

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingenieros de Sistemas**

TEMA:

**ESTUDIO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO PARA
LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 5G EN LAS CIUDADES DE QUITO Y
GUAYAQUIL.**

AUTORES:

**DARWIN PATRICIO BUENAÑO SILVA
DANIEL ALEJANDRO TERÁN SUÁREZ**

TUTOR:

MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE

Quito, septiembre del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Darwin Patricio Buenaño Silva, con documento de identificación N° 1719680280, y Daniel Alejandro Terán Suárez, con documento de identificación N° 1720013190, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación con el tema: “ANÁLISIS DE RIESGO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 5G EN LAS CIUDADES DE QUITO Y GUAYAQUIL.”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIEROS DE SISTEMAS en la Universidad Politécnica Salesiana para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



DARWIN PATRICIO
BUENAÑO SILVA
CI: 1719680280



DANIEL ALEJANDRO
TERÁN SUAREZ
CI: 1720013190

Quito, septiembre de 2020

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, con el tema “ANÁLISIS DE RIESGO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 5G EN LAS CIUDADES DE QUITO Y GUAYAQUIL.” realizado por Darwin Patricio Buenaño Silva y Daniel Alejandro Terán Suarez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre de 2020



MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE
CI: 1710631035

ANÁLISIS DE RIESGO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA 5G EN LAS CIUDADES DE QUITO Y GUAYAQUIL

RISK ANALYSIS OF INFRASTRUCTURE AND THE RADIO-ELECTRICAL SPECTRUM IN THE IMPLEMENTATION OF 5G TECHNOLOGY IN THE CITIES OF QUITO AND GUAYAQUIL.

Darwin Patricio Buenaño Silva¹, Daniel Alejandro Terán Suárez¹, Manuel Rafael Jaya Duche².

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo realizar el análisis de la infraestructura y el espectro radioeléctrico de la tecnología 5G, para su implementación en las ciudades de Quito y Guayaquil, el estudio está enfocado en la demanda creciente de dispositivos conectados por kilómetro cuadrado, siendo necesario un análisis comparativo con los estándares y normativas utilizadas en otros países. La red 5G en cuanto al consumo energético es superior a la tecnología actual 4G, debido al aumento considerable de nuevas antenas que van de 100 a 300 metros de distancia entre sí, ya que trabaja con frecuencias mayores a 1 GHz y menores a 6 GHz, considerando que mientras más alta es la frecuencia menor es la cobertura que se tiene, pero mayor es la velocidad de transmisión de datos. En Ecuador, están trabajando en la adjudicación de las bandas de 700 MHz, 2.5 GHz y 3.5 GHz, las cuales optimizarán la red 4G y abrirá paso para la tecnología 5G.

Palabras claves:

Espectro radioeléctrico, infraestructura, tecnología 5G.

Abstract

The aim of this article is to carry out the analysis of the infrastructure and radio spectrum of 5G technology. This study is focused on the growing demand for connected devices per square kilometre in Ecuador's biggest cities such as QUITO and GUAYAQUIL, where a required comparative analysis with standards and regulations used in other countries is to be used. A 5G network in terms of energy consumption is higher than the current 4G technology, due to the considerable increase in new antennas ranging from 100 to 300 meters apart, since it works with frequencies greater than 1 GHz and less than 6 GHz, considering that the higher the frequency, the lower the coverage available, but the higher the data transmission speed. In Ecuador, they are working on the implementation of the 700 MHz, 2.5 GHz and 3.5 GHz bands, which will optimize the 4G network and pave the way for 5G technology.

Keywords:

¹ Estudiante de Ingeniería de Sistemas - Universidad Politécnica Salesiana, Egresado - UPS - sede Quito. Email: dbuenano@est.ups.edu.ec, dteransu@est.ups.edu.ec.

² Magister en Redes de Información y Conectividad, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Profesor de Ingeniería en Sistemas - UPS - sede Quito. Email: mjaya@ups.edu.ec

1. Introducción

Existen factores en la implementación de la 5G que afectan a su desarrollo, incluidas las decisiones sobre normas y los espectros, instalación de antenas y celdas pequeñas a distancias más cortas necesarias para proporcionar servicios 5G; la disponibilidad de dispositivos y equipos que soporten 5G.

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) informó que la red 5G ofrecerán nuevas aplicaciones y servicios, los cuales alcanzarían velocidades de 10 Gbps, pero su alcance es limitado. La inteligencia artificial jugará un papel importante en la red 5G ya que esta manejará o gestionará los recursos y sistemas autónomos y dará sentido a los datos que se transmitan [1].

El 5G supone una verdadera revolución tecnológica, con la cual se podrá realizar intervenciones quirúrgicas tele asistidas, se desarrollarán vehículos autónomos y también se podrá controlar y coordinar trabajos agrícolas a través de sensores instalados en puntos estratégicos del campo de cultivo [2].

Lo más impresionante del 5G será su velocidad, con la cual se navegará hasta a 10 Gbps, esto supera es 10 veces a la fibra óptica ofertada en el mercado actual por las operadoras de internet, y sin dejar atrás su ultra baja latencia que será uno de sus avances más significativos, bajando a 1 milisegundo o menos, siendo casi imperceptible para las personas. Lo cual será útil para el IoT masivo, el internet táctil, la robótica e ideal al momento de conectarse ya que sería prácticamente en tiempo real [2].

Con el 5G se aumentará exponencialmente el número de dispositivos conectados; vehículos, paradas de buses inteligentes, robots, lavadora, nevera, sistemas de monitoreo de salud, etc. y así una infinidad de dispositivos futuristas que en un pasado no se hubiera imaginado que existirían [2].

2. Materiales y Métodos

En el desarrollo del artículo, se plantea el método de consulta e investigación, que definirán las características de la 5G, el alcance, capacidad, uso y el impacto de su implementación en nuestro país en las telecomunicaciones.

Se analizarán los resultados de las pruebas realizadas en algunos países por distintas operadoras a nivel mundial, enfocado en las normas y estándares utilizadas para su implementación, así como el espectro radioeléctrico en las principales ciudades del Ecuador, como son Quito y Guayaquil, y determinar si las frecuencias actuales están dentro de los lineamientos internacionales para su implementación al igual que su infraestructura.

Se dará las sugerencias de los puntos clave para la implementación de la red 5G en las ciudades de Quito y Guayaquil, tomando en cuenta la velocidad de transmisión de datos y la cobertura necesaria para los mismos.

2.1

2.1. Análisis de la tecnología 5G.

La tecnología 5G soportará comunicaciones de una red (LAN) de baja potencia, como también una red (WAN) de amplia área, tomando en cuenta la latencia/velocidad apropiados. Esto haría que las operadoras de mercado ofrezcan soluciones para aplicaciones de bajo ancho de banda y de baja potencia [3].

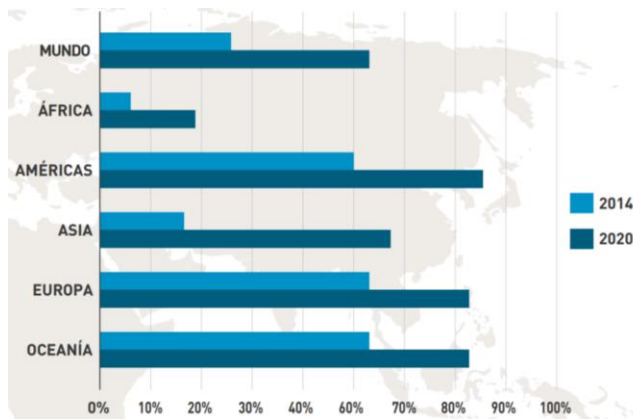


Figura 1. Pronóstico de cobertura de la red LTE como % de la población por región [3].

Ericsson predice que alrededor de 150 millones de dispositivos estarán conectados a la red 5G en menos de 12 meses después de su lanzamiento. Tomando en cuenta que combinará la cobertura con las redes LTE y GSM [3].

La tecnología 5G brinda banda ancha celular y a su vez es una red de redes, ya que mantiene operativas las redes 3G y 4G, esto, dará lugar al reto de ampliar la capacidad de las frecuencias en el espectro radioeléctrico. Se tendrá que requerir un nuevo espectro en el rango de 6 a 300 GHz, lo que implica inversión en nueva infraestructura [3].

En Vertiv, según García, la utilidad del 5G se la ha clasificado en cuatro arquetipos [4].

El primero orientado al entretenimiento, para el uso de Spotify o Netflix [4]

El segundo tiene que ver con la realidad aumentada y la realidad virtual, ya que un futuro no se utilizarán dispositivos bidimensionales, sino que ya serán tridimensionales [4]

El tercero está relacionado a las aplicaciones para la comunicación de máquina a máquina, ya que estas ocuparán la mitad del tráfico de internet. Se la utilizaría para la video vigilancia urbana, seguridad inteligente y reconocimiento facial [4].

El cuarto se denominaría “críticos para la vida” en el cual se encuentran la medicina digital y los automóviles autónomos [4].

Para el año 2025, se estima que el 5G representaría el 15 % de las conexiones móviles del mundo. Esto aumentará la productividad

industrial y la forma de prestar servicios. Pensando en el fin de las conexiones por cable y mayor control de la productividad [5].

2.2. Análisis de los problemas del 5G

Los elevados costos de operación e instalación de la tecnología 5G, son las principales causas para que se demore de 5 a 6 años en operar en las principales ciudades de América Latina, dijo el vicepresidente y gerente general de Vertiv para Latinoamérica, Fernando García, el 5 de septiembre del 2019, durante el XXXIV Congreso Internacional Andicom, desarrollado en Cartagena de Indias, también detalló, aunque no con cifras exactas que la inversión ascenderá a unos 50 o 60 billones de dólares, siendo esta de un 30% a un 50% superior a la que se utilizó con la tecnología 4G [4].

También manifestó que para alcanzar la misma cobertura del 4G, el 5G necesita una cantidad mayor de células, por lo tanto, el 5G consumiría entre dos o tres veces más de energía, esto, aumenta el costo de operación y el usuario no está dispuesto a pagar más por una velocidad mayor [4].

Entonces las operadoras tienen el reto de cómo monetizar el 5G, tal vez sea brindando servicios adicionales ya no solo telefonía celular y datos. Así, el 5G pasaría a dar sus servicios principalmente a las empresas y no tanto a usuarios finales, para tener una buena rentabilidad [4].

Otro problema que tiene el 5G son los efectos negativos no comprobados para la salud, la no regulación de aplicativos que se le dará al 5G, la lentitud por parte del gobierno para licenciar el suficiente espectro radioeléctrico necesario para el buen funcionamiento del 5G como también la dificultad de la instalación y ubicación de las estaciones base adicionales a las existentes [5].

Al parecer el 5G traerá consigo más beneficios que problemas, tomando en cuenta que los consumidores no solo verán un internet más rápido, sino que, verán una conectividad a

internet de muchos más objetos que en la actualidad [2].

2.3. Análisis del espectro radioeléctrico en el Ecuador.

En Ecuador las frecuencias que comprenden el rango de 24.25 GHz a 86 GHz están atribuidas a los servicios: radionavegación, afinados por satélite, radioastronomía, investigación espacial, fijo por satélite, móvil, meteorología, móvil por satélite y radiolocalización [14].

Por tanto, el espectro adicional para 5G debe adoptar y aplicar reglamentos tanto nacionales como internacionales para que las tecnologías de radiocomunicaciones estén respaldadas por normas a nivel mundial que armonicen su utilización, evitando la interferencia y compatibilidad [10].

“Hugo Carrión, especialista en telecomunicaciones, explicó que, el espectro es la vía de transmisión de frecuencias electromagnéticas, que permiten los servicios de telecomunicaciones. A mayor uso del espectro, las operadoras tienen a su disposición un mayor ancho de banda, esto se traduce a una mayor oferta de datos a un mejor precio” [6].

Andrés Michelena, Ministro de Telecomunicaciones, explicó que, el espectro radioeléctrico del país, es un recurso natural administrado y regulado por Estado Ecuatoriano, el cual es utilizado en la actualidad apenas en un 26.9% [6] y admitió que en el Ecuador el costo por el uso del espectro es moderadamente alto (12% en relación con los ingresos), esto es poco llamativo para las operadoras invertir en el país [6]

El Gobierno Nacional junto al Banco Internacional de Desarrollo (BID), son los que definirán las nuevas políticas de los concursos para la concesión de los contratos para la asignación del espectro radioeléctrico [6].

Destaco que se requiere una reforma de la Ley de Telecomunicaciones para atraer la inversión, donde el fisco no reciba dinero por el uso del espectro con la condición que las

operadoras reinviertan en la nueva tecnología, un modelo parecido al de Chile [6].

La meta es habilitar 10000 puntos de wifi gratuita para el 2021, con una inversión de USD 6.7 millones por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones [6]. En el país hay un total de 5900 puntos de wifi gratuitos según la Cartera de Telecomunicaciones y 100 puntos privados (malls, aeropuertos y otros) [6].

2.4. Análisis de convivencia de la tecnología 4G y 5G para trabajar conjuntamente.

El principal problema de la convivencia eficiente de estas dos tecnologías es precisamente la instalación de nuevas antenas adicionales a las ya instaladas para la tecnología 4G ya que en los inicios de la 5G esta, tendrá un rango limitado y deben ocupar más espacio en la urbe, espacio que en las ciudades es reducido y cotizado. A esto se debe agregar que la tecnología 5G no puede dejar de coexistir con la 4G, porque la inversión en instalación en todas las áreas de la 5G representaría altos costos, en muchos casos innecesarios debido a que el consumo de energía en la 5G es muy superior que su antecesora ya que la capacidad eléctrica con la que cuenta el Ecuador en la actualidad, se encuentra debajo de los estándares requeridos para la 5G, de acuerdo con la firma OpenSignal a nivel mundial, el Ecuador, ocupa el puesto número 28 entre 78 países, con una descarga promedio de 25 Mbps, pero en este aspecto la eficiencia eléctrica que requiere la 5G está por debajo de lo requerido [8], a más que la población ya se encuentra adaptada y familiarizada con la tecnología 4G.

Todo esto solo demuestra que, aunque los requerimientos necesarios para la implementación de la Tecnología 5G es demandante e indispensable, el Ecuador no cuenta con los parámetros, ni la infraestructura, ni el soporte, necesarios para que dicha tecnología se procese en óptimas condiciones, de tal manera deja a la tecnología 4G como una especie de sustento en lugares de la zona rural

de estas ciudades o en donde definitivamente la aplicación de la 5G no sea posible ya que lo ideal debe ser, que cuando un dispositivo no pueda acceder a la tecnología 5G lo haga a la (4G).

2.5. Riesgos en la infraestructura y el espectro radioeléctrico de la tecnología 5G.

Las empresas de Telefónica y Huawei han anunciado una posible solución para el problema en el despliegue de la red 5G, la cual sería la instalación de antenas MIMO (Multiple Input, Multiple Output) a 3.5 GHz en una antena multibanda de 14 puertos para una rápida y fácil evolución del 5G. Un despliegue masivo de Small Cells, con radios de 200m o menos, con combinación de macro BS y MIMO, darían una cobertura uniforme para las aplicaciones de la red 5G [10].

El riesgo se centra en que habría lugares donde no se podría instalar las nuevas antenas, por lo cual en un principio la tecnología 5G solo llegaría a ciertos lugares.

5G a comparación de 3G y 4G, exige una mayor eficiencia espectral y más espectro, las cuales procederán de las frecuencias desde los 24 GHz, considerando dificultades en la propagación de las ondas radioeléctricas, cuyas frecuencias también son utilizadas por satélites en sus comunicaciones [9]. Se tiene que tomar en cuenta los cambios climáticos y recursos terrestres de meteorología que pueden presentar, para evitar la interferencia que se puede dar entre 5G y los servicios mencionados para garantizar un ecosistema viable para la red móvil en el futuro.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos por Ericsson, Alcatel, Nokia y Huawei apuntan a un aumento de tráfico que va entre 1000 a 5000 veces en la próxima década. Para la cual la tecnología 5G tendría que aumentar el manejo de tráfico de la red, definido como tráfico total que puede soportar, manteniendo la calidad de servicio [9].

Debido al aumento de suscripciones de teléfonos inteligentes LTE, con lo que también el consumo de datos a aumentado por suscriptor, percibido desde el 2011. Ericsson en sus investigaciones dice que el 90% para el 2021 del tráfico de datos móviles vendrá de teléfonos inteligentes [9].

Proyectando al futuro, la tasa de adopción del 5G difiere de las anteriores tecnologías, ya que estas eran impulsadas para el uso del internet móvil. Se espera que el 5G, principalmente sea impulsado por los nuevos casos de uso como lo es el IoT [3].

El diseño de los sistemas para la transmisión de datos, debe estar activo y transmitir cuando sea necesario, con lo cual permitirá redes escalables, manejables y flexibles que maximicen el ahorro de energía [9].

Para el desarrollo de normas y las aplicaciones para 5G en el ámbito de la fiabilidad, estabilidad, privacidad de datos, ciberseguridad, eficiencia energética e inteligencia artificial, reúne a entes reguladores, gobiernos, operadores móviles, académicas y organismos de normalización, lo cual permite mejorar la 5G en eficiencia. Esto proporcionara garantizar que las normas se apliquen a nivel mundial [10].

3.1. Frecuencias asignadas para 5G.

La IMT-2020 con Resolución COM6/20 asigno los rangos de frecuencias de 24.25 a 86 GHz. Las atribuidas a título primario son: 24,25 GHz – 27,5 GHz 4,37 GHz-40,5 GHz, 42,5 GHz-43,5 GHz, 45,5 GHz-47GHz, 47,2 GHz-50,2 GHz, 50,4 GHz-52,6 GHz, 66 GHz-76 GHz y 81 GHz-86 GHz , mientras que las frecuencias que pueden requerir atribución adicional a título primario son: 31,8 GHz-33,4 GHz, 40,5 GHz-42,5 GHz y 47 GHz a 47,2 GHz [11].

Los espectros de baja frecuencia (sub-1 GHz) y de alta frecuencia que son las de (20GHz) sean requeridos por la 5G, la cual da como ventaja una velocidad de transmisión mayor, pero también nos trae problemas en una

bandas bajas (KHz y pocos MHz) sirven para cubrir mayores distancias por antena [23].

Se informó por parte del gobierno que se adjudicaron dos nuevas bandas a finales del 2019, la de 700 Megahertz y de 2.5 Gigahertz, las cuales incrementan el uso del espectro radioeléctrico hasta en un 82% y que en el 2020 se adjudicara la banda de 3.5 Gigahertz, con lo cual, se ampliaría el uso del internet móvil, que en la actualidad se ubica en un 43.8% [26].

La prueba realizada en tiempo real de la red 5G en el Teatro México en Quito, en el cual los asistentes apreciaron juegos de realidad virtual y descarga de videos a una alta velocidad de respuesta, utilizó estaciones base y dispositivos de las compañías Huawei y CNT, se alcanzó hasta 930 (Mbps), de velocidad de descarga, con 1 milisegundo de latencia, siendo un resultado satisfactorio para la siguiente generación en el Ecuador. El gobierno afirmó que para el 2020, Ecuador comenzaría con los ensayos del 5G, con el objetivo de obtener un 98% de cobertura y con un 90% de reinversión en tecnología por los derechos de concesión [26].

Según la red social de Comunicación Ecuador, al asignar nuevas bandas el 80% de ecuatorianos tendrán acceso a la red 4G y para el 2020 el país gozará de la red 5G [26].



Figura 3. Política Ecuador Digital [26].

En agosto del 2019, en la operadora Telefónica Movistar se realizó el evento ‘Todos reconectados con el 5G’, participaron los proveedores de Nokia y ZTE. También los asistentes pudieron disfrutar de la realidad virtual mejorada por la velocidad que ofrece esta red [27].

El director de Nokia, Enrique Ramírez, afirmó que con la tecnología 5G los usuarios ya no solo serán individuos si no también industrias y corporaciones por la eficiencia que ofrece la red [27].

El director de ventas de ZTE, José Luis Calvo, explicó que la tecnología 5G está disponible para Ecuador, pero su crecimiento y acogida en el mercado estará marcada por la demanda [27].

En el Ecuador, se desarrolló 4 objetivos sobresalientes en el contexto de las telecomunicaciones, que son:

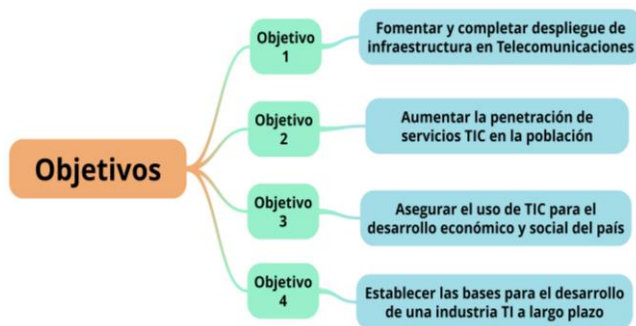


Figura 4. Objetivos de las telecomunicaciones en Ecuador.

3.4. Estrategia Ecuador Digital.

El pasado 17 de mayo del 2019, el Ministro de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, explicó que estos proyectos se realizarán en el marco de la Estrategia Ecuador Digital, compuesta por tres programas: Ecuador Innovador y Competitivo, Ecuador Eficiente y Ciberseguro, y Ecuador Conectado [24]

“Actualmente, Ecuador tiene un 43% de penetración de internet móvil y el crecimiento no ha sido muy significativo, llegando solo a un 2%. Se debe lograr la base con penetración de internet del 84% como lo tiene Chile. Andrés Michelena, Ministro de Telecomunicaciones” [24].

El objetivo de estas decisiones es consolidar la red 4G y trazar el camino hacia la 5G y el primer paso fue soterrar 500 kilómetros de cableado de postes [24].

El Ministro de Telecomunicaciones, indicó que, se suscribió la Política de Espectro en la

Estrategia Ecuador Digital, que encaminará al país hacia la transformación de telecomunicaciones y fortalecerá las bases para la llegada de la red 5G [25]

El Ministro de Telecomunicaciones enfatizó, que con el apoyo de las tecnologías futuristas muy pronto tendremos ciudades inteligentes, con el compromiso de que la ciudad de Quito sea la primera Ciudad Inteligente del Ecuador [25].

El 18 de julio del 2019, el Gobierno del Ecuador afirmó que, a partir del 2020 se realizarán las primeras pruebas del 5G para llegar a un Ecuador digital en el 2021 [26].

Además, agrego que la llamada ‘política de espectro’ es la vía para que el nuevo espectro radioeléctrico sea asignado, de ser el caso al haber más inversión por parte de las operadoras móviles se lograra abrir el 100% del espectro, lo cual lograremos controlando la competencia, calidad y precios para reducir los costos de internet [26].

3.5. Concurso de las nuevas frecuencias e inversión en el Ecuador.

El Mintel lanzará las bandas de 700 MHz y de 2.5 GHz a concurso, ya que es necesario la concesión de más espectro radioeléctrico para la implementación de la red 5G. El subsecretario Paolo Cedeño, de Telecomunicaciones, añadió el proceso de una política nueva para la asignación del espectro y las nuevas bases del concurso [27].

El vicepresidente de Telefónica, Hernán Ordoñez planteo reformular la concesión de los contratos para asignar el nuevo espectro radioeléctrico, ya que el tiempo de duración de los contratos no permite recuperar la inversión de las operadoras, ya que las mismas destinan sus recursos al pago para el Estado y no para construir redes [27].

Por lo cual, el Gobierno Ecuatoriano pretende motivar la inversión privada en infraestructura de redes en la próxima asignación [27].

El Ministro de Telecomunicaciones, anunció, el 27 de agosto del 2019, que la

empresa Claro, en los próximos 3 años invertirá 500 millones de dólares en Telecomunicaciones [28].

También indico que, el nuevo espectro para la asignación de las bandas de 700 MHz, 2.5 GHz y la de 3.5 GHz para las redes 4G y 5G, alcanzara un costo de 700 millones de dólares [28]

El Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones (CONECEL.S.A), la cual tiene como marca comercial Claro, informo que invertirá e instalará nueva infraestructura, colocando antenas y fibra óptica para mejorar el servicio en telefonía fija y móvil [28].

3.6. Preparando a las ciudades de Quito y Guayaquil para el 5G

Según Ministro de Telecomunicaciones, en diciembre del 2019, se registró una penetración del 54% de internet móvil en el país, 7.25% más que en mayo 2017 que era del 45.75%. El internet fijo tuvo un alcance en diciembre del 2019 del 46.06%, 8.21% más que en marzo del 2017 que era del 37.85%. El internet fijo se ha vuelto indispensable por la emergencia sanitaria en la actualidad [32].

El número de líneas activas de (SMA) en el país fue de 15’779.221 en el mes de marzo del 2020. En el 2017 hubo 15’061.858, 717363 más que el año 2017, esto gracias a que las tres operadoras del país incrementaron la cobertura celular en 107 parroquias del país. El objetivo es alcanzar el 98% de cobertura con redes (2G y 3G) a nivel nacional para el 2020 [32].

Se prevé de un 50 al 80% el incremento del 4G en su cobertura y del 26 al 65% el uso del espectro, en colaboración de la empresa pública y privada [32].

El Ministro de Telecomunicaciones y la alcaldesa de Guayaquil Cynthia Viteri, el 12 de septiembre del 2019, firmaron un acuerdo para la transformación del Puerto Principal en una ciudad inteligente, en el evento de socialización de la política Ecuador Digital, en cual también se anunció la llegada de la empresa SigFox, la misma que es especializada en desarrollar instrumentos para aplicaciones del IoT [29].

Este acuerdo tiene como base desarrollar programas y proyectos en tecnología, innovación digital, y social, también se desplegará redes e infraestructura de telecomunicaciones para lograr los objetivos y soluciones en servicios digitales en la ciudad de Guayaquil [29].

En el evento una de las operadoras móviles del país habilitó espacios para que los asistentes puedan apreciar los beneficios de la tecnología 5G gracias a la política “Ecuador Digital” [29].

Según el estudio realizado en Quito y Guayaquil por la empresa HughesNet dedicada a brindar Internet Satelital a nivel mundial, según la encuesta realizada en agosto del 2019, el 97% utilizan el internet mediante un teléfono inteligente (99%), en un computador portátil (70%), y de Smart TV (62%), el computador de escritorio con un 47%, el iPad y Tablet con un 34% y finalmente las consolas de video con un 25%. También el estudio reflejo que el uso del internet fijo tiene un alcance del 87% [30].

Los servicios más utilizados con internet son; redes sociales (82.5%), trabajo (79.5%), noticias e información (74.2%), películas y videos (65.5%), pagos y tramites (64%), educación y deberes (62%), juegos en línea (21.8%) y otros (1.3%) [30].

Según el (INEC, 2017), solo el 16.6% de sectores rurales tienen acceso a internet fijo [31].

En la ciudad de Guayaquil hay alrededor de 6000 puntos de Internet gratuito, los puntos tienen conexión de fibra óptica y no tienen límite de usuarios, tienen un radio de cobertura de 80 metros, la Metrovía, Malecón 2000 y los parques céntricos son lo de mayor demanda [6]. En la ciudad de Quito hay más de 500 puntos de wifi gratuito según el portal QuitoTeConecta, pero solo 20 usuarios pueden conectarse a cada punto por un máximo de tiempo de una hora. [6].

Los lugares en la ciudad de Quito que se estima tendrán una fuerte demanda de datos y conexión por ser lugares con mucha cantidad de usuarios, se encuentra la Plaza Grande, donde además de haber mucha cantidad de turistas nacionales e internacionales se sitúa el Palacio de Gobierno, en el cual la cantidad de personas

operativas como visitantes es elevada. Otro sitio puntal para la implementación del 5G sería la edificación de la Asamblea Nacional, estos dos lugares necesitan velocidad y transmisión de datos a grandes velocidades con una cobertura optima de sus usuarios.

En la ciudad de Guayaquil los sitios claves para la implementación de la red 5G serían; el malecón 2000 por su demanda de turistas y en el puerto marítimo de Guayaquil por la demanda de información que se maneja en este lugar.

3.7 Operadoras que brindaran el servicio de la red 5G.

CNT es la única operadora del país en obtener la banda de 700 MHz, operando en los bloques G-G', H-H' Y I-I', las cuales son iguales a 30 MHz, y quedando libres los A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', las cuales son iguales a 60 MHz. La banda 850 MHz, está asignada completamente para sistemas IMT por las operadoras Claro y Movistar [33].

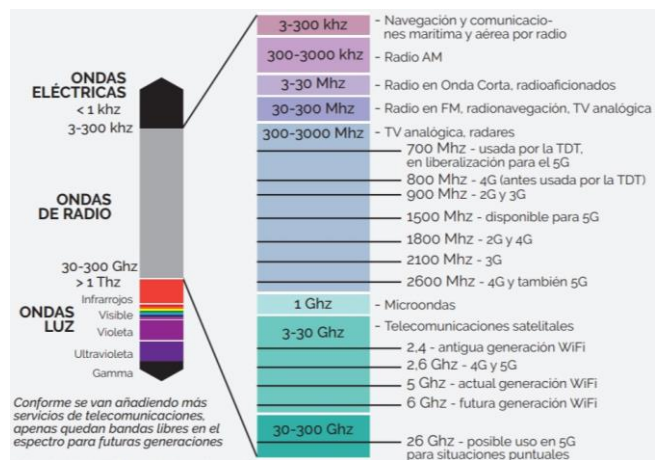


Figura 5. El espectro radioeléctrico más concurrido de la historia [35].

La banda de 2.5 GHz va desde 2500 – 2690 MHz, en bloques de 10 MHz, considerada para el uso de la red 5G, ya que todos sus canales están disponibles [33].

3.8 El futuro del Ecuador con la red 5G.

Andrés Reyes Castro, ingeniero de Telecomunicaciones, afirma que el país debe desplegar nuevas radiobases con el estándar 5G

y que en un principio esta tecnología tendrá costos elevados, pero a medida que pase el tiempo y aumente la demanda los costos se reducirían. Como ejemplo, en Corea del Sur el costo de un plan de 150 GB con red 5G tiene un valor de USD 66 [22].

Según Ericsson Mobility Report, para el 2020 se calcula que alrededor de 54 millones de personas en el mundo ya estarán usando la red 5G, principalmente Asia y América del Norte. La red 5G se espera que aparezca en América Latina entre el 2020 y el 2021 [34].

Según el Ministro de Telecomunicaciones, Ecuador tiene que superar algunos retos previos para la inicialización de la red 5G, como asignar más espacio al espectro. La red 4G tiene un alcance del 46.34% en la actualidad en el país y la red 5G va a llegar de manera paulatina en dos o tres años de la mano con la red 4G [34].

La red 5G va a explotar espectro hasta ahora no explorado como la banda de los 26 GHz, que tiene un alcance muy limitado, pero una magnífica capacidad. Esto sería útil en estadios o festivales artísticos o lugares con alta demanda de personas conectadas simultáneamente [35].

La red 5G necesita tres rangos de frecuencias para su buena cobertura y funcionamiento:

- (<) 1 GHz.
- (entre) 1-6 GHz.
- (>) 6 GHz.

Para la cobertura en zonas urbanas y rurales se utiliza el primer rango. El segundo rango brinda una combinación de cobertura y capacidad y se espera que sea la base para los inicios del 5G. el tercer rango es indispensable para lograr velocidades ultra altas. Las bandas que tienen mayor aceptación internacional para el 5G son las de 26 GHz y 28 GHz [36].

4. Conclusiones

En el caso de la tecnología 5G, se despliega en las siguientes bandas 3,3 GHz a 4,2GHz, de 24,25 GHz a 29,5 GHz y 37 GHz a 43,5 GHz, esto es algo indudable y debido a esto los entes de Control del Estado en este campo, deberán

buscar la manera de regular la cantidad de espectro que actúen bajo una licencia, de esta manera la disposición para despliegues de las bandas de la 5G estará regularizada.

Desde una visión técnica, se desea proveer una cobertura optima y la capacidad rigurosa que se requiere de red en la 5G, las operadoras de telefonía están innovando e inyectando dinero para cargar más antenas por kilómetro cuadrado para poseer un mejor acceso radioeléctrico (RAN) 4G, especialmente en las principales ciudades que por su categoría son las más pobladas a través de pequeñas células, si bien es cierto dichas células facilitan servicios a una zona geográfica mínima a diferencia de las macrocélulas, contribuyen a una mayor cobertura, capacidad y calidad de servicios de red.

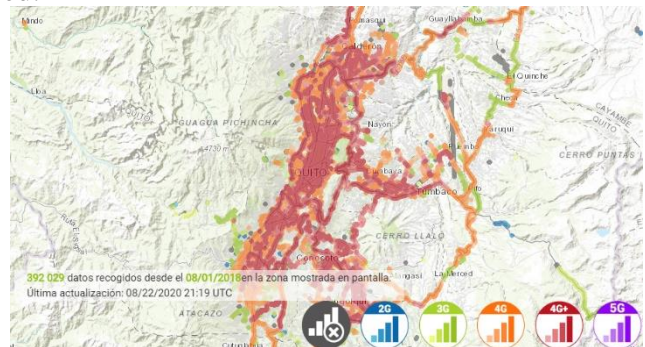


Figura 6. Mapa de cobertura 3G/4G/5G Claro Móvil en Quito [34].

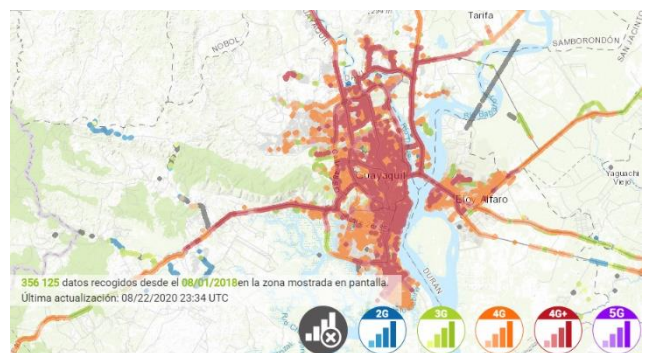


Figura 7. Mapa de cobertura 3G/4G/5G Claro Móvil en Guayaquil [35].

En las ciudades de Quito y Guayaquil para la implementación de la tecnología 5G, es necesario que red 4G este optimizada. En la figura 6 y figura 7, muestran las áreas de cobertura de las tecnologías existentes, dando

como resultado los sitios en donde 5G podría implementarse, tomando en cuenta los lineamientos internacionales que como requisito principal es la existencia de una red mejorada, que en el caso de Ecuador es la 4G+.

El éxito de la tecnología 5G en su mayoría depende del Gobierno y sus regulaciones nacionales que permitan el correcto acceso, y bajo las condiciones apropiadas la buena adjudicación del espectro radioeléctrico, dando un enfoque más técnico y no político, desinteresadamente en obtener más dinero para el Estado, ya que de estos factores dependerá la velocidad, alcance y calidad de servicio que se brinde al usuario. Se necesita una considerable cantidad de espectro nuevo y organizado, principalmente en tres rangos: mayor a 6 GHz, entre 1-6 GHz y menor a 1 GHz.

El gobierno debería permitir el uso compartido del espectro radioeléctrico entre operadoras de servicios móviles para lograr el máximo potencial de la red 5G, a demás extender los beneficios entre el gobierno y las operadoras para que las ganancias no solo vayan al gobierno, sino que se vuelva a invertir en más tecnología, algo similar a lo que sucede en Chile. El Gobierno no debería abusar de los costos del espectro radioeléctrico para que las inversiones de las operadoras no afecten a los servicios que podrían brindar con la red 5G.

5. Referencias

- [1] M. d. T. d. I. I. y. I. Comunicaciones, «Plan 5G Colombia El Futuro Digital es de Todos,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: https://www.mintic.gov.co/portal/604/articulos-118058_plan_5g_2019120.pdf. [Último acceso: 1 Julio 2020].
- [2] J. Flores, «Qué es el 5G y cómo nos cambiará la vida,» 14 Mayo 2020. [En línea]. Available: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-es-5g-y-como-nos-cambiara-vida_14449. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [3] gemalto, «Presentación de las redes 5G Características y usos,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/gemalto/tel-5G-networks-QandA-es.pdf>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [4] E. Comercio, «Costos del 5G, el mayor obstáculo para su implementación en Latinoamérica.,» 05 Septiembre 2019. [En línea]. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [5] dir&ge, «Los obstáculos de la implementación de la tecnología 5G.,» 03 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://directivosygerentes.es/management/etic-technology/t-actualidad/obstaculos-tecnologia-5g>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [6] Arcotel , «Definición del Espectro Radioeléctrico,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>.
- [7] ITU, «5G Quinta Generación de tecnologías Móviles,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>.
- [8] E. Comercio, «Gobierno dará más espectro a cambio de más inversión,» 30 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/gobierno-espectro-inversion-conectividad-operadoras.html>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [9] Oleaga J., «Diario abc España,» 22 11 2018. [En línea]. Available: https://www.abc.es/tecnologia/redes/abci-problemas-implementacion-futuras-redes-201811211925_noticia.html.

- [10] esmartcity.es, «Desarrollan una solución 5G de despliegue de antena que resuelve problemas de espacio,» 24 10 2017. [En línea]. Available: <https://www.esmartcity.es/2017/10/24/desarrollan-solucion-5g-despliegue-antena-resuelve-problemas-espacio>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [11] Puerto Lorena, «Estudio de la prospectiva en el uso de la tecnología 5G en Colombia al 2025,» 2017. [En línea]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9217/PuertoLorena2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- [12] Jácome & Quimis , «Espol,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/99349/D-106166.pdf>.
- [13] nae, «Arquitectura de red y espectro para el 5G,» 19 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://nae.global/innovaciones-en-arquitectura-de-red-y-espectro-para-el-5g/>.
- [14] J. Gallager y M. Devine, «Fifth Generation (5G) telecommunications technologies: Issues for Congress,» 30 January 2019. [En línea]. Available: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45485>.
- [15] Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, «Plan Nacional 5G 2018-2020,» 2018. [En línea]. Available: https://avancedigital.gob.es/5G/Documents/plan_nacional_5g.pdf.
- [16] «Economía Digital,» 01 01 2020. [En línea]. Available: https://www.economiadigital.es/tecnologia-y-tendencias/la-tdt-se-apagara-para-dar-paso-al-5g-a-partir-del-10-de-febrero_20022422_102.html.
- [17] D. Jaimovich, «Infobae,» 05 04 2019. [En línea]. Available: <https://www.infobae.com/america/tecno/2019/04/05/cuando-llegara-el-5g-a-america-latina-la-red-de-telefonía-que-promete-una-conexion-hasta-100-veces-mas-rapida/>.
- [18] B. Z. Mora, «El Universo,» 08 09 2019. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/09/08/nota/7507786/primeros-pasos-largo-camino-hacia-5g>.
- [19] El universo, «Revista digital El universo,» 5 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/larevista/2019/04/05/nota/7269845/tecnologia-5g-ya-es-realidad-partes-estados-unidos-corea-sur>.
- [20] E. Comercio, «Gobierno anuncia 1 450 puntos de redes WiFi gratuitos en Ecuador hasta el 2021,» 28 Mayo 2019. [En línea]. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [21] M. Cid, «Para entender el 5G hay que entender el espectro radioeléctrico: qué es, qué usos tiene y quiénes pueden usarlo,» 26 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.xatakamovil.com/conectividad/para-entender-5g-hay-que-entender-espectro-radioelectrico-que-que-usos-tiene-quienes-pueden-usarlo>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [22] E. Comercio, «Ecuador tendrá tecnología móvil 5G en el 2020, dice Gobierno; este 18 de julio se realizó una prueba con Huawei y CNT,» 18 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/tecnologia-movil-5g-ecuador-2020.html>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [23] E. Comercio, «Las futuras aplicaciones de la red 5G se presentaron este martes 13 agosto,» 13 Agosto 2019. [En línea]. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [24] MINTEL, «MINTEL presentó la nueva política de espectro, en el marco de un Ecuador Digital,» 18 Julio 2019. [En línea].

- Available:
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/min-tel-presento-la-nueva-politica-de-espectro-en-el-marco-de-un-ecuador-digital/>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [25] MINTEL, «500 millones de inversión en el sector de Telecomunicaciones, gracias a la política Ecuador Digital,» 2019. [En línea]. Available:
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/500-millones-de-inversion-en-el-sector-de-telecomunicaciones-gracias-a-la-politica-ecuador-digital/>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [26] MINTEL, «Las Telecomunicaciones aportan a mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos,» 17 Mayo 2019. [En línea]. Available:
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/las-telecomunicaciones-aportan-a-mejorar-la-calidad-de-vida-de-los-ecuadorianos/>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [27] MINTEL, «MINTEL y Municipio de Guayaquil trabajarán para transformar al Puerto Principal en una Ciudad Inteligente,» 12 Septiembre 2019. [En línea]. Available:
<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/min-tel-y-municipio-de-guayaquil-trabajaran-para-transformar-al-puerto-principal-en-una-ciudad-inteligente/>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [28] E. Universo, «Así se comportaron los ecuatorianos en internet en 2019,» 29 Diciembre 2019. [En línea]. Available:
<https://www.eluniverso.com/larevista/2019/12/29/nota/7669362/asi-se-comportaron-ecuadorianos-internet-2019>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [29] Expreso, «Así es el uso de Internet en Ecuador,» 29 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.expreso.ec/ciencia-y-tecnologia/internet-ecuador-479.html>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [30] J. A. B. C. Jorge Anchundia, «La tecnología 5G en el Ecuador. Un análisis desde los requerimientos 5G,» Quito, 2020.
- [31] A. I. Fraga, «Así se reparte el espectro radioeléctrico con la llegada de la 5G,» 03 Junio 2020. [En línea]. Available:
<https://innovadores.larazon.es/es/asi-se-reparte-el-espectro-radioelectrico/>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [32] E. Comercio, «El país debe avanzar en cinco pasos para implementar el 5G,» 20 Julio 2019. [En línea]. Available:
<https://www.elcomercio.com/actualidad/tecnologia-5g-ecuador-velocidad-telefonicas.html>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [33] E. Comercio, «Ecuador hará pruebas con la tecnología 5G que ofrece potencial para la digitalización de la economía,» 17 Junio 2019. [En línea]. Available:
<https://www.elcomercio.com/actualidad/tecnologia-5g-digitalizacion-economia-industria.html>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [34] GSMA, «Espectro 5G Posición de política públicos de la GSMA,» Julio 2019. [En línea]. Available:
<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/10/5G-Spectrum-Positions-SPA.pdf>. [Último acceso: 01 Julio 2020].
- [35] S. Sascha, «First 5G Phones Will be Carrier Exclusives, AT&T Explains,» *PC Magazine*, p. 1, 2018.
- [36] R. Lindeke, «Engineering Standards: What They Are and Why They Are Used,» 2018. [En línea]. Available:
http://www.d.umn.edu/~rlindek1/ME_IE%2

0Sen%20Des/Engineering%20Standards_Sp
10.pptx.

- [37] R. F. G. C. MIGUEL ÁNGEL TOSCANO
JIMÉNEZ, «bibdigital,» Febrero 2004. [En
línea]. Available:
[https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/1500
0/5377/1/T2231.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5377/1/T2231.pdf).