

# **Análisis para la implementación de la tecnología 5g basados en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en Ecuador**

Narda Ortiz Campos<sup>1</sup>, Juan Casierra Cavada<sup>2</sup>

**narda.ortiz@pucese.edu.ec; juan.casierrac@pucese.edu.ec**

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica de Ecuador – Sede Esmeraldas (PUCESE), Ecuador Profesor-Instituto Tecnológico Superior Luis Tello.

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica de Ecuador – Sede Esmeraldas (PUCESE), Ecuador

**DOI: 10.17013/risti.40.38–54**

**Resumen:** la 5G está provocando una revolución tecnológica que impactará en las áreas socioeconómicas y geopolíticas de todos los países del mundo. Este estudio tiene como objetivo analizar la opción de despliegue que deben seguir las operadoras móviles del Ecuador para la implementación de la 5G basado en el modelo la asociación de sistema global para las comunicaciones móviles (GSMA) y su interacción con el internet de las cosas (IoT). Para realizar el análisis se hizo un estudio sistemático de la literatura. La información recabada fue analizada con QDA Miner. Como resultado se obtuvo que la opción tres con escenario NSA del GSMA es la más conveniente para el despliegue de la 5G en Ecuador. Finalmente, se concluye que en Ecuador se tiene programado el uso de la 5G para la transformación de sus ciudades en ciudades inteligentes; no obstante, no tiene una hoja de ruta para desplegar esta tecnología.

**Palabras-clave:** 5G; IoT; Internet de las cosas.

## ***Analysis for the implementation of 5G technology based on the GSMA model and its interaction with the Internet of Things in Ecuador***

**Abstract:** 5G is causing a technological revolution that will impact the socioeconomic and geopolitical areas of all countries in the world. This study aims to analyze the deployment option to be followed by mobile operators in Ecuador for 5G implementation based on the Global System for Mobile Communications Association (GSMA) model and its interaction with the Internet of Things (IoT). A systematic literature review was conducted for the analysis. The collected information was analyzed with QDA Miner. As a result, option three with the GSMA's ANS scenario was found to be the most suitable for 5G deployment in Ecuador. Finally, it is concluded that Ecuador is planning to use 5G to transform its cities into smart cities; however, it does not have a roadmap to deploy this technology.

**Keywords:** 5G; IoT; The Internet of Things.

## 1. Introducción

La quinta generación (5G) de telefonía móvil es el factor clave para el mundo digital del futuro, que dará paso a la próxima generación de infraestructura de banda ancha ultra alta ubicua (Americas, 2019a). Se prevé que para el 2025 se conectarán 50 mil millones de dispositivos a la red (Baniata, Ji, Kim, Choi, & Hong, 2018); por lo tanto, la implementación de la 5G es necesaria para los operadores móviles de cualquier país. Esto implica que el crecimiento mundial de la economía digital en términos de sostenibilidad y sustentabilidad estará dado por la 5G (Suryanegara, Arifin, & Asvial, 2017).

El aumento en la velocidad, baja latencia y mayor densidad en la transmisión de datos son los objetivos de la tecnología 5G (Mohr, 2015), (Awoyemi, Alfa, & Maharaj, 2020), (Ajmal et al., 2019). Para alcanzar estos objetivos de alto rendimiento de la red 5G las operadoras móviles deberán construir una infraestructura que se adapte a un amplio abanico de requisitos, y además, deberán cumplir con un conjunto de especificaciones normalizadas y acordadas por organismos internacionales, en particular por el proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) y, en última instancia, por la unión internacional de telecomunicaciones (UIT) (GSMA, 2016).

La arquitectura de la red 5G debe ser flexible y escalable (Manasa H R & Pramila S, 2015), por tal razón; la asociación de sistema global para las comunicaciones móviles (GSMA) presentó diferentes opciones de despliegue con las alternativas disponibles para que los operadores móviles puedan introducir el sistema 5G compatible con 3GPP desde la red 4G. De esta forma, la GSMA facilita la posibilidad para que las operadoras móviles puedan cumplir con la interoperabilidad y los diferentes casos de uso de la tecnología 5G (GSMA, 2018b). La UIT ha clasificado los casos de uso de la 5G en banda ancha móvil mejorada (eMBB), comunicaciones masivas entre máquinas (mMTC), y comunicaciones ultra fiables y de baja latencia (URLLC) (Murara, 2017). Cada uno de los casos de uso aportarán a la transformación digital de los sectores estratégicos de los países y les permitirá tener nuevas formas de elaborar, producir y promocionar sus productos y servicios a través del uso de herramientas digitales impulsadas por los casos de uso de la 5G.

El internet de las cosas (IoT) es uno de los casos de uso de la 5G. En (Baniata et al., 2018), se define al IoT como un paradigma que interconecta entidades de identificación única (cosas) en una estructura "parecida a la de Internet". Con el IoT pequeños sensores están siendo integrados en los objetos del mundo real y son instrumentos que proporcionan información de prácticamente todo lo que es posible medir (Future Trends Forum, 2011).

Según (Rico-Bautista et al., 2021), la adopción de IoT converge en la generación de grandes volúmenes de datos, provenientes de los dispositivos conectados en la red que al final conducirán a la transformación requerida de la industria. Los dispositivos mencionados anteriormente utilizan sistemas embebidos o, en otras palabras, hardware especializado que no solo permite la conectividad a Internet, sino que también permite establecer eventos específicos de acuerdo con las tareas que se le dictan de forma remota (González García, Meana Llorián, Pelayo García-Bustelo, & Cueva Lovelle, 2017) citados en (Calvopiña, Tapia, & Tello-Oquendo, 2020).

En relación a la IoT la 5G utilizará red móvil IoT que hace referencia a las tecnologías de área amplia de baja potencia (LPWA) estandarizadas por 3GPP que emplean bandas de espectro con licencia, como Narrowband IoT (NB-IoT) y LTE-M. NB-IoT se caracteriza por una mejor cobertura en interiores, soporte de un número masivo de dispositivos de bajo rendimiento, baja sensibilidad al retardo, coste del dispositivo, bajo consumo de energía del dispositivo y arquitectura de red optimizada (GSMA, 2018a).

Según (García Barranco, 2019), los países que acojan tempranamente esta generación podrán mantener una década de ventaja competitiva, pues la 5G es muy necesaria para la ejecución de la cuarta revolución industrial.

El gobierno del Ecuador tiene programado la transformación de sus ciudades en ciudades inteligentes. Adicionalmente, el país espera cumplir con el Acuerdo Nacional 2030 para el desarrollo sostenible propuesto por las Naciones Unidas en el año 2015, a través de la estrategia “Ecuador Digital” (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2019). El objetivo que mayores beneficios dará al país en el proyecto Ecuador Digital es el de masificar la penetración de los servicios móviles de tecnología 4G, y el despliegue de la tecnología 5G. Sin embargo, el despliegue de la tecnología 5G dentro de un territorio representa varios inconvenientes, entre ellos la armonización de los diferentes rangos de espectros que necesitará las tecnologías emergentes de la 5G (Maniewicz, 2019); y los elevados costos de su despliegue (Baniata et al., 2018). En consecuencia, es necesario que las operadoras móviles esbozen un camino a seguir para la implementación de la 5G.

Los operadores móviles serán los administradores y propietarios de la infraestructura de la red 5G; por tal razón, éstos tendrán seis ámbitos de actuación claves para el desarrollo del 5G; que son: 1) acondicionar el espectro; 2) prepararse para la futura red 5G de micro y nano células; 3) “fiberización” de la red de acceso fijo; 4) potenciar la arquitectura de la red en la nube; 5) preparar la infraestructura informática y de redes; y 6) construir un ecosistema de aplicaciones (J, Cerezo y P, 2014).

El presente estudio tiene como objetivo analizar la opción de despliegue que deben considerar las operadoras móviles para la implementación de la tecnología 5G basado en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en el caso Ecuador. Este documento está organizado de la siguiente manera. En la sección II se establece los trabajos relacionados. En la sección III se explica la metodología empleada para realizar el estudio. En la sección IV se expondrá los resultados. Finalmente, en la sección V se presentarán las conclusiones del trabajo.

## **2. Trabajos relacionados**

En esta sección se presentan un conjunto de trabajos relacionados con el presente estudio. Los cuales se enmarcan en la planificación nacional y/o estudios técnicos de diferentes países del mundo que han empezado o empezarán su despliegue de la tecnología 5G. Según (5G-PPP, 2015), la 5G ya está implementada en 90 países.

El plan nacional de la 5G de España 2018-2020, tiene como objetivo situar al país en la nueva era del desarrollo tecnológico a través del despliegue de la 5G. El plan se convirtió en una palanca para impulsar la experimentación temprana sobre las redes 5G

y contribuir al desarrollo I+D+i. Todo el proceso de transformación tecnológica del plan se resumió en la hoja de ruta que forma parte del mismo. En la hoja de ruta, se relacionó las acciones claves para el despliegue de la 5G y se proyectó el tiempo en el que se deben ejecutar estas acciones. Así, esta planificación permitió entender la importancia de usar las hojas de ruta para sintetizar la información. Adicionalmente, de todos los planes revisados este es el único en el que se incluyeron y se explicó que medidas realizaría para la coordinación y cooperación internacional (Ministerio de energía turismo y Agenda digital, 2018).

Siguiendo la misma línea (Constaín, Mantilla Gaviria, Rueda Jiménez, Trujillo, & Barrera Medina, 2019), presentaron el plan 5G Colombia 2019 elaborado por Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). El objetivo de este plan es establecer los lineamientos de política pública y las estrategias para el despliegue de la tecnología 5G en el país. Este trabajo aportó una visión holística de la realidad tecnológica de Colombia y en él se presentó un análisis situacional y contextual de ese país. Asimismo, contribuyó con una revisión de las tendencias internacionales en la expedición de planes 5G en las diferentes regiones del mundo.

Del mismo modo (Majandus - ja Kommunikatsiooniministeerium, 2019), presentó la hoja de ruta de Estonia 2019. Esta hoja de ruta tiene como objetivo lograr la conectividad 5G en las principales ciudades y sus periferias para 2023 y en los corredores de transporte para 2025. Esta hoja de ruta contribuyó con la presentación sintetizada de las estrategias que Estonia empleará para la evolución de la 5G. A diferencia de las otras planificaciones se pudo evidenciar que este país posee el 96% de despliegue en telefonía móvil 4G LTE, en consecuencia, tiene una ventaja en relación a los países anteriores ya que una de las condiciones para una amplia implementación de la 5G es que la tecnología 4G LTE se encuentre desplegada.

De la misma forma (5G Task Force & MCMC, 2019), presentó el plan de aplicación nacional de la 5G en Malasia 2019 a la comisión de comunicaciones y multimedia de Malasia (MCMC). Este plan tiene como alcance definir los aspectos técnicos para el despliegue de la 5G según los estándares específicos de esta tecnología. Mediante esta planificación se pudo corroborar que sí es posible el trabajo colaborativo entre el sector privado y el gobierno debido a que el documento analizado fue elaborado por el grupo de trabajo integrado por miembros del sector privado, ministerios y organismos que representan el lado de la demanda y la oferta del ecosistema 5G. Lo antes mencionado podría ser considerado como una metodología de trabajo adecuado que puede ser adoptada por los países que no han elaborado su plan nacional hacia la 5G.

### **3. Metodología**

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura, recopilando información en relación a la implementación de la tecnología 5G basado en el modelo GSMA y su interacción IoT. Según Kitchenham citado en (Manasa H R & Pramila S, 2015), es una búsqueda sistemática y no un sistema de revisión de literatura, debido a que no se sigue estrictamente todos los pasos definidos en el protocolo para su implementación (es decir, no se hizo una evaluación de calidad).

Las preguntas (RQs) que fueron respondidas en esta investigación son las siguientes:

- RQ1: ¿Qué características se debe considerar de los modelos GSMA para la implementación de la 5G en Ecuador?
- RQ2: ¿Qué lanzamiento de la 3GPP en base a las características cumple con las condiciones para su implementación, en el caso ecuatoriano?;
- RQ3: ¿Cuál es el estado del despliegue de la 5G y de la IoT en el Ecuador?
- RQ4: ¿Cuál es el rango de espectro de las comunicaciones 5G y su interacción con el IoT?)

En base a las preguntas formuladas se ha creado cuatro cadenas de búsquedas. En la tabla 1 se detalla las RQs y las cadenas de búsquedas en relación a cada una de ellas. Una vez establecidos las cadenas de búsquedas se procedió a indagar y a descargar información de sitios web oficiales de las organizaciones internacionales que apoyan el despliegue de la 5G como: GSMA, 5G Americas, UIT, 3GPPP, entre otros. De igual forma, se extrajo información de artículos publicados en ACM, Scopus e IEEE.

| RQs | Cadena de búsqueda                |
|-----|-----------------------------------|
| RQ1 | C1: GSMA AND 5G AND IMPLEMETATION |
| RQ2 | C2: RELEASE AND 3GPP              |
| RQ3 | C3: 5G AND ECUADR                 |
| RQ4 | C4: 5G AND IoT                    |

Tabla 1 – Relación de las RQs con su cadena de búsqueda

Los artículos encontrados fueron filtrados utilizando los siguientes criterios de inclusión: 1) fecha máxima de publicación de 5 años, es decir; desde el 2016-2020; 2) que el idioma de los estudios fueran en inglés o español; 3) que la información proviniera de sitios web oficiales de organizaciones e instituciones especializadas en el despliegue de la 5G; 4) que los documentos fueran informes de hoja de rutas, pautas (“*guidelines*”) y planes de implementación; y 5) además, se incluyeron obras mediante el seguimiento de referencias, es decir; estudios que se despendían de la bibliografía de un artículo. Los artículos excluidos fueron aquellos en los que no se pudo establecer la interrelación entre la 5G-IoT. Después de aplicar los filtros fueron seleccionadas 25 publicaciones las mismas que se detallan en referencias bibliográficas seleccionadas.

| # Id | Referencias Bibliográficas |
|------|----------------------------|
| T1   | Americas, 5G. (2019b)      |
| T2   | ARCOTEL. (2020a)           |
| T3   | ARCOTEL. (2020b)           |
| T4   | ARCOTEL. (2021)            |
| T5   | GSMA. (2017)               |
| T6   | GSMA. (2018a)              |
| T7   | GSMA. (2018b)              |
| T8   | GSMA. (2019)               |

| # Id | Referencias Bibliográficas                                  |
|------|---|
| T9   | GSMA. (2019a)   |
| T10  | GSMA. (2020)  |
| T11  | Ghosh, A., Maeder, A., Baker, M., & Chandramouli, D. (2019) |
| T12  | Frasson-Quenoz, F. (2020)                                   |
| T13  | ITU News Magazine. (2017)                                   |
| T14  | (Miranda, 2019)   |
| T15  | (MINTEL & SENESCYT, 2019)                                   |
| T16  | (Pazmino et al., 2019)                                      |
| T17  | Release 15 - 3GPP.(n.d.)                                    |
| T18  | Romano, G. (2017)   |
| T19  | Scarlet, D. (2020)  |
| T20  | Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2018)           |
| T21  | (Yépez & Yun, 2018)   |
| T22  | 3GPP. (2018)  |
| T23  | 3GPP. (2020)  |
| T24  | (3gpp, 2016)  |
| T25  | (3gpp, n.d.)  |

Tabla 2 – Referencias bibliográficas seleccionadas

Toda la información recolectada fue almacenada en el gestor bibliográfico Mendeley. Posteriormente los estudios seleccionados fueron analizados con la ayuda del software de análisis cualitativo de datos (QDA) en su versión de prueba. QDA Miner es un programa de análisis cualitativo de datos para codificar datos textuales y gráficos, anotar, recuperar y revisar datos y documentos codificados. Este programa puede manejar proyectos complejos con gran cantidad de documentos combinados con información categorial y numérica (“Software de análisis de datos cualitativos gratis - QDA Miner Lite - libre,” n.d.) .

Para el tratamiento de los datos se estableció en QDA dos categorías, estas fueron: 5G e IoT y dentro de éstas se crearon códigos (palabra referente a la categoría); éstos son: definición, casos de usos, implementación, arquitectura, espectro, entre otras. De los códigos analizados el que tuvo más incidencia en los artículos seleccionados es el de “tecnología”.

#### 4. Resultados

El análisis de la implementación de la tecnología 5G basados en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas en Ecuador, se hizo a través de la resolución de las siguientes interrogantes.

**RQ1: ¿Qué características se debe considerar de los modelos GSMA para la implementación de la 5G en Ecuador?**

Para la implementación de la 5G, la 3GPP ha especificado 5 opciones de despliegues, 2 opciones con el escenario independiente (SA) y 3 opciones con el escenario no independiente (NSA). Asimismo, la GSMA ha establecido 5 rutas o caminos que orientan a los operadores móviles en el proceso de implementación de la 5G. En la figura 1 se presentan las opciones de despliegue que propone la GSMA.

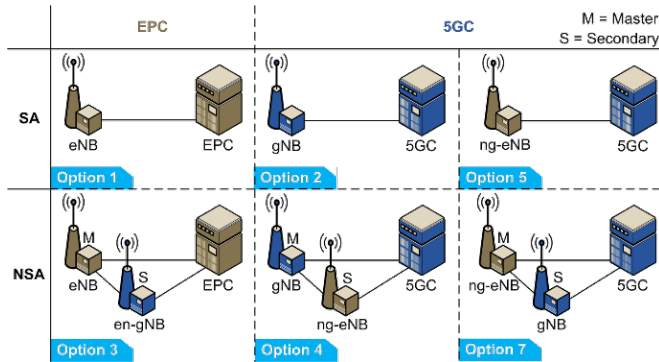


Figura 1 – Opciones de despliegue de la 4G y 5G  
Fuente: (GSMA, 2019a)

También, 3GPP ha definido un nuevo núcleo de 5G(5GC), así como una nueva tecnología de acceso de radio (NR); sin embargo, para el despliegue de 5G todavía es posible integrar elementos tecnológicos de diferentes generaciones en diferentes configuraciones 5G (GSMA, 2019a).

Las ventajas que presenta el escenario SA es que tiene una red de acceso a la radio fácil de manejar y será intergeneracional. Adicionalmente, posee un núcleo de red 5GC que será nativo de la nube y soportará acceso múltiple; por otra parte, la desventaja del SA es el costo del despliegue de un nuevo núcleo. Al contrario del SA el escenario NSA presenta como ventaja aprovechar los despliegues LTE y EPC existentes de 4G. Sin embargo, su desventaja estará marcada por la colaboración que debe existir entre el LTE y la NR y el impacto negativo que podría generarse en el usuario final (GSMA, 2018b). En la tabla 3 se puede observar la comparación técnica entre las opciones de despliegue SA (opción 2) y NSA (opción 3x).

|                             | <b>Opción 3X (NSA)</b>  | <b>Opción 2 (SA)</b>                     |
|-----------------------------|---|--|
|                             | 17Q4  | 18Q2                                     |
| <b>Estándar</b>             | La opción 3x admite el rápido despliegue inicial de la 5G.  | La opción 2 requiere de un tiempo largo. |
| <b>Experiencia en datos</b> | Movilidad fluida sin necesidad de trasposos frecuentes entre RAT o reelección entre RAT (a menos que haya una amplia cobertura 5G), mejor tasa de pico. |  |

|                                     | Opción 3X (NSA)   | Opción 2 (SA)  |
|-------------------------------------|---|--|
| <b>Cobertura</b>                    | DC / NR-CA o DC / SUL<br>Conexión dual o Nueva radio<br>Conexión dual o Bandas suplementarias de enlace ascendente/descendente.   | NR-CA (o SUL)<br>SUL = Bandas suplementarias de enlace ascendente/descendente. |
|                                     | EUTRAN NUEVA RADIO – CANAL DUAL (EN-DC), proporciona cobertura y continuidad del servicio para NSA, NR-CA (y posiblemente SUL) optimiza la cobertura tanto para NSA como para SA, y proporciona continuidad del servicio para SA. |  |
| <b>Voz</b>                          | VoLTE<br><br>Solución adecuada con la experiencia al mismo nivel  | EPS fallback (inicialmente) o<br>VoNR (objetivo)                               |
| <b>Preparación del servicio</b>     | eMBB  | eMBB/uRLLC   |
| <b>Complejidad del despliegue</b>   | Conexión dual (NR-LTE)<br><br>NSA con conexión dual obligatorio necesita actualización LTE; SUL que amplía la cobertura SA necesita actualización LTE, complejidad al mismo nivel.  | NR CA / LTE-NR espectro compartido (SUL)                                       |
| <b>Relevancia con LTE existente</b> | Conexión dual (NR-LTE)<br><br>DC, SUL son ambos relevantes para LTE; la coordinación después del rearmado LTE heredado es importante, NSA/SA son ambos estrechamente relevantes para LTE heredado.                                | LTE-NR, SUL / Rearme   |

Tabla 3 – Comparación entre las opciones de despliegue SA y NSA  
Fuente:(GSMA, 2019a)

En (GSMA, 2018b), se presentan diferentes rutas que pueden seguir las operadoras móviles al momento de realizar la implementación de la 5G. El análisis de las rutas se hace considerando cuatro perspectivas, estas son: 1) “la viabilidad del caso de uso”; 2) “las consideraciones de despliegue”; 3) “el impacto en el dispositivo y la red”; y, 4). “el impacto en el servicio de voz” incluyendo la continuidad del servicio se refiere a la facilidad de la voz la prestación de servicios y la continuidad ofrecida por el paso de migración. Las rutas que propone GSMA son las siguientes:

**Ruta EPS a SA#2:** permitirá que los usuarios puedan experimentar todos los casos de uso de la 5G; para ello las operadoras móviles tendrán que desplegar el núcleo 5G y mantener el EPC pues se requiere la inter operatividad entre los sistemas 4G y 5G.

**Ruta EPS a NSA#3:** esta ruta tiene como beneficios el uso del LTE existente y la rápida comercialización de la 5G, aunque no aprovechará los beneficios del núcleo 5G. Las operadoras móviles continuarán usando el EPC; es decir, existirá un apoyo limitado a los casos de uso de la 5G.

**Ruta NSA#3 a NSA#7 / SA#5:** inicialmente los casos de uso de la 5G serán limitados, pero al finalizar el despliegue las operadoras móviles podrán ofertar todos los casos de uso. Las ventajas de esta ruta es que en sus inicios se debe utilizar el núcleo EPC, pero al finalizar, los usuarios experimentan todas las bondades del núcleo 5G. El despliegue de la red impactará en la nueva radio, IMS y el núcleo.



**Ruta NSA#3 a NSA#3 / SA#2:** al principio los casos de usos serán limitados, sin embargo, al finalizar el despliegue todos los casos de usos estarán completos. Entre los beneficios de esta ruta se tiene el uso del núcleo de la 5G, mantener el EPC y despliegue amplio de la nueva radio.

**Ruta NSA#3 a NSA#4 / SA#2:** esta ruta tiene todos los aspectos de la NSA#3 a NSA#3 / SA#2.

En relación a la voz todas las rutas soportan IMS y no tendrán interfuncionamiento con el núcleo 5G, excepto la ruta EPS a NSA#3, pues en esta aprovechará los servicios existentes de VoLTE.

Cada una de las opciones de despliegue tienen establecidas las funciones que la red debe de cumplir para brindar los servicios de la 5G. El escenario SA requiere las siguientes funciones: administración de la conexión, administración de la movilidad, gestión de recursos de radio, gestión de la QoS, proceso del plano de usuario, CU-DU Split, radio, servicios basados en IMS, y 5GC (GSMA, 2020). Asimismo, la NSA necesita que la red cumpla con las siguientes funciones: administración de la conexión, administración de la movilidad, gestión de recursos de radio, gestión de la QoS, proceso del plano de usuario, RAN Dividido y nube RAN, y parte de la radio (GSMA, 2019a). Las funciones antes mencionadas son las características intrínsecas de cada una de las opciones de despliegue.

Luego de analizar los aspectos de las opciones de despliegues en función de sus escenarios y las rutas para expandir la red 5G se ha establecido que las operadoras móviles previo al despliegue de la 5G deberán considerar la opción de despliegue, la ruta de migración y los estudios de caso que deseen implementar; en tal sentido, las características que más se ajustan para una futura implementación de la red 5G en el Ecuador, son las de la opción del despliegue 3 NSA. Se ha considerado esa opción debido a que en ella se puede reutilizar las tecnologías EPC y LTE del sistema móvil 4G. Esto es posible debido a la compatibilidad existente entre los elementos de la NR y LTE. En consecuencia, se estima que las operadoras móviles del país harán una migración paulatina hacia la 5G.

### **RQ2: ¿Qué lanzamiento de la 3GPP en base a las características cumple con las condiciones para su implementación, en el caso ecuatoriano?**

La 3GPP ha elaborado las especificaciones técnicas y tecnológicas para el despliegue comercial de la 5G. Estas especificaciones se encuentran en los lanzamientos 15 y 16. En cada uno de los lanzamientos se aborda el despliegue de la 5G desde los enfoques no autónoma (NSA) y autónoma (SA) respectivamente (Romano, 2017). La primera fase de implementación de la 5G se especifica en el lanzamiento 15. Éste se centra en el eMBB y en él se definen las siguientes características: nuevas mejoras en las comunicaciones críticas (incluidas la comunicación de baja latencia ultra fiable y la comunicación de baja latencia altamente fiable); comunicaciones de tipo máquina (MTC) e IoT, comunicaciones relacionadas con vehículos (V2X), comunicaciones de misión crítica (MC) y características relacionadas con WLAN; y espectro sin licencia (3GPP, 2018).

En cuanto al trayecto de migración, el sistema 5G soporta, además de los nuevos servicios específicos de 5G, todas las antiguas capacidades EPS (4G) que se definieron en TS 22.278 [2] y en TS 22.011 [3], 22.101 [4], 22.185 [5], 22.071 [6], 22.115 [7], 22.153 [8], 22.173 [9]. Hay algunas excepciones, es decir, algunos servicios de 4G no están soportados en 5G como el interfuncionamiento con los sistemas heredados. Así se especifica en la cláusula 5.1.2.2 de TS 22.261. Por último, se admite la movilidad entre una red básica de 5G y un EPC (4G), con un impacto mínimo en la experiencia del usuario (3GPP, 2018). En el lanzamiento 16, la 3GPP mejoró las capacidades operacionales, la eficiencia de la tecnología de acceso a la radio e introduce nuevas capacidades que amplían las funcionalidades de la NR hacia las industrias verticales de la 5G.

Según (Ghosh, Maeder, Baker, & Chandramouli, 2019), (3GPP, 2020) y (Scarlet, 2020); algunas características claves del NR son: 1) “soporte para el Acceso Integrado / backhaul (IAB) extendiendo NR” para soportar también el backhaul inalámbrico permitiendo así, por ejemplo, el rápido despliegue de células de NR y nuevas formas de proporcionar cobertura de NR en áreas con escasa densidad de fibra; 2) “Apoyo a la operación de NR en el espectro sin licencia”, ambos en forma de acceso asistido por licencia donde un portador NR en el complemento de espectro sin licencia y opera conjuntamente con un portador (NR o LTE) en espectro licenciado, y operación autónoma; y, 3) “soporte mejorado para V2X, URLLC, e IoT industrial”, extendiendo y mejorando así la aplicabilidad de la RN a nuevos escenarios de uso, incluyendo la automatización de fábricas y la industria del transporte.

La IoT es la nueva tecnología de radio de banda estrecha desarrollada para IoT estandarizada por la 3GPP en los release 13 y 14. El release 13 incluye características para la interfaz aérea subyacente para una clase de dispositivo NB1 de complejidad ultra baja con una batería de larga duración (3gpp, n.d.). En el release 14 se encuentran las mejoras para la NB- IoT, estas son: acuerdo sobre posicionamiento NB-IOT; soporte para multidifusión; reducción del consumo de energía y la latencia; mejoras de PRB sin ancla; mejoras en la movilidad y la continuidad del servicio; nuevas clases de potencia (3gpp, 2016).

### **RQ3: ¿Cuál es el estado del despliegue de la 5G y de la IoT en el Ecuador?**

Según el registro administrativo de (ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), 2021), las operadoras móviles con servicio móvil avanzado (SMA) son: Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones (CONECEL S.A.), OTECEL S.A., y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP). La operadora móvil con mayor participación del mercado es CONOCEL S.A. con un 51,20%, le sigue OTECEL S.A. con el 30,54% y CNT EP tiene el 18,25%. Todas las operadoras móviles tienen tecnología LTE y los rangos de espectros designados son de 1700 MHz/2100 MHz para CONOCEL S.A. y CNT EP; y de 1900MHz para OTECEL S.A. Mediante el análisis de la cobertura SMA realizado por (ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), 2020b)), se determinó que existen 3.449 radiobases con tecnología 2G; 9.502 radiobases con tecnología 3G y 5.0906 radiobases de la tecnología 4G desplegadas en el país. En el mismo estudio se expresa que la tecnología 4G se encuentra en evolución considerando las tendencias actuales de los consumidores de las TIC. En la figura 2 se puede observar el crecimiento de la tecnología 4G en el territorio nacional.

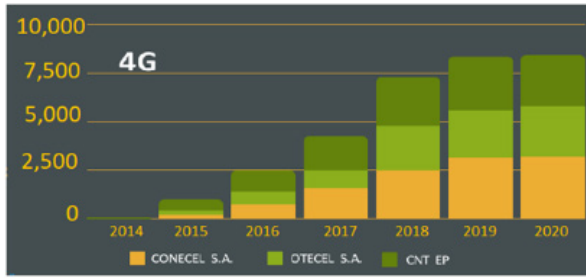


Figura 2 – Evolución de la 4G

Fuente: (ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), 2020a)

El despliegue total de la tecnología 4G, permitirá que el Ecuador pueda implementar la 5G a nivel nacional por medio de la selección de una ruta que tenga como punto de partida la opción NSA que presenta la GSMA. En el Ecuador, no existe una ley que agrupe la normativa específica sobre el despliegue de infraestructura de Telecomunicaciones. Sin embargo; en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) se detalla que será responsabilidad de las operadoras móviles el despliegue de redes e infraestructura de telecomunicaciones, incluyendo audio y vídeo por suscripción y similares, pues los prestadores de servicios de telecomunicaciones darán estricto cumplimiento a las normas técnicas y políticas nacionales, que se emitan para tal efecto (Americas, 2019b). En tal sentido, son las operadoras móviles que trabajan en el país quienes cubren todos los gastos referentes a la adquisición y modernización de su infraestructura. En la Tabla 4 se presenta el estado de desarrollo del IoT, la tecnología de red celular empleada, los servicios Empresa a consumidor (B2C) y de empresa a empresa (B2B) que ofrecen, así como los dispositivos utilizados para proporcionar los servicios (Pazmino et al., 2019).

| Características               | Operadoras móviles   |   |                     |
|-------------------------------|--|---|---------------------|
|                               | Movistar (OTECCEL S.A.)  | Claro (CONECEL S.A.)  | CNT                 |
| Estado de desarrollo          | Servicios M2M dentro de la cobertura de datos del operador móvil   |   |                     |
| Uso de los servicios de datos | Redes 2,5G, 3G y 4G  | Redes 2,5G, 3G y 4G   | Redes 2G, 3G        |
| Alcance del servicio B2C      | Localización de personas y objetos, seguimiento de vehículos y apertura remota de coches, hogar inteligente. | Seguimiento de la ubicación, conectividad   | Telemetría          |
| Alcance del servicio B2B      | Gestión de la flota  | Gestión geográfica, conectividad, gestión de flotas, vídeo móvil, vigilancia, gestión de operaciones. | Gestión de la flota |
| Dispositivos utilizados       | Modems GPS, GPRS y 3G, smartwatch  | GPS, módems GPRS y 3G, cámara de vídeo.   | GPS, GPRS modem     |

Tabla 4 – Despliegue de la IoT en Ecuador

Los factores que se deben considerar para el desarrollo de la IoT son: 1) una amplia adopción del internet y tecnología IP; 2) conectividad omnipresente; 3) el desarrollo de la computación de la nube; y 4). la continua miniaturización de dispositivos y sensores (MINTEL & SENESCYT, 2019). En relación con eso, en el Ecuador el 59.2% de sus habitantes han adoptado el internet para realizar diversas actividades relacionadas a las tecnologías de la información y comunicación (INEC). Asimismo, el 90% del país tiene cobertura de 3G y 4G (Yépez & Yun, 2018). Sin embargo, en el país los factores de omnipresencia y computación en la nube no pueden ser implementados al 100% en el desarrollo de tecnologías IoT debido a las limitaciones de velocidad, latencia y densidad propias de las tecnologías 3G y 4G.

(Yépez & Yun, 2018), expresó que el Ecuador carece de una red compartida, donde se encuentre los recursos de hardware y software necesarios para desarrollar las aplicaciones; y tampoco existe un plan estructurado para la construcción de IoT.

#### **RQ4: ¿Cuál es el rango de espectro de las comunicaciones 5G y su interacción con el IoT?**

La UTI estandarizará las bandas de frecuencias que se usarán para la implementación de la tecnología 5G. Según (ITU News Magazine, 2017), las diferentes tecnologías que se implementarán en la 5G necesitan un rango de espectro diferente cada una. Para la implementación de la 5G se debe tener armonizados los espectros, de tal forma que, todos los dispositivos que constituyen el ecosistema 5G puedan funcionar en su espacio espectral (3GPP, 2018). “La tecnología 5G requiere tres rangos de frecuencia principales para aportar cobertura total y dar soporte a todos los servicios previstos”. Cada uno de los casos de uso de internet de la 5G tienen su respectiva frecuencia y rango, así la (GSMA, 2017) establece para: eMBB una frecuencia de 1GHz – 6GHz y su rango estará entre los 3.3 GHz a los 3.8 GHz; mMTC tendrá una frecuencia menor o igual a 1GHz; y URLLC una frecuencia de hasta 6 GHz y un rango de 2.4 GHz – 5.8 GHz.

GSMA ha previsto que el uso para los planes nacionales de banda ancha en el Ecuador será de 3.3 GHz a 3.6 GHz. (Frasson-Quenoz, 2020). De igual forma, en relación a la banda media el espectro liberado en el rango de 3.5 GHz es de 228.5 MHz. Por consiguiente, el MINTEL podrá impulsar la subasta del espectro radioeléctrico para la implementación de la 5G. Los rangos de frecuencia y los anchos de banda disponibles para la 5G el release 15 establece 2 frecuencias éstas son: FR1 y FR2 cuyo rango será de 450 MHz - 6 GHz y 24.25 GHz -52.6 GHz respectivamente; y el ancho de banda de FR1 estará dado por 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 ó 100 MHz; y para el FR2 será de 50, 100, 200 ó 400 MHz (Release 15 - 3GPP, n.d.). De acuerdo con la (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2018), las aportaciones que darán la mMTC en el desarrollo tecnológico de un país a través de la IoT será la agricultura inteligente, ciudades inteligentes, control energético, hogares inteligentes y seguimiento a distancia, entre otros. Adicionalmente, con la mMTC se podrán conectar un millón de dispositivos IoT por kilómetro. El NB-IoT tiene 25 bandas de frecuencia estas son: 1-5, 8, 11 – 14, 17, 20,25,26,28,31,66,70-74 y 85 MHz (Miranda, 2019).

## 5. Conclusiones

En el presente estudio se analizó la opción de despliegue que deben seguir las operadoras móviles del Ecuador para la implementación de la tecnología 5G basado en el modelo GSMA y su interacción con el internet de las cosas. La GSMA ha presentado cinco opciones para el despliegue de la 5G y éstas han sido utilizadas por algunos de los países que tienen implementado esta tecnología. A través de la revisión bibliográfica se pudo determinar que el gobierno de Ecuador tiene programado la transformación de sus ciudades en ciudades inteligentes y ha lanzado el proyecto “Ecuador Digital”; no obstante, no tiene una hoja de ruta para el despliegue del 5G. Sin embargo, países como España han realizado una hoja de ruta que les ha permitido ejecutar un despliegue planificado de la red. Los aspectos claves considerados en la hoja de ruta son los siguientes: distribución de espectro, infraestructura tecnológica y seguridad informática. De la misma forma se estableció que el Ecuador no posee una red compartida, donde se encuentren los recursos de hardware y software necesarios para desarrollar las aplicaciones IoT; y tampoco existe un plan estructurado para la construcción de IoT. A pesar de esas limitaciones las operadoras móviles ofertan servicios IoT para empresa a consumidor (B2C) y de empresa a empresa (B2B) (RQ3).

Además, se determinó que las operadoras móviles del país podrían realizar el despliegue hacia la 5G por medio de la opción 3 no autónoma propuesta por la GSMA. Esta opción permitirá un despliegue progresivo de 4G a 5G. Sin embargo, ésta no impulsa todos los casos de uso de las tecnologías emergentes de la quinta generación. En tal sentido, se estima que la opción 3 proporcionará un apoyo mediano para el impulso de la IoT, lo que limitará la transformación de las ciudades del país a ciudades inteligentes (RQ1). Al culminar este estudio, se ha establecido que las funciones y los componentes de red 5G están en concordancia con el “lanzamiento 15”. En esta fase las operadoras móviles pueden reutilizar la tecnología de la 4G LTE lo que minorizará sus gastos en la adquisición de la nueva infraestructura al momento de implementar la 5G. También, se encontró que en los “lanzamientos 13 y 14” están descritos todas las características y funciones tecnológicas de la NB-IoT (RQ2).

Los rangos de frecuencia para la 5G en relación con la IoT se encuentran en concordancia con el FR1 por lo que el ministerio de telecomunicaciones de Ecuador (MINTEL) deberá impulsar la subasta del espectro radioeléctrico para la implementación de la 5G y el aumentar el impulso de la IoT (RQ4).

La red 5G es una temática nueva, por tal razón, la mayoría de la información que se recabó para resolver las preguntas de investigación se las encontró en los sitios oficiales de las organizaciones especializadas para la estandarización y el despliegue de la 5G, Lo antes mencionado fue un limitante debido a que se tuvo que utilizar la técnica de seguimiento bibliográfico para conocer nuevas fuentes para la investigación.

Como trabajos futuros se propone que se realice un estudio de prospectiva tecnológica para la implementación de la tecnología de la 5G en Ecuador, de esa manera se puede realizar una investigación más detallada y usar técnicas de predicción científica para el despliegue de la 5G en el Ecuador.

## Referencias

- 3GPP. (n.d.). release-13. Retrieved from <https://www.3gpp.org/release-13>
- 3GPP. (2016). Estándares para IoT. Retrieved from [https://www.3gpp.org/news-events/1805-iot\\_r14](https://www.3gpp.org/news-events/1805-iot_r14)
- 3GPP. (2018). 3GPP TS 22.278 V15.4.0. Retrieved from <http://www.3gpp.org>
- 3GPP. (2020). 3GPP TR 21.916 Vo.6.0. Retrieved from <http://www.3gpp.org>
- 5G-PPP. (2015). 5G Vision: The Next Generation of Communication Networks and Services. The 5G Infrastructure Public Private Partnership, 1–16. Retrieved from <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf>
- 5G Task Force, & MCMC. (2019). 5G Key Challenges and Nationwide Implementation Plan - Malaysia. In National 5G Task Force Report. Retrieved from <https://www.mcmc.gov.my/en/media/announcements/national-5g-task-force-report>
- Ajmal, S., Muzammil, M. B., Jamil, A., Abbas, S. M., Iqbal, U., & Touseef, P. (2019). Survey on Cache Schemes in Heterogeneous Networks using 5G Internet of Things. ACM International Conference Proceeding Series. <https://doi.org/10.1145/3341325.3342027>
- Americas, 5G. (2019a). A 5G Americas White Papers, 5G AND THE CLOUD. In 5G Americas.
- Americas, 5G. (2019b). Temas en Regulación de Telecomunicaciones:Ecuador 2019. Retrieved from [www.5GAMERICAS.ORG](http://www.5GAMERICAS.ORG)
- ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). (2020a). Infraestructura Y Cobertura. In Boletín Estadístico.
- ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). (2020b). Servicio de Acceso a Internet Fija.
- ARCOTEL(Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones). (2021). Servicio Móvil Avanzado.
- Awoyemi, B. S., Alfa, A. S., & Maharaj, B. T. J. (2020). Resource Optimisation in 5G and Internet-of-Things Networking. *Wireless Personal Communications*, 111(4), 2671–2702. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-07010-9>
- Baniata, M., Ji, H., Kim, Y., Choi, J., & Hong, J. (2018). Energy-balancing unequal concentric chain clustering (MIMO-UCC) protocol for iot system in 5G environment. *Proceedings of the 2018 Research in Adaptive and Convergent Systems, RACS 2018*, 68–74. <https://doi.org/10.1145/3264746.3264747>
- Calvopiña, A., Tapia, F., & Tello-Oquendo, L. (2020). Uso del asistente virtual Alexa como herramienta de interacción para el monitoreo de clima en hogares inteligentes por medio de Raspberry Pi y DarkSky API. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (36), 102–115. <https://doi.org/10.17013/risti.36.102-115>

- Constain, S., Mantilla Gaviria, I. A., Rueda Jiménez, G. C., Trujillo, L. F., & Barrera Medina, J. G. (2019). Plan 5G Colombia - El Futuro Digital es de Todos. Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones.
- Frasson-Quenoz, F. (2020). 5G y el Rango de 3,3 - 3,8 GHz en América Latina. In *Africlopedia: 50 claves para entender un continente*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv18msq32.5>
- Future Trends Forum. (2011). El Internet de las Cosas Bankinter. In *Fundación de la Innovación Bankinter*. Retrieved from [http://boletines.prisadigital.com/El\\_internet\\_de\\_las\\_cosas.pdf%0Ahttp://boletines.prisadigital.com/El\\_internet\\_de\\_las\\_cosas.pdf%5Cnhttp://www.fundacionbankinter.org](http://boletines.prisadigital.com/El_internet_de_las_cosas.pdf%0Ahttp://boletines.prisadigital.com/El_internet_de_las_cosas.pdf%5Cnhttp://www.fundacionbankinter.org)
- García Barranco, J. (2019). TECNOLOGÍAS 3G, 4G Y 5G: Una perspectiva económica y social de la carrera por la innovación de las redes de banda ancha. *Comillas*, 1–45. Retrieved from <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/27633>
- Ghosh, A., Maeder, A., Baker, M., & Chandramouli, D. (2019). 5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology beyond 3GPP Release 15. *IEEE Access*, 7(March), 127639–127651. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2939938>
- GSMA. (2016). 5G Spectrum. Public Policy Position, (July). Retrieved from <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2016/06/GSMA-5G-Spectrum-PPP.pdf>
- GSMA. (2017). 5G, Internet de las cosas (IoT) y Accesorios tecnológicos ¿Cómo afectan los nuevos usos de las tecnologías inalámbricas a las emisiones electromagnéticas? *Gsma*, 32. Retrieved from [https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/04/gsma\\_2017\\_5g\\_iot\\_wearable\\_web\\_ES\\_definitivo.pdf](https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/04/gsma_2017_5g_iot_wearable_web_ES_definitivo.pdf)
- GSMA. (2018a). Mobile IoT Unmanned Aircraft IN THE 5G Future.
- GSMA. (2018b). Road to 5G : Introduction and Migration. In *Gsma*. Retrieved from [https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2018/04/Road-to-5G-Introduction-and-Migration\\_FINAL.pdf](https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2018/04/Road-to-5G-Introduction-and-Migration_FINAL.pdf)
- GSMA. (2019a). 5G Implementation Guidelines. In *Future Networks Programme (Vol. 1)*. Retrieved from <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2019/03/5G-Implementation-Guideline-v2.0-July-2019.pdf>
- GSMA. (2019b). Operator Requirements for 5G Core Connectivity Options.
- GSMA. (2020). 5G Implementation Guidelines : NSA Option 3.
- ITU News Magazine. (2017). Abrir Sendas hacia 5G. *Durign Wireless Innovation*, 2(1020-4164), 1–32. Retrieved from [https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2017/2017-02/2017\\_ITUNews02-es.pdf](https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2017/2017-02/2017_ITUNews02-es.pdf)
- Majandus - ja Kommunikatsiooniministeerium. (2019). Eeti 5G Teekaart Aastani 2025.
- Manasa, H R, & Pramila, S. (2015). Architecture and Technology Components for 5G Mobile and Wireless Communication. *International Journal of Engineering Research*, 4(06), 1218–1223. <https://doi.org/10.17577/ijertv4is061112>

- Maniewicz, M. (2019). Comunicaciones inalámbricas terrenales. *ITU News MAGAZINE*, 4(1020–4148), 4–7. Retrieved from [https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2019/2019-04/2019\\_ITUNews04-es.pdf](https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2019/2019-04/2019_ITUNews04-es.pdf)
- Ministerio de energía turismo y Agenda digital. (2018). Plan Nacional 5G 2018-2020.
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2019). MINTEL Ecuador Digital. Retrieved from <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2019/05/PPT-Estrategia-Ecuador-Digital.pdf>
- MINTEL, & SENESCYT. (2019). Líneas de investigación, desarrollo e innovación y transferencia del conocimiento en TIC 2019. Mintel, 110.
- Miranda, J. S. (2019). Estudio en detalle de NB-IoT. Comparación con otras tecnologías LPWAN considerando diferentes patrones de tráfico .
- Mohr, W. (2015). The 5G Infrastructure Public-Private Partnership in Horizon 2020.
- Murara, B. (2017). Imt-2020 Network High Level Requirements. International Telecommunications Union.
- Pazmino, L., Flores, F., Ponce, L., Zaldumbide, J., Parraga, V., Loarte, B., & Rivera, R. (2019). Challenges and opportunities of IoT deployment in ecuador. Proceedings - 2019 International Conference on Information Systems and Software Technologies, ICI2ST 2019, 108–115. <https://doi.org/10.1109/ICI2ST.2019.00022>
- Release 15 - 3GPP. (n.d.). Retrieved from <https://www.3gpp.org/release-15>
- Rico-Bautista, D., Maestre-Góngora, G. P., Guerrero, C. D., Medina-Cárdena, Y., Areniz-Arévalo, Y., Sanchez-Velasquez, M. C., & Barrientos-Avenidaño, E. (2021). Universidad inteligente: Factores claves para la adopción de internet de las cosas y big data. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (41), 63–79. <https://doi.org/10.17013/risti.41.63-79>
- Romano, G. (2017). 3GPP activity towards IMT-2020 3GPP Roadmap.
- Scarlet, D. (2020). The 5G Evolution. *Journal of Chemical Information and Modeling* Vol. 53. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Software de análisis de datos cualitativos gratis - QDA Miner Lite - libre. (n.d.). Retrieved from <https://provalisresearch.com/es/products/software-de-analisis-cualitativo/freeware/>
- Suryanegara, M., Arifin, A. S., & Asvial, M. (2017). The IoT-based transition strategy towards 5G. *ACM International Conference Proceeding Series*, 186–190. <https://doi.org/10.1145/3175684.3175728>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2018). Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos. Retrieved from [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G\\_01-2018-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G_01-2018-PDF-S.pdf)
- Yépez, J. F., & Yun, S. K. (2018). The Current Telecommunications Infrastructure in Ecuador is Ready to Start with the Implementation of IoT Applications?.



