

**LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA CALIDAD DEL SERVICIO DE LOS
OPERADORES MÓVILES DE TELECOMUNICACIONES EN BOGOTÁ**

AUTORES:

**IVAN ALEXIS SANTOS QUICENO
ADRIANA ROCIO BLANCO RANGEL
ASTRID XIOMARA GUERRERRO**

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

UNIVERSIDAD EAN

SEPTIEMBRE DE 2019

Bogotá D.C., Colombia.

Resumen

El presente documento presenta los resultados obtenidos en la investigación de la correlación existente entre la inteligencia artificial y la calidad del servicio de los operadores móviles de telecomunicaciones en la ciudad de Bogotá. Se ha realizado un análisis estadístico sobre documentos gubernamentales de los servicios de comunicaciones en Colombia entre los años 2015 y 2018 y de reportes internacionales sobre los usuarios de servicios de comunicaciones en el país. La inteligencia artificial está teniendo un impacto acelerado sobre la realidad de los seres humanos, se estará mostrando su incidencia en los usuarios y operadores de comunicaciones móviles en el Distrito Capital.

Palabras Clave:

Inteligencia artificial, calidad de servicio, telecomunicaciones, indicadores, revolución industrial, usuarios, operadores.

Introducción

La investigación desarrollada es una investigación cuantitativa de corte correlacional transversal, no experimental, sobre la inteligencia artificial y la calidad de los servicios de los operadores de telecomunicaciones móviles en la ciudad de Bogotá, contemplando el análisis de los cinco principales indicadores de calidad de los servicios móviles.

De acuerdo con el Foro Económico Mundial (2018), la adopción de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, (*ICT adoption*) es el tercero de 12 pilares que sostienen la competitividad de los países y se encuentra agrupado en la categoría denominada *ENABLING ENVIRONMENT*. En la evaluación aplicada a 140 Estados, y con un puntaje máximo posible de 100, Estados Unidos es el país más competitivo del planeta con una puntuación de 85.6 y Colombia se encuentra en la posición 60 con 61.3 puntos. Para el caso del pilar *ICT adoption*, EE. UU ocupa la posición 27 con un puntaje de 71.2 y Colombia la posición 84 con 46.7 puntos. No obstante Corea del Sur tiene el primer lugar para el pilar de adopción TIC con un puntaje del 91.3, siendo el número uno también en el pilar de la estabilidad macroeconómica (*macroeconomic stability*) con un puntaje perfecto de 100.

Existe por lo tanto una relación directa entre la adopción de tecnologías de la información y las comunicaciones y la estabilidad macroeconómica de los países. El pilar de adopción TIC se

basa en la penetración de **servicios** de Internet y telefonía móvil, con sus respectivas variaciones, para el caso de telefonía móvil son los servicios de voz y ancho de banda (datos) y para internet si se provee el servicio por medio de redes fibra óptica o de redes FTTH (redes fijas). En Colombia, Bogotá tiene el tercer lugar en el índice de penetración de internet fijo, con 22.2% frente a un 12.8% nacional, mientras que la penetración de la telefonía móvil se encuentra en el promedio nacional, 126.1%, de acuerdo con las cifras del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2018).

Según Schwab (2016), la humanidad se encuentra en la cuarta revolución industrial, la cual se fundamenta en la combinación y articulación de sistemas automatizados, de hardware y software. La gran diferencia con la tercera revolución industrial es que ahora existe una integración a gran escala con redes globales de **telecomunicaciones**. Actualmente es posible, por ejemplo, manejar un robot industrial que realiza una tarea compleja en una ensambladora japonesa de autos mediante una computadora o terminal móvil ubicada en Colombia. El internet tal como lo conocemos está evolucionando hacia el internet de las cosas (*IoT*) donde las cosas tienden a ser robots, el salto hacia la cuarta fase industrial ha sido impulsada significativamente por las tecnologías de la información y las comunicaciones y por el campo de la **inteligencia artificial**.

Existen diferentes definiciones sobre el concepto de inteligencia artificial (IA) de acuerdo con el contexto histórico, para Zandin (2001) la inteligencia artificial es la integración de conocimientos y técnicas experimentales en un modelo coherente para ser implementado en algoritmos computacionales. La IA se puede entender como la simulación de la inteligencia humana por parte de las maquinas, generalmente basados en sistemas informáticos (robots).

La automatización, fuertemente impulsada desde los centros de investigación y formación está generando el mismo fenómeno ocasionado por la primera revolución industrial, el desplazamiento humano por parte de las maquinas, en la primera revolución industrial las maquinas empezaron a reemplazar la fuerza humana, durante la tercera y cuarta revolución industrial las capacidades intelectuales humanas, especialmente las matemáticas, están siendo sustituidas por sistemas informáticos.

La inteligencia artificial ya está teniendo aplicación en diferentes áreas como la medicina, Franklin (2003), negocios, educación, finanzas, leyes, manufactura y desde luego, el sector las telecomunicaciones, Jeffer (2004). De forma general, vemos la practicidad de la IA en

algoritmos informáticos que procesan un gran volumen de datos (*Big Data*), haciendo predicciones y tomando decisiones en algunos niveles.

En el contexto de redes de telecomunicaciones, específicamente en el área de servicios móviles, el año 2019 inicia la quinta generación (5G) de las tecnologías y estándares de comunicación inalámbrica, con redes más rápidas, con menor latencia y mayor eficiencia Notimex (2019). En la era 5G se está aplicando de facto la inteligencia artificial, un ejemplo es la administración del espectro radioeléctrico, descritas por Salgado, Márquez y Gómez (2016) como técnicas inteligentes en la asignación de espectro dinámica para redes inalámbricas cognitivas, que se basan en algoritmos para un sistema de comunicación inalámbrica inteligente (CR).

De acuerdo con el reporte de las industrias del sector TIC en Colombia de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (2017), para los índices internacionales TIC, el país tiene como factores destacados el número de suscriptores de teléfonos móviles, el uso del internet, la sostenibilidad ecológica, el comercio, la competencia y escala del mercado, la protección a los inversionistas minoritarios y el registro de propiedades.

Lo ya expuesto referente a los fenómenos sociales y tecnológicos por los que está atravesando la humanidad, con la cuarta revolución industrial y la conectividad mundial, apoyadas en las redes globales de telecomunicaciones, la naciente 5G y la adopción y aplicación de la inteligencia artificial en las diferentes disciplinas científicas para lograr países con mayores índices de competitividad e industrialización, motivan el desarrollo de esta investigación que tiene como objetivo definir la correlación entre la aplicación de la inteligencia artificial y la calidad de los servicios de telecomunicaciones de los operadores móviles de telecomunicaciones en Bogotá.

Metodología

El presente trabajo se desarrolla bajo el marco de una investigación de enfoque cuantitativo, alcance correlacional y diseño no experimental transversal. La extracción y estudio de datos, se basó en el análisis estadístico, examinándose cada uno de los datos extraídos, resaltando aquella información que resultará más útil y que podrá encaminar a una conclusión satisfactoria, permitiendo obtener respuestas a las preguntas objeto de investigación.

Las características tenidas en cuenta para realizar la obtención de información son la validez y la confiabilidad. Son confiables, porque, las fuentes y la información seleccionada son precisas y exactas. Y a la vez son válidas, porque, el contenido de estas es veraz, legítimo y aplica para este análisis y para el objeto de investigación que se pretende.

Participantes

Los reportes de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) se basan en la aplicación de mediciones de calidad para los usuarios de servicios de telecomunicaciones, instalando equipos de medición en 385 hogares o suscriptores en cada una de las principales ciudades del país. Se analizaron en su totalidad cuatro (4) reportes de la CRC, uno por año, desde el año 2015 hasta el año 2018.

Instrumentos

Se realizó un análisis estadístico sobre los reportes anuales de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRC) sobre la calidad de los servicios de comunicaciones en Colombia, desde el año 2015 hasta el año 2018.

Procedimientos

Para el inicio de esta investigación, se partió de la base del gran avance que ha tenido la Inteligencia Artificial en varios campos: la medicina, las finanzas, la educación, la robótica, la ingeniería, la arquitectura, en el entretenimiento y por esto se quiso analizar qué tanto ha mejorado la calidad del servicio en las empresas la implementación de esta Inteligencia Artificial (IA).

Se hizo una delimitación bastante concreta sobre el campo de acción a trabajar, se estableció el objetivo principal y los secundarios para guiar mejor el estudio.

Teniendo en cuenta lo anterior, se identificaron las variables conceptuales: calidad del servicio e inteligencia artificial, para finalmente, hacer las consultas de las fuentes que podrían ayudar con información relevante y datos reales, pertinentes y veraces sobre cómo se mide la calidad de servicio de las empresas de telecomunicaciones; conocer las fallas más comunes, sus rendimientos, su velocidad, su tiempo de respuesta; obteniendo cifras importantes desde el año 2015 hasta el año 2018, periodo en el cual se basa el estudio.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de los indicadores de calidad de los servicios móviles de los operadores de telecomunicaciones en la ciudad de Bogotá entre los años 2015 y 2018, a partir del análisis estadístico realizado a los reportes de medición nacional de calidad de la Comisión de Regulación de Comunicaciones.

Indicador de Llamadas no exitosas

Cuanto menor sea el porcentaje de llamadas no exitosas (llamadas que no logran establecerse para la efectiva comunicación del usuario), mejor será la experiencia del usuario, por lo tanto, en la tabla del anexo 1 se han organizado los datos por año y de forma ascendente los porcentajes de llamadas no exitosas, de modo que el primer lugar corresponderá al operador con menor porcentaje de llamadas no exitosas y el último para el operador con mayor porcentaje de llamadas no exitosas.

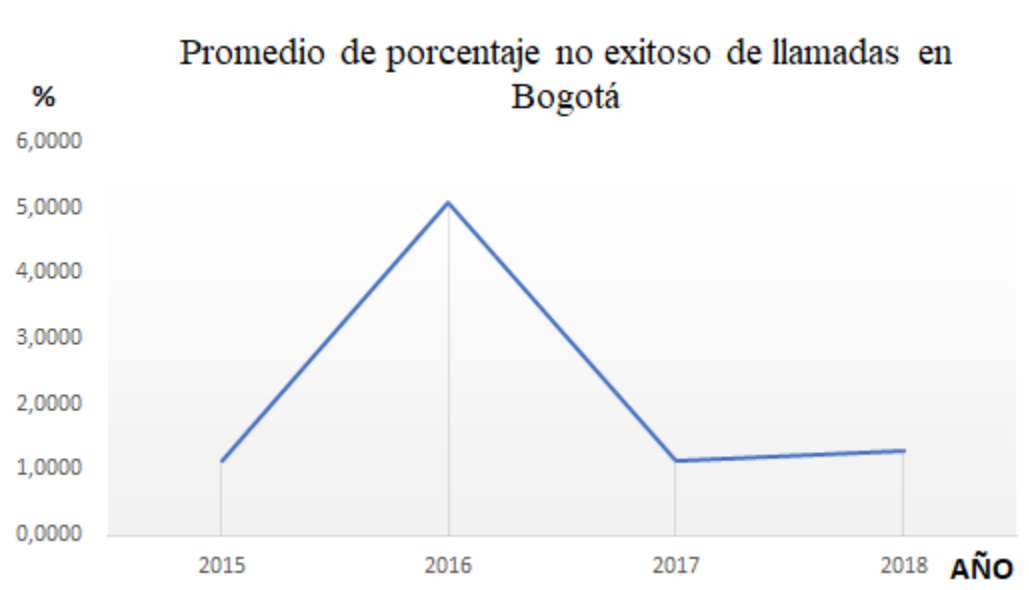
De la tabla del anexo 1 se puede obtener el promedio del porcentaje de llamadas no exitosas por año en Bogotá.

Tabla 1. Porcentaje de llamadas no exitosas en Bogotá entre los años 2015 y 2018

AÑO	PROMEDIO PORCENTAJE NO EXITOSO DE LLAMADAS (%)
2015	1,1314
2016	5,0871
2017	1,1443
2018	1,2742

Fuente: Elaboración propia (2019)

Gráfica 1. Promedio de porcentaje no exitoso de llamadas en Bogotá



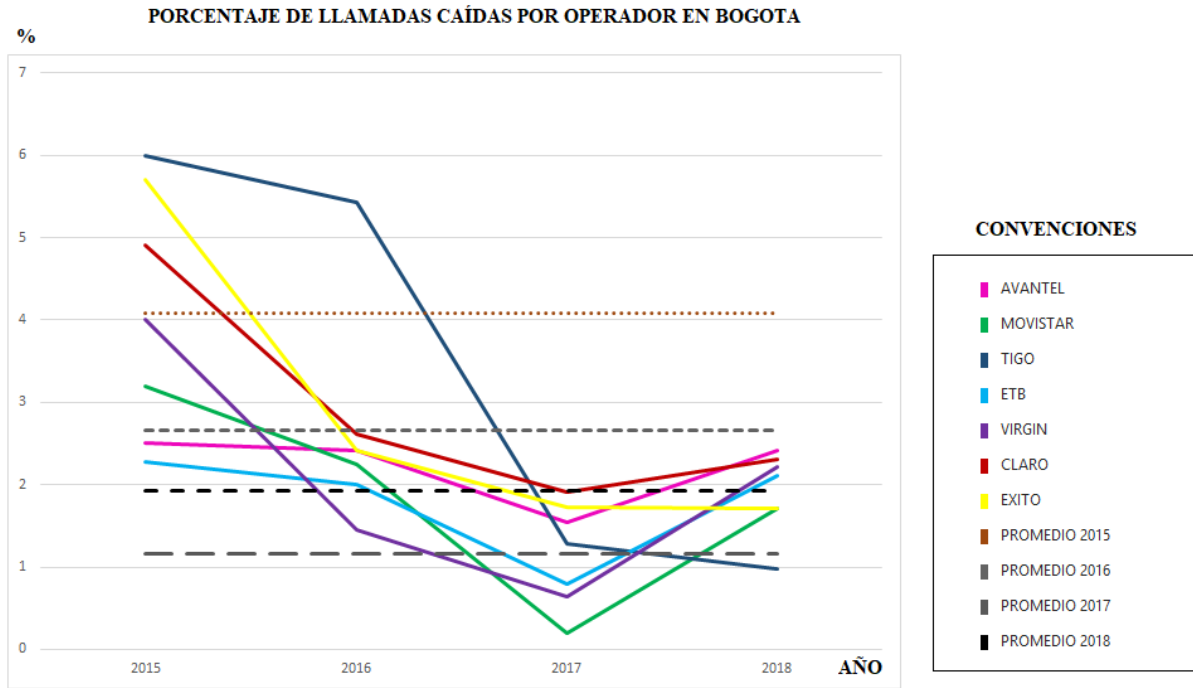
Fuente: Elaboración propia (2019)

Para el año 2015 Virgin y Movistar fueron los operadores que estuvieron por encima del promedio del indicador (menor desempeño), para el 2016 (el año de mayor porcentaje de llamadas caídas) Avantel, Virgin y Claro y para el 2018, Virgin, Movistar, Avantel y Claro. Los operadores ETB y Éxito fueron los que mejor desempeño obtuvieron en la medición de este indicador.

Indicador de Llamadas caídas

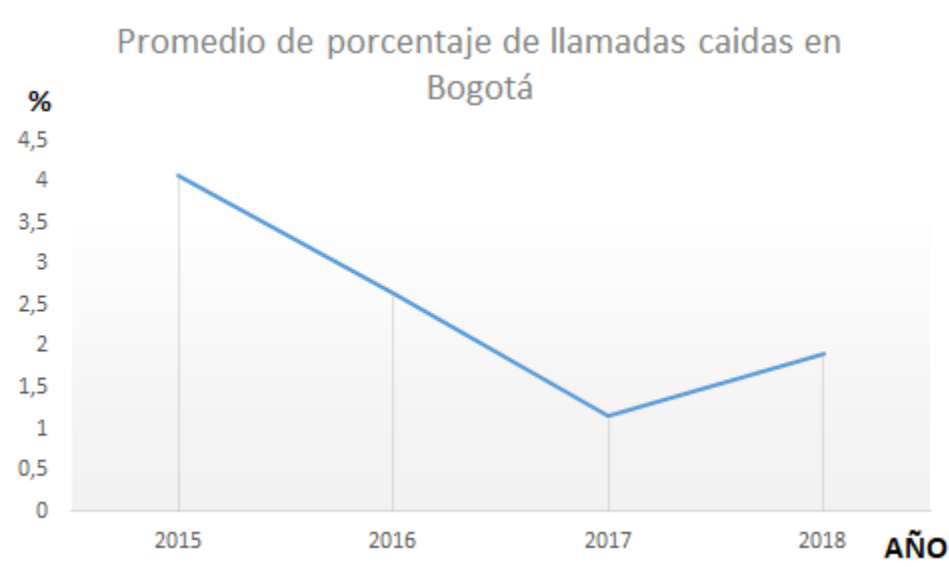
Las llamadas caídas son uno de los indicadores más sensibles para los usuarios (llamadas que se caen o se cortan), entre menor sea el porcentaje mejor será la experiencia de usuario, a continuación, se muestra el porcentaje de llamadas caídas por operador en Bogotá entre los años 2015 y 2018, lo que nos permite establecer los promedios de llamadas en la ciudad en los años de medición.

Gráfica 2. Porcentaje de llamadas caídas por operador en Bogotá



Fuente: Elaboración propia (2019)

Gráfica 3. Promedio de porcentaje de llamadas caídas en Bogotá por año



Fuente: Elaboración propia (2019)

En el año 2015, Éxito y Tigo tuvieron el menor desempeño para este indicador, en el 2016 Claro y Tigo, en el 2017 Éxito y Claro y para 2018 Claro y Avantel. Los operadores Movistar y ETB fueron los que tuvieron mejor desempeño en el indicador. 2017 fue al año con menor número de llamadas caídas en Bogotá.

Indicador de tiempo de Carga WEB

En el anexo 2 se encuentran los resultados por año y operador en Bogotá del indicador de tiempo de Carga WEB, que es el tiempo requerido para cargar completamente todos los recursos para visualización de una página web. Si el tiempo obtenido en la medición es pequeño, la experiencia de usuario es mejor. La información se encuentra de menor a mayor tiempo obtenido. Este indicador ha evolucionado desde el año 2015, donde solo se contemplaba los tiempos de respuesta para cargar una página web convencional, ya en 2017 se incluyen los tiempos para las redes sociales Facebook y Twitter y el servicio de mensajería instantánea WhatsApp.

Los anteriores datos nos permiten obtener los tiempos promedio por año para la carga web, Facebook, Twitter y WhatsApp en Bogotá con los servicios móviles de los operadores en la ciudad.

Tabla 2. Tiempo promedio de carga WEB en Bogotá entre los años 2015 y 2018

AÑO	KPI	Promedio Tiempo de carga WEB (ms)
2015	Carga Web - Tiempo medio (ms)	20,88564714
2016	Carga Web - Tiempo medio (ms)	18,8175
2017	Carga Web - Tiempo medio (ms)	6,751298857
	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)	4717,214275
	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)	1476,497179
	WhatsApp - Tiempo de Check (s)	1,987953344

2018	Carga Web - Tiempo medio (ms)	6,378343539
	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)	10727,32838
	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)	525,7827114
	WhatsApp - Tiempo de Check (s)	1,422546967

Fuente: Elaboración propia (2019)

Año a año se han reducido las brechas para este indicador entre los operadores, se puede destacar que el operador Virgin ha tenido óptimos resultados en este parámetro de medición.

Indicador de Latencia

Mediante la latencia se mide que tan rápido viajan los datos del punto de origen al destino. Si el tiempo obtenido en la medición es pequeño, la experiencia del usuario es mejor. La latencia en una red se puede medir a través de la técnica de Rastreador de Paquetes en Internet (*PING*), cuando se puede establecer la conexión entre dos puntos, un *PING* mide los tiempos aproximados de transmisión y recepción de los paquetes de datos de un origen a una fuente y de la fuente al origen, con lo que se puede obtener un promedio de tiempo. En el anexo 3 se encuentra la tabla de los resultados de la medición de este indicador.

Los resultados obtenidos nos permiten calcular la latencia promedio por año en Bogotá.

Tabla 3. Latencia promedio por año en Bogotá

AÑO	KPI	Valor promedio Latencia (ms)
2015	Ping - Latencia (ms)	198,4071429
2016	Ping - Latencia (ms)	146,5928571
2017	Ping - Latencia (ms)	180,2657143
2018	Ping - Latencia (ms)	174,6814603

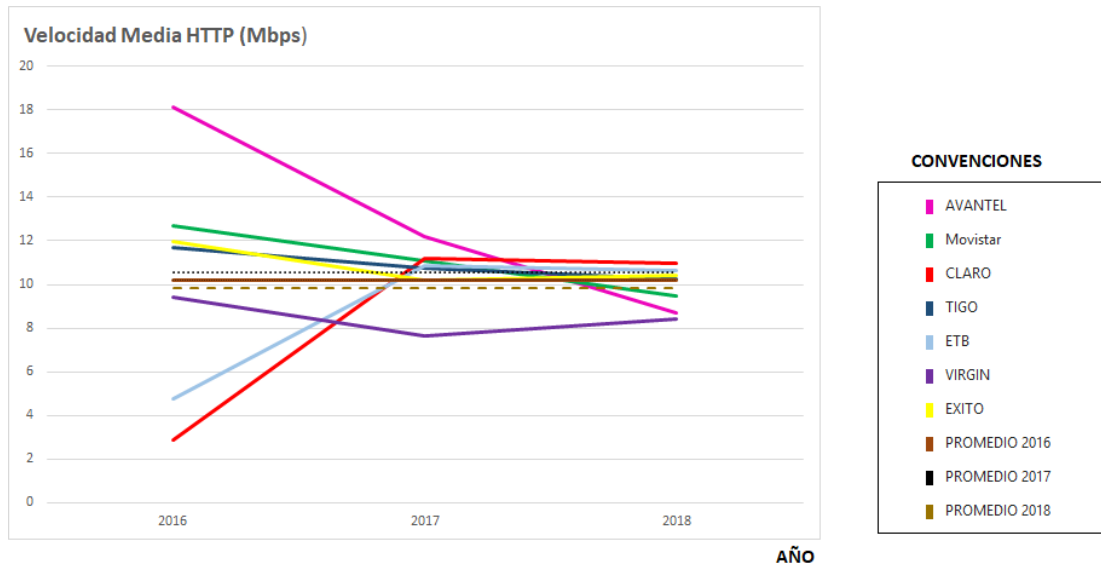
Fuente: Elaboración propia (2019)

El análisis de estos datos muestra como el operador Virgin tiende a mejorar su indicador de latencia año tras año, de forma opuesta a ETB, que tuvo el mayor desempeño en el 2015 y el menor para el 2018. Los demás operadores oscilan sobre el promedio anual de latencia.

Indicador de Velocidad Media HTTP

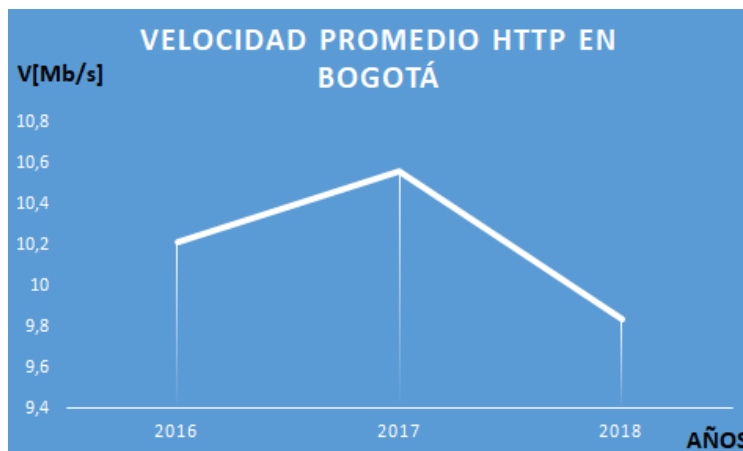
Es la rapidez con la que se pueden descargar y cargar contenidos desde una página web por medio del protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP). A mayor velocidad obtenida en la medición, mejor es la experiencia del usuario, la velocidad media es otro indicador sensible para la satisfacción de usuario. En las siguientes graficas se muestran las velocidades promedio por año para cada operador y el promedio anual de velocidad en Bogotá de acuerdo con los datos obtenidos.

Gráfica 4. Velocidad media HTTP por operador en Bogotá



Fuente: Elaboración propia (2019)

Gráfica 5. Velocidad media HTTP en Bogotá por año



Fuente: Elaboración propia (2019)

El operador Avantel tuvo una velocidad inicial muy superior a los demás operadores, pero tiene una tendencia decreciente en el tiempo, de forma opuesta, ETB y CLARO han tenido una tendencia creciente y se han estabilizado en los últimos años. El operador Virgin ha mantenido sus niveles de velocidad, pero se encuentra por debajo de los demás operadores en los últimos años, Movistar tiene una leve tendencia decreciente y el operador Éxito ha mantenido su velocidad en los años medición. 2017 fue el año de mayor velocidad promedio en Bogotá en el periodo de medición.

Conclusiones y Discusión

Entre los años 2015 y 2018 en Bogotá y la mayor parte del mundo, los servicios de telecomunicaciones provistos mediante las redes móviles han estado bajo el estándar de la tecnología móvil de cuarta generación (4G). Como la inteligencia artificial se fundamenta en algoritmos computacionales, en este contexto, son los protocolos de comunicación presentes en las redes 4G, debido a que la cuarta generación móvil describe una arquitectura compleja de telecomunicaciones basados en las especificaciones para el sistema LTE (Long Term Evolution), la inteligencia artificial se encuentra presente en las tareas específicas para la calidad de servicio (QoS).

Según Gualda (2016) los dos niveles de servicio (QoS) para LTE son:

1. QoS en el **nivel de servicio** (*Service Data Flow -SDF*). También llamado nivel SDF.
2. QoS en el **nivel de canal** (*EPS bearer*). También llamado nivel agregado SDF.

Los parámetros presentes en los niveles QoS son:

- **QCI** (*QoS Class Identifier*). Referencia para indicar las características de rendimiento del SDFs y de los canales EPS (tipo de recurso, tasa de paquetes perdidos, retrasos...)
- **ARP** (*Allocation and Retention Priority*). Controla el acceso a llamadas. Indica la prioridad para decidir si activar nuevos SDF/canales.

- **MBR** (*Maximum Bit Rate*). Máximo ancho de banda que se puede utilizar. Este valor marca el máximo, pero depende de la conexión y como esta compartida con otros usuarios/aplicaciones.

- **GBR** (*Guaranteed Bit Rate*). Ancho de banda garantizado en la conexión.

- **APN-AMBR** (*Access Point Name - Agregated Maximum Bit Rate*). Máximo ancho de banda permitido para todos los canales non-GBR asociados a una conexión PDN de un UE.

- **UE-AMBR** (*User Equipment - Agregated Maximum Bit Rate*). Máximo ancho de banda permitido para todos los canales non-GBR asociados a una conexión a un UE.

Tanto las redes móviles 4G como las redes fijas actuales de telecomunicaciones operan basadas en el **protocolo IP** (*Internet Protocol*), que permite el direccionamiento y el enrutamiento de paquetes de datos entre dispositivos.

En la práctica estos parámetros son controlados mediante algoritmos computacionales, presentes en la implementación de los protocolos de comunicación de las redes de telecomunicaciones y buscan garantizar la calidad del servicio mediante la priorización del tráfico y la garantía de un ancho de banda mínimo. De acuerdo con la Unión Internacional de Comunicaciones (2011) las principales variables para este propósito son la tasa de error, el ancho de banda, el rendimiento, los retrasos y las transmisiones y la disponibilidad.

El aspecto para considerar ahora es la tecnología presente en cada operador móvil de telecomunicaciones, es necesario precisar que los operadores Virgin y Éxito son operadores móviles virtuales (MVNOs) y hacen uso de la infraestructura de otros operadores, Virgin utiliza la red de Movistar y Éxito la red Tigo. De acuerdo con la información del portal TUTELA (2019), la tecnología presente en cada operador móvil en Colombia es la siguiente:

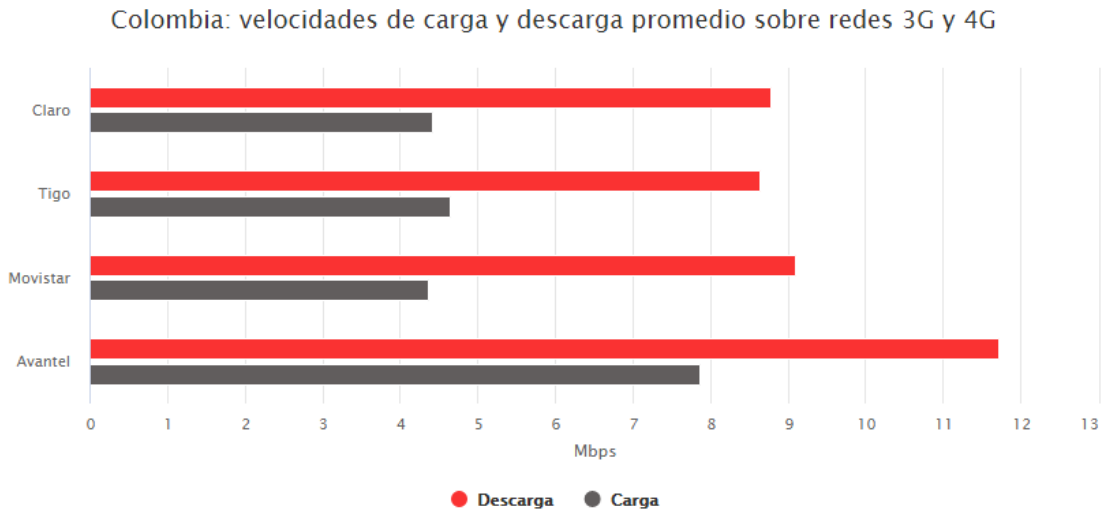
Tabla 4. Tecnología por Operador Móvil

Operador	Servicios	Tecnología	Banda de Espectro	Participación de mercado (%)
Avantel	Telefonía y Banda Ancha Móvil	iDEN GSM / GPRS / EDGE UMTS / HSPA+ LTE	800 MHz Roaming con Claro, Movistar y Tigo 1700 MHz / 2100 MHz	3,4
Claro	Telefonía y Banda Ancha Móvil	GSM / GPRS / EDGE UMTS / HSPA+ LTE	850 MHz / 1900 MHz 850 MHz / 1900 MHz 2500 MHz	46
ETB	Telefonía y Banda Ancha Móvil	LTE	1700 MHz / 2100 MHz	0,8
Movistar	Telefonía y Banda Ancha Móvil	GSM / GPRS / EDGE UMTS / HSPA+ LTE	850 MHz / 1900 MHz 850 MHz / 1900 MHz 1700 MHz / 2100 MHz	24,4
Tigo	Telefonía y Banda Ancha Móvil	GSM / GPRS / EDGE UMTS / HSPA+ LTE	1900 MHz 1900 MHz 1700 MHz / 2100 MHz – 2500 MHz	18,3

Fuente: Portal TUTELA (2019)

Y la velocidad promedio en el país para los operadores móviles con cobertura nacional es la siguiente:

Gráfica 6. Velocidad promedio en el país para los operadores móviles con cobertura nacional

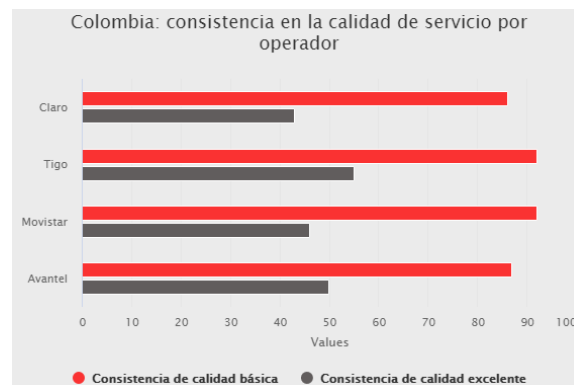


Fuente: Portal TUTELA (2019)

De acuerdo con estos datos, la inteligencia artificial presente en la tecnología de cada operador sí influye sobre los servicios, por ejemplo, Avantel tiene la tecnología más avanzada y por lo tanto la velocidad de su red es mayor a la de los otros operadores, Movistar, Claro, y Tigo que tienen prácticamente la misma tecnología. Este resultado inicial lo pudimos comprobar en el análisis de la velocidad media en Bogotá.

Una medición de calidad con parámetros diferentes a los de la CRC del portal TUTELA, denominada consistencia de calidad del servicio, brinda un panorama a nivel nacional.

Gráfica 7. Consistencia de calidad por Operador



Fuente: Portal TUTELA (2019)

En esta gráfica se evidencia que la tecnología empleada sí influye sobre los niveles de calidad, aunque no de manera lineal ¿Por qué? porque existe otra variable que influye sobre la calidad del servicio de los operadores y es el tráfico presente en las redes de comunicaciones, que se puede entender como el incremento de usuarios y el aumento de la demanda de los servicios de datos de voz.

La investigación que hemos realizado para la calidad del servicio en Bogotá, indica que los operadores con la tecnología y la inteligencia artificial más avanzada inicialmente tienen los mayores niveles de calidad de servicio, como Avantel, sin embargo, una vez inicia su expansión y aumento de usuarios, los niveles de calidad tienen tendencia a decrecer. De forma análoga, operadores con mayor participación en el mercado como Claro y Movistar han tenido la necesidad de migrar hacia tecnologías más recientes para mantener y mejorar sus niveles de calidad de servicio. ETB y Tigo han aumentado su participación en el mercado, en cuanto a las variables más sensibles, tienen un buen comportamiento para la velocidad promedio de datos, pero un menor desempeño para conexiones de voz.

La investigación desarrollada sí comprueba la correlación existente entre la inteligencia artificial y la calidad de los servicios de los operadores móviles de telecomunicaciones en Bogotá, al comprobar nuestra hipótesis inicial de que, a mayor componentes o algoritmos de inteligencia artificial, mejores son los niveles de calidad del servicio y han permitido entender los efectos generados por otra variable, el tráfico en las redes de comunicaciones móviles. Los valores de correlación entre los indicadores de calidad y la tecnología asociada a cada operador se han expresado en las gráficas elaboradas y las tablas de datos construidas en el análisis, los niveles de calidad del servicio y satisfacción al cliente son afectados de forma proporcional por los protocolos *QoS* incorporados en los sistemas de gestión de las redes móviles y por el tráfico de red, de modo que a menor IA incorporada menor es la calidad del servicio.

Investigaciones posteriores pueden estudiar el efecto del tráfico sobre la calidad del servicio y las relaciones existentes con la inteligencia artificial, ahora con la implementación de la tecnología 5G y el desempeño de los operadores de comunicaciones móviles en Bogotá, a nivel nacional y en diferentes locaciones del planeta. Se deberá desarrollar un nivel de IA orientada a mitigar el efecto del tráfico de red sobre la calidad del servicio móvil.

La inteligencia artificial continuará su expansión y evolución en el sistema global de telecomunicaciones, permitiendo niveles óptimos de satisfacción al usuario, mediante la fiabilidad, la seguridad, menores tiempos de respuesta, mejor calidad de los servicios y de la conectividad.

Referencias

- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia: Editorial Pearson.
- Blanco, E., Palomino, M., y Hernández, A. (2016). Las TIC: una alternativa para bancarizar las remesas del exterior en Colombia. *Revista de la Facultad de Estudios en Ambientes Virtuales Universidad EAN*, 4 (1), 4-23. Recuperado el 3 de agosto de 2019, de http://edicioneSean.universidadean.edu.co/images/revistas/virtualmente_v4_n1/Rev-Virtualmente7-2016_ajustes16ago2016.pdf
- Borrego, M. (2009). *Dossier de Metodología de la Investigación*. Argentina: El Cid/ Apuntes. Disponible en base de datos e Libro.
- Comisión de Regulación de Telecomunicaciones. (2017). *Reporte de industria sector TIC*. Recuperado de https://www.crcom.gov.co/recursos_user/reportindustria2017.pdf
- Forbes (2018). *Gartner: Top 10 Strategic Technology Trends For 2018*. Recuperado de <https://www.forbes.com/sites/peterhigh/2017/10/04/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018/#118197a46154>
- Foro Económico Mundial. (2018). *The Global Competitiveness Report 2018*. Recuperado de <http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf>
- Franklin, J. (2003). The representation of context: ideas from artificial intelligence. *Law, Probability and Risk*, 2(3), 191-199. doi: <https://bdbiblioteca.universidadean.edu.co:2642/lpr/article/2/3/191/1006870>

- García, A. (2017). *Inteligencia artificial: fundamentos, prácticas y aplicaciones*. Mexico D.F., Mexico: Editorial Alfaomega.
- Gómez, M. (2009). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Brujas. Disponible en base de datos e Libro.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill. Capítulos 2, 3 y 4.
- Hintze, A. Kirkpatrick, D., y Adami, C. (2018). The structure of evolved representations across different substrates for artificial intelligence. *ALIFE 2018: The 2018 Conference on Artificial Life*, 388-395. doi: https://doi.org/10.1162/isal_a_00076
- Jeffer, C. M. (2004). Sociedad y posibilidades tecnológicas emergentes. *Cuadernos De Geografía*, (13), 59-80. doi: <https://bdbiblioteca.universidadean.edu.co:2083/docview/1677409994?accountid=34925>
- Gualda, J. (2016). *Estudio de la arquitectura de protocolos de LTE*. (Trabajo de grado). Escola Tècnica Superior D'Enginyeria de Telecomunicación de Barcelona, España.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2018). Boletín trimestral de las TIC. Recuperado de https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-75854_archivo_pdf.pdf
- Salgado, C., Márquez, H., y Gómez, V. (2016). Técnicas inteligentes en la asignación de espectro dinámica para redes inalámbricas cognitivas. *Tecnura*, 20(49), 135-153. doi:<http://bdbiblioteca.universidadean.edu.co:2156/10.14483/udistrital.jour.tecnura>
- SCHWAB, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Barcelona, España: Editorial Debate.
- Velocidad y eficiencia, cualidades de la red 5G. (2019, Mar 05). *Notimex*. Recuperado de <https://bdbiblioteca.universidadean.edu.co:2083/docview/2187990225?accountid=34925>

Project Management Institute, Inc. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. 6a edición. Pennsylvania, Estados Unidos de América: Project Management Institute, Inc.

Toro, F. (2017). *Proyectos con lineamientos del PMI: uso de Project y Excel 2016*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones

TUTELA (2018). PANORAMA DE MERCADO – COLOMBIA. Recuperado de <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/colombia/>

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2011). *Calidad de servicio en las comunicaciones: Marco y definiciones*. Recuperado de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.1000-200111-I!!PDF-S&type=items

Zandin, K (2001). *Maynard's Industrial Engineering Handbook*. Recuperado de <https://bdbiblioteca.universidadean.edu.co:2172/content/book/9780070411029/chapter/chapter96>

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de llamadas no exitosas

AÑO	OPERADOR	PORCENTAJE DE LLAMADAS NO EXITOSAS
2015	Éxito	0,11
2015	Etb	0,5
2015	Claro	0,83
2015	Avantel	0,97
2015	Tigo	1,08
2015	Virgin	1,5
2015	Movistar	2,93
2016	Éxito	1,55
2016	Tigo	4,08
2016	Etb	4,38
2016	Movistar	4,9
2016	Avantel	5,77
2016	Virgin	5,8
2016	Claro	9,13
2017	Etb	0,47
2017	Movistar	0,94
2017	Claro	1,1
2017	Éxito	1,24
2017	Tigo	1,35
2017	Avantel	1,39
2017	Virgin	1,52
2018	Etb	0,494117647
2018	Éxito	1,13148688
2018	Tigo	1,237263464
2018	Virgin	1,300525624
2018	Movistar	1,39119171
2018	Avantel	1,674008811
2018	Claro	1,690797546

ANEXO 2: Tabla de tiempo de Carga Web

AÑO	OPERADOR	TIEMPO (ms)	KPI
2015	Movistar	7,19635	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2015	Etb	7,41575	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2015	Claro	11,85078	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2015	Avantel	16,40841	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2015	Virgin	26,34924	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2015	Éxito	37,62264	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2015	Tigo	39,35636	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2016	Avantel	9,84101	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2016	Etb	10,70029	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2016	Movistar	10,71278	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2016	Claro	13,65023	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2016	Tigo	16,2943	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2016	Virgin	21,9349	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2016	Éxito	48,58899	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2017	Avantel	4,63621	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2017	Movistar	5,55198	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2017	Virgin	5,662252	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2017	Claro	5,893834	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2017	Etb	5,927994	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2017	Tigo	6,249956	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2017	Éxito	13,336866	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2017	Virgin	1822,34994	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2017	Tigo	2227,17891	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2017	Éxito	4145,69264	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2017	Movistar	4215,85557	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2017	Avantel	6063,74588	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2017	Etb	6593,87762	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)

2017	Claro	7951,79936	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2017	Movistar	1226,31502	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2017	Tigo	1350,82563	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2017	Avantel	1393,05135	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2017	Etb	1434,6412	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2017	Éxito	1474,47839	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2017	Virgin	1558,44358	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2017	Claro	1897,72508	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2017	Claro	1,42512563	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2017	Tigo	1,59037472	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2017	Etb	1,72969871	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2017	Virgin	1,78241619	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2017	Movistar	1,90819022	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2017	Avantel	1,93487642	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2017	Éxito	3,54499151	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2018	Tigo	5,39352137	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2018	Movistar	6,19594682	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2018	Etb	6,30033508	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2018	Éxito	6,44649285	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2018	Claro	6,58237854	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2018	Virgin	6,63309395	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2018	Avantel	7,09663617	Carga Web - Tiempo medio (ms)
2018	Virgin	9118,37851	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2018	Tigo	9311,91532	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2018	Éxito	10441,1118	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2018	Etb	10522,648	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2018	Avantel	10725,3539	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)

2018	Claro	12147,1974	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2018	Movistar	12824,6937	Facebook - Tiempo de carga del muro (ms)
2018	Tigo	419,108379	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2018	Movistar	449,52983	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2018	Virgin	488,419127	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2018	Etb	512,157357	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2018	Éxito	525,28747	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2018	Avantel	585,412125	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2018	Claro	700,564691	Twitter - Tiempo de carga Timeline (ms)
2018	Claro	1,25580294	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2018	Etb	1,30967258	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2018	Movistar	1,39420338	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2018	Virgin	1,4535459	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2018	Éxito	1,47931873	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2018	Tigo	1,52710843	WhatsApp - Tiempo de Check (s)
2018	Avantel	1,5381768	WhatsApp - Tiempo de Check (s)

ANEXO 3: Tabla de Latencia

AÑO	OPERADOR	Tiempo (ms)	KPI
2015	Etb	126,85	Ping - Latencia (ms)
2015	Movistar	131,73	Ping - Latencia (ms)
2015	Tigo	139,55	Ping - Latencia (ms)
2015	Avantel	144,4	Ping - Latencia (ms)
2015	Éxito	153,1	Ping - Latencia (ms)
2015	Claro	206,63	Ping - Latencia (ms)
2015	Virgin	486,59	Ping - Latencia (ms)
2016	Éxito	96,03	Ping - Latencia (ms)
2016	Tigo	109,66	Ping - Latencia (ms)
2016	Avantel	132,46	Ping - Latencia (ms)
2016	Etb	140,31	Ping - Latencia (ms)

2016	Movistar	177,61	Ping - Latencia (ms)
2016	Virgin	178,74	Ping - Latencia (ms)
2016	Claro	191,34	Ping - Latencia (ms)
2017	Éxito	130,97	Ping - Latencia (ms)
2017	Virgin	146,1	Ping - Latencia (ms)
2017	Etb	159,59	Ping - Latencia (ms)
2017	Avantel	185,38	Ping - Latencia (ms)
2017	Tigo	193,93	Ping - Latencia (ms)
2017	Movistar	197,54	Ping - Latencia (ms)
2017	Claro	248,35	Ping - Latencia (ms)
2018	Virgin	134,46455	Ping - Latencia (ms)
2018	Movistar	140,95694	Ping - Latencia (ms)
2018	Claro	158,64058	Ping - Latencia (ms)

2018	Tigo	189,32439	Ping - Latencia (ms)
2018	Éxito	189,6849	Ping - Latencia (ms)
2018	Avantel	194,35456	Ping - Latencia (ms)
2018	Etb	215,3443	Ping - Latencia (ms)

LICENCIA DE USO – AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo Astrid Xiomara Guerrero Chius

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 52.531.455.

Nombre Completo Adriana Rocío Blanco Ronzel

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 37.291.964

Nombre Completo Ivan Alexis Santos Quiceno

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 80251993

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA CALIDAD DEL
SERVICIO DE LOS OPERADORES MÓVILES DE
TELECOMUNICACIONES EN BOGOTÁ

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI NO
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normalidad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: <u>Alid Xiomara Guerrero</u>	NOMBRE COMPLETO: <u>Adriana Rocio Blanco R.</u>
FIRMA: <u>[Firma]</u>	FIRMA: <u>[Firma]</u>
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>52.531.455</u>	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>37291964</u>
FACULTAD: <u>Estudios Virtuales</u>	FACULTAD: <u>Estudios Virtuales</u>
PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Esp. Gerencia de Proyectos</u>	PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Esp. Gerencia de Proyectos</u>

NOMBRE COMPLETO: <u>Ivan Alexis Santos Quieno</u>	NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: <u>[Firma]</u>	FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>80251993</u>	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: <u>Estudios Virtuales</u>	FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Especialización Gerencia de Proyectos</u>	PROGRAMA ACADÉMICO: _____

Fecha de firma: 20/09/2019