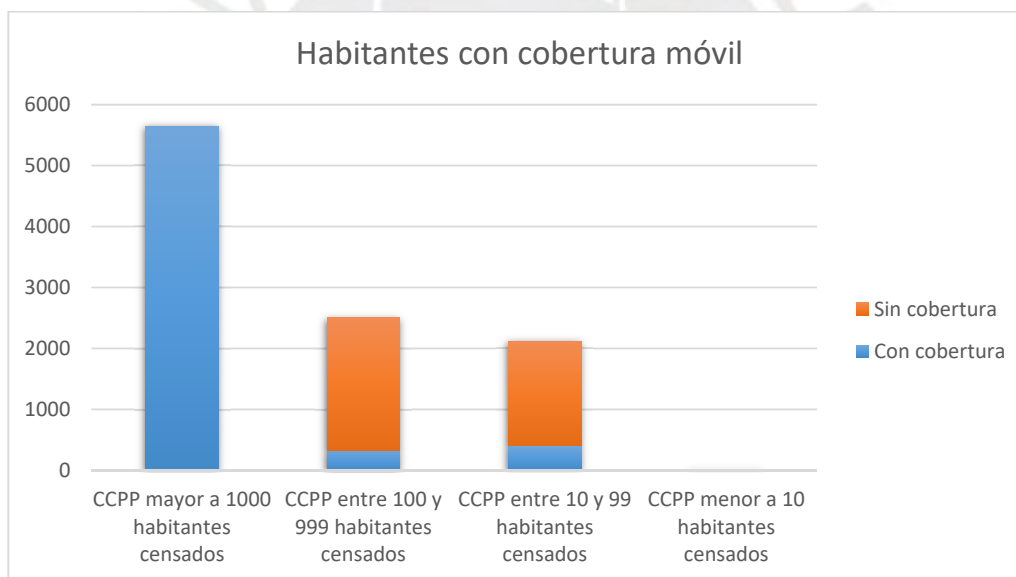


Fuente INEI

Se observa que el 55% (5 648 habitantes) de la población de la zona de influencia local se encuentra ubicada en la ciudad de Challhuahuacho, que es la capital del distrito del mismo nombre. El 45% restante (4 645 habitantes) se encuentran distribuidos en 63 centros poblados de menor tamaño.

El portal Señal Osiptel (<https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>) proporciona información actualizada de los centros poblados con cobertura reportada por los propios operadores. Para el caso del área de influencia local de la Unidad Minera Las Bambas, el siguiente cuadro muestra la cantidad de población que cuenta con cobertura móvil, de acuerdo a las condiciones establecidas en el Reglamento para la Supervisión de la Cobertura de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones Móviles y Fijos con Acceso Inalámbrico (Res. N° 135-2013-CD/OSIPTTEL).

**Figura 26: Distribución de los habitantes con cobertura móvil**

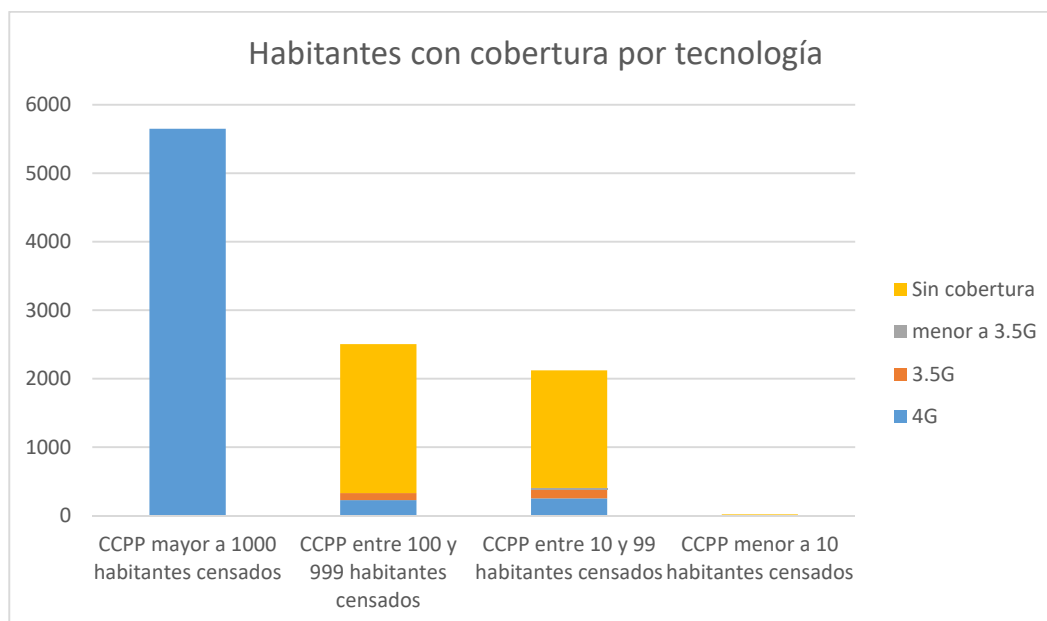


Fuente: Señal Osiptel

Se observa que un total de 6 389 habitantes (62%) cuenta con cobertura de servicios móviles. Esto principalmente a que la ciudad de Challhuahuacho con 5 648 habitantes cuenta con cobertura móvil de 3 empresas operadoras. Los otros 741 habitantes con cobertura están distribuidos en 16 centros poblados de menor tamaño.

Es importante conocer la tecnología utilizada por el operador móvil para brindar cobertura. En la Figura 28 se clasifica la población del área de influencia local en relación a la tecnología móvil utilizada.

**Figura 27: Disponibilidad de tecnología**



Fuente: Señal Osiptel

Se observa que el 59.6% (6133 habitantes) tienen cobertura móvil con tecnología 4G, el 2.3% (240 habitantes) tienen cobertura móvil con tecnología 3.5G, el 0.2% (16 habitantes) tienen cobertura con tecnología 2G, mientras que el 37.9% (3 904 habitantes) no cuentan con cobertura de ninguna tecnología.

Los mecanismos que utiliza el MTC para conseguir el despliegue de infraestructura móvil en zonas rurales o preferente interés social pasa por establecer estas obligaciones de despliegue en los contratos de concesión. La normativa vigente permite establecer obligaciones en algunos procedimientos tales como el arrendamiento de frecuencias, la renovación de concesiones con asignación de espectro, la asignación temporal de espectro radioeléctrico, el uso incentivo a la expansión de infraestructura por canon, el proceso de reordenamiento de frecuencias, la realización de nuevos concursos de bandas de frecuencias, entre otros.

Un ejemplo del criterio utilizado por el MTC para la selección de las localidades beneficiarias de las obligaciones que se agregan a los contratos, es el utilizado por el MTC en el Decreto Supremo N° 003-2018-MTC en cuyo artículo 3 establece que a más tardar el 31 de diciembre de cada año el MTC debe publicar un listado de localidades sin cobertura para la aplicación del Coeficiente de Expansión de Infraestructura (CEI), en base a los siguientes criterios:

- Contar con energía eléctrica



- No contar con cobertura de servicio público móvil de telecomunicaciones
- No formar parte del listado de localidades beneficiarias de algún otro proyecto del MTC o de PRONATEL
- Cantidad de población
- Otros criterios considerados por el MTC

De la revisión de los 47 centros poblados sin cobertura de servicio móvil en el área de influencia local de la Unidad Minera Las Bambas, se deduce la siguiente información:

- La localidad Pamputa cuenta con una estación base de tecnología 3G como producto de la aplicación del mecanismo del coeficiente de expansión de infraestructura (CEI) por canon del año 2018. Si bien es cierto esta instalación no satisface las condiciones establecidas en el Reglamento de Supervisión de Cobertura, el compromiso con el MTC permite la instalación de la estación en un lugar estratégico para la operadora que le permita optimizar el equilibrio económico entre gastos de CAPEX y OPEX, el área de cobertura y la población beneficiada.

Debido a esto, la localidad Pamputa ya no es considerada para proyectos de cobertura móvil por parte del MTC.

- La localidad Qqello cuenta con un servicio de internet de 2 Mbps como parte del proyecto Tambos del MIDIS. Esta obligación ha sido incluida dentro de la cláusula V del contrato de renovación de la concesión de la empresa Telefónica del Perú. Por esta razón, la localidad Qqello ya no es considerada para proyectos de cobertura móvil por parte del MTC.
- Un total de 16 localidades<sup>8</sup> del área de influencia local fueron incluidas en la lista de CEI por canon año 2020. No obstante, ninguna de estas localidades fue seleccionada por alguna de las empresas operadoras como parte de la expansión del servicio móvil para el año 2020.

---

<sup>8</sup> Alta Fuerabamba, Anchapillay, Ayahuilca, Cancaysillo, Ccarayhuacho, Ccasa, Cconccacca Pampa, Cconccacca Recor, Chayca, Cheqollo, Chicñahui, Choquemayo, Chumille, Huancuire, Huancuiri y Totorá

- Las 29 localidades restantes no han sido consideradas en ningún proyecto de expansión de cobertura móvil principalmente por la cantidad de habitantes y por la falta de energía comercial.

De lo observado, se concluye que la cobertura móvil en el área de influencia directa de la unidad minera móvil Las Bambas no experimentará ninguna mejora en el corto plazo, en detrimento de los 3 909 habitantes distribuidos de manera no uniforme en 47 centros poblados.

El MTC puede establecer una política de licencias el uso y explotación del espectro radioeléctrico en el área geográfica que cubre el área operativa de la Minera Las Bambas a cambio del establecimiento de compromisos de inversión en acceso a los servicios de telecomunicaciones para los centros poblados ubicados en el área de influencia directa del proyecto minero.

Las licencias otorgadas deben tener la vigencia necesaria que justifique la inversión tecnológica. Se recomiendan vigencias superiores a los 10 años, para dar predictibilidad y confianza a las empresas inversionistas. Para el caso del presente trabajo se considera licencias de 10 años.

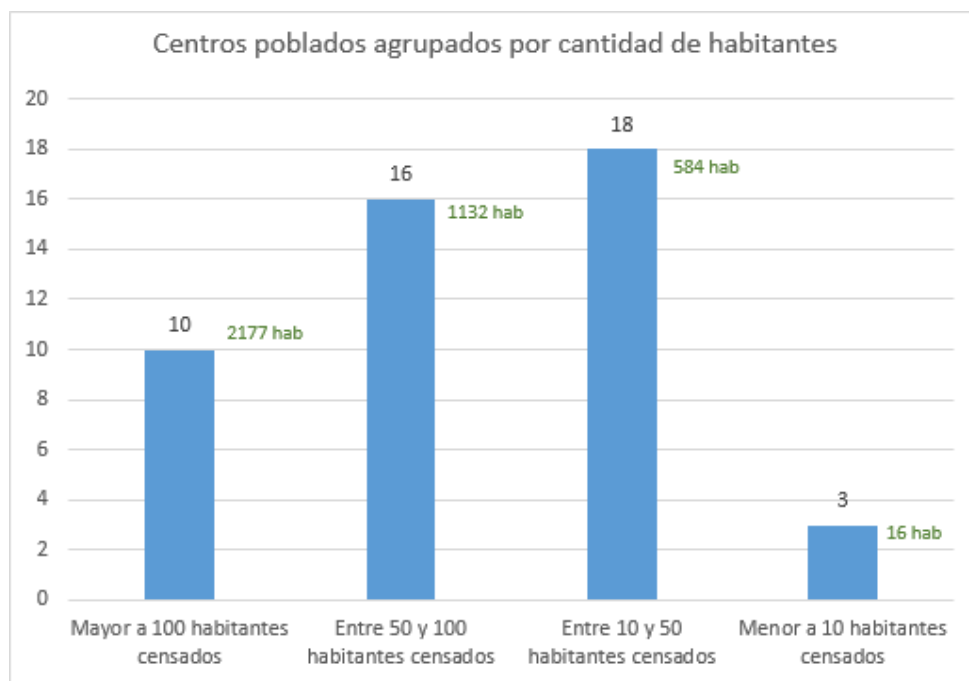
La cantidad de espectro asignado estará en proporción al compromiso seleccionado por la empresa interesada.

### **3.1.1 Alternativa 1 Expansión de cobertura móvil**

Considerando que el servicio móvil es el servicio de telecomunicaciones con mayor demanda en el mercado actual de las telecomunicaciones, la alternativa 1 contempla la implementación de cobertura móvil 4G en determinada cantidad de localidades del área de influencia local de la unidad minera Las Bambas.

En la Figura 28 se muestra la distribución demográfica de las localidades sin cobertura móvil,

**Figura 28. Detalle centros poblados sin cobertura**



Fuente: INEI

Mediante la implementación de un proyecto de implementación de 26 estaciones base 4G en aquellas localidades con mayor a 50 habitantes censados, se consigue atender un total de 3 309 habitantes adicionales con lo que el total de población con acceso a cobertura móvil 4G ascendería a 8 957 habitantes, lo que equivaldría al 87% de la población del área de influencia directa.

Al respecto, mediante el Informe N° 257-2019-MTC/26-27, que sustenta la Resolución Viceministerial que aprueba la Resolución Viceministerial que aprueba la propuesta de Reordenamiento de la banda de frecuencias 2 500 – 2690 MHz (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019), el MTC utiliza los siguientes valores referenciales para estimar los costos de implementación (CAPEX) y de operación (OPEX) de una estación base celular 4G del tipo greenfield, que requiere de una torre autosoportada de 45m de altura.

**Tabla 8: Costos estimados de una estación base con tecnología 4G**

<b>CAPEX</b>	<b>COSTO UNITARIO inc IGV (USD)</b>
Enlaces de microondas (IDU + ODU de capacidad 100 Mbps)	21 674,00
Estación base celular 4G (red de acceso LTE)	13 641,00
Infraestructura (torre autosoportada 45m)	23 864,00
Caseta (obras civiles)	23 815,00
Energía y protección	28 561,00
Software	939,00
Servicios de instalación	37 942,00
Sistema de seguridad	389,00
<b>Costo Site</b>	<b>150 825,00</b>

<b>OPEX ANUAL</b>	<b>COSTO UNITARIO inc IGV (USD)</b>
Alquiler de backhaul 4G	1 793,00
Energía	337,00
Mantenimiento preventivo	1 522,00
Mantenimiento correctivo	582,00
<b>Costo Site</b>	<b>4 234,00</b>

Fuente: MTC

En la Tabla 9 se estima el costo unitario total de una estación base de tecnología 4G considerando operación y mantenimiento por 10 años de servicio. El valor presente fue obtenido considerando un WACC de 10.81%, valor utilizado por OSIPTEL para los modelos de costos de redes móviles 2G, 3G y 4G.

**Tabla 9: Costo por estación base de cobertura**

<b>Concepto</b>	<b>Costo (USD)</b>
Costo implementación EBC 4G	150 825,00
Valor presente de los costos de operación y mantenimiento por 9 años	25 134,92
<b>Total costo EBC 4G</b>	<b>175 959,92</b>

Elaboración propia

En la Tabla 10, se obtienen diferentes montos del proyecto de implementación dependiendo de la cantidad de localidades beneficiarias y de la cantidad de población objetivo.

**Tabla 10: Costo total proyecto**

<b>Alcance del proyecto</b>	<b>Cantidad de localidades</b>	<b>Habitantes beneficiados</b>	<b>% población en el área de influencia directa con cobertura 4G</b>	<b>Costo del proyecto (Millones USD)</b>
Cobertura móvil 4G en todas las localidades con población mayor a 100 habitantes	10	2177	80,70%	1 759 599,19
Cobertura móvil 4G en todas las localidades con población mayor a 50 habitantes	26	3309	91,69%	4 574 957,91
Cobertura móvil 4G en todas las localidades con población mayor a 10 habitantes	44	3893	97,36%	7 742 236,46

Elaboración propia

Las licencias otorgadas podrían ser utilizadas para las necesidades de red privada de datos de la Unidad Minera. Si la licencia es otorgada a una empresa privada para satisfacer sus propias necesidades de comunicación, se trata de un operador de servicios privados. En caso de que la licencia es otorgada a una empresa que implementará redes y servicios a cambio de una contraprestación, entonces se trata de un operador de servicios públicos, para lo cual deberá constituirse en un concesionario de servicios públicos de telecomunicaciones siguiendo los procedimientos administrativos establecidos por el MTC.

El servicio 4G materia del compromiso de inversión es un servicio público, por lo que debe respetar toda la normativa vigente de las telecomunicaciones en el Perú. Por tratarse de cobertura móvil, los resultados de la implementación deben cumplir las condiciones de calidad y servicio que se estipulan en el Reglamento de Cobertura.

Dado que el objetivo del proyecto es obtener cobertura del servicio móvil 4G, no es de interés del proyecto en establecer obligaciones de propiedad de terrenos, torres, postes u otros elementos de la infraestructura. Esto quiere decir que el proyecto debería permitir el uso de estrategias como coubicación, compartición de infraestructura pasiva, compartición de infraestructura activa, uso de predios estatales, entre otras; que permitan optimizar los costos del proyecto.

Cabe precisar que la licencia otorgada no considera las frecuencias a ser utilizadas para el cumplimiento de los compromisos de inversión. De ser necesarias estas frecuencias, se debe contemplar el otorgamiento de una licencia adicional.

Las asignaciones de frecuencias están sujetas al pago de un canon anual. Para el caso de los servicios públicos móviles de voz y datos, el monto del canon anual viene determinado por la metodología establecida en el Decreto Supremo 003-2018-MTC, modificado por el Decreto Supremo 004-2021-MTC, mediante la siguiente fórmula:

$$C = CAB \times NF \times CA \times CPB \times CPZ \times FS \times PO$$

donde:

C: es el canon anual por el uso del espectro radioeléctrico

CAB: es el coeficiente de ancho de banda

NF: es el número de bandas, sub-bandas y canales, de frecuencias asignados conforme a las canalizaciones respectivas, para la prestación del servicio en una zona determinada

CA: es el coeficiente de área

CPB: es el coeficiente de ponderación por bandas de frecuencias

CPZ: es el coeficiente de ponderación por zona

FS: es el coeficiente de participación por servicio

PO: es el presupuesto objetivo

En la Tabla 11 se calcula el canon anual para una asignación de 20 MHz de tecnología TDD, en frecuencias medias, en los distritos que involucran el área operativa de la Minera Las Bambas, considerando los valores de FS y PO vigentes a febrero 2021.



Tabla 11: Canon anual por la asignación de 20 MHz para servicios públicos

Departamento	Provincia	Distrito	CAB (MHz)	NF	CA (km2)	CPB	CPZ	FS	PO	CANON ANUAL (S/.)
Apurímac	Cotabambas	Challhuahacho	20	1	439,96	0,4	0,236	0,000000178%	424 874 849,00	628,25
Apurímac	Cotabambas	Tambobamba	20	1	722,23	0,4	0,236	0,000000178%	424 874 849,00	1 031,33
Apurímac	Cotabambas	Coyllurqui	20	1	418,95	0,4	0,236	0,000000178%	424 874 849,00	598,25
Apurímac	Graú	Progreso	20	1	254,59	0,4	0,236	0,000000178%	424 874 849,00	363,55

**TOTAL**

**S/.2 621,38**

Fuente: MTC, INEI  
Elaboración propia



En caso de que la licencia sea otorgada a un operador de servicios privados, se deberá establecer la metodología correspondiente para determinar el canon anual aplicable por la asignación del espectro radioeléctrico.

Se debe observar que la tasa de retorno de la inversión de este proyecto es mínima, la distribución geográfica de la población y la característica de entorno rural no pronostica un volumen de tráfico de datos suficiente para recuperar el monto de inversión del proyecto. Esto requiere que el 100% del costo total del proyecto debe ser considerado al momento de establecer las obligaciones de inversión por la licencia de espectro.

Por fines comparativos, el presente trabajo solo considera la provisión del servicio público de datos móviles a través de tecnología 4G. No se han considerado los costos adicionales que implicaría la provisión del servicio público de telefonía móvil a través de la tecnología 4G. De considerarse la provisión del servicio de telefonía móvil, se deben incluir los costos que se generan como producto de la interconexión del tráfico telefónico con las redes de telefonía fija y móvil de otros operadores.

Finalizado el periodo de 10 años, la operadora debe tener la posibilidad de renovar la licencia de uso del espectro asignado. Las condiciones de la renovación deberán ser determinadas en su oportunidad dependiendo de la demanda de servicio, el público objetivo y los costos de las tecnologías existentes.

### **3.1.2 Alternativa 2 Implementación de zonas Wifi**

Una segunda alternativa de conectividad es la implementación de zonas wifi. Similar a experiencias internacionales descritas en (International Telecommunication Union, 2020); mediante enlaces satelitales es posible la implementación de centros de conexión wifi a velocidades considerables.

Un análisis de costos similar al desarrollado en la Alternativa 1, es mostrado en la siguiente tabla:

**Tabla 12: Costo de un centro wifi rural**

CAPEX	COSTO UNITARIO inc IGV (USD)
Equipo satelital	5 000,00
Estación wifi	10 000,00
Energía y protección	500,00
Software	939,00
<b>Costo Site</b>	<b>16 439,00</b>

OPEX ANUAL	COSTO UNITARIO inc IGV (USD)
Alquiler de backhaul satelital (40 Mbps)	1 250,00
Energía	337,00
Mantenimiento correctivo	582,00
<b>Costo Site</b>	<b>2 169,00</b>

Elaboración propia

Realizando un análisis similar al desarrollado en el numeral 3.2.1, se obtienen los siguientes costos del proyecto para los diferentes posibles alcances

**Tabla 13: Costos de proyecto Wifi rural**

Alcance del proyecto	Cantidad de localidades	Habitantes beneficiados	% población area de influencia directa con cobertura 4G	Costo del proyecto (Millones USD)
Señal wifi gratuita en todas las localidades con población mayor a 100 habitantes	10	2177	80,70%	293 151,00
Señal wifi gratuita en todas las localidades con población mayor a 50 habitantes	26	3309	91,69%	762 194,03
Señal wifi gratuita en todas las localidades con población mayor a 10 habitantes	44	3893	97,36%	1 289 866,82

Elaboración propia

Al igual que en la primera alternativa, las licencias otorgadas podrían ser utilizadas para las necesidades de red privada de datos de la Unidad Minera. Si la licencia es otorgada a una empresa privada para satisfacer sus propias necesidades de comunicación, se trata de un operador de servicios privados. En caso de que la licencia es otorgada a una empresa que implementará redes y servicios a cambio de una contraprestación, entonces se trata de un

operador de servicios públicos, para lo cual deberá constituirse en un concesionario de servicios públicos de telecomunicaciones siguiendo los procedimientos administrativos establecidos por el MTC.

Si el servicio Wifi materia del compromiso de inversión va a tener alguna tarifa para el usuario final, se estaría configurando un servicio público, por ende sujeto a las normativa del MTC para los servicios públicos y las condiciones de uso establecidas por el regulador. Si el servicio Wifi se brinda de manera gratuita, no se configura el servicio público, por ende la prestación del servicio Wifi no estaría regulada.

La cantidad de espectro asignado estará en proporción al compromiso seleccionado por la minera. De considerarlo pertinente el MTC podría agregar obligaciones de conectividad a las entidades de seguridad, salud y educación ubicadas en las localidades beneficiarias por el mismo periodo de tiempo.

El espectro IMT asignado es para las necesidades de red privada de datos de la Unidad Minera. En este escenario, no se requiere de espectro adicional para el cumplimiento de los compromisos de inversión, toda vez que la prestación del servicio de wifi se realiza a través de bandas no licenciadas.

Dado que el objetivo del proyecto es obtener cobertura del servicio de acceso internet vía wifi, no es de interés del proyecto en establecer obligaciones de propiedad de terrenos, torres, postes u otros elementos de la infraestructura. Esto quiere decir que el proyecto debe permitir el uso de estrategias como coubicación, compartición de infraestructura pasiva, compartición de infraestructura activa, uso de predios estatales, entre otras; que permitan optimizar los costos del proyecto.

La asignación de la licencia de uso del espectro radioeléctrico está sujeta al pago del canon anual. El valor del canon anual es el mismo que el determinado para el primer escenario.

Finalizado el periodo de 10 años, la operadora debe tener la posibilidad de renovar la licencia de uso del espectro asignado. Las condiciones de la renovación deberán ser determinadas en su oportunidad dependiendo de la demanda de servicio, el público objetivo y los costos de las tecnologías existentes.

### 3.2 Comparación de ambas alternativas

A continuación se evalúan las diferentes características de ambas soluciones propuestas para el servicio en las localidades beneficiarias.

#### Cobertura

En zonas rurales las operadoras de servicios móviles suelen utilizar bandas de frecuencias bajas (700 MHz / 800 MHz / 900 MHz) lo cual les permite obtener radios de cobertura entre 2 a 3 Km desde el punto de la estación base.

La tecnología wifi utiliza las bandas de frecuencia de 2.4 y 5.8 GHz, por lo que el radio de cobertura de una estación wifi es la tercera parte del radio de cobertura de una estación base de tecnología móvil bajo las mismas condiciones de operación (potencia de transmisión de equipos y ganancia de antenas).

#### Tarifas

La alternativa 1 considera la prestación de servicios públicos móviles, sujeto al marco normativo regulatorio de Osiptel para servicios móviles. El usuario cuenta con diferentes opciones de tarifas dependiendo de su interés y necesidad.

La alternativa 2 considera la prestación de un servicio gratuito para el usuario final, sin marco normativo regulatorio. No obstante lo indicado, se deben considerar condiciones de prestación de servicio al momento de emitir la licencia a la unidad minera.

#### Velocidad

La experiencia de velocidad de usuario es compleja de evaluar debido a que no depende únicamente de la tecnología, sino que también depende de la velocidad del enlace y de las características del terminal del usuario.

Un equipo wifi dual band puede alcanzar muy buenas velocidades de descarga y de subida de datos, no obstante la mayoría de los equipos wifi disponibles solo trabaja en la banda de frecuencia 2.4G, por lo que la velocidad es menor.

El factor determinante para la experiencia de velocidad de usuario es la velocidad de conexión del enlace. Las estaciones macro de tecnología 4G requieren de enlaces de conexión con velocidades superiores a 100 Mbps, lo que exige el uso enlaces de microondas de alta



capacidad o el uso de enlaces a base de fibra óptica. Existen soluciones 4G de menores prestaciones en base a estaciones tipo femtoceldas que pueden funcionar con enlaces de hasta 40 Mbps. Para estas velocidades de conexión es posible utilizar enlaces satelitales de backhaul.

La alternativa 2 se ha elaborado en el supuesto de un enlace satelital de 40 Mbps, más económico para su implementación no obstante las velocidades de conexión no son comparables a las capacidades de los microondas o de la fibra óptica.

### Restricción al uso

El acceso a internet a través del wifi podría ser de menor satisfacción que el acceso a internet a través del servicio de internet móvil. Si bien es cierto muchos aplicativos pueden ser ejecutados en un teléfono móvil en conexión wifi, existen algunos aplicativos que utilizan mensajes de texto SMS como mecanismo de verificación de cuenta del usuario. En ese sentido, el acceso a aplicativos via wifi podría estar restringido en algunas funcionalidades en comparación al acceso vía internet móvil.

A manera de ejemplo, el aplicativo whatsapp en el teléfono requiere de estar con señal móvil para el proceso de instalación del aplicativo en el teléfono. Una vez instalado en el teléfono el aplicativo whatsapp puede funcionar sin problemas en entorno wifi. De manera similar, muchos aplicativos de banca por internet requieren del acceso a la señal de telefonía móvil para la verificación de transacciones bancarias; lo que constituye una limitación al acceso a internet en entornos de solo señal wifi.

### Ecosistema de terminales

Ambas tecnologías disponen de una gran cantidad de terminales como producto de la estandarización realizada tanto por la Alianza Wifi como por la 3GPP.

Una diferencia a favor de la tecnología wifi es su uso en tabletas, laptops y otros dispositivos como televisores, alarmas, videocámaras, etc. El uso de la tecnología 4G en otros dispositivos diferentes a los smartphome es aún muy limitado, no obstante con la aparición de nuevos aplicativos orientados al Internet de las Cosas (IoT) se espera la adopción cada vez mayor de dispositivos para los estándares 4G y 5G.

## Seguridad

La tecnología wifi es mas vulnerable a la captura y uso de información personal de usuario en comparación con la tecnología 4G. Mientras que en la tecnología 4G la información de usuario para el acceso a la red se encuentra almacenada en la simcard del dispositivo y no es manipulada por el usuario, en la red wifi la información del usuario para el acceso a la red es ingresada de manera manual por el usuario desde los diferentes dispositivos. Esto constituye una vulnerabilidad porque la captura de esta información por parte de usuarios no autorizados puede ocasionar el acceso a información privada.

**Tabla 14: Resumen de ambas alternativas**

CARACTERÍSTICA	EBC 4G	PUNTO WIFI
Clasificación del servicio	PÚBLICO	PÚBLICO o PRIVADO
Radio de cobertura (típico)	3 km	100m
Ecosistema de dispositivos	ALTO	ALTO
Acceso a Internet	Sin restricciones	Pueden haber restricciones para el uso de aplicativos que trabajan con SMS
Costo estimado por estación (USD)	175 959,92	29 315,16
Carga regulatoria (MTC y OSPTTEL)	Alta	Poca
Compromiso por localidad	Cobertura	Mejor esfuerzo
Soporte para equipos informáticos (laptops y tabletas)	Medio	Alto

Elaboración propia

## Capítulo 4 Alternativas de implementación

En este capítulo se analizan la propuesta regulatoria de permitir la asignación de frecuencias licenciadas para el despliegue de redes privadas. Dado que la necesidad de la empresa interesada es implementar una red privada móvil, primero se analizan las alternativas existentes para que la empresa interesada pueda satisfacer su requerimiento en base a los servicios públicos existentes.

Posteriormente se explora cuando la empresa interesada opta por acogerse a la propuesta regulatoria. En este caso, la empresa interesada opta por acceder a frecuencias licenciadas a cambio de cumplir con la prestación de servicios de telecomunicaciones en zonas aledañas sin presencia de servicios de telecomunicaciones.

Finalmente se analizan las opciones de obligaciones que se pueden establecer a cambio del acceso a frecuencias licenciadas: la prestación de servicios PCS con tecnología 4G versus la prestación del servicio de internet fijo a locales de interés como instituciones educativas, postas médicas, comisarías y municipalidades.

### 4.1 Soluciones sin el uso de la propuesta regulatoria

La demanda por parte del sector industrial de implementación de redes privadas de datos puede ser atendida por las empresas operadoras de servicios públicos, toda vez que cuentan con espectro radioeléctrico y recursos de red suficientes para la prestación de este servicio.

La implementación de una red privada por parte de una operadora constituye la prestación de un servicio público, en cuanto es un servicio que se brinda a cambio de una contraprestación. En caso de que el requerimiento demande únicamente servicios fijos, entonces se requiere que la operadora cuente con concesión para el servicio portador local. En caso de que el requerimiento demande servicios móviles, entonces se requiere que la operadora cuente con concesión para el servicio de comunicaciones personales (PCS).

La prestación del servicio de red privada por lo tanto está sujeto a la normativa aplicable de servicios móviles tanto del MTC como de OSIPTEL. Esto sin tomar en cuenta que el requerimiento de la red privada puede contener exigencias mucho más fuertes que las que supervisa el regulador, lo que motiva la suscripción de acuerdos comerciales específicos.

Considerando que existe mayor demanda en el mercado por servicios móviles, se asumirá que el requerimiento es para la implementación de redes de datos móviles privadas, por lo

que es necesario que la operadora cuente con el registro para el servicio PCS (en adelante operadora PCS).

#### **4.1.1 Operadora PCS con espectro licenciado**

En la página web del MTC<sup>9</sup> se observa que existen siete empresas concesionarias que cuentan con el registro PCS, requisito necesario para la implementación de redes móviles privadas de datos.

La posibilidad de que alguna de estas empresas concesionarias pueda atender el requerimiento de implementar una red privada pasa por disponer del espectro radioeléctrico necesario en el área de interés y de llegar a un acuerdo económico con la empresa interesada.

La operadora PCS usualmente dispone de frecuencias en bandas bajas (menores a 1 GHz) y de frecuencias en bandas medias (mayores a 1 GHz y menores a 6 GHz) lo cual le permite la implementación de soluciones que combinen cobertura (bandas bajas) y capacidad (bandas medias).

El uso de su propio espectro por parte de la operadora PCS asimismo le beneficia para el cálculo de las metas de uso, en caso sea aplicable la nueva metodología establecida mediante la Resolución Ministerial N° 234-2019-MTC/01.03, en donde principalmente se mide la evolución creciente del tráfico dentro del área de asignación.

El uso de su propio espectro por parte de la operadora PCS no implica una mayor carga económica por concepto del pago del canon por el uso del espectro radioeléctrico, toda vez que la nueva metodología de canon móviles establecida mediante el Decreto Supremo N° 003-2018-MTC, contempla ya el pago por todo el espectro asignado, quedando en responsabilidad de la empresa operadora el obtener el mayor beneficio económico del espectro asignado implementando y brindando mayores servicios.

Por tratarse de prestación de servicios públicos PCS, estos servicios están sujetos al aporte al fondo de inversión en telecomunicaciones (ex FITEL hoy PRONATEL), al aporte por regulación al OSIPTEL y a la tasa por explotación comercial del servicio al MTC.

---

<sup>9</sup> Véase <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/322450-directorio-de-concesionarios-publicos>

Finalmente, cabe mencionar que la operadora pueda considerar adicionalmente en su solución técnica el uso de espectro radioeléctrico no licenciado, no obstante deberá tener en cuenta las vulnerabilidades del uso de este recurso.

#### **4.1.2 Concesionaria con espectro arrendado**

En caso de que una empresa concesionaria de servicios públicos no cuente con espectro radioeléctrico en el área geográfica de interés o en caso de que requiera de espectro licenciado adicional para implementar la solución, esta empresa puede optar por arrendar espectro radioeléctrico a otra empresa concesionaria que sí cuente con asignación de frecuencias en el área geográfica de interés y cuya atribución permita brindar el servicio.

Mediante la aplicación de la norma que regula el arrendamiento de bandas de frecuencias de espectro radioeléctrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, aprobada mediante el Decreto Supremo N° 015-2019-MTC, una empresa concesionaria (arrendatario) puede llegar a un acuerdo económico con otra empresa concesionaria (arrendador) para el uso temporal de las frecuencias requeridas.

En el caso de las redes móviles privadas el servicio a brindar es el servicio PCS, por lo que, antes de arrendar las frecuencias, el arrendador debe poseer un registro PCS que contemple el uso de las frecuencias objeto del arrendamiento. En el caso del arrendatario, de no poseer un registro PCS de manera previa, la norma permite que inscriba su registro PCS al mismo que tiempo que presenta el permiso de arrendamiento de espectro al MTC.

El uso de espectro arrendado por parte del arrendatario no implica una mayor carga económica por concepto del pago del canon por el uso del espectro radioeléctrico, toda vez que el canon de servicios móviles es responsabilidad del arrendador.

El arrendamiento de espectro radioeléctrico no está sujeto a pago de tasa por explotación de servicios públicos al MTC, sin embargo el MTC puede establecer condiciones, obligaciones y compromisos aplicables al permiso de arrendamiento. Estos compromisos pueden incluir ampliación de cobertura, mejora en calidad de servicios, expansión de infraestructura u otros que considere el MTC.

Los servicios que se prestan mediante el espectro arrendado son servicios públicos PCS, por lo tanto estos servicios están sujetos al aporte al fondo de inversión en telecomunicaciones



(ex FITTEL hoy PRONATEL), al aporte por regulación al OSIPTEL y a la tasa por explotación comercial del servicio al MTC.

Finalmente, es importante mencionar que la norma de arrendamiento establece un régimen excepcional para áreas rurales y de preferente interés social. El artículo 16 indica que aquellas empresas concesionarias que no lleguen a cumplir las metas de uso se encuentran obligadas a arrendar espectro radioeléctrico en áreas rurales y de preferente interés social. La DGFSC publicará en el portal institucional del MTC la lista de empresas concesionarias con obligación de arrendar espectro radioeléctrico, así como las áreas geográficas y anchos de banda disponibles para el arrendamiento.

No obstante la intención, la norma no establece un mecanismo regulatorio para determinar la tarifa del arrendamiento obligatorio ni faculta al OSIPTEL al establecimiento de tarifas ni de mandatos.

Finalmente, de manera adicional al espectro arrendado, la operadora puede considerar de manera adicional en su solución técnica el uso de espectro radioeléctrico no licenciado, no obstante deberá tener en cuenta las vulnerabilidades del uso de este recurso.

#### **4.1.3 Concesionaria con espectro no licenciado**

En caso de que una empresa concesionaria de servicios públicos no cuente con espectro radioeléctrico en el área geográfica de interés y no consiga llegar a un acuerdo económico para arrendar espectro, puede optar por implementar una red móvil privada utilizando bandas no licenciadas.

Acorde a lo establecido en el numeral 4 del artículo 28 del TUO del Reglamento, los servicios que utilizan equipos que operan en las bandas de frecuencia 916 – 928 MHz, 2400 – 2483.5 MHz y 5725 – 5850 MHz requieren de concesión, pero están exceptuados de asignación de espectro radioeléctrico, de la clasificación de servicios de la Ley, del Reglamento y de los Reglamentos Específicos que se dicten.

Esto quiere decir que la implementación de una red móvil privada como un servicio a cambio de una contraprestación, es considerada un servicio público y por lo tanto requiere de una concesión de servicios públicos de telecomunicaciones. Sin embargo, el servicio que se presta utilizando las bandas no licenciadas no se clasifica, por lo tanto no se puede indicar si se trata de un servicio portador, de un servicio final, de un servicio de difusión o de un

servicio de valor añadido. A los servicios públicos que utilizan la banda no licenciada únicamente les son aplicables la normativa genérica de los servicios públicos del MTC y del OSIPTEL.

Sin embargo, el transporte de las señales de telecomunicaciones por medios alámbricos y/o inalámbricos constituyen un servicio portador, por lo que las empresas concesionarias que utilizan bandas no licenciadas siempre necesitaran del registro de servicios portadores en su concesión. En el extremo que también utilicen bandas no licenciadas para el transporte de las señales, el MTC opta por registrar de igual manera el servicio portador ante la necesidad de tener que especificar un servicio para el registro de la concesión.

El uso de las bandas no licenciadas no requiere de asignación de espectro radioeléctrico ni tampoco está sujeto al pago de canon. Sin embargo, por tratarse de servicios públicos de telecomunicaciones están sujetos al aporte al fondo de inversión en telecomunicaciones (ex FITEEL hoy PRONATEL), al aporte por regulación al OSIPTEL y a la tasa por explotación comercial del servicio al MTC.

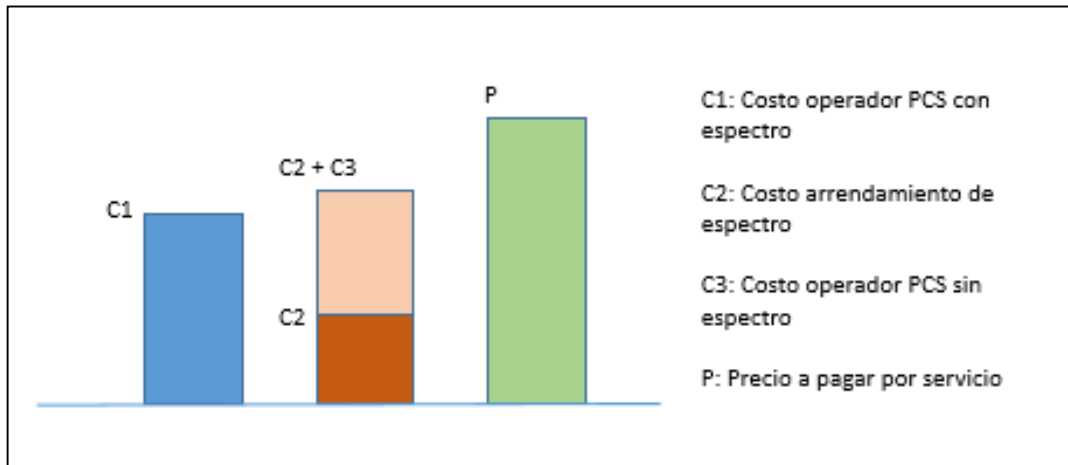
## **4.2 Soluciones mediante el uso de la propuesta regulatoria**

De las alternativas desarrolladas en el numeral 4.1 se observa que, con la normativa vigente, las posibilidades de implementar una red móvil privada utilizando frecuencias licenciadas dependen del acuerdo económico de alguno de los siguientes escenarios:

- Operador PCS con asignación de espectro en el área de interés
- Concesionario de servicios públicos que arrienda espectro a otro operador PCS en el área de interés. De no tener el registro PCS, el concesionario deberá registrarse como operador PCS

Tal cual se observa en la Figura 30, el mercado de redes móviles privadas puede ser atendido por operadores PCS con espectro en el área de interés (a costo económico C1) o por operadores PCS sin espectro en el área de interés (a costo económico C3). En este segundo caso, al costo del servicio se le debe agregar el precio a pagar por arrendar el espectro a un operador PCS (a precio C2).

Figura 29: Comparativa de costos en base a opciones actuales



Elaboración propia

Dado que el arrendamiento de espectro no está regulado económicamente, una empresa interesada en prestar servicios de red móvil privada puede enfrentar dificultades para acceder al espectro licenciado necesario. Los precios de arrendamiento pueden ser lo suficientemente altos para que la propuesta económica ( $C2 + C3$ ) supere al precio a pagar y por ende no se contraten los servicios ofertados. Asimismo, es posible que la operadora PCS con espectro en el área de interés también esté interesada en prestar el servicio de red móvil privada, por lo que podría mostrar dificultad para arrendar.

También hay que recordar que el arrendamiento de espectro está sujeto al establecimiento de compromisos a ser determinado por parte del MTC, lo que aumenta el costo del arrendamiento.

La propuesta regulatoria contempla el poner a disposición de empresas interesadas espectro radioeléctrico en el área de interés para la prestación del servicio de red móvil privada. A cambio de esta asignación de espectro, se establecen obligaciones de inversión que consisten en llevar conectividad a los centros poblados ubicados dentro del área de influencia directa.

#### 4.2.1 Asignación de espectro para servicio público de red móvil privada sin obligaciones de inversión

En esta alternativa, se asigna el espectro para la prestación de servicios públicos PCS, por ende la empresa asignataria debe ser una empresa concesionaria o en su defecto debe constituirse como empresa concesionaria como producto de la asignación del espectro.

Esta asignación de espectro está sujeta al pago del canon por el uso del espectro radioeléctrico. El monto del canon anual se determina mediante la metodología establecida mediante el Decreto Supremo N° 003-2018-MTC en función de factores como el ancho de banda asignado, el área geográfica de la asignación, de la banda de frecuencias utilizado entre otros.

En esta alternativa, el requerimiento de implementar una red móvil privada es cubierto por un concesionario de servicios públicos PCS, por lo tanto este servicio está sujeto a la normativa del MTC y de OSIPTEL respecto a temas como calidad de servicio, atención a usuarios, cobertura, mediciones de radiaciones no ionizantes, obligaciones de información, entre otros. Asimismo, por tratarse de un servicio público, está afecto al aporte al fondo de inversión en telecomunicaciones (ex FITEL hoy PRONATEL), al aporte por regulación al OSIPTEL y a la tasa por explotación comercial del servicio al MTC.

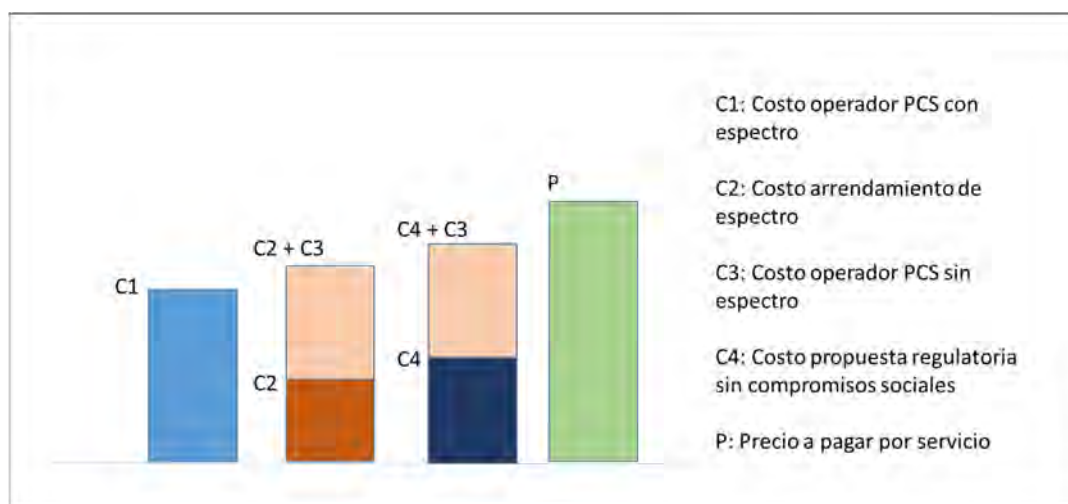
Salvo se establezca normativa diferente, la asignación de espectro para el servicio público de red móvil privada estará sujeta al cumplimiento de metas de uso. En caso de que la concesionaria no cumpla con las metas establecidas, el MTC podrá revertirle parte del espectro asignado.

En la Figura 31, se presentan las opciones de implementación de una red móvil industrial. Se parte del supuesto del requerimiento de una empresa industrial de implementar una red móvil privada, y dispuesta a pagar un precio  $P$  por este servicio por un total de 10 años.

Ante este requerimiento se pueden presentar las siguientes ofertas:

- Operadoras PCS que implementan la red móvil industrial usando su espectro asignado, a costo  $C1$ .
- Empresas que arriendan el espectro a un operador PCS. Al costo de la solución tecnológica ( $C3$ ) se le debe agregar el costo del arrendamiento de espectro ( $C2$ ).
- Empresas que acceden a la propuesta regulatoria. Al costo de la solución tecnológica ( $C3$ ) se le debe agregar el costo económico de la propuesta regulatoria sin obligaciones de inversión ( $C4$ ).

**Figura 30: Comparativa de costos como servicio público**



Elaboración propia

En este escenario, los costos de la propuesta regulatoria implican todos los costos que implican obtener y mantener la concesión de servicios públicos por un periodo de diez años, tales como los pagos de tasas y aportes al MTC, OSIPTEL y PRONATEL. Asimismo, se deben incluir todos los costos derivados de la asignación de espectro radioeléctrico como el pago del canon anual y el cumplimiento de las metas de uso. También se debe considerar el costo económico de la carga regulatoria del cumplimiento de las normativas establecidas por el MTC y el OSIPTEL.

En este escenario de comparación, se observa que la comparación no es del todo previsible toda vez que el arrendamiento de espectro está sujeto al establecimiento de obligaciones cuyos criterios de determinación no están definidos. Si a la incerteza del acuerdo económico para el arrendamiento del espectro se agrega la incerteza del costo de las obligaciones económicas derivadas del arrendamiento, entonces se obtiene un escenario favorable para que la empresa interesada en acceder a espectro opte por la propuesta regulatoria.

#### **4.2.2 Asignación de espectro para servicio público de red móvil privada con obligaciones de inversión**

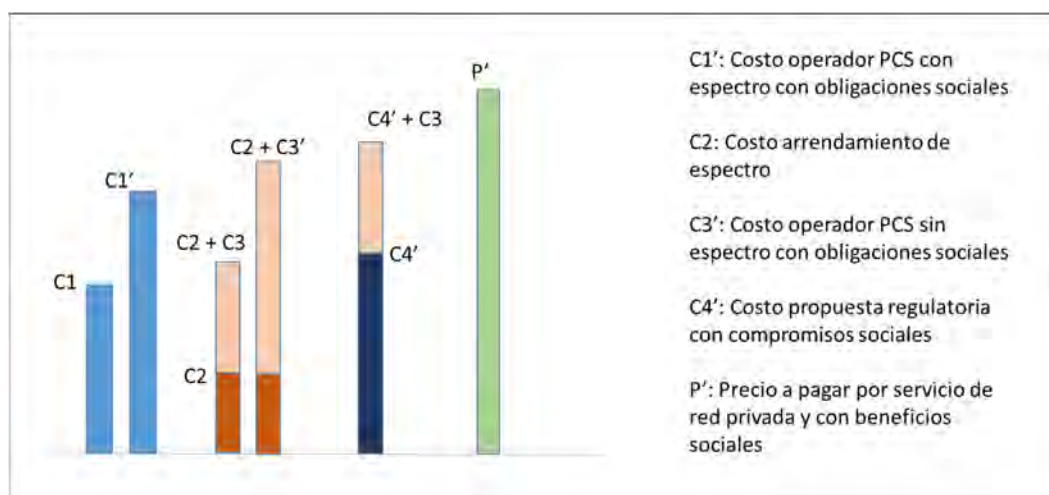
En esta alternativa, se asigna el espectro para la prestación de servicios públicos de red móvil privada, a cambio de compromisos de despliegue de servicios de telecomunicaciones en localidades vecinas.



Al igual que lo desarrollado en el numeral 4.2.1, la prestación del servicio público de red móvil privada estará sujeta a toda la normativa vigente del MTC y del OSIPTEL respecto a la prestación de servicios públicos, y en específico de la normativa vigente para la prestación de servicios PCS.

La diferencia de esta alternativa es en relación al costo económico adicional a incurrir como contraparte a espectro radioeléctrico licenciado para la prestación de servicios públicos PCS.

**Figura 31: Costos con compromisos sociales**



Elaboración propia

Dado que ahora la propuesta regulatoria establece obligaciones de servicio como condición para la asignación de espectro, es de esperar que esto repercuta en un mayor valor de costo económico por concepto de acceso a espectro radioeléctrico licenciado (C4'). Esto ocasiona que la oferta ahora consista de prestación del servicio de red móvil privada y con el agregado de beneficio social a localidades vecinas.

Esta nueva oferta puede ser también provista tanto por operadoras PCS con espectro (nuevo costo C1'), así como por las operadoras PCS que arriendan espectro (nuevo costo C2 + C3'). Esta concurrencia de múltiples ofertas solo es posible en cuanto las obligaciones que se establezcan consistan en prestación de servicios públicos que puedan ser atendidos por múltiples operadores. En caso contrario, estas obligaciones podrían constituirse en una barrera para el ingreso de nuevas operadoras y restaría el interés de empresas con pretensiones de prestar servicios de red privada móvil mediante la propuesta normativa.

### **4.2.3 Asignación de espectro para servicio privado de red móvil privada y con obligaciones sociales**

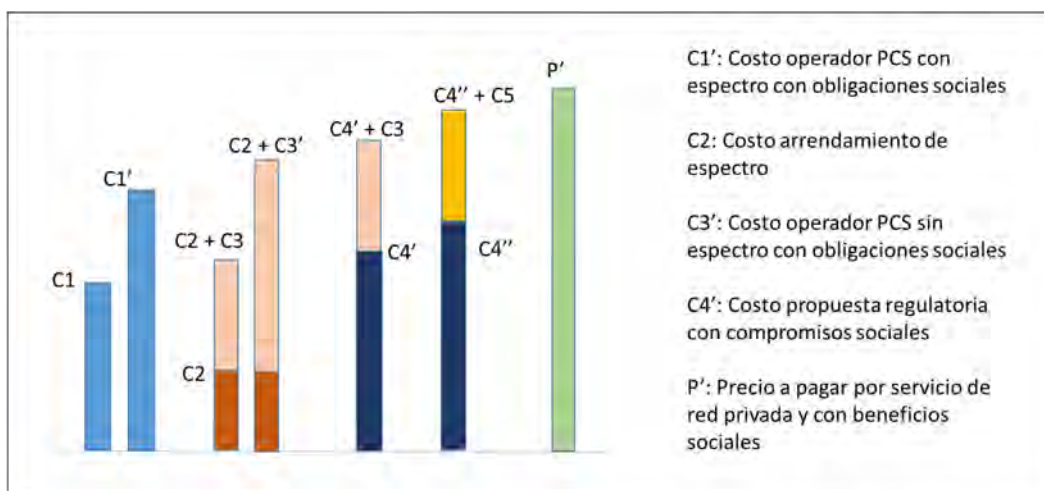
En esta alternativa, se asigna el espectro a solicitud de una empresa privada para la implementación de una red propia que atienda sus necesidades de comunicación de voz y datos mediante redes inalámbricas (red PCS privada). Tal cual se indica en el artículo 24 del TUO del Reglamento, un servicio privado no puede ser ofrecido a terceros a cambio de una contraprestación que tenga relación con el servicio, sea ésta directa o indirecta.

No existe normativa del MTC para la implementación de redes privadas móviles de datos como parte de los servicios privados de telecomunicaciones. Por tratarse de servicios privados de telecomunicaciones, esta red privada no está sujeta a la normativa del regulador OSIPTEL. Asimismo, por tratarse de servicios privados no están sujetos a los aportes económicos al FITEL, OSIPTEL y al MTC. La asignación de espectro radioeléctrico para servicios privado si está sujeta al pago de canon anual, pero no existe en la normativa actual la metodología para la determinación del monto correspondiente por canon anual.

En esta opción una empresa privada podría optar por solicitar la asignación de espectro radioeléctrico licenciado, y una vez con la asignación puede contratar la implementación, operación y mantenimiento de su red privada móvil a cualquier empresa de tecnología. Esta libertad de contratación permitiría a la empresa privada optimizar el costo - beneficio de la inversión a realizar para la implementación de la red privada móvil.

Dado que la empresa privada no es del sector telecomunicaciones, puede afrontar mayores costos (C4<sup>o</sup>) para el cumplimiento de las obligaciones sociales que se establecen como contraparte a la asignación de espectro radioeléctrico licenciado.

**Figura 32: Costos con compromisos sociales**



Elaboración propia

Al igual que en el numeral anterior, la aceptación de la propuesta regulatoria dependerá de las facilidades que encuentre la empresa privada para cumplir con las obligaciones de inversión que se establecen por la asignación de espectro licenciado.

De establecerse obligaciones de poca oferta en el mercado y alta carga normativa, entonces la empresa privada optará por la oferta de la operadora PCS (C1) para que le atienda el servicio de red móvil privada. Esta elección no conlleva ningún beneficio social y por ende no consigue el objetivo de reducir brechas de acceso.

### 4.3 Obligaciones de inversión

De lo revisado en los numerales anteriores, la aceptación de la propuesta regulatoria dependerá en gran medida de las posibilidades para cumplir las obligaciones de inversión que se determinen.

Obligaciones de servicio que cuenten con poca oferta de proveedores y alta carga regulatoria podría resultar en altos costos económicos por concepto de la asignación de espectro, por lo que las empresas interesadas preferirán implementar su red móvil privada utilizando un operador móvil de servicios públicos.

En caso las obligaciones de servicio sean sencillas de implementar, mayor incentivo tendrá la empresa en aplicar la propuesta regulatoria para acceder a espectro licenciado, con el beneficio adicional de la contribución social en localidades alejadas, lo que será bien recibido toda vez que la llegada del Internet se refleja en un aumento de los ingresos de los pobladores rurales [MTC, 2020].

A continuación, se revisan algunas propuestas de obligaciones de servicio que deben ser evaluadas por la entidad que administra el espectro radioeléctrico al momento de definir las obligaciones aplicables.

#### 4.3.1 Obligaciones de cobertura móvil 4G

El servicio de telecomunicaciones más pretendido, por todo lo que significa acceder a Internet móvil, a tarifas competitivas, con un servicio regulado en términos de calidad y disponibilidad y con un gran ecosistema de terminales disponibles.

Esta obligación solo puede ser cubierta mediante el convenio con algún operador de servicios móviles 4G o mediante el convenio con algún operador de infraestructura móvil rural (OIMR) que a su vez pueda tener contrato con un OMR para el uso de las frecuencias para 4G.

Para el cumplimiento de esta obligación, la empresa interesada podría llegar a un convenio con algunas de las siguientes empresas:

**Tabla 15: Lista de operadores PCS y OIMRs**

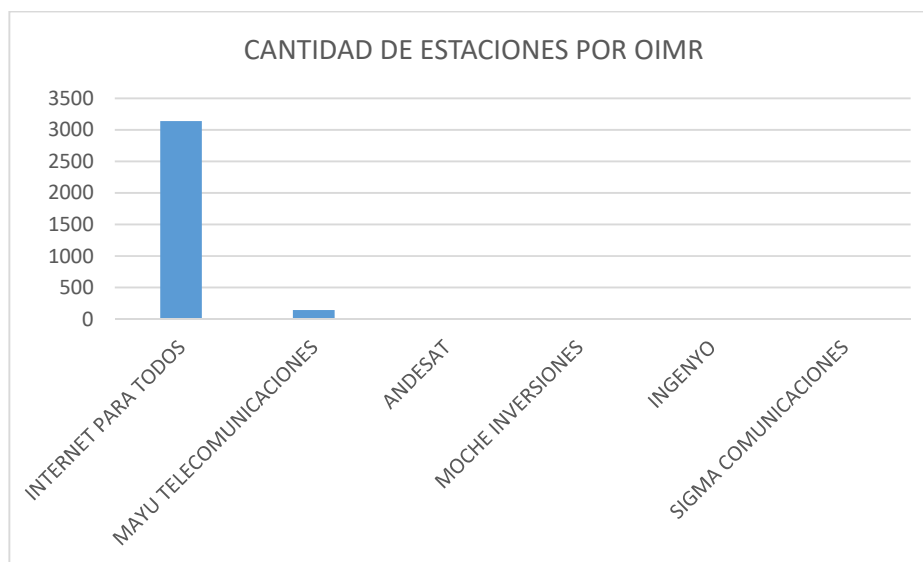
EMPRESA	TÍTULO HABILITANTE
AMÉRICA MÓVIL PERÚ S.A.C	CONCESIONARIO
DOLPHIN TELECOM DEL PERÚ S.A.C.	CONCESIONARIO
ENTEL PERÚ S.A.	CONCESIONARIO
TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A.A.	CONCESIONARIO
TVS WIRELESS S.A.C.	CONCESIONARIO
VIETTEL PERÚ S.A.C.	CONCESIONARIO
MAYU TELECOMUNICACIONES S.A.C.	OIMR
ANDESAT PERÚ S.A.C.	OIMR
MOCHE INVERSIONES S.A.	OIMR
INGENIERIA EN GESTIÓN DE NEGOCIOS Y OPORTUNIDADES S.A.C.	OIMR
SIGMA COMUNICACIONES S.A.C.	OIMR
INTERNET PARA TODOS S.A.C.	OIMR

Fuente: MTC

En los OIMR, no se conocen acuerdos económicos ni despliegue de infraestructura de los OIMR MOCHE INVERSIONES, INGENYO y SIGMA COMUNICACIONES. Los

únicos OIMR que cuentan con contratos vigentes con OMRs son INTERNET PARA TODOS, ANDESAT y MAYU TELECOMUNICACIONES.

**Figura 33: Infraestructura por OIMR**



Fuente: MTC

Una gran restricción tecnológica de las redes 4G es la necesidad de redes de transporte de alta capacidad y bajo tiempo de retardo (latencia). Esto obliga que las estaciones del servicio 4G demanden de redes cableadas de fibra óptica o de enlaces microondas o satelitales de alta capacidad.

Adicional a los requerimientos tecnológicos, el requerimiento de cobertura exige el cumplimiento de las condiciones de cobertura establecidas por el regulador OSIPTEL. Asimismo, el servicio debe cumplir la normativa vigente en lo referente a disponibilidad y calidad del servicio, caso contrario es factible la aplicación de penalidades por incumplimiento.

Dado que mantener estos estándares de operación son cada vez menos sostenibles a medida que la localidad es más distante, asimismo, tomando en cuenta que a medida que la localidad es más alejada, menor es la población y menor es el poder adquisitivo, por lo que la tasa de retorno de inversión no recupera la inversión necesaria; el MTC viene fomentando la presencia de señal móvil en zonas rurales en reemplazo del requisito de cobertura.

El requerimiento de presencia puede ser atendido con la implementación de una estación base (propia o de terceros) en una localidad, con la diferencia que la ubicación de la estación



no es la que garantice la cobertura, sino que es la mejor ubicación técnica y económica para el retorno de la inversión de la empresa operadora.

Esta solución inclusive permite a la operadora dar preferencia a cobertura en las carreteras de acceso aledañas o a la búsqueda de ubicaciones estratégicas para atender más de una localidad; en la búsqueda de la mayor cantidad de tráfico para la estación base.

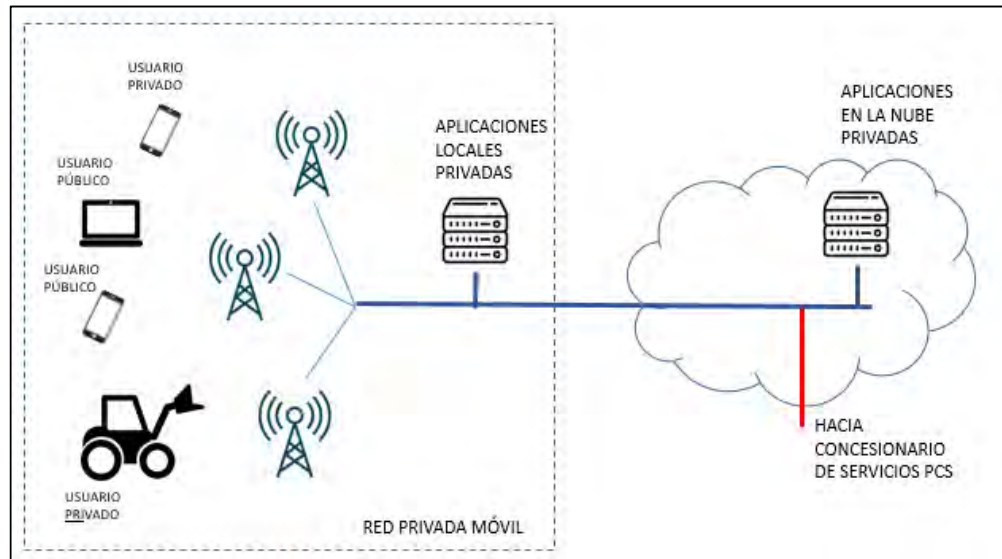
Otra opción en busca de reducir los costos de implementación sería permitiendo la prestación del servicio en base a tecnología 4G, pero de manera diferente al servicio PCS actualmente regulado por el MTC y el OSIPTEL. La diferencia estaría en la flexibilización de los parámetros de operación para las exigencias de calidad y disponibilidad. Esto último requeriría que OSIPTEL modifique la normativa actual que regula la calidad y las condiciones de uso de los servicios públicos en ámbito rural.

Finalmente, es factible la implementación de redes PCS privadas con conexión a las redes PCS públicas. La empresa interesada puede implementar una red de estaciones base 4G en las localidades compromiso, para brindar un servicio de datos privado a todos los pobladores de las localidades. Mediante un acuerdo de roaming (o similar), todo este tráfico puede ser enrutado mediante alguno de los operadores de servicio PCS. De esta manera, la empresa interesada puede usar su red privada para cumplir con las obligaciones de servicio establecidas. Esta opción, aunque más compleja de implementar, tiene la ventaja de que aprovecha los sistemas y servicios de la red privada de la empresa para cumplir con los compromisos.

Es decir, mediante una apropiada configuración, los mismos sistemas y servicios de transmisión de voz y datos internos diseñados para la red privada móvil, pueden ser utilizados para la transmisión de voz y datos de los pobladores en las localidades beneficiarias. Este servicio privado deberá ser gratuito, puesto que en caso de existir algún tipo de contraprestación por el servicio se convierte en un servicio público y por ende afecto a la regulación del MTC y OSIPTEL para los servicios públicos.

La aparición de tecnologías como Open RAN, la virtualización de funciones de red (NFV) y la tecnología de las redes definidas por software (SDN) permiten el diseño e implementación de nuevos modelos de redes y servicios. Con el uso de estas tecnologías se pueden implementar un modelo de red abierta de servicios móviles rurales, tal como se muestra en la Figura 35.

Figura 34: Modelo de red abierta rural



Elaboración propia

La obligación de las empresas interesadas consistiría en la implementación de determinado número de estaciones en localidades sin cobertura, mientras que las funciones de núcleo de red y conmutación serían responsabilidades de otra empresa que concentre y procese las múltiples obligaciones de todas las empresas interesadas. Todo este volumen de tráfico finalmente podría ser negociado a nivel mayorista con alguno de los OMR existentes. Este sistema es el equivalente a un OIMR, pero con las responsabilidades disgregadas y basado en el tráfico obtenido en redes móviles de servicios privados.

Un factor importante a tener en cuenta para cualquier solución de sistemas móviles es el ecosistema de terminales disponibles en la banda de frecuencia. Mientras que los OMR disponen de frecuencias en las principales bandas de frecuencias identificadas para servicios móviles, lo que garantiza un amplio número de dispositivos terminales como teléfonos celulares, smartphones, POS, módems, etc.; las redes privadas solo disponen de la frecuencia licenciada que se les asigne para su uso privado lo cual podría ser no compatible con la amplia gama de terminales existentes en el mercado. La reducción de brechas de infraestructura no solo debe resolver el problema de la cobertura del servicio móvil en sí, sino que también debe contemplar la disponibilidad de terminales apropiados y asequibles por parte de la población.

Un último punto a tomar en consideración es que el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones por parte de los privados, debe ayudar a la llegada de los operadores de servicios públicos; por lo que estas estaciones base de los servicios públicos deberían permitir

la coubicación con operadores OMR u operadores OIMR, lo cual ayudaría a solventar el costo de la obligación.

### **4.3.2 Obligaciones de servicio de internet**

Esta obligación, que consiste en implementar un servicio de acceso a internet a una determinada entidad es una de las obligaciones de servicio más utilizadas al momento de establecer compromisos de inversión. Diferentes proyectos de inversión como las redes regionales de fibra óptica involucran dentro de los términos y condiciones la obligatoriedad de conectar a Internet una entidad mediante el uso de las propias redes regionales.

Para efectos del reordenamiento de las bandas 2300 y 2500, el MTC estableció la obligación de conectar instituciones educativas a Internet, indicando que para tal cumplimiento la operadora podría utilizar su red o las redes de otras empresas concesionarias sin que esto afecte la titularidad de la obligación.

Esto último ha permitido flexibilizar el cumplimiento de las obligaciones, dado que permite que la empresa con la obligación pueda tercerizar el cumplimiento a través de un acuerdo privado con otros operadores de servicio público con mejor capacidad para atender el compromiso.

Esta facilidad que otorga el MTC para el cumplimiento de obligaciones permite a la empresa utilizar la mejor opción económica, pudiendo basarse la solución en sus propias redes, en redes y servicios de otras operadoras de servicios públicos o en una combinación de estos. Lo importante para el MTC es garantizar que el servicio se preste en las condiciones establecidas de manera transparente a la red y tecnología que se emplee.

El universo de empresas prestadoras del servicio de valor añadido de acceso a Internet es de 650 empresas de acuerdo a los registros del MTC. No obstante lo indicado, para el cumplimiento de las obligaciones en zonas rurales sin acceso a servicios, es necesaria la instalación de red propia lo que limita el universo de empresas a aquellas empresas que son concesionarias para servicios públicos y que además cuentan con el registro de valor añadido para Internet.

Estas obligaciones de conectividad a Entidades, puede ser complementada por una red de puntos de acceso Wifi, a fin de que se consiga el efecto de la movilidad. Cada localidad de manera organizada por sus autoridades podría disponer que parte de la capacidad de la

conectividad sea destinada para un punto de acceso, con lo que múltiples pobladores pueden acceder a Internet de manera simultánea. El MTC podría establecer algunas características de configuración y monitoreo remoto que permita implementar un único centro de control para configurar y monitorear todos los puntos de acceso instalados bajo esta modalidad.

Dado que el servicio que se presta a través de bandas no licenciadas no está clasificado, este servicio no cuenta con regulación específica por lo que solo le es aplicable la normativa general de servicios públicos y/o servicios privados. Nuevamente la determinación si es público o privado vendrá por la contraprestación al servicio. De existir alguna contraprestación por parte de los pobladores se debe considerar como un servicio público, en caso contrario se le debe considerar como un servicio privado.

#### **4.4 Desventajas de la asignación de espectro radioeléctrico para redes móviles privadas**

La identificación y asignación de espectro radioeléctrico para la implementación de redes móviles privadas si bien es cierto permitiría atender la demanda de espectro radioeléctrico por parte de empresas privadas para la implementación de sus redes privadas inalámbricas; también es necesario evaluar el impacto negativo que produciría en el mercado de las telecomunicaciones y en el objetivo establecido de reducir la brecha de acceso a los servicios de telecomunicaciones.

Una característica importante de la asignación de espectro para redes privadas es el dimensionamiento del área geográfica de la asignación. Los requerimientos de espectro para redes privadas pueden requerir de asignación de frecuencias en múltiples distritos, provincias e inclusive múltiples departamentos.

La asignación de espectro IMT para la implementación de una red privada ocasiona la indisponibilidad de este espectro IMT para la asignación distrital, provincial, regional y/o a nivel nacional a un operador de servicios públicos. Esta indisponibilidad a su vez ocasiona que los operadores de servicios públicos muestren poco interés en asignaciones en esta banda de frecuencias, poniendo en riesgo las expectativas de mayores inversiones en el sector de telecomunicaciones.

En la Tabla 16 se muestra la valorización de 20 MHz de espectro radioeléctrico en la banda 3 300 – 3 800 MHz para la prestación de servicios públicos. Asimismo, en la columna RESTRICCIÓN se indica la indisponibilidad de frecuencias en el supuesto que esos 20 MHz

hubieran sido asignados a un operador privado para la implementación de una red privada, en los distritos de Challhuahuacho, Tambobamba, Coyllurqui y Progreso, del departamento de Apurímac, de acuerdo a lo desarrollado en el Capítulo 3.

**Tabla 16: Valorización de 20 MHz en la banda 3 300 – 3 800 MHz**

ÁREA GEOGRÁFICA DE ASIGNACIÓN	POBLACIÓN (HABITANTES)	VALOR DE LA ASIGNACIÓN DE 20 MHz (USD)	RESTRICCIÓN
A NIVEL NACIONAL	33 000 000	99 000 000	CON RESTRICCIONES EN EL DEPARTAMENTO DE APURÍMAC
DEPARTAMENTO APURÍMAC	405 759	1 217 277	CON RESTRICCIONES EN LAS PROVINCIAS DE COTABAMBAS Y GRAU
PROVINCIA COTABAMBAS	110 520	331 560	NO PUEDE ASIGNAR EN DISTRITOS DE TAMBOBAMBA, COYLLURQUI, CHALLHUAHUACHO Y PROGRESO
PROVINCIA GRAU	21 242	63 726	NO PUEDE ASIGNAR EN DISTRITO DE PROGRESO

Elaboración propia

Para el cálculo del valor de la asignación del espectro se utilizó el valor referencial de 0.15 USD/MHz/POP calculado por el MTC con motivo del reordenamiento de la banda de frecuencias 3 400 – 3 600 MHz. Obsérvese que asignar 20 MHz para la red privada afecta la asignación provincial en las provincias Cotabambas y Grau. Esta restricción podría ocasionar un inconveniente para la asignación del departamento de Apurímac, y asimismo podría afectar el interés por conseguir una asignación a nivel nacional, comprometiendo el valor esperado de 99 Millones USD estimado por el MTC para una asignación nacional de 20 MHz.



**Figura 35: Área ocupada por red privada**



Elaboración propia

La asignación de espectro IMT para redes privadas traería las siguientes consecuencias:

- En el caso de las redes privadas el área de asignación se limita al área geográfica de interés de la empresa privada. Esto puede ocupar parcialmente distritos, provincias e inclusive departamentos diferentes. Una vez asignado para redes privadas, este espectro ya no puede ser utilizado para prestar servicios públicos afectando a las localidades ubicadas en el área de asignación.
- Si bien es cierto la asignación geográfica es parcial, los distritos, provincias y departamentos involucrados en la asignación a la red privada quedan con pocas chances de ser posteriormente asignados para servicios públicos por lo que solo podrían ser utilizados para asignaciones de otras redes privadas. Esto afecta a todas las localidades ubicadas en los distritos, provincias y hasta departamentos involucrados en la red privada.
- Se genera ineficiencia en la asignación de un recurso escaso, imposibilitando su uso en provincias, distritos y hasta departamentos para la prestación de servicios públicos.

La asignación de espectro IMT debe considerar siempre la prioridad para la prestación de servicios públicos, quedando en un segundo orden de prioridad la atención de la demanda para la implementación de redes privadas. Tal cual se ha revisado, la demanda de redes privadas puede ser atendida por los operadores de servicios públicos, lo cual es más eficiente debido a que:

- La operadora de servicios públicos presta servicios de telecomunicaciones a las localidades ubicadas en el área de asignación.
- La operadora de servicios públicos presta servicios de red privada móvil a las empresas privadas interesadas.

En ese sentido, los trabajos de identificación de bandas IMT y las actividades de atribución, canalización y asignación de espectro radioeléctrico deben considerar el siguiente orden de prioridad al momento de definir las políticas y mecanismos para su uso eficiente:

- Asignación nacional para servicios públicos
- Asignación a nivel departamental para servicios públicos
- Asignación a nivel provincial para servicios públicos
- Asignación a nivel distrital para servicios públicos
- Asignación para redes privadas móviles

En el caso del sistema CBRS implementado en Estados Unidos, la FCC diseñó un esquema especial de asignaciones, toda vez que el rango de frecuencias 3 550 – 3 700 MHz había sido asignado con anterioridad a nivel nacional a las autoridades federales, por lo que no había condiciones para realizar asignaciones para servicios públicos. Ha sido necesario desarrollar estándares respecto a los requisitos, seguridad, protocolos, instalación, prioridades y pruebas, para poder implementar servicios públicos de telecomunicaciones en el rango 3 550 – 3 700 MHz sin interferir a los operadores incumbentes.

En el caso peruano, las veces que se ha identificado nuevo espectro IMT pero que estaba ocupado de manera previa por operadores incumbentes, el MTC ha optado por implementar migraciones a los incumbentes. Es así que se tienen las experiencias de:

- Migración de radiodifusores de televisión con asignación en el rango de frecuencias 700 – 800 MHz.
- Migración de usuarios de la banda no licenciada 899-915 MHz, 944-960 MHz en la provincia de Lima y Callao, y en el rango de frecuencias 902 – 915 MHz, 947-960 MHz en el resto del país.

Asimismo, para el próximo concurso de bandas de frecuencias en el rango 3 300 – 3 800 MHz, el MTC ha considerado la migración de los usuarios y operadores existentes en ese rango de frecuencia. De no haber contratiempos las nuevas asignaciones de frecuencia serían a nivel nacional. En caso de haber restricciones de áreas geográficas para la asignación, podría adoptarse un esquema de asignación departamental y/o provincial. En el extremo que no exista suficiente interés de los operadores de servicios públicos para la asignación departamental y/o provincial, la administración debe evaluar si posterga la asignación del espectro radioeléctrico o si opta por asignaciones para redes privadas móviles.

#### **4.5 Conclusiones del capítulo**

En este capítulo se ha analizado diferentes escenarios para satisfacer el requerimiento de implementar una red privada de datos móviles. Las posibles opciones de solución pasan por i) contratar este servicio a operadores de servicios públicos PCS con espectro radioeléctrico en el área de interés, ii) contratar este servicio a operadores de servicios públicos PCS que arriendan el espectro radioeléctrico en el área de interés, y iii) desarrollar la propuesta regulatoria que permita asignar espectro radioeléctrico IMT para servicios privados de telecomunicaciones a cambio de obligaciones de servicios en las áreas aledañas.

La opción de asignar frecuencias licenciadas a cambio de cobertura del servicio móvil de datos 4G en localidades aledañas sin cobertura, es el compromiso de mayor satisfacción para los habitantes sin embargo su alto costo económico podría desmotivar a la empresa privada en su adopción de la propuesta regulatoria.

Algunos mecanismos para reducir el costo de la obligación del servicio móvil 4G pasan por i) definir un nuevo servicio con menores prestaciones y de menor carga regulatoria, ii) distribuir los costos de acceso, transporte y núcleo de red entre la empresa privada y el Estado, mediante tecnologías Open RAN y SDN, iii) utilizar los servicios de OIMRs establecidos con capacidades de 4G.

Una segunda opción analizada es la de asignar frecuencias licenciadas a cambio de conectividad del servicio de internet fijo a establecimientos como postas médicas, colegios, municipalidades y/o comisarias. Este servicio cuenta con muchas más opciones para su implementación debido a la existencia de múltiples soluciones terrestres y satelitales.

Otra alternativa de obligación con el servicio de internet fijo es la implementación de las plazas Wifi, similar al plan “Todos conectados” que viene elaborando PRONATEL para dotar de Internet gratuito a 6 531 plazas públicas de zonas rurales. La empresa privada asumiría los costos de implementación, operación y mantenimiento de cierta cantidad de estas plazas Wifi de manera proporcional al espectro radioeléctrico asignado.

La experiencia internacional sobre la asignación de bandas de frecuencia para servicios privados muestra que esta asignación se suele realizar en bandas de frecuencia aún en etapas de investigación, o en bandas de frecuencia con asignaciones existentes (incumbentes). En ambos casos se requiere el desarrollo y adopción de estándares específicos para la fabricación y el diseño de las redes, de tal manera que garanticen la coexistencia de servicios privados, servicios públicos y los servicios incumbentes en una misma banda de frecuencias.

Experiencias como el CBRS norteamericano demuestran que sí es posible el diseño de este tipo de escenarios de compartición de frecuencias, sin embargo, requiere un alto costo de coordinación, monitoreo y control por parte del administrador del espectro, para constantemente permitir las asignaciones de frecuencia de manera jerarquizada (1. Incumbentes, 2. Públicos, 3. Privados) evitando las interferencias con otras redes de telecomunicaciones.

En ningún escenario la autoridad que administra el espectro radioeléctrico identifica una banda de frecuencias IMT para el uso exclusivo de operadores privados. Esto traería como consecuencia la asignación de esta banda únicamente en pequeñas áreas de interés, dejando gran parte de la banda sin asignación. Esto a diferencia de las asignaciones de servicios públicos, que suelen ser realizadas a nivel nacional o a nivel regional.

## Conclusiones

La brecha de infraestructura de los servicios de telecomunicaciones exige la formulación de nuevas propuestas normativas técnico – económicas – legales que fomenten el despliegue de más infraestructura, principalmente en aquellas zonas rurales sin presencia de servicios de telecomunicaciones.

La dificultad del acceso, la baja densidad poblacional y el bajo poder adquisitivo de las zonas rurales obligan a pensar en diferentes tipos de productos y servicios comparados a los que se prestan en zonas urbanas, que impliquen menores costos para su implementación, pero que cumplan con el cometido de permitir a la población rural el ingreso al mundo TIC y los beneficios asociados.

Las operadoras de servicios públicos cumplen con su misión de prestar servicios de telecomunicaciones, no obstante llegado cierto punto, la tasa de retorno por la implementación de estaciones adicionales puede no ser incentivo suficiente para continuar con la expansión de cobertura. Esto en perjuicio de 47 000 localidades cuya población permanece aún sin acceso a los servicios de telecomunicaciones.

El MTC viene implementando algunos mecanismos para fomentar el crecimiento en zonas sin cobertura. De esta manera, mediante instrumentos como el Coeficiente de Expansión de Infraestructura (CEI) establecido en el Decreto Supremo N° 003-2018-MTC, las empresas operadoras de servicios móviles pueden invertir hasta el 40% de su canon anual en despliegue de nuevas estaciones base en localidades rurales sin cobertura.

Asimismo, el MTC viene anunciando que las próximas licitaciones de bandas de frecuencias de las bandas AWS-E y 2300 MHz no serán con fines recaudatorios, sino que se priorizará el establecimiento de conectividad en la zona selva y en zonas rurales sin cobertura. Con estos mecanismos se estima una conectividad de alrededor de 3000 nuevas localidades.

En este trabajo se analizó una propuesta para involucrar a las empresas privadas que no pertenecen al sector telecomunicaciones, pero con presencia en zonas rurales, en la tarea de brindar conectividad a localidades rurales aledañas sin acceso a los servicios de telecomunicaciones.

Para una empresa privada con constantes riesgos por conflictos sociales, el encontrar mecanismos para beneficiar a las localidades aledañas es un mecanismo para colaborar con



el crecimiento de ambas partes. De acuerdo con un estudio del MTC, la llegada del internet a zonas rurales repercute en un aumento en los ingresos de los pobladores, con los beneficios que conlleva el crecimiento económico.

La propuesta regulatoria de otorgar frecuencias licenciadas a empresas privadas a cambio de compromisos de despliegue de servicios de telecomunicaciones es viable para la empresa privada, en tanto el costo económico de los compromisos que asume no supere el costo económico de que la empresa privada contrate un operador PCS ya establecido en el mercado y con capacidad de implementar la red móvil privada de datos.

Cuando se hace mención al costo económico, se debe considerar todo el costo operativo de la obligación, así como todo el costo normativo regulatorio que involucra la prestación de un servicio, y por todo el periodo de vigencia de la asignación de la frecuencia. De ser un servicio que se brinda a través de una contraprestación o tarifa, le corresponde aplicar la normativa vigente de servicios públicos, con sus exigencias particulares de disponibilidad, cobertura y calidad dependiendo del tipo de servicio.

Dado que el objetivo de la propuesta regulatoria es conseguir prestación de servicios en localidades desatendidas aledañas a la empresa interesada, la propuesta regulatoria pierde validez si es que las localidades objetivo se encuentran cubiertas. Es decir, si todas las localidades objetivo cuentan con la prestación del servicio de interés (4G o internet fijo) entonces no debiera ponerse a disposición frecuencias licenciadas para la empresa privada, toda vez que los operadores de servicios públicos ya cubrieron la brecha de infraestructura en el área de interés.

La asignación de manera irrestricta de frecuencias licenciadas a empresas privadas tanto en zonas urbanas como en zonas rurales, tanto en zonas con cobertura como en zonas sin cobertura, a cambio de recaudación monetaria o a cambio del establecimiento de compromisos de conectividad en cualquier parte del país es un modelo de intervención diferente al analizado en el presente trabajo.

La identificación de bandas de frecuencias para servicios privados es una tarea compleja por cuanto requiere de mucha coordinación a nivel técnico. Los servicios públicos tienen preeminencia sobre los servicios privados, por lo que los ejercicios de identificación, atribución, canalización y asignación de frecuencias para servicios de acceso múltiples están orientados para su asignación a operadores de servicios públicos.

Desde el punto de la Gestión Pública, es más eficiente las asignaciones nacionales a un reducido grupo de operadores de servicios públicos, en un ambiente de libre y leal competencia, y que sean estos quienes atiendan la demanda de implementación de redes móviles privadas como parte de su portafolio de productos y servicios. De esta manera los costos de gestión, coordinación, monitoreo y control son trasladados al operador de servicios públicos; quién buscará la manera más óptima de explotar el recurso escaso asignado.

En ese sentido, utilizar bandas IMT, armonizadas a nivel internacional y con un alto ecosistema de equipos y terminales, para implementar redes móviles privadas no es una alternativa eficiente. Es más eficiente garantizar que los operadores de servicios públicos estén en condiciones de competir por el mercado, y, de ser necesario, regular el servicio de implementación de redes móviles privadas estableciendo las condiciones, requisitos y obligaciones que deberán considerar los operadores de servicios públicos para atender esta demanda.

Mediante asignaciones nacionales a operadores de servicios públicos, se obtienen mayores montos para el establecimiento de obligaciones de servicio. Estos mayores montos permitirían conseguir mayores avances en la reducción de la brecha de acceso a los servicios de telecomunicaciones. En ese sentido, la propuesta regulatoria de asignar espectro IMT para redes móviles privadas, en lugar de asignarlo a los operadores de servicios públicos, no solo ocasiona ineficiencia de asignación de un recurso escaso, sino que también resulta en una ineficiencia en el objetivo de reducir las brechas de acceso a los servicios de telecomunicaciones.

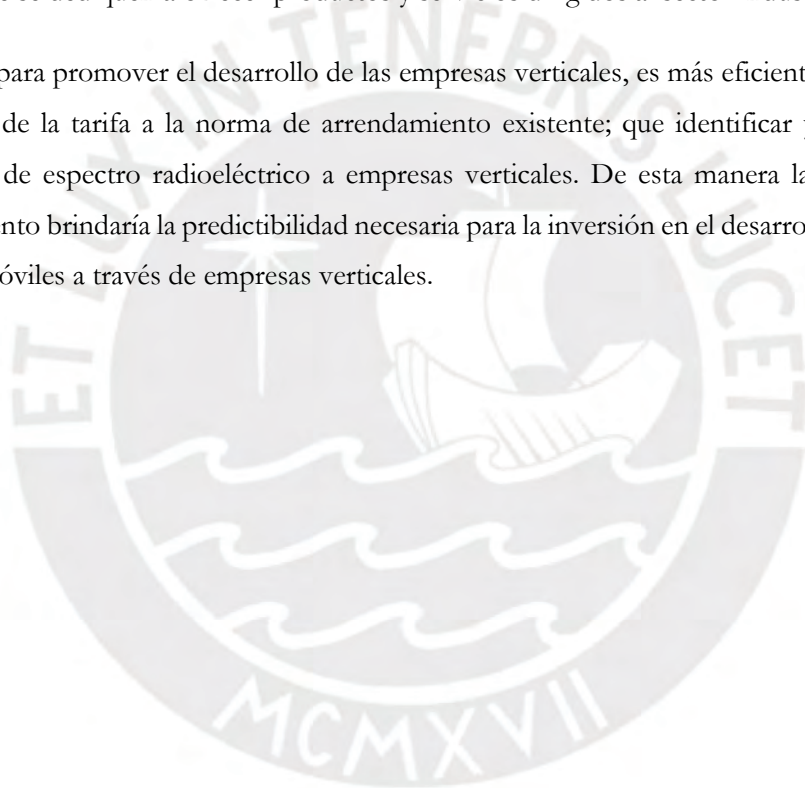
En caso sea identificada una porción de espectro, que no sea de interés para los operadores de servicios públicos y/o que no permita asignaciones a los operadores de servicios públicos, y que sea de interés para las empresas privadas para la implementación de redes móviles industriales, entonces la opción regulatoria estudiada en el presente trabajo sería de aplicación.

La demanda de las empresas industriales para la implementación de redes privadas de datos debe por lo tanto ser atendida mediante el espectro asignado a las empresas de servicios públicos. Para tal fin, la norma que regula el arrendamiento de bandas de frecuencias de espectro radioeléctrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, aprobada mediante Decreto Supremo N° 015-2019-MTC, tiene la finalidad de permitir a

cualquier empresa operadora de servicios públicos de telecomunicaciones acceder al espectro radioeléctrico asignado a los operadores de servicios móviles.

No obstante lo señalado, la norma que regula el arrendamiento únicamente establece las condiciones, los derechos y las obligaciones en el lado técnico y en el lado legal del acuerdo entre el arrendador y el arrendatario; pero la norma no establece pautas para el acuerdo económico entre ambas partes. En este sentido, al no establecerse ni valores tope ni pautas para el establecimiento de las tarifas, la norma del arrendamiento no cumple su objetivo debido a que los operadores podrán establecer precios altos por el arrendamiento de una porción de espectro, con la intención de evitar la aparición de nuevos operadores de servicios móviles que se dediquen a ofrecer productos y servicios dirigidos al sector industrial.

Entonces, para promover el desarrollo de las empresas verticales, es más eficiente agregar la regulación de la tarifa a la norma de arrendamiento existente; que identificar y regular la asignación de espectro radioeléctrico a empresas verticales. De esta manera la norma de arrendamiento brindaría la predictibilidad necesaria para la inversión en el desarrollo de redes privadas móviles a través de empresas verticales.



## Bibliografía

- 5G Americas. (2020). 5G technologies in private networks.
- Aijaz, A. (Dec de 2020). Private 5G: The Future of Industrial Wireless. IEEE Industrial Electronics Magazine, 14(4), 136-145. doi:10.1109/MIE.2020.3004975
- ERICSSON. (2020). Ericsson Mobility Report - November 2020.
- Golder Associates. (2010). Estudio de impacto ambiental proyecto minero Las Bambas. Resumen Ejecutivo.
- GSMA. (2019). Espectro 5G. Posición de política pública de la GSMA.
- GSMA. (2020). Mobile Networks for Industry Verticals: Spectrum Best Practice. GSMA.
- Heavy Reading. (2017). Private LTE networks.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (s.f.). Directorio Nacional de Centros Poblados. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm)
- International Telecommunication Union. (2020). The Last-mile Internet Connectivity Solutions Guide: Sustainable Connectivity Options for Unconnected Sites. Geneva.
- ITU. (2018). The economic contribution of broadband, digitization and ICT regulation.
- ITU and The World Bank. (2020). Digital Regulation Handbook. Geneva: ITU Publications.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). Plan Nacional de INFRAESTRUCTURA para la COMPETITIVIDAD.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2019). INFORME 257-2019-MTC/26-27. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/407432/Inf.\\_N\\_\\_257-2019-MTC\\_26\\_27\\_-\\_Parte\\_1.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/407432/Inf._N__257-2019-MTC_26_27_-_Parte_1.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Impacto económico del acceso a internet en los hogares peruanos. Documento de trabajo.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). Propuesta de asignación de bandas de frecuencia 3.5 Ghz y 26 GHz e Identificación de la banda de frecuencia de 6 GHz para el desarrollo de servicios y tecnologías digitales 5G y más allá.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (31 de enero de 2021). Decreto Supremo N° 004-2021-MTC. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/1608099-004-2021-mtc>

More, J., & Argandoña, D. (2019). Estado del espectro radioeléctrico en el Perú y recomendaciones para promover su uso en nuevas tecnologías. OSIPTEL, Gerencia de Políticas Regulatorias y Competencia.

More, J., & Gavilano, M. (2020). Estimación del número de estaciones base celular para atender la demanda de servicios móviles en el Perú al 2025. Documento de Trabajo, OSIPTEL, Dirección de Políticas Regulatorias y Competencia.

More, J., & Gavilano, M. (2020). Estimación del número de estaciones base celular para atender la demanda de servicios móviles en el Perú al año 2025. OSIPTEL.

Navas-Sabater, J., Dymond, A., & Juntunen, N. (2002). Telecommunications and information services for the poor : toward a strategy for universal access. The World Bank.

OCDE/BID. (2016). Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe: un manual para la economía digital. Paris: OECD Publishing. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264259027-es>

Quiñones Alayza, M. T., & Sattler Correa-Rey, V. (2008). Apuntes Sobre el Servicio Universal en un Régimen de Concurrencia. *Círculo de Derecho Administrativo - PUCP*(4), 35-49.

Real Wireless, Deloitte, & GSMA. (2014). *The Impact of Licensed Shared Use of Spectrum*.

Tafur Panduro, J. (2017). Análisis de soluciones tecnológicas que utilicen el uso compartido de espectro y propuestas técnicas para su implementación en el marco normativo peruano. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Tehrani, R., Vahid, S., Triantafyllopoulou, D., Lee, H., & Moessner, K. (2016). Licensed Spectrum Sharing Schemes for Mobile Operators: A Survey and Outlook. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, 2591-2623.





## Anexo 1

Lista de centros poblados ubicados en el área de influencia directa de la minera Las Bambas

UBIGEO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTROS POBLADO	ALTITUD (m s.n.m.)	Total Población censada
0305010061	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	MILLOCCASA	3 932	8
0305010067	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	QQUELLO	3 911	36
0305010072	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	CHACACANTA	3 937	20
0305010076	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	PUMAMARCA	3 912	461
0305010079	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	VENTANA	4 062	41
0305010080	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	CHOQUECCA	3 849	220
0305010083	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	ÑUÑUPATA	3 933	37
0305010085	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	HUINCHO	4 021	26
0305010086	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	CCOLPAYOC	3 754	46
0305010087	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	ANTUYO	3 971	153
0305010144	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA	PUMAMARCA	3 978	58
0305030054	APURIMAC	COTABAMBAS	COYLLURQUI	PAMPUTA	4 118	327
0305030058	APURIMAC	COTABAMBAS	COYLLURQUI	AYAHUILLCA	3 778	79
0305030061	APURIMAC	COTABAMBAS	COYLLURQUI	ANCHAPILLAY	4 138	62
0305030066	APURIMAC	COTABAMBAS	COYLLURQUI	HUANCUIRI	4 121	50
0305030067	APURIMAC	COTABAMBAS	COYLLURQUI	TOTORA	4 116	84
0305030068	APURIMAC	COTABAMBAS	COYLLURQUI	ANCCOCHIRI	4 116	35
0305030069	APURIMAC	COTABAMBAS	COYLLURQUI	CCONTAHUIRI	4 255	29
0305030090	APURIMAC	COTABAMBAS	COYLLURQUI	MILLPOCCOCHA	3 872	30
0305050021	APURIMAC	COTABAMBAS	MARA	CANCAYSILLO	3 762	52
0305050023	APURIMAC	COTABAMBAS	MARA	CHOQUEMAYO	3 768	66
0305050028	APURIMAC	COTABAMBAS	MARA	CHEQOLLO	3 784	77
0305060001	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CHALLHUAHUACHO	3 724	5 648
0305060003	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	QUEHUIRA	3 841	105
0305060004	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CHUSPIRE	4 103	36
0305060007	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	PANCHAMA	4 059	39
0305060008	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	ACCOACCO	3 977	21
0305060009	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	FUERABAMBA	3 835	44
0305060010	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CHALLAQUE	3 776	77
0305060011	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CHICÑAHUI	4 049	116
0305060012	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	TAQUIRUTA	3 877	16
0305060014	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	HUAYÑUNA	3 749	16
0305060015	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	MOSOCCLACTA	3 774	37
0305060016	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CHURAMA	3 757	25
0305060019	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CCAHUAPIRHUA (CCAHUAPIRWA)	3 928	105
0305060020	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	ILLIYO	3 823	43
0305060021	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	NANRA	3 821	38

UBIGEO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	CENTROS POBLADO	ALTITUD (m s.n.m.)	Total Población censada
0305060022	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CHAYCA	3 829	116
0305060024	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CCASA	3 799	81
0305060025	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	HUANACOPAMPA	3 920	251
0305060028	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CCARAYHUACHO	3 883	80
0305060048	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	HUANCUIRE	4 042	210
0305060066	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	HUANCARPALLA	3 762	17
0305060067	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	ALTA FUERABAMBA	3 876	56
0305060068	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	HUANCARANI	4 009	5
0305060069	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	ARAPIO (ARAPIOPATA)	4 011	79
0305060070	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	COMERCCACCA	4 006	3
0305060071	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CCOLPAPUCYO 2/	4 082	104
0305060072	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	HUAICO (HUAICO HUAICO)	3 858	28
0305060073	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CHUICUNI	3 821	120
0305060074	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CHUICUNI BAJO(CUYCUNI BAJO)	3 753	31
0305060092	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	URAYPAMPA CCARAMPA	3 721	37
0305060094	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	MANUEL SEOANE CORRALES	3 732	52
0305060106	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	SACCANA	3 765	74
0305060109	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	HAWAPAYLLA	3 976	28
0305060117	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	PUMAHUASI	3 804	27
0305060121	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	SANTA ROSA DE HUANCUIRI	3 938	91
0305060132	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	CARMEN ALTO	3 824	47
0305061000	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALLHUAHUACHO	PUMARUMI		8
0307080019	APURIMAC	GRAU	PROGRESO	CCONCCACCA PAMPA	3 960	88
0307080028	APURIMAC	GRAU	PROGRESO	LLOCCOLLOCCO	3 937	14
0307080029	APURIMAC	GRAU	PROGRESO	CCONCCACCA RECOR	3 872	218
0307080038	APURIMAC	GRAU	PROGRESO	CHUMILLE	4 043	57
0307080039	APURIMAC	GRAU	PROGRESO	CCASA PATA	3 967	13