

Tipo de artículo: Artículo de revisión

La 5G y su incidencia en la Educación Superior: Revisión sistemática

5G and its impact on Higher Education: Systematic review

William Rafael Raymondi Lomas^{1*} , <http://orcid.org/0000-0003-1641-6193>

Sergio Israel Peña Guano² , <http://orcid.org/0000-0003-4021-1892>

¹ Magister en Sistemas de información mención en Inteligencia de Negocios, Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: william.raymondil@ug.edu.ec

² Magister en Sistemas de Información mención en Inteligencia de Negocios, Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones. Telconet, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: pe.sergioi@gmail.com

* Autor para correspondencia: william.raymondil@ug.edu.ec

Resumen

Los modelos actuales de formación asistidos por computadoras en la Educación Superior han marcado el inicio de la transformación digital. La educación a distancia y los Entornos Virtuales de Aprendizajes utilizados en la Educación Superior han permitido impartir diferentes materias a distancias. Sin embargo, el avance vertiginoso de las tecnologías impone nuevos retos para lograr transformar los modelos de enseñanza basados en tecnologías donde las telecomunicaciones representan un papel protagónico. La presente investigación realiza una revisión sistemática de la literatura científica para determinar la incidencia de la tecnología 5G en la Educación Superior. El diseño de estudio de la investigación fue revisión documental. Se realizó la búsqueda de artículos científicos en las bases de datos IEEEExplore, ACM Digital library, SpringerLink y Elsevier. Entre los criterios de inclusión están artículos de diferentes países publicados en español, inglés. Se excluyeron artículos que no tenían relación con el tema, artículos no arbitrados, así como también artículos publicados antes de 2017. La RSL permitió identificar que aunque la infraestructura tecnológica y la disponibilidad de recursos de las Instituciones de la Educación Superior no son suficientes, la adopción de las redes 5G traerían grandes beneficios para aumentar el aprendizaje significativo de los estudiantes, y consolidar las habilidades prácticas que necesitan para incorporarse al sector laboral.

Palabras clave: 5G; Educación Superior; educación virtual; educación a distancia; transformación digital.

Abstract

The current models of computer-assisted training in Higher Education have marked the beginning of the digital transformation. Distance education and Virtual Learning Environments used in Higher Education have made it possible to teach different subjects at a distance. However, the vertiginous advance of technologies imposes new challenges to transform teaching models based on technologies where telecommunications play a leading role. This research carries out a systematic review of the scientific literature to determine the incidence of 5G technology in Higher Education. The research study design was documentary review. The search for scientific articles was carried out in the IEEEExplore, ACM Digital library, SpringerLink and Elsevier databases. Among the inclusion criteria are articles from different countries published in Spanish, English. Articles that were not related to the topic, non-refereed articles, as well as articles published before 2017 were excluded. The RSL made it possible to identify that although the technological infrastructure and the availability of resources of Higher Education Institutions are not sufficient, the adoption of 5G networks would bring great benefits to increase the meaningful learning of students, and consolidate the practical skills they need. to enter the workforce.

Keywords: 5G; Higher education; virtual education; long distance education; digital transformation.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Recibido: 21/06/2022
Aceptado: 30/09/2022
En línea: 01/10/2022

Introducción

Las tecnologías informáticas avanzadas han hecho posible avances más audaces de innovaciones en un espectro de investigaciones y campos humanos, ya que facilitan la resolución de problemas y la comprensión de sistemas complejos. Con tales avances en las tecnologías de computación, información y comunicación, ha habido un movimiento hacia la creación de sistemas de servicios basados en infraestructura cibernética que apoyan y facilitan los procesos de enseñanza aprendizaje en las Instituciones de la Educación Superior (IES).

Los sistemas inteligentes de apoyo al proceso educativo se desarrollan utilizando tecnologías en la nube para permitir una investigación computacionalmente intensiva que requiere el uso de grandes conjuntos de datos, cuadrículas distribuidas, visualización con realidad aumentada, entre otras aplicaciones. Al igual que otros sistemas de servicios, los sistemas inteligentes están formados por grupos de personas, redes, tecnologías avanzadas en la nube y otros subsistemas, para proporcionar a los estudiantes y educadores servicios y recursos para su formación profesional avanzada (Swaid, 2015).

En este contexto, es muy importante contar con un servicio de red de calidad, que permita fortalecer los procesos educativos de la Enseñanza Superior, en lugar de obstaculizarlos, o generar desmotivación de uso por parte de los docentes fundamentalmente, como directores del proceso de aprendizaje. El despliegue efectivo de redes 5G se visualiza como una opción prometedora, constituyendo una arquitectura capaz de proporcionar flexibilidad, reconfigurabilidad y programabilidad para admitir, con granularidad fina, un conjunto amplio y heterogéneo de casos de uso de 5G.

La demanda de las redes 5G ha incrementado recientemente en Ecuador, a partir de la virtualización casi total del proceso de enseñanza aprendizaje en las IES. En la investigación realizada por Condoluci y Mahmoodi, se le atribuyen las siguientes características a las redes 5G (Condoluci & Mahmoodi, 2018):

- **Flexibilidad:** La flexibilidad es una de las características clave que se introducirán en las redes 5G para admitir también los próximos casos de uso desarrollados una vez que se implemente 5G. Por lo tanto, es necesario evolucionar hacia una red de comunicaciones que sea lo suficientemente amplia y que también sea capaz de hacer frente a nuevas aplicaciones u otras verticales que aún no se están considerando.



- **Programabilidad** Se considera que esta es una de las características principales de 5G, es decir, la capacidad de programación, para permitir que las funciones de la red se amplíen o rediseñen para admitir nuevos casos de uso o funcionalidades mejoradas.
- **Escalabilidad:** la escalabilidad es otra característica clave que se introducirá con el empleo de las redes 5G en la Educación superior, ya que permiten el soporte de diferentes aplicaciones educativas, laboratorios remotos de aprendizaje, entornos virtuales de aprendizaje, y conectar una gran cantidad de dispositivos en la misma red. Las funcionalidades relevantes de la institución educativa se pueden colocar en las nubes de borde para reducir los retrasos y la sobrecarga de algunos servicios específicos.

Las capacidades tecnológicas mencionadas pueden aumentar en cuanto a rendimiento, eficacia y calidad de actividades como la transmisión de video, la navegación web, la VoIP, las videoconferencias, las herramientas de realidad aumentada, y virtual. Estas potencialidades se deben a que las redes 5G admiten una amplia gama de aplicaciones provenientes de la comunicación autónoma entre sensores y actuadores, así como la interacción entre humanos y máquinas, expandiendo su utilidad a conceptos más avanzados como las ciudades inteligentes, movilidad inteligente, Internet táctil, automatización de la industria y cirugía remota. Los aspectos mencionados anteriormente se ven exacerbados cuando se consideran las redes 5G, que deben admitir de manera efectiva el Internet de las cosas (IoT) y todos sus servicios relacionados.

Motivación de la investigación

En la literatura científica existen varios estudios donde se realizan revisiones y encuestas intensivas para la investigación de los desafíos y oportunidades de las tecnologías para redes 5G en su conjunto. Sin embargo, hay pocos intentos de analizar aspectos particulares de las ventajas y contribuciones que podría tener un despliegue de redes 5G en las Instituciones Educativas de la Educación Superior, de manera que complementen el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes, a la vez que enriquecen los objetos de estudio y amplían el espectro de aplicación y experimentación.

Las redes 5G están entrando gradualmente en la vanguardia de la civilización. La expansión masiva del sector de la tecnología 5G está ayudando al surgimiento de un nuevo entorno educativo inteligente que brinda nuevos desafíos y oportunidades para la Educación Superior. La tasa de transferencia de datos ultra alta de 5G, la conexión significativa, la baja latencia, la estabilidad sobresaliente y otras características técnicas pueden ayudar a optimizar el entorno de aprendizaje y mejorar las habilidades de aprendizaje.



La experiencia práctica de los autores, y la investigación preliminar realizada muestra que las IES presentan limitaciones para ampliar y actualizar su proceso de enseñanza aprendizaje, debido a restricciones tecnológicas como el equipamiento, evidenciado en los siguientes ejemplos:

- En los salones de clases no se dispone de un número suficiente de dispositivos para que cada alumno pueda experimentar de manera individual con ellos.
- Los estudiantes que estudian desde casa no tienen a su disposición dispositivos con los que experimentar en sus casas.
- Los laboratorios no están equipados con tecnologías novedosas para que los estudiantes realicen actividades prácticas, simulando un entorno laboral real.
- Los estudiantes del área de la salud, no cuentan con simuladores como los quirúrgicos, que le permitan entrenar las técnicas y destrezas necesarias sin poner en riesgo la salud de los pacientes.

La realidad virtual permitiría superar estos problemas, siempre que la tecnología de red subyacente cumpla con los requisitos de ancho de banda y latencia. De ahí la incidencia que tienen las redes 5G en la Educación Superior. Es interés de los autores abordar temas significativos de la incidencia de las redes 5G en la Educación Superior, como el desempeño de los estudiantes y el aprendizaje significativo relacionado con las tecnologías inmersivas, el aprendizaje remoto, el Internet de las Cosas (IoT), la gamificación, entre otros recursos tecnológicos que son empleados en las IES. Para lograr esto, en este artículo se realiza una Revisión Sistemática de la Literatura (SLR) para identificar las áreas fundamentales donde las redes 5G tienen mayor incidencia dentro de la Educación Superior.

Materiales y métodos

Se realizó una Revisión Sistemática de la Literatura científica (SLR), para lo cual fue necesario diseñar y validar un protocolo de ejecución de búsqueda el cual es representado en la Figura 1. Para dar inicio al protocolo de búsqueda se formularon las siguientes preguntas de la investigación (RQ, por sus siglas en inglés)

Preguntas de la investigación

- RQ 1. ¿Cuáles son los principales estudios que se ocupan particularmente de la incidencia de la 5G en la Educación Superior durante los últimos cinco años, es decir, de 2017 a 2022?
- RQ 2. ¿Cuáles son los principales desafíos y oportunidades de las redes 5G reportadas en la literatura durante los últimos cinco años?



- RQ 3. ¿Cuáles son los principales enfoques de la Educación superior que se han empleado las redes 5G para mejorar su infraestructura y rendimiento?
- RQ 4. ¿Cuáles son los factores clave para la adopción global de las redes 5G y cómo promoverlos en diferentes instituciones con distintas infraestructuras y requisitos financieros?

Para responder estas preguntas y guiar la realización de este trabajo se ejecutó el siguiente protocolo:

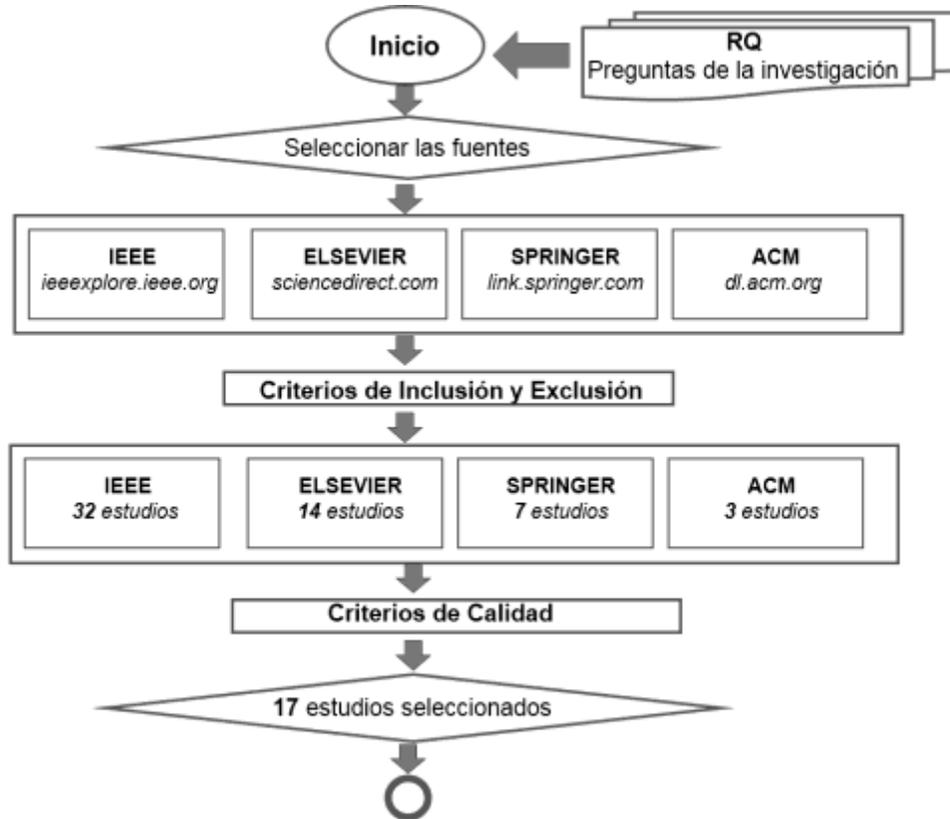


Figura 1. Protocolo de búsqueda definido para la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Selección de fuentes para realizar la búsqueda

En esta SLR se consideran cuatro bases de datos científicas de renombre para la selección de estudios. Esta etapa es muy importante ya que los estudios pueden estar publicados en diferentes repositorios científicos. Sin embargo, los estudios se pueden incluir sin revisión por pares en repositorios como Google Scholar y repositorios institucionales. Asimismo, las bases de datos como IEEE, Springer y Elsevier son confiables y denominadas como bases de datos de alto impacto, donde los estudios generalmente se incluyen en estos directorios después de la revisión por pares. Por lo tanto, en esta SLR se consideran cuatro bases de datos científicas muy reconocidas, a saber:



- 1 IEEEExplore: <https://ieeexplore.ieee.org>
- 2 ACM Digital library: <https://dl.acm.org/>
- 3 SpringerLink: <https://link.springer.com/>
- 4 Elsevier: <https://www.elsevier.com>

Para recuperar los estudios en estas bases de datos se ha definido la siguiente cadena de búsqueda. La búsqueda se hará por términos en el título, resumen y palabras claves ((TITLE-ABS-KEY) de cada investigación. Así mismo se hará uso de los operadores booleanos (AND, OR). Es importante destacar que, aunque los términos de búsqueda se mantienen invariable para las cuatro bases de datos, la estructura semántica cambia dependiendo de las especificaciones del motor de búsqueda utilizado.

(TITLE-ABS-KEY ("5G") AND ("higher education") OR
 TITLE-ABS-KEY ("5G") AND ("Internet of Things") AND ("E-learning") OR
 TITLE-ABS-KEY ("5G") AND ("augmented reality") AND ("teaching tools") OR
 TITLE-ABS-KEY ("5G") AND ("network architecture") AND ("higher education") OR
 TITLE-ABS-KEY ("5G") AND ("virtual reality") AND ("higher education") OR
 TITLE-ABS-KEY ("5G") AND ("cloud infrastructures") AND ("education") OR
 TITLE-ABS-KEY ("5G") AND ("Potential Impact on Education") OR
 TITLE-ABS-KEY ("5G") AND ("Challenges") OR ("opportunities") AND ("higher education"))

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión son la parte más importante de SLR. En particular, los estudios son seleccionados o rechazados en base a este criterio. Se identificaron un conjunto de parámetros para la inclusión y exclusión de estudios de la siguiente manera:

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión		Criterios de exclusión	
CI 1	El estudio seleccionado debe pertenecer sustancialmente a las aplicaciones de la 5G en la Educación Superior	CE 1	Se excluirán los estudios que no propongan soluciones o aplicaciones de la red 5G en la Educación Superior.
		CE 2	Artículo que no tengan texto completo disponible.
CI 2	El estudio solo debe seleccionarse si se propone algún marco, técnica o aplicación genuina para mejorar los procesos educativos con la red 5G	CE 3	Se descartan los estudios empíricos que abordan alguna hipótesis particular sin ninguna propuesta original.
		CE 4	Artículos repetidos en diferentes fuentes.



CI 3	Solo se consideran los estudios publicados desde enero de 2017 hasta junio de 2022.	CE 5	No se consideran los estudios de revisión.
CI 4	Solo se incluirán artículos en idioma inglés o español.	CE 6	Artículos que no tengan revisión por pares.

Fuente: Elaboración propia.

Criterios de calidad

En general, fueron analizados 56 estudios, resultantes de la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión. Inicialmente se realizó la lectura de título y resumen, y luego se procedió a la lectura de texto completo para evaluar los parámetros de calidad definidos para esta investigación, dado por la relevancia que tiene cada estudio, relacionado con el tema central de esta investigación. Se realizó un análisis detallado de cada sección con el objetivo de evaluar los siguientes criterios:

1. Al menos 75 % del estudio está dedicado a la incidencia de la 5G en la educación Superior.
2. Se describe una o varias áreas específicas en las cuales es necesario la optimización de la infraestructura con redes 5G.
3. Se realiza un estudio exploratorio y se describen los resultados obtenidos.

Resultados y discusión

RQ 1. ¿Cuáles son los principales estudios que se ocupan particularmente de la incidencia de la 5G en la Educación Superior durante los últimos cinco años, es decir, de 2017 a 2022?

Una vez aplicado el protocolo definido para la RSL y evaluados los criterios de calidad a cada estudio, fueron seleccionados finalmente para incluir en esta revisión, 17 estudios primarios, que responden a la pregunta de investigación RQ 1 tal como muestra la tabla 2.

Tabla 2. Estudios primarios seleccionados.

No.	Título	Año	Fuente	Referencia
1.	5G-oriented IoT coverage enhancement and physical education resource management	2021	Elsevier	(Lei et al., 2021)
2.	A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities	2021	Elsevier	(Tang et al., 2021)
3.	The cost, coverage and rollout implications of 5G infrastructure in Britain	2018	Elsevier	(Oughton & Frias, 2018)
4.	Reform and innovation of reading course for english majors in 5G era	2021	ACM	(Tang, 2021)
5.	The influence of online education on the development of ideological and political education in colleges and universities	2021	ACM	(Cui, 2021)
6.	Research on evaluation system of classroom teaching quality in colleges and universities based on 5G environment	2021	ACM	(Cheng et al., 2021)
7.	English smart classroom teaching system based on 5 network and internet of	2020	ACM	(Bai & Zhang, 2020)



	things			
8.	The transformation of artificial intelligence in the 5G era and the impact on education	2022	IEEE	(Xiaoling & Xuan, 2022)
9.	Teaching Research on Flipped Classroom of Higher Vocational and Technical Bidding Courses under the Background of 5G Technology	2021	IEEE	(Xiao & Huang, 2021)
10.	Application of Educational Philosophy in Robotics Curriculum Design Based on 5G Communication Technology	2021	IEEE	(Tang & Yu, 2021)
11.	Contribution to improving the conditions of access to very high speed 5G internet for online education in developing African countries	2021	IEEE	(Ndiaye et al., 2021)
12.	AI+5G Empowers the Construction of a Smart Learning Space for Private Higher Vocational Education in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area	2021	IEEE	(Guo & Xue, 2021)
13.	Sharing Cloud Platform Applied to Teaching System Reform based on “5G+Smart Education” Innovation	2020	IEEE	(Yang & Luo, 2020)
14.	A Study on Innovation in University Education: Focusing on 5G Mobile Communication	2020	IEEE	(Lee & Kim, 2020)
15.	Design and Implementation of Microstrip Patch Antenna for 5G applications	2020	IEEE	(Colaco & Lohani, 2020)
16.	Joint optimization of resource utilization and load balance with privacy preservation for edge services in 5G networks	2020	Springer	(Xu et al., 2020)
17.	The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization	2021	Springer	(Attaran, 2021)

RQ 2. ¿Cuáles son los principales desafíos y oportunidades de las redes 5G reportadas en la literatura durante los últimos cinco años?

La incidencia de la red 5G, en la Educación Superior enfrenta tanto oportunidades como desafíos. Las metodologías, los enfoques, los modelos y los temas de enseñanza tradicionales para los estudiantes pueden no ser suficientes para satisfacer las necesidades de desarrollo de la era 5G. Los estudiantes calificarán las cualidades educativas de los educadores del curso en línea en sistemas educativos basados en Inteligencia Artificial y 5G; los educadores calificarán a sus compañeros al observar la clase y mirar el resumen detallado de la información resumida de los estudiantes y los compañeros, y los educadores aparentemente recibirán comentarios detallados sobre el grado de cualidades, habilidades y desempeños docentes. Teniendo como punto de partida este análisis preliminar, se identificaron los siguientes elementos:

Oportunidades:

- El profesor puede transmitir contenido de alta calidad a una población de alrededor de 100 estudiantes, conectados simultáneamente y capaces de interactuar en tiempo real y en un entorno virtual.
- El docente puede distribuir materiales de alta calidad producidos por estudiantes individuales, para compartir y discutir el trabajo de laboratorio realizado por cada estudiante en respuesta a los estímulos del profesor.



- El estilo de aprendizaje y la habilidad de cada estudiante es diferente. 5G ayudará a los estudiantes a continuar su educación fuera del aula, brindando las mismas velocidades de datos y capacidad de respuesta en el aula a su teléfono o computadora portátil. Independientemente de la distancia o la ubicación, 5G permite a los estudiantes acceder a la misma información y ejercicios que sus compañeros.
- El docente puede ajustar el diseño de plan de clases para llevar al aula alguna experiencia inmersiva de realidad aumentada y realidad virtual.
- Los alumnos pueden acceder a una red virtual de dispositivos para configurarlos, reaccionar rápidamente ante un ataque simulado de intrusos o experimentar para comprometerlos. Por lo general, estas actividades no se pueden realizar de forma remota, por el alto número de peticiones concurrentes que ejecutan el total de estudiantes conectados.
- Proporciona una mayor asistencia para estudiantes con necesidades especiales. Los estudiantes con necesidades especiales pueden requerir asistencia más frecuente o de tiempo completo de los maestros. Existen aplicaciones robóticas para ayudar con la resolución de problemas. 5G permite que los robots sean asistentes de tiempo completo y apoyen a los maestros respondiendo de inmediato para ayudar con los ejercicios de aprendizaje.
- A medida que las tecnologías se vuelven más maduras, la cantidad de información y datos publicados electrónicamente aumenta y continuará aumentando rápidamente sin dependencia de tiempo y ubicación. Por lo tanto, se descubre que las tecnologías 5G se anticiparán especialmente al aprendizaje móvil, ya que brindan a los educadores escenarios de aprendizaje eficientes y satisfacen los requisitos de aprendizaje de alta prioridad.

Desafíos

- Dado que las tecnologías 5G emergentes se encuentran actualmente en proceso de diseño, prueba y validación, es importante conocer los aspectos de seguridad y privacidad, así como los mecanismos de autenticación para la degradación eficiente del rendimiento como aspectos de investigación futuros
- Los usuarios tienen requisitos cada vez más altos para los servicios inalámbricos, lo que eleva los precios de los requisitos casi estrictos para los indicadores técnicos de la red.
- Un cambio significativo de 4G a 5G es la cantidad de dispositivos conectados. La educación está comenzando a ver un mayor uso de IoT con soluciones como tarjetas RFID para estudiantes, rastreadores de actividad física portátiles y sistemas de seguridad. En este sentido, la infraestructura aún no está lista.



- Los proveedores inalámbricos necesitarán instalar más torres o antenas relativamente juntas y agregarlas en todas las IES del país para que los usuarios reciban la misma cantidad de cobertura.
- Los fondos ya son escasos para los distritos escolares, y mucho menos para encontrar fondos para apoyar 5G que aún es una quimera para países en desarrollo.
- Es probable que los dispositivos más antiguos no tengan la tecnología necesaria para conectarse a las redes 5G, lo que obliga a las IES a comprar los dispositivos móviles más nuevos habilitados para 5G.
- La 5G no existe como una esperanza abierta el mundo de la educación hasta que bajen los precios y se construya la infraestructura.
- Todavía hay estudiantes que no pueden pagar Internet en casa, especialmente si los precios continúan aumentando desde el costo actual de la banda ancha, mientras que 5G parece ayudar a cerrar la brecha digital en el futuro.
- El alcance de 5G es más pequeño y requiere más antenas que 4G.

RQ 3. ¿Cuáles son los principales enfoques de la Educación superior que se han empleado las redes 5G para mejorar su infraestructura y rendimiento?

Tabla 3. Escenarios de aplicación de las redes 5G en la Educación Superior.

Escenario	Descripción	Referencia
Comunicaciones de tipo máquina (MTC)	Con las redes 5G se admiten de forma nativa las MTC, es decir, el tráfico generado por dispositivos sin intervención humana. Lo cual es ampliamente usado en la enseñanza con laboratorios remotos de aprendizaje, y en el campo de la domótica.	(Kumhar & Bhatia, 2021; Vashisth et al., 2021)
Virtualización	La virtualización es la base de las tecnologías de computación en la nube, que ofrece acceso bajo demanda a diferentes aplicaciones y servicios al compartir un grupo de recursos informáticos configurables como: redes, servidores, almacenamiento. Un entorno de nube puede ofrecer servicios para todo tipo de recursos administrados, desde capacidades de cómputo/almacenamiento hasta software	(Ever & Rajan, 2018; Jia et al., 2021; Ndiaye et al., 2021)
Control remoto	El control remoto es una aplicación que puede desempeñar un papel en muchos escenarios: diagnóstico e intervención remota, industrias de atención médica o control remoto de maquinaria pesada para la automatización de fábricas. Entre ellos la enseñanza de la medicina está mostrando una fuerte tendencia a explotar el control remoto para habilitar servicios como la descentralización de hospitales, donde la	(Lacy et al., 2019; Tian et al., 2020; Zheng et al., 2020)



	atención médica puede brindarse en el hogar o mientras se está en movimiento, o cirugía remota.	
Softwareización	Se refiere al paradigma en el que una funcionalidad determinada se ejecuta en software en lugar de hardware. Este enfoque garantiza un alto grado de flexibilidad y reconfigurabilidad, ya que se pueden mejorar las funcionalidades o introducir funciones novedosas, actualizando el software.	(Condoluci & Mahmoodi, 2018; Kusumanchi et al., 2022)
Conducción autónoma o asistida	Los automóviles de conducción autónoma o asistida se necesitan monitorear continuamente e intercambiar información entre los diferentes participantes de la red de transporte, es decir, vehículo a vehículo y Comunicaciones de vehículo a infraestructura y el análisis de la congestión del tráfico, y el estacionamiento. Por lo tanto, la tarea principal de 5G es integrar la gestión de estos servicios y dispositivos tan diversos de manera eficiente, facilitando la enseñanza automatizada.	(Baskaran et al., 2020; Coronado et al., 2019; Wu et al., 2022)
Internet de las cosas (IoT)	Configurar dispositivos y recopilar comentarios en clase lleva tiempo, incluso cuando todo funciona a la perfección. Con Internet de las cosas (IoT) en 5G, los maestros pueden iniciar sesión automáticamente tan pronto como ingresan al aula. Las tareas administrativas del menú se automatizarán y los estudiantes pueden enviar comentarios digitalmente. Un mayor ancho de banda ayudará a que las señales se mantengan sólidas a lo largo de conferencias y presentaciones completas, lo que evitará caídas de conexión ocasionales y desviará el enfoque.	(Awoyemi et al., 2020; Chandra Shekhar Rao et al., 2021; Dhasarathan et al., 2020)

RQ 4. ¿Cuáles son los factores clave para la adopción global de las redes 5G y cómo promoverlos en diferentes instituciones con distintas infraestructuras y requisitos financieros?

Sobre la base del análisis detallado de los estudios seleccionados, se identificaron los cuatro factores más significativos que se deben tener en cuenta, y que influyen significativamente en la adopción global de las redes 5G, a saber: infraestructura de red, requisitos de hardware, complejidad de implementación y requisitos de capacitación. En particular, estos factores están directamente relacionados con el costo total de la adopción tecnológica, que es un elemento de gran preocupación para la mayoría de los países en desarrollo, como es el caso de Ecuador.

En particular, los países desarrollados tienen una situación económica y financiera excelente, mientras que los países en desarrollo tienen economías en apuros con valores financieros bajos. En consecuencia, los países desarrollados tienen más fondos e infraestructura estable para respaldar la implementación a gran escala de las redes 5G, en comparación con los países en desarrollo. Partiendo del análisis de los estudios primarios seleccionados, se puede ver



que el mayor por ciento de las investigaciones provienen de países desarrollados, por lo tanto, parece que la adopción de las redes 5G para las IES es más frecuente en los países desarrollados en comparación con los países en desarrollo como es el caso ecuatoriano. Además, sobre la base del análisis detallado de los estudios seleccionados, y la lectura de texto completa se examina que las contribuciones provenientes de los países en desarrollo son en su mayoría teóricas y sin factibilidad real; desarrollada solo para fines educativos.

Sobre la base del análisis mencionado anteriormente, se puede concluir que las situaciones financieras y la infraestructura de redes 5G existente son muy escasas para los países en desarrollo. Por esta razón, no se puede aplicar un solo enfoque o un conjunto de enfoques particulares para su implementación generalizada en la Educación Superior de países como Ecuador. En este sentido, se han identificado cuatro importantes factores de adopción de las redes 5 G para la Educación Superior, a saber:

1. **Factores de infraestructura de red:** este factor se refiere a la infraestructura de red general, para una institución en particular donde la disponibilidad, la consistencia y la velocidad son características importantes. Por tal motivo, para asumir una red 5 G la infraestructura debe actualizarse y avalarse para un correcto funcionamiento. En particular, la infraestructura se considera Excelente si Internet está disponible para todos los estudiantes y docentes en diferentes ubicaciones geográficas. Se reporta como velocidad de Internet Alta, cuando se encuentra entre 50 MB y 100 MB por segundo de manera constante. La infraestructura se considera Buena si el Internet está disponible para todos los estudiantes y docentes; sin embargo, la velocidad de Internet varía entre 10 MB y 20 MB por segundo y la conectividad continua es constante. La infraestructura se considera Baja si el Internet no está disponible para todos los estudiantes y docentes. Además, la velocidad de Internet varía entre 2 MB y 10 MB por segundo y la conectividad continua es inconsistente.
2. **Factores de Requisitos de hardware:** este factor se refiere a la cantidad de requisitos de hardware, en función de las condiciones financieras, respaldados por una IES en particular. El hardware puede incluir computadoras, servidores, switch, ubicaciones que garanticen el suficiente espacio y potencia para los distintos equipos a instalar. Los requisitos de hardware pueden considerarse grandes si se requieren costos más altos para la adquisición. Además, los requisitos de hardware pueden considerarse promedio en caso de que la adquisición pueda gestionarse a un costo razonable. Finalmente, los requerimientos de hardware pueden ser Pequeños' si se manejan a un costo más bajo, elemento este que no es cumplible para una infraestructura 5G.



3. **Factores de complejidad de implementación:** este factor se refiere a la participación de la complejidad para la adquisición de infraestructura y equipamiento necesario para la adopción de redes 5G particular.
4. **Factores de requisitos de capacitación:** Este factor se refiere a la participación de cualquier requisito de capacitación, que se requieren para adopción y despliegue de redes 5G, dado que se necesita de equipos terceros para su montaje, mantenimiento y soporte.

Conclusiones

El avance vertiginoso de las tecnologías impone nuevos retos para lograr transformar los modelos de enseñanza basados en tecnologías donde las telecomunicaciones representan un papel protagónico. Los modelos actuales de formación asistidos por computadoras en la Educación Superior han marcado el inicio de la transformación digital. La educación a distancia y los Entornos Virtuales de Aprendizajes utilizados en la Educación Superior han permitido impartir diferentes materias a distancias. A medida que las tecnologías inteligentes impactan progresivamente en los mercados verticales y horizontales, la probabilidad de una alineación completa en el futuro cercano parece inevitable. La educación finalmente renunciará a su momento de transformación digital bajo la presión continua de la demanda y los costos del mercado. Las universidades emprendedoras adoptarán modelos comerciales eficaces y ofrecerán productos relevantes y competitivos en el mercado educativo, en este sentido, las esperanzas se inclinan a la adopción de las redes 5G.

La presente investigación realizó una revisión sistemática de la literatura científica donde se identificaron los elementos necesarios para analizar la incidencia de las redes 5G en la Educación Superior. La ejecución del protocolo de búsqueda permitió identificar un total de 17 estudios primarios para sustentar la investigación. La RSL permitió identificar que, aunque la infraestructura tecnológica y la disponibilidad de recursos de las IES no son suficientes, la adopción de las redes 5G traerían grandes beneficios para aumentar el aprendizaje significativo de los estudiantes, y consolidar las habilidades prácticas que necesitan para incorporarse al sector laboral.

Conflictos de intereses

Los autores de la investigación no presentan conflicto de intereses.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: William Rafael Raymondi Lomas, Sergio Israel Peña Guano.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

2. Curación de datos: William Rafael Raymondi Lomas, Sergio Israel Peña Guano.
3. Análisis formal: William Rafael Raymondi Lomas, Sergio Israel Peña Guano.
4. Investigación: William Rafael Raymondi Lomas, Sergio Israel Peña Guano.
5. Metodología: William Rafael Raymondi Lomas, Sergio Israel Peña Guano.
6. Administración del proyecto: Sergio Israel Peña Guano.
7. Software: Sergio Israel Peña Guano.
8. Supervisión: William Rafael Raymondi Lomas.
9. Validación: William Rafael Raymondi Lomas.
10. Visualización: William Rafael Raymondi Lomas, Sergio Israel Peña Guano.
11. Redacción – borrador original: William Rafael Raymondi Lomas, Sergio Israel Peña Guano.
12. Redacción – revisión y edición: William Rafael Raymondi Lomas, Sergio Israel Peña Guano.

Financiamiento

La investigación fue financiada por los autores.

Referencias

- Attaran, M. (2021). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12652-020-02521-x>
- Awoyemi, B. S., Alfa, A. S., & Maharaj, B. T. (2020). Resource optimisation in 5G and internet-of-things networking. *Wireless personal communications*, 111(4), 2671-2702. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-019-07010-9>
- Bai, H., & Zhang, Q. (2020). English smart classroom teaching system based on 5 network and internet of things. *Microprocessors and Microsystems*, 103421. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141933120305780>
- Baskaran, S., Kaul, S., Jha, S., & Kumar, S. (2020). 5G-Connected Remote-Controlled Semi-Autonomous Car Trial. 2020 IEEE International Conference on Machine Learning and Applied Network Technologies (ICMLANT),
- Colaco, J., & Lohani, R. (2020, 10-12 June 2020). Design and Implementation of Microstrip Patch Antenna for 5G applications. 2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES),



- Condoluci, M., & Mahmoodi, T. (2018). Softwarization and virtualization in 5G mobile networks: Benefits, trends and challenges. *Computer networks*, 146, 65-84.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128618302500>
- Coronado, E., Cebrian-Marquez, G., & Riggio, R. (2019). Enabling computation offloading for autonomous and assisted driving in 5G networks. 2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM),
- Cui, Y. (2021). The influence of online education on the development of ideological and political education in colleges and universities. 2021 2nd International Conference on Computers, Information Processing and Advanced Education,
- Chandra Shekhar Rao, V., Kumarswamy, P., Phridviraj, M., Venkatramulu, S., & Subba Rao, V. (2021). 5G enabled industrial internet of things (IIoT) architecture for smart manufacturing. In *Data Engineering and Communication Technology* (pp. 193-201). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-0081-4_20
- Cheng, Q., Li, B., & Zhou, Y. (2021). Research on evaluation system of classroom teaching quality in colleges and universities based on 5G environment. Proceedings of the 2021 International Conference on Control and Intelligent Robotics,
- Dhasarathan, V., Singh, M., & Malhotra, J. (2020). Development of high-speed FSO transmission link for the implementation of 5G and Internet of Things. *Wireless Networks*, 26(4), 2403-2412.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11276-019-02166-5>
- Ever, Y. K., & Rajan, A. V. (2018, 1-4 Oct. 2018). The Role of 5G Networks in the Field of Medical Sciences Education. 2018 IEEE 43rd Conference on Local Computer Networks Workshops (LCN Workshops),
- Guo, K., & Xue, H. (2021, 10-12 Dec. 2021). AI+5G Empowers the Construction of a Smart Learning Space for Private Higher Vocational Education in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. 2021 3rd International Conference on Internet Technology and Educational Informization (ITEI),
- Jia, W., Li, X., Huang, W., Wang, H., Zheng, Y., Wang, H., Mao, Z., & Tang, T. (2021, 19-21 Nov. 2021). Smart Education Under 5G+. 2021 11th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME),
- Kumhar, M., & Bhatia, J. (2021). Emerging communication technologies for 5G-Enabled internet of things applications. In *Blockchain for 5G-Enabled IoT* (pp. 133-158). Springer.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-67490-8_6



- Kusumanchi, T. P. S. K., Pappula, L., Vankayalapati, S., D, S. S. N. V., Nikhil, G. S., & Konagalla, S. K. (2022, 21-22 April 2022). Design of compact broadband and high gain folded dipole antenna with superstrate(FDASS) for millimetre and 5G Applications. 2022 Second International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT),
- Lacy, A., Bravo, R., Otero-Piñeiro, A., Pena, R., De Lacy, F., Menchaca, R., & Balibrea, J. (2019). 5G-assisted telementored surgery. *British Journal of Surgery*, 106(12), 1576-1579. <https://bjssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bjs.11364>
- Lee, J., & Kim, D. (2020, 10-13 Jan. 2020). A Study on Innovation in University Education: Focusing on 5G Mobile Communication. 2020 IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC),
- Lei, T., Cai, Z., & Hua, L. (2021). 5G-oriented IoT coverage enhancement and physical education resource management. *Microprocessors and Microsystems*, 80, 103346. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141933120305056>
- Ndiaye, L., Diouf, S., Gueye, K., Ouya, S., & Mendy, G. (2021, 29-30 June 2021). Contribution to improving the conditions of access to very high speed 5G internet for online education in developing African countries. 2021 International Conference on Digital Age & Technological Advances for Sustainable Development (ICDATA),
- Oughton, E. J., & Frias, Z. (2018). The cost, coverage and rollout implications of 5G infrastructure in Britain. *Telecommunications Policy*, 42(8), 636-652. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596117302781>
- Swaid, S. I. (2015). Bringing computational thinking to STEM education. *Procedia manufacturing*, 3, 3657-3662. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915007623>
- Tang, L. (2021). Reform and innovation of reading course for english majors in 5G era. The Sixth International Conference on Information Management and Technology,
- Tang, Y., Dananjayan, S., Hou, C., Guo, Q., Luo, S., & He, Y. (2021). A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities. *Computers and Electronics in Agriculture*, 180, 105895. https://e-tarjome.com/storage/panel/fileuploads/2021-04-25/1619342576_E15332.pdf
- Tang, Z., & Yu, H. (2021, 26-28 Nov. 2021). Application of Educational Philosophy in Robotics Curriculum Design Based on 5G Communication Technology. 2021 2nd International Conference on Information Science and Education (ICISE-IE),



- Tian, W., Fan, M., Zeng, C., Liu, Y., He, D., & Zhang, Q. (2020). Telerobotic spinal surgery based on 5G network: the first 12 cases. *Neurospine*, 17(1), 114. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7136105/>
- Vashisth, R., Verma, R., Gupta, L., Bansal, H., & Kharbanda, V. (2021). Non-conventional Energy Source-Based Home Automation System. In *Mobile Radio Communications and 5G Networks* (pp. 419-427). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-7130-5_33
- Wu, M., Yu, F. R., & Liu, P. X. (2022). Intelligence Networking for Autonomous Driving in Beyond 5G Networks With Multi-Access Edge Computing. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 71(6), 5853-5866. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9756370/>
- Xiao, Y., & Huang, W. (2021, 16-18 July 2021). Teaching Research on Flipped Classroom of Higher Vocational and Technical Bidding Courses under the Background of 5G Technology. 2021 International Conference on Education, Information Management and Service Science (EIMSS),
- Xiaoling, P., & Xuan, Z. (2022, 27-29 May 2022). The transformation of artificial intelligence in the 5G era and the impact on education. 2022 IEEE 2nd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI),
- Xu, X., Liu, X., Xu, Z., Wang, C., Wan, S., & Yang, X. (2020). Joint optimization of resource utilization and load balance with privacy preservation for edge services in 5G networks. *Mobile Networks and Applications*, 25(2), 713-724. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11036-019-01448-8>
- Yang, F., & Luo, W. (2020, 4-6 Dec. 2020). Sharing Cloud Platform Applied to Teaching System Reform based on “5G+Smart Education” Innovation. 2020 International Conference on Information Science and Education (ICISE-IE),
- Zheng, J., Wang, Y., Zhang, J., Guo, W., Yang, X., Luo, L., Jiao, W., Hu, X., Yu, Z., & Wang, C. (2020). 5G ultra-remote robot-assisted laparoscopic surgery in China. *Surgical Endoscopy*, 34(11), 5172-5180. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-020-07823-x>

