



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica
Unidad de Posgrado

**Estudio de la gestión eficiente de las bandas de
frecuencia para el desarrollo de los servicios públicos
de telecomunicaciones en el Perú**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en
Telecomunicaciones

AUTOR

Rómulo Alfonso MIGUEL ATO

ASESOR

Dr. Carlos Alberto SOTELO LÓPEZ

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Miguel, R. (2025). *Estudio de la gestión eficiente de las bandas de frecuencia para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Rómulo Alfonso Miguel Ato
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09139449
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-3087-567X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Sotelo López
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07017259
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8960-6567
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Martin Moises Soto Córdova
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10430418
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Daniel Diaz Ataucuri
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07139361
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Williams Fernando Acosta Solorzano
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06434186
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Moreno Paredes
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	01292577
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.5. Comunicaciones inalámbricas.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.056667° Longitud: -77.096111°
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022 - 2024
URL de disciplinas OCDE	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05 Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04



Acta de Sustentación de Tesis para Optar el Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones

Siendo las **15:00** horas del día 04 de setiembre de dos mil veinticinco, en el salón de grados de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, el Jurado de Tesis conformado por los siguientes docentes:

Presidente : Mg. Soto Cordova Moises
Miembro : Mg. Diaz Ataucuri Daniel
Miembro : Dr. Carlos Alberto Moreno Paredes
Miembro : Dr. Williams Fernando Acosta Solorzano
Asesor : Dr. Carlos Alberto Sotelo Lopez

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **“Estudio de la gestión eficiente de las bandas de frecuencia para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú”**, presentada por el egresado, **Rómulo Alfonso Miguel Ato**, con código N° **03197009**, egresado del programa de posgrado Maestría en Telecomunicaciones.

Concluida la sustentación, los miembros del Jurado de Tesis procedieron a formular sus preguntas las que fueron absueltas por el graduando; acto seguido se procedió con la evaluación correspondiente. En forma colegiada, el jurado asigno el calificativo:

BUENA (15) QUINCE

Aprobada la sustentación de la Tesis, el jurado evaluador recomienda al Consejo de Facultad que se apruebe el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones a don **Rómulo Alfonso Miguel Ato**.

Siendo las **16:30** horas, se levantó la sesión.

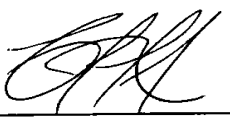
Se deja constancia del acto mediante las firmas del jurado de sustentación y asesor de la tesis en la presente acta:


Mg. Martín Moisés Soto Córdoba
Presidente


Mg. Daniel Díaz Ataucuri
Miembro


Dr. Carlos Alberto Moreno Paredes
Miembro


Dr. Williams Fernando Acosta Solorzano
Miembro


Dr. Carlos Alberto Sotelo López
Asesor



Anexo 1
CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Carlos Alberto Sotelo Lopez**, en mi condición de asesor acreditado con DICTAMEN N° 079/UPG-FIEE/17 de la tesis cuyo título es “Estudio de la gestión eficiente de las bandas de frecuencia para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú”, presentado por el egresado Rómulo Alfonso Miguel Ato, para optar el Grado Académico de Magister en Telecomunicaciones, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 10% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Grado Académico de Magister en Telecomunicaciones.

Lima, 10 de setiembre de 2025

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor:

Dr. Carlos Alberto Sotelo Lopez

DNI: 07017259

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

Información básica

FACULTAD: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA

TÍTULO: “ESTUDIO DE LA GESTIÓN EFICIENTE DE LAS BANDAS DE FRECUENCIA PARA EL DESARROLLO DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL PERÚ”

AUTOR: RÓMULO ALFONSO MIGUEL ATO

CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3087-567X>

ASESOR: CARLOS ALBERTO SOTELO LÓPEZ

CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8960-6567>

LUGAR DE EJECUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS - FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA

TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADA, CUALITATIVA NO EXPERIMENTAL

TEMA OCDE: TELECOMUNICACIONES

Dedicatoria

A Dios en ti confío por su inmensa bondad y misericordia

A mi amada esposa Mariela por su apoyo incondicional y paciencia

A mis adoradas hijas Mariel y Maite por ser mi mayor motivación y fortaleza

A mis queridos padres Ezequiel (+) y Rosa (+) por su infinito amor y dedicación

Agradecimientos

A Dios por guiarme a través de mi carrera profesional, por darme la fortaleza necesaria para superar dificultades y brindarme su protección en todo momento.

A mis padres, esposa e hijas, quienes son la inspiración de mi vida.

Al profesor Carlos Alberto Sotelo López por brindar y compartir sus conocimientos y su apoyo incondicional en cada etapa del trabajo.

A la FIEE de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por haberme permitido formarme en ella.

Índice general

Información básica	iii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	4
1.2.1. Problema principal	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Justificación teórica	6
1.4. Justificación práctica	6
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos	7
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco Filosófico o Epistemológico de la investigación	8
2.2. Antecedentes de la investigación	9
2.3. Bases Teóricas	11
2.3.1. Espectro radioeléctrico	11
2.3.2. Recurso limitado	13
2.3.3. Características del espectro radioeléctrico	14
2.3.4. Bandas de frecuencias	16
2.3.5. Marco normativo aplicable al uso del espectro	23
2.3.6. Planificación de la banda 2.3 GHz	33
2.3.7. Planificación de la banda 2.5 GHz	35
2.3.8. Planificación de la banda 3.5 GHz	38
2.3.9. Reordenamiento del espectro radioeléctrico	45
2.3.10. Gestión eficiente del espectro radioeléctrico	49
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES	54
3.1. Hipótesis	54
3.1.1. Hipótesis general	54
3.1.2. Hipótesis específicas	54
3.2. Identificación de variables	54

3.2.1.	<i>Variable independiente</i>	55
3.2.2.	<i>Variable dependiente</i>	55
3.3	Operacionalización de las variables	56
3.3.1	Variable independiente	56
3.3.2	Variable dependiente	56
3.4	Matriz de consistencia	57
	CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO	58
4.1.	Tipo y diseño de investigación	58
4.2.	Unidad de análisis	59
4.3.	Propuesta sobre el reordenamiento de bandas medias IMT-2020	59
4.4.	Análisis y descripción del modelo propuesto	61
4.5.	Metodología de reordenamiento del espectro	63
	CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
5.1.	Análisis, interpretación y discusión de resultados	72
5.2.	Pruebas de hipótesis	75
5.3.	Presentación de resultados	76
	Conclusiones	79
	Recomendaciones	82
	Referencias	84
	Bibliografía	90
	Anexos	94

Lista de tablas

Tabla 1. Compatibilidad de dispositivos 5G con el espectro de bandas medias	22
Tabla 2. Bandas identificadas por el sector UIT-R para las IMT-2020	26
Tabla 3. Características de operación de la banda 2.3 GHz	35
Tabla 4. Características de operación de la banda 2.5 GHz	37
Tabla 5. Escenarios de uso 5G	39
Tabla 6. Características de operación de la banda 3.5 GHz	44
Tabla 7. Operacionalización de la variable independiente	56
Tabla 8. Operacionalización de la variable dependiente	57

Lista de figuras

Figura 1. Espectro electromagnético y radioeléctrico	12
Figura 2. Proyecciones 5G	16
Figura 3. Suscripciones móviles por tecnología	17
Figura 4. Tráfico de datos de red móvil global y crecimiento interanual	18
Figura 5. Crecimiento de dispositivos 5G	19
Figura 6. Estimación de las necesidades de espectro para IMT	20
Figura 7. Proyección del crecimiento de 5G al 2030	40
Figura 8. 5G como porcentaje del total de conexiones en 2030	40
Figura 9. Escenarios de uso 5G	42
Figura 10. Atribución banda 3.5 GHz en la Región 2	43
Figura 11. Disposiciones de frecuencias en la banda 3.5 GHz	44
Figura 12. Canalización del rango 3.4 – 3.6 GHz	62
Figura 13. Canalización banda 3.5 GHz	63
Figura 14. Uso banda 3.3 – 4.2 GHz	64
Figura 15. Asignación actual del rango 3.4 – 3.6 GHz	65
Figura 16. Alternativa 1 de reordenamiento del rango 3.3 – 3.7 GHz	67
Figura 17. Alternativa 2 de reordenamiento del rango 3.3 – 3.7 GHz	69
Figura 18. Propuesta de reordenamiento del rango 3.3 – 3.7 GHz	71

Lista de anexos

Anexo 1. Definición de rangos de frecuencias	94
Anexo 2. Bandas operativas NR en FR1	94
Anexo 3. Bandas de acceso	97
Anexo 4. Causales de reversión del espectro al Estado	97
Anexo 5. Numerales de los Lineamientos de apertura	98
Anexo 6. 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	100
Anexo 7. Atribución de la banda 2.3 GHz	100
Anexo 8. Disposiciones de frecuencias para la banda 2.3 GHz	102
Anexo 9. Canalización de la banda 2.3 GHz (2 300 – 2 400 MHz)	103
Anexo 10. Banda 2.3 GHz	103
Anexo 11. Atribución de la banda 2.5 GHz	104
Anexo 12. Disposiciones de frecuencias para la banda 2.5 GHz	104
Anexo 13. Canalización de la banda 2.5 GHz (2 500 – 2 690 MHz)	105
Anexo 14. Banda 2.5 GHz	106
Anexo 15. Atribución de la banda 3.3 – 4.2 GHz	106
Anexo 16. Disposiciones de frecuencias para la banda 3.5 GHz	107
Anexo 17. Canalización de la banda 3.5 GHz (3.3 – 3.8 GHz)	107
Anexo 18. Reglamento específico para el reordenamiento	108
Anexo 19. Matriz de consistencia	109

Acrónimos

3GPP. 3rd Generation Partnership Project, Proyecto de Asociación de Tercera Generación

AI. Artificial Intelligence, Inteligencia Artificial

Americatel. Americatel Perú S.A.

APT. Telecomunidad Asia-Pacífico

AWS. Advanced Wireless Services, Servicios Inalámbricos Avanzados

Big data. Datos masivos

Bitel. Viettel Perú S.A.C.

Blockchain. Cadena de bloques

BWA. Broadband Wireless Access, Acceso inalámbrico de banda ancha

CA. Carrier Aggregation, Agregación de portadoras

CEPT. European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones

CITEL. Interamerican Telecommunication Commission, Comisión Interamericana de Telecomunicaciones

Claro. América Móvil S.A.C.

Cloud computing. Computación en la nube

CMR. World Radiocommunications Conferences, Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones

CNAF. Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias

CORPAC. Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A.

EB. Exabyte

ECC. Electronic Communications Committee, Comité de Comunicaciones Electrónicas

eMBB. extreme Mobile Broadband, Banda Ancha Móvil Mejorada

Entel. Entel Perú S.A.

FDD. Frequency Division Duplexing, Duplexación por División de Frecuencia

GSA. Global Mobile Suppliers Association

GSMA. Global System for Mobile Communications Association

IMT. International Mobile Telecommunications, Telecomunicaciones móviles internacionales

IoT. Internet of Things, Internet de las cosas

mMTC. massive Machine-Type Communications, Comunicaciones Masivas de Tipo Máquina

MNOS. Operadores de red móviles

MTC. Ministerio de Transportes y Comunicaciones

NS. Network Slicing, Partición de red

NSA. Non-Stand Alone, No autónomo

PBI. Producto Bruto Interno

PNAF. Plan Nacional de Atribución de Frecuencias

PROINVERSION. Agencia de Promoción de la Inversión Privada

ptp. Point-to-point. Punto a punto

PTMP. Point-to-multipoint. Punto a multipunto

QUALCOMM. Qualcomm Incorporated

RNF. Registro Nacional de Frecuencias

Roaming. Itinerancia

RR. Reglamento de Radiocomunicaciones

TdP. Telefónica del Perú S.A.A.

TDD. Time Division Duplexing, Duplexación por División de Tiempo

TUO de la Ley. Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones

TUO del Reglamento. Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones

UIT. Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R. Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Radiocomunicaciones

URLLC. Ultra Reliable Low Latency Communications, Comunicaciones Ultra Fiables de Baja Latencia

Resumen

Esta investigación muestra la situación sobre el uso del espectro con relación a los servicios brindados actualmente y al despliegue de nuevos servicios; por ello, se analiza el estudio de la gestión del espectro para determinar su uso eficiente, considerando aspectos relacionados con la atribución de servicios, canalización de bandas y asignación de frecuencias para la provisión de servicios móviles, así como del proceso de reordenamiento de bandas de frecuencias para la implantación de sistemas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2020, considerando las tendencias globales. Las bandas de mayor importancia a ser analizadas son 2.3 GHz, 2.5 GHz y 3.5 GHz, para su uso con tecnologías avanzadas, precisando que para la selección de la muestra se consideró aquellas bandas medias que presentan mayor potencial para la innovación tecnológica y de ahí su importancia en evaluarlas. El estudio se efectúa en base al marco normativo que regula aspectos concernientes a la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones según lo establecido en la Ley de Telecomunicaciones y su Reglamento, el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, recomendaciones de organismos internacionales de estandarización y reportes técnicos de comités especializados, y de información publicada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Así el reordenamiento de las bandas es crucial para una eficiente gestión del espectro, ya que contribuye en la utilización óptima del espectro y al despliegue de redes con tecnologías innovadoras; por consiguiente, promueve la competencia entre operadores, optimiza la calidad del servicio, propicia la innovación de la infraestructura y amplía la cobertura, con la finalidad de satisfacer la demanda actual y futura de los servicios móviles.

Palabras clave: gestión del espectro, atribución de servicios, asignación de espectro, canalización de bandas de frecuencias, reordenamiento de una banda de frecuencias.

Abstract

This research shows the situation regarding the use of the spectrum in relation to the services currently provided and the deployment of new services; therefore, the study of spectrum management is analyzed to determine its efficient use, considering aspects related to the allocation of services, channeling of bands and assignment of frequencies for the provision of mobile services, as well as the process of reordering frequency bands for the implementation of International Mobile Telecommunications systems 2020, considering global trends. The most important bands to be analyzed are 2.3 GHz, 2.5 GHz and 3.5 GHz, for use with advanced technologies, specifying that for the selection of the sample those medium bands that present the greatest potential for technological innovation were considered and hence their importance in evaluating them. The study is carried out based on the regulatory framework that regulates aspects concerning the provision of public telecommunications services as established in the Telecommunications Law and its Regulations, the National Frequency Allocation Plan, recommendations of international standardization organizations and technical reports of specialized committees, and information published by the Ministry of Transport and Communications. Thus, the rearrangement of the bands is crucial for efficient spectrum management, since it contributes to the optimal use of the spectrum and the deployment of networks with innovative technologies; therefore, it promotes competition between operators, optimizes quality of service, fosters infrastructure innovation and expands coverage, to meet current and future demand for mobile services.

Keywords: radio spectrum management, service allocation, spectrum assignment, channeling of frequency bands, rearrangement of a frequency band.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

La presente tesis está referida al desarrollo de aspectos relacionados a la gestión eficiente del espectro en base al análisis y evolución de las tendencias de las bandas identificadas por el 3GPP¹, sobre la atribución de servicios, canalización de bandas de frecuencias y asignación de espectro, procedimientos administrativos relevantes para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2020, (IMT-2020)², susceptibles a mejoras para el despliegue de tecnologías de banda ancha móvil haciendo un uso eficiente del espectro, y así promover la competencia de los servicios públicos móviles entre operadores. De este modo, las IMT-2020 son sistemas móviles de elevado rendimiento que incluyen mayores capacidades con características de operación óptimas que permiten acceder a un gran número de aplicaciones de banda ancha inalámbrica a gran escala que requieren del uso de diferentes cantidades y rangos de frecuencias que influyen en los costos y en la performance de la red; es decir, para desarrollar sus servicios la tecnología 5G requiere de mayor espectro que este armonizado utilizando diversos rangos de frecuencias y cantidades diferentes por rango, que admita la operación de redes bajo un entorno de especificaciones estandarizadas como, cobertura de área amplia, gran capacidad, velocidad de descarga rápida, latencia ultra baja, alta disponibilidad, seguridad, confiabilidad, entre otros, requerimientos que en su totalidad no convergen simultáneamente entre sí para un solo

¹ 3GPP. Organismo de estandarización técnica que abarca radio, redes de núcleo y arquitectura de servicio
http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136100_136199/136101/12.07.00_60/ts_136101v120700p.pdf

² IMT. Término utilizado por la UIT que engloba a las IMT-2000, IMT Advanced e IMT-2020
https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-1!!PDF-S.pdf

rango de frecuencias. En ese sentido, para prestar servicios con calidad, 5G requiere disponer de mayor cantidad de espectro en los rangos comprendidos por debajo de 1 GHz que permita ampliar su área de cobertura en zonas de baja densidad poblacional; entre 1 GHz a 6 GHz que ofrezca mayor capacidad de tráfico y elevada penetración en zonas urbanas de alto consumo de tráfico de datos; y superiores a 6 GHz a fin de alcanzar velocidades ultra altas. Además, la UIT³, precisó las bandas para servicios destinados a las IMT en las bandas 700 MHz, 800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1 800 MHz, 1 900 MHz, 2 100 MHz, 2.3 GHz, 2.5 GHz, y 3.5 GHz, entre otras, las cuales operan con diferentes esquemas de duplexación. Asimismo, para establecer la configuración apropiada se requiere evaluar el grado de desarrollo a nivel internacional de estas bandas, señalándose que la categoría alcanzada por el ecosistema de equipos de última generación se determina en base al número de dispositivos que reporta periódicamente la Global Mobile Suppliers Association, (GSA)⁴, de tal manera que pueden cuantificarse las bandas que tienen mayores economías de escala. De ahí que aparte de verificar aspectos relacionados con las redes deben considerarse otros criterios como antigüedad, número de usuarios suscriptos, plataforma de red, tecnología, y otros criterios técnicos y administrativos que permitan proporcionar información específica para valorar el desempeño esperado de dichas bandas.

Se efectúa la apreciación de las experiencias internacionales sobre la canalización de bandas, encontrándose que éstas diferían a las utilizadas en el país. Al respecto, los procesos de recanalización realizados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (MTC)⁵, han sido necesarios para adecuar las bandas de interés a las tendencias actuales, por lo que se requirió dimensionar el grado de utilización de dichas bandas, a fin de proyectar el reordenamiento de éstas con el propósito de optimizar el uso y aprovechamiento del espectro facilitando la provisión de los servicios. También, se precisa que en el desarrollo del estudio no se ha considerado bandas de frecuencia destinadas a enlaces radioeléctricos utilizando bandas licenciadas o no licenciadas en disposición ptp o PTMP, ni enlaces satelitales, por no corresponder

³ UIT. Organismo internacional que se encarga de la gestión de las telecomunicaciones a nivel global <https://www.ungeneva.org/es/about/organizations/itu>

⁴ GSA. Organización industrial sin fines de lucro que representa a los proveedores de la industria de las comunicaciones móviles. GSA promueve activamente la tecnología 3GPP, como 3G, 4G y 5G. GSA es un socio de representación del mercado en 3GPP y coopera con organizaciones como COAI, ETSI, GSMA, ICU, ITU, la Conferencia Europea de Administraciones Postales y de Telecomunicaciones (CEPT-ECC), otros organismos reguladores regionales y otras asociaciones de la industria https://en.m.wikipedia.org/wiki/Global_Mobile_Suppliers_Association

⁵ MTC. Es el órgano del Estado Peruano que tiene competencia en materia de infraestructura y servicios de comunicaciones a nivel nacional en el marco de la normatividad vigente

a los objetivos del estudio. Las bandas de interés adquieren un rol determinante en el dimensionamiento de la plataforma de red a implementar a fin de obtener cobertura y capacidad apropiadas que garanticen la calidad del servicio. Para tal efecto, se expone la problemática de la gestión del espectro y se justifica la importancia de la investigación describiéndose el marco teórico para el desarrollo de esta investigación, indicando que como es un recurso limitado debe ser usado eficientemente para la provisión de los servicios móviles, así como el marco normativo del espectro que permite verificar su utilización adecuada para contribuir con la mejora de la gestión del espectro. Asimismo, se analiza la situación de las bandas identificadas para las comunicaciones avanzadas de telecomunicaciones, en aspectos referidos a la atribución de servicios, plan de canalización, asignación de espectro y posterior reordenamiento de una banda de frecuencias, con el propósito de analizar su implantación de acuerdo con los servicios actuales a través de la armonización de frecuencias y desarrollar la propuesta de reordenamiento del espectro para la utilización óptima de las bandas medias en estudio, teniendo en cuenta la importancia de estas y los beneficios a ser obtenidos por el uso eficiente del espectro. Considerando el comportamiento del espectro y debido a su entorno descrito como un recurso natural, inestimable y limitado para la evolución de las telecomunicaciones, resultó apropiada la recanalización de ciertas bandas para la gestión eficiente y aprovechamiento del espectro, a fin de ser utilizado de la mejor forma posible para la provisión de los servicios móviles, permitiendo el avance de ellos en términos de cobertura, calidad del servicio, infraestructura y competencia, así como para la introducción de nuevas tecnologías de comunicaciones, sin soslayar que para su provecho pueda existir mayor demanda que la disponibilidad del mismo. En tal sentido, la investigación está orientada a analizar la relevancia de la gestión eficiente del espectro en base a las acciones normativas efectuadas por el MTC en las citadas bandas de frecuencias para las comunicaciones móviles y consecuentemente, del reordenamiento de bandas, haciendo énfasis en el aprovechamiento del espectro, toda vez que es de interés de los proveedores de servicios móviles de disponer de un número mayor de bandas para prestar estos servicios móviles, y de acuerdo a ello, poder acceder a una mayor cantidad de espectro mediante la redistribución de este recurso, facilitando que los usuarios tengan la posibilidad de elegir al operador y el servicio que mejor se adecúe a sus intereses. Cabe indicar, que la mejora en la política de la gestión eficiente del espectro para promover la competencia de los operadores de

servicios móviles y asegurar el uso adecuado de este recurso compartido en lo que respecta a la atribución, canalización y asignación, es a través del reordenamiento de bandas de frecuencias que permita acceder a los beneficios de su utilización armonizada, considerando la atribución y canalización de las bandas conforme a lo establecido por recomendaciones y disposiciones de organismos como la UIT, el ECC⁶, la CITELE⁷ y la GSMA⁸, para la provisión de servicios móviles en dichas bandas y así beneficiarse de las economías de escala. En virtud de lo señalado, la masificación de los servicios móviles mediante la aplicación de tecnologías innovadoras, se garantiza a través de la disposición de bandas que armonicen con las tendencias globales en la explotación de ellas, lo que constituye una gestión inicial para los diversos procesos que contribuirán a promover el aprovechamiento de tecnologías de elevada eficiencia espectral y ecosistemas consolidados, proporcionando el uso eficiente del espectro.

1.2. Formulación del Problema

La situación real de uso del espectro presentó serios inconvenientes y dificultades, debido a que gran parte de las asignaciones de espectro fueron, en su momento, asignadas a solicitud de parte y no por concurso público y en algún caso de manera desproporcionada; también se observó que la aplicación inadecuada de la atribución de servicios impedía la armonización para su uso con las IMT-2020, o la canalización de bandas de frecuencias no eran aptas técnicamente para brindar servicios móviles, generándose inconvenientes en la operatividad debido que no

⁶ ECC. Comité de Comunicaciones Electrónicas de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT). Organización creada en 1959 por 19 países, que en sus primeros diez años de existencia se ampliaron a 26. Los miembros originales eran las administraciones de correos y telecomunicaciones que tenían el monopolio. Las actividades de la CEPT incluían la cooperación en cuestiones comerciales, operativas, reglamentarias y de normalización técnica. En la actualidad, 46 países son miembros de la CEPT
<https://www.cept.org/cept>

⁷ CITELE. Organismo encargado de fomentar el desarrollo de las telecomunicaciones y la armonización del espectro
<https://www.oas.org/ext/en/main/oas/our-structure/agencies-and-entities/citel/About/Details/category/citel/about-citel>

⁸ GSMA. Global System for Mobile Communications Association. Asociación que representa los intereses de los operadores móviles de todo el mundo y reúne a más de 750 operadores con casi 400 empresas del ecosistema móvil más amplio, incluidos fabricantes de teléfonos y dispositivos, empresas de software, proveedores de equipos y empresas de Internet, así como organizaciones de sectores industriales adyacentes
<https://asksource.info/organisations/gsma>

estaban acordes con las recomendaciones propuestas por los organismos internacionales de estandarización, aspectos que impiden el desarrollo de redes móviles evolucionadas, limitando la expansión de la cobertura y haciendo imposible aprovechar las economías de escala para el equipamiento y terminales, así los actos administrativos sobre las que se soportan dichos servicios resultan inapropiadas para el desarrollo de servicios y aplicaciones novedosas, no contribuyendo al despliegue de redes con tecnologías de comunicaciones avanzadas. Adicionalmente, el proceso de transferencia de espectro realizado entre concesionarios generó un desequilibrio acarreado que potenciales competidores no pudieran ingresar al mercado.

De acuerdo con lo indicado, el reordenamiento de bandas, mecanismo significativo de la gestión eficiente del espectro, es un proceso que permite la utilización óptima del espectro y de allí reside su importancia fundamental para la introducción y desarrollo de la tecnología de quinta generación, por tal motivo se plantean seguidamente las interrogantes que esta investigación dará respuesta.

1.2.1. Problema principal

- ¿En qué consiste la gestión eficiente de las bandas de frecuencias para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo la gestión eficiente del uso del espectro facilita la rápida implantación de tecnologías de última generación en el país?
- ¿Cómo el reordenamiento de una banda de frecuencias permite la coexistencia de diferentes tecnologías para la prestación simultánea de servicios móviles actuales y la introducción de servicios y aplicaciones móviles de nuevas tecnologías?

1.3. Justificación teórica

La presente investigación provee un procedimiento metodológico que puede ser empleado para futuros estudios o investigaciones relacionadas con la utilización óptima del espectro en servicios de comunicaciones móviles.

1.4. Justificación práctica

La presente investigación tiene una aplicación práctica en la gestión y utilización óptima del espectro, cuya administración y control a nivel nacional está bajo la dirección del MTC.

1.5. Objetivos

En concordancia con lo expuesto, se consigna el objetivo general que permita alcanzar la meta de la investigación, así como los objetivos específicos.

1.5.1. Objetivo general

- Proponer la gestión eficiente de las bandas de frecuencias para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar como el modo de gestión eficiente del uso del espectro facilita la rápida implantación de tecnologías de última generación en el país.
- Determinar como el reordenamiento de una banda de frecuencias permite la coexistencia de diferentes tecnologías para la prestación simultánea de servicios móviles actuales y la introducción de servicios y aplicaciones móviles de nuevas tecnologías.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Filosófico o Epistemológico de la investigación

Dentro del contexto y enfoque de la investigación, se precisa de conceptos relevantes sobre la justificación del conocimiento aplicado al uso del espectro, que permita determinar el enfoque metodológico a desarrollar a fin de lograr la utilización óptima del espectro de una determinada banda de frecuencias, lo cual implica el análisis de teorías, conceptos y supuestos dentro del proceso de investigación, incluyendo sus limitaciones. En ese sentido, la epistemología ayuda a la comprensión del saber a través de los indicadores de las variables consideradas para admitir la certidumbre del conocimiento, e acuerdo a ello, el marco epistemológico se refiere a como se encamina una investigación para entender el conocimiento e interpretar la realidad.

El estudio sobre el uso del espectro se debe que al ser un recurso limitado, éste tiene que ser utilizado de manera óptima para la prestación de los servicios actuales y futuros evitando posibles interferencias, debido a ello, el marco epistemológico referido al reordenamiento de bandas de frecuencias se soporta principalmente en políticas públicas objetivas y en una gestión flexible del espectro que se adapte a los cambios y avances tecnológicos para el derecho de uso de este recurso, que permita establecer mecanismos y criterios adecuados para el manejo del espectro, interpretación y validación de los resultados. En este marco epistemológico se considera la reevaluación actual de la atribución de servicios en la banda 3.5 GHz, la

canalización de la banda, la revisión de la asignación del espectro, las tecnologías innovadoras y las tendencias internacionales sobre el tema, todo ello con el propósito de brindar servicios de calidad y permitir el despliegue rápido de 5G; en otras palabras, el marco epistemológico del proceso de reordenamiento de una banda, se fundamenta en que debido a la naturaleza del espectro, éste debe ser administrado y utilizado de forma eficiente para la prestación de servicios de comunicaciones móviles con altos niveles de calidad que posibilite adicionalmente la implantación de nuevas tecnologías; de este modo, la orientación del marco epistemológico del reordenamiento encamina la manera de realizar la investigación en cuanto a la justificación de la metodología y la interpretación de los resultados para lograr el objetivo general propuesto.

Asimismo, en aplicación a este marco se tomó en cuenta antecedentes, información relevante, reportes especializados y trabajos relacionados con la presente investigación, para realizar el análisis teórico de los fundamentos del proceso de reordenamiento a ser desarrollado, a fin de que el estudio cumpla con los objetivos planteados. Dentro de este contexto, se contempla elementos primordiales que intervienen en el estudio, determinación de procedimientos e interpretación de datos, así como aspectos relacionados con el conocimiento, resultados y conclusiones. Finalmente, puede señalarse que la teoría del conocimiento es crucial para desarrollar una investigación de calidad, ya que establece una trayectoria consistente del conocimiento y el marco conceptual necesario.

2.2. Antecedentes de la investigación

Debido al comportamiento, a la relevancia que tienen las variables a ser estudiadas y a la coyuntura actual en la que se viene reevaluando la adjudicación del espectro radioeléctrico en la banda 3.5 GHz a través de un proceso previo de reordenamiento de esta banda de frecuencias, se tuvo en consideración revisar trabajos de tesis de grado relacionadas con el presente tema de investigación, así, de la

información de estas investigaciones publicadas por diversas fuentes en los últimos años, se consideraron el resumen, el objetivo general, las conclusiones y las recomendaciones de las siguientes investigaciones:

Según Tejeda (2019) indica que el reordenamiento de bandas, como componente fundamental de la gestión del espectro, facilita el despliegue de servicios de tecnología superior y la optimización de los servicios actuales, a fin de obtener como resultado del reordenamiento ventajas en aspectos relacionados a la tecnología, viabilidad financiera y mejora de la calidad de vida, precisando criterios específicos de dicho proceso.

En este contexto, formula propuestas de reordenamiento del espectro a través de principios administrativos de la liberalización de asignación de espectro para permitir el uso óptimo del espectro e impulsar su aprovechamiento, para lo cual tomó como material de referencia las recomendaciones e informes emitidos por la UIT; además, fundamenta el soporte teórico en aspectos relacionados al uso de tecnologías emergentes, a la provisión de nuevos servicios y al uso óptimo de la banda. Asimismo, el enfoque desarrollado de la investigación es del tipo cualitativo y de nivel explicativo. De acuerdo a lo señalado, la conclusión principal de esta investigación consiste en que mediante la gestión dinámica del espectro a través del proceso de reordenamiento, se logra el mejor uso del espectro basándose en estándares internacionales, con el propósito de alcanzar el mayor bienestar posible; también, propone realizar el reordenamiento de la banda 3.5 GHz para lograr la utilización óptima del espectro desde la perspectiva de los operadores de esta banda y permitir el desarrollo de los servicios móviles para promover su mejora y atender la demanda de espectro.

Según Rodríguez y More (2021) proponen que el objetivo principal de la investigación, consiste en analizar el procedimiento de licitación actual para la asignación de espectro a los servicios de telecomunicaciones y plantear una estrategia actualizada a los requerimientos de las tecnologías emergentes, para lo cual realizan un enfoque cualitativo con diseño descriptivo y cualitativo multicriterio; además, la investigación permite desde una perspectiva académica la difusión sobre las variantes de subastas existentes para la asignación de espectro. También, la base teórica la toman

de la información elaborada por organismos internacionales de estandarización y entidades nacionales, teniendo en cuenta criterios relevantes para el despliegue de nuevas tecnologías, siendo éstos considerados para determinar el modelo cualitativo propuesto, la facilidad para la realización de la licitación, la asimetría de información, la asignación eficiente del recurso y la naturaleza del espectro. Finalmente, como conclusión de la investigación señalan que la subasta actual para adjudicación de espectro no es conveniente para ser aplicada a tecnologías emergentes, pudiéndose realizar mediante un nuevo mecanismo de asignación, considerando la posibilidad de concursar por un determinado tamaño de bloque de frecuencia flexible de acuerdo con el plan de negocio individual de cada postor.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Espectro radioeléctrico

La radiación electromagnética, en términos generales, se define como la propagación simultánea del campo eléctrico y campo magnético originados por una carga eléctrica en movimiento, es decir, el espectro electromagnético es el conjunto total de longitudes de onda de radiaciones electromagnéticas que abarcan desde las de mayor energía hasta las de menor energía, las mismas que son transmitidas a la velocidad de la luz, siendo infinito el límite superior teórico del espectro. De esta forma el espectro electromagnético está conformado por rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, espectro visible, radiación térmica o rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio, estas dos últimas conforman el espectro radioeléctrico, como se muestra en la Figura 1. Asimismo, el espectro tiene una amplia gama de posibles escenarios y normativas para lograr el uso eficiente de este recurso; además, el avance tecnológico de nuevas tecnologías permite brindar diversas aplicaciones de acuerdo al rango de frecuencias que se utilice, como son las bandas bajas, medias y altas.

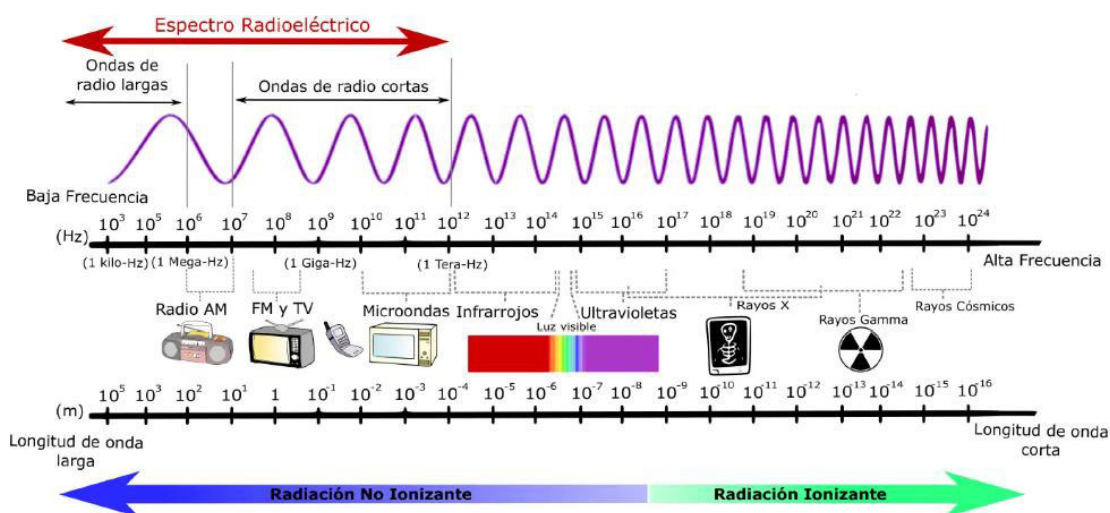


Figura 1

Espectro electromagnético y radioeléctrico. NTE (2021)

Por su parte, el PNAF⁹ consigna al espectro radioeléctrico como un recurso natural cuyas frecuencias se encuentran ubicadas en el rango de 9 KHz a 300 GHz (MTC, 2023a). Asimismo, se considera al espectro como un medio de transmisión de interés público cuyo uso es esencial para las aplicaciones móviles, por lo que es necesario que se utilice de forma óptima. Cabe resaltar que el espectro es un recurso de gran importancia para el desarrollo del sector de las telecomunicaciones, y en particular para la prestación de las comunicaciones móviles inalámbricas, por tal motivo promover su uso y asignación eficiente para la prestación de estos servicios es crítico y prioritario para satisfacer la demanda de espectro requerida por los concesionarios con el consecuente beneficio de los usuarios, y como consecuencia de ello, el desarrollo económico del país; en otras palabras, significa que este recurso constituye la parte del espectro electromagnético que admite la propagación de las ondas de radio por el espacio libre, permitiendo la transmisión de diversos tipos de información a diferentes distancias, precisando que la administración de su uso es relevante en el desarrollo de las comunicaciones. Además, este medio físico intangible de transmisión de señales se subdivide en rangos de frecuencias útiles según lo consignado en el PNAF para su utilización por los servicios de telecomunicaciones

⁹ PNAF. Aprobado por Resolución Ministerial N° 187-2005-MTC/03, modificado por Resolución Ministerial N° 0597-2023-MTC/01.03

con aplicaciones de voz, datos y/o video, ya sea atribuida a título primario o secundario. De igual forma, el TUO del Reglamento¹⁰ menciona que el espectro permite la propagación de las ondas de radio sin requerir de un medio artificial; también, señala que este recurso natural finito pertenece a la nación, además, establece que todos los aspectos relacionados al ámbito del espectro son competencia del Ministerio (MTC, 2007).

Desde una perspectiva organizacional el espectro tiene un enfoque técnico relacionado a la asignación, planeamiento y uso óptimo del espectro, así como económico, ya que la innovación tecnológica admite el uso de diferentes bandas para la prestación de servicios, y el incremento de las comunicaciones móviles corresponde a un crecimiento proporcional al desarrollo del país y del Producto Bruto Interno (PBI).

2.3.2. Recurso limitado

El espectro constituye un bien de dominio público compartido que permite la transmisión de información de diversas señales mediante la propagación por el espacio y cuyo alcance dependerá del rango de frecuencias de operación, capacidad de información a transmitir, longitud de onda, potencia de emisión, entre otros. Según el artículo 66 de la Constitución Política del Perú (1993) sostiene que los recursos naturales pertenecen a la nación y es soberano de su explotación, siendo que su uso y otorgamiento se establecen por ley orgánica. Así, este recurso sirve de medio de comunicación usando rangos de frecuencia que hacen uso de diversas tecnologías inalámbricas soportadas mediante servicios de comunicaciones móviles. Además, se considera a este recurso como limitado debido a que normalmente existe mayor demanda potencial que espectro disponible, por lo que su normativa está estructurada en base a mecanismos relacionados con su uso eficiente, demandando una constante revisión de las normas regulatorias que permita la prestación de los servicios públicos.

En este escenario es importante evaluar la utilización del espectro para la provisión de los servicios móviles, teniendo en cuenta las interferencias perjudiciales

¹⁰ TUO del Reglamento. Aprobado por Decreto Supremo N° 020-2007-MTC, del 3 de julio de 2007

entre servicios que operen en bloques de frecuencias continuos o la compartición total o parcial de rangos de frecuencias. Además, este recurso debe adecuarse a las características que requieren las comunicaciones móviles, como es lograr una cobertura amplia, buen nivel de calidad del servicio ofrecido, gran capacidad de tráfico cursado, reducida latencia e incremento considerable de la velocidad de transmisión (throughput) en un entorno en donde se observa que la demanda tiene un crecimiento vertiginoso en el tráfico de datos; sin embargo, como el espectro para brindar estos servicios es limitado, su asignación es de suma relevancia, así como el proceso de reordenamiento de bandas para lograr un uso eficiente del mismo.

En cuanto al carácter dinámico de este recurso a causa del desarrollo tecnológico y adecuación a los requerimientos de servicios innovadores, existirá la posibilidad de la variación de los rangos de frecuencias utilizados para la provisión de nuevos servicios, además se considera al espectro como un medio necesario para el avance de las telecomunicaciones, permitiendo el crecimiento constante y sostenible de los servicios a través de la aplicación de tecnologías de última generación, y a pesar que el espectro es limitado, éste debe ser gestionado de manera eficiente para lograr el aprovechamiento óptimo del mismo, considerando las particularidades de propagación de cada rango de frecuencias; por ello, el espectro para aplicaciones destinadas a nuevas tecnologías se dividió en diferentes rangos de frecuencias.

De igual forma, el TUO de la Ley¹¹ describe que el espectro es un recurso natural finito que pertenece a la nación, siendo su uso y asignación de acuerdo a las normativas regulatorias establecidas en la Ley y su reglamento (MTC, 1993).

2.3.3. Características del espectro radioeléctrico

Las tecnologías para el establecimiento de servicios móviles requieren de diversos anchos de banda por portadora, de acuerdo a ello el reporte UIT (2017)¹² señala que el desarrollo de 5G considera anchos de banda de entre 80 a 100 MHz para la banda media 3.5 GHz y de 800 a 1 GHz para bandas altas 5G, ondas milimétricas

¹¹ TUO de la Ley. Aprobado por Decreto Supremo N° 013-93-TCC, del 28 de abril de 1993

¹² Report ITU-R M.2410-0 (11/2017), Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)

respectivamente; desde este punto de vista, esta tecnología utiliza diversos rangos de frecuencias que presentan atributos específicos y patrones de propagación diferentes para la provisión de servicios móviles de telecomunicaciones, lo cual permite ofrecer nuevas y diversas aplicaciones.

Es importante señalar que existe un gran potencial de las bandas medias relevantes consideradas en esta investigación, identificadas para ser usadas en la implantación de sistemas IMT-2020 y que actualmente prestan servicios de telecomunicaciones 4G, precisándose que en el entorno internacional los servicios móviles presentan gran demanda debido al desarrollo continuo de la tecnología que permite proveer una amplia gama de novedosas aplicaciones de alto rendimiento, por lo que se requiere disponer de espectro contiguo armonizado. Al respecto, 5G Americas¹³ señala que la armonización del espectro se establece como la utilización de frecuencias de manera similar para servicios equivalentes a nivel global, obteniéndose beneficios económicos y estandarización de los servicios debido a la reducción de costos (5G Americas, 2019). Así, las bandas para aplicaciones móviles IMT-2020, permiten incrementar el espectro total asignado por empresa concesionaria para brindar servicios móviles, y al mismo tiempo, utiliza la armonización de estas bandas para el desarrollo de tecnologías emergentes que posibiliten uniformizar las bandas de diversas redes, tecnologías, equipos de red y terminales, a fin de satisfacer la creciente demanda y disponibilidad de espectro en dichas bandas para la introducción de sistemas avanzados con mejores prestaciones en cuanto a requerimientos de mayor velocidad de transmisión de datos, gran cobertura, capacidad de datos mejorada, alta fiabilidad y baja latencia, que son requeridas en estos sistemas para aplicaciones de conectividad como la Internet of Things (IoT), gran capacidad de procesamiento de datos como Cloud Computing y Big Data, mejoras en la seguridad de datos personales como Blockchain o múltiples redes virtuales como Network Slicing (NS), todo sin alterar la continuidad de la provisión de los servicios móviles actuales, así como la optimización de costos de operación y lograr economías de escala.

¹³ 5G Americas. Organización comercial de la industria compuesta por proveedores de servicios y fabricantes líderes de la industria de telecomunicaciones. Tiene su sede en Bellevue, Washington, EUA
<https://www.5gamericas.org/>

2.3.4. Bandas de frecuencias

Es preciso señalar, que las IMT en sí no son un estándar sino un conjunto de especificaciones y requerimientos que los servicios y aplicaciones deben cumplir. Asimismo, las Resoluciones 212, 223 y 224 del Reglamento de Radiocomunicaciones 2024, (RR)¹⁴, han sido revisadas en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, (CMR), de 2023 (Rev.CMR-23) y consignan las disposiciones y decisiones referentes a las bandas que se encuentran en rangos inferiores a 6 GHz, las mismas que han sido identificadas y armonizadas para las IMT-2020 para la provisión de servicios móviles según la atribución de esas bandas y cuya finalidad es satisfacer la demanda del mercado. Por su parte, 5G Americas indica que las proyecciones 5G para el año 2025 muestran que alcanzará una cifra de alrededor de 209 millones y para el 2028 será de 501 millones de suscripciones en América Latina y el Caribe (5G Americas, 2023)¹⁵, tal como se ilustra en la Figura 2:

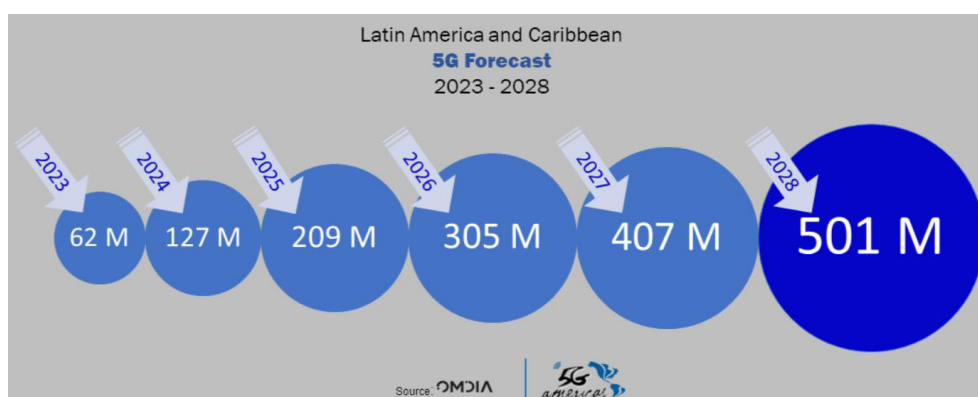


Figura 2

Proyecciones 5G. Estadísticas de América Latina. 5G Americas y Omdia (2023)

¹⁴ RR: Reglamento de Radiocomunicaciones. Resoluciones y Recomendaciones, Edición 2024. Contiene el texto completo del Reglamento de Radiocomunicaciones adoptado por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT (Ginebra, 1995) CMR-95 revisado por las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de la UIT ulteriores: CMR-97 (Ginebra, 1997), CMR-2000 (Estambul, 2000), CMR-03 (Ginebra, 2003), CMR-07 (Ginebra, 2007), CMR-12 (Ginebra, 2012), CMR-15 (Ginebra, 2015), CMR-19 (Sharm el-Sheikh, 2019) y CMR-23 (Dubái, 2023) <https://www.itu.int/hub/publication/r-reg-rr-2024/>

¹⁵ Gráficos y estadísticas

En esa línea, Ericsson¹⁶ indica que al primer trimestre de 2025 las suscripciones móviles 5G crecieron a 2 400 millones, esto significa una penetración del 27 % del total de las suscripciones móviles y se proyecta que a finales de 2025 bordeé los 2 900 millones, que sería aproximadamente un tercio de todas las suscripciones móviles a nivel mundial; mientras se estima que para el 2 030 las suscripciones 5G a nivel global crecerían hasta 6 300 millones, equivalente a dos tercios de la totalidad de suscripciones móviles (Ericsson, 2025), ver Figura 3. Asimismo, para ese año se alcanzaría 3 700 millones de suscripciones para redes 5G SA.

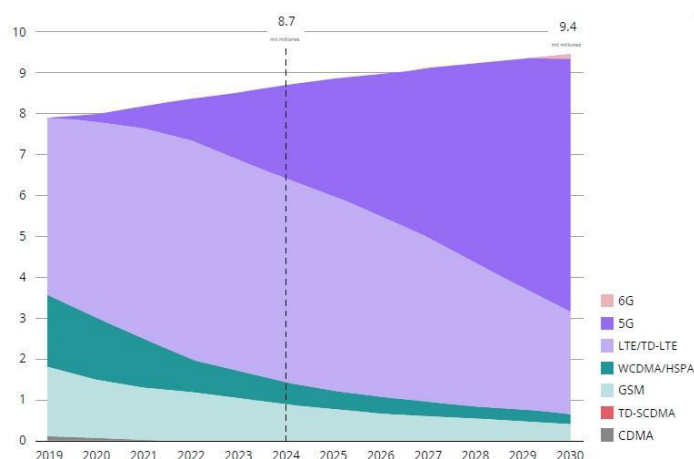


Figura 3

Suscripciones móviles por tecnología. Ericsson Mobility Report (2025)

Al respecto, este significativo crecimiento de tráfico se origina debido a la disminución de las suscripciones 4G; la migración de servicios 4G a la tecnología 5G, servicio que contiene mayores volúmenes de datos y contenidos de video, y a la alta penetración de teléfonos inteligentes; en relación con ello el tráfico de datos móviles tuvo al primer trimestre 2025 un crecimiento inter anual del 19 % (172 EB/mes) y un crecimiento inter trimestral del orden del 5 % (Ericsson, 2025), ver Figura 4. Además, la proyección para el 2 030 se estima en 280 EB/mes.

¹⁶ Ericsson Mobility Report. June 2025

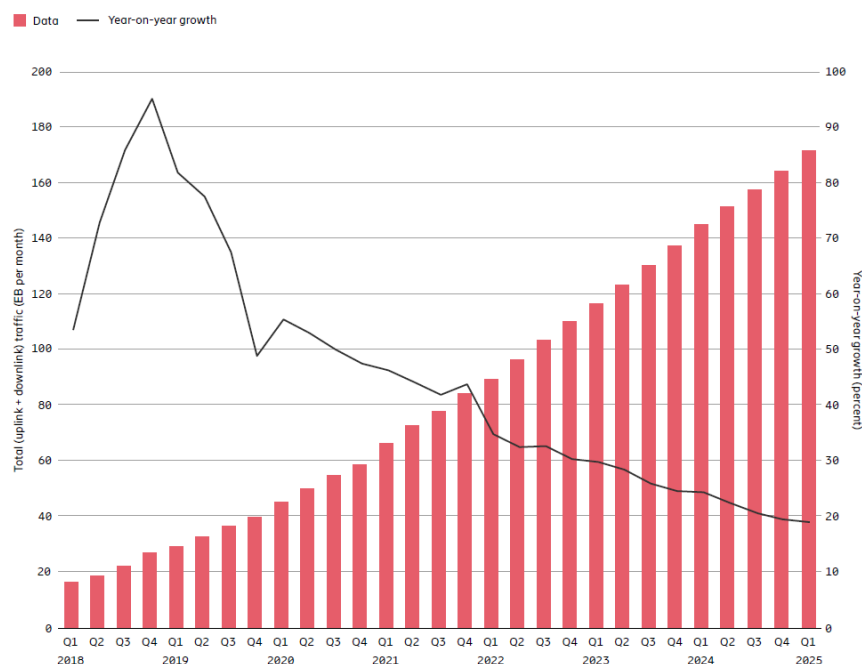


Figura 4

Tráfico y crecimiento interanual. Ericsson Mobility Report (2025)

Por ello, para las empresas concesionarias es esencial disponer de mayor cantidad de espectro continuo en la banda 3.5 GHz, para el desarrollo de la tecnología de quinta generación y satisfacer la demanda de servicios, dentro del marco de la conectividad global digital y del desarrollo de la banda ancha inalámbrica que inciden sobre la productividad y el impacto directo en el crecimiento del PBI. Igualmente, el documento GSMA (2022)¹⁷ señala que de acuerdo a sus estudios y proyecciones, el 65 % del incremento del PBI global será debido a la utilización del espectro de bandas medias 5G.

Por su lado, el documento GSA (2025)¹⁸ muestra la progresión de las estadísticas de dispositivos 5G anunciados y disponibles comercialmente, precisando que estos últimos alcanzan a 2 782 dispositivos, como se muestra en la Figura 5, que equivalen al 87.5 % del total, con un crecimiento durante el 2024 del 34.8 %, observándose al respecto un incremento continuo.

¹⁷ 3.5 GHz: 7 pasos para liberar un rango clave para el éxito del 5G

¹⁸ 5G Device Ecosystem

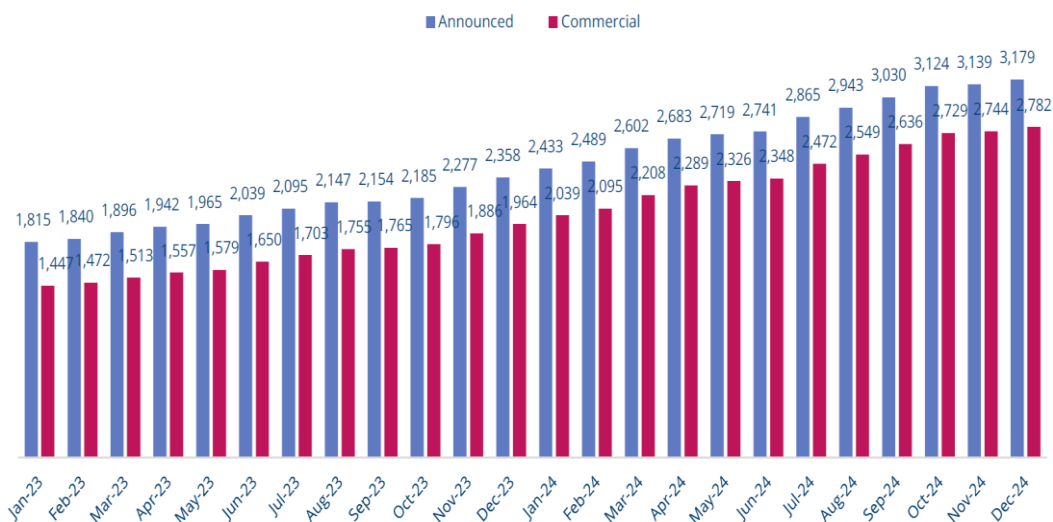


Figura 5

Crecimiento de dispositivos 5G. Ecosistema de dispositivos 5G. GSA (2025)

Es importante señalar que la información de datos móviles viene creciendo rápidamente a nivel mundial, y esta tendencia también se replica en el país, por ello las bandas identificadas para el despliegue de nuevas y futuras tecnologías de comunicaciones deben estar disponibles lo antes posible para su implantación progresiva, en coexistencia con las tecnologías actuales que permitan la correlación con las disposiciones de arreglos armonizados de frecuencias recomendadas por los organismos internacionales. En este contexto, es importante considerar la compatibilidad entre servicios y tecnologías diferentes que operan en estas bandas IMT o en bandas adyacentes, p. ej., para la convivencia entre los servicios satelitales y los servicios terrestres IMT-2020 en la banda 3.5 GHz, será necesario una evaluación previa antes de la implantación para evitar posibles emisiones no deseadas de las interfases radioeléctricas terrestres de las estaciones IMT-2020 con las comunicaciones satelitales, de tal forma que se valide el acceso a la operación simultánea de servicios de telecomunicaciones de estas tecnologías, con la finalidad de alcanzar un uso óptimo del espectro. Asimismo, mediante las notas conexas de las resoluciones del RR de la UIT, se consigna que una banda IMT no tiene preferencia, ni restringe la utilización de los servicios actuales para los que estén atribuidos.

Por su parte, el documento GSMA (2023a)¹⁹ consigna que la estimación de la disponibilidad de espectro para ser utilizado en la provisión de servicios móviles en el país es de 768 MHz al 2023, siendo esta cantidad superior al promedio de América Latina en 60 %, que es de 481 MHz; sin embargo, es casi 50 % menor a la recomendación de la UIT sobre la tenencia de este recurso que es 1 650 MHz, en este valor se consideran los sistemas actuales y las IMT, según se muestra en la Figura 6:

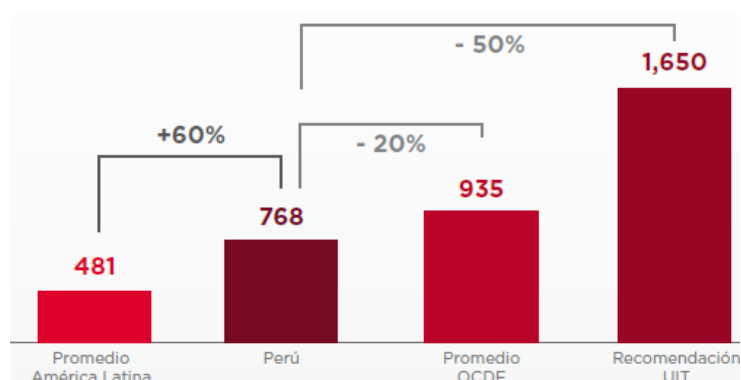


Figura 6

Estimación de las necesidades de espectro para IMT. GSMA Intelligence (2023)

Sin embargo, hay que mencionar que en el total antes indicado de espectro asignado en el Perú no se encuentra incluido aún la asignación de espectro para 5G-3.5 GHz, que es uno de los rangos de frecuencias de interés del estudio y que en la CMR-23 se reconoció como una banda prioritaria para la implantación de 5G en la región, con espectro armonizado entre 400 MHz a 500 MHz, para adecuarla a los requerimientos establecidos para las IMT-2020 y evitar inconvenientes de itinerancia mundial e interferencias perjudiciales, por ello se modificó la atribución para servicios de telecomunicaciones utilizando sistemas de acceso inalámbrico, mediante las notas P67 y P68A (MTC, 2019a)²⁰ y la incorporación de las notas P73A y P73B (MTC, 2019b)²¹ a la nota P73 del PNAF, para las bandas 2.5 GHz y 2.3 GHz, y las bandas 3.

¹⁹ El impacto de los precios del espectro en Perú

²⁰ Notas P67 y P68A. Modificadas por Resolución Ministerial N° 522-2019-MTC/01.03, del 9 de julio de 2019

²¹ Notas P73A y P73B. Incorporadas por Resolución Ministerial N° 757-2019-MTC/01.03, del 11 de septiembre de 2019, que modificó mediante Disposición complementaria modificatoria única el artículo 2 de la Resolución Ministerial N° 085-2019-MTC/01.03

3 – 3.4 GHz y 3.6 – 3.8 GHz, respectivamente, así como la recanalización correspondiente, todo ello con la finalidad de obtener espectro armonizado suficiente para la implantación de nuevas tecnologías móviles, en este contexto la asignación de espectro es crucial para el despliegue de servicios 5G de alto desempeño e incrementar el potencial de las inversiones de infraestructura mediante políticas a largo plazo que garanticen beneficios socioeconómicos a los usuarios.

La tendencia del sector en la región para el 2025 se vislumbra con proyección al despliegue de 5G-SA que permitirá a los operadores adoptar tecnologías integradas con AI, IoT y NS. No obstante, un aspecto desfavorable para la asignación del espectro es la tasación de este recurso que a partir del 2013 mostró costos elevados en comparación con el promedio de los países de la región, observándose que esta tendencia persistió hasta en los últimos procesos de asignación de nuevo espectro. Esta alta valorización se debe en parte al tipo de modelo utilizado para el concurso público de asignación de espectro, que es el de subasta de sobre cerrado, cuyo mecanismo no permite efectuar modificación del precio ofertado por el postor, que, para evitar la posibilidad de no obtener asignación de espectro, oferta regularmente un monto superior en comparación con el precio base, el mismo que está en función directa de la cantidad de postores y principalmente del espectro disponible a ser licitado.

Es importante señalar que la recomendación UIT (2023)²² identifica arreglos armonizados de frecuencias de transmisión y recepción recomendados para el despliegue de las IMT-2020 en las tres bandas de interés, entre otras, que se indican en las secciones 6, 7 y 8, respectivamente, para optimizar la implantación de la infraestructura de las aplicaciones IMT. En ese sentido, el documento 3GPP (2024)²³ señala las disposiciones de frecuencias armonizadas, anchos de banda de canal y modos de funcionamiento aplicables a los sistemas IMT para el despliegue de las redes móviles 5G, esta tecnología 5G New Radio (5G NR) utiliza acceso por radio y es la interfase aérea de las redes móviles 5G, las cuales se dividen en 2 grupos de frecuencias, FR1 y FR2 que se indican en Anexo 1, cabe resaltar que las bandas en estudio se encuentran en el rango de frecuencias FR1. Además, el detalle de las bandas operativas NR en el rango de frecuencias FR1 se muestra en el Anexo 2.

²² Recomendación UIT-R M.1036-7 (12/2023)

²³ Technical Specification Group Radio Access Network

Para los rangos de frecuencias FR1, 3GPP (2024) establece diversas bandas en modo de operación TDD para la implementación de 5G en bandas bajas de 7 GHz, que a continuación se muestran:

- n38: Rango 2 570 – 2 620 MHz (TDD)
- n40: Rango 2 300 – 2 400 MHz (TDD)
- n77: Rango 3 300 – 4 200 MHz (TDD)
- n78: Rango 3 300 – 3 800 MHz (TDD)

Cabe señalar que la disponibilidad de terminales es un asunto crítico para la selección del arreglo de frecuencias a considerar, dado que tendrá un efecto considerable en los precios de los equipos, y por consiguiente en las economías de escala, así el documento GSA (2024a)²⁴ señala el uso del espectro de las bandas medias y la importancia de las bandas 2.5 GHz y 3.5 GHz para las redes 5G debido a las altas prestaciones que ofrece, al respecto en la Tabla 1 se presenta el número de dispositivos por bandas.

Tabla 1
Disponibilidad de dispositivos 5G en el espectro de bandas medias

BANDAS	NÚMERO DE DISPOSITIVOS
1 900 MHz (n2)	897
1 700 MHz (n66)	899
TDD 4 700 MHz (n79)	1 091
TDD 2 600 MHz (n38)	1 295
2 600 MHz (n7)	1 342
1 800 MHz (n3)	1 803
TDD 3 700 MHz (n77)	1 993
2 100 MHz (n1)	2 017
TDD 2 500 MHz (n41)	2 171
TDD 3 500 MHz (n78)	2 319

Fuente. Datos tomados de Mid-Band Spectrum. GSA (2024a)

²⁴ Mid-Band Spectrum

Según el documento GSMA (2024)²⁵ indica que a fines de 2024 el despliegue de 5G alcanzará 2 100 millones de conexiones, en comparación de los 1 600 millones de conexiones a fines de 2023, esto representa un incremento del orden de 31 %. Así, la identificación y disponibilidad del espectro armonizado para IMT-2020 es esencial en términos de grado de apertura de la red, flexibilidad, eficiencia y expansión de los servicios móviles para obtener economías de escala. En ese sentido, la armonización del espectro de las bandas medias, en particular de la banda 3.5 GHz, contribuye a incrementar el despliegue de redes 5G con menor interferencias. Es relevante indicar que la administración recurre al modelo tradicional de subasta de espectro con esquemas de compensación altos para la asignación de nuevo espectro; sin embargo, debe evaluarse la conveniencia de aplicar un procedimiento de asignación directa de espectro cuando la demanda a ser licitada sea menor o igual a la disponibilidad de dicho recurso, a cambio de una contraprestación de pago del precio base y adicionalmente contemple compromisos obligatorios de inversión, como son mejoras de la infraestructura de red, cobertura en carreteras y mayor conectividad móvil, facilitando el ingreso y despliegue sin demoras de tecnologías novedosas y generando un crecimiento y desarrollo económico del país; en otras palabras, este mecanismo de asignación especial se aplicará siempre y cuando exista disponibilidad de espectro en cantidad igual o mayor a la cantidad de espectro solicitado por los postores, reduciendo significativamente el tiempo de asignación al no requerirse de un concurso público habitual. Adicionalmente, para la utilización de este mecanismo especial de asignación puede requerirse de estudios económicos.

2.3.5. Marco normativo aplicable al uso del espectro

El uso del espectro requiere para su óptima implantación de un conjunto de normas y definiciones que permitan cumplir con los diferentes indicadores y parámetros técnicos recomendados por la UIT, como eficiencia espectral, espectro disponible, calidad del servicio, espectro asignado, entre otros, así como criterios económicos con la finalidad de realizar la planificación eficiente de uso del espectro y la mitigación de posibles interferencias entre servicios que compartan o no bandas de

²⁵ Spectrum Policy Trends 2024

frecuencias. De este modo, se establece de la necesidad de normas para determinar los requisitos y condiciones de uso requeridos que intervienen en el proceso de utilización del espectro. Asimismo, el marco normativo vigente, las políticas más relevantes y programas relativos a la planificación del espectro para el uso eficiente de este recurso, se validan en una serie de documentos con información primaria de índole legal, técnica, económica y regulatoria que están en concordancia con la constante evolución de la tecnología y de la demanda del mercado.

En cuanto al PNAF, la UIT recomienda la atribución de una banda de frecuencias para la prestación de un servicio considerando la proyección de la demanda de los servicios actuales y tecnologías recientes, las bandas IMT-2020 y el grado de ocupación; así es importante señalar que la gestión del espectro ante los requerimientos de los nuevos servicios presenta serias limitaciones, debido a que estos tienen nuevas prestaciones y características de operación que difieren de las actuales, de ahí que demanda el uso óptimo del espectro, por tal motivo se requiere modificar el marco normativo con el fin de adecuar el uso del espectro en correspondencia con el desarrollo de la tecnología. Al respecto, se enuncian artículos y numerales de las principales normas y documentos legales relacionadas con el espectro, tales como el TUO de la Ley y su Reglamento, Lineamientos de apertura²⁶, Reglamento de reordenamiento²⁷, Metas de uso de espectro²⁸, entre otras, así como del PNAF que permitirán reconocer, comprender y analizar aspectos relacionados al espectro, y la importancia de la gestión del espectro para brindar los servicios móviles actuales y futuros a fin de optimizar la explotación de este recurso.

De acuerdo con el marco establecido, el PNAF es la norma técnica principal que consigna para los diferentes rangos de frecuencia, la atribución que corresponda a los servicios de telecomunicaciones, precisando información sobre aspectos relacionados a la terminología, características técnicas, definiciones, tipo de servicios, nomenclatura, y categorías de emisiones y ancho de banda requeridos para la prestación de los diferentes servicios (MTC, 2023a). Cabe señalar que los acuerdos,

²⁶ Lineamientos de apertura del mercado de telecomunicaciones del Perú. Aprobado por Decreto Supremo N° 020-98-MTC, del 4 de agosto de 1998

²⁷ Reglamento específico para el reordenamiento de una banda de frecuencias. Decreto Supremo N° 016-2018-MTC, del 30 octubre de 2018

²⁸ Norma de metas de uso de espectro radioeléctrico de servicios públicos de telecomunicaciones. Aprobada por Resolución Ministerial N° 087-2002-MTC/15.03, del 6 de febrero de-2002

disposiciones y recomendaciones sobre las normativas de la administración mundial del espectro le corresponde a la UIT según lo previsto en el RR, según ello, en MTC (2023a) se consigna la división territorial del mundo en 3 zonas geográficas para la atribución de las bandas, en donde el Perú se encuentra ubicado en la Región 2 y como estado miembro tiene participación activa en la UIT; por consiguiente, las políticas sectoriales deben ser consistentes con los acuerdos multilaterales y recomendaciones formuladas para la región en las CMR respecto a la atribución de las bandas.

Cabe resaltar que para la elaboración de las disposiciones del Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) del PNAF, el MTC tomó como referencia la Sección IV, consignada en el Artículo 5 – Atribuciones de frecuencia, del Capítulo II – Frecuencias del Reglamento de Radiocomunicaciones Edición 2024, en donde se registran las disposiciones y recomendaciones reglamentarias internacionales sobre el espectro, mientras que las disposiciones no consignadas en dicho documento se describen a través del marco normativo regulatorio local, en tanto se señala que el PNAF para determinados rangos de bandas de frecuencias contiene información relativa a notas conexas vigentes o de aplicación general, y observaciones sobre los servicios atribuidos con el fin de pormenorizar la funcionalidad del uso de esos rangos de frecuencias; asimismo, este documento contiene las bandas de frecuencias a ser usadas para la provisión de los servicios de telecomunicaciones, precisando si estas bandas están atribuidas a título primario o secundario. Así, mediante una adecuada planificación y gestión para la asignación armonizada de bandas a los operadores de servicios móviles se logra mayor eficiencia en el uso de la distribución de frecuencias, ver Anexo 3, que se adecúen a los requerimientos y necesidades del mercado, a incrementar la promoción de la inversión privada y acelerar el despliegue de tecnologías de última generación. Además, es importante señalar que el PNAF presenta características dinámicas debido a que su contenido requiere de constantes reactualizaciones conforme al desarrollo tecnológico en la operación de nuevos servicios o recomendaciones de la UIT para la identificación de nuevas tendencias en cuanto a la gestión, atribución, asignación y control del espectro. De acuerdo a lo indicado, la atribución de bandas para la prestación de servicios móviles lo establece el PNAF conforme a lo consignado en el Artículo 5 del RR de la UIT y corresponde

al Sector de Radiocomunicaciones UIT-R (UIT-R)²⁹ identificar las disposiciones de frecuencias recomendadas para la región que pueden ser utilizadas para las IMT-2020, siendo estas bandas bajas, medias y altas las que se indican en la Tabla 2, en donde se señalan las disposiciones de las notas del RR³⁰ según las resoluciones CMR, rangos de bandas atribuidas y anchos de banda.

Tabla 2

Bandas identificadas por el sector UIT-R para las IMT-2020

NOTAS REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES	BANDAS DE FRECUENCIAS	RESOLUCIÓN	ANCHO DE BANDA (MHz)
5.286AA	450 – 470 MHz	224 (Rev.CMR-19)	20 MHz
5.295, 5.308A	470 – 698 MHz		228 MHz
5.317A	694/698 – 960 MHz	224 (Rev.CMR-23)	266/262 MHz
5.341B	1 427 – 1 518 MHz	223 (Rev.CMR-15)	91 MHz
5.384A, 5.388	1 710 – 2 025 MHz		315 MHz
5.388	2 110 – 2 200 MHz	212 (Rev.CMR-19)	90 MHz
	2 300 – 2 400 MHz		100 MHz
5.384A	2 500 – 2 690 MHz	223 (Rev.CMR-15)	190 MHz
5.429D	3 300 – 3 400 MHz	223 (Rev.CMR-23)	100 MHz
5.431B	3 400 – 3 600 MHz	223 (Rev.CMR-15)	200 MHz
5.434	3 600 – 3 700 MHz	223 (Rev.CMR-23)	100 MHz
5.435B	3 700 – 3 800 MHz	223 (Rev.CMR-23)	100 MHz
5.441A, 5.441B	4 800 – 4 990	223 (Rev.CMR-19)	190 MHz
5.3532AB	24.25 – 27.5 GHz	242 (CMR-19)	3.25 GHz
5.550B	37 – 43.5 GHz		6.5 GHz
5.553A	45.5 – 47 GHz		1.5 GHz
5.553B	47.2 – 48.2 GHz		1 GHz
5.559AA	66 – 71 GHz		5 GHz

Fuente. Datos tomados de UIT-R M.1036-7 (12/2023)

En esta tabla se observa las bandas de frecuencias del espectro identificadas para aplicaciones IMT-2020 5G; al respecto, las bandas relevantes en estudio de esta

²⁹ UIT-R. Constituyen una serie de normas técnicas internacionales desarrolladas por el Sector de Radiocomunicaciones (ex CCIR) de la UIT. Éstas son el resultado de estudios efectuados por las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones <https://www.itu.int/pub/R-REC/es>

³⁰ Cuadro 14 de la Recomendación UIT-R M.1036-7 (12/2023). Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones internacionales en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones para las IMT

investigación se consignan en la modificación de la nota P51A³¹ del PNAF; sin embargo, parte de las frecuencias que conforman estas bandas no estaban disponibles o presentaban una distribución de espectro no continuo, lo cual obstaculiza el despliegue de infraestructura de las IMT-2020, por lo que es necesario disponer de modelos y normativas para la atribución, canalización y asignación de estas bandas a fin de poder satisfacer los requerimientos actuales y futuros de crecimiento del sector y proporcionar una atención adecuada a las necesidades de los usuarios. En esa línea, es importante que los operadores dispongan del acceso oportuno en cantidad suficiente de espectro para el soporte y operación de sus servicios móviles, tal que puedan brindarlos de acuerdo a los requerimientos del mercado; además, las IMT-2020 se consideran neutrales tecnológicamente para garantizar la compatibilidad de servicios.

En cuanto a la normatividad aplicable a la gestión de infraestructura y servicios de comunicaciones, el ROF³² señala que el Viceministerio de Comunicaciones realiza las funciones correspondientes según las políticas del sector a nivel nacional, consignando entre ellas la concerniente a la formulación del PNAF, proponer la canalización y evaluar las consultas realizadas sobre el espectro (MTC, 2021). En esa línea, se evalúan los principales documentos relacionados con las normas vigentes para la gestión eficiente del espectro; además, con el propósito de precisar el contenido del marco normativo de políticas nacionales que promuevan el reordenamiento de bandas, así como el aprovechamiento del espectro, se considera iniciar el desarrollo de los aspectos normativos resaltantes del estudio con el TUO de la Ley el cual señala que concierne, entre otros, al MTC la administración del espectro y el PNAF determinará la utilización del espectro.

Del mismo modo, el TUO del Reglamento fórmula de manera general los procedimientos de la administración del espectro para la provisión de los servicios de comunicaciones en concordancia con el TUO de la Ley; además, señala que el PNAF establece la atribución de frecuencias, el uso del espectro y el marco regulatorio para su utilización (MTC, 2007). Teniendo en cuenta ello, el PNAF define los tipos de servicios de telecomunicaciones que pueden prestarse por banda de frecuencias, de

³¹ Nota modificada por Resolución Ministerial N° 757-2019-MTC/01.03

³² Texto Integrado del Reglamento de Organización y Funciones del MTC (ROF). Aprobado por Resolución Ministerial N° 658-2021-MTC/01, del 4 de julio de 2021

acuerdo a las normativas regulatorias internacionales, añade que el PNAF señala que mediante una resolución viceministerial se otorga la asignación de frecuencias en base a un determinado plan de canalización; a tal efecto según la citada norma establece que a través del acto administrativo de la asignación, el Estado concede el derecho de uso de una parte específica del espectro, en determinada zona geográfica a fin de proveer servicios de telecomunicaciones. Adicionalmente, sostiene que las metas de uso de espectro son aplicables a la asignación de espectro y cuya finalidad es garantizar su uso eficiente por parte del concesionario. Finalmente, el TUO del Reglamento modificado por la Norma de arrendamiento³³ refiere las causales de reversión del espectro al Estado, estas causales se aprecian en el Anexo 4 (MTC, 2019c). Además, define que el objeto del arrendamiento del espectro contempla dos escenarios, regular el arrendamiento de las bandas utilizadas para servicios de telecomunicaciones, y determinar los procesos relacionados para otorgar, modificar y/o renovar los permisos correspondientes, siendo su finalidad optimizar el uso del espectro que facilite el arrendamiento que permita un manejo adecuado a favor de los usuarios, previniendo de acciones contrarias a la libre competencia.

Por su parte, la política del sector asociada a los Lineamientos de apertura propone que el MTC formulará topes a la asignación de espectro para impedir la acumulación de frecuencias por parte de los concesionarios (MTC, 2006a)³⁴, y de igual manera se incorpora a estos lineamientos que a través de topes en la asignación de espectro se evitará el acaparamiento de este recurso, permitiendo así la utilización óptima del espectro (MTC, 2006b)³⁵. Es relevante indicar que debido a la identificación de nuevas bandas para la provisión de servicios avanzados y al despliegue de nuevas tecnologías, el MTC aprobó nuevos topes de espectro para bandas medias, fijando cantidades máximas de asignación de espectro por grupos de bandas para empresas que prestan servicios móviles en una misma zona geográfica, estableciendo topes de 280 MHz para asignación de espectro en bandas medias (MTC, 2019b), como política que permita propiciar su uso eficiente y así promover la competencia del mercado y evitar la concentración de espectro por parte de algún

³³ Norma de arrendamiento. Decreto Supremo N° 015-2019-MTC, del 27 de mayo de 2019, que modifica al TUO del Reglamento mediante el artículo 1 de la Segunda disposición complementaria

³⁴ Numeral 27 de los Lineamientos de apertura, modificado por el artículo 1 del Decreto Supremo N° 009-2006-MTC, del 9 de febrero de 2006

³⁵ Numeral 85-A, incorporado a los Lineamientos de apertura por el artículo 2 del Decreto Supremo N° 009-2006-MTC, del 9 de febrero de 2006

operador, que restrinja el acceso de otros operadores, es decir, la cantidad de asignación de espectro por rangos de bandas se determina por el número de empresas concesionarias de servicios móviles, con la finalidad de promover mayor competencia en la provisión de dichos servicios.

Se incorpora a los Lineamientos de apertura, las metas de uso de espectro aprobadas y futuras que se aplicarán a la asignación de espectro, indicándose que se alcanzará una gestión eficiente del uso del espectro mediante la aplicación de las metas de uso para todas las asignaciones (MTC, 2003)³⁶; además, establece que su no cumplimiento generará la reversión parcial o total de la asignación. Al respecto, la norma MTC (2002) define que el uso ineficiente del espectro se produce en un escenario de no utilización total o utilización parcial sin justificación para la provisión de servicios de telecomunicaciones.

A su vez, el Reglamento de reordenamiento indica que su objeto es regular el reordenamiento de una banda de frecuencias a fin de que cumpla con los requisitos técnicos y las tendencias globales, con el propósito de obtener el uso óptimo del espectro y el desarrollo de servicios avanzados (MTC, 2018), esto significa que el MTC puede realizar cambios en la atribución de la banda, lo cual implica la recanalización de la banda o la asignación de espectro concesionado o por concesionar; además, consigna que su finalidad es buscar la utilización eficiente del espectro que permita impulsar el crecimiento de las telecomunicaciones; asimismo, facilitar el desarrollo de tecnologías recientes que admitan la prestación de servicios avanzados mediante la utilización óptima del espectro.

Por su parte conviene destacar el uso del espectro, que debido a la alta demanda de los servicios móviles, así como la mejora de la innovación tecnológica requiere de una gran disponibilidad de espectro por parte de los operadores, por tal razón éstos deben poseer dicho recurso en una cantidad suficiente para atender todas las aplicaciones requeridas haciendo un aprovechamiento eficiente del mismo. En ese sentido, la gestión eficiente del espectro y su respectiva asignación están bajo las competencias del MTC, quien realiza las acciones tendientes a lograr un uso eficiente,

³⁶ Numeral 78-A, incorporado a los Lineamientos de apertura por el artículo 2 del Decreto Supremo N° 015-2003-MTC, del 24 de marzo de 2003

concediendo el recurso al servicio de telecomunicaciones cuyas características de propagación sean las más convenientes para tal fin de acuerdo a las recomendaciones de la UIT a través del PNAF. Por tal razón, la gestión del espectro se realiza previendo alcanzar su uso eficiente y promoviendo principalmente la competencia entre operadores, de este modo el uso eficiente del espectro requiere de normas y procesos a través de un marco regulatorio objetivo que garantice el acceso de este recurso por igual a todos los operadores móviles y que considere a los servicios existentes, así como a las nuevas aplicaciones de servicios móviles. Es importante señalar que la creciente necesidad de bandas y el grado de desarrollo de servicios de comunicaciones móviles involucra la utilización de nuevas tecnologías, que requieren hacer uso de este recurso mediante amplios anchos de banda continuos operando bajo escenarios y condiciones diversas y ofreciendo calidad de servicio, de forma que se haga un óptimo uso del espectro; adicionalmente, la calidad de servicio de datos depende de varios parámetros, tales como:

- pérdida de paquetes
- velocidad de transmisión
- retardo
- intensidad de la señal
- fluctuaciones
- seguridad de la red

En esa línea, la aplicación de los Lineamientos de apertura como estrategia fundamental, así como el reordenamiento de bandas, entre otros, sirven como soporte para la gestión eficiente de uso del espectro, ya que promueven el despliegue de nuevos servicios, el crecimiento de la inversión para la expansión de los servicios públicos y la modernización de la infraestructura de la inversión privada en un contexto de plena competencia (MTC, 1998). Esta normativa identifica para el sector de telecomunicaciones determinadas políticas nacionales de desarrollo del país, tal como la política sobre asignación de recursos limitados y en particular la del espectro, de esta forma de acuerdo con los Lineamientos de apertura se presentan diversos numerales que especifican de manera puntual información sobre las bandas de frecuencias relevantes, las cuales se consignan en el Anexo 5.

En consecuencia, el incremento de servicios y aplicaciones, así como la presencia de tecnologías como 5G generan mayor demanda de uso del espectro y por ende la asignación de dicho recurso debe ser imponderable a través de un marco normativo consistente para la evaluación de los procedimientos técnicos, regulatorios y administrativos orientados a la consecución del uso eficiente del espectro, previo cumplimiento de lo determinado en el TUO de la Ley y su Reglamento, así como del reordenamiento de bandas, innovación tecnológica o reevaluación de dispositivos legales para la provisión de servicios mejorados, que deben ser bien gestionados, armonizados y normalizados para permitir el uso óptimo del espectro.

Respecto a las metas de uso de espectro, conviene destacar que la gestión óptima de este recurso requiere tener en cuenta normativas actualizadas sobre la asignación de frecuencias y métricas objetivas para la medición de uso del espectro, por lo que se requiere disponer de la aplicación de una norma como herramienta para la medición del cumplimiento de uso del espectro asignado a los operadores. Al respecto, se aprobó la Norma de Metas de uso de espectro radioeléctrico³⁷; sin embargo, se advierte debilidades en la formulación de esta norma para la supervisión del uso eficiente del espectro que permita promover la competencia entre operadores. Esta normativa se basa en el cumplimiento de principios que en teoría deben garantizar el uso eficiente del espectro teniendo en cuenta las variables del entorno; no obstante, se observó que las consideraciones y los criterios establecidos estaban desactualizados y para llevar a cabo las mediciones se presentaban serias limitaciones; además, estos principios solo consideraban de forma cualitativa como se prestan los servicios, no siendo una norma con criterios técnicos objetivos que permitan la medición y comprobación del cumplimiento óptimo del uso eficiente del espectro otorgado. De lo señalado, se estableció que mediante esta norma no era posible obtener información eficaz para determinar su medición y menos garantizar técnicamente si las empresas concesionarias cumplían con el uso eficiente de este recurso, para superar esta limitación se aprobó una nueva norma de metas de uso, posteriormente modificada, y cuyo propósito es la utilización eficiente de las bandas de frecuencias asignadas a los operadores mediante la aplicación, planificación y establecimiento de políticas y metodologías a nivel de desagregación por áreas geográficas que optimicen la gestión

³⁷ Norma de Metas de uso del espectro radioeléctrico. Aprobada por Resolución Ministerial 087-2002-MTC/15.03, del 6 de febrero de 2002

eficiente del espectro (MTC, 2024)³⁸. Así, se logra un escenario competitivo, basado en la eficiencia espectral, entre los operadores móviles en la utilización del espectro a fin de maximizar la eficiencia. De lo expuesto, en el Anexo 6 se indica los casos que aplican para esta norma, así como los indicadores de la metodología utilizada.

Por su parte, es relevante indicar que el TUO del Reglamento define que los servicios públicos son aquellos que su uso está a disposición de todas las personas de manera general, a cambio de una retribución económica, sin ningún tipo de restricciones y que cuenten con el soporte técnico necesario (MTC, 2007), y cuya clasificación está definida en el citado reglamento. Como se señaló, en esta investigación se involucra sólo a los servicios públicos finales de telecomunicaciones o teleservicios, específicamente los servicios móviles, por tal motivo no se toman en cuenta los servicios privados y de radiodifusión sonora. En tal sentido, este reglamento define al servicio móvil como aquel servicio cuya comunicación se realiza mediante estaciones fijas y móviles y se clasifica de acuerdo con el ámbito de acción en donde se presta el servicio, como terrestre, aeronáutico, marítimo, y por satélite. Así, la asignación de espectro que permite la prestación de servicios móviles se obtiene mediante la realización de un concurso público de ofertas llevado a cabo por PROINVERSIÓN³⁹ a solicitud del MTC, de acuerdo con la atribución de la banda, la canalización de ésta y los requisitos consignados en las bases del proceso.

Finalmente, el mecanismo de asignación de espectro debe considerar diferentes criterios de evaluación, haciendo énfasis en la facilidad de direccionar el proceso de adjudicación, asignación del espectro efectivamente requerido y evitar la asimetría de información relativa al precio base; además, esta asignación de espectro para la provisión de (los) servicio (s) público(s) deberá cumplir con la descripción de red aprobada para el uso del espectro.

³⁸ Norma de metas de uso. Aprobada por Resolución Ministerial N° 234-2019-MTC/01.03, del 1 de abril de 2019, modificada por Resolución Ministerial N° 729-2024-MTC/01.03, del 5 de diciembre de 2024

³⁹ Agencia de Promoción de la Inversión Privada
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/345095-406-2019-mtc-03>

2.3.6. Planificación de la banda 2.3 GHz

Es importante señalar que la Resolución 223 del RR de la UIT identifica en la CMR-07⁴⁰ a la banda 2.3 GHz para las IMT, se establece en la CMR-15 que es útil para la introducción de las IMT, se señala en la CMR-19 la disponibilidad para su uso en redes avanzadas y es identificada en la CMR-23 para el despliegue de redes IMT-5G conforme a la nota 5.384A del RR de la UIT y consignada en la nota P51A del PNAF, ver Tabla 2; además, como esta banda presta diversos servicios, el arreglo de disposiciones de frecuencias debe estar armonizado para dichos servicios, a fin de lograr economías de escala y disponibilidad de equipos terminales. Teniendo en cuenta que en el país esta banda, según el Registro Nacional de Frecuencias (RNF), se encuentra integrada por canales de 5 MHz y su grado de ocupación está conformada por tres operadores, Bitel con asignación de frecuencias de los primeros 6 canales de la banda a nivel nacional mediante concurso público de ofertas en junio de 2023 con compromiso de proveer cobertura a 1 185 localidades, grupo Entel con asignación de frecuencias de los canales 13 al 18 solo en 6 departamentos, y Dolphin con estos mismos canales pero en una provincia; estos canales fueron reasignados de acuerdo al proceso de reordenamiento de frecuencias llevado a cabo en esta banda, cabe indicar que los canales del 7 al 12, que totalizan 30 MHz, se encuentran disponibles a nivel nacional (MTC, 2019d)⁴¹. Además, opera en la modalidad de transmisión TDD y su atribución es a título primario según lo señalado en el CNAF del PNAF y en la nota P68A para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, por lo que la identificación de bandas armonizadas para ser atribuidas a servicios móviles avanzados es relevante, como se muestra en el Anexo 7.

En este contexto, el proceso de recanalización de esta banda toma como referencia las recomendaciones y tendencias internacionales; en ese sentido, considera aspectos relacionados a la atribución, al reordenamiento de la banda y al incremento en el uso de datos a fin de prever su utilización para las IMT, este plan de recanalización debe ser compatible con los servicios que se prestan actualmente y los

⁴⁰ CMR-07. Actas finales CMR-07. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones. Ginebra, Suiza, 22 de octubre al 16 de noviembre de 2007

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.8-2007-PDF-S.pdf

⁴¹ Reordenamiento de frecuencias de la banda 2.3 GHz. Resolución Viceministerial N° 406-2019-MTC/03, del 18 de junio de 2019

nuevos servicios a desplegar. En cuanto a la canalización de esta banda, la recomendación UIT (2023) identifica la disposición de frecuencias recomendada para la implantación de los sistemas IMT-2020 en 20 bloques de 5 MHz por canal, disponiendo de un ancho de banda total de 100 MHz, ver Anexo 8. Bajo estas características, esta banda de frecuencias corresponde a redes 5G-NR operando en la banda n40; así también debe acotarse que la citada recomendación consigna las disposiciones de frecuencias de todas las bandas identificadas para las IMT-2020. Asimismo, recomendaciones, decisiones y propuestas de organizaciones internacionales como CITELE (2024)⁴², ECC (2014)⁴³ y APT (2012)⁴⁴, presentan características de operación de esta banda que armonizan con la disposición de frecuencias de la UIT, ver Tabla 3. De lo consignado en esta tabla, se observa que dicha información coincide con el arreglo de frecuencias E1 realizado por la UIT en configuración TDD, canales de 5 MHz y banda de resguardo de 10 MHz en el extremo superior de la banda; a tal efecto con la finalidad de la implantación de los servicios de banda ancha móvil en este rango de frecuencias, el Perú estableció la canalización armonizada similar a la disposición de frecuencias E1 de la UIT para la provisión de los servicios actuales y las aplicaciones IMT-2020. Así, mediante el documento MTC (2023b)⁴⁵ se aprueba la recanalización de esta banda conformada por dieciocho (18) canales de 5 MHz y un bloque de resguardo, canales 19 (2 390 – 2 395 MHz) y 20 (2 395 – 2 400 MHz), esta información se muestra en el Anexo 9. Asimismo, para incrementar el ancho de banda total, las empresas concesionarias de esta banda pueden emplear métodos utilizados para tal fin, con canales contiguos o separados de la misma banda, o mediante canales que se encuentran en diferentes bandas, logrando una mayor eficiencia espectral que permita incrementar la velocidad de datos en ambos enlaces, ampliar la cobertura y obtener buena capacidad de la red del enlace descendente, p. ej., para esta banda un canal de radio de 20 MHz, tendrá una eficiencia relativa del 100 %, mientras que una portadora de 5 MHz alcanzará una eficiencia espectral aproximada del 95 % (Rysavy Research, 2023)⁴⁶.

⁴² Recommendation PCC.II/REC. 67 (XLIII-24) Frequency Arrangements for Implementation of the Terrestrial Component of International Mobile Telecommunications (IMT)

⁴³ Decision ECC/DEC(14)02. Harmonized technical and regulatory conditions for the use of the band 2300-2400 MHz for Mobile/Fixed Communications Networks (MFCN)

⁴⁴ APT: Telecomunidad Asia-Pacífico. Organización intergubernamental que opera en conjunto con proveedores de servicios de telecomunicaciones, fabricantes de equipos de comunicaciones y organizaciones de investigación y desarrollo activas en el campo de las tecnologías de comunicación, información e innovación
<https://www.apr.int/APT-Introduction>

⁴⁵ Plan de Canalización para los Servicios de Telecomunicaciones. Aprobado por Resolución Viceministerial N° 056-2023-MTC/03, del 4 de mayo e 2023

⁴⁶ Rysavy Research. Espectro de banda media 5G: Los beneficios de la potencia total, canales amplios y licencias exclusivas

Tabla N° 3

Características de operación de 2.3 GHz

ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN	AÑO	ANCHO DE BANDA (MHz)	BANDA DE GUARDA (MHz)	MODO DE OPERACIÓN	RECOMENDACIÓN/ REPORTE
CITEL	2024	100	10	TDD	CCP.II/REC.67 (XLIII-24)
ECC	2014	100	5, 10	TDD	ECC/DEC(14)02
APT	2012	100	10	TDD	APT/AWG/REP-12(Rev.1)

Fuente. Datos tomados de CITEL REC. 67 (XLIII-24), ECC/DEC(14)02, APT/AWG/REP-12

Conviene destacar que GSA (2024a) señaló que a nivel global el espectro 2.3 GHz utilizado en redes comerciales 5G NR, banda n40, aún están en una etapa inicial de introducción y desarrollo del ecosistema 5G utilizando el método de duplexaje TDD. Finalmente, el documento GSA (2024b)⁴⁷ indica el estado de la asignación del espectro utilizado para la provisión de servicios móviles y los rangos dentro de esta banda en la región, ver Anexo 10.

2.3.7. Planificación de la banda 2.5 GHz

Respecto al rango de frecuencias 2 500 MHz – 2 690 MHz, conocido como banda 2.5 GHz, es una banda esencial para expansión de la conectividad móvil debido a sus características de propagación, y para continuar con la prestación de los servicios móviles concesionados y atender la necesidad de aplicaciones móviles de nuevas tecnologías requiere de la armonización del espectro, así en la CMR-07 se identifica, entre otros, a la banda 2.5 GHz para comunicaciones IMT; además, debido a la importancia de esta banda, en la CMR-19 se señala que el sector de la UIT-R deberá proseguir con la evaluación de la convivencia de servicios que comparten bandas identificadas para las IMT. También, esta banda viene siendo utilizada para 5G, tanto con espectro no pareado en redes TDD, bandas n38 y n41, como con espectro

⁴⁷ National Spectrum Positions

emparejado para su uso en redes FDD, banda n7, que sigue aun restringida (GSA, 2024a).

Como se mencionó, la nota P67 del PNAF estableció la reconfiguración de la atribución de la banda a título primario para la provisión de servicios públicos y la asignación conforme al plan de canalización correspondiente. Al respecto, la canalización establecida presentaba características que no eran compatibles con las tendencias y recomendaciones de los organismos de estandarización, determinándose que no reunía los requerimientos técnicos y normativos para la provisión de servicios públicos en modo FDD. En consecuencia, con la finalidad de armonizar el uso del espectro, fomentar la utilización tecnologías avanzadas, promover el escalamiento de redes y el desarrollo de los servicios móviles, se realizó la recanalización de esta banda y posterior proceso de reordenamiento del espectro a fin de impulsar el uso óptimo del espectro, y mediante este proceso se reasignó el espectro a los concesionarios Claro y Entel en Lima Metropolitana, y Claro, Entel, Bitel y COTEL en diversas provincias del país, quedando disponible en todo el país un bloque de 20 MHz en TDD y 20 + 20 MHz en el modo FDD. En tal sentido, considerando que en la región la mayoría de países adecuaron sus respectivos cuadros de atribución a fin de considerar al servicio móvil; en el país mediante lo indicado por la nota P67 del PNAF, la banda 2.5 GHz esta atribuida a título primario para servicio móvil, utilizando sistemas de acceso inalámbrico; así, en el Anexo 11 se indican los rangos, las clases de servicios atribuidos y sus notas conexas respectivas.

La modificación de la canalización de esta banda se realizó con el propósito de lograr el mayor beneficio de ésta (MTC, 2019e)⁴⁸, y facilitar su reordenamiento para un uso eficiente de los servicios actuales, y el despliegue de tecnologías móviles avanzadas (MTC, 2019f)⁴⁹, dicho plan de canalización con bloques de 5 MHz está consignada en la respectiva resolución (MTC, 2023b). Asimismo, la recomendación UIT (2023) indica las disposiciones de frecuencias de transmisión y recepción que permiten el uso óptimo del espectro para la implantación 5G, consignándose el esquema de división de la banda 2.5 GHz, tal como se indica en el Anexo 12.

⁴⁸ Resolución Viceministerial N° 242-2018-MTC/03, modificada por Resolución Viceministerial N° 464-2019-MTC/03

⁴⁹ Reordenamiento de frecuencias de la banda 2.5 GHz. Resolución Viceministerial N° 405-2019-MTC/03, del 18 de junio de 2019

En cuanto a los organismos de estandarización internacionales como ECC (2022)⁵⁰ y CITEI (2024) han propuesto arreglos de frecuencias análogos a los enunciados por la UIT, ver Tabla 4.

Tabla N° 4

Características de operación de la banda 2.5 GHz

ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN	AÑO	ANCHO DE BANDA (MHz)	TAMAÑO DE CANAL (MHz)	MODO DE OPERACIÓN	RECOMENDACIÓN/ REPORTE
CITEI	2024	190	5	FDD/TDD	CCP.II/REC.67 (XLIII-24)
ECC	2022	190	5	FDD/TDD	ECC/DEC(05)05

Fuente. Datos tomados de CITEI CCP.II/REC. 67 (XLIII-24) y ECC/DEC(05)05

Del análisis de las recomendaciones de estos organismos internacionales sobre los arreglos de frecuencias y canalización de esta banda, se observa que adoptan la opción C1 de la recomendación UIT con variantes en las bandas de guarda y canales con capacidad de 5 MHz, es decir, el esquema de canalización de esta banda propuestos a nivel internacional y regional es semejante a la recomendación de la UIT. En esa línea, considerando la utilidad de esta banda de frecuencias para brindar nuevos servicios, la administración local estableció la disposición antes mencionada de la UIT, con segmentación de 5 MHz por canal y utilizando bandas de guarda en los extremos del segmento central TDD, este esquema armoniza con las tendencias globales y estándares de normalización a fin de optimizar el uso de la banda y características técnicas flexibles que faciliten la implantación de 5G, así como de presentar un ecosistema maduro para la prestación de servicios de telecomunicaciones con alta eficiencia espectral.

⁵⁰ Decision (05)05 Harmonized utilization of spectrum for MFCN

En tal sentido, de acuerdo a lo señalado la disposición de la canalización está conformada por canales de 5 MHz y los canales 15 (2 570 – 2 575 MHz) y 24 (2 615 – 2 620 MHz) son utilizados como bandas de guarda, según se muestra en el Anexo 13. En esa misma línea, GSA (2024b) consignó la asignación de los operadores móviles en esta banda para la región, la cual se observa en el Anexo 14; además, GSA (2024a) indica que la banda n41 en modo de operación TDD – 2.5 GHz es la segunda banda con más dispositivos, 2 171, ver Tabla 1.

2.3.8. Planificación de la banda 3.5 GHz

Teniendo en cuenta que los organismos de estandarización internacionales recomiendan que las políticas de planificación y gestión del uso eficiente de espectro, se orienten en priorizar normas y acciones apropiadas y oportunas de asignación de espectro contiguo que sean necesarias para impulsar en el menor plazo posible la implantación de servicios móviles 5G, por tal razón la UIT identificó el rango de frecuencias 3 300 – 3 800 MHz, conocido como banda 3.5 GHz, que es la banda media principal para el despliegue de redes móviles que proporciona un óptimo compromiso entre capacidad en cuanto a la disponibilidad de ancho de banda y cobertura, facilitando elevada conectividad móvil para el desarrollo de servicios 5G, y como consecuencia del avance tecnológico y de la identificación de bandas para las IMT soportadas por canales con anchos de banda mayores, es que a nivel global se observa el incremento de espectro de esta banda, desde 3.3 GHz hasta 3.8 GHz para la provisión de los servicios actuales y la introducción de nuevas tecnologías móviles; así se podrán asignar bloques de espectro de mayor magnitud debido a que el ancho total de esta banda se incrementó de 200 MHz a 500 MHz, con lo cual se presenta un escenario propicio para el despliegue de 5G con los beneficios que esta tecnología ofrece. De este modo, el 3GPP de acuerdo con el avance tecnológico de las redes móviles, consideró redes de conectividad utilizando la banda 3.5 GHz para el despliegue inicial de 5G, con la finalidad de mejorar el rendimiento de la banda ancha y permitir a las concesionarias optimizar el uso del espectro a través de bloques de frecuencias consecutivos de 80 MHz hasta 100 MHz para incrementar sus prestaciones. Debido que la implantación de estas redes requiere de mayores anchos de banda, es necesario la realización del reordenamiento de la banda para la asignación

de bloques grandes y continuos de frecuencias de acuerdo a su identificación actual y a la proyección futura sobre esta banda. En esa línea, el reporte GSA (2020)⁵¹ indica que la eficiencia espectral se incrementa con canales amplios y contiguos, la Tabla 5 muestra que el porcentaje de utilización del espectro disminuye cuando los anchos de banda del canal decrecen.

Tabla 5

Escenarios de uso 5G

CANAL BW (MHz)	NÚMERO DE BLOQUES DE RECURSOS	TRANSMISIÓN BW (MHz)	ANCHO DE BANDA PÉRDIDO (MHz)	UTILIZACIÓN (%)
100	273	98.28	1.72	98.3
80	217	78.12	1.88	97.7
60	162	58.32	1.68	97.2
50	133	47.88	2.12	95.8
40	106	38.16	1.84	95.4
20	51	18.36	1.64	91.8

Fuente. Datos tomados de Rol de las bandas 5G. GSA (2020)

Una de las mayores dificultades para el despliegue de 5G es el ritmo lento en la asignación del espectro; no obstante, el documento GSMA (2023b)⁵² señala que a marzo de 2023 ocho países de América Latina, entre ellos el Perú, utilizaban arquitectura de redes 5G Non-Stand Alone (NSA), red 5G-NR, con acceso 5G para la transmisión por radio y el núcleo de red Evolved Packet del 4G con fines de control para la prestación de servicios móviles comerciales 5G; además, prevé que al 2030 el despliegue 5G alcanzará el 57 % de penetración móvil en América Latina, tal como se muestra en la Figura 7.

⁵¹ Report 3 300 – 4 200 MHz: A Key frequency band for 5G. How administrations can exploit its potential

⁵² 5G en América Latina

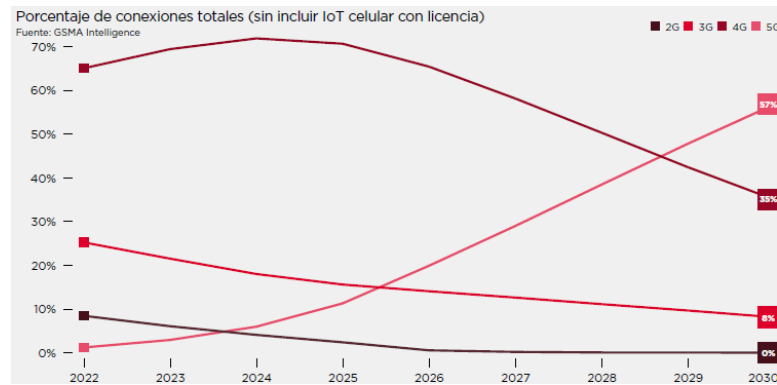


Figura 7

Proyección de crecimiento de 5G al 2030. GSMA Intelligence (2023)

Además, indica que a nivel global en la etapa inicial del despliegue de 5G se utilizó bandas medias y en particular la banda 3.5 GHz de manera masiva debido a que presenta características idóneas de cobertura, velocidad, capacidad y ancho de banda para los servicios móviles 5G NSA, aunque en algunos países la asignación del espectro se otorgó de manera temporal o experimental. Sin embargo, para aprovechar las ventajas y beneficios que otorga esta banda, se requiere que el espectro este armonizado, ya que a nivel global se utiliza en un gran número de redes 5G y se tiene el mayor número de dispositivos. Igualmente GSMA (2023b) señala que para el 2025 la cobertura poblacional 5G llegue al 40 % y para el 2030 la tecnología 5G en el país alcanzará el 54 % de conexiones móviles totales, ver Figura 8.

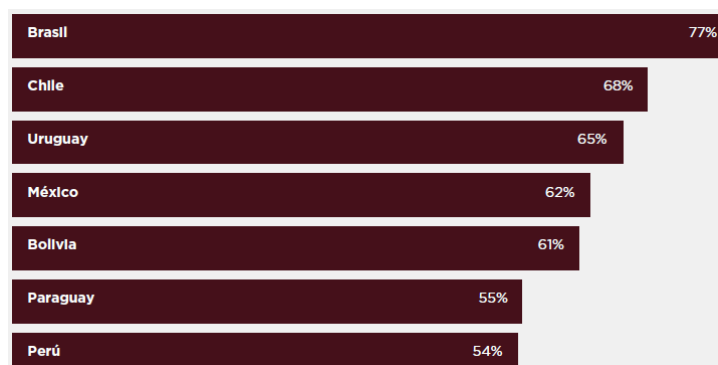


Figura 8

5G como porcentaje del total de conexiones en 2030. GSMA Intelligence (2023)

Al respecto, en el Perú la situación de la banda 3.5 GHz para los servicios IMT, se encuentra en proceso de ser asignada a los concesionarios de los servicios móviles, probablemente mediante un esquema de liberalización de la banda para la asignación directa de espectro con obligaciones de inversión y compromisos de cobertura que permita acelerar el despliegue 5G. Tal como se indicó, en la primera fase del despliegue de infraestructura de redes para sistemas de comunicaciones 5G, 5G NSA, se usa el acceso del espectro destinado para operar pero requiere del núcleo de red Evolved Packet del 4G como base para funcionar, con lo cual se logra prestaciones adecuadas para alcanzar velocidades de descarga de datos más rápidas, incrementar el volumen de datos, disminuir la latencia, obtener una mayor estabilidad de la conectividad en situaciones de movilidad e incrementar el ancho de la portadora de esta banda en el modo TDD con respecto a 4G. Además, la banda 3.5 GHz es aceptada como la de mayor relevancia en el despliegue inicial de nuevas redes para aplicaciones avanzadas, convirtiéndose en la banda media más desplegada para las redes 5G y la que ofrece el mayor ancho de banda continuo, y conforme a lo señalado por GSA (2024a) la banda n78 en modo de operación TDD en el rango 3.5 GHz es la banda con mayor ecosistema, 2 319 dispositivos, ver Tabla 1.

Es necesario resaltar que se modificó la nota P51A del PNAF precisando que los rangos de frecuencias 3.3 – 3.4 GHz, 3.4 – 3.6 GHz y 3.6 – 3.8 GHz, han sido identificados para ser utilizados en aplicaciones de las IMT, sin que ello implique exclusividad en el uso de dichos rangos (MTC, 2019b). Además, se incorporó las notas P73A y P73B a la nota P73 del PNAF, consignando que la banda 3.5 GHz se encuentra atribuida a título primario para la provisión de servicios móviles utilizando sistemas de acceso inalámbrico, salvo móvil aeronáutico. Para esta banda armonizada, en el reporte GSA (2020) se señala que Perú destinará 500 MHz para servicios IMT en esta banda, en el modo TDD para ser utilizado en 5G, banda n78. Al respecto, en la CMR-23 el rango de frecuencias 3.3 – 3.4 GHz fue identificado para la implantación de las IMT a través de la nota 5.429D de la Resolución 223 para la región; mientras que el rango 3.4 – 3.6 GHz fue identificado en la CMR-15 a través de la nota 5.431B, el rango 3.6 – 3.7 GHz mediante la nota 5.434, y el rango de frecuencias 3 700 – 3 800 MHz identificado para las IMT en la CMR-23 a través de la nota 5.435B.

También, el reporte GSA (2020) describe la disponibilidad combinada de los escenarios de uso de los rangos de bandas baja, media y alta del espectro 5G en función de la cobertura y la capacidad, haciendo uso del espectro continuo necesario, ver Figura 9, permitiendo aplicaciones como eMBB, mMTC y URLLC, es decir, la segmentación de la red proporciona redes independientes de la plataforma de red para satisfacer estas aplicaciones de manera flexible.

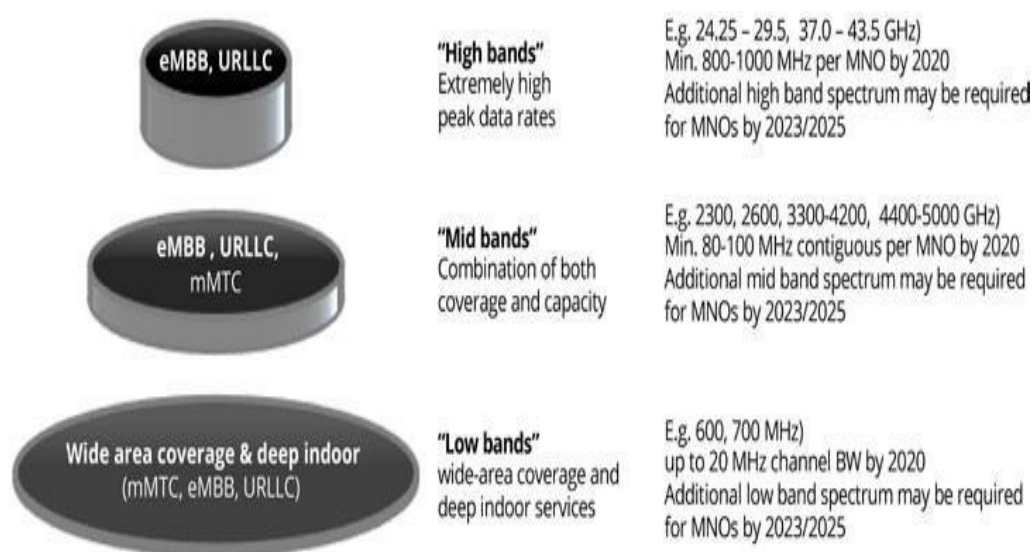


Figura N° 9

Escenarios de uso de 5G. Rol de las bandas 5G. GSA (2020)

A su vez el documento GSMA (2020)⁵³ indica la atribución de la banda 3.5 GHz y el uso previsto de los planes nacionales de los operadores móviles para la región, ver Figura 10, y de acuerdo a lo indicado por la UIT a través del RR señaló que el citado rango esta atribuido para el servicio móvil.

⁵³ 5G y el rango 3.3 – 3.8 GHz en América Latina



Figura 10

Atribución banda 3.5 GHz en la Región 2. Banda 3.5 GHz. GSMA (2020)

De esta manera, se observa que en el RNF no existe asignación para la prestación de servicios móviles en el rango 3.3 – 3.4 GHz, en otras palabras es un rango de frecuencias liberado; mientras que en el rango 3.4 – 3.6 GHz existen cuatro concesionarios, Americatel, Entel, Claro y Telefónica, en donde se considera a Entel y Americatel como las empresas que conforman el grupo Entel, estas empresas operan haciendo uso de sistemas de acceso inalámbrico para la prestación de servicios móviles, y en el rango 3.6 – 3.8 GHz, operan cuatro empresas privadas y una empresa estatal para el servicio satelital fijo. Al respecto, se aprecia en el Anexo 15 la atribución de la banda 3.3 – 4.2 GHz. A fin de permitir la introducción de las IMT, la UIT-R a través de la recomendación UIT (2023) consignó la disposición de frecuencias F3 que facilita a las administraciones nacionales la implantación de las IMT en todo o en parte de los rangos de frecuencias que conforman esta banda, tal como se muestra en el Anexo 16.

Con el fin de mantener la continuidad de los servicios IMT-2020 que operen en estos rangos de frecuencias y permitir la coexistencia con la banda C del servicio fijo satelital, será necesario minimizar las emisiones no deseadas a través de técnicas de

mitigación, tales como sincronización de redes, limitación de niveles de potencia, bandas de resguardo, coordinación entre operadores y estudios de compatibilidad en el límite inferior de 3.3 GHz con las estaciones del servicio fijo por satélite, lo mismo ocurre en el rango de frecuencias superior a 3.8 GHz, banda n78, con los enlaces satelitales de la banda C. Asimismo, CITEL (2024) señala que el uso de la componente terrestre de las IMT requiere de disposiciones diferentes ya que presenta condiciones particulares; además, recomienda que al seleccionar la disposición de frecuencia para las IMT en los rangos de frecuencias 3.3 – 3.4 GHz, 3.4 – 3.6 GHz y 3.6 – 3.7 GHz, según las notas 5.429D, 5.431B y 5.434, respectivamente, así como el rango 3.7 – 3.8 MHz identificado para las IMT en la CMR-23 de acuerdo a la nota 5.435B, se realicen mediante el modo de operación TDD (GSA, 2020), como se muestra en la Figura 11 y en la Tabla 6:

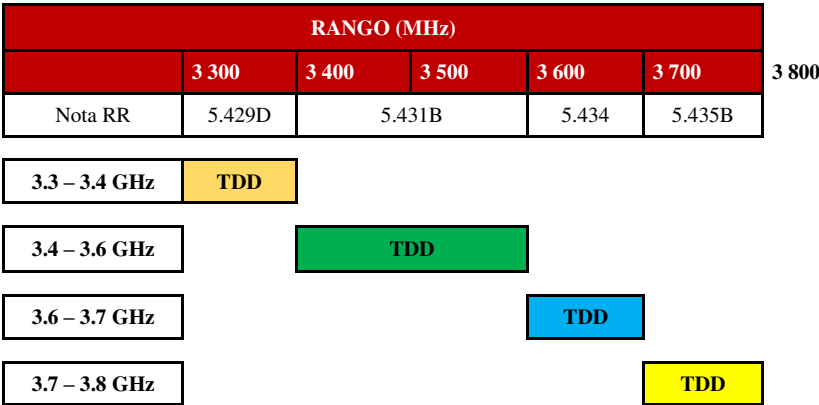


Figura 11 Disposiciones de frecuencias en la banda 3.5 GHz. Recomendación CCP.II/REC.67 (XLIII-24). CITEL (2024)

Tabla N° 6

Características de operación de la banda 3.5 GHz

ORGANIZACIÓN	AÑO	DISPOSICIONES DE FRECUENCIAS	ANCHO DE BANDA (MHz)	BANDA DE GUARDA (MHz)	MODO DE OPERACIÓN	RECOMENDACIÓN/ REPORTE
CITEL	2024	F3	400/500	---	TDD	CCP.II/REC.67 (XLIII-24)

Fuente. Datos tomados de CCP.II/REC.67 (XLIII-24). CITEL (2024)

En ese orden de ideas, los organismos internacionales coinciden en recomendar una configuración de la disposición de frecuencias para esta banda en el modo de operación TDD. Asimismo, la canalización de los rangos de frecuencias que conforman la banda 3.5 GHz⁵⁴ está conformado por 100 bloques de 5 MHz de anchura de banda por canal que ofrecerá la capacidad suficiente para la asignación de canales contiguos de espectro, (MTC, 2023b), haciendo posible el aprovechamiento eficiente de la banda para las tecnologías tradicionales y nuevas, precisando que las operadoras deben sincronizar sus redes que operan en TDD. Esta nueva canalización, que se muestra en el Anexo 17 (MTC, 2005)⁵⁵, tiene idéntica configuración con la banda de frecuencias n78 de la 3GGP con anchos de canal soportados en 4G y 5G, de esta manera se facilitará la adecuación progresiva de la tecnología 5G y el desarrollo de la banda ancha móvil, así como de la ampliación de la cobertura de 4G, previendo que estas redes de acceso inalámbricas convergerán progresivamente hacia el despliegue de sistemas avanzados.

2.3.9. Reordenamiento del espectro radioeléctrico

El reordenamiento, también conocido como Refarming, es un proceso de cierta complejidad que se utiliza como una herramienta de gestión para modificar aspectos administrativos que interactúan en este proceso, como la atribución de servicios, canalización de bandas, asignación de espectro, mecanismos de asignación de bandas; económicos, como obligaciones de inversión, incremento de infraestructura; o técnicos, como el ancho de banda y topes a la asignación espectro, entre otros, a fin de observar su efecto sobre el espectro en la introducción y explotación de servicios avanzados con el fin de optimizar la eficiencia del espectro, es decir, el reordenamiento basado en estudios de factibilidad e inversión pueden usarse para atender la demanda creciente de servicios y aplicaciones o realizar cambios en uno o más de los aspectos administrativos, económicos y técnicos antes mencionados que permitan ser usados con tecnologías innovadoras para la mejor utilización del espectro y satisfacer los requisitos de nuevas comunicaciones, este proceso permite realizar cambios operativos

⁵⁴ Aprobada por Resolución Viceministerial N° 056-2023-MTC/03, del 4 de mayo de 2023

⁵⁵ Aprobada por Resolución Viceministerial N° 641-2019-MTC/03, del 10 de septiembre de 2019

debido a la presencia de tecnologías de vanguardia. Bajo este escenario, se configura el reordenamiento de una banda identificada para servicios IMT-2020, cuando ésta no está armonizada con la tecnología de los servicios existentes, a fin de disponer de espectro armonizado y hacer un uso óptimo de este recurso. De este modo, para los posibles escenarios de reordenamiento que puedan presentarse será necesario un análisis pormenorizado de procedimientos, que garanticen después de su aplicación alcanzar beneficios técnicos referidos al mejor uso de la banda, así como económicos por la revalorización de la banda debido a la atribución de un nuevo servicio de mayor demanda; además, de promover la competencia entre operadores móviles que funcionan en estas bandas medias de frecuencias. En ese orden de ideas, la realización de este proceso se evidencia cuando se detecta insuficiente cantidad de espectro disponible, se requiere la atribución de un nuevo servicio o la reatribución de la banda por un uso ineficiente del espectro; también debe evaluarse la factibilidad de realizar la recanalización de bandas por no estar armonizadas con los servicios IMT-2020 o la modificación en la asignación de las frecuencias otorgadas. Adicionalmente, deben analizarse otros factores, como la obsolescencia de la tecnología o el número mínimo de usuarios en una determinada banda. Así, el objeto del reordenamiento de bandas y redistribución de servicios es mejorar su utilización mediante el uso de canales continuos grandes, característica de 5G, que aseguren la operación eficiente de los servicios a ser prestados minimizando posibles interferencias e incentivando la competencia entre concesionarios para lograr la máxima eficiencia espectral. De esta forma, este proceso es importante ya que permite la posibilidad de acceso a la disponibilidad de frecuencias de una banda a los operadores móviles que intervienen en el mercado para generar una real competencia de servicios. Asimismo, se menciona que el reordenamiento de bandas es clave para efectos del uso óptimo del espectro y se establece que la identificación de los factores definidos en varias etapas de este proceso, deberán ser considerados para la determinación de la adjudicación y posterior asignación del espectro.

Por otra parte, el espectro es considerado como el mecanismo base para la provisión de los servicios móviles, por ello es crucial que su uso sea eficiente, por tal motivo, la implantación del reordenamiento de una banda promoverá el uso óptimo del espectro, así como el despliegue oportuno de las redes 5G; además, esta tecnología requiere disponer del uso de canales grandes y continuos de espectro armonizado para

obtener el mayor beneficio posible en los escenarios técnico, económico y social que ofrece la tecnología 5G.

De acuerdo con lo descrito, un factor importante es la atribución de la banda requerida para los servicios de redes avanzadas, de tal forma que este atribuida para un determinado servicio a nivel global con armonización de frecuencias, así el planeamiento comienza con la reevaluación del marco normativo sobre la atribución de servicios de nuevas tecnologías con el afán de aplicar la metodología que mejor se adapte a un escenario específico, considerando cantidad máxima de espectro asignado por grupo de bandas (topes de espectro) o planes de migración de servicios existentes a otras bandas con disponibilidad de asignación de espectro; por ello, las nuevas aplicaciones con alta demanda de datos móviles requerirán que las empresas concesionarias dispongan de espectro continuo suficiente para prestar eficientemente estos servicios; después de concluida la atribución de las bandas, corresponde evaluar si incumbe realizar la recanalización de las bandas, a fin de que exista la armonización y proyección en el tiempo de uso del espectro entre los servicios actuales y las aplicaciones previstas, propiciando la utilización eficiente del espectro; y finalmente describir el mecanismo más adecuado para la asignación del espectro en función de la eficiencia espectral, que se consigue cuando se alcanza la maximiza utilidad sobre la cantidad de espectro disponible, es decir, procesar la mayor cantidad de información sobre un ancho de banda dado.

El reordenamiento del espectro involucra un considerable número de factores adicionales con el objeto de lograr la máxima eficiencia y disponibilidad del espectro, como:

- políticas regulatorias conexas
- tendencia del mercado
- armonización de frecuencias
- tecnología a utilizar
- demanda del servicio
- compatibilidad entre terminales

En vista que este proceso puede presentar cierto grado de complejidad y ser oneroso debido a que su implantación puede demandar mucho tiempo para realizar modificaciones en el aprovechamiento del espectro y la probabilidad de afrontar montos significativos de equipamiento requerido en los nuevos rangos de frecuencias migrados; en tal sentido, debe sustentarse fehacientemente que la aplicación de cualquiera de las metodologías de reorganización de espectro conllevará al uso óptimo del espectro. En relación al proceso de migración de los concesionarios de servicios existentes, deberán adecuarse a un plan que considere el despliegue de los servicios de manera inmediata y gradual en otra banda de frecuencias y cuya planificación incluya el tiempo estimado del plan de migración y los montos de compensación, si es que corresponden.

Por su lado, la recomendación UIT (2014)⁵⁶ señala que el reordenamiento de una banda está conformado por un conjunto de disposiciones en el ámbito administrativo, financiero y técnico con el fin de liberar de manera total o parcial las asignaciones de frecuencia de una banda específica, es decir, considera la planificación y la modificación de la atribución de bandas, la canalización y la asignación de frecuencias, para su mejor utilización. A su vez, el Reglamento de Reordenamiento indica en el artículo 3 su finalidad, ver Anexo 18.

Conforme a lo consignado, se infiere que el reordenamiento de bandas identificadas para servicios móviles IMT-2020 y la redistribución de los operadores que prestan servicios en estas bandas, tienen como finalidad la armonización del espectro con el beneficio de obtener economías de escala, que permita una gestión adecuada del uso del espectro y así lograr la prestación de servicios con mayor calidad y reducir la brecha digital en áreas sin cobertura.

Es importante resaltar que mediante los documentos MTC (2019f) y MTC (2019d) se aprueban el reordenamiento de las bandas medias 2.3 GHz y 2.5 GHz, respectivamente. En la banda 2.3 GHz se logró la disponibilidad de 60 MHz TDD, de los cuales han sido asignados recientemente 30 MHz a Bitel a través de un concurso público y en la banda 2.5 GHz la disponibilidad de 20 MHz TDD y 20 + 20 MHz FDD

⁵⁶ Recommendation ITU-R SM.1603-2 (08/2014). Spectrum redeployment as a method of national spectrum management

a nivel nacional, que deberán ser asignadas mediante una subasta con compromisos obligatorios de inversión, que contemplen ampliación de conectividad y expansión de infraestructura. Al respecto, este proceso de reordenamiento en ambas bandas fue viable debido a que en una banda había un número insuficiente de usuarios y en la otra banda estaba atribuida a un servicio tecnológicamente obsoleto, por ello fue relativamente viable la transferencia de los usuarios y la adecuación de los servicios. En esa misma línea, se consigna la importancia del reordenamiento de la banda 3.4 – 3.6 GHz con ancho de banda de 200 MHz para el despliegue de 5G, que incluya a los rangos 3.3 – 3.4 GHz y 3.6 – 3.7 GHz.

2.3.10. Gestión eficiente del espectro radioeléctrico

La UIT (2013a)⁵⁷ describe a la gestión del espectro como la implementación de un conjunto de procesos de índole administrativo y técnico para facilitar la eficiencia en el uso óptimo de las frecuencias, sin generar interferencias en la operación de los servicios de comunicaciones; esto es, el planeamiento de la gestión del espectro está relacionado con la asignación de frecuencias, cuyo objetivo es la optimización de su uso para satisfacer la demanda actual y proyectada del espectro. Este planeamiento puede estructurarse mediante políticas de corto tiempo para la asignación de espectro a través de estrategias inmediatas y rígidas sin una visión del avance tecnológico o a mediano plazo, mediante planes flexibles que contengan propuestas de nuevas atribuciones que compatibilicen con los servicios existentes sin interferencias a fin de obtener una asignación de espectro eficaz que garantice la compatibilidad entre los servicios que operan dentro de banda o en bandas adyacentes. En esa línea, la gestión del espectro se torna de mayor dificultad debido principalmente a los procesos de liberación de espectro para servicios de banda ancha, razón por la cual debe orientarse a medidas flexibles que garanticen el mayor beneficio económico y técnico en su explotación, teniendo en cuenta la gran influencia del espectro para el despliegue de nuevas tecnologías, aplicaciones o servicios, en correlación al aumento de la demanda y a la innovación tecnológica, que han originado que los operadores móviles requieran de un amplio espectro continuo para prestar sus servicios, y como consecuencia de

⁵⁷ Comisiones de estudio del UIT-R. Utilización eficaz de los recursos del espectro y la órbita

ello, el incremento del grado de importancia en la utilización óptima del espectro. Así, la implantación oportuna de bandas para la provisión de aplicaciones IMT-2020 contribuye a la modernización de la infraestructura, así como mejoras en la planificación de la utilización de este recurso.

La gestión eficiente del espectro requiere de políticas flexibles y objetivas que permitan el despliegue rápido de 5G y garanticen la prestación óptima de los servicios móviles con beneficios sociales y económicos para los usuarios. Según el documento GSMA (2023c)⁵⁸ estima en promedio que para el 2030 se espera una demanda mínima de 2 GHz de espectro de banda media por mercado, en donde se considera el espectro adicional para la implantación de la banda 3.5 GHz entre 400 a 500 MHz. En virtud de lo señalado y del análisis de los diversos rangos de frecuencias de las bandas consignadas tanto por la UIT como por el 3GPP, se observa que cierto número de ellas carecen aún de la factibilidad para configurar como bandas de frecuencias utilizables para el desarrollo de redes IMT-2020, debido a que no presentan ecosistemas afianzados y por tal razón no proporcionan las ventajas de las economías de escala y del alcance de las bandas estandarizadas y armonizadas; sin embargo, existen bandas de frecuencias que vienen siendo utilizadas con las tecnologías tradicionales y reevaluadas con proyección a utilizarlas para la introducción de las tecnologías IMT, como es el caso de las bandas de interés; al respecto, en la Tabla 1 se observó que la banda 3.5 GHz cuenta con el ecosistema de dispositivos comerciales más numeroso, siendo una banda globalmente armonizada. La expansión de las IMT-2020 dependerá, entre otros, del desarrollo de las interfases radioeléctricas que soporten a las nuevas capacidades de las IMT permitiendo su adecuación según las normativas de regulación vigentes a fin de acelerar la evolución de la banda ancha y alcanzar los beneficios respecto a una elevada calidad del servicio con gran movilidad, baja latencia, mayor velocidad de tasas de datos y mejoras en la privacidad y seguridad. Asimismo, las políticas de gestión y planificación en el aprovechamiento del espectro son cruciales para maximizar la utilización del espectro y deben ser reevaluadas con el fin de efectuar las modificaciones y actualizaciones en la atribución, canalización o asignación de espectro como consecuencia del avance tecnológico.

⁵⁸ Spectrum Policy Trends 2023

Conviene destacar que la UIT identificó un grupo de bandas para la implantación de servicios destinados para las IMT-2020; en ese sentido, UIT-R evalúa las condiciones y criterios para el despliegue de estas tecnologías en dichas bandas que permitan una mayor eficiencia para la provisión de los servicios de comunicaciones móviles; por ello, se requiere establecer políticas públicas apropiadas para la gestión eficiente del espectro en general y de estas bandas relevantes en particular. Sin embargo, la atribución, canalización y asignación en algunas bandas no contribuyen a promover considerablemente la competencia de los servicios móviles, por ello, una gestión óptima del espectro mediante el reordenamiento de bandas permitirá lograr el uso óptimo del espectro. Asimismo, la gestión eficiente del espectro considera como prioridad el bienestar que genera en el usuario final el uso eficiente de este recurso, el más significativo en las comunicaciones móviles. En adición, para un mejor aprovechamiento de los servicios públicos móviles debe aplicarse criterios en un ambiente de equidad en relación con el tratamiento del espectro, en caso de no ser así, la prestación de los servicios se realizará en un entorno desfavorable que no contribuirá con el desarrollo de ellos y en consecuencia en perjuicio de los usuarios, es decir, el uso del espectro debe implantarse en un marco de la utilización óptima del espectro, esto se logra mediante el reordenamiento de bandas, que impulsa la armonización y estandarización de bandas para el aprovechamiento del espectro que facilite establecer economías de escala, y la asignación adecuada del espectro para el despliegue de nuevos y futuros servicios móviles.

Considerando que la asignación de espectro con neutralidad tecnológica es un componente importante para el crecimiento económico, a través del uso del espectro sin especificar la tecnología en cualquier banda de frecuencia sin causar interferencias para una mejor gestión del espectro, permitiendo la migración de los recursos del espectro hacia tecnologías de mayor calidad y eficiencia espectral. También, la neutralidad de servicios viene a ser un enfoque regulatorio que permite a los operadores operar cualquier servicio, es decir no especificar un tipo de servicio en particular.

Según el marco nacional de gestión del espectro, la asignación de frecuencias se lleva normalmente a cabo por concurso público, siendo su finalidad obtener la mayor recaudación de ingresos sin asegurar un uso eficiente del espectro; en otras palabras,

viene a ser una competencia de ofertas económicas entre operadores para la obtención de espectro, sin tomar en cuenta su valor real del mercado, es un modelo rígido que no prioriza la asignación eficiente del espectro, ni se adecua a la introducción de nuevos servicios y aplicaciones, en donde la asignación de uso del espectro se realiza por banda y zona geográfica minimizando las interferencias y asegurando la compatibilidad de operación entre servicios. Mientras que el control de la gestión del espectro se realiza mediante herramientas de medición de indicadores del uso real de la ocupación de los canales a través de las metas de uso de espectro, esto es, el control de la eficacia de la gestión del espectro está dado por el cumplimiento de los indicadores y comprobación de las especificaciones técnicas de instalación y operación de la infraestructura, por lo que el cumplimiento de estas métricas coadyuvará a la mejora en la gestión del espectro. Asimismo, estas herramientas de gestión permitirán verificar el cumplimiento del grado de utilización del espectro y establecer los protocolos de revocación de espectro por el uso ineficiente de este recurso, de ser el caso.

De lo expuesto, se requiere disponer de otros procedimientos para la asignación de espectro que se encuentren relacionados a criterios de comercialización del espectro, p. ej., la inducción del mercado secundario, que consiste en la comercialización de la asignación del espectro que no se esté utilizando en su totalidad, mediante la transferencia de espectro, validado por la administración, así propiciar el uso óptimo del espectro a favor de los usuarios y la competencia por parte de nuevos operadores en la banda de frecuencias; sin embargo, este mercado requiere de normativas y lineamientos reguladores objetivos y precisos que permitan su viabilidad aplicativa en el país, y se evite así el acaparamiento del espectro y precios de reventa considerables.

Finalmente, de acuerdo a la política del sector se han realizado actualizaciones referentes a indicadores y parámetros de gestión del espectro; sin embargo, para lograr la optimización del uso del espectro se requiere disponer de un marco normativo con mayor flexibilidad al actual, que determine la asignación de espectro a través de un escenario favorable para el despliegue de servicios 5G en el corto plazo para promover la utilización eficaz de este recurso y pueda atenderse la mayor demanda con los beneficios que brinda esta tecnología. A fin de revertir esta situación, se aprobaron una

serie de normas y reglamentos regulatorios respecto a las bandas identificadas para IMT-2020, bandas 2.3 GHz, 2.5 GHz y 3.5 GHz para ser atribuidas a servicios móviles, la recanalización de las mencionadas bandas de frecuencias, el reordenamiento de las dos primeras bandas citadas, con el propósito de prestar nuevas aplicaciones, promover la inversión, garantizar la asignación óptima del espectro, y la planificación en el uso del espectro.

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

- Es posible proponer la gestión eficiente de las bandas de frecuencias para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú.

3.1.2. Hipótesis específicas

- H1: Es posible determinar como el modo de gestión eficiente del uso del espectro facilita la rápida implantación de tecnologías de última generación en el país.
- H2: Es posible determinar como el reordenamiento de una banda de frecuencias permite la coexistencia de diferentes tecnologías para la prestación simultánea de servicios móviles actuales y la introducción de servicios y aplicaciones móviles de nuevas tecnologías.

3.2 Identificación de variables

3.2.1. Variable independiente

X1: Gestión eficiente de las bandas de frecuencias.

Dimensiones.

- Espectro radioeléctrico
Indicadores:
Eficiencia espectral (bits/Hz)
Uso del espectro
Plan de cobertura (unidades geográficas)
- Política del sector
Indicadores:
Marco normativo regulatorio
Competencia en el mercado móvil

3.2.2. Variable dependiente

Y1: Desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones.

Dimensiones.

- Sociales
Indicadores:
Brecha digital
Inclusión social
Calidad de vida
- Regulatorios
Indicadores:
Cumplimiento de normas establecidas
Implantación de nuevas tecnologías
Disponibilidad de servicios
Competencia entre operadores

- Económicos

Indicadores:

Inversión en infraestructura de telecomunicaciones

Crecimiento económico del país

Ingresos generados en el sector

3.3 Operacionalización de las variables

3.3.1 Variable independiente

Tabla N° 7

Matriz de Operacionalización

Variable independiente. Gestión eficiente de las bandas de frecuencias				
Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Tipo de variable
Administración eficiente del espectro radioeléctrico en base al PNAF y a las normativas nacionales e internacionales	A través de indicadores cuantitativos y cualitativos, como el análisis de documentos normativos especializados	Espectro radioeléctrico	Eficiencia espectral Uso del espectro Plan de cobertura	Cualitativa
		Política del sector	Marco normativo regulatorio Competencia en el mercado móvil	Cualitativa

3.3.2 Variable dependiente

Tabla N° 8

Matriz de Operacionalización

Variable dependiente. Desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones				
Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Tipo de variable
Evolución y disponibilidad de los servicios públicos de telecomunicaciones como consecuencia de la gestión eficiente del espectro radioeléctrico	A través de indicadores cuantitativos y cualitativos, como el análisis de documentos normativos especializados	Sociales	Brecha digital Inclusión social Calidad de vida	Cualitativa
		Regulatorios	Competencia entre operadores Implantación de nuevas tecnologías Disponibilidad de servicios	Cualitativa
		Económicos	Inversión en infraestructura de telecomunicaciones Crecimiento económico Ingresos generados en el sector	Cualitativa

3.4 Matriz de consistencia

Esta matriz conformada en base a la formulación del problema, los objetivos planteados y las hipótesis, así como las variables consideradas con sus indicadores respectivos, permite evaluar la consistencia entre los diversos componentes que intervienen, constituyéndose en una herramienta crucial para asegurar una comprensión global y estructurada de la investigación, ver Anexo 19.

CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

Considerando los problemas y objetivos planteados, se establece que el tipo de investigación es descriptiva, ya que busca analizar y caracterizar la gestión del espectro sin manipular variables ni probar hipótesis. Se centra en examinar cómo se administra este recurso y cuáles son sus desafíos actuales.

También es aplicada, dado que su objetivo es generar conocimiento útil para optimizar la gestión del espectro, lo que puede influir en la toma de decisiones políticas y regulatorias.

Por su parte, el diseño de la investigación es no experimental, porque no se interviene ni se manipulan variables. Se basa en el análisis de información existente en documentos, normativas y estudios especializados previos.

Según el enfoque metodológico es cualitativa y documental, dado que la información se obtiene mediante el análisis y revisión de fuentes primarias, así como de leyes, regulaciones, estudios de gestión del espectro a nivel global y bases de datos de instituciones especializadas.

4.2. Unidad de análisis

Leyes, marco normativo regulatorio, reglamentos, decretos, resoluciones, lineamientos, normas, especificaciones técnicas, recomendaciones, informes y reportes técnicos, políticas y disposiciones relacionadas con la gestión eficiente del espectro radioeléctrico.

4.3. Propuesta sobre el reordenamiento de bandas medias IMT-2020

En lo referente a la evaluación de la metodología de este proceso, debe considerarse inicialmente otros factores a los ya citados, conforme a lo siguiente:

- mecanismo mediante el cual se realizó la asignación original
- periodo de tiempo para culminación de la concesión
- cantidad de espectro a ser devuelto por los operadores que poseen espectro asignado
- compensación económica por proceso de migración, de corresponder

Por otro lado, una primera opción para iniciar el proceso de reordenamiento es mediante un escenario de carácter potestativo, en cuyo caso se decide el reordenamiento en base a la implantación de un mecanismo de negociación colectiva para la devolución voluntaria del espectro por parte de los operadores para que en una etapa posterior sea reasignado en bloques continuos amplios, debido a que se detecta que no existen beneficios por el uso de dicho espectro antes asignado, y a la existencia de una tecnología avanzada que ofrece aplicaciones superiores; de este modo, se puede acortar el proceso de reordenamiento. Este proceso contempla el análisis y estudio de varios agentes, desde la atribución de la banda para la provisión de un nuevo servicio hasta la recanalización de la banda de frecuencias; para posteriormente en un trámite diferente proceder a la adjudicación y asignación de frecuencias, determinando si corresponde una compensación económica por la migración y el rango de frecuencias devuelto, que dependerá:

- de la anchura de banda
- del número de unidades geográficas asignadas
- de la modalidad de asignación realizada
- de las obligaciones de inversión a ser asumidos por el periodo de duración faltante de la asignación de frecuencias

La segunda opción es de carácter regulatorio y vinculado a la política del sector, siendo su implantación más complicada debido a que demandará grandes periodos de tiempo para ser ejecutada y se configura cuando la administración determina su obligatoriedad mediante la terminación anticipada de la concesión o la no renovación de ésta según las normativas aplicables por razones de interés público, por lo cual debe pagarse un monto de compensación a los operadores de acuerdo a los términos del contrato de concesión, previa negociación.

Las tendencias regulatorias para la gestión eficiente del espectro involucran una serie de escenarios de carácter técnico, económico y jurídico, cada uno con propósitos y objetivos específicos cuya finalidad general es lograr la utilización eficiente del espectro. Dentro de este enfoque, se consigna como alcanzar esta meta mediante un análisis técnico de las condiciones y criterios interrelacionadas en este proceso que permitan plantear una propuesta útil de reordenamiento del espectro con asignaciones existentes; bajo esta perspectiva, el reordenamiento de la banda 3.5 GHz y subsiguiente asignación de espectro, considera aspectos técnicos a ser utilizados para la evaluación del mejor uso del espectro de esta banda, tomando como referencia la experiencia internacional en base a planes y tendencias. Los aspectos de índole económicos se refieren a la valorización de la banda para estimar el precio base de adjudicación del espectro, esquemas de compensación para establecer montos por procesos de migración de servicios o indemnizaciones a que dé lugar; cabe precisar, que el detalle de la estimación económica de esta banda, la cual incluye costos de capital, migración, funcionamiento y mantenimiento, a ser considerada para el mecanismo de asignación de espectro no se determinará en esta investigación, dado que no se encuentra entre los objetivos planteados, la misma que a nivel global generalmente es realizada por una consultoría externa especializada. Mientras que la evaluación de la situación jurídica de las empresas está relacionada a deudas por pagos de derecho de canon y tasa,

resolución contractual, falta de pago por fraccionamiento de deuda, o estar incursos en sanciones o impedimentos que los inhabilite para contratar con entidades estatales, entre otros.

4.4. Análisis y descripción del modelo propuesto

Previo a la propuesta a realizar, se describe el procedimiento de planificación de la banda 3.5 GHz, identificada para comunicaciones IMT-2020 mediante la interfase radioeléctrica terrenal 3GPP 5G-RIT, 5G NSA, a fin de permitir un mejor uso del espectro a través del reordenamiento del espectro, el cual involucra la reevaluación de la atribución del servicio, la canalización y la asignación de espectro para adaptarla con los avances tecnológicos y contar con más espectro armonizado continuo a nivel global, que genere un ecosistema amplio de equipos a fin de obtener economías de escala, mejor infraestructura y despliegue rápido del servicio móvil 5G. En este contexto, la utilización de esta banda es un componente esencial para el despliegue inicial de 5G a causa de su significativo equilibrio entre el procesamiento de tráfico y la conexión de datos móviles, y con el propósito de establecer una propuesta de metodología de reordenamiento del espectro se analiza el comportamiento secuencial de las variables que participan. Además, en el desarrollo de esta investigación se considera solo la ejecución del proceso de reordenamiento de la banda, un desarrollo posterior será la etapa final de adjudicación y asignación de espectro mediante o una subasta o un mecanismo con mayor grado de flexibilidad, con la intervención de los postores interesados incluyendo aquellos que cuenten con espectro, dependiendo de diversos factores la elección del tipo de modelo de adjudicación y asignación de espectro a ser utilizado.

Este proceso comienza efectuando un balance del escenario actual respecto a la atribución de la banda, al ancho de banda total a licitar, el número de postores y la convivencia con otros servicios, los cuales van a determinar la mejor opción de la banda a ser atribuida para su utilización tanto en servicios ofrecidos actualmente, como

en el despliegue de servicios que apliquen nuevas tecnologías mediante el análisis de compatibilidad para la operación simultánea entre servicios, con los niveles de calidad adecuado y mitigación de las posibles interferencias. Al respecto, se propone la hipótesis de cambios de la atribución, canalización y asignación del espectro, en donde corresponda, debido al reordenamiento de 3.5 GHz bajo la premisa del uso óptimo de este recurso limitado, que facilite el despliegue y expansión de 5G y de futuros servicios móviles, y mejoras en la infraestructura para brindar servicios móviles.

Por su parte, el rango 3.4 – 3.6 GHz otorgado para brindar servicios de telecomunicaciones en diversas zonas geográficas del país utilizando sistemas de acceso inalámbrico, se atribuyó a los concesionarios Claro, Entel y Telefónica, posteriormente las mencionadas empresas fueron autorizadas para prestar el servicio móvil 5G en dicho rango. Asimismo, este rango de frecuencias atribuida a título primario esta recanalizada en 40 bloques de 5 MHz, que equivalen a un total de 200 MHz, ver Figura 12.

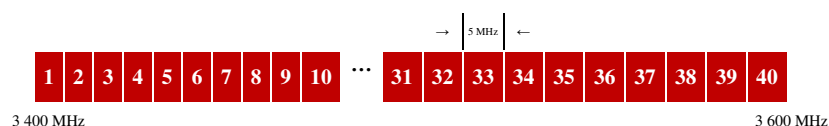


Figura 12

Canalización rango 3.4 – 3.6 GHz

Además, según los reportes técnicos GSA (2020), GSMA (2020) y GSMA (2023b), señalan la identificación en el país de hasta 500 MHz de espectro en 3.5 GHz para servicios móviles, espectro que permitirá atender requerimientos de grandes volúmenes de tráfico y una amplia gama de aplicaciones nuevas y emergentes de gran impacto que aprovechan de las capacidades de las redes 5G, cuya canalización se muestra en la Figura 13.

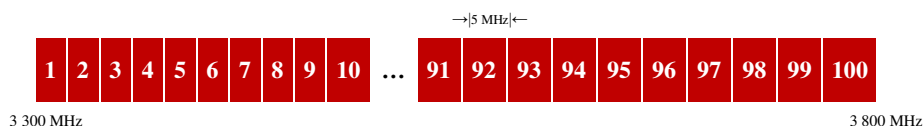


Figura 13

Canalización banda 3.5 GHz

4.5. Metodología de reordenamiento del espectro

Cabe señalar, que para la metodología de la investigación se utiliza un enfoque basado en recomendaciones de organismos internacionales y estudios pormenorizados de información primaria relevante. En esa línea, para el reordenamiento de esta banda se analizan documentos regulatorios, artículos técnicos y reportes especializados de instituciones de estandarización como la UIT, el 3GPP y la CITEL, y normas emitidas por el MTC, como el PNAF, el TUO de la Ley de Telecomunicaciones y su Reglamento, entre otros, se concluye que esta banda presenta un gran potencial dado que tiene el mayor ancho de banda contiguo de las bandas medias y en su etapa inicial posee el factor de reutilización de la infraestructura 4G existente sin tener que recurrir a inversiones elevadas. Es importante señalar que el reordenamiento de 3.5 GHz es un proceso conveniente y necesario para la optimización del uso de este recurso en la implantación de 5G, el cual incluye a los rangos 3.3 – 3.4 GHz y 3.6 – 3.7 GHz, además del rango 3.4 – 3.6 GHz asignado, de acuerdo al marco normativo actual y cuyo fin es la utilización óptima del espectro.

Por su parte, GSMA (2020) señala que en Perú se identifica el rango 3.3 – 3.7 GHz para aplicaciones IMT; al respecto, solo el rango 3.4 – 3.6 GHz está atribuido para servicios móviles; además, el RNF indica que el rango 3.3 – 3.4 GHz está liberado de asignaciones de espectro; no obstante, para la convivencia de servicios que operen en el margen inferior de este rango con las estaciones terrenas de la banda C del servicio fijo por satélite, requerirá de estudios de compatibilidad; en el rango 3.4 – 3.6

GHz tienen asignación el grupo Entel en 102 provincias de 12 departamentos, Claro en 113 provincias de 14 departamentos y Telefónica a nivel nacional; y, en el rango 3.6 – 3.8 GHz operan 4 concesionarios privados del servicio fijo por satélite y la empresa pública CORPAC, estos enlaces atribuidos a título primario funcionan en el rango 3.7 – 3.8 GHz, ver Figura 14. No obstante, para que sea factible la coexistencia en el rango superior de esta banda entre servicios IMT-2020 con los enlaces satelitales espacio-Tierra de la banda C del servicio fijo satelital, requerirán de acuerdos para asegurar su protección, ya que dichos enlaces pueden causar interferencias a los servicios IMT, por ello debe aplicarse estrategias adecuadas para planes de migración de estas empresas al rango superior a 3.8 GHz, es decir, debe considerarse para futuras asignaciones del servicio fijo por satélite la parte superior de la banda C, 3.8 – 4.2 GHz. Asimismo, según la experiencia internacional, en general, y de la región, en particular, se requiere evaluar la conveniencia o no de reservar espectro en el segmento 3.7 – 3.8 GHz para soluciones específicas de servicios privados, ya que pueden limitar en el futuro el desarrollo del servicio móvil 5G.

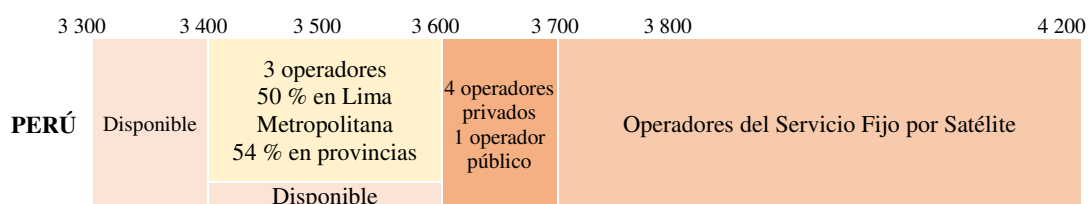


Figura 14

Uso de la banda 3.3 – 4.2 GHz. 5G y el rango 3.3 – 4.2 GHz en Perú. GSMA (2020)

Conforme a lo consignado, actualmente el segmento 3.4 – 3.6 GHz tiene asignado espectro en diferentes provincias del país, a través de concurso público de ofertas, Claro cuenta con un espectro de 25 + 25 MHz (50 MHz), el grupo Entel con 2x (25 + 25 MHz) que equivale a 100 MHz y Telefónica con 25 + 25 MHz (50 MHz), por un total de 200 MHz; sin embargo, este espectro no está armonizado y configura un escenario de uso ineficiente de este recurso, requiriendo de un proceso de

reordenamiento del rango 3.4 – 3.6 GHz, la distribución del arreglo actual se indica en la Figura 15.

Para analizar las propuestas sobre el reordenamiento de 3.4 – 3.6 GHz, se requiere tener en cuenta las normas actuales y consideraciones iniciales que faciliten de manera objetiva el tratamiento de los factores que intervienen durante este proceso, condiciones iniciales de la asignación del espectro e identificación de los procedimientos normativos esenciales, de acuerdo a:

- espectro asignado: cantidad inalterable de acuerdo con la resolución directoral de otorgamiento de espectro
- conectividad: en las áreas geográficas según el plan de cobertura aprobado
- periodo de tiempo: invariable según la resolución ministerial de la concesión vigente
- cumplimiento de obligaciones: se mantienen de acuerdo con el contrato de concesión

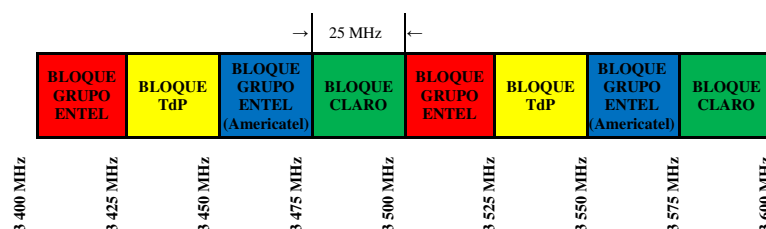


Figura 15

Asignación actual del rango 3.4 – 3.6 GHz

En ese sentido, para la reorganización del espectro de 3.3 – 3.7 GHz se requiere adicionalmente de la participación en este proceso de todos los operadores de servicios móviles con derecho de uso del espectro asignado vía concurso público de ofertas y de la devolución del espectro asignado en esta banda, y que el reordenamiento sea previo a la adjudicación del espectro, es decir, antes de iniciar la planificación del reordenamiento debe garantizarse la disponibilidad total de la banda. De esta forma,

el proceso integral está conformado por tres fases, iniciándose con la fase de planificación y evaluación actual con respecto a los factores que interactúan en este proceso tales como la atribución de servicios, la canalización de la banda, la asignación del espectro, el tope máximo de espectro para esta banda, y el uso efectivo y previsto del espectro, esta fase puede tomar un periodo de tiempo extenso, luego viene la fase de reorganización del espectro incluyendo las técnicas de mitigación de interferencias, acuerdos entre operadores, bandas de guarda, uso de filtros de los transreceptores o incluso posibles arreglos de sincronización de redes con canales adyacentes que operen en el modo TDD en una misma área geográfica, y como la última fase, no contemplada en esta investigación, la elaboración y ejecución de la adjudicación y posterior asignación del espectro, mediante concurso público de ofertas o mecanismo de asignación directa con obligaciones de inversión, el cual dependerá, entre otros, del número de empresas participantes en el proceso, de la cantidad de espectro solicitado por postor y del espectro a licitar, el proceso total puede tomar un tiempo considerable (GSMA, 2020).

En este contexto, el plan de reordenamiento de 3.3 – 3.7 GHz, analiza detalladamente cada una de las variables en función de los 400 MHz identificados para 5G, que puede permitir la operación de hasta cuatro concesionarios móviles. Asimismo, si se aplica el mecanismo de asignación directa para la adjudicación del espectro, ésta considera además de la contraprestación por el espectro, de montos por migración de servicios, de obligaciones de inversiones en la red, de cobertura y desarrollo de infraestructura. En tal sentido, se requiere entre 80 MHz hasta 100 MHz por operador al inicio del despliegue 5G para obtener los beneficios que ofrece la banda 3.5 GHz. La asignación mediante este mecanismo, cuyo objeto es evitar retrasos en el despliegue de 5G, hará factible la implantación con los anchos de banda antes indicados, dependiendo de la cantidad de espectro requerido dentro del plan de negocio de cada operador y del número de participantes en el concurso de asignación de espectro, es decir, considerando la cantidad de espectro requerido por postor, la adjudicación directa del espectro permite una asignación equitativa de espectro para cada uno de los operadores móviles; sin embargo, pueden presentarse otros escenarios posibles, siendo el más crítico el de disponer de menor cantidad de espectro a otorgar entre los postores, en este caso de mayor competencia entre operadores se utilizaría el mecanismo de concurso público para asignar el espectro disponible y dependerá de los

operadores determinar la cantidad de espectro requerido; en otras palabras, debido al grado de competencia puede darse una distribución no uniforme del espectro entre el número de operadores, quienes decidirán el tamaño de los bloques a ofertar, siendo el bloque mínimo de adquisición conformado por dos canales continuos de 5 MHz cada uno, así como consecuencia de este proceso de reordenamiento y posterior adjudicación de espectro los operadores que cuentan con espectro pueden tener una ubicación diferente a la asignación actual establecida.

En esa misma línea, se indica el estudio de diversos escenarios probables de reordenamiento de esta banda; no obstante, se determinó que varios de ellos no permiten el uso óptimo de la banda; por ello, solo se efectúa el análisis de factibilidad de las posibles alternativas viables de reordenamiento de espectro que estén conformes con las políticas públicas y el marco normativo, las recomendaciones y opiniones de organismos del sector, y el benchmarking internacional, indicando las ventajas y beneficios para la utilización eficiente de esta banda. Dentro de este argumento, en el rango 3.3 – 3.7 GHz se tiene un máximo de 400 MHz para el despliegue de 5G, de acuerdo a ello se establece que se tiene 200 MHz adicionales al espectro asignado en el rango 3.4 – 3.6 GHz. En tal sentido, considerando a los cuatro operadores de servicios móviles presentes en el país, se analiza la alternativa 1, que corresponde a disponer de 8 bloques de 50 MHz para el reordenamiento de esta banda, es decir, los 400 MHz de espectro disponible se dividen en 8 bloques de 50 MHz cada uno, tal como se muestra a continuación:

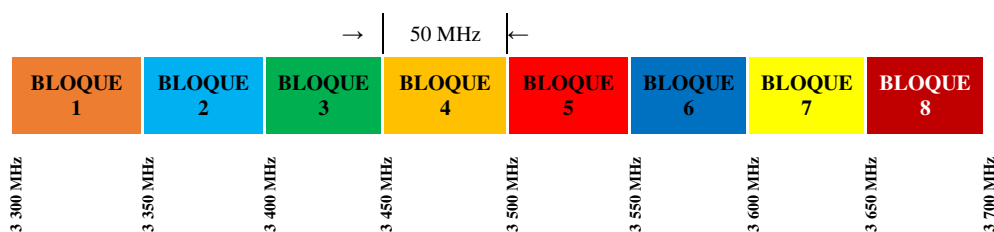


Figura 16

Alternativa 1 de reordenamiento del rango 3.3 – 3.7 GHz

En esta propuesta de reordenamiento existen cuatro bloques de 50 MHz con espectro ya asignado y cuatro bloques de 50 MHz que se encuentran disponibles para ser asignados, cuya adjudicación posterior dependerá del modelo utilizado, a fin de que los cuatro operadores móviles cuenten con 100 MHz de espectro continuo, que debe estar en línea con el requerimiento de solicitud de espectro por parte de los postores según su modelo de negocio.

Si se configura este escenario se aplicaría el mecanismo de asignación de manera directa con compromisos de inversión que permita la adjudicación de un bloque de 100 MHz por operador en la banda 3.5 GHz, espectro que según lo precisado por organismos internacionales de normalización y empresas líderes a nivel global de desarrollo de tecnologías, tales como la UIT, 3GPP, GSA, GSMA y Qualcomm⁵⁹ recomiendan para obtener todos los beneficios que ofrece 5G; además, de aspectos técnicos que se precisan a continuación:

- establece que el reordenamiento previo de esta banda no condiciona a la posterior asignación de espectro en cuanto a la ubicación de los postores, para lo cual se tomará en cuenta los compromisos de inversión como herramienta de competencia
- promueve y contribuye a la optimización en la utilización eficiente del espectro, dado que se usa todo el espectro disponible
- ofrece mayor eficiencia espectral máxima, debido a la utilización de un canal continuo de 100 MHz
- incrementa el nivel de competencia entre operadores y establece igualdad de condiciones técnicas de operación, ya que todos los operadores dispondrán de igual cantidad de espectro asignado
- reduce la posible fragmentación de los bloques de espectro a ser asignados
- aumenta la competitividad por la selección en la posición de los bloques dentro del rango a ser adjudicadas, ya que el orden de prioridad de la asignación dependerá en gran medida de la magnitud de los compromisos de inversión
- genera economías de escala de terminales y equipos
- evita el acaparamiento y posible monopolio del espectro por parte de un operador, en concordancia con el tope máximo de espectro para las bandas medias

⁵⁹ Qualcomm Incorporated. Empresa relacionada con la fabricación de dispositivos móviles
<https://www.qualcomm.com/company>

Adicionalmente, del análisis realizado a las potenciales interferencias perjudiciales debidas a bandas adyacentes u otras bandas de frecuencias, como p. ej., la relacionada al segundo armónico de la banda AWS con el segmento 3 420 – 3 560 MHz, se determina que no afecta la posición de los bloques a ser asignados en ese segmento, ya que para que se genere la interferencia antes señalada debe ocurrir el uso de agregación de portadoras mediante las bandas AWS y 3.5 GHz, pudiéndose evitar esta situación utilizando otras bandas TDD u otra banda baja concesionada, con lo cual se descarta esta potencial interferencia; por lo tanto, no es relevante esta posibilidad de interferencia. En ese sentido, no existe limitaciones para la ubicación de un operador móvil en determinada posición dentro del rango 3.3 – 3.7 GHz.

Una segunda propuesta, alternativa 2, contempla la participación en este proceso de reordenamiento de cuatro postores y disponibilidad de espectro dividido en 3 canales de 100 MHz y un bloque de 80 MHz contiguos, este último ancho de banda es el tamaño mínimo de espectro recomendado por organizaciones internacionales para asegurar un uso óptimo del espectro y obtener los máximos y variados beneficios de 5G en términos de eficiencia espectral, partición de la red, soporte IoT, aplicaciones de baja latencia y velocidades de datos altas. Cabe la posibilidad que para la adjudicación, uno de los dos postores que cuenta con 50 MHz ya asignados puede requerir solo 30 MHz según su plan de gestión empresarial para alcanzar los 80 MHz y el cuarto operador entrante requiera 100 MHz o ingresar un cuarto operador con 80 MHz; esta propuesta presenta diversos escenarios a continuación, se muestra uno de ellos:

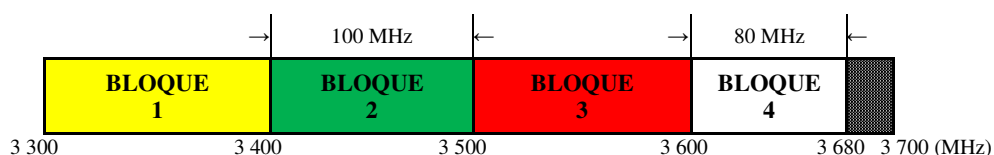


Figura 17

Alternativa 2 de reordenamiento del rango 3.3 – 3.7 GHz

Asimismo, una tercera posibilidad, alternativa 3, es a través de una licitación de bloques de tamaño no uniforme, por lo cual existirán diferentes escenarios para las cantidades de espectro a ser adjudicadas por operador, siendo que el número de bloques continuos requeridos corresponderá al diseño de la propuesta técnica de la empresa licitante, y se llevaría a cabo a través de una licitación pública, que no tendrá en cuenta al número de postores que participen en el concurso, es decir en este caso el tamaño del bloque a ser adjudicado por operador dependerá de la cantidad de bloques continuos que el operador requiera concursar, considerando los toques de espectro permitidos por grupo de bandas y la cantidad mínima de bloques contiguos a solicitar. Con este modelo es altamente probable que ocurra fragmentación de bloques de espectro, debido a que el mecanismo de asignación no asegura la tenencia de bloques mínimos contiguos de 80 MHz por operador, lo cual no garantiza un uso eficiente del espectro pudiendo ocasionar inconvenientes en el funcionamiento y despliegue de 5G.

Con relación a las consideraciones expuestas, del estudio realizado y de la reevaluación de los posibles escenarios para realizar el reordenamiento, se considera que la propuesta de solución viable y factible para el reordenamiento de 3.3 – 3.7 GHz, es la alternativa 1, que se detalla a continuación:

- Bloque 1 y 2
segmento 3.3 – 3.4 GHz, 100 MHz, operador A
- Bloque 3
segmento 3.4 – 3.45 GHz, 50 MHz, operador B
- Bloque 4
segmento 3.45 – 3.5 GHz, 50 MHz, operador B
- Bloque 5
segmento 3.5 – 3.55 GHz, 50 MHz, operador C
- Bloque 6
segmento 3.55 – 3.6 GHz, 50 MHz, operador C
- Bloque 7
segmento 3.6 – 3.65 GHz, 50 MHz, operador D
- Bloque 8
segmento 3.65 – 3.7 GHz, 50 MHz, operador D

En consecuencia, este escenario contempla el reordenamiento de esta banda con la presencia de 4 postores con 100 MHz, evitando así el acaparamiento del espectro y generando mayor competencia del mercado, tal como se ilustra en la Figura 18.

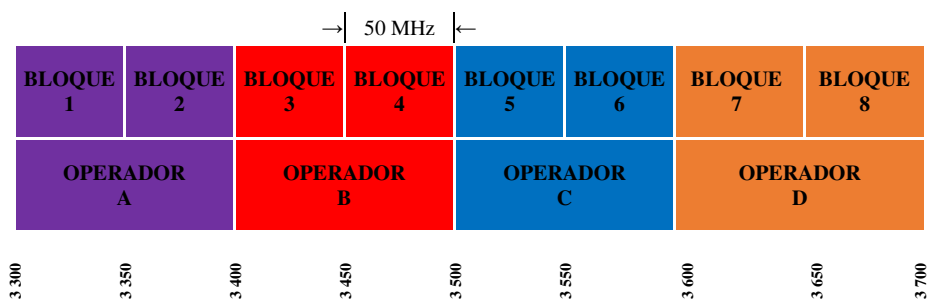


Figura 18

Propuesta de reordenamiento del rango 3.3 – 3.7 GHz

Finalmente, esta alternativa de reordenamiento es totalmente independiente del proceso posterior de adjudicación de espectro, en la cual, indistintamente los cuatro operadores competirán para elegir la ubicación de los bloques dentro del rango 3.3 – 3.7 GHz, teniendo en cuenta la valorización de los ecosistemas de dispositivos comerciales más desarrollados, que finalmente incidirá en la propuesta económica del operador en el proceso de asignación mediante concurso público de ofertas, siendo la mayor propuesta económica de los postores la que primero seleccione los bloques de su preferencia.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Es importante indicar que el análisis realizado en la investigación considera varias alternativas de evaluación de variables, criterios, tendencias, arreglos y factores involucrados en el reordenamiento del espectro, que permiten la modificación y acondicionamiento de la banda 3.5 GHz para obtener la máxima utilización de este recurso. En esa línea, la gestión eficiente del espectro se establece a través de la implantación de políticas públicas y de un marco normativo regulatorio que contemple aspectos relacionados al planeamiento, administración, uso y control del espectro, en el cual el reordenamiento del espectro asume un rol relevante, debido que su propósito es lograr la utilización óptima de este recurso que permita maximizar la explotación de bandas de frecuencias para el despliegue de tecnologías innovadoras, como 5G ya que se dispondría de canales contiguos amplios para la asignación oportuna del espectro a través de posibles mecanismos de asignación de espectro con compromisos obligatorios en materia de inversión que aceleren el despliegue de 5G, es decir, el reordenamiento de la banda 3.5 GHz está orientado a mejorar la eficiencia en el uso del espectro y promover la competencia entre operadores mediante el acceso al espectro en cantidades similares evitando la concentración de dicho recurso, así como de la liberación de bloques de frecuencias para obtener mayor disponibilidad de espectro que permita la posibilidad de ingreso de otro operador entrante, de este modo se puede ofrecer un número mayor de servicios y disponer de tarifas más asequibles de acuerdo a la demanda, que impulsen el mejoramiento de la calidad del servicio y

ampliar la cobertura a zonas no atendidas, favoreciendo el desarrollo del sector. De acuerdo a ello, se puede colegir que el reordenamiento en función de la atribución de servicios, canalización de bandas y asignación de espectro permitirá optimizar el uso y aprovechamiento del espectro para la provisión y desarrollo de nuevas tecnologías asociadas a aplicaciones y servicios móviles en el país.

En ese contexto, la interpretación de este análisis proyecta los beneficios de la tecnología 5G para las comunicaciones móviles en el país y las implicancias que se derivan para los usuarios. Se resalta que 3.5 GHz ha sido utilizada a nivel global para la introducción de esta tecnología avanzada, y como consecuencia de ello, se puede aprovechar la reducción de costos para una mayor implantación de redes, permitiendo el incremento de la conectividad móvil. No obstante, existen inconvenientes normativos que no han permitido la asignación y el despliegue oportuno de esta banda, como posibles procesos de migración de servicios, reatribución de servicios y aspectos de índole económico en inversiones de infraestructura.

Asimismo, las alternativas planteadas consignan los beneficios a ser logrados, como también los posibles inconvenientes que puedan presentarse debido a la fragmentación del espectro. Además, para continuar con posibles enfoques y futuros escenarios que determinen el uso óptimo del espectro se necesitará realizar un mayor análisis pormenorizado e investigaciones para el uso óptimo del espectro, así como identificar nuevas bandas de ondas milimétricas para las IMT-2020, que permitan brindar eficientemente los servicios móviles y sus diversas aplicaciones con amplios anchos de banda, gran conectividad simultánea y baja latencia, que potencialmente tendrán un gran impacto en la productividad del país y en la mejora de la calidad de vida de los usuarios. De lo indicado y debido a la importancia de la utilización óptima del espectro mediante el reordenamiento de bandas para el despliegue de la tecnología de quinta generación, se da respuesta a las preguntas propuestas en la formulación del problema.

¿Cómo la gestión eficiente del uso del espectro facilita la rápida implantación de tecnologías de última generación en el país?

La gestión eficiente del uso del espectro a través del reordenamiento de frecuencias tiene un impacto directo en el despliegue de 5G, ésta se logra mediante la aplicación de políticas y planes concernientes a leyes, reglamentos, lineamientos, normas y herramientas necesarias para determinar y verificar la eficiencia en el uso del espectro; del planeamiento y ejecución del proceso de reordenamiento de bandas de frecuencias; de estudios técnicos y regulatorios relativos de las etapas previas a la adjudicación del espectro que garanticen el uso óptimo de este recurso para la obtención del máximo beneficio en la utilización del espectro; la oportuna disponibilidad del espectro para el despliegue de tecnologías innovadoras; mejoras en la calidad del servicio a través de la mitigación de interferencias entre servicios que posibiliten la transmisión de la información de manera segura y confiable; la promoción de la inversión mediante la modernización de la infraestructura tecnológica para impulsar la competitividad del mercado; e, innovación de servicios y aplicaciones adaptadas a la demanda de los usuarios, es decir para acelerar el despliegue de tecnologías de vanguardia en el país, como la tecnología 5G, se requiere de la disponibilidad total del espectro armonizado mediante el reordenamiento y mecanismos que faciliten la adjudicación de dicho recurso, permitiendo maximizar el uso del espectro para la provisión de servicios móviles. Además, para su rápida implantación en la etapa inicial de 5G se debe hacer uso de la infraestructura 4G existente y de la simplificación administrativa para la instalación de nueva infraestructura de telecomunicaciones.

¿Cómo el reordenamiento de una banda de frecuencias permite la coexistencia de diferentes tecnologías para la prestación simultánea de servicios móviles actuales y la introducción de servicios y aplicaciones móviles de nuevas tecnologías?

El proceso de reordenamiento del espectro se proyecta para permitir la coexistencia de diferentes tecnologías para la prestación tanto de servicios móviles en operación como de servicios y aplicaciones móviles de nuevas y futuras tecnologías, para alcanzar este propósito se aplican criterios y estrategias basados en la liberación de espectro para obtener la disponibilidad de las bandas IMT para la provisión de nuevos servicios; en la reasignación de bandas para la adopción de 5G con mejores y mayores prestaciones que permitan la convivencia de ambos tipos de servicios y en la armonización de bandas para obtener beneficios y facilidades que ofrece esta

tecnología. En esa línea, el reordenamiento del espectro es esencial para adaptar bandas establecidas a nuevas tecnologías mediante la adjudicación óptima del espectro, debido que este proceso de modificación y adecuación a los requerimientos de la tecnología 5G admite la evolución rápida a esta tecnología, optimizando cobertura y capacidad, incrementando la eficiencia espectral mediante el uso de bloques de espectro continuo grandes que garanticen la utilización óptima del espectro para brindar servicios móviles de tecnologías precedentes y nuevas, y mejora de la calidad del servicio al optimizar la adjudicación del espectro para evitar saturar la capacidad de la banda y de la red. Asimismo, del análisis realizado al reordenamiento de 3.5 GHz, se evidencia que se tiene espectro suficiente en esta banda para la provisión de servicios móviles en relación al número de operadores que pueden participar en la última fase de este proceso, aplicándose para la asignación del espectro a ser licitado el mecanismo de subasta especial de asignación directa de espectro con compromisos obligatorios de inversión o a través de concurso público, que dependerá de las condiciones y plan de negocio de cada postor, a fin de que las empresas compitan por la ubicación del espectro a ser asignado.

5.2. Pruebas de hipótesis

Prueba de hipótesis general.

Teniendo en cuenta la hipótesis general consignada en el numeral 3.1.1., es relevante indicar que la investigación realizada es del tipo descriptiva, aplicada, no experimental, cualitativa y documental; en este contexto, se sustenta en el análisis de la gestión del espectro, en la evaluación de la administración de este recurso, en la elaboración de conocimiento para maximizar la utilización del espectro, y en el soporte de documentación especializada como normativas regulatorias, recomendaciones, reglamentos, lineamientos, reportes técnicos y leyes del sector de comunicaciones. Asimismo, se analizan tres alternativas y a partir de ello, se alcanza una propuesta de

gestión eficiente de la banda de frecuencias 3.5 GHz para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú.

Prueba de hipótesis específicas.

Desde la perspectiva de la hipótesis específica H1 consignada en el numeral 3.1.2., en la actualidad existe una gran demanda de espectro por parte de todos los operadores que brindan servicios móviles en el Perú y cuyo requerimiento se justifica en el crecimiento sustancial de datos móviles, por tal motivo el reordenamiento de la banda 3.5 GHz y posterior adjudicación del espectro por operador, permitirá el despliegue de forma oportuna de la tecnología 5G. Adicionalmente, cabe señalar que se viene ejecutando acciones administrativas previas de convocatoria para llevar a cabo el proceso de reordenamiento de esta banda, en conformidad con diversos documentos⁶⁰ para promover el despliegue de servicios 5G que validan efectivamente la importancia de esta banda en el despliegues de la tecnología 5G.

Asimismo, la hipótesis específica H2 indica que el análisis realizado y la propuesta seleccionada de uso de canales de 100 MHz por operador, se evidencia un uso eficiente del espectro que facilita la prestación tanto de servicios móviles actuales como el desarrollo de nuevas aplicaciones móviles, incluyendo los beneficios que proporciona esta tecnología.

5.3. Presentación de resultados

Es relevante señalar que la banda 3.5 GHz no se encuentra operando de acuerdo con las tendencias globales y las recomendaciones de los organismos de estandarización, ya que existen inconsistencias en cuanto a la atribución de servicios y asignación de espectro, así como la falta de armonización de frecuencias, que dificultan el despliegue de 5G e impiden la utilización eficiente y el aprovechamiento de este recurso, por ello la aplicación de un proceso de reordenamiento de esta banda

⁶⁰ Decreto Legislativo N° 1627, Decreto Supremo N° 004-2025-MTC y Resolución Ministerial N° 199-2025-MTC/03

posibilita la optimización en el uso del espectro. Asimismo, como las empresas concesionarias de telecomunicaciones operan en entornos de negocios competitivos, buscan brindar servicios móviles terrestres con mayor valor, priorizando la asignación del espectro para proporcionar el máximo bienestar posible a los usuarios de acuerdo con las condiciones del mercado y del desarrollo de la tecnología. De acuerdo con lo expuesto, se selecciona la propuesta realizada para el reordenamiento de 3.5 GHz, alternativa 1, con respecto a las alternativas 2 y 3; en ese sentido, de la evaluación de estas alternativas se observa que dicha propuesta planteada presenta ventajas sobre la utilización óptima del espectro, dado que se considera la utilización de toda la disponibilidad de la banda, es decir, los 400 MHz para el despliegue de 5G distribuidos entre los posibles operadores de servicios móviles, a razón de 100 MHz por cada uno, con dicha cantidad de espectro por operador se garantiza todos los beneficios que ofrece esta tecnología como proporcionar velocidades de datos muy altas, operar mayor número de dispositivos conectados simultáneamente, mayor eficiencia espectral, menor retraso de transmisión de datos, alto grado de seguridad, entre otras. Asimismo, la alternativa 2 utilizaría parcialmente el espectro disponible, por lo que es un escenario no óptimo totalmente; mientras que la alternativa 3 presenta diversos escenarios posibles de adjudicación con una alta probabilidad de subdivisión de los bloques de espectro y contempla incertidumbres potenciales que dependen de varios factores, los mismos que corresponden a escenarios de uso ineficiente del espectro; de este manera se evidencia que estas dos últimas alternativas no son las más apropiadas para el desarrollo de 5G. En tal sentido, teniendo en consideración la hipótesis general planteada, se valida que la propuesta de la alternativa 1 es la más conveniente para el uso eficiente del espectro 3.5 GHz en el país.

Adicionalmente, el reordenamiento del espectro bajo esta propuesta presenta un amplio panorama de posibilidades para su implantación, obteniéndose beneficios y facilidades cuando se realiza de manera secuencial la reorganización de la banda y posterior adjudicación del espectro, así de éste estudio de reordenamiento de espectro puede consignarse:

- establece la disponibilidad de espectro de 100 MHz por operador para la asignación de frecuencias para la prestación del servicio 5G
- optimiza la conectividad de banda ancha
- logra la armonización global de 3.5 GHz

- incrementa la eficiencia espectral mediante el uso de canales continuos amplios
- aumenta la velocidad de datos de los enlaces de subida y bajada
- reduce costos de infraestructura a través de economías de escala
- optimiza la disponibilidad de espectro para nuevos servicios
- incentiva e incrementa la competencia entre operadores móviles

Conclusiones

Se consignan las principales conclusiones sobre la utilización óptima de las frecuencias mediante la gestión eficiente del espectro y del proceso de reordenamiento de bandas para el despliegue rápido de servicios móviles IMT-2020:

El reordenamiento de una banda permite el uso eficiente del espectro radioeléctrico para mejorar la provisión de los servicios móviles y la planificación del proceso de migración de servicios, de ser necesario, a fin de garantizar la disponibilidad de la banda para el despliegue de nuevas tecnologías y garantizar el uso eficiente del espectro para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, lo cual impulsa el desarrollo de la economía del país y a la vez permite la reducción de costos de operación, que implica la disminución de tarifas a favor del bienestar socio económico de los consumidores.

El reordenamiento de una banda es una herramienta importante en la gestión eficiente del espectro ya que genera beneficios técnicos, económicos y sociales; técnicos como implantación de nuevas tecnologías, mayor calidad del servicio ofrecido y mejores características técnicas de operación; económicos como posibles tarifas más bajas, incremento de inversiones en infraestructura debido a la presencia de nuevos servicios y aplicaciones móviles evolucionadas; y, sociales como ampliación de la cobertura a áreas alejadas de las zonas urbanas y en lugares de preferente interés social que no cuenten con servicios públicos de telecomunicaciones o posean escasa infraestructura.

El estudio y análisis sobre el reordenamiento de una banda de frecuencias permite determinar estrategias de planeamiento para la gestión y utilización óptima del uso del espectro acordes a las tendencias globales actuales y a la proyección de la innovación tecnológica.

Considerando el importante rendimiento de las redes de quinta generación en cuanto al incremento de la eficiencia espectral, así como de la capacidad, cobertura, velocidad, latencia, entre otros, debe facilitarse su implantación sin demora para garantizar la utilización eficiente del espectro y generar beneficios a los usuarios y permitir el desarrollo del sector de telecomunicaciones.

Para determinar las condiciones y soluciones de coexistencia entre las comunicaciones IMT-2020 5G y los servicios satelitales en el segmento de frecuencias 3.7 – 3.8 GHz debe identificarse y evaluarse soluciones a posibles interferencias perjudiciales entre estos servicios con el fin de mitigar su efecto en la operación de dichos servicios.

Para garantizar la utilización eficiente del espectro debe evitarse, cuando sea factible, bandas de guarda, uso de filtros, entre otros, así como realizar las coordinaciones entre operadores para evitar interferencias con el fin de disminuir los montos de inversión de la plataforma de red.

El procedimiento del proceso de adjudicación inicial y posterior asignación de espectro, cumpliendo con las condiciones dadas en las bases del concurso de asignación de espectro, contempla en primera instancia la aplicación de un mecanismo especial de asignación de manera directa de este recurso a fin de acelerar el despliegue de 5G, siempre y cuando se disponga de espectro suficiente o equitativo en correspondencia con el número de postores al concurso de asignación de espectro; caso contrario, de no proceder por alguna circunstancia como de existir mayor competencia debido a un escenario opuesto al indicado, se realizará mediante el modelo de subasta tradicional de concurso público de ofertas con la participación de todos los postores, en donde también los operadores competirán por la ubicación en la banda con diferentes cantidades de espectro requerido.

En caso se optará por esta segunda opción para el proceso de asignación de espectro, el precio base de la banda a licitar debe estar conforme a la valoración de la banda en la región, de tal manera que cada postor tenga la flexibilidad de solicitar y pagar por determinado número de canales requeridos según sus necesidades de

espectro, su modelo de negocio y tamaño del mercado, que contribuya a la asignación eficiente de este recurso. Asimismo, el pago de una valorización alta del espectro asignado por parte de un postor puede en algún caso limitar su capacidad de inversiones a futuro.

Finalmente, se infiere que la propuesta de reordenamiento de 3.5 GHz presenta múltiples beneficios de carácter técnico, económico y social, además de otros efectos positivos debido a la utilización óptima del espectro.

Recomendaciones

- Recomendar la creación de un ente técnico adscrito al MTC que se encargue exclusivamente de la organización y funciones, actividades técnico administrativas, elaboración de informes técnicos especializados, evaluación de recomendaciones y mantener actualizado el PNAF que permita maximizar la gestión del espectro radioeléctrico, incluyendo coordinaciones y comunicaciones con organismos de estandarización internacionales, considerando que este recurso es el máspreciado para las comunicaciones móviles, por lo que debe operar con personal a dedicación exclusiva.
- Recomendar disponer para el reordenamiento de bloques de frecuencias en el despliegue inicial 5G en esta banda de al menos 80 MHz de espectro continuo por operador de red móvil, siendo recomendable 100 MHz por operador de acuerdo a los principales organismos internacionales del sector.
- Recomendar precisar las políticas nacionales y disposiciones de un marco normativo regulatorio sobre el uso del mediante normas flexibles y objetivas acordes al avance tecnológico para la asignación del espectro armonizado de manera expeditiva que permita la coexistencia de servicios actuales y servicios y aplicaciones emergentes, como 5G.
- Recomendar el estudio y conveniencia del uso de espectro en el segmento 3.7 – 3.8 GHz para brindar servicios privados, debido a la posibilidad de interferencias en el desarrollo del servicio móvil 5G.
- Recomendar establecer mecanismos objetivos por incumplimiento del uso eficiente del espectro que autorice a la administración su revocación parcial o

total, a fin de ser asignado a otros operadores que puedan utilizar el citado recurso.

- Recomendar maximizar la utilidad del espectro disponible y facilitar su uso eficiente mediante la aplicación de políticas públicas y planes para una gestión eficaz del espectro que satisfaga la demanda con mayor eficiencia espectral.
- Recomendar utilizar técnicas o procedimientos para obtener canales más amplios que permitan ofrecer mejores prestaciones, así como reevaluar la compartición de espectro para lograr el uso óptimo del espectro.
- Recomendar promover la utilización óptima del espectro mediante la neutralidad tecnológica para la asignación de espectro que facilite la innovación de aplicaciones y servicios.
- Recomendar realizar estudios para la evaluación de posibles escenarios para el uso del espectro a fin de identificar nuevas bandas IMT-2020, ondas milimétricas.

Referencias

- 3GPP (2024). *Technical Specification Group Radio Access Network, TS 38.101-1 v17.16.0 (2024-12) Release 17; NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone.*
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3283>
- 5G Americas (2019). *Espectro para 5G: Banda 3.5 GHz en América Latina.*
<https://www.5gamericas.org/about/>
- 5G Americas (2023). *Gráficos y estadísticas.*
<https://www.5gamericas.org/resources/charts-statistics/latin-america/>
- APT (2012). The 13th Meeting of the APT Wireless Group. *Report APT/AWG/REP-12 (Rev. 1). APT Report on APT Frequency Arrangement on 2300 – 2400 MHz for IMT/BWA.*
<https://apt.int/awg-Reports>
- CITEL (2024). 43^a Meeting of Permanent Consultative Committee II: Radiocommunication. *Recommendation PCC.II/REC. 67 (XLIII-24) Frequency Arrangements for Implementation of the Terrestrial Component of International Mobile Telecommunications (IMT).*
<https://www.oas.org/citevents/en/Documents/ByKeyword/Q0NQLkIJL0RFQy4gMjM0>
- Constitución Política del Perú (1993). *Artículo 66.* 29 de diciembre de 1993
<https://www.congreso.gob.pe/constitucionyreglamento/>
- ECC (2014). *Decision (14)02 Harmonized technical and regulatory conditions for the use of the band 2300-2400 MHz for Mobile/Fixed Communications Networks (MFCN).*
<https://docdb.cept.org/download/b02d6dab-2b58/ECCDEC1402.PDF>
- ECC (2022). *Decision (05)05 Harmonized utilization of spectrum for Mobile/Fixed Communications Networks (MFCN) operating within the band 2500-2690 MHz.*
<https://docdb.cept.org/download/4009>
- Ericsson (2025). *Ericsson Mobility Report.* June 2025.
<https://gsacom.com/paper/ericsson-mobility-report-june-2025/>

GSA (2020). *Report 3300-4200 MHz: A Key frequency band for 5G. How administrations can exploit its potential.*

<https://gsacom.com/paper/3300-4200-mhz-a-key-frequency-band-for-5g/>

GSA (2024a). *Mid-Band Spectrum.*

<https://gsacom.com/paper/mid-band-spectrum-december-2024/>

GSA (2024b). *National Spectrum Positions.*

<https://gsacom.com/paper/spectrum-allocations-june-2024/>

GSA (2025). *5G Device Ecosystem.*

<https://gsacom.com/paper/5g-ecosystem-february-2025/>

GSMA (2020). *5G y el Rango 3.3 – 3.8 GHz en América Latina.*

<https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2020/11/5G-and-3.5-GHz-Range-in-Latam-Spanish.pdf>

GSMA (2022). *3.5 GHz: 7 pasos para liberar un rango clave para el éxito del 5G.*

<https://www.gsma.com/about-us/regions/latin-america/es/7-pasos-para-liberar-rango-3-5-ghz/>

GSMA (2023a). *El impacto de los precios del espectro en Perú.*

https://www.gsma.com/about-us/regions/latin-america/wp-content/uploads/2023/11/GSMA_El-impacto-de-los-precios-del-espectro-en-Peru.pdf

GSMA (2023b). *5G en América Latina.*

<https://www.gsma.com/about-us/regions/latin-america/wp-content/uploads/2023/06/290623-5G-in-Latam-ESP.pdf>

GSMA (2023c). *Spectrum Policy Trends 2023.*

<https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2023/02/Spectrum-Policy-Trends-2023-1.pdf>

GSMA (2024). *Spectrum Policy Trends 2024.*

<https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2024/02/Spectrum-Policy-Trends-2024.pdf>

MTC (1993). *Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones.* Decreto Supremo N° 013-93-TCC.

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_892.pdf

MTC (1998). *Aprueban los lineamientos de Política de Apertura del Mercado de Telecomunicaciones del Perú.* Decreto Supremo N° 020-98-MTC.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/10029-020-1998-mtc>

- MTC (2002). *Norma de Metas de Uso del Espectro Radioeléctrico de Servicios Públicos de Telecomunicaciones*. Resolución Ministerial 087-2002-MTC/15.03.
<https://studylib.es/doc/6348330/norma-de-metas-de-uso-de-espectro-radioel%C3%A9ctrico-de-servi...>
- MTC (2003). *Modifican los Lineamientos de Política de Apertura del Mercado de Telecomunicaciones del Perú*. Decreto Supremo N° 015-2003-MTC.
<https://www.informatica-juridica.com/anexos/decreto-supremo-015-2003-mtc-del-24-de-marzo-de-2003/>
- MTC (2006a). *Modifican los Lineamientos de Política de Apertura del Mercado de Telecomunicaciones del Perú*. Decreto Supremo N° 009-2006-MTC – Artículo 1.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/308613-009-2006-mtc>
- MTC (2006a). *Modifican los Lineamientos de Política de Apertura del Mercado de Telecomunicaciones del Perú*. Decreto Supremo N° 009-2006-MTC – Artículo 2.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/308613-009-2006-mtc>
- MTC (2007). *Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones*. Decreto Supremo N° 020-2007-MTC.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/10005-020-2007-mtc>
- MTC (2018). *Reglamento específico para el Reordenamiento de una banda de frecuencias*. Decreto Supremo N° 016-2018-MTC.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/308756-016-2018-mtc>
- MTC (2019a). *Modifican el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias - PNAF*. Resolución Ministerial N° 522-2019-MTC/01.03.
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1786327-9>
- MTC (2019b). *Modifican el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias*. Resolución Ministerial N° 757-2019-MTC/01.03.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/392778-757-2019-mtc-01-03>
- MTC (2019c) *Norma que Regula el Arrendamiento de Bandas de Frecuencias de Espectro Radioeléctrico para la Prestación de Servicios Públicos de Telecomunicaciones*. Decreto Supremo N° 015-2019-MTC.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/308392-015-2019-mtc>

MTC (2019d). *Aprueban el Reordenamiento de la banda de frecuencias 2 300 – 2 400 MHz*. Resolución Viceministerial N° 406-2019-MTC/03, que aprobó inicio del proceso de reordenamiento de la banda 2.3 GHz.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/345095-406-2019-mtc-03>

MTC (2019e). *Modifican Resolución Viceministerial N° 268-2005-MTC/03 que aprueba las Disposiciones de Radiocanales (canalizaciones) para los Servicios de Telecomunicaciones (1ª parte)*. Resolución Viceministerial N° 464-2019-MTC/03.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/364046/1_0_5415.pdf?v=1569027790

MTC (2019f). *Aprueban el Reordenamiento de la banda de frecuencias 2 500 – 2 690 MHz*. Resolución Viceministerial N° 405-2019-MTC/03, que aprobó inicio del proceso de reordenamiento de la banda 2.5 GHz.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/297135-405-2019-mtc-03>

MTC (2021). *Texto Integrado del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Resolución Ministerial N° 658-2021-MTC/01.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/2003673-658-2021-mtc-01>

MTC (2023a). *Plan Nacional de Atribución de Frecuencias*.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/4243339-0597-2023-mtc-01-03>

MTC (2023b). *Aprueban el Plan de Canalización para los Servicios de Telecomunicaciones*. Resolución Viceministerial N° 056-2023-MTC/03.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/4191225-056-2023-mtc-26>

MTC (2024). *Modificación de la Norma de metas de uso aprobada por Resolución Ministerial N° 234-2019-MTC/01.03*. Resolución Ministerial N° 729-2024-MTC/01.03.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7351271/6273662-rm-n-729-2024-mtc-01-03.pdf?v=1733880251>

MTC (2025). *Decreto Legislativo para promover el despliegue de los servicios públicos de telecomunicaciones mediante tecnología de quinta generación 5G o superior*. Decreto Legislativo N° 1627.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/5883836-1627>

MTC (2025). *Reglamento del Decreto Legislativo N° 1627. Decreto Supremo N° 004-2025-MTC.*

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/6609786-004-2025-mtc>

MTC (2025). *Convocatoria del mecanismo especial de asignación y acondicionamiento de la banda de frecuencias de 3.5 GHz (3 300 – 3 800 MHz) para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones mediante tecnología de quinta generación (5G) o superior; y modificación del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias - PNAF Resolución Ministerial N° 199-2025-MTC/03.*

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/6679074-1-resolucion-ministerial-n-199-2025-mtc-03-y-convocatoria-n-001-2025-mtc-27>

Rodríguez, E. y More, J. (2021). *Asignación de bandas de espectro radioeléctrico en el Perú en un escenario de nuevas tecnologías.* Tesis de maestría en la Universidad del Pacífico, Lima.

<https://repositorio.up.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/b396a269-6ce6-4915-b592-e6514fb972aa/content>

Rysavy Research (2023). *Espectro de banda media 5G: Los beneficios de la máxima potencia, canales amplios y licencias exclusivas.*

<https://rysavyresearch.files.wordpress.com/2022/11/2022-11-5g-midbandspectrum.pdf>

Tejeda, D. (2019). *Reordenamiento del espectro radioeléctrico como método de gestión nacional para liberar espectro para la implementación de servicios móviles.* Tesis de maestría INFOTEC, México.

<http://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1027/554>

UIT (2013a). *Comisiones de estudio del UIT-R. Utilización eficaz de los recursos del espectro y la órbita.* Ginebra, Suiza.

https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/r-gen-sgb-2013-pdf-s-12_1.pdf

UIT (2014). *Recommendation ITU-R SM.1603-2 (08/2014). Spectrum redeployment as a method of national spectrum management.*

<https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.1603-2-201408-I/en>

UIT (2017). Report ITU-R M.2410-0 (11/2017), *Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s).*

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2410-2017-PDF-E.pdf

UIT (2023). *Recomendación UIT-R M.1036-7 (12/2023), Disposiciones de frecuencias para la implantación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones para las IMT, Serie M, Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos.*
<https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1036-7-202312-I/en>

Bibliografía

- 3GPP (2021a). *Release 16. TS 36.104 v16.9.0 (2021-06), Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception.*
<https://portal.3gpp.org/ChangeRequests.aspx?q=1&versionId=73926&release=191>
- 3GPP (2021b). *TS 38.104 v17.2.0 (2021-06), Technical Specification Group Radio Access Network; NR; Base Station (BS) radio transmission and reception. (Release 17).*
<https://portal.3gpp.org/ChangeRequests.aspx?q=1&versionId=73924&release=192>
- 4G Americas (2019). Rysavy Research. *LTE and 5G Innovation: Igniting Mobile Broadband.*
https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/4G_Americas_Rysavy_LTE_and_5G_Innovation_PP_T.pdf
- CITEL (2004). IV Reunión del Comité Consultivo Permanente II: Radiocomunicaciones. *Recommendation CCP.II/REC. 8 (IV-04) Frequency arrangements for IMT-2000 in the bands 806 to 960 MHz, 1710 to 2025 MHz, 2110 to 2200 MHz and 2500 to 2690 MHz*
<https://www.oas.org/citevents/en/Documents/ByKeyword/Q0NQLkIJL1JFQy4gOA%3d%3d?page=2>
- CITEL (2012). *Recommendation CCP.II/REC.32 (XIX-12) Frequency Arrangements for the Bands identified for International Mobile Telecommunications at WRC-07.*
<https://es.scribd.com/document/473711366/CCP-II-RADIO-REC-32-XIX-12-e-pdf>
- CITEL (2017). 29 Reunión del Comité Consultivo Permanente II: Radiocomunicaciones. *Recomendación CCP.II/REC. 54 (XXIX-17) Disposiciones de frecuencias para la componente terrenal de las IMT en las bandas 3300-3400 MHz, 3400-3600 MHz y 3600-3700 MHz, o combinaciones*

de las mismas, Orlando, Florida, Estados Unidos de América, del 26 al 29 de junio de 2017.

<https://www.oas.org/citevents/en/Documents/ByKeyword/Q0NQLkIJL1JFQy4gNTQ%3d>

ECC (2018a). *Decision (05)05 Harmonized utilization of spectrum for Mobile/Fixed Communications Networks (MFCN) operating within the band 2500-2690 MHz*, (2018)07.

<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCDEC0505.PDF>

ECC (2018b). *Decision (11)06 Harmonized frequency arrangements and least restrictive technical conditions (LRTC) for mobile/fixed communications networks (MFCN) operating the band 3400 – 3800 MHz*

<https://docdb.cept.org/download/1531>

Ericsson (2024b). *Ericsson Mobility Report. Q4 2024 update*.

https://www.ericsson.com/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2024/ericsson-mobility-report-q4-2024-update.pdf?utm_campaign=2502-GLOB-EMS-GEN-5GVAE-Ericsson-Mobility-Report-February2025-update&utm_source=Email%20Send&utm_medium=email&mkt_tok=ODkxLUJMQy02MTkAAAGY2yorQw05Qr62NFO9AEOHSdszRJymC0LHADpUKjunOfyL-yuD_Ib8SvYQYo4Q6bGOa7ayWIF6M0nsJNlctW9iq5aODVV6GdiH76IWjAI1lzZ4hfZq

GSA (2022). *GSA Snapshot. Spectrum Positions used for mobile services*.

<https://gsacom.com/paper/national-spectrum-positions-august-2022/#:~:text=Spectrum%20in%20the%20496%2D2690,in%20LTE%20and%205G%20networks>

GSA (2023a). *Mid-Band Spectrum*.

<https://gsacom.com/paper/mid-band-spectrum-may-2023-summary/>

GSA (2023b). *LTE Device Ecosystem Status Update*.

<https://gsacom.com/paper/lte-ecosystem-august-2023/>

GSMA (2019). *Spectrum Policy Trends*.

<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/10/5G-Spectrum-Positions-SPA.pdf>

GSMA (2020). *5G y el Rango 3,3-3,8 GHz en América Latina*. Londres.

<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2020/11/5G-and-3.5-GHz-Range-in-Latam-Spanish.pdf>

Hurtado-Dianderas, E. y Rivera, F. (2006). *El requerimiento del marco epistemológico en las tesis de post grado*. Gestión en el Tercer Milenio, Rev. de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas. UNMSM. Vol. 9, N° 17, Lima.
https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/administracion/n17_2006/a10.pdf

MEF (2019). *Texto Único Ordenado de la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado*. Decreto Supremo N° 082-2019-EF.
<https://www.onpe.gob.pe/modTransparencia/programa-inversiones/normas/TUO-LEY-DE-CONTRATACIONES-ESTADO.pdf>

MTC (2005). *Modifican la RVM N° 268-2005-MTC/03 que aprobó las disposiciones de radiocanales (canalizaciones) para los Servicios de Telecomunicaciones (1ª parte)*. Resolución Viceministerial N° 641-2019-MTC/03.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/392779-641-2019-mtc-03>

MTC (2018b). *Modifican el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias*. Resolución Ministerial N° 095-2018-MTC/01.03.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/19261/1_0_4042.pdf

MTC (2019g). *Norma de Metas de Uso del Espectro Radioeléctrico aplicable para los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, excepto en los casos de asignación de espectro radioeléctrico para el servicio portador brindado a través de enlaces punto a punto y para aquellas asignaciones que utilizan el segmento espacial para los servicios satelitales*. Resolución Ministerial N° 234-2019-MTC/01.03.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/339587/1_0_5356.pdf

UIT (2000). *Actas Finales CMR-2000*. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones. Estambul, Turquía, 8 de mayo al 2 junio de 2000.
<https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.126.43.es.300.pdf>

UIT (2007a). *Report ITU-R M.2045. Mitigating techniques to address coexistence between IMT-2000 TDD and FDD within the frequency range 2 500-2 690 MHz operating in adjacent bands and in the same geographical area*.

https://store accuristech.com/standards/itu-r-informe-m-2045-spanish?product_id=2824214&srsltid=AfmBOoo0E3WaHuBPpC_1mk_cz0vUMAhIhbqdA5fZnBBENVYWUZiHng8

UIT (2007b). *Actas finales CMR-07*. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones. Ginebra, Suiza, 22 de octubre al 16 de noviembre de 2007.

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.8-2007-PDF-S.pdf

UIT (2013b). *Report ITU-R M.2290-0 (12/2013)*. Future spectrum requirements estimate for terrestrial IMT. Geneva.

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2290-2014-PDF-E.pdf

UIT (2015). Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones. *Actas Finales CMR-15*. Ginebra, Suiza, del 2 al 27 de noviembre de 2015.

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.12-2015-PDF-S.pdf

UIT (2019a). Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones. *Actas Finales CMR-19*. Resolución 212 (Rev.CMR-19), Resolución 223 (Rev.CMR-19) y Resolución 224 (Rev.CMR-19). Sharm el-Sheikh, Egipto, 28 octubre al 22 de noviembre de 2019.

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.14-2019-PDF-S.pdf

UIT (2019b). Resolución 245 (Rev.CMR-19). *Estudios sobre asuntos relacionados con la identificación de las bandas de frecuencias 3 300 – 3 400 MHz, 3 600-3 800 MHz, 6 425 – 7 025 MHz, 7 025 – 7 125 MHz y 10,0 – 10,5 GHz para la componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales*. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 (CMR-19). Sharm el-Sheikh, Egipto.

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.14-2019-PDF-S.pdf

UIT (2020). *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Edición 2020.

<https://www.itu.int/es/publications/ITU-R/pages/publications.aspx?parent=R-REG-RR-2020&media=electronic>

Anexos

Anexo 1. Definición de rangos de frecuencias

DENOMINACION DE RANGO DE FRECUENCIAS (FR)		RANGO DE FRECUENCIAS
FR1		410 MHz – 7 125 MHz
FR2	FR2-1	24 250 MHz – 52 600 MHz
	FR2-2	52 600 MHz – 71 000 MHz

Nota. Datos tomados de TS 38.101-1. 3GPP (2024)

Anexo 2. Bandas operativas NR en FR1

NR OPERATING BAND	UPLINK (UL) OPERATING BAND BS RECEIVE / UE TRANSMIT (MHz)	DOWNLINK (DL) OPERATING BAND BS TRANSMIT / UE RECEIVE (MHz)	DUPLEX MODE
n1	1 920 – 1 980	2 110 – 2 170	FDD
n2	1 850 – 1 910	1 930 – 1 990	FDD
n3	1 710 – 1 785	1 805 – 1 880	FDD
n5	824 – 849	869 – 894	FDD
n7	2 500 – 2 570	2 620 – 2 690	FDD
n8	880 – 915	925 – 960	FDD
n12	699 – 716	729 – 746	FDD
n13	777 – 787	746 – 756	FDD
n14	788 – 798	758 – 768	FDD
n18	815 – 830	860 – 875	FDD
n20	832 – 862	791 – 821	FDD
n24 ¹⁶	1 626.5 – 1 660.5	1 525 – 1 559	FDD
n25	1 850 – 1 915	1 930 – 1 995	FDD
n26	814 – 849	859 – 894	FDD
n28	703 – 748	758 – 803	FDD
n29	N/A	717 – 728	SDL
n30 ³	2 305 – 2 315	2 350 – 2 360	FDD
n34	2 010 – 2 025	2 010 – 2 025	TDD
n38 ¹⁰	2 570 – 2 620	2 570 – 2 620	TDD
n39	1 880 – 1 920	1 880 – 1 920	TDD
n40	2 300 – 2 400	2 300 – 2 400	TDD
n41	2 496 – 2 690	2 496 – 2 690	TDD
n46	5 150 – 5 925	5 150 – 5 925	TDD ¹³
n47 ¹¹	5 855 – 5 925	5 855 – 5 925	TDD ³
n48	3 550 – 3 700	3 550 – 3 700	TDD
n50	1 432 – 1 517	1 432 – 1 517	TDD ¹
n51	1 427 – 1 432	1 427 – 1 432	TDD
n53	2 483.5 – 2 495	2 483.5 – 2 495	TDD
n65	1 920 – 2 010	2 110 – 2 200	FDD ⁴
n66	1 710 – 1 780	2 110 – 2 200	FDD
n67	N/A	738 – 758	SDL

n70	1 695 – 1 710	1 995 – 2 020	FDD
n71	663 – 698	617 – 652	FDD
n74	1 427 – 1 470	1 475 – 1 518	FDD
n75	N/A	1 432 – 1 517	SDL
n76	N/A	1 427 – 1 432	SDL
n77	3 300 – 4 200	3 300 – 4 200	TDD
n78	3 300 – 3 800	3 300 – 3 800	TDD
n79	4 400 – 5 000	4 400 – 5 000	TDD
n80	1 710 – 1 785	N/A	SUL
n81	880 – 915	N/A	SUL
n82	832 – 862	N/A	SUL
n83	703 – 748	N/A	SUL
n84	1 920 – 1 980	N/A	SUL
n85	698 – 716	728 – 746	FDD
n86	1 710 – 1 780	N/A	SUL
n89	824 – 849	N/A	SUL
n90	2 496 – 2 690	2 496 – 2 690	TDD
n91	832 – 862	1 427 – 1 432	FDD ⁹
n92	832 – 862	1 432 – 1 517	FDD ⁹
n93	880 – 915	1 427 – 1 432	FDD ⁹
n94	880 – 915	1 432 – 1 517	FDD ⁹
n95 ⁸	2 010 – 2 025	N/A	SUL
n96 ¹⁴	5 925 – 7 125	5 925 – 7 125	TDD ³
n97 ¹⁵	2 300 – 2 400	N/A	SUL
n98 ¹⁵	1 880 – 1 920	N/A	SUL
n99 ¹⁶	1 626.5 – 1 660.5	N/A	SUL
n100	874.4 – 880	919.4 – 925	FDD
n101	1 900 – 1 910	1 900 – 1 910	TDD
n102 ¹⁴	5 925 – 6 425	5 925 – 6 425	TDD ¹³
n104 ^{17,18}	6 425 – 7 125	6 425 – 7 125	TDD

Enlace descendente suplementario FDD (SDL); Enlace ascendente suplementario FDD (SUL)

NOTA 1: Los UE que cumplan con los requisitos mínimos de la banda NR n50 en esta especificación también deberán cumplir con los requisitos mínimos de la banda NR n51.

NOTA 2: Los UE que cumplan con los requisitos mínimos de la banda NR n75 en esta especificación también deberán cumplir con los requisitos mínimos de la banda NR n76.

NOTA 3: No se permite la transmisión de enlace ascendente en esta banda para UE con antenas montadas en vehículos externos.

NOTA 4: Un UE que cumpla con los requisitos mínimos de la banda NR n65 en esta especificación también deberá cumplir con los requisitos mínimos de la banda NR n1.

NOTA 5: A menos que se indique lo contrario, la aplicabilidad de los requisitos para la Banda n90 está en consonancia con la de la Banda n41; un UE que soporte la banda n90 cumplirá los requisitos de la banda n41. Un UE que soporte la banda n90 también soportará la banda n41.

NOTA 6: Un UE que admita la banda NR n66 recibirá en toda la banda operativa DL.

NOTA 7: Un UE que admita la operación de la banda NR n66 y CA en cualquier banda de CA también deberá cumplir con los requisitos mínimos especificados para las configuraciones de CA DL CA_n66B y CA_n66(2A) en la versión actual de la especificación.

NOTA 8: Esta banda solo es aplicable en China.

NOTA 9: El funcionamiento dúplex variable no permite la configuración dúplex variable dinámica por parte de la red y se utiliza de manera que los rangos de frecuencia DL y UL se admiten independientemente en cualquier rango de frecuencia válido para la banda.

NOTA 10: Cuando esta banda se utiliza para el servicio V2X SL, la banda se utiliza exclusivamente para NR V2X en regiones particulares.

NOTA 11: Esta banda es una banda sin licencia que se utiliza para el servicio V2X. No se espera ninguna implementación de red en esta banda.

NOTA 12: En los EE.UU. esta banda está restringida a 3 450 – 3 550 MHz y 3 700 – 3 980 MHz. En Canadá, esta banda está restringida a 3 450 – 3 650 MHz y 3 650 – 3 980 MHz.

NOTA 13: Esta banda está restringida al funcionamiento con acceso a canales de espectro compartido, tal como se define en 37.213.

NOTA 14: Esta banda sólo es aplicable en los países/regiones que la designan para el uso de acceso compartido al espectro, sujeto a las condiciones específicas de cada país.

NOTA 15: Los requisitos para esta banda sólo son aplicables cuando no se utilizan otras bandas de funcionamiento NR o E-UTRA TDD dentro de la gama de frecuencias de esta banda en la misma zona geográfica. En el caso de escenarios en los que se utilicen otras bandas de funcionamiento NR o E-UTRA TDD dentro de la gama de frecuencias de esta banda en la misma zona geográfica, pueden aplicarse requisitos especiales de coexistencia que no estén cubiertos por las especificaciones del 3GPP.

NOTA 16: El funcionamiento de DL en esta banda está restringido a 1 526 – 1 536 MHz y el funcionamiento de UL está restringido a 1 627.5 – 1 637.5 MHz y 1 646.5 – 1 656.5 MHz.

NOTA 17: Para esta banda, se aplican los valores de CORESET#0 del Cuadro 13-5 o del Cuadro 13-6 en [8, TS 38.213] independientemente de la anchura de banda mínima del canal.

NOTA 18: [Esta banda es aplicable únicamente a los países del CCR de conformidad con la Recomendación 1/21 del CCR]

Anexo 3. Bandas de acceso

Nº	BANDAS
1	385 – 386 MHz y 395 – 396 MHz
2	411.765 – 416.675 MHz y 421.675 – 426.675 MHz
3	416.675 – 420 MHz y 426.675 – 430 MHz
4	450 – 452.5 MHz y 460 – 462.5 MHz
5	452.5 – 457.5 MHz y 462.5 – 467.5 MHz
6	698 – 806 MHz
7	806 – 824 MHz y 851 – 869 MHz
8	821 – 824 MHz y 866 – 869 MHz
9	824 – 849 MHz y 869 – 894 MHz
10	894 – 902 MHz y 939 – 947 MHz
11	899 – 915 MHz y 944 – 960 MHz
12	1 710 – 1 770 MHz y 2 110 – 2 170 MHz
13	1 850 – 1 910 MHz y 1 930 – 1 990 MHz
14	1 910 – 1 930 MHz
15	2 300 – 2 400 MHz
16	2 500 – 2 692 MHz
17	3 400 – 3 600 MHz
18	10 150 – 10 300 MHz y 10 500 – 10 650 MHz
19	25.25 – 26.50 GHz
20	27.5 – 28.35 GHz
21	29.10 – 29.25 GHz y 31.00 – 31.30 GHz
22	37.35 – 37.55 GHz y 38.05 – 38.25 GHz
23	38.6 – 40 GHz

Anexo 4. Causales de reversión del espectro al Estado

El espectro asignado para servicios públicos, revertirá al Estado en los siguientes casos:

1. Por revocación parcial o total de la asignación, debido a incumplimiento injustificado de metas de uso de espectro o cuando se trate de un recurso escaso y exista un uso ineficiente del mismo.
2. A solicitud del titular de la asignación.
3. Por vencimiento del plazo por el que se le otorgó la asignación, sin que el titular hubiese solicitado la renovación de la misma.
4. Por resolución del contrato de concesión del servicio para el cual se asignó el espectro.

5. Por renuncia a la concesión.

6. Cuando se superen los toques de espectro radioeléctrico aprobados por el Ministerio por haberse adjudicado la buena pro en un concurso público realizado para la asignación de nuevo espectro.

La determinación del espectro a revertir se sujeta a la realización de un estudio previo, según los criterios que establece el Ministerio, entre los que se privilegia la menor afectación de los derechos de los usuarios.

7. Cuando la operadora incurre en algunas de las causales de reversión establecidas en el Reglamento Específico para el Reordenamiento de una banda de frecuencias.

8. Ante la comisión de más de una de las infracciones muy graves contenidas en los numerales 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 20 del artículo 258 del presente Reglamento, ocasionando la reversión total de la porción de banda de frecuencias relacionada al incumplimiento sancionado.

9. Cuando, injustificadamente, la operadora restringe o limita el acceso otorgado al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, al sistema de gestión de operaciones – OSS (por sus siglas en inglés Operations Support System) de acuerdo a la obligación contenida en la normativa aplicable.

El Ministerio, de ser el caso, mediante Resolución Ministerial, establecerá los términos y condiciones en los que se efectuarán los procesos de reversión.

En ningún caso procederá el desembolso de suma alguna a favor de la concesionaria (MTC, 2019c, p. 11).

Anexo 5. Numerales de los Lineamientos de apertura

Esta normativa identificó diversas políticas generales, como la política de concesiones, entre los cuales se muestran los siguientes numerales:

20. Se considera importante precisar que una política de acceso al mercado debe promover la competencia, facilitar el desarrollo de nuevos servicios y tecnologías, promover la inversión y maximizar el uso eficiente del espectro radioeléctrico. De esta manera, la política de acceso debe:

- a) Ser transparente, objetiva y no discriminatoria.
- b) Aplicar efectivamente los principios de simplificación administrativa y de celeridad en el otorgamiento de concesiones.

- c) Utilizar mecanismos competitivos (subastas o concursos) para la asignación del espectro, cuando la disponibilidad de frecuencias limita el número de operadores en un servicio y haya más demanda que oferta del espectro.

(...)

27. Cuando una concesión involucra el uso del espectro, se requiere que los operadores del servicio cumplan metas de uso del espectro radioeléctrico razonables y justificadas establecidas por el MTC ya que su uso restringe a otro operador potencial de ofrecer servicios usando ese espectro. Por lo tanto, de no cumplir con las metas de uso de espectro radioeléctrico, el operador perderá el espectro radioeléctrico asignado, el cual podrá ser otorgado a otro operador y de ser el caso, la concesión otorgada en los casos expresamente previstos en el contrato.

(...)

29.c. En el caso que la concesión implique la asignación de espectro, el perfil técnico deberá incluir las metas de uso de espectro radioeléctrico respectivas y sujetarse a los topes, a la asignación del espectro radioeléctrico que establezca el MTC u otros mecanismos que se adopten.

(...)

79. El Plan Nacional de Atribución de Frecuencias contará con una clasificación de uso de este recurso escaso de tal manera que pueda garantizarse que, en las bandas de uso comercial, no se realicen asignaciones de frecuencias para otros fines, que acaben saturándolas artificialmente y que plantee esquemas de migración que finalmente deban ser asumidos por las empresas entrantes.

80. A fin de garantizar la más eficiente administración del recurso, la asignación da el derecho de uso de una determinada porción de espectro radioeléctrico. Se permitirá la prestación de diversos servicios en una sola banda.

(...)

86. Las asignaciones del espectro radioeléctrico se expedirán a través de resolución administrativa, no formando así parte del título habilitante de la concesión. De esta manera la entidad competente podrá efectuar cambios de una frecuencia autorizada sin tener que modificar los títulos propios de la concesión. Los cambios de asignación se realizarán procurando no afectar derechos de terceros y serán efectivos en los siguientes casos:

- a) Prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones, cuando lo exija el interés público.
- b) Solución de problemas de interferencia perjudicial.
- c) Utilización de nuevas tecnologías.
- d) Cumplimiento de acuerdos internacionales (MTC, 1998, pp. 6-7, 10, 18-19).

Anexo 6. 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

Esta norma precisa que se aplica en los siguientes procedimientos:

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

La presente Norma es de aplicación para todas las nuevas asignaciones de una porción de espectro radioeléctrico otorgada mediante concurso público u otro mecanismo de asignación, excepto en los casos de asignaciones de espectro radioeléctrico para el servicio portador a través de enlaces punto a punto que aplican para redes de transporte de telecomunicaciones, así como aquellas que utilizan el segmento espacial de los sistemas satelitales.

(...), la presente Norma es de aplicación para las operadoras que se encuentren comprendidas o hayan solicitado la aprobación de cualquiera de los siguientes procedimientos: (i). Reordenamiento de una banda de frecuencias, aprobado mediante Decreto Supremo N° 016-2018-MTC, (ii) Renovación de la concesión para brindar servicios públicos de telecomunicaciones, (iii) Transferencia de espectro radioeléctrico, (iv) Transferencia de concesión con asignación de espectro radioeléctrico, (v) Acondicionamiento, aprobado por el Decreto Legislativo N° 1627, Decreto Legislativo para promover el despliegue de los servicios de telecomunicaciones mediante tecnología de quinta generación (5G) o superior y (vi) Acogimiento voluntario a las disposiciones contenidas en la presente Norma.

(...)

Artículo 6.- Metodología de cálculo de las metas de uso del espectro radioeléctrico

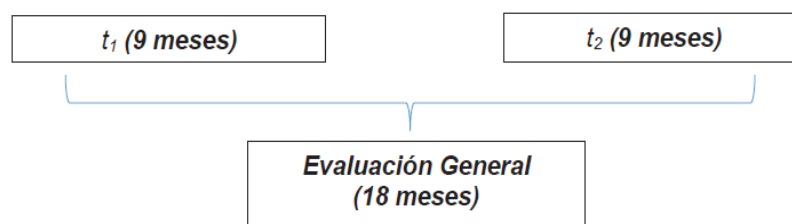
6.1. La metodología de cálculo para determinar si la operadora hace uso eficiente de la porción de una banda de frecuencias, se establece de la siguiente manera:

1) Los indicadores para el cálculo y el análisis son los siguientes:

- n_1 : Nivel de evolución del uso de los servicios públicos de comunicaciones (provincias)
- nu_{BA} : Nivel de uso de la banda de espectro asignada (provincias)

Cabe precisar que cada uno de estos indicadores es calculado, de manera independiente, para cada porción de la banda de frecuencias sobre la cual la operadora tiene derechos de uso, según la asignación que le corresponda.

2) La configuración de uso eficiente o ineficiente del espectro radioeléctrico, en la que un operador tiene derechos de uso, se determina en base a la Evaluación General. La Evaluación General es el resultado de un análisis efectuado a los indicadores, de acuerdo a lo establecido en el Anexo II “Metodología de Cálculo para los indicadores n_1 y nu_{BA} ”.



t_2 : Periodo de los 9 meses finales de la evaluación

t_1 : Periodo de 9 meses inmediato anterior al periodo t_2 :

El periodo t_1 se contabiliza a partir de lo establecido en el artículo 7 de la presente norma según corresponda.

6.2 A partir de los resultados obtenidos en la Evaluación General se identifica, para cada indicador un escenario.

Cada escenario identificado se establece respecto de un umbral, cuyo valor permite identificar los escenarios resultantes a partir del Cuadro N° 1 “Identificación de Escenarios Observados”, contenido en el Anexo III “Análisis de los Resultados Obtenidos”.

Los valores de los umbrales para cada indicador se detallan a continuación:

- Para $n_1 = 1$
- $nu_{BA} = 0.5$

6.3 Los resultados de la Evaluación General se obtienen de las diversas configuraciones producto de los escenarios identificados para cada indicador.

De la totalidad de escenarios posibles, se identifican cuatro (4) escenarios observados listados a continuación:

- Para n_1 , escenarios A.1 y A.2
- Para nu_{BA} , escenarios D.1 y D.2

La siguiente tabla resume esquemáticamente estos escenarios desfavorables:

<i>Escenarios observados ID</i>	<i>Indicador</i>	<i>Evaluación general</i>
A.1	n_1	< 1
A.2	n_1	0
D.1	nu_{BA}	< 0.5
D.2	nu_{BA}	0

6.4. Para una provincia, el uso ineficiente del espectro radioeléctrico se configura cuando:

Una vez obtenidos los resultados de una evaluación general, los escenarios identificados como observados se combinan en las configuraciones de uso ineficiente establecidas en el numeral 3 del Anexo III “Análisis de los Resultados Obtenidos” (MTC, 2024, pp. 3-6).

Anexo 7. Atribución de la banda 2.3 GHz

RANGO	ATRIBUCIÓN (PERÚ)	COMENTARIOS
2 300 – 2 400	FIJO MOVIL 5.384A Radiolocalización	Identificado para IMT Notas nacionales P51A, P68 y P68A

Nota. Datos tomados del PNAF (MTC, 2023)

Anexo 8. Disposiciones de frecuencias para la banda 2.3 GHz

DISPOSICIONES DE FRECUENCIAS	DISPOSICIONES APAREADAS (FDD)				DISPOSICIONES NO APAREADAS (TDD) (MHz)
	ESTACIÓN MÓVIL TRANSMISORA (MHz)	SEPARACIÓN CENTRAL (MHz)	ESTACIÓN BASE TRANSMISORA (MHz)	SEPARACIÓN DÚPLEX (MHz)	
E1					2 300 – 2 400

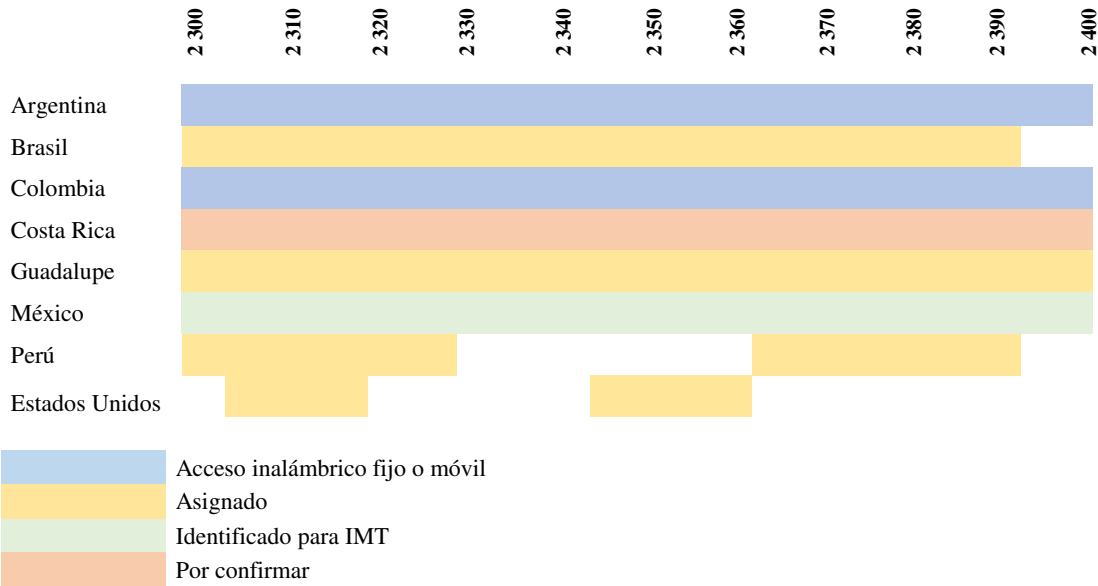
Nota. Datos tomados de UIT-R M.1036-7 (UIT, 2023)

Anexo 9. Canalización de la banda 2.3 GHz (2 300 – 2 400 MHz)

CANAL	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)	ESQUEMA DE DUPLEXACIÓN
	BW: 5 MHz	
1	2 300 – 2 305	TDD
2	2 305 – 2 310	
3	2 310 – 2 315	
4	2 315 – 2 320	
5	2 320 – 2 325	
6	2 325 – 2 330	
7	2 330 – 2 335	
8	2 335 – 2 340	
9	2 340 – 2 345	
10	2 345 – 2 350	
11	2 350 – 2 355	
12	2 355 – 2 360	
13	2 360 – 2 365	
14	2 365 – 2 370	
15	2 370 – 2 375	
16	2 375 – 2 380	
17	2 380 – 2 385	
18	2 385 – 2 390	
19	2 390 – 2 395	Bandas de guarda
20	2 395 – 2 400	

Nota. Resolución Viceministerial N° 183-2019-MTC/03

Anexo 10. Banda 2.3 GHz



Nota. Asignación del espectro 2.3 GHz. GSA (2024)

Anexo 11. Atribución de la banda 2.5 GHz

RANGO	ATRIBUCIÓN (PERÚ)	COMENTARIOS
2 500 – 2 520	FIJO	Identificado para IMT Notas nacionales P51A y P67
	MOVIL salvo móvil aeronáutico 5.384A	
	Fijo por satélite	
2 520 – 2 655	FIJO	Identificado para IMT Notas nacionales P51A y P67
	MOVIL salvo móvil aeronáutico 5.384A	
	Fijo por satélite	
	Radiodifusión por satélite	
2 655 – 2 670	FIJO	Identificado para IMT Notas nacionales P51A y P67
	MOVIL salvo móvil aeronáutico 5.384A	
	Fijo por satélite	
	Radiodifusión por satélite	
2 670 – 2 690	FIJO	Identificado para IMT Notas nacionales P51A y P67
	MOVIL salvo móvil aeronáutico 5.384A	
	Fijo por satélite	

Nota. Datos tomados del PNAF (MTC, 2023a)

Anexo 12. Disposiciones de frecuencias para la banda 2.5 GHz

DISPOSICIONES DE FRECUENCIAS	DISPOSICIONES APAREADAS (FDD)				Disposiciones no apareadas (TDD) (MHz)
	Estación móvil transmisora (MHz)	Separación central (MHz)	Estación base transmisora (MHz)	Separación dúplex (MHz)	
C1	2 500 – 2 570	50	2 620 – 2 690	120	2 570 – 2 620
C2	2 500 – 2 570 Externa	50	2 620 – 2 690 2 570 – 2 620 (DL Externa)	120	Ninguna
C3	Flexible FDD/TDD				

Nota. Datos tomados de UIT-R M.1036-7 (UIT, 2023)

Nota 1. En C1, para facilitar la instalación de equipos FDD, las bandas de guarda necesarias para garantizar compatibilidad con las bandas adyacentes en las frecuencias límite 2 570 MHz y 2 620 MHz se determinarán a nivel nacional y se encontrarán en el interior de la banda 2 570 – 2 620 MHz. Las bandas de guarda se mantendrán lo más pequeñas posible, basándose en el Informe UIT-R M.2045⁶¹.

⁶¹ Técnicas de reducción de la interferencia para considerar la coexistencia entre las tecnologías de las interfases radioeléctricas dúplex por división en el tiempo y dúplex por división de frecuencia de las IMT-2000 en la gama de frecuencias 2 500 – 2 690 MHz y que utilizan bandas adyacentes en la misma zona geográfica

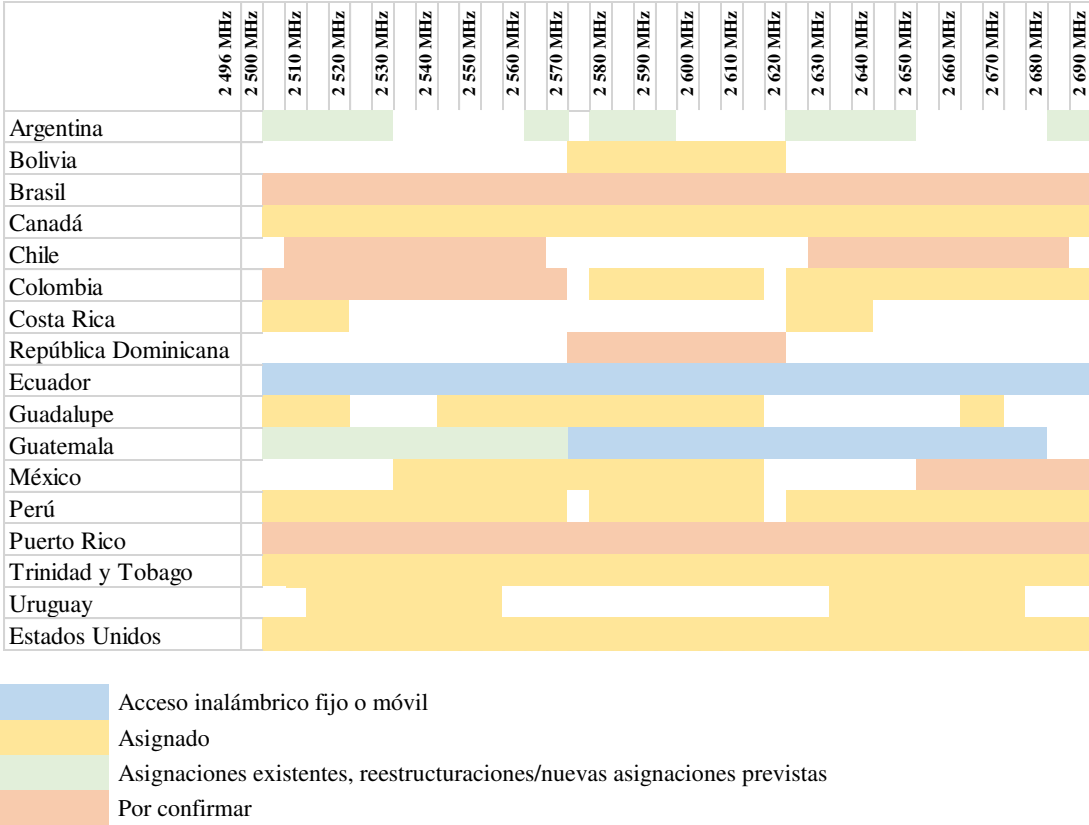
Nota 2. En C3, las administraciones pueden utilizar la banda únicamente para TDD o combinaciones de TDD/FDD. Las administraciones pueden utilizar cualquier separación dúplex FDD y cualquier sentido dúplex FDD. No obstante, si las administraciones eligen utilizar canales mixtos TDD/FDD con separación dúplex fija para el FDD, es preferible que utilicen la separación dúplex y el sentido dúplex mostrados en C1 (UIT, 2023, pp. 14-16).

Anexo 13. Canalización de la banda 2.5 GHz (2500 – 2 690 MHz)

CANAL	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz) BW: 5 MHz		ESQUEMA DE DUPLEXACIÓN
	IDA	RETORNO	
1	2 500 – 2 505	2 620 – 2 625	FDD
2	2 505 – 2 510	2 625 – 2 630	FDD
3	2 510 – 2 515	2 630 – 2 635	FDD
4	2 515 – 2 520	2 635 – 2 640	FDD
5	2 520 – 2 525	2 640 – 2 645	FDD
6	2 525 – 2 530	2 645 – 2 650	FDD
7	2 530 – 2 535	2 650 – 2 655	FDD
8	2 535 – 2 540	2 655 – 2 660	FDD
9	2 540 – 2 545	2 660 – 2 665	FDD
10	2 545 – 2 550	2 665 – 2 670	FDD
11	2 550 – 2 555	2 670 – 2 675	FDD
12	2 555 – 2 560	2 675 – 2 680	FDD
13	2 560 – 2 565	2 680 – 2 685	FDD
14	2 565 – 2 570	2 685 – 2 690	FDD
15	2 570 – 2 575		Banda de guarda
16	2 575 – 2 580		TDD
17	2 580 – 2 585		TDD
18	2 585 – 2 590		TDD
19	2 590 – 2 595		TDD
20	2 595 – 2 600		TDD
21	2 600 – 2 605		TDD
22	2 605 – 2 610		TDD
23	2 610 – 2 615		TDD
24	2 615 – 2 620		Banda de guarda

Nota. Resolución Viceministerial N° 464 – 2019-MTC/03

Anexo14. Banda 2.5 GHz



Nota. Concesiones nacionales de espectro en la banda 2.5 GHz. GSA (2024)

Anexo 15. Atribución de la banda 3.3 – 4.2 GHz

RANGO	ATRIBUCIÓN (PERÚ)	COMENTARIOS
3 300 – 3 400	MÓVIL, salvo móvil aeronáutico 5.429D	Identificado para IMT
	RADIOLOCALIZACIÓN	
	FIJO	Notas nacionales P51A y P73A
3 400 – 3 500	Radioaficionados	
	FIJO	
	FIJO POR SATELITE (espacio–Tierra)	Atribución a MÓVIL, salvo móvil aeronáutico.
	Radioaficionados	Identificado para IMT. Sujeto a lo dispuesto en el número 9.21. Nota 5.431B del RR
	MOVIL salvo móvil aeronáutico 5.431B	Notas nacionales P47, P51A y P73
3 500 – 3 600	Radiolocalización	
	FIJO	
	Fijo por Satélite (espacio–Tierra)	Identificado para IMT. Sujeto a un acuerdo según el número 9.21. Nota 5.431B del RR
	MOVIL salvo móvil aeronáutico 5.431B	Notas nacionales P51A y P73
	Radiolocalización	
3 600 – 3 700	FIJO	
	Fijo por Satélite (espacio–Tierra)	Identificado para IMT
	MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.434	Notas nacionales P51A y P73B
	Radiolocalización	
3 700 – 3 800	FIJO	
	FIJO POR SATELITE (espacio–Tierra)	Identificado para IMT
	MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.435B	Notas nacionales P51A y P73B
	FIJO	
3 800 – 4 200	FIJO POR SATELITE (espacio–Tierra)	
	Móvil salvo móvil aeronáutico	

Anexo 16. Disposiciones de frecuencias para la banda 3.5 GHz

Disposiciones de frecuencias	DISPOSICIONES APAREADAS (FDD)				Disposiciones no apareadas (TDD) (MHz)
	Estación móvil transmisora (MHz)	Separación central (MHz)	Estación base transmisora (MHz)	Separación dúplex (MHz)	
F1					3 400 – 3 600
F2	3 410 – 3 490	20	3 510 -3 590	100	Ninguna
F3					3 300 – 3 700

Nota. Datos tomados de UIT-R M.1036-7 (UIT, 2023)

Anexo 17. Canalización de la banda 3.5 GHz (3.3 – 3.8 GHz)

CANAL Nº	FRECUENCIA (MHz)	CANAL Nº	FRECUENCIA (MHz)
1	3 300 – 3 305	51	3 550 – 3 555
2	3 305 – 3 310	52	3 555 – 3 560
3	3 310 – 3 315	53	3 560 – 3 565
4	3 315 – 3 320	54	3 565 – 3 570
5	3 320 – 3 325	55	3 570 – 3 575
6	3 325 – 3 330	56	3 575 – 3 580
7	3 330 – 3 335	57	3 580 – 3 585
8	3 335 – 3 340	58	3 585 – 3 590
9	3 340 – 3 345	59	3 590 – 3 595
10	3 345 – 3 350	60	3 595 – 3 600
11	3 350 – 3 355	61	3 600 – 3 605
12	3 355 – 3 360	62	3 605 – 3 610
13	3 360 – 3 365	63	3 610 – 3 615
14	3 365 – 3 370	64	3 615 – 3 620
15	3 370 – 3 375	65	3 620 – 3 625
16	3 375 – 3 380	66	3 625 – 3 630
17	3 380 – 3 385	67	3 630 – 3 635
18	3 385 – 3 390	68	3 635 – 3 640
19	3 390 – 3 395	69	3 640 – 3 645
20	3 395 – 3 400	70	3 645 – 3 650
21	3 400 – 3 405	71	3 650 – 3 655
22	3 405 – 3 410	72	3 655 – 3 660
23	3 410 – 3 415	73	3 660 – 3 665
24	3 415 – 3 420	74	3 665 – 3 670
25	3 420 – 3 425	75	3 670 – 3 675
26	3 425 – 3 430	76	3 675 – 3 680
27	3 430 – 3 435	77	3 680 – 3 685
28	3 435 – 3 440	78	3 685 – 3 690
29	3 440 – 3 445	79	3 690 – 3 695
30	3 445 – 3 450	80	3 695 – 3 700
31	3 450 – 3 455	81	3 700 – 3 705

32	3 455 – 3 460	82	3 705 – 3 710
33	3 460 – 3 465	83	3 710 – 3 715
34	3 465 – 3 470	84	3 715 – 3 720
35	3 470 – 3 475	85	3 720 – 3 725
36	3 475 – 3 480	86	3 725 – 3 730
37	3 480 – 3 485	87	3 730 – 3 735
38	3 485 – 3 490	88	3 735 – 3 740
39	3 490 – 3 495	89	3 740 – 3 745
40	3 495 – 3 500	90	3 745 – 3 750
41	3 500 – 3 505	91	3 750 – 3 755
42	3 505 – 3 410	92	3 755 – 3 760
43	3 510 – 3 415	93	3 760 – 3 765
44	3 515 – 3 420	94	3 765 – 3 770
45	3 520 – 3 425	95	3 770 – 3 775
46	3 525 – 3 430	96	3 775 – 3 780
47	3 530 – 3 435	97	3 780 – 3 785
48	3 535 – 3 440	98	3 785 – 3 790
49	3 540 – 3 445	99	3 790 – 3 795
50	3 545 – 3 550	100	3 795 – 3 800

Nota. RVM N° 641-2019-MTC/03

Anexo 18. Reglamento Específico para el Reordenamiento

Artículo 3.- Ámbito de aplicación del Reglamento Específico

3.1 El presente Reglamento es de aplicación para todas las operadoras de servicios de telecomunicaciones, que cuenten con derechos de uso vigentes en la banda de frecuencias sobre la cual se realiza el Reordenamiento o que se encuentren en trámite de renovación.

3.2 El Reglamento no se aplica para las operadoras con derecho de uso sobre espectro radioeléctrico derivado de un concurso público siempre y cuando el plazo por el que se otorga la concesión siga vigente y no exista obligación expresa de participar en el Reordenamiento. (...)

Sin perjuicio de lo establecido en el párrafo anterior, las operadoras (...) que no participan del Reordenamiento, acatan las asignaciones resultantes del Reordenamiento respecto a su porción de espectro radioeléctrico, siempre y cuando su asignación se mantenga dentro de la Banda, con el mismo ancho de banda previo al Reordenamiento, en las mismas áreas geográficas de la asignación, pero de forma ordenada (MTC, 2018, p. 2).

Anexo 19. Matriz de consistencia

TÍTULO: “ESTUDIO DE LA GESTIÓN EFICIENTE DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS PARA EL DESARROLLO DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL PERÚ”				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general ¿En qué consiste la gestión eficiente de las bandas de frecuencias para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú?	Objetivo general Proponer la gestión eficiente de las bandas de frecuencias para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú.	Hipótesis general Es posible proponer la gestión eficiente de las bandas de frecuencias para el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú.	Variable independiente X1= Gestión eficiente de las bandas de frecuencias Indicador 1: Eficiencia espectral Indicador 2: Uso del espectro Indicador 3: Plan de cobertura Indicador 4: Marco normativo regulatorio Indicador 5: Competencia del mercado móvil	Enfoque de investigación La presente investigación es cualitativa y documental. Diseño de investigación La presente investigación es aplicada, debido a que genera conocimiento útil para mejorar la gestión del espectro; y, es no experimental, dado que no se interviene ni se manipulan variables. Se basa en el análisis de información existente en documentos técnicos y normativas relacionadas con la gestión eficiente del espectro. Técnicas Observación estructurada: se realiza con la ayuda de documentación técnica específica para la recopilación de la información con el fin de identificar tendencias tecnológicas actuales. Análisis documental Consiste en recoger información de fuentes primarias documentales para delinear hipótesis y determinar posibles soluciones, tales como planes nacionales, recomendaciones, reportes, informes técnicos, estadísticas, reglamentos, resoluciones, estudios de demanda, archivos y regulaciones sobre la atribución, canalización y asignación del espectro. Procesamiento para el análisis de la información Gráficas, estadísticas, tablas
Problema específico 1 ¿Cómo la gestión eficiente del uso del espectro radioeléctrico facilita a corto tiempo el despliegue de tecnologías avanzadas en el país?	Objetivo específico 1 Determinar el modo de gestión eficiente del uso del espectro radioeléctrico facilita a corto tiempo el despliegue de tecnologías avanzadas en el país.	Hipótesis específica 1 Es posible determinar como el modo de gestión eficiente del uso del espectro radioeléctrico facilita a corto tiempo el despliegue de tecnologías avanzadas en el país.	Variable dependiente Y1= Desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones Indicador 1: Brecha digital Indicador 2: Inclusión social Indicador 3: Calidad de vida Indicador 4: Cumplimiento de normas establecidas Indicador 5: Implantación de nuevas tecnologías Indicador 6: Disponibilidad de servicios Indicador 7: Competencia entre operadores Indicador 8: Inversión en infraestructura de telecomunicaciones Indicador 9: Crecimiento económico Indicador 10: Ingresos generados en el Sector	
Problema específico 2 ¿Cómo el reordenamiento de una banda de frecuencias permite la coexistencia de diferentes tecnologías para la prestación simultánea de servicios móviles previamente suministrados y la introducción de servicios y aplicaciones móviles de nuevas tecnologías?	Objetivo específico 2 Determinar como el reordenamiento de una banda de frecuencias permite la coexistencia de diferentes tecnologías para la prestación simultánea de servicios móviles previamente suministrados y la introducción de servicios y aplicaciones móviles de nuevas tecnologías.	Hipótesis específica 2 Es posible determinar como el reordenamiento de una banda de frecuencias permite la coexistencia de diferentes tecnologías para la prestación simultánea de servicios móviles previamente suministrados y la introducción de servicios y aplicaciones móviles de nuevas tecnologías.		