



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**ESTUDIO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN  
LA EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA 4G Y SU CONVERGENCIA A 5G EN  
REDES DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL ECUADOR**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**AUTOR: FLORES ERAZO CRISTIAN FERNANDO**

**DIRECTOR: MSc. JOSÉ ROBERTO MARCILLO DEL CASTILLO**

**ASESOR: MSc. EDGAR DANIEL JARAMILLO VINUEZA**

**Ibarra – Ecuador**

**2022**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

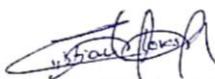
<b>DATOS DEL CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401765490		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Flores Erazo Cristian Fernando		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Tulcán, Rafael Arellano y 9 de Octubre		
<b>E-MAIL:</b>	<a href="mailto:cflorese@utn.edu.ec">cflorese@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062-982773	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0993399094
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	Estudio de la Infraestructura y el Espectro Radioeléctrico en la Evolución de la Tecnología 4G y su Convergencia a 5G en Redes de Telefonía Móvil en el Ecuador.		
<b>AUTOR (ES):</b>	Flores Erazo Cristian Fernando		
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	06/12/2022		
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación		
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	MSc. José Roberto Marcillo Del Castillo		

## CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 7 días del mes de diciembre del 2022.

EL AUTOR:



Flores Erazo Cristian Fernando

CI: 0401765490



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN**

Ing. Roberto Marcillo, MSc, tutor del presente Trabajo de Titulación certifica:

Que, el presente trabajo de titulación " Estudio de la Infraestructura y el Espectro Radioeléctrico en la Evolución de la Tecnología 4G y su Convergencia a 5G en Redes de Telefonía Móvil en el Ecuador", fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Flores Erazo Cristian Fernando, bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Roberto Marcillo Del Castillo', is written over a horizontal line.

Ing. Roberto Marcillo Del Castillo, MSc.

TUTOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Hernán y Edna, quienes con su cariño, apoyo, ejemplo y enseñanzas que me han brindaron toda mi vida, y ahora durante mi tiempo de estudiante, me han permitido sobrellevar todas las dificultades que se han presentado en el camino.

Y a todas las personas, amigos y familiares que me han brindado su apoyo, ayuda y sus palabras de motivación, que siempre fueron necesarias.

Cristian Fernando Flores Erazo

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios, por brindarme las fuerzas y sabiduría que me permitieron llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por darme la oportunidad de formarme como profesional. Así mismo, agradecerle a todos mis amigos, compañeros, docentes y personal de CIERCOM que han sido parte de todo el camino recorrido.

Un agradecimiento a mi director de tesis, MSc. Roberto Marcillo, por brindarme su guía, ayuda, tiempo y ser parte de este trabajo.

Cristian Fernando Flores Erazo

**ÍNDICE**

CAPITULO I. ANTECEDENTES .....	15
1.1. Problema .....	15
1.2. Objetivos .....	16
1.2.1. Objetivo General .....	16
1.2.2. Objetivos Específicos .....	16
1.3. Alcance .....	16
1.4. Justificación .....	17
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Redes Móviles .....	19
2.2. Formas de Propagación .....	20
2.3. Evolución de Redes Móviles.....	21
2.3.1. Tecnología 1G .....	22
2.3.2. Tecnología 2G .....	23
2.3.3. Tecnología 3G .....	24
2.3.4. Tecnología 4G .....	26
2.3.5. Tecnología 5G .....	28
2.4. Tecnologías Móviles en el Ecuador .....	30
2.4.1. Tecnología 4G en el Ecuador .....	30
2.4.2. Tecnología 5G en el Ecuador .....	32
2.5. Servicio Móvil Avanzado (SMA) .....	35
2.6. Marco Legal .....	43
2.6.1. Constitución de la República del Ecuador .....	43
2.6.2. Ley Orgánica de Telecomunicaciones .....	43
CAPITULO III. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN .....	45

3.1. Método Inductivo .....	45
3.2. Tipo de Investigación .....	46
3.2.1. Documental .....	46
3.2.2. Hipótesis .....	46
CAPITULO IV. DESARROLLO DE MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS MÓVILES 4G A 5G .....	47
4.1. Desarrollo Tecnológico de Migración de 4G a 5G a Nivel Mundial .....	47
4.1.1. Planes Internacionales para instalación de 5G .....	47
4.2. Cobertura actual de las Operadores Móviles 4G en el Ecuador .....	51
4.2.1. Mapas de Cobertura 4G en el Ecuador .....	51
4.2.2. Infraestructura 4G en el Ecuador .....	53
4.3. Espectro Radioeléctrico para 5G .....	58
4.3.1. Bandas para implementación de 5G .....	59
4.4. Normativas 3GPP asociadas para 5G .....	65
4.4.1. 5G New Radio (5G NR) .....	65
4.5. Arquitectura LTE 4G .....	66
4.6. Arquitectura 5G .....	69
4.6. Arquitectura 5G frente 4G .....	71
4.7. Infraestructura 5G frente a 4G .....	73
4.8. Impacto de 5G en IoT .....	75
CAPITULO V. RESULTADOS .....	79
5.1. Modelo de Gestión .....	79
5.1.1. Análisis de los Ejes del Modelo de Gestión .....	80
5.1.2. Análisis de Patrones de Factibilidad para 5G en el Ecuador .....	104
5.2. Ventajas y Desventajas de 5G .....	106

5.2.1. Ventajas .....	106
5.2.2. Desventajas.....	107
CONCLUSIONES.....	109
RECOMENDACIONES .....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	111

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Celdas Urbana y Celdas Rurales .....	19
Figura 2 Funcionamiento de Red Móvil .....	20
Figura 3 Evolución de la tecnología móvil por generaciones.....	21
Figura 4 Cobertura Poblacional Servicio Móvil Avanzado 4G.....	30
Figura 5 Canalización y Asignación de Bandas de Frecuencia SMA .....	31
Figura 6 Distribución de mercado en función de líneas activas .....	36
Figura 7 Evolución de Tecnologías Móviles - CONECEL .....	37
Figura 8 Evolución de Tecnologías Móviles - OTECEL .....	38
Figura 9 Evolución de Tecnologías Móviles - CNT.....	39
Figura 10 Evolución de líneas activas por tecnología .....	40
Figura 11 Estadísticas de Radiobases instaladas por tecnología y generación CLARO(CONECEL).....	41
Figura 12 Estadísticas de Radiobases instaladas por tecnología y generación MOVISTAR(OTECCEL).....	42
Figura 13 Estadísticas de Radiobases instaladas por tecnología y generación CNT.....	42
Figura 14 Método inductivo .....	45
Figura 15 Mapa de Cobertura 4G empresa CLARO .....	52

Figura 16 Mapa de Cobertura 4G empresa CNT .....	53
Figura 17 Evolución de líneas activas por tecnología 4G LTE .....	54
Figura 18 Evolución de Líneas Activas con tecnología 4G Empresa CONECEL .....	55
Figura 19 Evolución de Líneas Activas con tecnología 4G Empresa OTECEL .....	55
Figura 20 Evolución de Líneas Activas con tecnología 4G Empresa CNT .....	56
Figura 21 Estadísticas de Radiobases instaladas tecnología 4G LTE empresa CLARO(CONECEL).....	57
Figura 22 Estadísticas de Radiobases instaladas tecnología 4G LTE empresa MOVISTAR(OTECCEL).....	57
Figura 23 Estadísticas de Radiobases instaladas tecnología 4G LTE empresa CNT .....	58
Figura 24 Rango 3,5 GHz (3,3-4,2 GHz) .....	59
Figura 25 Opciones de canalización de la banda 2,5 GHz propuestas por la UIT .....	61
Figura 26 Opciones de disposición de frecuencias.....	63
Figura 27 Diagrama de la Arquitectura 4G .....	67
Figura 28 Arquitectura de Red LTE .....	68
Figura 29 Acceso a red PDN de un UE .....	69
Figura 30 Diagrama de Topología de 5G .....	69
Figura 31 Comparación de Servicios con tecnologías 4G y 5G .....	72
Figura 32 Infraestructura de 5G.....	73
Figura 33 Arquitectura de Red 4G.....	74
Figura 34 Arquitectura de red 5G .....	75
Figura 35 Inteligencia distribuida para una expansión eficiente de IoT.....	77
Figura 36 Modelo de Gestión .....	79
Figura 37 Evolución de Líneas activas por Tecnología 2022.....	92
Figura 38 Escenarios de Uso 5G .....	94

Figura 39 Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Petróleo y Minería.....	95
Figura 40 Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Agricultura .....	96
Figura 41 Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Servicios Financieros .....	97
Figura 42 Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Servicio Social y Salud .....	98
Figura 43 Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Manufactura y construcción ...	99
Figura 44 Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Entretenimiento, Turismo y Eventos.....	100
Figura 45 Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Transporte y Logística.....	101
Figura 46 Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Seguridad Pública.....	102
Figura 47 Cuadro comparativo de Ventajas y Desventajas de la tecnología 5G.....	109

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de la experiencia internacional .....	47
Tabla 2 Resultado de la Subasta – Finlandia .....	49
Tabla 3 Resultado de la Subasta – Reino Unido.....	49
Tabla 4 Resultado de la Subasta – Corea del Sur .....	49
Tabla 5 Resultado de la Subasta Rango 3.5 GHz– España.....	50
Tabla 6 Resultado de la Subasta Rango 26 GHz – España.....	51
Tabla 7 Resultado de la Subasta– Italia .....	51
Tabla 8 Atribución del rango 3,3-4,2 GHz - Ecuador .....	64
Tabla 9 Versiones para 5G bajo 3GPP .....	65
Tabla 10 Parámetros comparativos entre tecnologías 4G y 5G.....	71
Tabla 11 Características y aplicaciones tecnología 5G .....	76
Tabla 12 Directrices para la concesión del espectro para 5G .....	80
Tabla 13 Características de la Bandas de Frecuencias para 5G.....	82

Tabla 14 Atribución de Frecuencias para 5G en el Ecuador .....	83
Tabla 15 Acciones ejecutadas por MINTEL para 4G .....	86
Tabla 16 Gastos de Capital Supuesto 1 – Ciudad Grande .....	88
Tabla 17 Gastos de capital Supuesto 2 – Ciudad pequeña .....	89
Tabla 18 Gastos de capital al Ejemplo 1 - QUITO.....	90
Tabla 19 Gastos de capital al Ejemplo 1 - TULCÁN.....	91
Tabla 20 Políticas Públicas.....	103

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como propósito realizar el estudio del estado actual de la telefonía móvil y del espectro radioeléctrico en el Ecuador, más orientado a la tecnología 4G, además de investigar los requerimientos técnicos, características, frecuencias de operación, casos de uso, ventajas y desventajas de la tecnología 5G, y además manifestar los beneficios que se pueden generar tanto a la industria como a los usuarios en general. Finalmente, como resultado de la investigación se propone un modelo de gestión en donde se identifican 4 Ejes de acción que incluyen información, datos, características y políticas que se sugiere ejecutar para el despliegue e implementación de 5G en el país, conjuntamente se plantea un análisis de la factibilidad técnica, económica y legal.

*Palabras clave:* Redes Móviles, Tecnologías Móviles, Operadoras Móviles, Espectro Radioeléctrico, Frecuencias de Operación, 4G LTE, 5G, IoT.

**ABSTRACT**

The purpose of this degree work was to study the current state of mobile telephony and the radio spectrum in the Ecuador, more oriented to 4G technology, in addition to investigating the technical requirements, characteristics, operating frequencies, use cases, advantages and disadvantages of 5G technology, and also to show the benefits that can be generated both for the industry and users in general. Finally, as a result of the research, a management model is proposed in which 4 Axes of action are identified including information, data, characteristics and policies that are suggested to be executed for the deployment and implementation of 5G in the country, together with an analysis of the technical, economic and legal feasibility.

*Key words:* Mobile Networks, Mobile Technologies, Mobile Operators, Radio Spectrum, Operating Frequencies, 4G LTE, 5G, IoT.

## CAPITULO I. ANTECEDENTES

### 1.1.Problema

En el Ecuador, el desfase que se tiene en la implementación de nuevas tecnologías móviles ha dado como resultado que se retrase la instalación de servicios con tecnología 5G. Dentro del Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021 (MINTEL, 2016) se encuentra El proyecto 1 el cual establece “Fomentar el despliegue de infraestructura para comunicaciones móviles (voz y datos) en el Ecuador”, por lo que el punto de partida es tener claro todos los requerimientos técnicos necesarios para empezar con la convergencia hacia nuevas tecnologías.

El 2020 era el año prometido para la llegada de la tecnología 5G, pero ya a finales del 2021 aun el país ve lejos la implementación de esta tecnología para uso comercial, además sumándole la pandemia que hasta cierto punto catapultó el uso de las telecomunicaciones ha resaltó la necesidad de contar con servicios de mayor calidad para el desarrollo de actividades laborales y educativas, pero no así la instalación de nueva infraestructura de tecnologías móviles.

Se han hecho varias pruebas de funcionalidad en ciudades como Quito y Guayaquil, permitiendo conocer y mostrar los potenciales que se puede tener con este servicio, pero aún faltan grandes pasos para el uso comercial de esta tecnología como lo es definir el uso del espectro electromagnético, licenciar las frecuencias de uso para el trabajo de 5G.(Diario El Universo, 2021)

Con un análisis y estudio tanto de la infraestructura como el espectro radioeléctrico con las que opera la red 5G y además de normativa técnica definida y aprobada por los entes de regulación ARCOTEL y MINTEL se podría poner en marcha planes de cambio o evolución de tecnologías como 3G o 4G disponibles en la actualidad hacia la tecnología 5G para un uso

comercial en el país para poder aprovechar y sacarle el máximo provecho a esta red que puede permitir un sinnúmero de nuevos servicios tecnológicos para los usuarios y que según (Boletín Estadístico Trimestral Mayo 2020), promete transformar el mundo de las telecomunicaciones brindando mayor velocidad de acceso a Internet, cobertura más amplia y conexiones más estables, esta no se enfoca en conectar solo personas sino usuarios, artefactos y dispositivos, generando lo que se conoce como el Internet de las cosas (IoT), lo que permitirá el desarrollo de ciudades inteligentes, entre muchas más aplicaciones.

## **1.2.Objetivos**

### **1.2.1. *Objetivo General***

Estudiar el estado actual de la infraestructura, frecuencias de operación y uso del espectro radioeléctrico que se han establecido para la tecnología 4G y las normativas técnicas de implementación que se han generado para 5G en el Ecuador.

### **1.2.2. *Objetivos Específicos***

- Investigar la situación actual de infraestructura y regulación de la tecnología 4G y 5G en el Ecuador.
- Generar un modelo de gestión en donde se pueda identificar patrones de disponibilidad y factibilidad para la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador.
- Establecer las ventajas y los riesgos que pueden presentar la instalación de nueva infraestructura para el servicio móvil 5G en el Ecuador.

## **1.3.Alcance**

En esta investigación se analizará la tecnología 5G en infraestructura, frecuencias de operación, servicios que pueden trabajar bajo el uso de esta red, para así poder comprender cuál será el impacto que ocasionará esta tecnología al ser implementada y una visualización

general de los servicios que puede trabajar bajo el uso de esta red para el gran beneficio de los usuarios.

Además, se indagará en los procesos de regulación que el Arcotel ejerce sobre los procesos de implementación de servicios móviles en el país, así como también estudiar los efectos sociales y económicos que se generarán a partir de una futura puesta en marcha de la tecnología 5G.

Esta investigación será un instrumento informativo en donde se refleja un modelo de gestión, el mismo que servirá como base para el impulso de políticas y normas que puedan regir sobre la tecnología 5G en el país. Para el presente trabajo se hace uso de la metodología prospectiva tecnológica, la cual tiene como fin, obtener un resultado de un análisis del estado actual y una perspectiva de una mejora tecnológica.

El Modelo de gestión se basará en la investigación de los procesos de implementación y normativa que han llevado a cabo varios países en el mundo en donde ya se han generado varios hitos en la puesta en parte de la tecnología 5G. De acuerdo con el informe de 5G y el Rango 3.3-3.8 GHZ en América Latina(GSMA, 2020a), países como Canadá, Finlandia, Estados Unidos, Reino Unido, Corea del Sur, entre otros, ya han establecidas sus políticas públicas en donde se destaca las licencias otorgadas, frecuencias de operación, compartición, instalación y costos de la infraestructura que permita el despliegue de la red móvil. Estos progresos serán un punto de partida que servirá como una guía para el desarrollo o replica de nuevas políticas, reajustes de las normativas que puedan ser adaptadas a la situación y estado actual del país.

#### **1.4. Justificación**

Existen varios factores que han influido en el desarrollo de la Tecnología 5G y su implementación en el país como son los altos costo de operación, además de que aún no se

define una normativa técnica que permita a las operadoras hacer uso de las frecuencias de operación e instalación de nueva infraestructura para uso comercial, dejando pasar la oportunidad de poder generar varios servicios adicionales además de la telefonía móvil y los datos.

Según (GSA, 2021) a finales de diciembre de 2021, había identificado 487 operadores en 145 países / territorios que estaban invirtiendo en 5G, incluidas las pruebas, la adquisición de licencias, la planificación, el despliegue de redes y los lanzamientos. Hacia septiembre de 2020, 36 operadores en 20 países de CALA (Centro y Latino América) están invirtiendo en 5G. 7 operadores en 6 países como Brasil, Puerto Rico, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay, han desplegado redes 5G con lanzamientos en 4 de estos países, lo cual hace más evidente que la conectividad móvil es uno de los componentes básicos de un ecosistema digital. (San Martón, 2020)

Parece ser necesario que el Ecuador deba diseñar políticas públicas reguladas en torno a 5G en donde se establezcan parámetros como el uso eficaz del espectro, políticas, normativas legales y además es necesaria la inversión tanto privada como pública, para tener al menos un rumbo definido que en un tiempo no muy lejano pueda transformarse en una realidad.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Redes Móviles

Una red móvil consta de una red de estaciones base que cubren un área delimitada (celda) y encaminan las comunicaciones en forma de ondas de radio desde y hasta los terminales de los usuarios. Las comunicaciones móviles siguen el principio general de la telefonía: Conectar dos usuarios remotos a través del equipo de red de un operador responsable de la gestión del servicio. Sin embargo, a diferencia de los teléfonos fijos, en la red móvil no existen pares de cobre ni fibra óptica, y las transmisiones de radio constituyen el enlace final. El teléfono móvil del usuario comunica a través del aire con una antena, que a su vez comunica con la central del operador. Ésta encamina la comunicación hacia la parte correspondiente en la red fija o a través de otras antenas.

Para que la comunicación sea efectiva, el usuario móvil debe estar en el área de alcance de una antena. Ésta tiene un alcance limitado y cubre una pequeña área alrededor, llamada “celda” (de ahí el otro nombre de “red de celdas” o “red celular” utilizado a menudo para designar las redes móviles). Para cubrir el máximo territorio y garantizar que los usuarios puedan siempre llamar, los operadores despliegan miles de celdas, cada una equipada con estaciones base, asegurándose de que no haya huecos entre ellas para que nunca se pierda la localización de los usuarios.(Sitio Web Orange, n.d.)

#### **Figura 1**

#### *Celdas Urbana y Celdas Rurales*



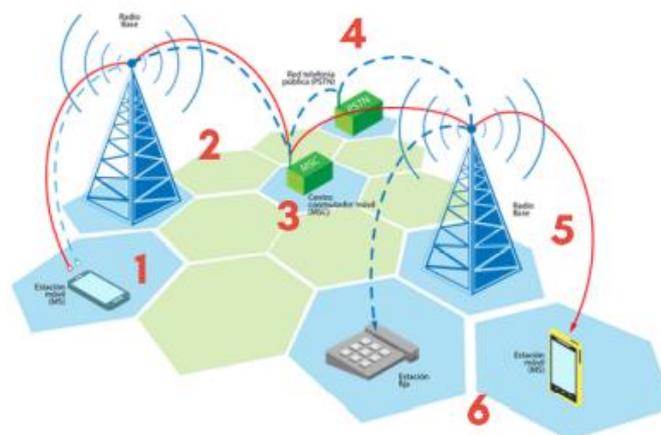
Fuente:(Sitio Web Orange, n.d.)

## 2.2. Formas de Propagación

Las tecnologías móviles funcionan a través del envío de ondas de radio de distintas frecuencias hacia, y desde, las distintas antenas de telefonía móvil presentes en las zonas altas de pueblos y ciudades. Cada terminal actúa al mismo tiempo como emisor y receptor, que se comunica con la antena de telefonía más próxima, a la que se denomina estación base. Un teléfono móvil puede conectarse con varias de ellas, dentro del área de cobertura, pero seleccionará aquella que le proporcione la señal más potente y que suele ser la más próxima geográficamente. Desde allí, la información puede reenviarse hacia otras estaciones base de comunicaciones, donde la información es procesada y enviada a su nuevo destino. Para el usuario, la ventaja de las redes de telefonía móvil se encuentra en la amplia cobertura del servicio, mientras que las desventajas es que el precio de la llamada sigue siendo caro a pesar de las diferentes ofertas de tarifas planas de las compañías. (Dirección General de Política Económica y Empresarial, n.d.)

**Figura 2**

*Funcionamiento de Red Móvil*



1. La llamada inicia al usar el terminal móvil (Estación Móvil MS).
2. La llamada es captada por la antena de transmisión más cercana.
3. La llamada es enviada al Centro Conmutador Móvil MSC.
4. La llamada se envía a la Red de Telefonía Pública (PSTN).
5. La llamada pasa por otras antenas y centrales o hasta la misma red fija convencional.
6. La llamada llega al teléfono con el que se desea hablar sea fijo o móvil.

Fuente:(ARCOTEL, 2020)

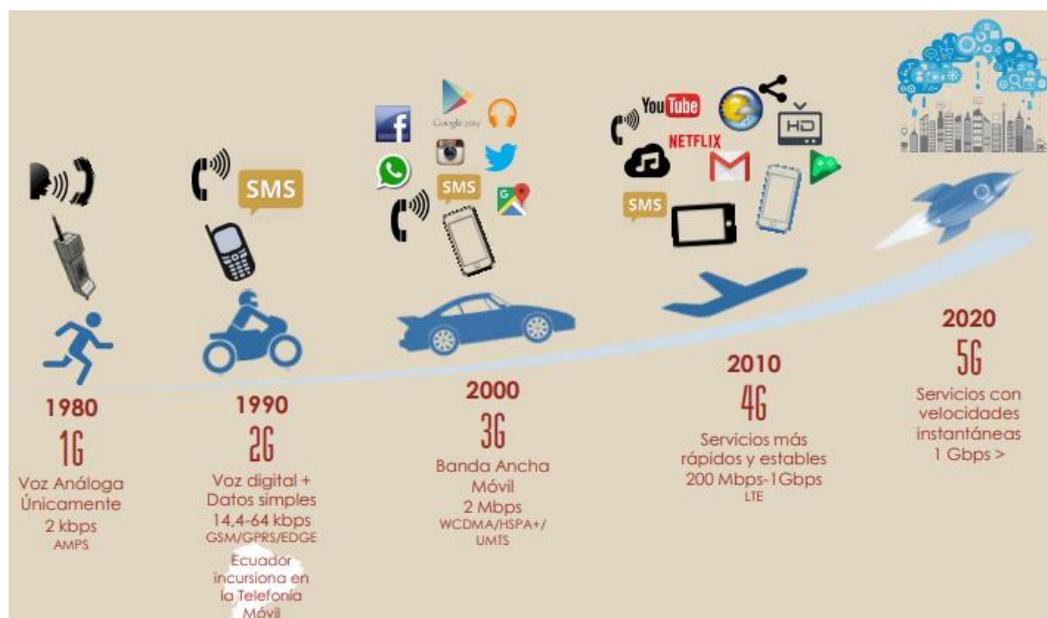
### 2.3. Evolución de Redes Móviles

En los últimos años, las distintas tecnologías de comunicación sin cables han crecido enormemente debido a la constante demanda de mayor ancho de banda, mayor velocidad de transmisión y tiempos menores de respuesta. En buena parte, esta mayor demanda se debe a la difusión de los dispositivos portátiles. La mayor parte de ellos disponen simultáneamente de diferentes formas de conexión inalámbrica: telefonía móvil (3G/4G), tecnología WiFi o Bluetooth.

En el caso de la telefonía móvil, la tecnología ha pasado de ser capaz de transmitir voz y apenas unos pocos caracteres de texto (en forma de SMS), a permitir el envío de documentos, fotografías o vídeos y una conexión fluida a Internet. Esto es debido al crecimiento de las tecnologías 1G (en desuso) a 2G, 3G y 4G. (Dirección General de Política Económica y Empresarial, n.d.). Cada generación incrementa el ancho de banda, la rapidez de la transmisión y mejora los tiempos de respuesta es por esto por lo que hoy en día, en varios países del mundo presenciamos la implantación de la tecnología 5G, que multiplica toda la capacidad de 4G.

**Figura 3**

*Evolución de la tecnología móvil por generaciones*



Fuente:(ARCOTEL, 2018)

### **2.3.1. Tecnología 1G**

La primera generación de comunicación móvil, surgida alrededor de 1980, se basó en la transmisión analógica con las principales tecnologías siendo AMPS (Advanced Mobile Phone System) desarrollado dentro de América del Norte, NMT (Nordic Mobile Telephony) desarrollado conjuntamente por los operadores de redes telefónicas públicas controladas por el gobierno de los países nórdicos, y TACS (Total Access Communication System) utilizado en, por ejemplo, el Reino Unido. Los sistemas de comunicación móvil basados en tecnología de primera generación se limitaron a los servicios de voz y, por primera vez, hicieron que la telefonía móvil fuera accesible para la gente común.(Dahlman et al., 2018).

(ARCOTEL, 2018) indica que la tecnología 1G “es la primera red de teléfonos móviles que vio la luz y sólo permitía realizar llamadas de voz, pero la transferencia de datos era imposible. Esta tecnología ya está en desuso.”(p.05)

ARCOTEL (2020), indica varias características de la tecnología 1G:

- **Año:** 1970 - 1980
- **Estándares:** AMPS (Advanced Mobile Phone System).
- **Servicios:** Sólo voz
- **Tecnología:** analógica
- **Velocidad:** 1kbps a 2,4 kbps
- **Multiplexación:** FDMA
- **Conmutación:** conmutación de circuitos
- **Core Network:** PSTN Frecuencia: 800- 900 MHz

- **Ancho de banda de RF:** 30 kHz. La banda tiene capacidad para 832 canales dúplex, entre los cuales 21 están reservadas para el establecimiento de llamada, y el resto para la comunicación de voz.
- **Servicios:** Malas comunicaciones de voz y ninguna seguridad ya que las llamadas de voz se reproducen en las torres de radio.

### ***2.3.2. Tecnología 2G***

La segunda generación de comunicación móvil, surgida a principios de la década de 1990, vio la introducción de la transmisión digital en el enlace de radio. Aunque el servicio objetivo seguía siendo la voz, el uso de la transmisión digital permitió que los sistemas de comunicación móvil de segunda generación también proporcionaran servicios de datos limitados. Inicialmente hubo varias tecnologías diferentes de segunda generación, incluyendo GSM (Sistema Global para la Comunicación Móvil) desarrollado conjuntamente por un gran número de países europeos, D-AMPS (Digital AMPS), PDC (Personal Digital Cellular) desarrollado y utilizado únicamente en Japón, y, desarrollado en una etapa algo posterior, la tecnología IS-95 basada en CDMA. Con el paso del tiempo, GSM se extendió de Europa a otras partes del mundo y, finalmente, llegó a dominar por completo entre las tecnologías de segunda generación. Principalmente debido al éxito de GSM, los sistemas de segunda generación también convirtieron la telefonía móvil de algo que todavía es utilizado por solo una fracción relativamente pequeña de personas a una herramienta de comunicación que es una parte necesaria de la vida de una gran mayoría de la población mundial. Incluso hoy en día hay muchos lugares en el mundo donde GSM es la tecnología dominante, y en algunos casos incluso la única disponible, para la comunicación móvil, a pesar de la introducción posterior de tecnologías de tercera y cuarta generación. (Dahlman et al., 2018)

Constituyó un gran avance ya que la red móvil pasó de analógica a digital, ésta se usa actualmente. En esta tecnología es posible transmitir datos y enviar mensajes de textos y fue la que permitió enviar los primeros MMS (fotos, sonidos).(ARCOTEL, 2018)

ARCOTEL (2020), indica varias características de la tecnología 2G:

- **Año:** 1980 -1990
- **Tecnología:** Digital
- **Velocidad:** 14Kbps a 64 Kbps
- **Banda de frecuencia:** 850 - 1900 MHz (GSM) y 825 - 849 MHz (CDMA)
- **Ancho de banda / canal:** GSM divide cada canal de 200 kHz en bloques de 25 kHz El canal CDMA es nominalmente de 1,23 MHz
- **Multiplexación / Tecnología de acceso:** TDMA y CDMA.
- **Conmutación:** Conmutación de circuitos
- **Estándares:** GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles), IS-95 (CDMA) - utilizado en América y partes de Asia), JDC (Celular Digital Japonés) (basado en TDMA), utilizado en Japón, iDEN (basado en TDMA), red de comunicación propietaria utilizado por Nextel en los Estados Unidos.
- **Servicios:** Voz Digital, SMS, roaming internacional, conferencia, llamada en espera, retención de llamada, transferencia de llamadas, bloqueo de llamadas, número de identificación de llamadas, grupos cerrados de usuarios (CUG), servicios USSD, autenticación, facturación basada en los servicios prestados a sus clientes, por ejemplo, cargos basados en llamadas locales, llamadas de larga distancia, llamadas con descuento, en tiempo real de facturación.

### ***2.3.3. Tecnología 3G***

La tercera generación de comunicación móvil, a menudo conocida como 3G, se introdujo a principios de 2000. Con 3G se dio el verdadero paso hacia la banda ancha móvil de alta calidad, lo que permite un acceso rápido a Internet inalámbrico. Esto fue especialmente habilitado por la evolución 3G conocida como HSPA (High Speed Packet Access). Además, si bien las tecnologías de comunicación móvil anteriores se habían diseñado para funcionar en espectro pareado (espectro separado para enlaces de red a dispositivo y de dispositivo a red) basado en el dúplex de división de frecuencias (FDD), 3G también vio la primera introducción de la comunicación móvil en espectro no emparejado basada en la tecnología TD-SCDMA desarrollada en China basada en El dúplex por división de tiempo (TDD).(Dahlman et al., 2018)

Es la generación más extendida, con su llegada la comunicación dio un gran salto, ya que pasó de la transmisión de llamadas de voz y mensajes de texto a poder disfrutar de navegar por internet desde los teléfonos móviles a una velocidad bastante alta. La tercera generación de estándares de telefonía móvil, Sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) utiliza la tecnología CDMA y ofrece un intercambio aproximado de 5 veces más rápido que la generación anterior.(ARCOTEL, 2018)

ARCOTEL (2020), indica varias características de la tecnología 3G:

- **Año:** 2000
- **Estándares:**
  - UMTS (WCDMA) basado en GSM (Global Systems for Mobile) infraestructura del sistema 2G, estandarizado por el 3GPP.
  - CDMA 2000 basado en la tecnología CDMA (IS-95) estándar 2G, estandarizada por 3GPP2.

- Interfaz de radio TD-SCDMA que se comercializó en 2009 y sólo se ofrece en China
- **Velocidad:** 384Kbps a 2Mbps
- **Frecuencia:** aproximadamente 8 a 2,5 GHz
- **Ancho de banda:** de 5 a 20 MHz
- **Multiplexación / Tecnología de acceso:**
  - Interfaz de radio llamada WCDMA (Wideband Code División Multiple Access) HSPA es una actualización de W-CDMA que ofrece velocidades de 14,4 Mbit/s de bajada y 5,76 Mbit/s de subida.
  - HSPA+ puede proporcionar velocidades de datos pico teóricas de hasta 168 Mbit/s de bajada y 22 Mbit/s de subida.
  - CDMA2000 1X puede soportar tanto servicios de voz como de datos. La máxima velocidad de datos puede llegar a 153 kbps
- **Servicios:** telefonía móvil de voz, acceso a Internet de alta velocidad, acceso fijo inalámbrico a Internet, llamadas de video, chat y conferencias, televisión móvil, vídeo a la carta, servicios basados en la localización, telemedicina, navegación por Internet, correo electrónico, buscapersonas, fax y mapas de navegación, juegos, música móvil, servicios multimedia, como fotos digitales y películas. servicios localizados para acceder a las actualizaciones de tráfico y clima, servicios móviles de oficina, como la banca virtual.

#### **2.3.4. Tecnología 4G**

En la era de la cuarta generación (4G) de la comunicación móvil, representada por la tecnología LTE ha seguido los pasos de HSPA, proporcionando una mayor eficiencia y una experiencia de banda ancha móvil mejorada en términos de mayores tarifas de datos alcanzables para el usuario final. Esto se proporciona mediante la transmisión basada en OFDM

que permite anchos de banda de transmisión más amplios y tecnologías multiantena más avanzadas. Además, mientras que 3G permitió la comunicación móvil en espectro no emparejado por medio de una tecnología de acceso radioeléctrico específica (TD-SCDMA), LTE admite la operación FDD y TDD, es decir, la operación en espectros emparejados y no emparejados, dentro de una tecnología común de acceso radioeléctrico. Por medio de LTE, el mundo ha convergido en una única tecnología global para la comunicación móvil, utilizada por esencialmente todos los operadores de redes móviles y aplicable tanto a espectros emparejados como no emparejados. Como se discutió con algo más de detalle en el Capítulo 4, la evolución posterior de LTE también ha extendido el funcionamiento de las redes de comunicación móvil a espectros sin licencia.(Dahlman et al., 2018)

La cualidad más importante de la misma es que transfiere datos y voz a una velocidad mucho mayor y con una calidad excepcional, esta generación es ideal para navegar por la red y bajar aplicaciones en segundos o jugar en línea sin ningún tipo de retardos. El 4G son las redes móviles de cuarta generación. LTE (Long Term Evolution) es la designación técnica de 4G. Ofrece una navegación mucho más rápida que la red 3G.(ARCOTEL, 2018)

ARCOTEL (2020), indica varias características de la tecnología 4G:

- **AÑO:** 2010. En 2008, la UIT-R especifica los requisitos para los sistemas 4G.
- **Estándares:** Long-Term Evolution Time-Division Duplex (LTE-TDD y LTE-FDD) estándar WiMAX móvil (802.16m estandarizado por el IEEE) Velocidad - 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps cuando se permanece inmóvil.Telefonía IPNuevas frecuencias, ancho de banda de canal de frecuencia más amplia.
- **Tecnologías de multiplexación / acceso:** OFDM, MC-CDMA, CDMA y LAS-Red-LMDS

- **Ancho de Banda:** 5-20 MHz, opcionalmente hasta 40 MHz Bandas de frecuencia: - LTE cubre una gama de diferentes bandas. En América del Norte se utilizan 700, 750, 800, 850, 1900, 1700/2100 (AWS), 2300 (WCS) 2500 y 2600 MHz (bandas 2, 4, 5, 7, 12, 13, 17, 25, 26 , 30, 41); 2500 MHz en América del Sur; 700, 800, 900, 1800, 2600 MHz en Europa (bandas 3, 7, 20); 800, 1800 y 2600 MHz en Asia (bandas 1, 3, 5, 7, 8, 11, 13, 40) 1800 MHz y 2300 MHz en Australia y Nueva Zelanda (bandas 3, 40).
- **Servicios:** acceso móvil web, telefonía IP, servicios de juegos, TV móvil de alta definición, videoconferencia, televisión 3D, computación en la nube, gestión de flujos múltiples de difusión y movimientos rápidos de teléfonos móviles, Digital Video Broadcasting (DVB), acceso a información dinámica, dispositivos portátiles.

### 2.3.5. Tecnología 5G

La capa física y de enlace de datos define la tecnología inalámbrica 5G indicando que es una tecnología Open Wireless Architecture (OWA). Para realizar esto, la capa de red está subdividida en dos capas; capa de red superior para el terminal móvil y un menor nivel de red para la interfaz. Aquí todo el enrutamiento se basa en direcciones IP que serían diferentes en cada red IP en todo el mundo. En la tecnología 5G la pérdida de velocidad de bits se supera mediante el Protocolo de Transporte Abierta (OTP). El OTP es soportado por Transporte y capa de sesión. La capa de aplicación es para la calidad de la gestión de servicio a través de varios tipos de redes. 5G adelanta un verdadero mundo inalámbrico Wireless-World Wide Web (WWW).(ARCOTEL, 2020)

ARCOTEL (2020), indica varias características de la tecnología 5G:

- **Año:** 2015
- **Velocidad:** 1 a 10 Gbps.
- **Ancho de Banda:** 1.000 x ancho de banda por unidad de superficie.

- **Frecuencia:** 3 a 300 GHz
- **Tecnologías de multiplexación / Acceso:** CDMA y BDMA
- **Estándares:** banda ancha IP LAN / W AN / PAN & WWW
- **Rendimiento de tiempo real:** respuesta rápida, de baja fluctuación, latencia y retardo
- **Muy alta velocidad de banda ancha:** velocidades de datos Gigabit, cobertura de alta calidad, multi espectro.
- **Infraestructura virtualizada:** Software de red definido, sistema de costes escalable y bajo.
- **Soporta Internet de las Cosas y M2M:** 100 veces más dispositivos conectados, Cobertura en interiores y eficiencia de señalización. Reducción de alrededor del 90% en el consumo de energía a la red. Su tecnología de radio facilitará versión diferente de las tecnologías de radio para compartir el mismo espectro de manera eficiente.
- **Servicios:** Personas y dispositivos conectados en cualquier lugar en cualquier momento. Su aplicación hará que el mundo real sea una zona Wi Fi. Dirección IP para móviles asignada de acuerdo con la red conectada y la posición geográfica. Señal de radio también a mayor altitud. Múltiples servicios paralelos, con los que se puede saber el tiempo meteorológico en tu posición geográfica mientras hablas. La educación será más fácil ya que un estudiante puede asistir a clases en cualquier parte del mundo. El diagnóstico remoto es una gran característica de 5G, porque los médicos podrán tratar al paciente situado en partes remotas del planeta. El seguimiento será más fácil, una organización gubernamental y otros investigadores pueden monitorear cualquier parte del mundo. Se hace posible reducir la tasa de criminalidad. La visualización del universo, galaxias y planetas serán posibles. Así

también detectar más rápidamente desastres naturales incluyendo tsunamis, terremotos, etc.

## 2.4. Tecnologías Móviles en el Ecuador

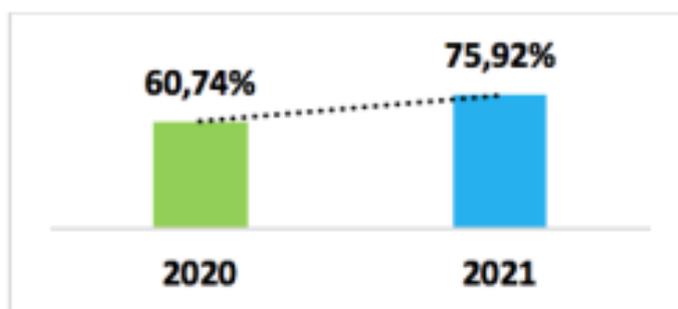
### 2.4.1. Tecnología 4G en el Ecuador

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, busca contribuir fuertemente a la ampliación del servicio móvil avanzado 4G, identificando las principales zonas a ser atendidas por los distintos planes y estrategias gubernamentales que se desarrollan.

El año 2021 finalizó, con una cobertura poblacional con tecnología 4G del 75,92%, pasando de 10.635.965 de personas en el año 2020 a 13.476.769 de personas. Gracias a esta implementación, 76 de cada 100 personas pueden acceder al servicio móvil avanzado con tecnología 4G.(MINTEL, 2022)

#### Figura 4

*Cobertura Poblacional Servicio Móvil Avanzado 4G*



Fuente:(MINTEL, 2022)

La cobertura poblacional con tecnología 4G tuvo un crecimiento del 15.18 puntos porcentuales en el año 2021 con respecto al año 2020 pasando de 60,74% a 75,92%.

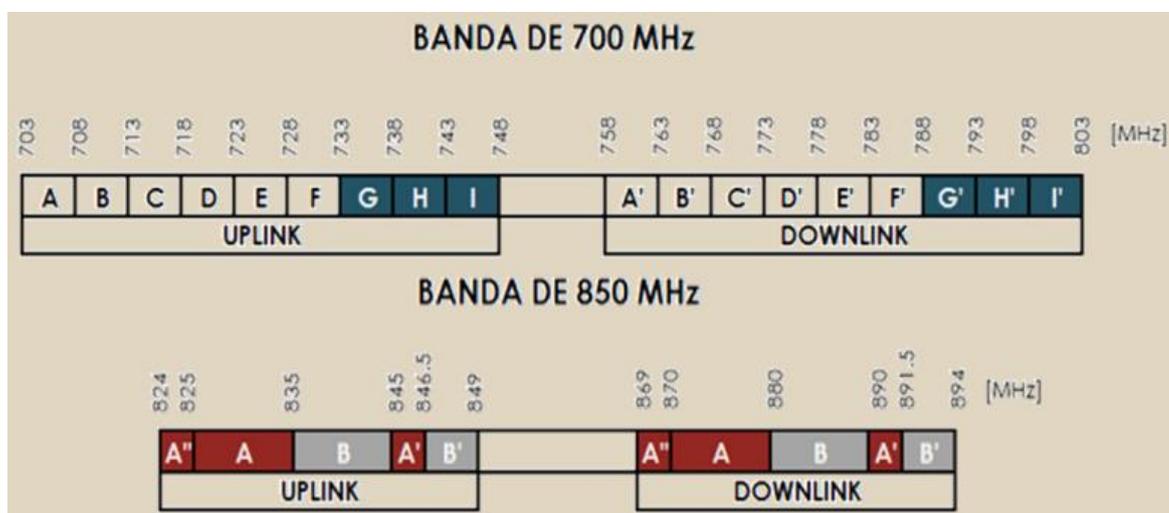
El gobierno mediante el Ministerio de Telecomunicaciones tiene como meta incrementar la capacidad, cobertura y desempeño de la red móvil para cumplir con el crecimiento de los servicios móviles de telefonía, para asegurar que dicho servicio cumpla con los estándares de calidad establecidos por los entes reguladores.

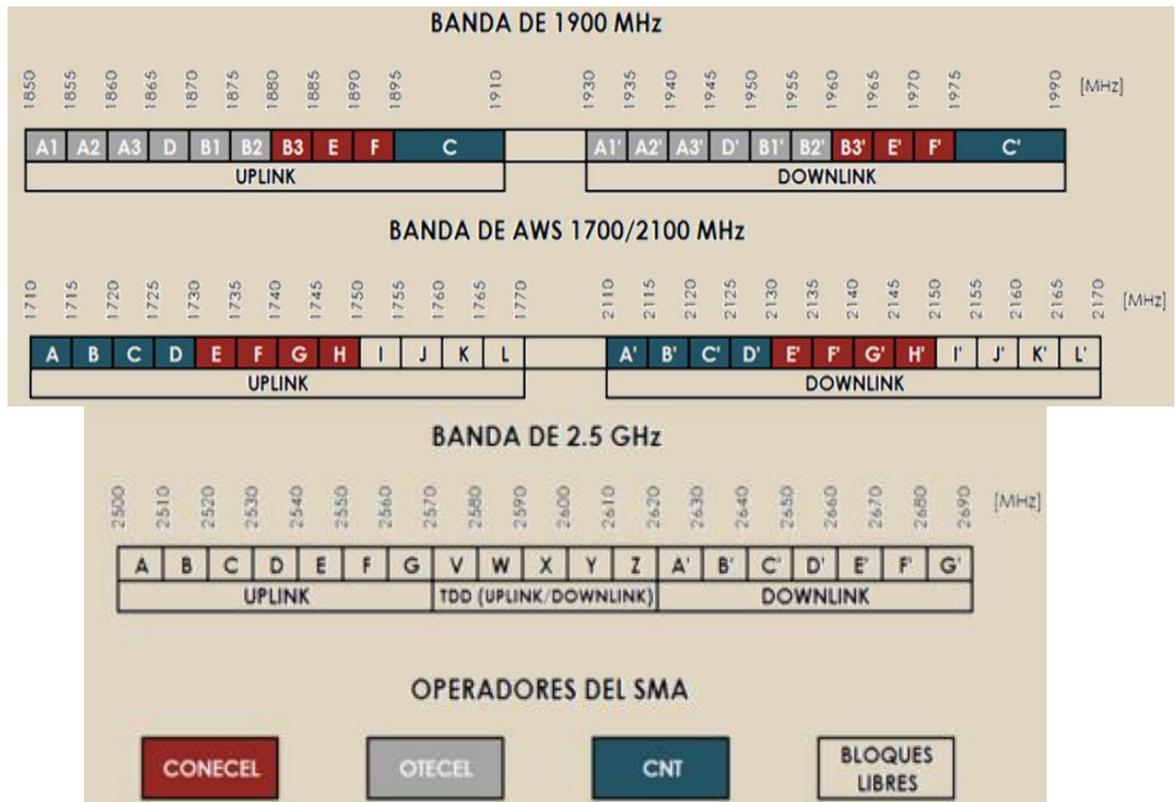
#### 2.4.1.1. Frecuencias de Operación para 4G en el Ecuador.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en uso de sus atribuciones establecidas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y su Reglamento General, actualiza el Plan Nacional de Frecuencias (PNF) tomando en cuenta las Resoluciones aprobadas desde el año 2012 por el Ex-CONATEL y ARCOTEL en materia de gestión del espectro radioeléctrico, las modificaciones de atribución de bandas de frecuencias radioeléctricas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) aprobadas en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones del año 2015 (CMR-2015) y la situación actual del sector de telecomunicaciones en el Ecuador.(ARCOTEL, 2018)

**Figura 5**

*Canalización y Asignación de Bandas de Frecuencia SMA*





Fuente:(ARCOTEL, 2018)

La valoración y concesión de las bandas de frecuencia representa un paso importante para que el estado realice una asignación eficiente del espectro radioeléctrico, que promueva el desarrollo de una política pública de equidad digital, la mejora de los servicios de telecomunicaciones móviles.

#### 2.4.2. Tecnología 5G en el Ecuador

El proceso de migración a 5G aguenta un conjunto de acciones que consisten en el progreso de un ecosistema que se divide en dos partes, según el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información:

1. **Recepción:** se requieren terminales de usuario que se adapten a y soporten el desarrollo tecnológico que implica 5G, en Europa y Estados Unidos existen ya estos dispositivos, pero su costo aún es poco accesible.

- 2. Transmisión:** se requiere la implementación de antenas conectadas por fibra óptica y actualizar software de algunas radiobases de 4G que podrían servir para 5G. Hasta la cuarta generación, las radiobases cubrían 200 kilómetros cuadrados. Sin embargo, la quinta generación requiere antenas pequeñas (como un decodificador de TV por cable) cada dos cuadras en zonas de alta concentración.

La nueva generación del Servicio Móvil Avanzado promete transformar el mundo de las telecomunicaciones brindando mayor velocidad de acceso a Internet, cobertura más amplia y conexiones más estables, esta no se enfoca en conectar solo personas sino usuarios, artefactos y dispositivos, generando lo que se conoce como el Internet de las cosas (IoT), lo que permitirá el desarrollo de ciudades inteligentes, controlar en tiempo real y a distancia equipos como los existentes en hospitales y fábricas, desarrollar vehículos autónomos, masificar la inteligencia artificial y la realidad aumentada, entre muchas más aplicaciones. El 5G comenzó a desarrollarse hace una década y estamos a puertas de su aplicación definitiva. Países como Corea del Sur, Estados Unidos, Australia, Japón y China son los pioneros en implementar la quinta generación en sus territorios. Entre 2020 y 2021 países como China, Japón y algunas zonas de Europa prevén el despliegue de la tecnología 5G. Según GSMA (organización de operadores móviles y compañías relacionadas, dedicada al apoyo de la normalización, la implementación y promoción del sistema de telefonía móvil) en 2025 habrá más de 60 millones de conexiones 5G en América Latina.(ARCOTEL, 2020)

#### **2.4.2.1. Situación Actual de 5G en el Ecuador.**

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) y la compañía Huawei Technologies hicieron la primera prueba experimental y pre comercial de la tecnología 5G en Quito, el 18 de julio de 2019. El 12 de septiembre del mismo año, la empresa Claro también realizó una prueba de tecnología 5G en Guayaquil, que la calificó como exitosa. La última “experiencia” de esta tecnología en el país fue el 26 de febrero de 2021 en Guayaquil. En dicha

ocasión CNT y la multinacional Nokia presentaron la capacidad de conexión y velocidad del 5G.(Dávalos, 2021). Si bien solo se han realizado pruebas de funcionamiento, velocidad, conectividad y que además se tiene reservado el espectro y las frecuencias de operación de la tecnología 5G en el país, hasta ahora no existe una fecha o no se mira un horizonte cercano de que dicha tecnología pueda ser instalada para el uso comercial.

#### **2.4.2.2. Frecuencias de Operación 5G.**

Como parte de su plan de digitalización en la carrera hacia 5G, a mediados de 2019, el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL) firmó una nueva política para la asignación del espectro radioeléctrico. La intención del ministerio era licenciar dos rangos para comunicaciones móviles a finales de 2019 (700 MHz y 2,5 GHz), licitar el rango 3,5 GHz y lanzar pruebas de la red 5G en 2020, bajo el principio de conectar a la población garantizando precio accesible, calidad y competencia en el mercado. El objetivo inicial es proporcionar cobertura 4G al 80% de la población ecuatoriana en 2020. Esta política es parte de la estrategia Ecuador Digital, cuyo objetivo es generar oportunidades de desarrollo, promover la inclusión digital y la innovación, llegando al 98% de la población con servicios de telecomunicaciones para 2021. Aunque las subastas de rangos de 700 MHz y 2,5 GHz, junto con el rango 3,5 GHz se esperaban para 2020, se pospusieron y el regulador espera realizar la valoración de rangos de 700 MHz y 2,5 GHz durante 2020. Teniendo en cuenta este retraso, en mayo de 2020, el MINTEL ha firmado un acuerdo ministerial por el cual ARCOTEL asignará temporalmente, por un plazo de hasta doce meses, los cuales pueden prorrogarse de acuerdo con las disposiciones de la ley vigente, 700 MHz, AWS, 2,5 GHz y el rango 3,5 GHz a las compañías de telecomunicaciones.

A principios de 2018, la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL) presentó un informe técnico sobre el uso y la canalización de los rangos 3,3-3,4 GHz y 3,4-3,6 GHz y recomendó adoptar el tipo de acceso recomendado por el Comité

Consultivo Permanente II (CCP.II), que corresponde a TDD; dividir el rango 3,3-3,6 GHz en bloques de 10 MHz cada uno. El rango 3,3-3,4 GHz está libre; sin embargo, todavía hay un nivel de ocupación significativo en el resto del rango como se describe a continuación:

- 3,4-3,6 GHz: dos compañías públicas de telecomunicaciones están operando: la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) a nivel nacional y ETAPA en Cuenca. Solo 71,5 MHz están asignados, lo que corresponde al 35,75% del espectro
- 3,6-3,7 GHz: enlaces PTP del servicio fijo y aplicaciones del SFS.
- 3,7-4,2 GHz: enlaces PTP del servicio fijo y aplicaciones del SFS.(GSMA, 2020b)

## **2.5. Servicio Móvil Avanzado (SMA)**

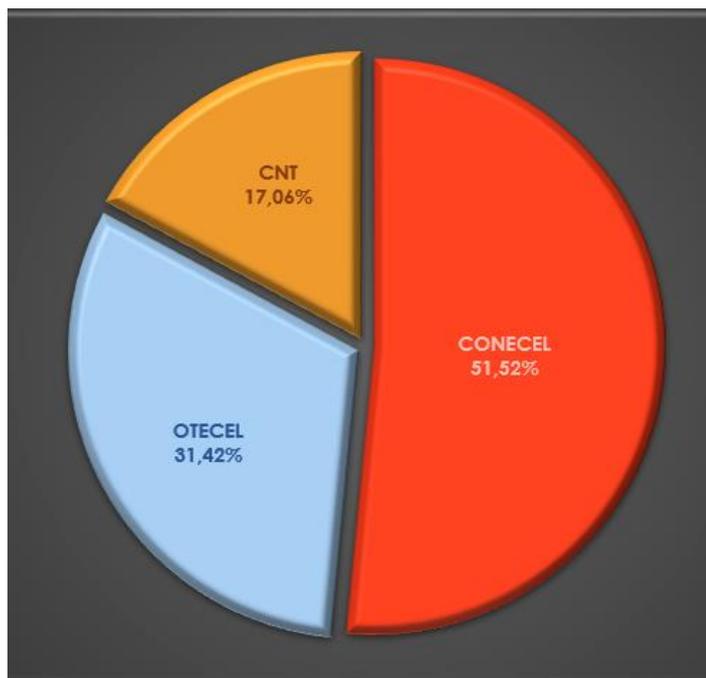
De acuerdo con la ARCOTEL, “Es un Servicio Final de Telecomunicaciones del servicio móvil terrestre que permite a los usuarios comunicarse mediante voz, mensajes de texto, video llamada, internet, etc. de manera inalámbrica generalmente a través de teléfonos o módem celulares.”(Sitio Web ARCOTEL, n.d.). Este servicio es prácticamente accesible para todos los ciudadanos que al menos puedan tener acceso a un teléfono móvil. De acuerdo con las estadísticas presentadas por el INEC en el año 2020 únicamente el 62,9 % de las personas tienen un celular activado a nivel nacional y un 81.8% de personas que utilizan teléfonos inteligentes, estos datos hacen referencias a la población de 5 y más años con celular activado smartphone con respecto a la población de 5 y más años que tiene teléfono celular que puede tener servicio de tecnología 3G.(Peña & Herrera, 2021)

En la actualidad, el Servicio Móvil Avanzado en Ecuador es ofrecido por tres operadores, siendo estos: CONECEL S.A., OTECEL S.A. y CNT E.P; donde los dos primeros corresponden al régimen privado, que, de conformidad con el Reglamento para la prestación de servicios de telecomunicaciones y servicios de radiodifusión por suscripción, para su

operación, el Estado, les otorga una “concesión” para la prestación del servicio. Por otro lado, CNT E.P., empresa pública, cuenta con un título habilitante de “autorización”.(ARCOTEL, 2021b)

### Figura 6

*Distribución de mercado en función de líneas activas*



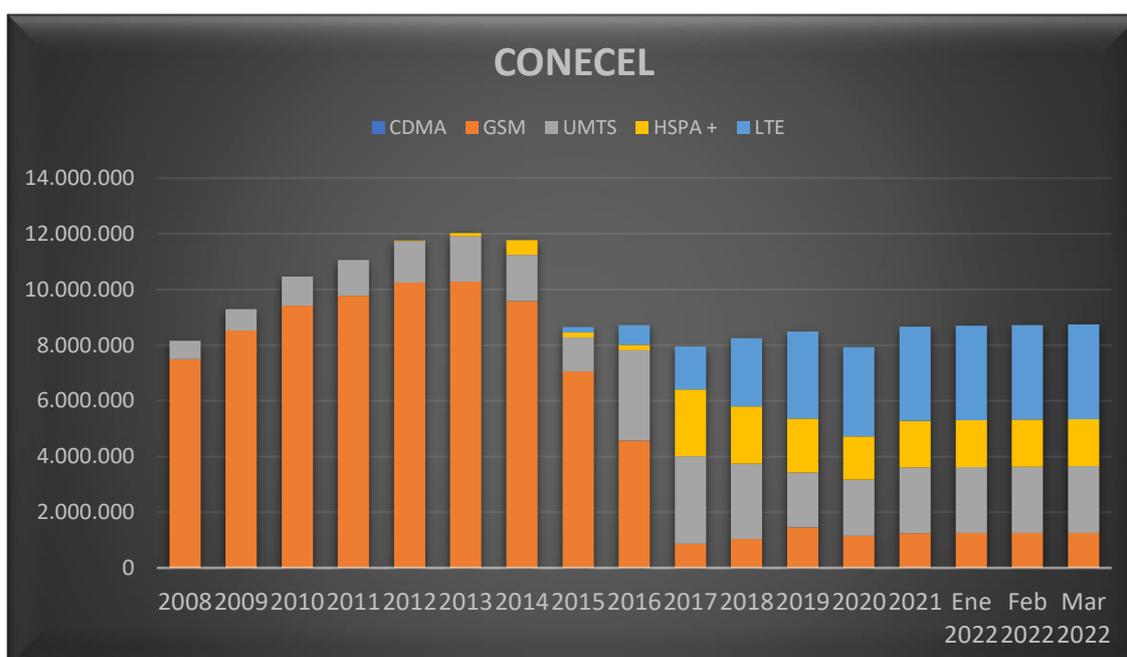
Fuente: (ARCOTEL, 2022d)

En la Figura 6., es posible apreciar la distribución de la participación de mercado en el Ecuador en función del número de líneas activas; con corte a marzo de 2022 con un total de 16.949.693 de líneas activas a nivel nacional. CONECEL S.A. (empresa CLARO) lidera el mercado con un porcentaje de mercado de 51,52 %, seguido por OTECEL S.A. (empresa MOVISTAR) con un porcentaje de 31,42%, y en tercer lugar CNT E.P. con 17,06% de participación de mercado.

En los siguientes gráficos se muestran los datos y estadísticas de las líneas activas por tecnología de cada una de las empresas que tiene mercado en el Ecuador, CLARO(CONECEL), MOVISTAR(OTECCEL) y CNT.

### Figura 7

#### *Evolución de Tecnologías Móviles - CONECEL*



Fuente:(ARCOTEL, 2022b)

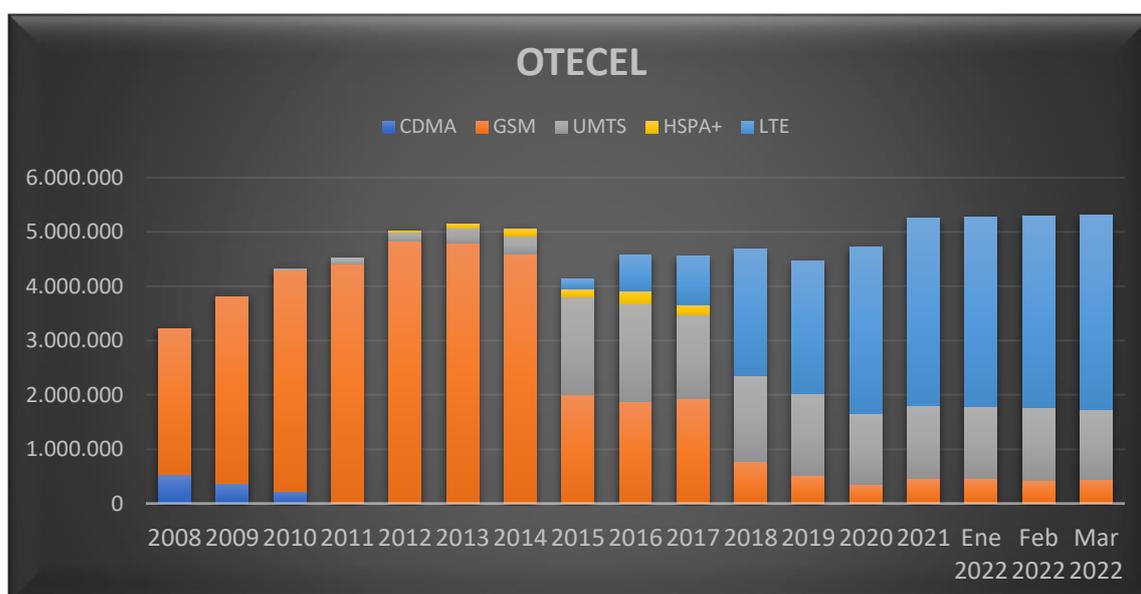
En la figura 7, es posible observar la evolución de las diferentes tecnologías móviles de cada una de las generaciones de telefonía móvil desde el año 2008 hasta el mes de marzo del año 2022 en función de las líneas activas para la empresa CLARO(CONECEL). Desde el año 2008 a 2011 se hace uso de las tecnologías GSM y UMTS que pertenecen a 2G y 3G respectivamente en este periodo de tiempo hubo un gran incremento en el número líneas teniendo en 2008 8'156.359 líneas activas y llegando a 11'057.316 en el año 2011.

En el año 2012 aparece la tecnología HSPA+ propia de 3G con esto el número de líneas activas fueron 11'757.906, hasta el año 2014 fueron de 11'772.020.

Desde el año 2015 se empiezan a generar 195.640 líneas activas con tecnología LTE 4G lo cual hace que el uso de tecnologías anteriores vaya teniendo un decrecimiento significativo en los siguientes años, hasta el año 2022 se han contabilizado 8'747.230 líneas activas tomando en cuenta las tecnologías de 2G, 3G y 4G, con corte al mes de marzo.

### Figura 8

#### *Evolución de Tecnologías Móviles - OTECEL*



Fuente:(ARCOTEL, 2022b)

En la figura 8, es posible observar la evolución de las diferentes tecnologías móviles de cada una de las generaciones de telefonía móvil desde el año 2008 hasta el mes de marzo del año 2022 en función de las líneas activas para la empresa MOVISTAL(OTECCEL).

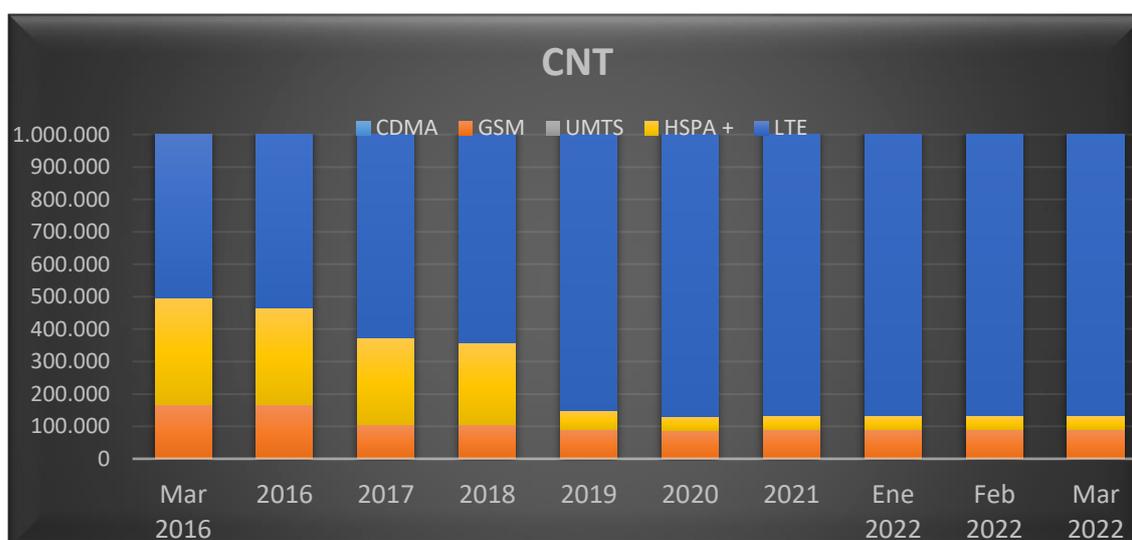
Desde el año 2008 a 2011 se hace uso de las tecnologías CDMA, GSM y UMTS que pertenecen a 2G y 3G en este periodo de tiempo hubo un gran incremento en el número líneas teniendo en 2008 3'211.922 líneas activas y llegando a 4'513.874 en el año 2011.

En el año 2012 aparece la tecnología HSPA+ propia de 3G con esto el número de líneas activas fueron 5'019.686, hasta el año 2014 fueron de 5'055.645.

Desde el año 2015 se empiezan a generar líneas activas con tecnología LTE 4G lo cual hace que el uso de tecnologías anteriores vaya teniendo un decrecimiento significativo en los siguientes años, hasta el año 2022 se han tenido 5'309.231 líneas activas tomando en cuenta las tecnologías de 2G, 3G y 4G, con corte al mes de marzo.

### Figura 9

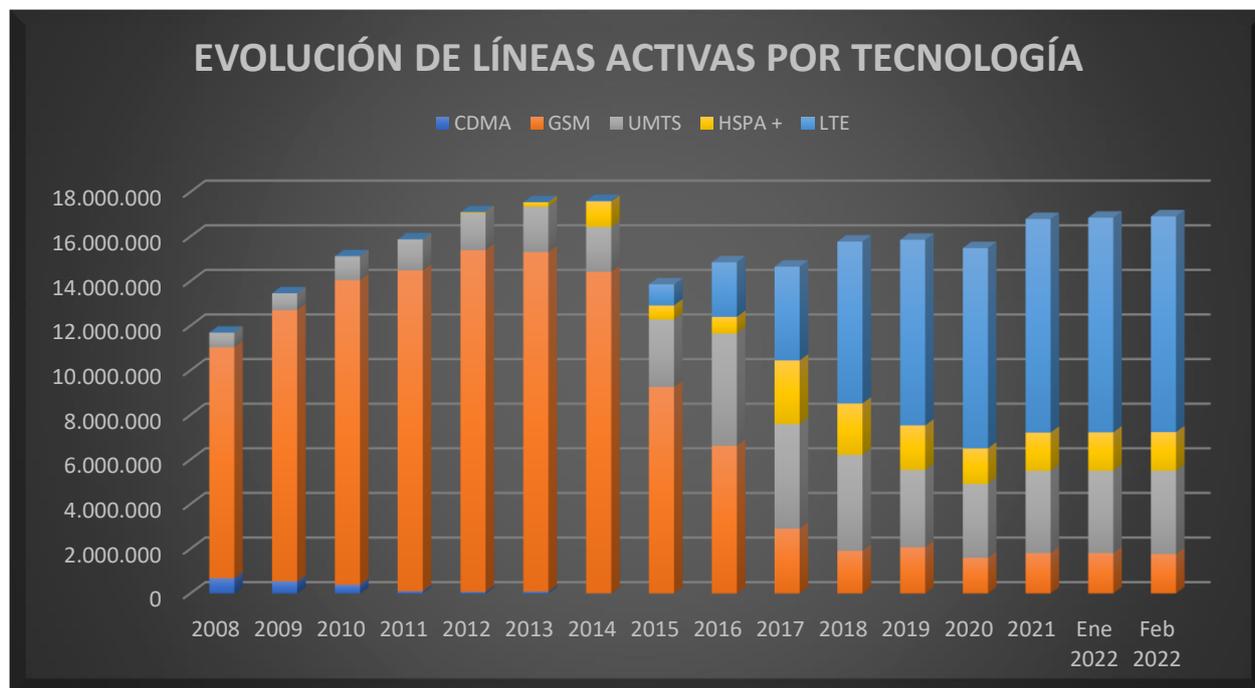
#### *Evolución de Tecnologías Móviles - CNT*



Fuente:(ARCOTEL, 2022b)

Para la empresa CNT los datos se muestran en la figura 9, en donde es posible observar la evolución de las diferentes tecnologías móviles de cada una de las generaciones de telefonía móvil desde el año 2016 hasta el mes de marzo del año 2022 en función de las líneas activas. Desde el año 2016 se hace uso de las tecnologías GSM, HSPA+ y LTE, tecnologías de 3G y 4G.

En el mes de marzo de 2016 se registraron 1'168.947 líneas activas, ya con el uso de 4G, las tecnologías GSM y HSPA+ tuvieron un decremento en los años posteriores, hasta el mes de marzo de 2022 se contabilizaron 2'892.506 líneas activas tomando en cuenta las tecnologías de 2G, 3G y 4G.

**Figura 10***Evolución de líneas activas por tecnología*

Fuente:(ARCOTEL, 2022c)

Dentro de la Figura 10 se puede observar la evolución de las diferentes tecnologías de 2G, 3G y 4G en función de las líneas activas desde el año 2008 hasta el 2022.

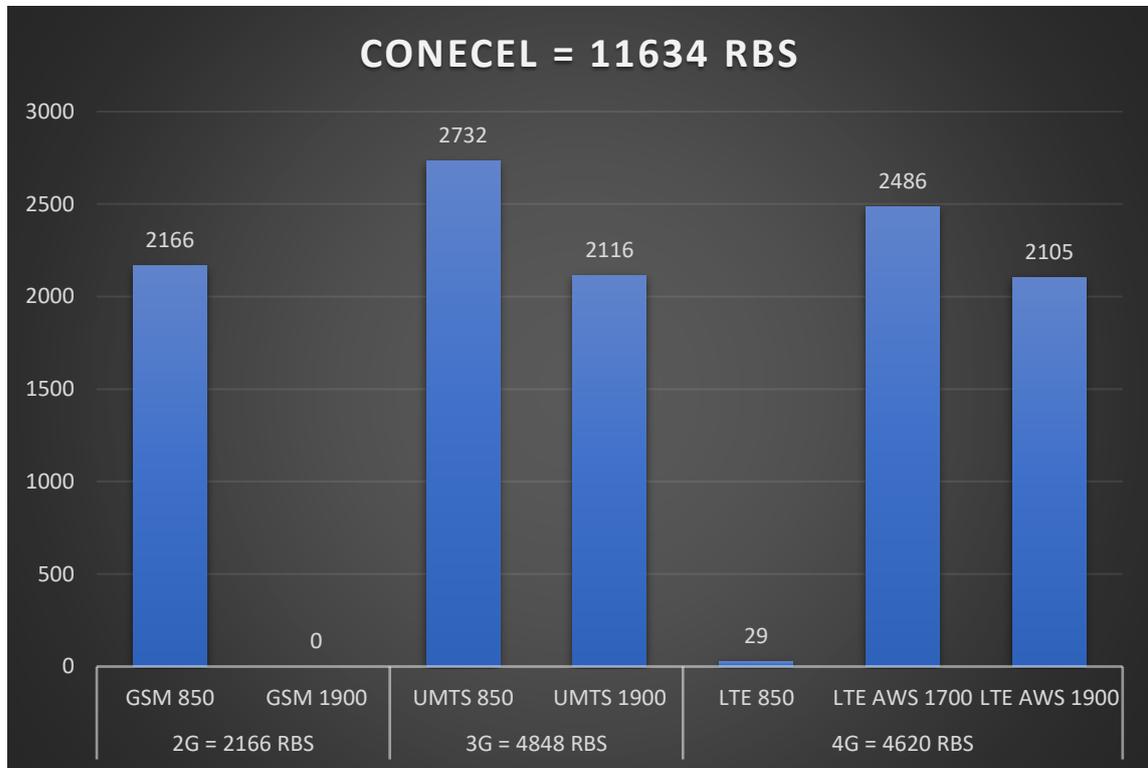
En el año 2008 se tuvieron 11'692.248 de líneas activas siendo la tecnología GSM de 2G el sistema con mayor porcentaje de uso. Ya en el año 2022 con corte al mes de febrero se tienen 16'905.838 de líneas activas de las cuales la tecnología LTE 4G tiene el mayor porcentaje de uso.

A continuación, se muestran los datos y estadísticas del número de radiobases instaladas en todo el territorio ecuatoriano clasificadas por tecnología y empresa que tiene mercado en el país como son CLARO(CONECEL), MOVISTAR(OTECCEL) y CNT.

### Figura 11

*Estadísticas de Radiobases instaladas por tecnología y generación*

*CLARO(CONECEL)*



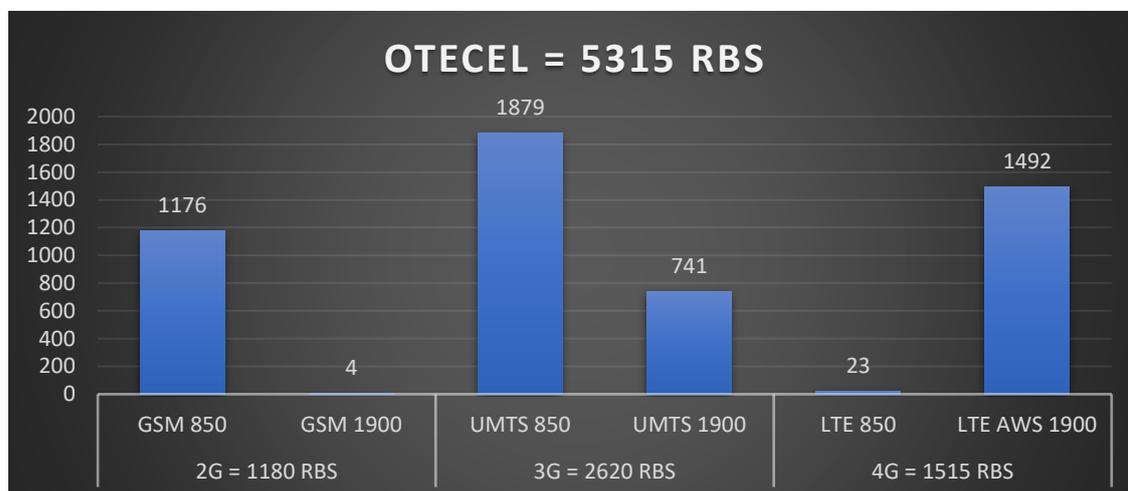
Fuente:(ARCOTEL, 2022a)

La empresa CLARO(CONECEL) tiene instalado un total de 11634 radiobases instaladas en el país de las cuales 2166 tienen tecnologías 2G, 4848 tienen tecnología 3G y 4620 cuentan con tecnologías 4G, estos datos con corte al mes de marzo del año 2022.

**Figura 12**

*Estadísticas de Radiobases instaladas por tecnología y generación*

*MOVISTAR(OTECEL)*

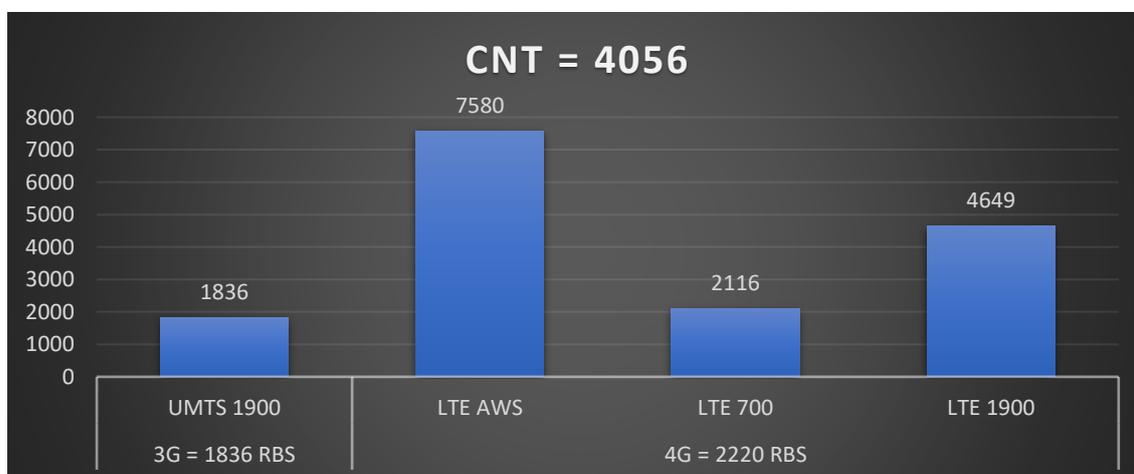


Fuente:(ARCOTEL, 2022a)

La empresa MOVISTAR(OTECEL) tiene instalado un total de 5315 radiobases instaladas en todo el territorio ecuatoriano de las cuales 1180 tienen tecnologías 2G, 2620 tienen tecnología 3G y 1515 cuentan con tecnologías 4G, estos datos con corte al mes de marzo del año 2022.

**Figura 13**

*Estadísticas de Radiobases instaladas por tecnología y generación CNT*



Fuente:(ARCOTEL, 2022a)

La empresa CNT cuenta con un total de 4056 radiobases instaladas en el Ecuador, de las cuales 1836 cuenta con tecnología 3G y 2220 cuentan con tecnologías 4G, estos datos con corte al mes de marzo del año 2022.

## **2.6. Marco Legal**

### ***2.6.1. Constitución de la República del Ecuador***

El Art. 16 de la Constitución del Ecuador (2008) menciona que “Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.”

El Art. 17 de la Constitución del Ecuador (2008) inciso 1 indica que el Estado Garantizará la asignación, a través de métodos transparentes y en igualdad de condiciones, de las frecuencias del espectro radioeléctrico, para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, así como el acceso a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas, y precautelará que en su utilización prevalezca el interés colectivo.

### ***2.6.2. Ley Orgánica de Telecomunicaciones***

Dentro del Art. 88 Inciso 2 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2015) manifiestan que el Ministerio rector de las Telecomunicaciones para el desarrollo integral del país debe “Promover el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones; en especial, en zonas urbano marginales o rurales, a fin de asegurar una adecuada cobertura de los servicios en beneficio de las y los ciudadanos ecuatorianos.”, el inciso 3 también menciona que se debe “Promover el establecimiento eficiente de infraestructura de telecomunicaciones, especialmente en zonas urbano marginales y rurales.”

Dentro del Art. 15, Literal C, Inciso 6 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2015) indica que la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones otorga títulos habilitantes para la provisión de servicios públicos de telecomunicaciones y para el uso del

espectro radioeléctrico asociado a dicha provisión, en el siguiente caso “Para garantizar el derecho de los usuarios a disponer de servicios públicos de telecomunicaciones de óptima calidad a precios y tarifas equitativas.”.

El Art. 20 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2015) establece que La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, determinará las obligaciones específicas para garantizar la calidad y expansión de los servicios de telecomunicaciones, así como su prestación en condiciones preferenciales para garantizar el acceso igualitario o establecer las limitaciones requeridas para la satisfacción del interés público, todo lo cual será de obligatorio cumplimiento.

El Art 29 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2015) referente Regulación técnica que “Consistente en establecer y supervisar las normas para garantizar la compatibilidad, la calidad del servicio y solucionar las cuestiones relacionadas con la seguridad y el medio ambiente.”

## CAPITULO III. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

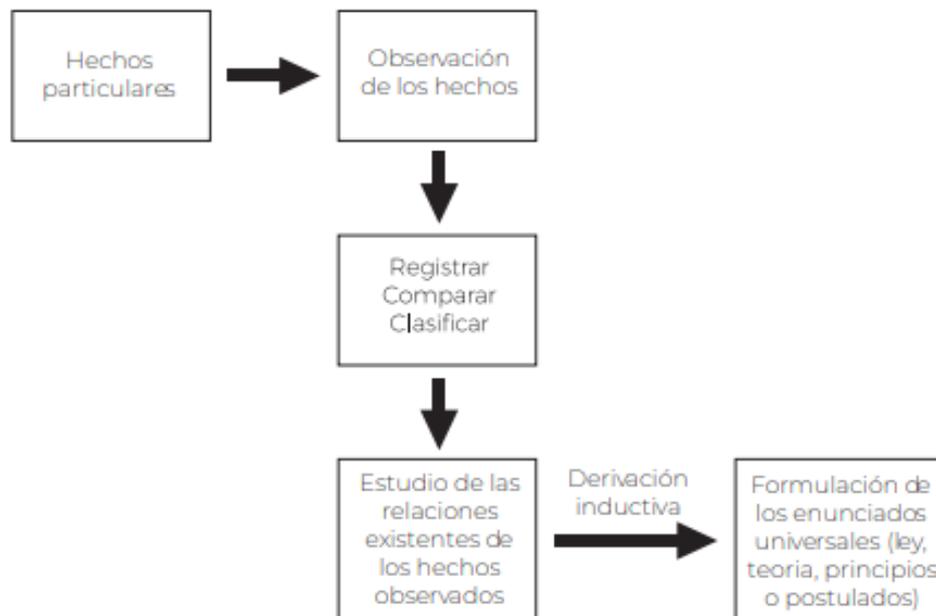
### 3.1. Método Inductivo

Este método utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría.(Bernal, 2010)

El método inductivo se fundamenta en el razonamiento que parte de aspectos particulares para construir juicios o argumentos generales. Mediante este método se formulan las teorías y leyes científicas. El método inductivo efectúa observaciones, las ordena y clasifica, a fin de extraer conclusiones de ámbito universal partiendo del cúmulo de datos particulares.(Neill & Cortez Suárez, 2018)

**Figura 14**

*Método inductivo*



Fuente:(Neill & Cortez Suárez, 2018)

## **3.2. Tipo de Investigación**

### ***3.2.1. Documental***

Como su nombre los indica, se sustenta a partir de fuentes de índole documental, es decir, se apoya de la recopilación y análisis de documentos. Como una subclasificación de este tipo de investigación se encuentra la de tipo bibliográfica, la misma que consiste en explorar, revisar y analizar libros, revistas científicas, publicaciones y demás textos escritos por la comunidad científica en formato impreso o material en línea.(Neill & Cortez Suárez, 2018)

La presente investigación se la realiza bajo el tipo Documental debido a que esta técnica se basa en la recopilación de información de la lectura de varias fuentes como son revistas, artículos científicos, periódicos, investigaciones, tesis, leyes, boletines estadísticos, entre otros, los cuales tienen como objetivo dirigir la investigación desde los datos, información y estadísticas ya existentes hasta poder tener una recopilación de información que permita construir una visión y poder establecer una respuesta o resultados requeridos.

### ***3.2.2. Hipótesis***

El Ecuador aún no cuenta con las condiciones óptimas para empezar con el despliegue de la nueva red móvil 5G, en un corto plazo.

## CAPITULO IV. DESARROLLO DE MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS MÓVILES

### 4G A 5G

#### 4.1. Desarrollo Tecnológico de Migración de 4G a 5G a Nivel Mundial

A lo largo de los últimos años varios países del mundo han desarrollado y establecido planes, procedimientos y técnicas para el despliegue e instalación de nuevas redes con tecnología 5G, las cuales serán un punto de partida para el desarrollo de la presente investigación.

##### 4.1.1. Planes Internacionales para instalación de 5G

En la siguiente Tabla se muestra un resumen de los principales hallazgos de los casos de referencia internacional. Para cada uno de los países, se muestra el espectro con licencias otorgadas, un resumen de las principales políticas públicas de 5G, los datos de subasta más relevantes

**Tabla 1**

*Resumen de la experiencia internacional*

País	Espectro licenciado	Política Pública para 5G	Aspectos destacados de la subasta
<b>Canadá</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No utilizado por servicios móviles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se han llevado a cabo diferentes consultas sobre el marco de políticas y licencias para la subasta de licencias de espectro en el rango 3 450-3 650 MHz.</li> <li>Solicitar comentarios sobre las consideraciones de política y concesión de licencias, incluido el formato, las normas y los procesos de subasta, así como sobre las condiciones de concesión de licencias para el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>N/A</li> </ul>
<b>Finlandia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3,4-3,8 GHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los ministros de telecomunicaciones aprobaron las conclusiones de la tecnología 5G y debatieron sobre la economía de datos y la protección de la privacidad convirtiendo a Finlandia en el líder mundial en redes de comunicaciones - Estrategia de Infraestructura Digital 2025.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plazo: 15 años</li> <li>Canalización: 130 MHz</li> <li>Tope: máximo 1 bloque por operador</li> <li>Formato de subasta: aumento de precio simultáneo y ofertas múltiples</li> </ul>

<b>Estados Unidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No licenciado aún</li> <li>Subasta del rango 3,7-4,2 GHz: cuarto semestre de 2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) creó un marco de acceso y autorización de tres niveles para coordinar el uso compartido federal y no federal del rango.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plazo: Licencias renovables por 10 años</li> <li>Canalización: 40 MHz</li> <li>Tope: Sin tope</li> <li>80 MHz reservados para el uso de GAA</li> </ul>
<b>Reino Unido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 410-3 580 MHz</li> <li>120 MHz en el rango 3,6-3,8 GHz serán subastados en 202</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aspectos destacados: planificar con anticipación la migración de los servicios existentes en estas bandas y evitar la desfragmentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Term: 20 años</li> <li>Canalización: 24 bloques de 5 MHz</li> <li>Tope del 37% (416 MHz)</li> </ul>
<b>Corea del Sur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 420-3 700 MHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrategia móvil 5G definida a principios de 2013 con una inversión del gobierno de US \$ 1,5 mil millones.</li> <li>Costo compartido para el despliegue de una red 5G a nivel nacional entre operadores</li> <li>El plan nacional de banda ancha de 2017 indica la posibilidad de extender el rango 28 GHz hasta 2 GHz para proporcionar acceso a un total de 3 GHz, 26,5 - 29,5 GHz.</li> <li>El Plan del espectro 5G + tiene como objetivo poner a disposición otros 2,640 MHz de ancho de banda para su uso en redes 5G para 2026.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plazo: 10 años Canalización: bloques de 10 MHz</li> <li>Tope: 100 MHz</li> <li>Uso comercial de la red 5G lanzado en diciembre de 2018 para usuarios comerciales y en abril de 2019 para usuarios finales</li> </ul>
<b>España</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3,6-3,8 GHz</li> <li>Licencias anteriores vigentes en 3,4-3,6 GHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se desarrolló el Plan Nacional 5G para el período 2018-2020</li> <li>Lanzamiento de un Observatorio Nacional 5G</li> <li>Desarrollos de proyectos piloto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plazo: 20 años</li> <li>Canalización: bloques de 5 MHz</li> <li>Tope: 120 MH</li> </ul>
<b>Italia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3,6-3,8 GHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La estrategia 5G se lanzó en 2016 con una encuesta de investigación para el desarrollo de sistemas móviles e inalámbricos hacia el 5G.</li> <li>En 2017, el Gobierno seleccionó cinco ciudades de prueba 5G.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plazo: 20 años</li> <li>Canalización: dos bloques de 80 MHz y dos bloques de 20 MHz</li> <li>Tope: 100 MHz (cualquier operador podría obtener uno y solo un bloque)</li> <li>Obligaciones de cobertura</li> </ul>

Fuente:(GSMA, 2020b)

La licitación y asignación del espectro radioeléctrico para nuevas redes móviles puede asignarse mediante un proceso de subasta, en donde se asigna un rango de frecuencias a cambio de un valor económico. Es importante tomar en cuenta que la asignación de las frecuencias aparte del costo, también se debe definir un tiempo de duración de la licitación. Varios países

del mundo han realizado el proceso de licitación de frecuencias para su uso en el despliegue de la tecnología 5G.

A continuación, en las siguientes tablas se muestran los resultados de las subastas que fueron realizadas en varios países del mundo, tomando en cuenta las empresas ganadoras y rangos de frecuencias asignadas y en algunos casos el valor de la oferta ganadora.

**Tabla 2**

*Resultado de la Subasta – Finlandia*

Rangos de frecuencia	Ganador	Oferta ganadora
3 410 - 3 540 MHz	Telia Finland Oyj	30,258,000 (euros)
3 410 - 3 540 MHz	Elisa Corporation	26,347,000 (euros)
3 670 - 3 800 MHz	D NA Plc	21,000,000 (euros)

Fuente:(GSMA, 2020b)

**Tabla 3**

*Resultado de la Subasta – Reino Unido*

Rangos de frecuencia	Ganador
3 540 - 3 580 MHz	EE Limited
3 460 - 3 480 MHz	Hutchinson 3G UK Limited
2 350 - 2 390 MHz	Telefonica UK Limited
3 500 - 3 540 MHz	
3 410 - 3 460 MHz	Vodafone Limited

Fuente:(GSMA, 2020b)

**Tabla 4**

*Resultado de la Subasta – Corea del Sur*

Rangos de frecuencia	Concesión	Ganador
3 600 - 3 700 MHz	100 MHz	SK Telecom
28.1 - 28.9 GHz	800 MHz	

3 500 - 3 600 MHz	100 MHz	KT
26.5 - 27.3 GHz	800 MHz	
3 420 - 3 500 MHz	80 MHz	LG Uplus
27.3 - 28.1 GHz	800 MHz	

Fuente:(GSMA, 2020b)

**Tabla 5**

*Resultado de la Subasta Rango 3.5 GHz– España*

<b>Rango</b>	<b>Espectro Adjudicado</b>	<b>Ganador</b>	<b>Comentarios</b>
3,4 – 3,6 GHz	40 MHz	Orange	Hasta 2030
3,4 – 3,6 GHz	40 MHz	Telefónica	Hasta 2030
3,4 – 3,6 GHz	0	Vodafone	N/A
3,4 – 3,6 GHz	80 MHz	Más Móvil (Yoigo)	Hasta 2030 40 MHz adquiridos de Eurona
3,6 – 3,8 GHz	60 MHz	Orange	N/A
3,6 – 3,8 GHz	50 MHz	Telefónica	N/A
3,6 – 3,8 GHz	90 MHz	Vodafone	N/A

Fuente:(GSMA, 2020b)

En países como España se prevé que la licitación de 12 concesiones estatales de dominio público radioeléctrico (2.400 MHz) y 38 concesiones de ámbito autonómico (400 MHz) en bloques de 200 MHz. Las estatales tendrán un precio de salida por concesión de 7 millones y medio de euros. También se establece que la adjudicación será por un periodo de 20 años prorrogable por otros 20 y se fija el límite en la cantidad de frecuencias que puede tener un operador o grupo empresarial: en cualquier ámbito territorial, será de un máximo de 1 GHz respecto de la banda de frecuencias 24,70-27,50 GHz.(Sacristán, 2022)

**Tabla 6***Resultado de la Subasta Rango 26 GHz – España*

<b>Rangos de frecuencia</b>	<b>Ancho de Banda por concesión</b>	<b>Precio de Salida por concesión</b>
Banda 25,10 – 27,50 GHz	200 MHz	7,500,000 (euros)

Fuente:(Sacristán, 2022)

**Tabla 7***Resultado de la Subasta– Italia*

<b>Rango</b>	<b>Espectro Adjudicado</b>	<b>Ganador</b>
3,6 – 3,8 GHz	80 MHz	TIM
3,6 – 3,8 GHz	80 MHz	Vodafone
3,6 – 3,8 GHz	20 MHz	Wind
3,6 – 3,8 GHz	20 MHz	Iliad

Fuente:(GSMA, 2020b)

## **4.2. Cobertura actual de las Operadores Móviles 4G en el Ecuador**

La situación actual de las Operadoras móviles proporciona información que va a permitir conocer y entender el estado real de la tecnología 4G en el país, basándose en estadísticas y datos proporcionados por las entidades de control de las telecomunicaciones.

### **4.2.1. Mapas de Cobertura 4G en el Ecuador**

Los mapas de cobertura de la tecnología 4G del Ecuador va a permitir mostrar y tener una representación existente de cómo están conformadas todas las zonas del país en las que se tiene dicha tecnología.

En las figuras 17, 18 se puede visualizar las áreas de cobertura de la tecnología 4G a lo largo de todo el territorio ecuatoriano para cada una de las operadoras.

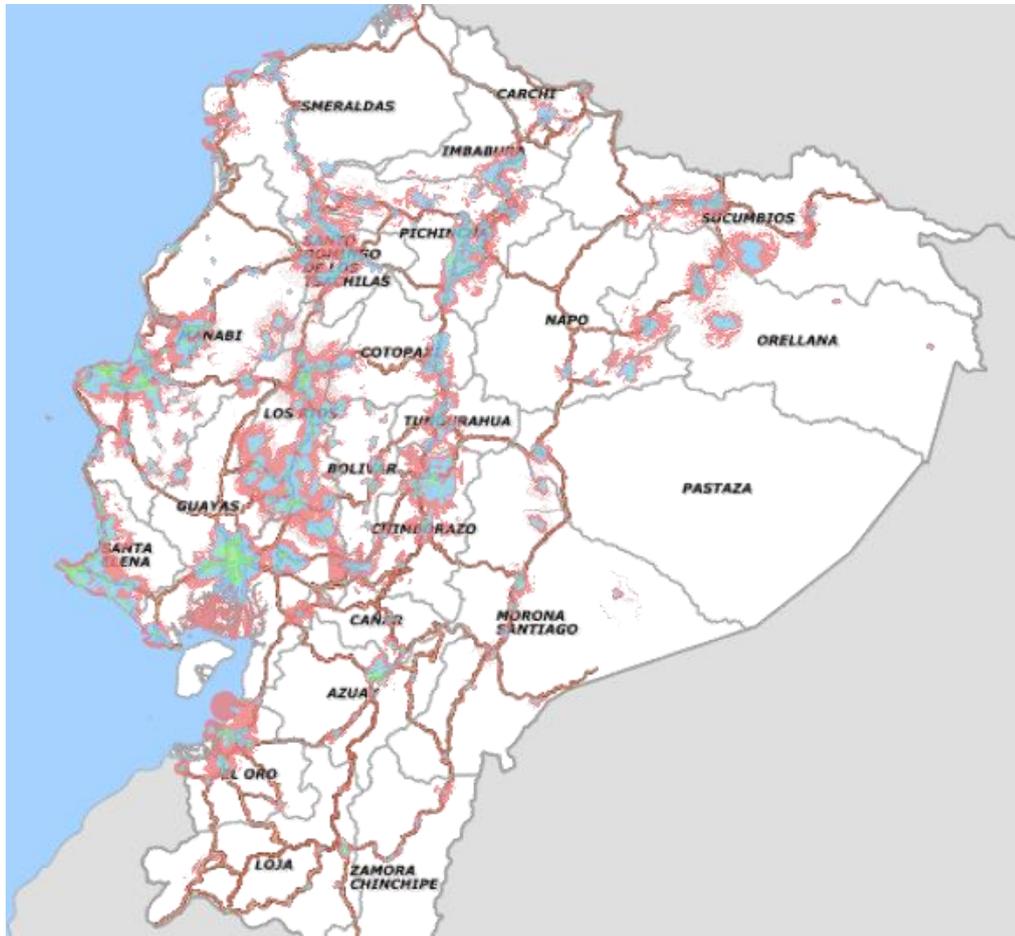
En los siguientes mapas, es posible visualizar una simbología que es mostrada en base a unos cuantos colores lo cual hace referencia a los niveles de señal que se presentan en diferentes zonas. Los niveles de señal a su vez van a permitir identificar las zonas en donde se tiene instalado infraestructura 4G, principalmente se puede apreciar en áreas en donde existe población como en las ciudades, pero además se puede observar que varias áreas tienen cobertura siendo zonas rurales.

### Figura 15

#### *Mapa de Cobertura 4G empresa CLARO*



Fuente:(Sitio Web CLARO, 2022)

**Figura 16***Mapa de Cobertura 4G empresa CNT*

Fuente:(Sitio Web CNT, 2022)

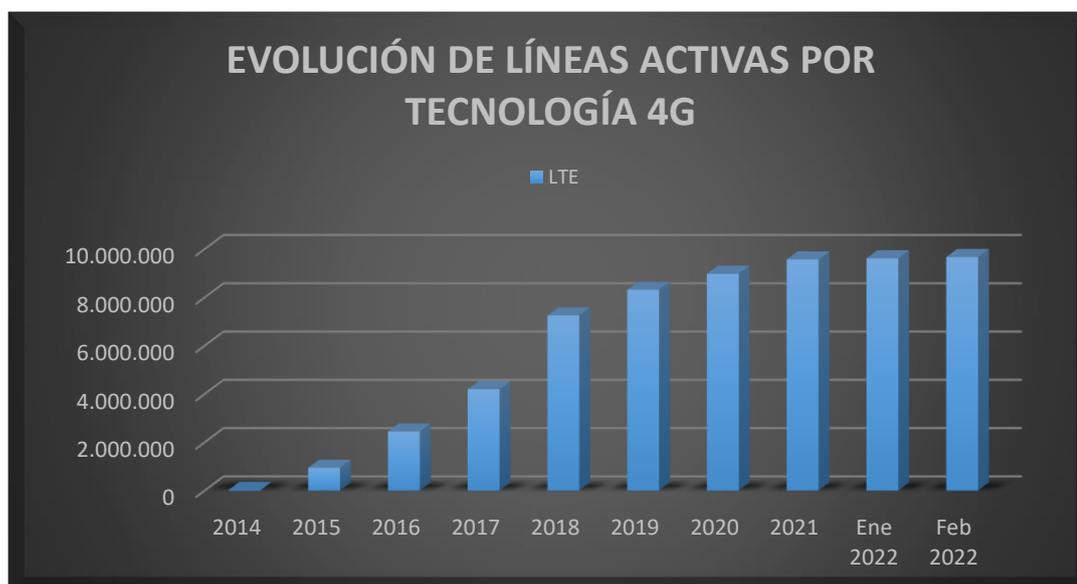
Para la empresa MOVISTAR no fue posible establecer un mapa de cobertura para todo el país, sin embargo, los datos, estadísticas que son mostradas en las Figuras 21 y 24, facilitan comprender y analizar el estado actual e infraestructura instalada de la tecnología 4G para la empresa en mención.

#### ***4.2.2. Infraestructura 4G en el Ecuador***

Desde el año 2014, la tecnología 4G se ofrece a los ciudadanos por parte de las diferentes operadoras que tienen mercado en el país, a partir de este año las líneas activas con esta tecnología fueron incrementándose como se muestran a continuación.

**Figura 17**

*Evolución de líneas activas por tecnología 4G LTE*



Fuente:(ARCOTEL, 2022c)

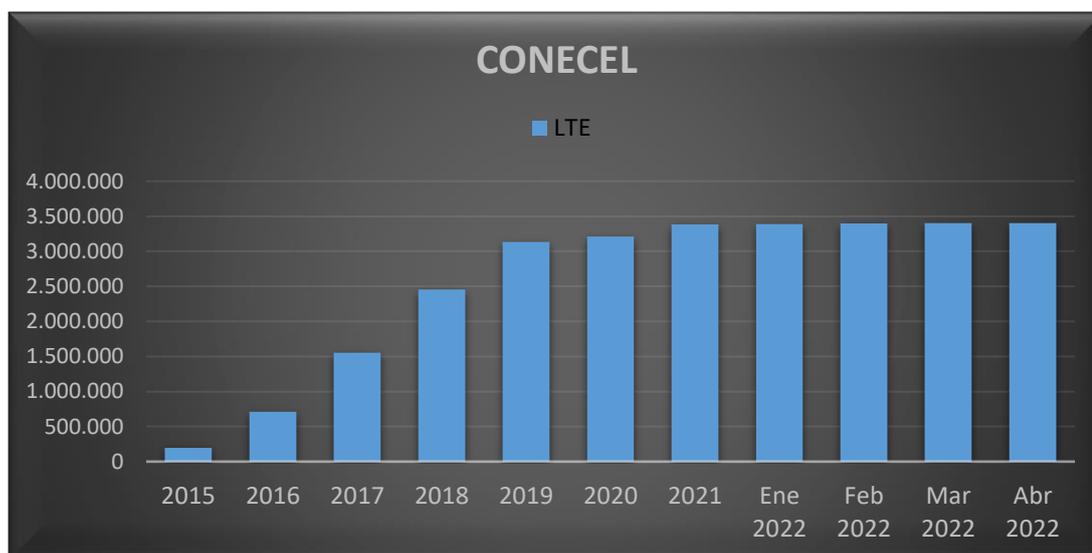
Dentro de la figura 17 se puede observar la evolución que ha tenido la tecnología 4G en función de las líneas activas desde el año 2014 hasta el 2022.

En el año 2014 se tuvieron un total de 28.176 de líneas activas, ya en el año 2022 con corte al mes de febrero se tiene 9'675.804 de líneas activas que funcionan con la tecnología LTE 4G.

A continuación, en los siguientes gráficos que se muestran la cantidad de las líneas activas con tecnología LTE 4G por cada una de las empresas que tienen mercado en el país como son CLARO(CONECEL), MOVISTAR(OTECCEL) y CNT, según datos proporcionados por la ARCOTEL, ente que regula el servicio de Sistema Móvil Avanzado en el país.

**Figura 18**

*Evolución de Líneas Activas con tecnología 4G Empresa CONECEL*

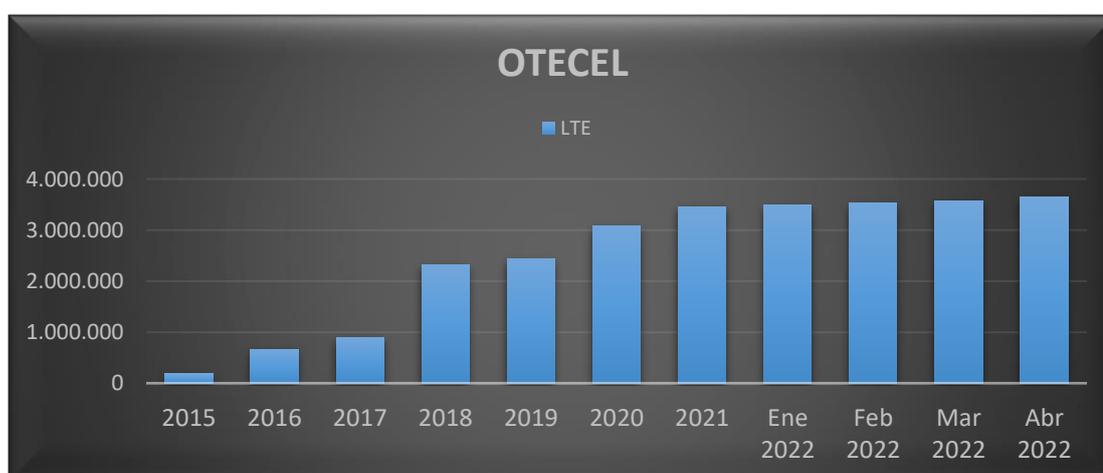


Fuente:(ARCOTEL, 2022b)

En la figura 18, es posible observar el incremento de las líneas activas con tecnología 4G a lo largo de los años para la empresa CLARO(CONECEL). En el año 2015, la empresa empezó con 195.630 líneas activas, hasta el año 2022 con corte en el mes de abril se han contabilizado 3'404.685 líneas activas con tecnología 4G.

**Figura 19**

*Evolución de Líneas Activas con tecnología 4G Empresa OTECEL*



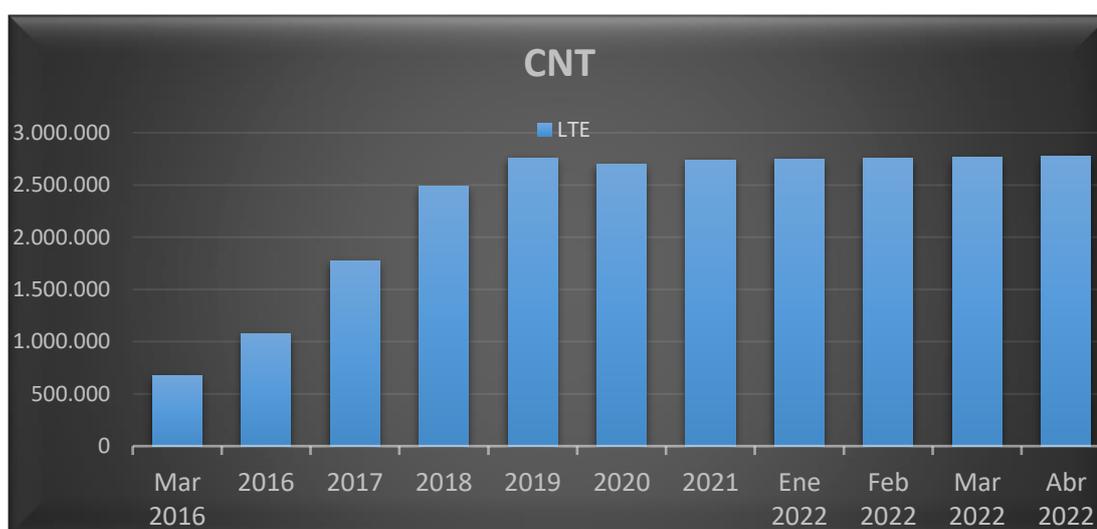
Fuente:(ARCOTEL, 2022b)

En la figura 19, es posible observar el incremento de las líneas activas con tecnología 4G a lo largo de los años para la empresa MOVISTAR(OTECCEL).

La empresa en el año 2015 empezó con 189.988 líneas activas, hasta el año 2022 con se han contabilizado 3'643.465 líneas activas con tecnología 4G con corte al mes de abril.

### Figura 20

*Evolución de Líneas Activas con tecnología 4G Empresa CNT*



Fuente:(ARCOTEL, 2022b)

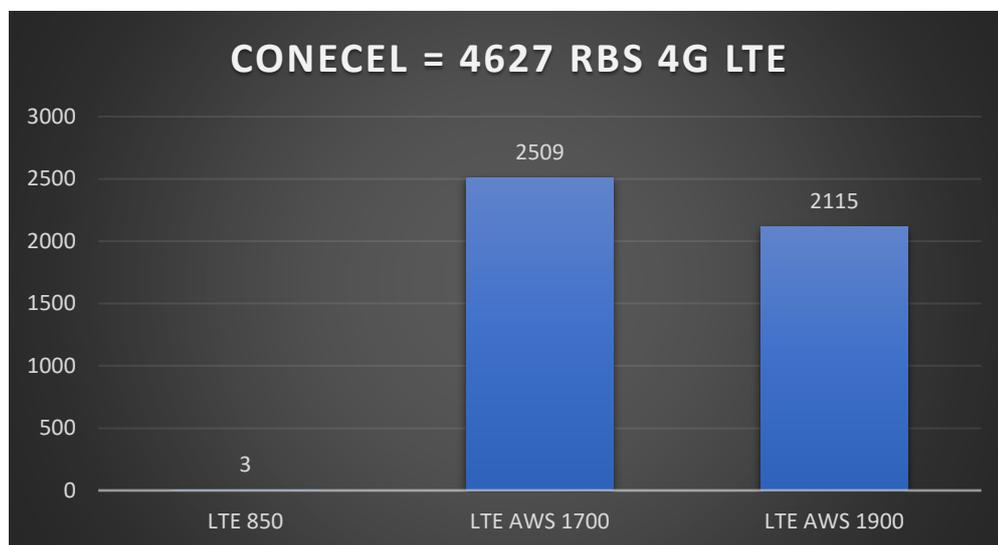
Para la empresa CNT los datos se muestran en la figura 20, desde el mes de marzo de 2016 se registraron 768.162 líneas activas, hasta el mes de abril de 2022 se contabilizaron 2'772.081 líneas activas que utilizan la tecnología 4G LTE.

La instalación de infraestructura por parte de las operadoras es muy importante, ya que permite que la tecnología pueda cubrir más zonas del país. En los siguientes gráficos se muestran las estadísticas de radiobases instaladas en todo el país que cuentan con tecnología 4G LTE.

**Figura 21**

*Estadísticas de Radiobases instaladas tecnología 4G LTE empresa*

*CLARO(CONECEL)*



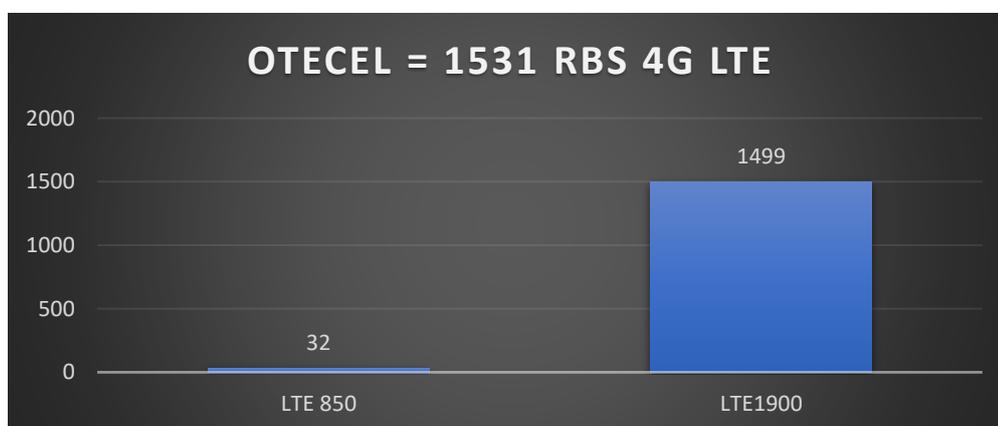
Fuente:(ARCOTEL, 2022a)

En la figura 21, se muestra el número de radiobases para la empresa CONECEL(CLARO) que es la más alta en comparación a las otras empresas ya que tiene 4627 radiobases con tecnología 4G LTE instaladas en el país hasta el mes de abril del presente año.

**Figura 22**

*Estadísticas de Radiobases instaladas tecnología 4G LTE empresa*

*MOVISTAR(OTECCEL)*

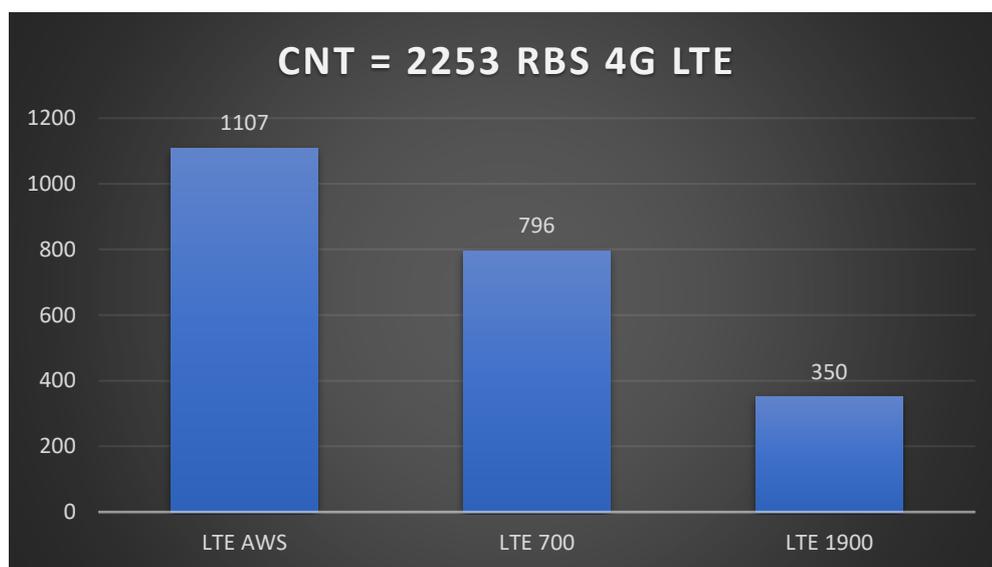


Fuente:(ARCOTEL, 2022a)

Los datos de la empresa MOVISTAR(OTECCEL) se muestran en la figura 22, en donde se puede apreciar que se tiene instalado un total de 1531 radiobases instaladas en todo el territorio ecuatoriano que cuentan con tecnologías 4G LTE, estos datos con corte al mes de abril del presente año.

### Figura 23

*Estadísticas de Radiobases instaladas tecnología 4G LTE empresa CNT*



Fuente:(ARCOTEL, 2022a)

En la figura 23 se puede observar los datos de la empresa CNT cuenta con un total de 2253 radiobases instaladas en el Ecuador que cuentan con tecnologías 4G, estos datos con corte al mes de abril del presente año.

### 4.3. Espectro Radioeléctrico para 5G

En lo que se refiera las frecuencias en servicios de telecomunicaciones, las frecuencias más bajas permiten una propagación más amplia de las ondas y señales, mientras que las bandas con frecuencias más altas tienen más ancho de banda lo que se traduce en mayores velocidades de transmisión, pero con menores distancias.

### 4.3.1. Bandas para implementación de 5G

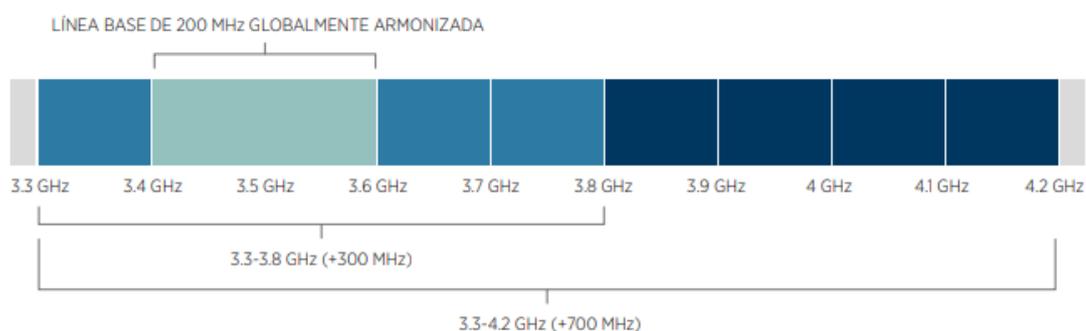
La valoración y asignación eficiente de las bandas para el uso del espectro radioeléctrico marca un punto de partida por parte del Estado para la mejora de los servicios en el sector las telecomunicaciones móviles, además de fomentar el uso de nuevas tecnologías y ofertas para los usuarios.

#### 4.3.1.1. Rango de 3.5 GHz.

El espectro en la Banda de 3.5 GHz se vuelve más atractiva para las operadoras de telefonía móvil ya que esta banda es la más apropiada y potente para el propósito de conectividad bajo la tecnología 5G.

#### Figura 24

*Rango 3,5 GHz (3,3-4,2 GHz)*



Fuente:(GSMA, 2020b)

Según (GSMA, 2020b), la expansión de los rangos disponibles en 3,5 GHz para el 5G tendrá un impacto positivo en términos de:

- Mejor rendimiento, mayores requerimientos de velocidad de datos para soportar las necesidades actuales y futuras de las aplicaciones 5G (transmisión de video, realidad virtual).

- Expansión como resultado de nuevos servicios y demanda, lo que conduce a un valor añadido adicional para la economía.
- Banda ancha móvil de mejor calidad en áreas urbanas, lo que permite a los consumidores realizar más tareas, de manera más eficiente, actuando como un multiplicador para otras industrias y la economía en general.
- Menores costos de infraestructura en comparación con bandas 5G más altas, lo que lleva a una implementación más rápida para satisfacer la creciente demanda de conectividad y datos.

#### ***4.3.1.1.1. Rango de 3.5 GHz para Ecuador.***

En Ecuador la ARCOTEL publicó en abril de 2018 la canalización del rango 3,3-3,6 GHz con el objetivo de fomentar las IMT-Avanzadas en Ecuador, pero no se ha concursado. La banda 3,3-3,4 GHz no está en uso, según la ARCOTEL, mientras que en 3,4-3,6 GHz se tienen 71,5 MHz concesionados a dos empresas estatales (50 MHz a nivel nacional a CNT y 21,5 MHz regionales para ETAPA en el cantón Cuenca). La propuesta de canalización contempla derogar resoluciones que dieron estas autorizaciones para poder liberar las bandas.

La propuesta de canalización del segmento 3,3-3,6 GHz sugiere definir las para acceso TDD. La banda 3,3-3,4 GHz sería dividida en 10 bloques de 10 MHz cada uno para un ancho de banda de 100 MHz y la banda 3,4-3,6 GHz se segmentaría en 20 bloques de 10 MHz cada uno para un ancho de banda total de 200 MHz. El proyecto de resolución propone derogar las resoluciones que habilitan el uso actual de la banda 3,4-3,6 GHz por CNT y ETAPA17 para permitir su uso en el desarrollo de las IMT-Avanzadas. En conjunto estos espacios agregarán otros 300 MHz potenciales para banda ancha móvil en Ecuador.(5G Americas, 2019)

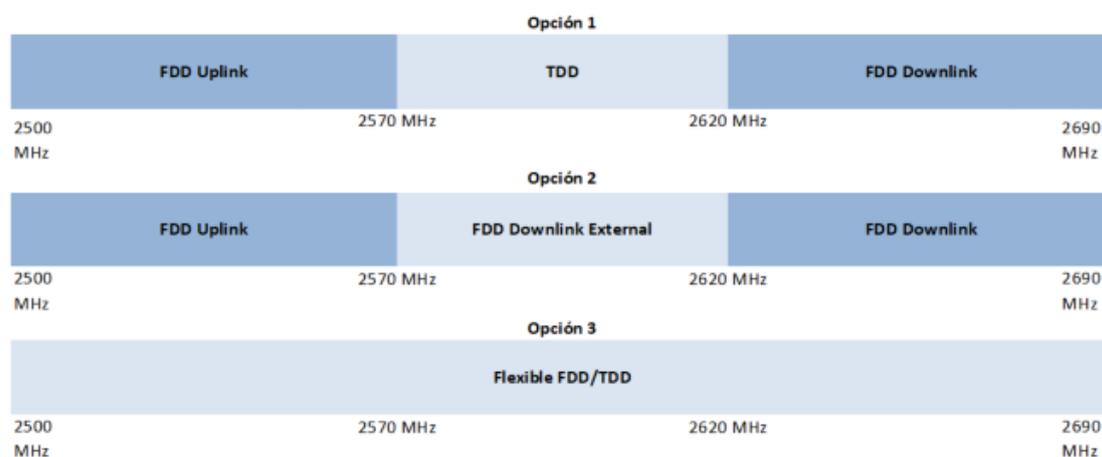
#### 4.3.1.2. Rango 2,5 GHz.

El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) dispuso tres opciones de canalización de la banda de 2,5 GHz, aunque los países pueden optar por otras canalizaciones. En estos casos, se debe advertir que pueden perderse eficiencias técnicas, lo que redonda en ineficiencias económicas y, por lo tanto, un menor acceso a los servicios.

El creciente consumo de comunicaciones móviles, en especial servicios de datos sobre accesos de banda ancha, lleva a los operadores a la necesidad de contar con más capacidad de espectro. La identificación de las frecuencias comprendidas entre 2.500 - 2.960 MHz como aptas para Tecnologías IMT-2000 eIMT-Avanzado, sumado a la general ociosidad de la banda, llevó a un renovado interés en ella.(5G Americas, 2022a)

**Figura 25**

*Opciones de canalización de la banda 2,5 GHz propuestas por la UIT*



Fuente:(5G Americas, 2022a)

La banda de 2,5 GHz puede atender la demanda creciente de banda ancha inalámbrica debido a sus características de gran capacidad de transmisión bidireccional de datos además de que puede aprovecharse en modo FDD y TDD. El primero de ellos es utilizado para servicios móviles, en tanto que el segundo suele utilizarse para conexiones inalámbricas fijas.

#### **4.3.1.2.1. Rango 2,5 GHz para Ecuador.**

En Ecuador dentro de la agenda “Ecuador Digital” del Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL) prevé la asignación de más espectro para mejorar la disponibilidad de servicios en lo general y aumentar la cobertura de banda ancha móvil. La banda de 2,5 GHz está incluida como uno de los recursos aptos para nueva asignación y en 2021 el gobierno confirmó que recibió de la UIT un informe sobre su valuación, pero no se ha presentado una convocatoria definitiva. Anteriormente se manejaron fechas tentativas de 2019 y 2020 para nuevas asignaciones, pero no ocurrieron.

La ARCOTEL confirmó en 2021 que se inició el proceso para renegociar los contratos de servicios de operadores móviles; se prevé que los nuevos términos de los contratos sean aplicables a partir de 2023 y todavía no se confirma si los operadores recibirán nuevas licencias de espectro. La banda de 2.5 GHz está identificada para las IMT en el plan nacional de atribución de frecuencias actualizado en 2021 y publicado en 2022.(5G Americas, 2022a)

#### **4.3.1.3. Banda L (1427 – 1518 MHz)**

Entre su potencial se identifica su uso como capacidad para enlaces suplementarios de descarga (SDL, *supplemental downlink*) operando en modo FDD, pero en su estandarización se consideran planes para su uso en modos SDL, FDD y TDD. En cuanto a estandarización de bandas para 5G, el rango 1427 – 1518 MHz está considerado en las bandas del 3GPP n50, 51, n74, n75, n76, n91, n92, n93 y n94.(5G Americas, 2022a)

Según (GSMA, 2017b), esta banda L, ofrece una combinación ideal de cobertura y capacidad. En total, esta banda pone a disposición 91 MHz del espectro para banda ancha móvil que ayuda a los operadores móviles a desplegar estos servicios más rápidamente en extensas áreas geográficas. Esto impulsará el desarrollo socioeconómico de todos los países que decidan aprovecharlo.

Actualmente existen tres opciones disponibles que utilizan todo el rango y que serán empleadas para las diferentes tecnologías IMT: enlace descendente suplementario (SDL), duplexión por división de frecuencia (FDD) o duplexión por división de tiempo (TDD). El uso armonizado de estas disposiciones de frecuencia, o parte de ellas, dependiendo de la demanda del mercado, es esencial para el despliegue exitoso de IMT en el rango de 1500 MHz.(GSMA, 2017, p. 2)

**Figura 26**

*Opciones de disposición de frecuencias*

MHz	1427	1518
<b>G1</b>	<b>SDL</b>	
	1427	1517
<b>G2</b>		
	1427	1470 1475 1518
<b>G3</b>	<b>TDD</b>	
	1427	1517

Fuente:(GSMA, 2017b)

#### **4.3.1.3.1. Banda L (1427 – 1518 MHz) para Ecuador.**

Para Ecuador, en febrero de 2022 se publicó la actualización del plan nacional de frecuencias mediante la resolución 04-02-ARCOTEL-2021 en el que se incluye la “Banda L” dentro de las bandas de frecuencias identificadas para las IMT. Anteriormente, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) abrió la consulta “Actualización de Canalizaciones” en octubre de 2018 y propuso que los enlaces en la banda 1427-1525 MHz operen, como máximo, hasta la fecha de terminación establecida en los títulos habilitantes.(5G Americas, 2022a)

Dentro del Plan Nacional de Frecuencias se establecen las normas para la atribución de las bandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de telecomunicaciones en el país.

De acuerdo con la Nota 5.429C del Cuadro Nacional de Atribuciones de Bandas de Frecuencia del (*Plan Nacional de Frecuencias, 2021*), indica que en países de América Latina incluido el Ecuador, la banda de frecuencias 3 300 - 3 400 MHz está atribuida a título primario para servicios móviles, salvo móvil aeronáutico, además, según la Nota 5.429D, menciona que los países que pertenecen a la Región 2 en donde está ubicado Ecuador, la banda de frecuencias 3 300 - 3 400 MHz esta identificada para la implementación de las Telecomunicaciones móviles Internacionales (IMT), y por último, la Nota 5.431B señala que en la Región 2, la banda de frecuencias 3 400 – 3600 MHz está identificada para ser utilizadas por las administraciones que deseen implementar las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT).

A continuación, en la siguiente tabla se muestra la atribución del rango 3,3 – 4,2 GHz en el Ecuador, es decir la asignación que tienen las diferentes frecuencias y el fin con que operan en el país.

**Tabla 8**

*Atribución del rango 3,3-4,2 GHz - Ecuador*

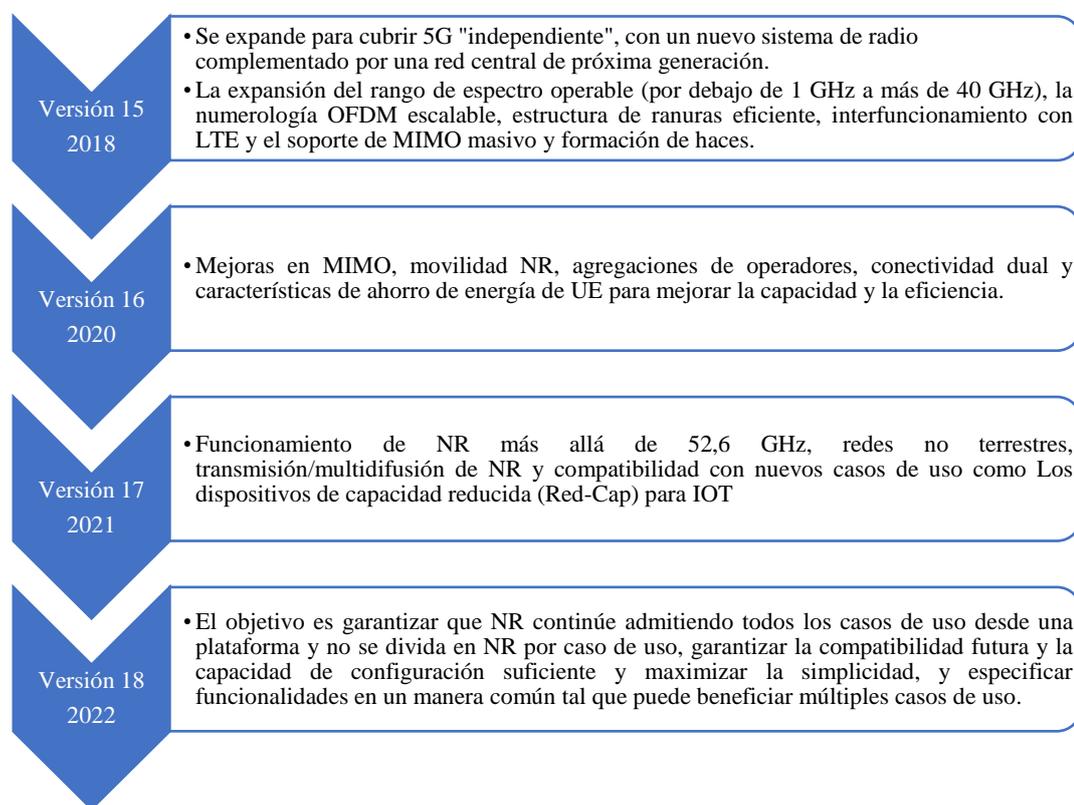
<b>Rango</b>	<b>Atribución</b>
3 300 - 3 400 MHz	MÓVIL, salvo móvil aeronáutico Fijo
3 400 - 3 500 MHz	FIJO MÓVIL, salvo móvil aeronáutico
3 500 - 3 600 MHz	FIJO MÓVIL, salvo móvil aeronáutico
3 600 - 3 700 MHz	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL, salvo móvil aeronáutico Radiolocalización
3 700 - 4 200 MHz	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL, salvo móvil aeronáutico

Fuente:(GSMA, 2020b)

#### 4.4. Normativas 3GPP asociadas para 5G

**Tabla 9**

*Versiones para 5G bajo 3GPP*



Fuente:(Sitio Web 3GPP, 2022)

##### 4.4.1. 5G New Radio (5G NR)

5G New Radio (5G NR) es una interfaz aérea completamente nueva que se está desarrollando para 5G. Se está desarrollando desde cero para admitir la amplia variedad de servicios, dispositivos y despliegues que 5G abarcará, y en diversos espectros, pero se basará en tecnologías establecidas para garantizar la compatibilidad hacia atrás y hacia adelante.

Una interfaz aérea es la porción de radiofrecuencia del circuito entre el dispositivo móvil y la estación base activa. La estación base activa puede cambiar a medida que el usuario está en movimiento, y cada cambio se conoce como transferencia. 5G se está poniendo a

disposición inicialmente a través de mejoras en las tecnologías LTE, LTE-Advanced y LTE Pro como 5G NR no independiente (NSA).(Kavanagh, 2020)

Las bandas de frecuencias de operación de 5G NR están divididas en dos rangos.

- El primer Rango de Frecuencias 1 (FR1) contiene bandas menores a los 6 GHz.
- El segundo Rango de Frecuencias 2 (FR2) incluye las bandas milimétricas.

#### 4.4.1.1. ¿Cómo funcionará 5G NR?.

El diseño central de 5G NR abarcará tres elementos fundamentales:

##### 1. Formas de onda optimizada basadas en OFDM y acceso múltiple

- Se tomó una decisión temprana de usar la familia de formas de onda OFDM (multiplexación por división de frecuencia ortogonal) para 5G, y se utilizarán múltiples variantes para diferentes casos de uso y despliegues. Las formas de onda OFDM son utilizadas tanto por LTE como por WiFi, lo que hará que 5G sea la primera generación móvil que no se basará en una forma de onda completamente nueva y un diseño de acceso múltiple.
- Se optimizarán con capacidades más avanzadas para ofrecer un alto rendimiento a baja complejidad; apoyar diversas bandas del espectro, tipos de espectro y modelos de despliegue; y admite y multiplexa eficientemente todos los diferentes casos de uso.

##### 2. Un marco flexible común

- Para permitir la multiplexación eficiente de diversos servicios 5G y proporcionar compatibilidad hacia adelante para servicios futuros. Permitirá una latencia más baja, así como una escalabilidad a latencias mucho más bajas de lo que es posible con las redes LTE actuales.

##### 3. Tecnologías inalámbricas avanzadas

- Para ofrecer los nuevos niveles de rendimiento y eficiencia que permitirán la amplia gama de servicios 5G. Hay tres designaciones generales de servicios 5G, descritas a continuación con algunas de las tecnologías inalámbricas avanzadas que se necesitarán para hacerlas realidad:
  - **Banda ancha móvil mejorada**
  - **Comunicaciones ultra confiables y de baja latencia**
  - **Comunicaciones masivas de tipo máquina o IoT masivo**

Fuente:(Kavanagh, 2020)

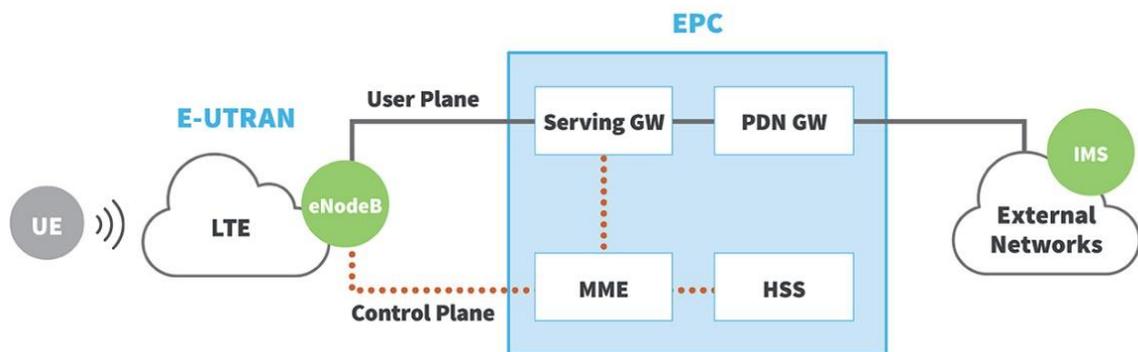
## 4.5. Arquitectura LTE 4G

A diferencia de las redes 2G/3G, que utilizaban tecnologías diferentes para transportar voz y datos, LTE sólo utiliza el tráfico IP, lo que permite velocidades de transferencia más

rápidas y una menor latencia. LTE es una mejora de la red 3G, y una evolución de la 4G, que ayuda a agilizar el servicio y permite hacer cosas en los dispositivos móviles que no son posibles con velocidades de red más lentas.(Remmert, 2022)

**Figura 27**

*Diagrama de la Arquitectura 4G*



Fuente:(Remmert, 2021)

La Figura 27 muestra la arquitectura de la red 4G, Equipo de usuario (UE) como los smartphones o los dispositivos móviles, se conecta a través de la red LTE Red de acceso radioeléctrico (E-UTRAN) a la Evolved Packet Core (EPC) y luego a las redes externas, como Internet. La página web NodoB evolucionado (eNodeB) separa el tráfico de datos de usuario (plano de usuario) del tráfico de datos de gestión de la red (plano de control) y alimenta ambos por separado en el EPC.(Remmert, 2021)

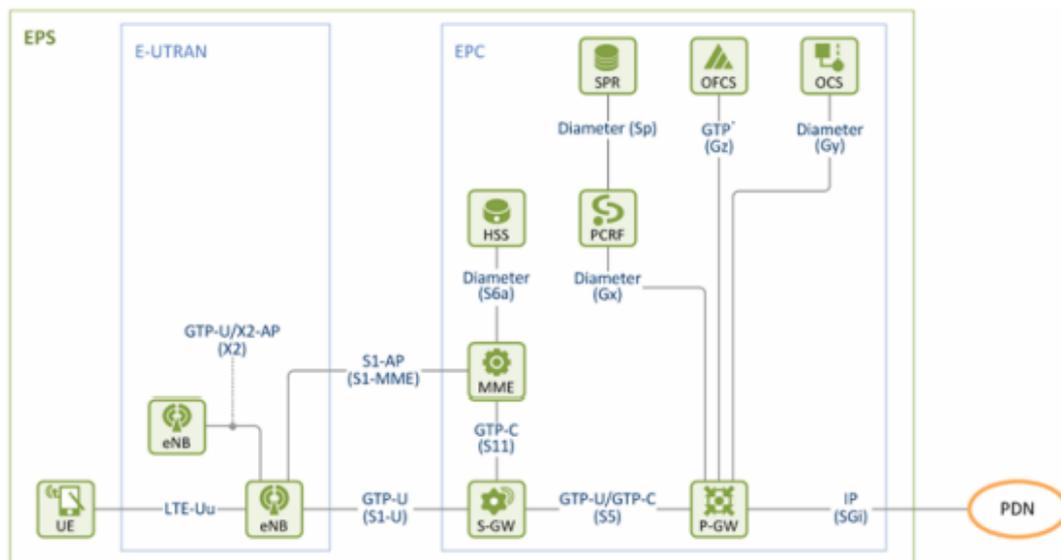
La red LTE, también llamada EPS (Evolved Packet System), es una red IP extremo a extremo (E2E) que se divide en dos partes:

- La parte LTE que trata de la tecnología relacionada con una red de acceso de radio E UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network).
- EPC que trata de la tecnología relacionada con la red troncal

Que sea una red IP E2E, extremo a extremo, significa que todo el tráfico fluye mediante IP desde el terminal de usuario (UE), es decir el dispositivo con acceso a IP que utiliza el usuario, hasta la red de paquetes o PDN (Packet Data Network) donde está conectada la entidad o entidades que proporcionan el servicio.(Gualda, 2016)

**Figura 28**

*Arquitectura de Red LTE*

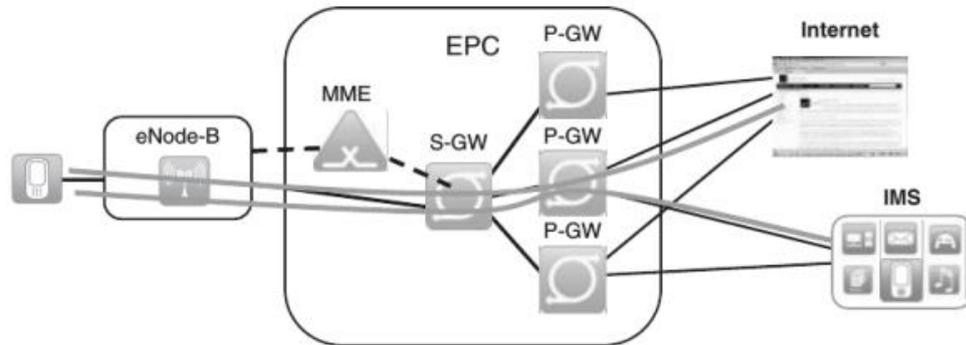


Fuente:(Gualda, 2016)

Una red PDN (Packet Data Networks) es un dominio IP interno o externo al operador, con el cual un UE quiere comunicarse. Estas PDN's proporcionan servicios a los terminales de usuario (UE) tales como, acceso a Internet o Voz/Video mediante el IMS (IP Multimedia Subsystem).(Gualda, 2016)

**Figura 29**

*Acceso a red PDN de un UE*



Fuente:(Gualda, 2016)

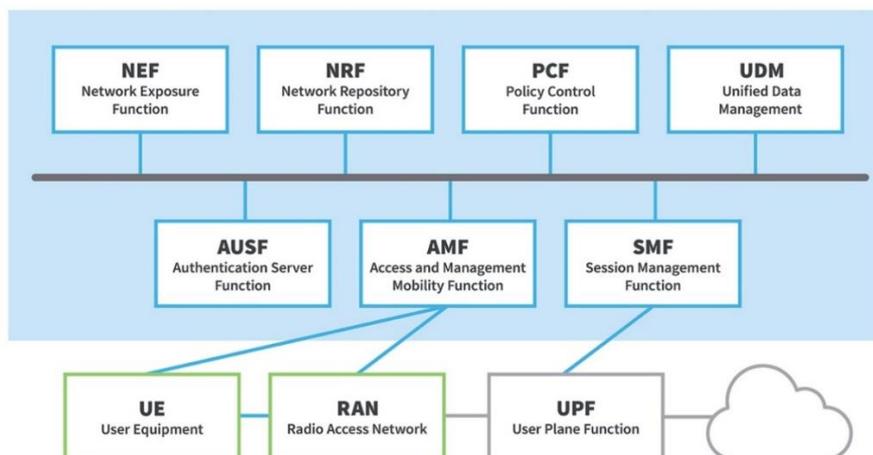
#### 4.6. Arquitectura 5G

De acuerdo con (Remmert, 2021) indica que la tecnología “5G se diseñó desde cero y las funciones de la red se dividen por servicios. Por eso esta arquitectura también se llama núcleo 5G Arquitectura basada en servicios (SBA).”

En la siguiente figura se muestra el diagrama de Topología de 5G y los componentes clave de una red central y el funcionamiento de cada uno de los elementos.

**Figura 30**

*Diagrama de Topología de 5G*



Fuente:(Remmert, 2021)

A continuación, se detallan los elementos que hacen parte de la topología para la red 5G.

- **Los equipos de usuario (UE)**, como los smartphones 5G o los dispositivos celulares 5G, se conectan a través de la nueva red de acceso radioeléctrico 5G al núcleo 5G y, además, a las redes de datos (DN), como Internet.
- **La función de gestión del acceso y la movilidad (AMF)** actúa como punto de entrada único para la conexión del equipo de usuario.
- Basándose en el servicio solicitado por el UE, la AMF selecciona la respectiva función de gestión de sesión (SMF) para gestionar la sesión de usuario.
- **La función de plano de usuario (UPF)** transporta el tráfico de datos IP (plano de usuario) entre el equipo de usuario (UE) y las redes externas.
- **La función de servidor de autenticación (AUSF)** permite a la AMF autenticar al UE y acceder a los servicios del núcleo 5G.
- **Otras funciones como la función de gestión de sesiones (SMF)**, la función de control de políticas (PCF), la función de aplicación (AF) y la función de gestión unificada de datos (UDM) proporcionan el marco de control de políticas, aplicando las decisiones de política y accediendo a la información de suscripción, para gobernar el comportamiento de la red.

Como se puede observar la arquitectura de la red 5G es mucho más compleja que tecnologías anteriores, pero esta complejidad es necesaria para poder ofrecer un mejor servicio que se pueda adaptar a las múltiples aplicaciones que se puede hacer con esta tecnología. (Remmert, 2021)

#### 4.6. Arquitectura 5G frente 4G

La tecnología 5G continúa con la evolución de los servicios de la telefonía móvil después de las anteriores generaciones de tecnologías, lo que se traduce en mejoras en parámetros como mayores velocidades de transmisión y menores latencias en las comunicaciones o servicios tecnológicos, además de la gran cantidad de dispositivos que pueden ser conectados a la vez.

En la siguiente tabla se muestran varios parámetros de comparación entre las tecnologías 4G y 5G.

**Tabla 10**

*Parámetros comparativos entre tecnologías 4G y 5G*

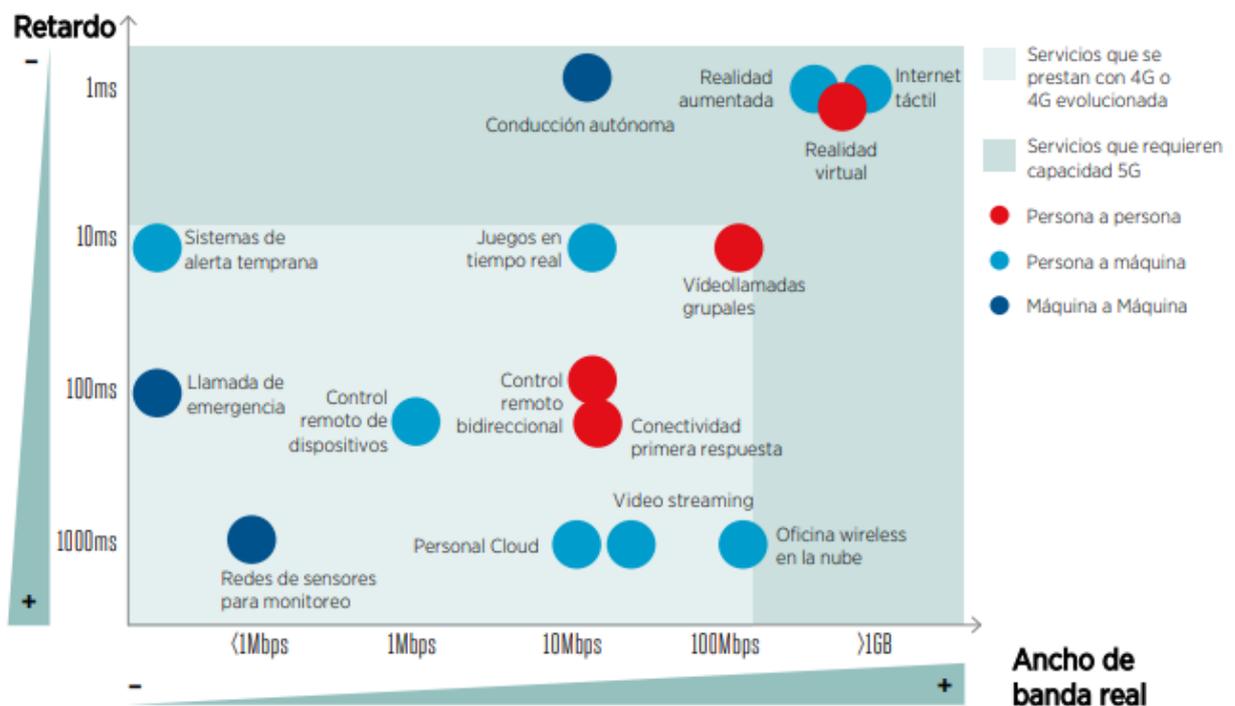
PARÁMETROS	TECNOLOGÍA	TECNOLOGÍA
	4G	5G
<b>Pico Teórico de Throughput</b>	1 Gbps	20 Gbps
<b>Throughputs típico</b>	10 Mbps	100 Mbps a 1 Gbps
<b>Video</b>	Streaming de video, pero con restricciones, HD posible	Menos restricciones, UHD posible
<b>Tipos de Comunicación</b>	Voz, video interactivo	HD interactivo
<b>Fiabilidad</b>	Las redes operan principalmente sobre la base del mejor esfuerzo.	Diseñado para aplicaciones de misión crítica (99.9999% de confiabilidad)
<b>Latencia</b>	Bajo de los 10 milisegundos	Bajo de 1 milisegundo
<b>Densidad de Dispositivos</b>	100 mil dispositivos/Km <sup>2</sup>	1 millón dispositivos/Km <sup>2</sup>
<b>Eficiencia espectral</b>	Alto	Tres veces más alta que 4G
<b>Tecnología</b>	OFDMA	OFDMA

<b>Velocidad Típica de Descarga</b>	6.5 a 26.3 Mbps	1 Gbps con canal de radio de 400 MHz en banda milimétrica(mmWave)
<b>Velocidad Típica de Subida</b>	6.0 a 13 Mbps	500 Mbps con canal de radio de 400 MHz en banda milimétrica(mmWave)
<b>Características</b>	Interfaz de radio que puede usar canales de radio amplios y ofrecer tasas de rendimiento extremadamente altas. Toda la comunicación manejada en dominio IP.	Interfaz de radio escalable diseñada para 5G capaz de admitir bandas celulares existentes, así como bandas milimétricas.

Fuente:(5G Americas, 2022b)

**Figura 31**

*Comparación de Servicios con tecnologías 4G y 5G*



Fuente:(GSMA, 2017a)

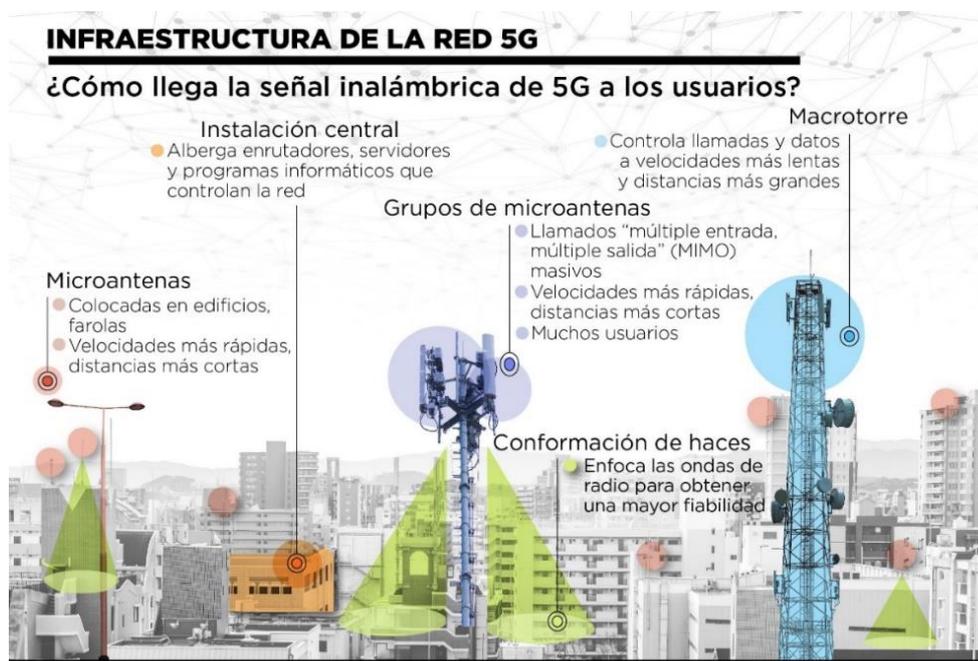
Como se muestra en la Figura 32, muchas de las aplicaciones o servicios son compatibles entre ambas tecnologías, pero algunas de ellas requieren una mayor velocidad de transmisión, así como también una menor latencia por lo que se requiere el uso de la tecnología 5G.

#### 4.7. Infraestructura 5G frente a 4G

Cuando las redes 5G sean instaladas estas serán mucho más densas que las redes actuales instaladas con tecnologías 3G y 4G, esto significa que existirán muchos más lugares con celdas y equipos para el funcionamiento de la tecnología 5G.

**Figura 32**

*Infraestructura de 5G*



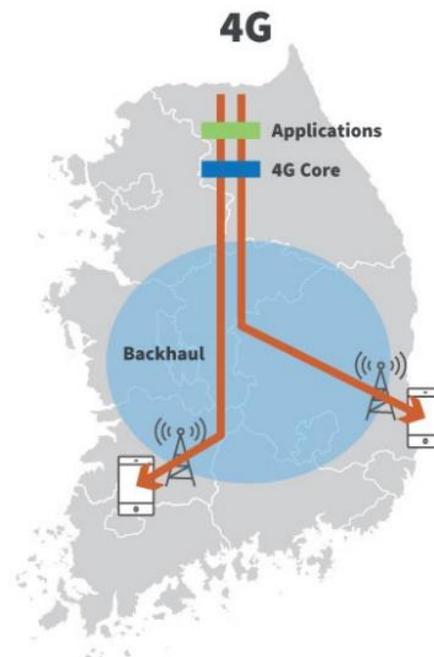
Fuente:(Sitio Web ShareAmerica, 2019)

La Figura 32, permite comprender como en una arquitectura de red 4G LTE, la RAN LTE y el eNodeB suelen estar cerca, a menudo en la base o cerca de la torre de telefonía que se ejecuta en hardware especializado. En cambio, el EPC monolítico suele estar centralizado y

más alejado del eNodeB. Esta arquitectura hace que la comunicación de alta velocidad y baja latencia de extremo a extremo sea un reto o un imposible.(Remmert, 2021)

**Figura 33**

*Arquitectura de Red 4G*

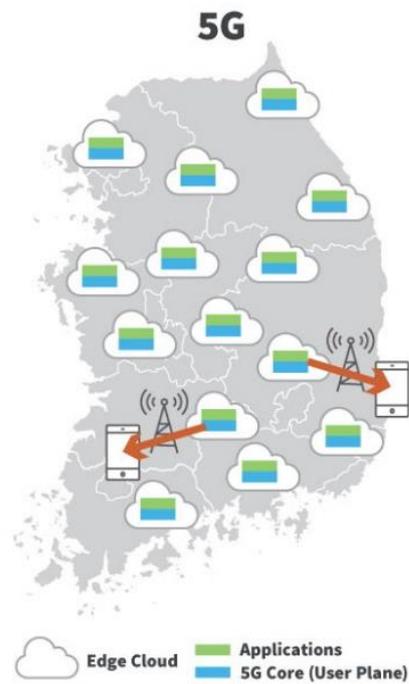


Fuente:(Remmert, 2021)

Cuando los organismos de normalización como el 3GPP y los proveedores de infraestructuras como Nokia y Ericsson diseñaron el núcleo de la nueva radio 5G (5G-NR), separaron el EPC monolítico e implementaron cada función de manera que pudiera ejecutarse independientemente de las demás en un hardware de servidor común y disponible como se muestra en la Figura 36. Esto permite que el núcleo 5G se convierta en nodos 5G descentralizados y muy flexibles. Por ejemplo, las funciones del núcleo 5G pueden ahora ubicarse junto con las aplicaciones en un centro de datos de borde, acortando las vías de comunicación y mejorando así la velocidad y la latencia de extremo a extremo.(Remmert, 2021)

## Figura 34

### Arquitectura de red 5G



Fuente:(Remmert, 2021)

La tecnología 5G funcionará con una densa infraestructura de torres de telefonía móvil que están instalando actualmente las principales compañías de telefonía móvil. La red puede apoyarse en las torres 4G existentes para la cobertura básica, pero necesitará muchas más torres pequeñas para llevar sus velocidades de banda alta a las grandes ciudades, especialmente para aplicaciones de IoT.(Remmert, 2022)

#### 4.8. Impacto de 5G en IoT

El objetivo principal de la tecnología 5G no es únicamente mejorar y optimizar el servicio de telefonía móvil a los usuarios, sino que además esta red aparece como un impulsador del Internet of Things (IoT), debido a las características y parámetros técnicos que puede llegar a proporcionar dicha tecnología en entornos como la industria, la seguridad, las ciudades inteligentes, la medicina, entre otros.

Según (Khuntia et al., 2021), con las implementaciones comerciales de 5G comenzando en todo el mundo, habrá un interés creciente en torno a los beneficios que 5G puede brindar al creciente movimiento de Internet de las cosas (IoT). Un obstáculo importante para hacer realidad el potencial y la promesa de IoT es que se están utilizando múltiples redes especializadas para diferentes casos de uso de IoT, desde aplicaciones que utilizan tasas de transferencia de datos bajas hasta aplicaciones de misión crítica de alto nivel que requieren transferencias de datos instantáneas.

**Tabla 11**

*Características y aplicaciones tecnología 5G*

<b>Características</b>	<b>Aplicaciones</b>
Características de la Red	Computación en la nube, ingeniería de software, virtualización, corte
Velocidad máxima de datos	20 Gbps
Tasa de datos máxima experimentada	0.1 GB/s
Tasa de eficiencia	3 veces de 4G
Eficiencia de la red	10 – 100 veces de 4G
Capacidad de tráfico	10 MB*m <sup>2</sup> /s
Densidad de la conectividad	10 <sup>6</sup> dispositivos/km <sup>2</sup>
Latencia	1 ms
Movilidad	500 km/h
Tecnología	Cloud/fog/edge computing, MIMO masivo
Escenario de uso	eMBB, URLLC y mMTC

Fuente:(Khuntia et al., 2021)

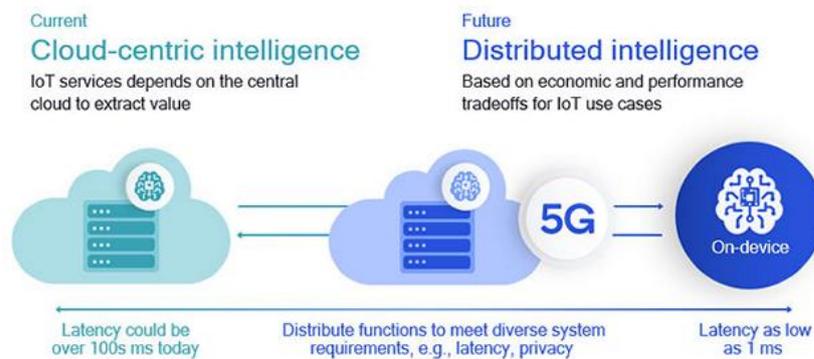
La capacidad de 5G para transmitir datos más rápidamente y permitir más conexiones ayudará a abordar el gran desafío de las tecnologías IoT y simplificará la administración de los dispositivos conectados. Por otro lado, 5G podrá procesar datos más rápidamente que las redes

4G/ LTE, lo que ha sido un desafío para las soluciones de IoT debido a sus resultados, los cuales fueron grandes retrasos desde el momento en que se enviaron los datos hasta el momento en que se recibieron. La conectividad 5G permitiría comprender la fuerza de la tecnología IoT, a partir de ahora, el potencial es enorme, pero la red real debe materializarse con la tecnología 5G.(Khuntia et al., 2021)

Hoy en día, la mayoría de las aplicaciones de IoT se basan en una solución de sistema en la que los dispositivos de IoT están conectados a una nube central donde reside la mayor parte de la inteligencia. En este caso, los dispositivos IoT (por ejemplo, sensores) recopilan y envían datos sin procesar a la nube central, y la nube central tiene la responsabilidad de extraer información y tomar decisiones.

### Figura 35

#### *Inteligencia distribuida para una expansión eficiente de IoT*



Fuente:(Sitio Web Qualcomm, 2020)

La Figura 35 permite comprender como la gran cantidad de nuevos dispositivos que requieren conectividad dificultará que el modelo actual de nube central se escale de manera eficiente, particularmente dado el volumen de datos y los requisitos de los nuevos casos de uso, así mismo, la mezcla de mayor volumen y mayores requisitos de privacidad son un buen ejemplo de por qué se necesitará un nuevo paradigma de inteligencia distribuida para que IoT

alcance su máximo potencial. Con el borde inalámbrico inteligente, el escalado de IoT no solo se volverá más eficiente, sino que también traerá nuevos beneficios, como la realización de una latencia más baja y una mayor privacidad.(Sitio Web Qualcomm, 2020)

## CAPITULO V. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados del presente trabajo, los cuales están fundamentados en base a la investigación previa, conjuntamente se propone y presenta un modelo de gestión, el cuál organiza los recursos obtenidos con el propósito de generar políticas, acciones, regulaciones y gestiones con lo cual se pretende alcanzar un objetivo o metas específicas, para los fines de esta investigación, la meta principal que se ha establecido es poder obtener una perspectiva de la implementación de la tecnología 5G en un corto plazo en el Ecuador.

### 5.1. Modelo de Gestión

El modelo de gestión va a permitir organizar y combinar todos los recursos obtenidos previamente con el propósito de tener una proyección sobre los objetivos, acciones, y políticas que pueden ser aplicadas para el desarrollo y ejecución de planes para la instalación de la tecnología 5G en el Ecuador.

**Figura 36**

*Modelo de Gestión*



Fuente: (Creación Propia)

### ***5.1.1. Análisis de los Ejes del Modelo de Gestión***

Algunos de los parámetros, objetivos, estrategias de los ejes que serán mostrados a continuación estarán basados en hojas de ruta y planes de implementación que ya han sido o están siendo ejecutados o implementados en varios países del mundo, así como también que sean ajustables y adaptables a las condiciones técnicas y económicas actuales del país.

#### **5.1.1.1. Eje 1: Adjudicación y Asignación del Espectro Radioeléctrico para 5G.**

Esta línea de acción se concentra en promover los procesos de licitaciones públicas y otros procedimientos administrativos para conocer el estado actual y la puesta a disposición de las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico para que puedan utilizarse para el despliegue de las tecnologías y servicios 5G.

##### ***5.1.1.1.1. Consideraciones para la concesión del espectro para 5G.***

Un espectro radioeléctrico habilitado para servicios 5G es imprescindible para poner en marcha la ejecución de planes, procedimientos y operaciones que permitan la ejecución e instalación de dicha tecnología en el país.

Las directrices propuestas para la concesión se muestran a continuación:

#### **Tabla 12**

##### ***Directrices para la concesión del espectro para 5G***

#### **Directrices para la concesión del Espectro de 5G**

Seguir los planes y recomendaciones de los entes de control internacionales.

Desarrollar una hoja de ruta para la futura disponibilidad y liberación del espectro como políticas pública de planificación.

Especificar la disponibilidad, liberación, reubicación y cese de los servicios actuales de las bandas de frecuencias.

---

Proporcionar claridad en términos de interferencias en bandas adyacentes.

Eliminar regulaciones que impidan compartir la infraestructura y una mayor implementación con el fin de reducir costos y acelerar el despliegue.

Simplificar los procedimientos y regulatorios para la planificación, adquisición y gestión de infraestructura 5G.

Celebrar procesos de asignación de espectro.

Dar prioridad a los servicios mejorados de banda ancha móvil para lograr beneficios socioeconómicos

Concede periodos de licencia más largos para proporcionar mayor seguridad para las inversiones de red a largo plazo.

Evitar impuestos o tarifas que retrasen el despliegue.

---

Fuente:(GSMA, 2020b)

#### ***5.1.1.1.2. Frecuencias del Espectro Radioeléctrico para 5G.***

La ventaja de las señales de alta frecuencia es que son capaces de proporcionar velocidades de datos significativamente más rápidas. La desventaja es que su alcance es mucho más corto y no pueden penetrar fácilmente en los edificios. Eso significa que los operadores necesitarán desplegar miles o quizás millones de pequeñas células por todo el territorio: en farolas y tendidos urbanos, en las fachadas de los edificios e incluso dentro de cada hogar.

La tecnología 5G requiere de una gran cantidad de espectro nuevo, por lo que se debe priorizar la liberación de las bandas principales. Los entes de regulación deben facilitar la asignación del espectro las bandas nativas que contempla el estándar actual 700 MHz, 3.5GHz y 26 GHz, cada una de estas frecuencias lleva consigo características que definen el uso que pueden llegar a tener y una contribución que se detalla a continuación:

**Tabla 13***Características de la Bandas de Frecuencias para 5G*

<b>Banda</b>	<b>Características</b>
<b>700 MHz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una frecuencia baja, y a menos frecuencia, mayor es la propagación de la señal.</li> <li>• Proporciona más ventajas para zonas de gran extensión de cobertura, como zonas rurales o carreteras.</li> <li>• Proporciona cobertura extensa y gran penetración en interiores.</li> <li>• Espectro disponible es muy reducido y por tanto la velocidad que puede darse al usuario es también reducida (&lt; 70Mbps y en condiciones de carga, entre 10-35Mbps de bajada).</li> </ul>
<b>3,5 GHz (3.3 – 4.2 GHz)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sus características de proporcionar tanto capacidad como cobertura la hace ideal para la tecnología 5G.</li> <li>• Es una banda que está orientada para necesidades de mayor ancho de banda, en bandas más altas, la disponibilidad de espectro es mayor.</li> <li>• Permiten aumentar de forma considerable la velocidad y ancho de banda.</li> <li>• Se pueden llegar hasta picos de 1 Gbps en óptimas condiciones.</li> <li>• Esta banda es idónea para servicios que necesitan una experiencia de muy altas velocidad de transmisión.</li> <li>• Puede proporcionar la misma cobertura y usar los mismos sitios celulares que las bandas móviles actuales de 2,6 GHz y 1800 MHz.</li> </ul>
<b>26 GHz (24.25 – 27.5 GHz)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A mayor frecuencia, menor alcance y más influenciado por los obstáculos, por lo que se necesita visión directa de forma que es necesario desplegar muchas más celdas de cobertura.</li> <li>• Esta banda está destinada a ofrecer las mayores velocidades y capacidades de hasta 10 Gbps de velocidad de pico y latencias ente 1 y 10 ms.</li> <li>• La propagación de esta banda es limitada, así como también la capacidad de atravesar edificios para ofrecer cobertura en interiores.</li> <li>• Los casos de uso con gran potencial son áreas urbanas densas tales como, estadios, cetros comerciales,</li> </ul>

	estaciones de transporte, además de autobuses, trenes, automóviles.
--	---

Fuente:(Creación Propia)

Se debe tomar en cuenta que en las bandas medias 5G (es decir, de 3.5 GHz), los tamaños de lotes iguales de alrededor de 10 MHz cada uno son razonables, por lo que los oferentes pueden agruparlos para satisfacer sus necesidades, mientras que en la banda de 26 GHz son compatibles los tamaños de bloques de alrededor de 100-200 MHz. Los tamaños de lotes desparejos pueden crear escasez artificial y plantear el riesgo de que los operadores no sean capaces de asegurar su cantidad deseada y que paguen de más.(GSMA, 2019)

#### ***5.1.1.1.3. Rangos de Frecuencias de Ocupación 5G en el Ecuador.***

A continuación, se muestra la Atribución que tienen asignadas las frecuencias requeridas para la tecnología 5G, de acuerdo con las estadísticas obtenidos del Plan Nacional de Frecuencias 2021 (ARCOTEL, 2021a):

**Tabla 14**

*Atribución de Frecuencias para 5G en el Ecuador*

<b>Rango de Frecuencias</b>	<b>Atribución</b>	<b>Nota</b>	<b>Detalle</b>
<b>698 - 806 MHz (700 MHz)</b>	MOVIL	EQA.40	Las bandas 698 – 806 MHz se han identificado para su utilización por parte de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT).
		5.317A	Las partes de la banda de frecuencias 698-960 MHz en la Región 2, se han identificado para su utilización por las administraciones que deseen introducir las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT).
<b>3500 - 3600 MHz (3.5 GHz)</b>	MOVIL	5.431B	La banda de frecuencias 3 400-3 600 MHz está identificada para ser utilizada por las administraciones que deseen implementar las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT).

		EQA.40	Las bandas 3300 – 3600 MHz se han identificado para su utilización por parte de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT).
<b>25,5 - 27 GHz (26 GHz)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE</li> <li>• SATÉLITES</li> <li>• MÓVIL</li> <li>• INVESTIGACIÓN ESPACIAL</li> </ul>	5.338A	En las bandas de frecuencias 24,25-27,5 GHz se aplica la Resolución 750 (Rev.CMR-19). Las bandas se identifican para IMT.
		5.532AB	La banda de frecuencias 24,25-27,5 GHz está identificada para su utilización por las administraciones que deseen introducir la componente terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT).

Fuente:(ARCOTEL, 2021a)

En el año 2021 Ecuador recibió de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) el informe de valoración de las bandas 2.5 GHz (gigahercios) y 700 MHz (megahercios) y solicitó al ente especializado de la Organización de las Naciones Unidas que igualmente haga la tasación de las bandas 3.5 GHz y otras bandas del espectro radioeléctrico. De esta manera, el país abrió el camino para la renegociación de los contratos de concesión con las operadoras de redes móviles, que terminan en el 2023, lo que permitirá a su vez la incorporación de nuevos actores al mercado y el futuro despliegue de la quinta generación de tecnologías (5G).(Sitio Web MINTEL, 2021)

La valoración de las bandas marca un nuevo hito en el sector de las telecomunicaciones, pues representa el primer paso para que el Estado ecuatoriano realice una asignación eficiente del espectro, que maximice el bienestar social, promoviendo el desarrollo de una política pública de equidad digital, la mejora de los servicios de telecomunicaciones móviles y el fomento de nuevas ofertas para los usuarios, especialmente en las zonas rurales, urbano marginales.(Sitio Web MINTEL, 2021)

A pesar de que el Ecuador aún no define un Plan o una hoja de ruta para la implementación de la tecnología 5G en el país, varios procesos de concesión de las frecuencias del espectro radioeléctrico que pueden ser empleadas para el funcionamiento y pruebas de la tecnología 5G ya han sido asignadas como lo indica el Plan Nacional de Frecuencias del año 2021, lo cual se considera como el primer paso para la ejecución y puesta en marcha de planes para el uso de dicha tecnología.

#### **5.1.1.2. Eje 2: Inversiones y Presupuesto.**

La instalación y despliegue de redes de telecomunicaciones, requieren grandes cantidades de capital en infraestructura, que además por la constante evolución de la tecnología se requiere un contante mantenimiento, así como la renovación y mejoras que permiten mayores y mejores capacidades en la prestación de servicios para los usuarios, por lo que esta línea de acción se centra en la inversión de capital, planes de inversión y financiamiento es fundamental en el desarrollo y fortalecimiento de la conectividad en el país y futura implementación de la tecnología 5G.

En los últimos años se ha acelerado el desarrollo de la tecnología 5G en varios países del mundo, tanto los gobiernos locales como las empresas privadas han identificado las oportunidades tecnológicas y además el enorme impacto que pueden llegar a tenerlos los sectores económicos con mayores prestaciones eficiencia y nuevos servicios.

##### ***5.1.1.2.1. Inversión en el Sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador***

El Ministerio de Telecomunicaciones durante el año 2021 realizó diferentes gestiones de inversión, ejecutó ejes de acciones y potencializó varios proyectos de conectividad y desarrollo tecnológico en el país.

Para efectos de esta investigación se toma en cuenta los proyectos y acciones que tengan como fin mejorar y potencializar de la tecnología 4G, esto, debido a que dicha tecnología debe trabajar juntamente con 5G para cubrir zonas que no cuenten con el acceso a la red móvil.

Una de las acciones ejecutadas en el año 2021 fue ampliar la cobertura del Servicio Móvil Avanzado con el cual el MINTEL “busca contribuir fuertemente a la ampliación del SMA 4G, identificando las principales zonas a ser atendidas por los distintos planes y estrategias gubernamentales que se desarrollan”(MINTEL, 2022, p. 14).

A continuación, se muestran varias acciones y proyectos que están siendo ejecutados para la mejora de 4G, de acuerdo con (MINTEL, 2022):

**Tabla 15**

*Acciones ejecutadas por MINTEL para 4G*

<b>Año</b>	<b>Acciones del MINTEL</b>
<b>2021</b>	<p>Los prestadores del servicio móvil avanzado, tanto público como privado, (CNT, CONECEL, OTECEL), instalaron 47 sitios del SMA, destinados a ampliar la cobertura de telefonía móvil en localidades sin el servicio móvil, contribuyendo de esta manera, con la expansión de la cobertura del servicio, especialmente en las zonas rurales.</p> <p>Se repotenciaron 661 localidades con cobertura 4G, con el fin de mejorar la calidad del servicio y el acceso a Internet móvil en localidades que antes contaban únicamente con servicio 2G o 3G.</p>
<b>2022</b>	<p>Se continuará con la repotenciación de localidades con cobertura 4G, instalación de puntos WiFi, así como, se promoverá con los prestadores de servicio de telecomunicaciones, el despliegue de infraestructura para propender la cobertura en carreteras.</p>

Fuente:(MINTEL, 2022)

Por otro lado, la inversión privada será fundamental para el desarrollo de la tecnología ya que la evolución de 4G a 5G requiere de grandes inversiones, las empresas que quieran competir y ser parte de esta evolución deben poseer enormes cantidades de dinero.

El gobierno no tendría la capacidad económica para hacerse cargo de los proyectos que sean necesarios debido a que el estado puede usar el dinero para otros requerimientos que el país necesite como son salud y educación, es por esto por lo que empresas que tienen mercado en el país como CLARO, TELEFONICA y CNT deben realizar una inversión de capital alto si tienen la intención de generar nuevos servicios de telefonía para los usuarios.

#### ***5.1.1.2.2. Dimensionamiento y Cálculo de Gastos de Capital de las Redes 5G.***

De acuerdo con (ITU, 2018) “La instalación de células pequeñas en zonas urbanas con una elevada densidad de población puede constituir una oportunidad de inversión clave para los operadores móviles en la fase previa a la implantación de la 5G.” (p. 33)

A continuación, se presenta un modelo de dimensionamiento de la inversión que se requiere para la implementación de una red, en donde se consideran gastos de capital excluyendo tarifas de uso de energía eléctrica, arrendamiento de postes y el costo de mantenimiento de equipos. El dimensionamiento se basa en una zona de cobertura, densidad poblacional y una distancia entre antenas.

Se aplican a dos supuestos, a fin de estimar los gastos de implantación de una solución de células pequeñas conectada por fibra en un distrito comercial central: el primer supuesto se articula en torno a una ciudad grande y densa y el segundo a una ciudad pequeña y menos densa. En ambos casos, se asume que la ciudad presenta niveles avanzados de cobertura 4G de macrocélulas y que las características de la demanda de red son tales que los argumentos en favor de la inversión en células pequeñas basadas en 5G y conectadas por fibra resultan atractivos desde un punto de vista comercial (ITU, 2018)

- Supuesto 1 – Ciudad Grande con una elevada Densidad de población.

Para este ejemplo, se asume lo siguiente:

- Zona de cobertura urbana propuesta: 15 km<sup>2</sup>.
- Densidad de población de la zona de cobertura: 12 000 personas por km<sup>2</sup>.
- Distancia entre los emplazamientos de células pequeñas: 150 m.

**Tabla 16**

*Gastos de Capital Supuesto 1 – Ciudad Grande*

<b>Elementos</b>	<b>Valor</b>
Total de gastos de capital (en millones USD) = Número de emplazamientos de células pequeñas * Gastos de capital por emplazamiento	55,5
Número de emplazamientos de células pequeñas	1.027
Coste por <b>Km<sup>2</sup></b> (en millones USD) = Total de gastos capital / zona de cobertura urbana propuesta	3,7
Gastos de capital por emplazamiento (en miles USD)	54,1

Fuente:(ITU, 2018)

- Supuesto 2 – Ciudad pequeña con una densidad de población baja

Para este segundo supuesto, se asume lo siguiente:

- Zona de cobertura urbana propuesta: 3 km<sup>2</sup>.
- Densidad de población de la zona de cobertura: 3 298 personas por km<sup>2</sup>.
- Distancia entre los emplazamientos de células pequeñas: 200 m.

**Tabla 17***Gastos de capital Supuesto 2 – Ciudad pequeña*

<b>Elementos</b>	<b>Valor</b>
Total de gastos de capital (en millones USD) = Número de emplazamientos de células pequeñas * Gastos de capital por emplazamiento	6,8
Número de emplazamientos de células pequeñas	116
Coste por <b>Km<sup>2</sup></b> (en millones USD) = Total de gastos capital / zona de cobertura urbana propuesta	2,3
Gastos de capital por emplazamiento (en miles USD)	58,6

Fuente:(ITU, 2018)

En los ejemplos anteriores es importante indicar 2 aspectos que son importantes para poder comprender los valores resultantes:

- Primero, el supuesto que se lo denomina “Gran Ciudad” debido a que su referencia está basada en la mayor densidad de personas que existen por Km<sup>2</sup>. Así mismo, el supuesto “Ciudad pequeña” su referencia está basada en la menor densidad de personas que existen por Km<sup>2</sup>.
- Segundo, es importante mencionar el valor resultante del Total de Gastos de Capital es resultado de la operación entre el Número de emplazamientos de células multiplicado por Gastos de capital por emplazamiento para ambos ejemplos.
- Tercero, el Costo por Km<sup>2</sup> es igual a la operación entre el Total de gastos capital dividido entre el valor de la Zona de Cobertura urbana.

Ahora, tomando como referencia los parámetros que fueron establecidos en los ejercicios mostrados anteriormente, se va a establecer los ejemplos basados en datos más apegados a la realidad del país, es decir, tomando como referencias ciudades y población de

ciertas ciudades del país, para esto se va a establecer a Quito como ciudad densamente poblada y Tulcán como ciudad densamente menos poblada, esto va a permitir tener una idea más clara y real de la inversión de capital que se debe emplear para la implementación de la tecnología 5G en las ciudades que son tomadas de ejemplo.

- Ejemplo 1 - Ciudad Grande con una elevada densidad de población.

### **Ciudad: QUITO**

Se asume:

- Zona de cobertura urbana propuesta: 372.4 km<sup>2</sup>.
- Densidad de población de la zona de cobertura: 7469,5 personas por Km<sup>2</sup>.
- Distancia entre los emplazamientos de células pequeñas: 150 m.

### **Tabla 18**

*Gastos de capital al Ejemplo 1 - QUITO*

<b>Elementos</b>	<b>Valor</b>
Total de gastos de capital = Número de emplazamientos de células pequeñas * Gastos de capital por emplazamiento	30'810.000 (USD)
Número de emplazamientos de células pequeñas	1.027
Coste por <b>Km<sup>2</sup></b> = Total de gastos capital / Zona de cobertura urbana propuesta	82.733 (USD)
Gastos de capital por emplazamiento	30.000 (USD)

Fuente: (Creación Propia)

- Ejemplo 2 – Ciudad pequeña con una densidad de población baja.

### Ciudad: TULCÁN

Se asume:

- Zona de cobertura urbana propuesta: 138.8 km<sup>2</sup>.
- Densidad de población de la zona de cobertura: 4026,68 personas por Km<sup>2</sup>.
- Distancia entre los emplazamientos de células pequeñas: 200 m.

**Tabla 19**

*Gastos de capital al Ejemplo 1 - TULCÁN*

Elementos	Valor
Total de gastos de capital (en millones USD) =	3'480.000 (USD)
Número de emplazamientos de células pequeñas *	
Gastos de capital por emplazamiento	
Número de emplazamientos de células pequeñas	116
Coste por <b>Km<sup>2</sup></b> = Total de gastos capital / Zona de cobertura urbana propuesta	25.072 (USD)
Gastos de capital por emplazamiento	30.000 (USD)

Fuente: (Creación Propia)

#### 5.1.1.3. Eje 3: Despliegue de las Redes 5G.

Tal como ha pasado en transiciones anteriores de las tecnologías móviles, el despliegue e instalación de la nueva tecnología será progresiva, por lo que este eje de acción se centra en conocer el estado actual de la infraestructura de redes móviles instaladas y como está servirá

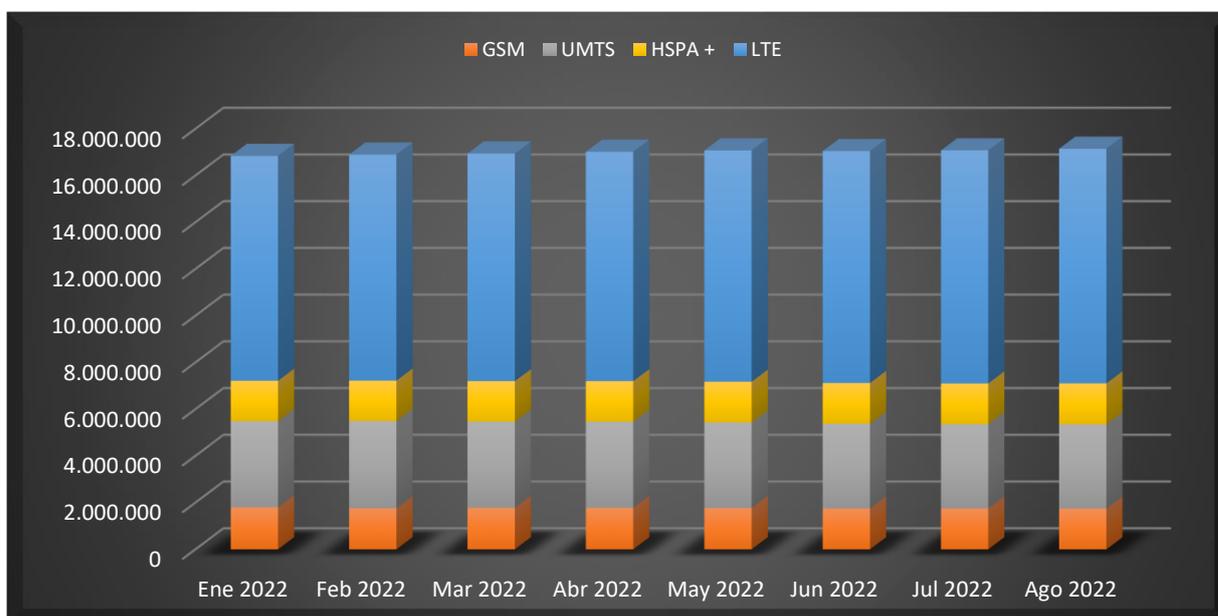
como base para el inicio de la red 5G e identificar casos de uso de como esta nueva red podrá beneficiar a los sectores productivos del país.

#### 5.1.1.3.1. Convivencia de 5G con Tecnologías Anteriores.

Sabiendo que en algunos sitios del mundo no existe cobertura 4G o no se ha implementado, entonces estas dos tecnologías necesariamente deben coexistir ya que, si bien es cierto la 5G, tiene alcance limitado, pero trabaja a velocidades de hasta 10 Gbps desde una estación base a 200 metros. Es decir, que para una conexión en carretera o rural esta tecnología no sería la adecuada con referencia al costo principalmente. Dando lugar a que 4G se siga manteniendo en estas zonas, por su mayor distancia de cobertura.(Buenaño & Terán, 2020)

**Figura 37**

*Evolución de Líneas activas por Tecnología 2022*



Fuente:(ARCOTEL, 2022e)

De acuerdo con datos de la ARCOTEL, en la Figura 40, durante el periodo comprendido entre enero 2022 a agosto 2022, se puede observar que aún existen usuarios que mantienen sus líneas activas con tecnologías como UMTS y HSPA+ de Tercera Generación

con 5'362.865 de líneas activas y además líneas activas con la tecnología GSM de Segunda Generación con 1'747.993 con corte en el mes de agosto de 2022.

Evidentemente estas últimas tecnologías no tienen un número alto en las estadísticas en comparación con 4G, pero este número representan un pequeño grupo de usuarios que aún se han mantenido usando este tipo de tecnología lo que se interpreta como

De acuerdo con las estadísticas mostradas en la Figura 10, se puede entender que aún existen usuarios que mantienen sus líneas activas con tecnologías anteriores como 3G e inclusive 2G. Evidentemente estas últimas tecnologías no tienen un número alto en los datos en comparación con 4G, pero este número representan un pequeño grupo de usuarios que a pesar del desarrollo tecnológico se han mantenido usando este tipo de tecnología.

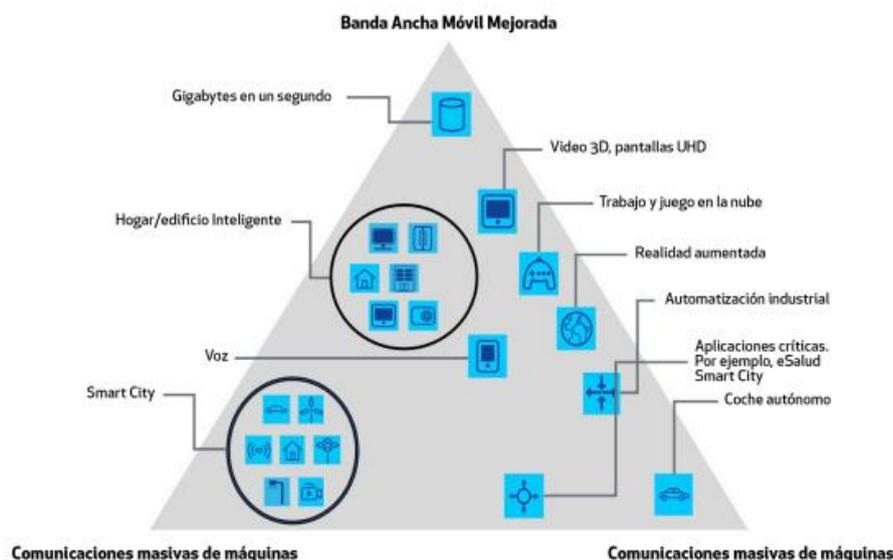
Eso significaría que con la llegada de la tecnología 5G, las tecnologías anteriores seguirán su funcionamiento, mientras los usuarios mantengan sus líneas activas por lo menos en un corto plazo o hasta que tengan la posibilidad de migrar a nuevas tecnologías adquiriendo equipos que soporten redes móviles más recientes.

#### ***5.1.1.3.2. Impacto del 5G en Sectores Productivos***

El potencial de 5G no se limita a los casos de uso o producciones existentes, sino que abre un mundo de oportunidades en las más diversas industrias. Cada día siguen apareciendo nuevos ejemplos de aplicación de la tecnología 5G en todo el mundo, por lo cual se debe incentivar y promover la innovación tecnológica dentro de las nuevas industrias que pueden ser potenciadas.

## Figura 38

### Escenarios de Uso 5G



Fuente:(Cerezo et al., n.d.)

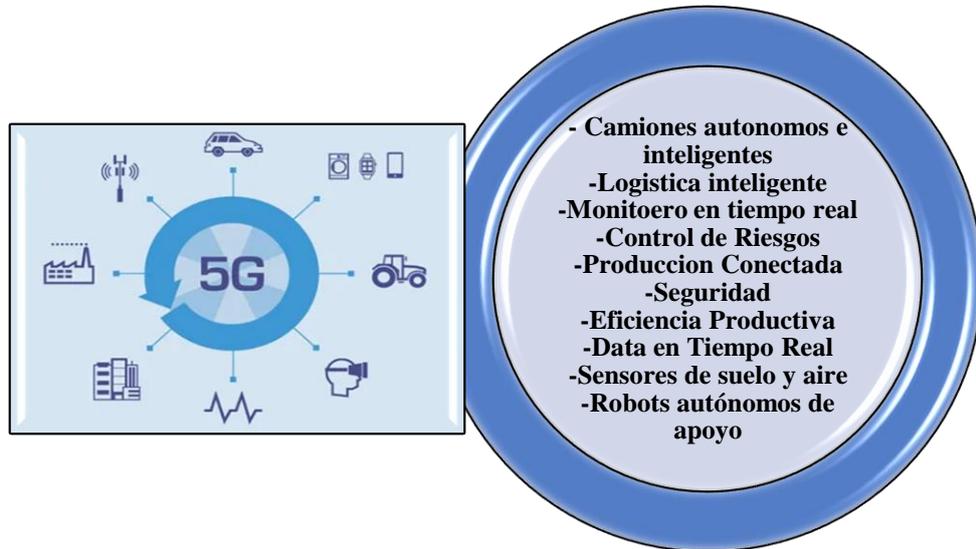
A continuación, se muestran varios casos de usos que permitirá identificar como el 5G potenciará a cada industria en particular, para tener claro el impacto y potencial que puede tener el despliegue de esta nueva tecnología y que además permitirá sacar el mayor provecho en la productividad de cada sector productivo.

- **Petróleo y Minería**

La industria petrolera y minera en Ecuador es uno de los sectores relevantes para la generación de empleo y representa un importante porcentaje del PIB del país. La necesidad de contar con procesos más eficientes, productivos y generadoras de valor, así como la interacción con diversas industrias, aumentan el atractivo y casi todos los clusters identificados podrían verse beneficiados de esta industria.(San Martín, 2020)

### Figura 39

*Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Petróleo y Minería*



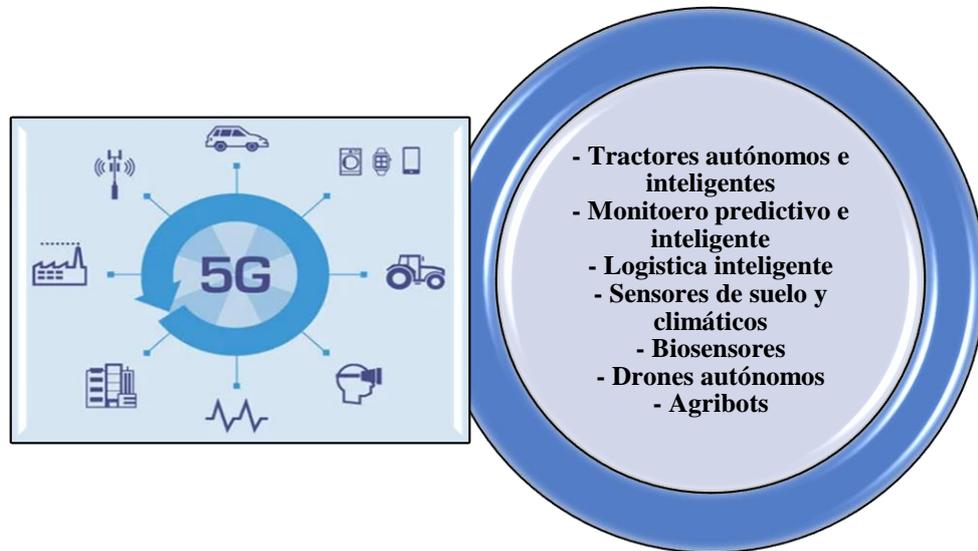
Fuente:(San Martín, 2020)

- **Agricultura**

El sector agrícola y pesca es muy importante para el desarrollo de zonas rurales y representa cerca del 9% del PIB de Ecuador, por lo que revierte importancia el proveer apoyo flexible hacia las empresas procesadoras de alimentos, así como proveedores de equipamiento agrícola y pesquero, entre otros actores, para hacer uso de tecnologías que requieran de baja latencia, gran uso de datos y/o alta velocidad.(San Martín, 2020)

## Figura 40

*Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Agricultura*



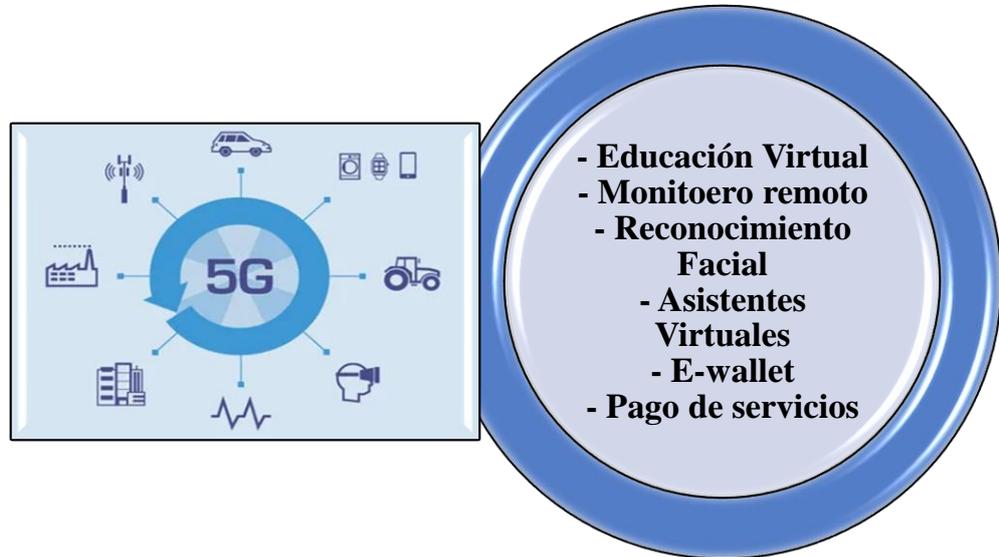
Fuente:(San Martín, 2020)

- **Servicios Financieros.**

El sector agrícola y pesca es muy importante para el desarrollo de zonas rurales y representa cerca del 9% del PIB de Ecuador, por lo que revierte importancia el proveer apoyo flexible hacia las empresas procesadoras de alimentos, así como proveedores de equipamiento agrícola y pesquero, entre otros actores, para hacer uso de tecnologías que requieran de baja latencia, gran uso de datos y/o alta velocidad.(San Martín, 2020)

## Figura 41

*Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Servicios Financieros*



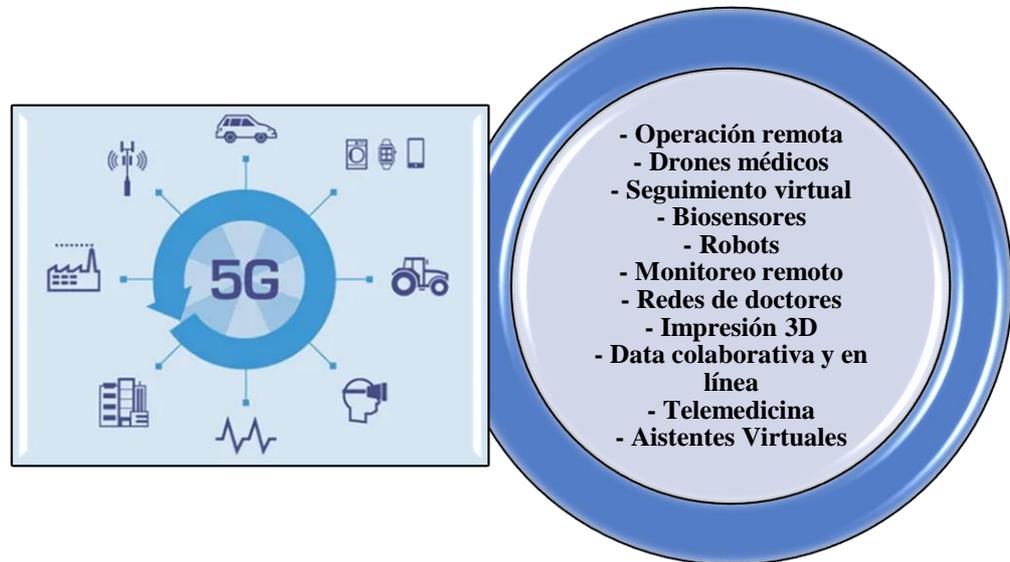
Fuente:(San Martín, 2020)

- **Servicio Social y Salud**

La industria de la salud es relevante para la economía ecuatoriana representando cerca del 9% del PIB del país. Ecuador podría beneficiarse del 5G una vez que el uso del big data, analítica, cloud, etc. logren garantizar la privacidad y seguridad de los pacientes. La aplicación de tecnologías móviles como 5G ayudarán a asistencia y monitoreo remotos, operaciones virtuales, entre muchos otros, pero esto debe ir acompañado de planes educativos a nivel local y regional, en especial hacia consultorios y/o centros de salud donde se podría obtener un mayor provecho de 5G.(San Martín, 2020)

**Figura 42**

*Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Servicio Social y Salud*



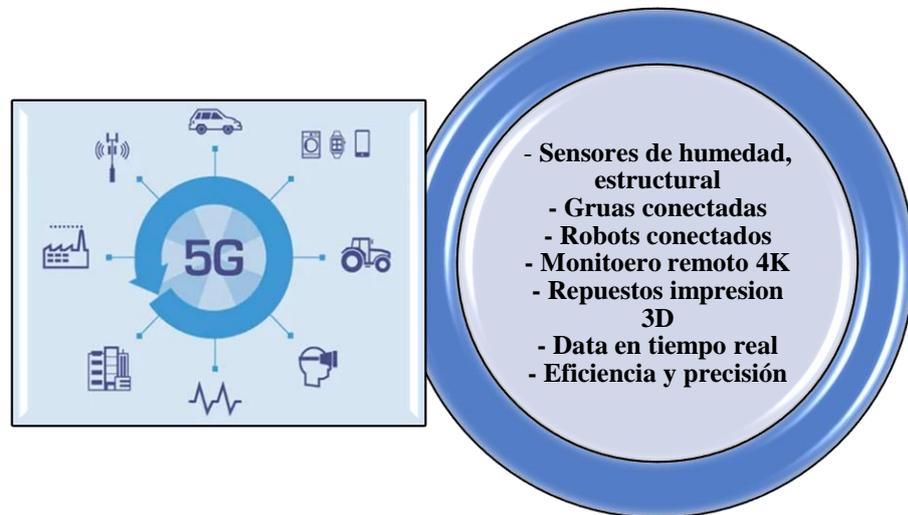
Fuente:(San Martín, 2020)

- **Manufactura y Construcción**

El grado de industrialización de las fábricas en Ecuador es relativamente bajo (capacidad de producción masiva y de escala global), pero la manufactura y construcción son sectores que en su conjunto contribuyen a casi un cuarto del PIB nacional. El apoyo esperado sería hacia servicios, aplicaciones o plataformas que permitan “conectarse” a otros dispositivos o redes, o que ayuden a hacer más eficientes los procesos productivos (máquinas flexibles, robotizadas).(San Martín, 2020)

### Figura 43

*Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Manufactura y construcción*



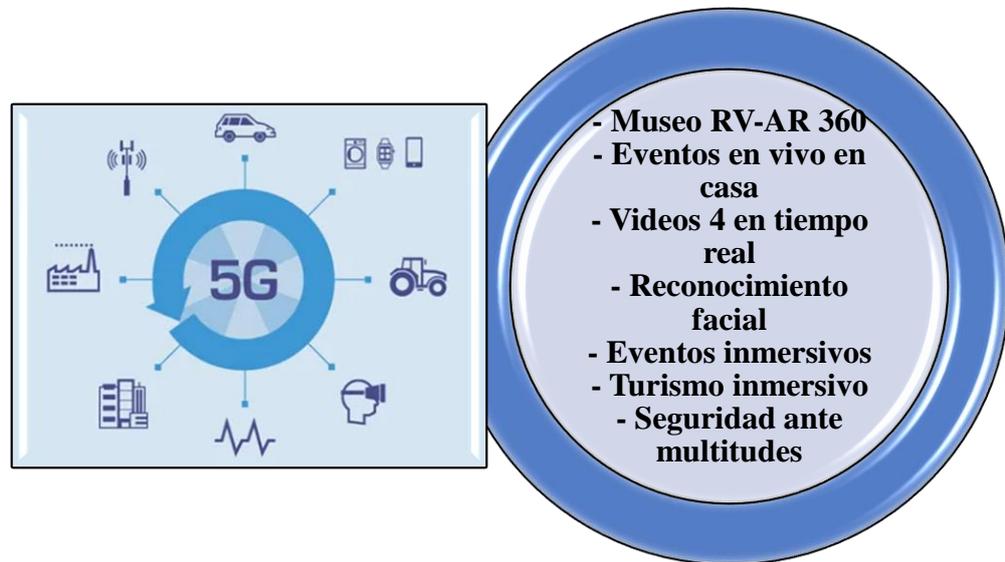
Fuente:(San Martín, 2020)

- **Entretenimiento, Turismo y Eventos**

Si bien la industria de entretenimiento es la que mayor atrae en los inicios de despliegue de 5G, el aplicar dicha tecnología a eventos masivos, interactivos, remotos, así como el turismo virtual (por ejemplo, Galápagos) representan un potencial en cuanto a las plataformas digitales y aplicaciones que permitan conocer el lugar del evento antes de experimentarlo, o vivir la experiencia del evento sin correr el riesgo de multitudes o robos. La generación de contenido puede ofrecer servicios en tiempo real, como por ejemplo en eventos masivos poder ofrecer reconocimiento facial para lo que se requiere baja latencia en ambos terminales de la conexión.(San Martín, 2020)

## Figura 44

*Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Entretenimiento, Turismo y Eventos*



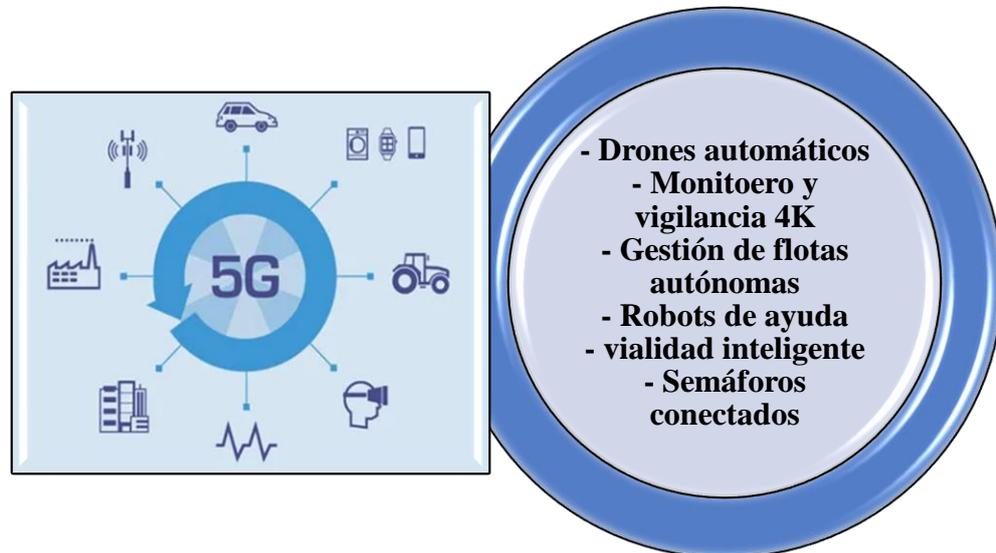
Fuente:(San Martín, 2020)

### • Transporte y Logística

Aprovechar la conectividad portuaria incluyendo seguridad, monitoreo, grúas autónomas, logística, reducción de tiempo de tránsito en puerto, puede ser una gran oportunidad para explotar en el futuro cercano. Se necesitan incentivos que permitan realizar alianzas con países que ya han implementado tecnología flexible y de monitoreo que ayuden a la trazabilidad del bien transportado. Asimismo, debe considerarse el uso más intensivo de (flotas de) drones – autónomos - que ayuden a labores de rescate, misión crítica en zonas de difícil acceso, por ejemplo.(San Martín, 2020)

## Figura 45

*Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Transporte y Logística*



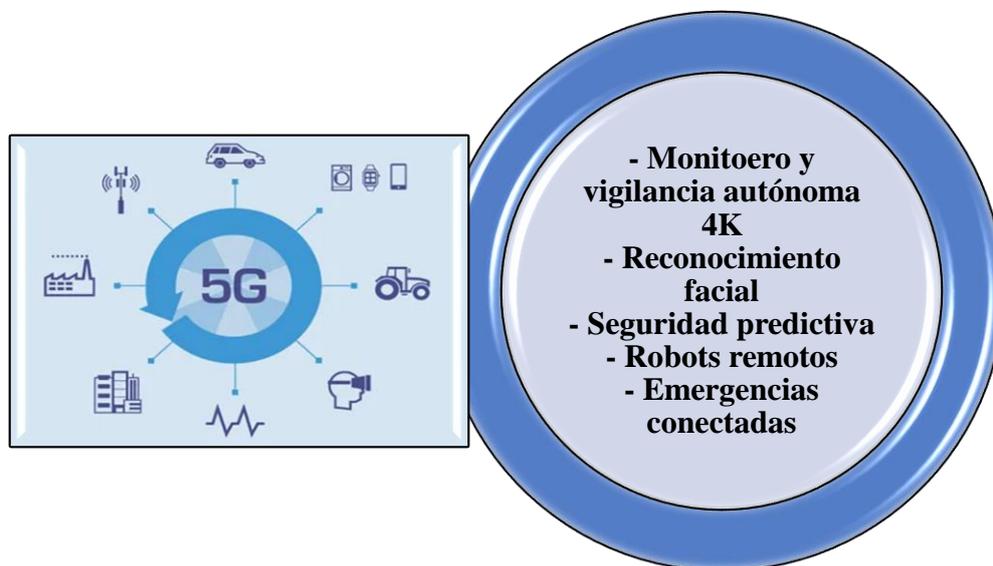
Fuente: (San Martín, 2020)

- **Seguridad Pública**

Si bien existe tecnología móvil implementada en ciertas zonas de Ecuador, no se percibe aún el beneficio de la interconectividad entre los distintos sistemas de monitoreo y seguridad. Es vital que se genere el incentivo a desarrolladores, programadores que logren conectar lo que aún no está conectado, semáforos conectados con ambulancias y bomberos, aluviones conectados con comunidades cercanas, sistemas combinados de transporte (Uber, por ejemplo) y muchos otros que aún faltan por conectar. (San Martín, 2020)

## Figura 46

### *Casos de uso de la tecnología 5G con la Industria: Seguridad Pública*



Fuente:(San Martín, 2020)

Como se pudo observar en los casos de uso de los sectores productivos del país expuestos anteriormente, la tecnología 5G promete una gran cantidad de posibilidades de mejoras, así como la modernización de las industrias y sistemas existentes, además de producir impacto tecnológico dentro de la sociedad y sectores estratégicos, lo que se traduce en mayor productividad y mayor empleo.

#### **5.1.1.4. Eje 4: Marco Regulatorio y Administrativo para el Despliegue de la Tecnología 5G.**

El desarrollo del 5G deberá venir acompañado de medidas regulatorias que favorezcan el despliegue a la vez que se garantiza que los servicios cumplen con los requisitos en lo relativo a seguridad, fiabilidad, privacidad, rendimientos y capacidades de transmisión. Por lo que con este eje de acción pretende proporcionar las reglas, normas y políticas legales necesarias para los actores claves tanto en el despliegue como en la administración de la nueva tecnología.

**5.1.1.4.1. Políticas Públicas que debe Considerar el Gobierno para Promover el Despliegue de 5G.**

De acuerdo con la UIT, los puntos más relevantes que debe considerar un gobierno para promover el despliegue de tecnologías 5G son los siguientes:

**Tabla 20**

*Políticas Públicas*

<b>Política por aplicar</b>	<b>Actividades de la política</b>
Caso de Inversión	Evaluación Económica de factibilidad de desplegar 5G
Estrategias para 4G	Aumentar disponibilidad y calidad de 4G mientras se despliega 5G
Armonización de Espectro	Asignar bandas de espectro para 5G globalmente armonizadas.
Compartición de espectro	Maximizar el uso en beneficio de zonas rurales.
Precio del espectro	Procedimientos de premiación de espectro que favorezcan la inversión.
Incentivos para Fibra Óptica	Estimular la inversión de fibra óptica mediante subsidios de inversión.
Impuesto a la Fibra Óptica	Considerar disminuir impuestos o costos asociados al despliegue de fibra.
Cobre a Fibra	Incentivos y políticas que fomenten la migración de cobre a Fibra Óptica
Acceso infraestructura pasiva	Dar acceso a postes, ductos, semáforos a las operados para instalación de celdas.
Acuerdos permisos	Estandarizar acuerdos de permiso para reducir tiempo de despliegue de la red móvil.
Tests 5G	Estimular pruebas piloto, tests y casos de uso de 5G para comprender el mercado.

Fuente:(San Martín, 2020)

Considerando la dimensión geopolítica de Ecuador, parece ser necesario segmentar el despliegue de 5G: inversión privada, inversión público-privada e inversión pública. Al diseñar políticas públicas reguladas en torno a la tecnología 5G se deben tener en cuenta los siguientes puntos claves:

- Estimular la innovación;
- Maximizar el uso del espectro; deben existir políticas flexibles;
- Profundizar en ofertas de subsidios y fomento a la creatividad, innovación y desarrollo de nuevos negocios tecnológicos;
- Mantener un horizonte despejado en cuanto a seguridad y privacidad.

#### ***5.1.2. Análisis de Patrones de Factibilidad para 5G en el Ecuador.***

El proceso de factibilidad ayuda a determinar si existe la posibilidad de llevar a cabo la instalación y despliegue de la tecnología 5G en el país tomando en determinados parámetros que permitan valorar si procede a la implementación.

Los datos, estadísticas, esquemas, información obtenida previamente en la presente investigación servirán de base para identificar los patrones principales para ser analizados de acuerdo con la situación tecnología actual del país.

##### **5.1.2.1. Factibilidad Técnica.**

Se conoce que la tecnología 5G ya está disponible de manera comercial en varios países del mundo, mientras que en el Ecuador aún se han realizados pruebas de funcionamiento, por lo que se espera que, con el inicio y renovación de las concesiones del espectro radioeléctrico en el año 2023 anunciadas por la ministra de Telecomunicaciones, esto sea el primero paso para la empezar con la implementación de la tecnología 5G en el País.

La infraestructura de telefonía móvil instalada en el país servirá como base ya que permitirá el proceso de transición hacia 5G, pero si es importante la repotenciación de la tecnología 4G y poder llegar al 100% de cobertura en el país.

Asimismo, como se ha mencionado en capítulos anteriores, muchos usuarios aun operan con tecnologías 3G y 2G, lo cual debe ser tomando en cuenta para el proceso de migración y se deben ejecutar acciones que permitan a los usuarios irse familiarizándose con las nuevas tecnologías móviles con el fin de que las redes que han funcionado por más de 20 años sean desmontadas.

#### **5.1.2.2. Factibilidad Económica.**

Los servicios y utilidades que se pueden generar con la tecnología 5G son innumerables, sin embargo, la red en su máxima capacidad requiere un despliegue muy complejo de implementar y mantener por sus altos costos. Esto implica una fuerte inversión no solo de las operadoras que se sumen al despliegue de la red, sino que además la inversión debe hacerse por parte de los usuarios, esto debido a que si se requiere acceder a los servicios de 5G deberá adquirir un dispositivo móvil que pueda tener acceso a esta red, así también las operadoras deberán generar planes y costos de teléfonos celulares acordes a la economía de los usuarios si pretenden poder recuperar el presupuesto invertido en la implementación de 5G.

Además, si se toma en cuenta un despliegue masivo de dispositivos IoT, los precios pueden subir de modo significativo debido a la gran cantidad de celdas que deben ser instaladas para poder cubrir la gran cantidad de datos que serán transmitidos a la vez y conjuntamente se deben adquirir los dispositivos receptores que sería un costo extra.

Por su contraparte el desplegar la red 5G en zonas con alta demanda de usuarios como son las ciudades principales del país, puede generar un beneficio económico importante debido a que atraerá nuevas inversiones de negocio.

### **5.1.2.3. Factibilidad Legal.**

Como se mencionó dentro del Título Marco Legal, las leyes que rigen las telecomunicaciones en el País, las cuales conjuntamente con los entes reguladores de las telecomunicaciones en el país como lo son el MINTEL que tiene como objetivo promover el acceso a la tecnología y promover la conectividad, y por otro lado la ARCOTEL que busca regular el uso del espectro radioeléctrico y los servicios de telecomunicaciones, se puede prever que la tecnología 5G no tendrá mayores inconvenientes en la parte legal debido a que todas las partes están comprometidas a generar reglamentos y disposiciones que sean necesaria para la puesta en marcha de la nueva red.

## **5.2. Ventajas y Desventajas de 5G**

Sin duda alguna la tecnología 5G traerá varios beneficios como mejores rendimientos de red, mayores velocidades, grandes capacidades de procesamiento de datos y el uso de múltiples servicios como en el caso del IoT, entre otros, sin embargo, consigo acarrearía una serie de dificultades e inconvenientes, tanto en la instalación y despliegue, así como también dificultades para el usuario.

A continuación, se muestran las ventajas y Desventajas de la tecnología 5G.

### **5.2.1. Ventajas**

- Las redes 5G desplegadas ofrecen más velocidad y más capacidad para las comunicaciones masivas de máquina a máquina y la prestación de servicios de baja latencia (retardo) y alta fiabilidad para aplicaciones en las que el tiempo es un factor crítico.(ITU, 2022)
- Mayor Velocidad de descarga, la red 5G tiene la capacidad de aumentar la velocidad de descarga hasta 20 veces (de 200 Mbps que tiene el 4G hasta 10 Gbps

del 5G) y disminuye la latencia o tiempo de respuesta entre dispositivos.(Mondragón, 2021)

- Abre otra nueva era y sirve de soporte a aplicaciones para hogares y edificios inteligentes, ciudades más inteligentes, coches autónomos y mayor seguridad en las carreteras, otros sistemas de transporte inteligentes, vídeo 3D, trabajar y jugar en la nube, servicios médicos a distancia, realidad virtual y aumentada, y comunicaciones masivas de máquina a máquina para la automatización industrial y la fabricación.(Mondragón, 2021)

### ***5.2.2. Desventajas***

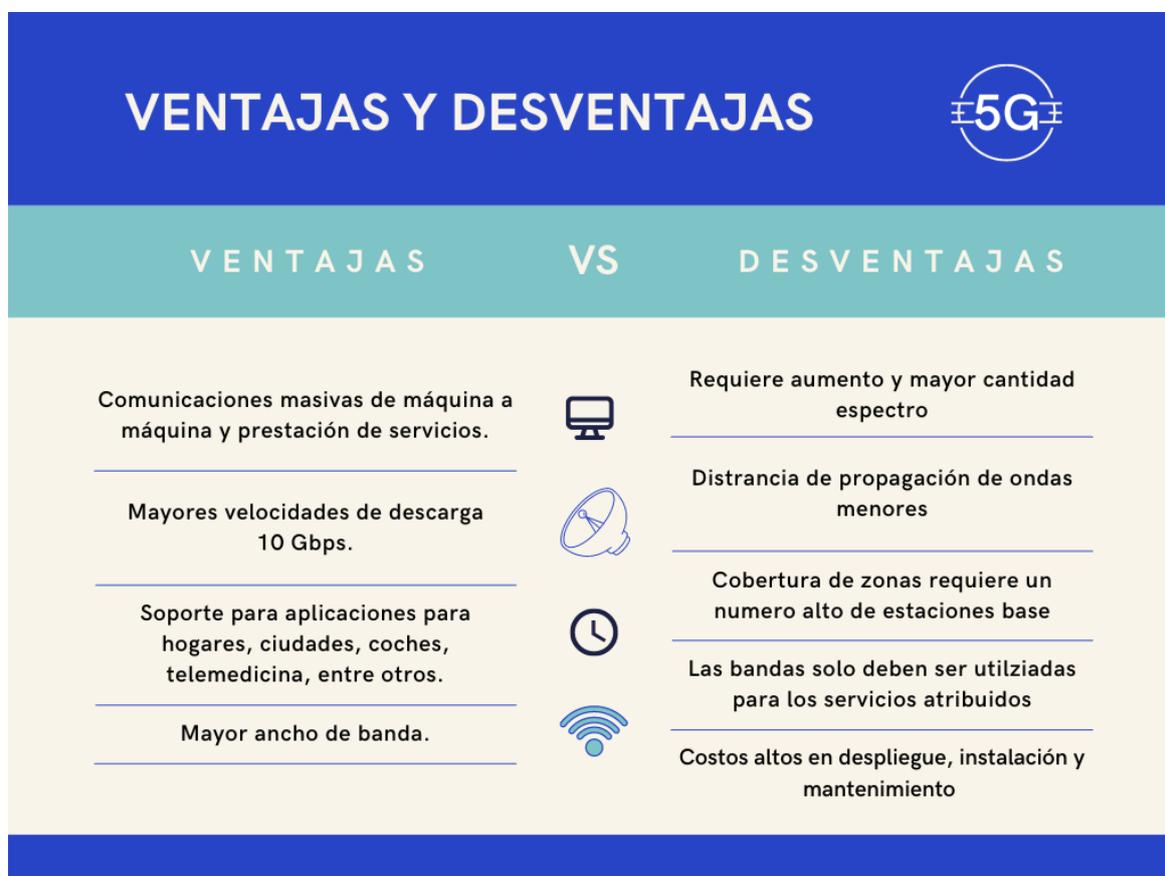
- El aumento de la capacidad y de las velocidades de datos de la 5G requiere más espectro y tecnologías capaces de utilizar este recurso de una forma mucho más eficiente, excediendo así los requisitos de los sistemas 3G y 4G.(ITU, 2022)
- Parte de este espectro adicional procederá de bandas de frecuencias por encima de 24 GHz, lo que plantea retos considerables; las características de propagación intrínsecas de esta parte del espectro (las ondas milimétricas). Estas ondas radioeléctricas se propagan a distancias mucho más cortas que las de las bandas de frecuencias medias (entre 1-6 GHz) y bajas (por debajo de 1 GHz). (ITU, 2022)
- La cobertura de una zona determinada requerirá un número mucho mayor de estaciones base, lo que aumentará la complejidad de la infraestructura, incluida la necesidad de desplegar equipos radioeléctricos en instalaciones callejeras como semáforos, farolas, postes de luz, postes de electricidad y fuentes de suministro eléctrico.(ITU, 2022)
- El espectro es un recurso escaso y muy valioso, objeto de una intensa y creciente competencia en los planos nacional, regional e internacional. Dado que el espectro radioeléctrico se divide en bandas de frecuencias atribuidas a diferentes servicios

de radiocomunicaciones, estas bandas sólo deben ser utilizadas por los servicios a los que están atribuidas y que cumplan las condiciones técnicas establecidas, a saber, que puedan coexistir sin crear interferencia perjudicial a los servicios adyacentes.(ITU, 2022)

- Es preciso adoptar y aplicar regulaciones nacionales e internacionales a escala mundial, a fin de evitar la interferencia entre las tecnologías 5G y estos servicios, crear un ecosistema móvil viable para el futuro y, al mismo tiempo, fomentar la reducción de precios mediante economías de escala del mercado mundial.(ITU, 2022)
- Se requiere un trabajo considerable para implementar servicios y redes de fibra óptica para poder asegurar la disponibilidad y transmisión de la gran cantidad de datos que se pueden generar en las redes.
- El despliegue, instalación y mantenimiento de las redes 5G requiere de una gran inversión de dinero por parte del gobierno y las operadoras que pretendan ingresar al mercado con esta nueva tecnología, además, los usuarios deberán adquirir o reemplazar sus dispositivos móviles para poder hacer uso de los servicios de la red 5G.

**Figura 47**

*Cuadro comparativo de Ventajas y Desventajas de la tecnología 5G*



Fuente: (Creación Propia)

## CONCLUSIONES

- El camino hacia la implementación de la tecnología 5G en el Ecuador es a largo plazo, por la gran cantidad de requerimientos técnicos e inversión económica que se requiere, por lo que el inicio de operaciones podría darse mediante planes piloto de despliegue en las ciudades más importantes del país.
- Al considerar la gestión del espectro radioeléctrico como parte de uno de los sectores estratégicos del estado que son las telecomunicaciones, se debe controlar, gestionar y negociar de manera que pueda ser concesionado en un 100% y al mismo tiempo fomentar el crecimiento y desarrollo de nuevas tecnologías para el país.

- La tecnología 4G está presente en muchas zonas del país llegando al 76% de cobertura, lo que denota que se debe mejorar, optimizar e impulsar acciones que permitan consolidar esta tecnología. Así como también, realizar mayor despliegue las redes de fibra óptica, esto con el objetivo de poder proporcionar un soporte de conectividad de altas velocidades y manejo de gran volumen de información(datos).
- La llegada de la red 5G es casi inminente al país para su uso comercial, pero esto no significa el final de las tecnologías anteriores como 2G, 3G y 4G; al contrario, todas las tecnologías deben coexistir entre sí para seguir brindando el servicio de telefonía y datos móviles a muchos usuarios que aún mantienen el uso de líneas activas con dichas tecnologías como especialmente en las zonas rurales de la costa, sierra, oriente e insular.
- Las estrategias del modelo de gestión propuestas en este trabajo servirán de guía para futuras investigaciones afines a las tecnologías móviles, ya que cada uno de los ejes de acción como son: Adjudicación y Asignación del Espectro, Inversiones y Presupuesto, Despliegue de la Red 5G, y Marco Regulatorio y Administrativo, se centran en poder conseguir los objetivos específicos e identificar las herramientas que sean necesarios para ejecutar las pautas o acciones que se requieran para la implementación de la tecnología 5G.

### **RECOMENDACIONES**

- Sería importante la ejecución de planes y estrategias de migración, y políticas de socialización que permita a los usuarios tener el acceso y conozcan las ventajas de las tecnologías móviles actuales como 4G, de tal forma que la implementación de 5G traiga un impacto tecnológico y económico progresivo en el Ecuador.

- Se debe considerar que todas las acciones, estrategias y planes que se pongan en marcha para el desarrollo de la tecnología 5G, deben ir de la mano tanto las normativas y recomendaciones generadas por la UIT, así como de las políticas y regulaciones que establezcan el MINTEL y la ARCOTEL como entes que manejan el sector de las telecomunicaciones en el país.
- Será conveniente que, para futuras investigaciones afines con el presente trabajo, se ejecute una actualización de estadísticas que registra la ARCOTEL con respecto al Servicio Móvil Avanzado (SMA) en el país, debido a que los datos se actualizan trimestralmente, lo que resultaría en escenarios más apegados a la realidad del país.

### **BIBLIOGRAFÍA**

5G Americas. (2019). *ESPECTRO PARA 5G: BANDA 3,5 GHZ EN AMÉRICA LATINA*.

<https://brechacero.com/wp-content/uploads/2019/06/3.5-GHz-esp-ok.pdf>

5G Americas. (2022a). *Panorama del Espectro de Bandas Medias para Redes Móviles en América Latina*.

5G Americas. (2022b). *Cellular Communications in a 5G Era*.

ARCOTEL. (2018). Boletín Estadístico IV Trimestre 2018. *Boletín Estadístico*.

[https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Diciembre-2018-v4\\_4.pdf](https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BOLETIN-ESTADISTICO-Diciembre-2018-v4_4.pdf)

ARCOTEL. (2020). INFRAESTRUCTURA Y COBERTURA. *Boletín Estadístico Trimestral*,

2020-02. <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BoletinEstadistico-May2020-SMA-CoberturaInfraestructura.pdf>

ARCOTEL. (2021a). *Plan Nacional de Frecuencias*.

*Plan Nacional de Frecuencias*, (2021) (testimony of ARCOTEL).

ARCOTEL. (2021b). PARTICIPACIÓN DE MERCADO E ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES. *BOLETÍN ESTADÍSTICO TRIMESTRAL*, 2021-04, 07-08.

ARCOTEL. (2022a, March). *Radiobases por operador y tecnología nivel provincial*.  
[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F05%2F1.2-Radiobases-por-operador-y-tecnologia-nivel-provincial\\_mar-2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F05%2F1.2-Radiobases-por-operador-y-tecnologia-nivel-provincial_mar-2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)

ARCOTEL. (2022b). *Evolución de Tecnología por Prestadora*.  
[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F05%2F1.1.3-Lineas-activas-por-tecnologia\\_mar-2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F05%2F1.1.3-Lineas-activas-por-tecnologia_mar-2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)

ARCOTEL. (2022c, April). *Evolución Tecnológica*.  
[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F05%2F1.1.3-Lineas-activas-por-tecnologia\\_mar-2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F05%2F1.1.3-Lineas-activas-por-tecnologia_mar-2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)

ARCOTEL. (2022d). *Lineas activas por servicio y Densidad*.  
[https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F05%2F1.1.1-Lineas-activas-por-servicio\\_y\\_Densidad\\_abr-2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.arcotel.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F05%2F1.1.1-Lineas-activas-por-servicio_y_Densidad_abr-2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK)

ARCOTEL. (2022e). *Líneas Activas por Tecnología y Prestador*.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (O. Fernández, Ed.; 3rd ed.). Prentice Hall.

- Buenaño, S., & Terán, D. (2020). *Estudio de la Infraestructura y el Espectro Radioeléctrico para la implementación de la Tecnología 5G en las ciudades de Quito y Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Cerezo, J., Cerezo, P., Fontán, E., Jiménez, M., & del Castillo, I. (n.d.). El Impacto del 5G. *Evoca Comunicación e Imagen: Cuadernos de Tecnología*. Retrieved July 20, 2022, from <https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/>
- Dahlman, E., Parkvall, S., & Sköld, J. (2018). *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology* (Primera). ELsevier. <https://learning.oreilly.com/library/view/5g-nr-the/9780128143247/xhtml/chp001.xhtml#st0025>
- Dávalos, N. (2021, August 23). El despliegue de la red 5G se estanca en la región por la pandemia de Covid-19. *PRIMICIAS*. <https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/despliegue-conexion-estanca-pandemia-covid/>
- Dirección General de Política Económica y Empresarial. (n.d.). Uso de dispositivos móviles (teléfonos móviles, “smartphones”, “ebooks”, GPS y “tablets”). *Acércate a Las TIC*. Retrieved May 9, 2022, from <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/48F9746B-080C-4DEA-BD95-A5B6E01797E1/315641/7Usodedispositivosmoviles.pdf>
- El Universo | Economía. (2021, February 9). *Ecuador aún mira de lejos la implementación de la tecnología 5G*.
- GSA. (2021). *5G Market Snapshot 2021 – end of Year*. <https://gsacom.com/paper/5g-market-snapshot-2021-end-of-year/>

- GSMA. (2017a). *5G, Internet de las cosas (IoT) y Accesorios tecnológicos ¿Cómo afectan los nuevos usos de las tecnologías inalámbricas a las emisiones electromagnéticas.*  
www.gsma.com
- GSMA. (2017b). *La serie CMR Banda L: el rango IMT de 1500 MHz.*
- GSMA. (2019, July). *Espectro 5G Posición de política pública de la GSMA.*
- GSMA. (2020a). *5G y el Rango 3,3-3,8 GHz en América Latina.*
- GSMA. (2020b). *5G y el Rango 3,3-3,8 GHz en América Latina.*  
<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2020/11/5G-and-3.5-GHz-Range-in-Latam-Spanish.pdf>
- Gualda, J. (2016). *Estudio de la arquitectura de protocolos de LTE* [Universidad Politécnica de Catalunya]. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/98231/pfc\\_build.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/98231/pfc_build.pdf)
- ITU. (2018). *Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos.*
- ITU. (2022, April). *5G – Quinta generación de tecnologías móviles.* Documentos de Antecedentes. <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>
- Kavanagh, S. (2020, March 3). *Que es 5G New Radio (5G NR).* <https://5g.co.uk/guides/what-is-5g-new-radio/>
- Khuntia, M., Singh, D., & Sahoo, S. (2021). *Impact of Internet of Things (IoT) on 5G* (p. 36). [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6202-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6202-0_14)
- MINTEL. (2016). *Ian Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021.*

- MINTEL. (2022). Rendición de Cuentas 2021. *Rendición de Cuentas*.  
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/RENDICION-DE-CUENTAS-2021-D.pdf>
- Mondragón, E. (2021, August 18). *Ventajas y desventajas de la tecnología 5G*. BBVA Suiza.  
<https://www.bbva.ch/noticia/ventajas-y-desventajas-de-la-tecnologia-5g/>
- Neill, D. A., & Cortez Suárez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. UTMACH.
- Peña, A., & Herrera, L. (2021). Indicadores de tecnología de la información y comunicación. *Encuesta Nacional Multipropósito de Hogares (Seguimiento al Plan Nacional de Desarrollo, 04–2021)*. [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
- Remmert, H. (2021, March 19). *¿Qué es la arquitectura de red 5G?* Sitio Web DIGI International. <https://es.digi.com/blog/post/5g-network-architecture>
- Remmert, H. (2022, May 4). *LTE vs. 5G: ¿Cuál es la diferencia?* Sitio Web DIGI International. <https://es.digi.com/blog/post/lte-vs-5g>
- Sacristán, L. (2022, September 26). *Todo preparado para subastar la banda de 26 GHz: habrá 12 concesiones estatales y 38 autonómicas*. Xataka Móvil.
- San Martín, J. (2020, October). *Impacto en la productividad por el uso de tecnologías 5G en Ecuador*. ITU. [https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/20210218\\_Impacto-de-5G-en-Industrias-Ecuador-Rev-F-1.pdf](https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/20210218_Impacto-de-5G-en-Industrias-Ecuador-Rev-F-1.pdf)
- San Martín, J. (2020). Impacto en la productividad por el uso de tecnologías 5G en Ecuador. In *Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)*.
- Sitio Web 3GPP. (2022). *ABOUT RELEASES*. <https://www.3gpp.org/>

Sitio Web ARCOTEL. (n.d.). *Servicio Móvil Avanzado*. Retrieved May 5, 2022, from <https://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado/>

Sitio Web CLARO. (2022). *Cobertura*. <https://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

Sitio Web CNT. (2022, June 20). *Visor Geográfico de Servicios*. <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-75.39752,-2.08035,9>

Sitio Web MINTEL. (2021, January 28). *Ecuador recibe la valoración de las bandas 2.5 GHz y 700 MHz y abre el camino para la renegociación de contratos con las operadoras de servicio móvil avanzado y nuevos servicios*. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-recibe-la-valoracion-de-las-bandas-2-5-ghz-y-700-mhz-y-abre-el-camino-para-la-renegociacion-de-contratos-con-las-operadoras-de-servicio-movil-avanzado-y-nuevos-servicios/>

Sitio Web Orange. (n.d.). *¿cómo funciona una red móvil?* Retrieved May 14, 2022, from <https://radio-waves.orange.com/es/como-funciona-una-red-movil/>

Sitio Web Qualcomm. (2020, May 11). *With 5G here, what's next for the Internet of Things?* Qualcomm Technologies. <https://www.qualcomm.com/news/onq/2020/05/5g-here-whats-next-internet-things>

Sitio Web ShareAmerica. (2019, October 2). *¿Por qué a Estados Unidos le preocupa la 5G?* <https://share.america.gov/es/por-que-a-estados-unidos-le-preocupa-la-5g/>