



Observatorio en TIC e Inteligencia Artificial

Informe de Prospectiva 2024



RED HORIZONTES ISDEFE
Madrid, 4 de diciembre de 2024

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivo del informe	1
1.2.	Contexto	1
1.2.1.	Tecnologías de comunicación móviles.....	1
1.2.2.	Inteligencia Artificial	3
1.2.3.	Inteligencia Artificial Generativa	3
2.	FACTORES DE INFLUENCIA	5
3.	DE TENDENCIAS	8
3.1.	Tendencias actuales	8
3.1.1.	Tecnologías de comunicación móviles.....	8
3.1.2.	Inteligencia Artificial	9
3.1.3.	Inteligencia Artificial Generativa	10
3.2.	Tendencias emergentes.....	11
3.2.1.	Tecnologías de comunicación móviles.....	11
3.2.2.	Inteligencia Artificial	13
3.2.3.	Inteligencia Artificial Generativa	14
4.	ESCENARIOS FUTUROS	16
4.1.	Escenario #1:– Escenario pesimista	16
4.1.1.	Análisis del escenario #1	16
4.1.2.	Probabilidad del escenario #1	16
4.2.	Escenario #2: Tecnologías 5G – Escenario conservador	16
4.2.1.	Análisis del escenario #2	17
4.2.2.	Probabilidad del escenario #2.....	17
5.	CONCLUSIONES	18
6.	ANEXOS	19
6.1.	Referencias.....	19
6.2.	Acrónimos.....	20

FIGURAS

Figura 1. Distribución de suscriptores por tecnología [2]. 2

Figura 2. Tráfico mensual, según la región, por Smartphone en GB/mes [2]. 2

Figura 3. Evolución del tamaño de los modelos de IA generativa para PLN [10]. 4

Figura 4. Benchmark de algunos modelos de lenguaje populares en el mercado [15][13]. 11

Figura 5. Casos de usos de redes 5G-NTN [4]. 12

Figura 6. Estimación del crecimiento del mercado de la IA en todo el mundo [8]. 14

Figura 7. Tamaño del mercado de la IA en Europa [9]. 14

TABLAS

Tabla 1. Factores de influencia en el ecosistema 5G 5

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO DEL INFORME

El objetivo del presente informe de prospectiva es anticipar y analizar tendencias y posibles futuros escenarios en el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, así como en temas relativos a Inteligencia Artificial que permitan guiar estrategias y decisiones para aprovechar las oportunidades y mitigar los riesgos. Los avances tecnológicos y la variabilidad del ecosistema hacen complejo establecer alcances temporales comunes a ambas tecnologías situándolos en el corto alcance, es decir, entre 1 y 5 años.

El informe aborda ámbitos tecnológicos de gran interés para el sector civil, tales como las comunicaciones móviles, la inteligencia artificial, la inteligencia artificial generativa y el procesado del lenguaje natural.

Este informe de prospectiva forma parte de los trabajos realizados por el Observatorio en TIC e Inteligencia Artificial de la Red Horizontes Isdefe en 2024, articulado a través de la Cátedra Isdefe-UAH (Universidad de Alcalá).

1.2. CONTEXTO

1.2.1. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN MÓVILES

La quinta generación de comunicaciones móviles (5G) está siendo desplegada a diferentes ritmos dependiendo del entorno / mercado que se analice. A nivel global, los datos proporcionados por GSA (*Global Mobile Suppliers Association*) indican que en diciembre de 2023 había 294 redes 5G operativas comercialmente, de las cuales 46 pertenecían a la zona americana (Norte y Sur América), 65 a Asia-Pacífico y 184 a EMEA (Europa, Oriente Medio y África) [1]. El número de suscripciones de usuarios a la tecnología 5G está en continuo crecimiento, alcanzando los 1.600 millones a final del año 2023 y con una estimación de superar los 5.000 millones para el año 2030, según las previsiones expuestas en el *Ericsson Mobility Report 2024* [2]. La Figura 1 muestra la distribución de usuarios por tecnología hasta el final del año 2024 y la potencial distribución hasta el año 2029.

El tráfico cursado en las redes móviles continúa aumentando a una velocidad casi exponencial. A finales de 2023 el tráfico móvil alcanzaba los 130 EB y las proyecciones indican que alcanzará los 403 EB a finales del año 2029, siendo mayoritariamente cursado por redes de 5G. Este crecimiento no es uniforme en todas las regiones. La Figura 2 muestra el crecimiento por región, donde se observa que Europa occidental pasa de ocupar la tercera posición en generación de tráfico por usuario a la quinta. En la figura también se observa la cada vez mayor preponderancia del eje asiático en la generación de tráfico móvil por usuario.

En cuanto a los aspectos económicos y de mercado, según los datos proporcionados por la GSMA (*Global System for Mobile Communications Association*) en el *Mobile Economy Report 2023* [1], las comunicaciones móviles están actualmente por encima de los 4.400 millones de usuarios, con una tasa de penetración superior al 68% a finales del año 2022. Se estima que en el año 2030 se alcancen los 5.500 millones con una tasa de penetración del 73% a nivel mundial. Los beneficios esperados de los operadores móviles alcanzarán los 1,2 billones de dólares en el año 2030, la contribución al producto interior bruto global de la industria relacionada con las telecomunicaciones móviles fue, a final del año 2022 de 5,2 trillones de dólares y se estima que en 2030 pueda alcanzar los 6 trillones de dólares. Además, la industria de las comunicaciones móviles genera del orden de 16 millones de empleos directos e indirectos.

Las cifras anteriores demuestran un ecosistema consolidado con importantes perspectivas de futuro que, sin embargo, no están exentas de riesgos y desafíos a afrontar en los próximos años.

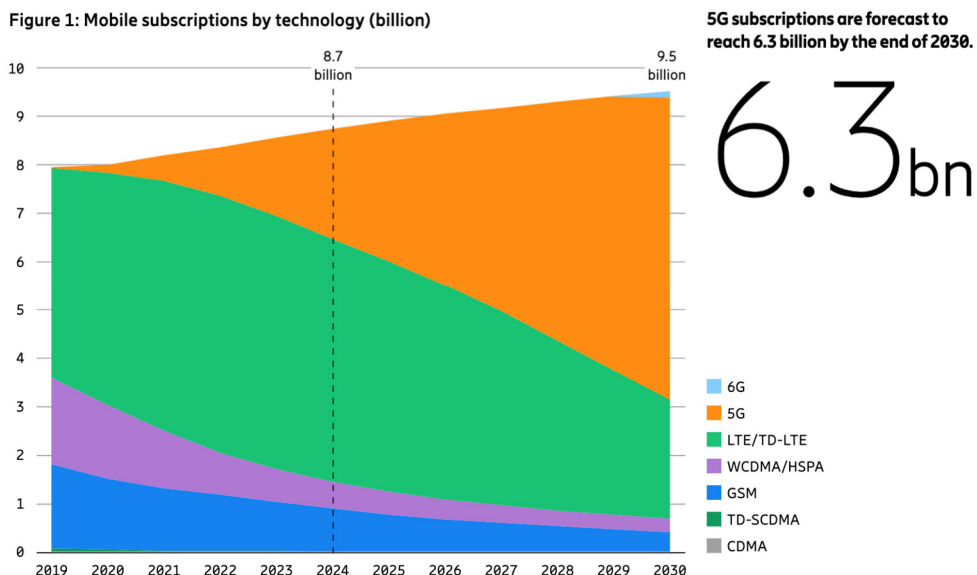


Figura 1. Distribución de suscriptores por tecnología [2].

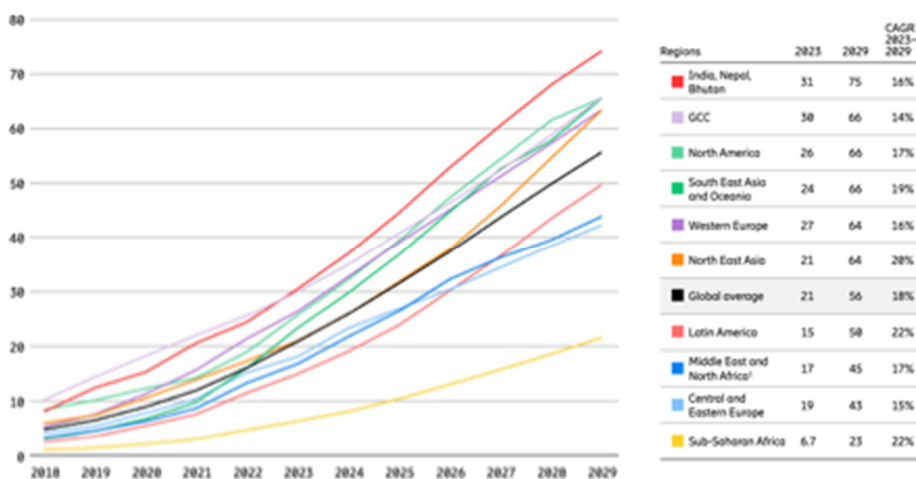


Figura 2. Tráfico mensual, según la región, por Smartphone en GB/mes [2].

1.2.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La inteligencia artificial (IA) ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, transformando radicalmente diversos sectores de la sociedad y la economía. En este apartado se van a analizar distintos contextos donde su uso se está extendiendo.

- **Desarrollos Tecnológicos.** La inteligencia artificial ha alcanzado avances significativos en diversas disciplinas. Los algoritmos de aprendizaje profundo (*Deep Learning* o DL) han permitido a los ordenadores realizar tareas complejas, como reconocimiento facial, traducción automática y diagnóstico médico con un rendimiento equiparable o incluso superior al humano. La capacidad de procesamiento de datos y el acceso a grandes conjuntos de información han sido catalizadores clave para estos avances.

Empresas líderes en tecnología, como Google, Microsoft y Facebook (ahora Meta), han invertido masivamente en investigaciones de IA, desarrollando plataformas y servicios que incorporan estas tecnologías. Además, se ha observado una creciente colaboración entre la industria y la academia, generando un intercambio de conocimientos que impulsa la innovación.

- **Impacto en la Sociedad.** La IA ha entrado en numerosos aspectos de la vida cotidiana. Los asistentes virtuales, como Siri de Apple o Alexa de Amazon, utilizan procesamiento de lenguaje natural (PLN) para interactuar con usuarios y realizar acciones específicas. En el ámbito de la salud, los sistemas de IA contribuyen al diagnóstico médico mediante el análisis de imágenes médicas y datos clínicos.

En la industria, la automatización impulsada por la IA ha mejorado la eficiencia de la producción y la cadena de suministro. Asimismo, los sistemas de recomendación basados en IA han transformado las experiencias de consumo, proporcionando sugerencias personalizadas en áreas como el comercio electrónico y el entretenimiento.

A pesar de estos avances, surgen desafíos importantes. La preocupación por la privacidad de los datos ha aumentado, especialmente con el uso generalizado de algoritmos de aprendizaje automático que pueden analizar y predecir el comportamiento humano. Además, la automatización ha generado debates sobre la pérdida potencial de empleos y la necesidad de reentrenar a la fuerza laboral para roles más especializados.

1.2.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

La IA Generativa ha alcanzado nuevos hitos con los modernos modelos de lenguaje (LM), que emplean arquitecturas vanguardistas para generar contenido autónomo. Un aspecto clave de esta evolución es la escalabilidad de los modelos. A lo largo del tiempo, hemos observado un aumento significativo en el tamaño de los modelos GPT, lo que se traduce en mejoras notables en la calidad y coherencia de la generación de texto. La capacidad de estos modelos para comprender patrones complejos en grandes conjuntos de datos ha llevado a avances significativos en la generación de contenido. Sin embargo, para esto, el tamaño de estos modelos ha crecido exponencialmente, demostrando que existe una correlación tamaño-rendimiento de los modelos de lenguaje (Figura 3).

En la intersección de la IA Generativa y el Procesado de Lenguaje Natural (PLN, NLP por sus siglas en inglés) surge una tendencia interesante de mencionar: la multimodalidad. Modelos que integran texto e

imagen están ganando terreno, permitiendo a las máquinas no solo entender el lenguaje, sino también interpretar y generar contenido visualmente atractivo. Esta capacidad de comprensión multimodal abre la puerta a aplicaciones innovadoras en campos como la publicidad, el diseño gráfico y la creación de contenido digital.

El ajuste especializado es otro desarrollo significativo en la IA Generativa. A medida que las organizaciones buscan adaptar estos modelos a tareas específicas, el denominado *fine-tuning* se ha convertido en una herramienta crucial. Esto no solo mejora la eficacia de la generación de contenido, sino que también amplía las posibilidades de aplicación en áreas tan diversas como la medicina, el derecho y la ingeniería.

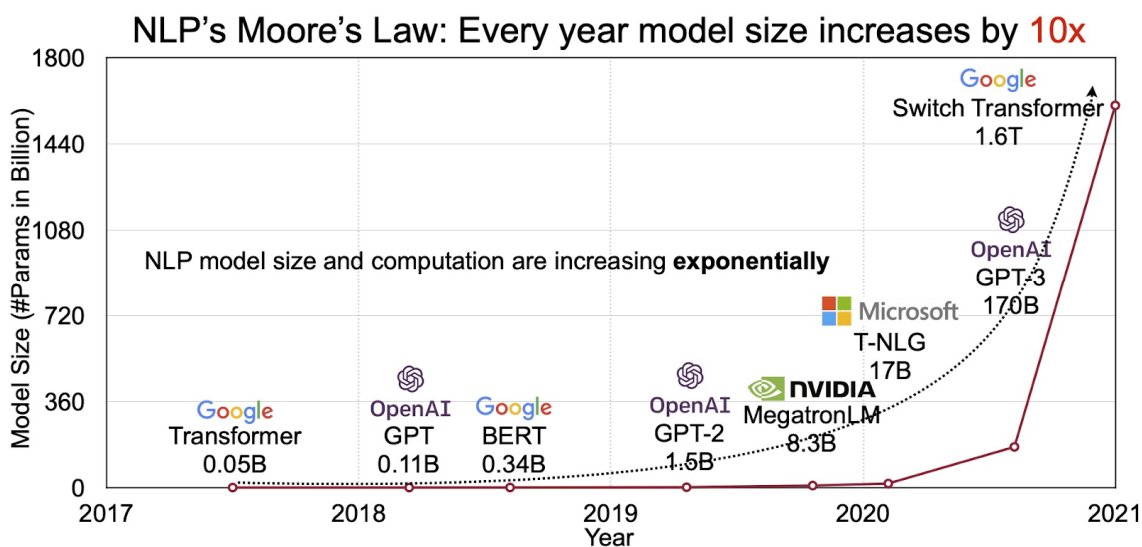


Figura 3. Evolución del tamaño de los modelos de IA generativa para PLN [11].

2. FACTORES DE INFLUENCIA

FACTORES DE INFLUENCIA EN TECNOLOGIAS 5G	
Factores normativos	<p>Simplificaciones procedimentales para el acceso a la infraestructura para poder acometer la densificación.</p> <p>Armonización del espectro, estudio de nuevas bandas de frecuencia y las posibilidades de despliegue.</p>
Factores geoestratégicos	<p>Los ejes de innovación tecnológica se han desplazado de Europa a EE.UU. y a la zona asiática (China-Corea) desde la 4G y siguen estando centrados en esas zonas en el 5G.</p> <p>El potencial veto a proveedores de alto riesgo favorece, por una parte, a los proveedores europeos, pero puede generar concentraciones excesivas de mercado, así como complicaciones a la hora de proveer a todos los operadores con equipamiento.</p>
Factores económicos	<p>Las condiciones actuales de los operadores de telecomunicación móvil debido a los problemas de competitividad global, así como de falta de escala y concentración, crean una gran inestabilidad ante el panorama futuro debido al peligro de falta de inversión en nuevas infraestructuras.</p>
Factores tecnológicos	<p>Mejora e implantación de los estándares open RAN (O-RAN) que mejora la interoperabilidad y escalabilidad de los sistemas pero que tiene implicaciones a nivel de regulación, integración y ciberseguridad.</p> <p>Aparición y expansión de redes 5G-IoT.</p> <p>Falta de despliegue masivo de 5G SA. Lo que implica que los servicios sobre <i>Network Slicing</i> no están siendo implementados.</p> <p>Despliegue masivo de FWA (<i>Fixed Wireless Access</i>) sobre 5G.</p>
Factores políticos	<p>Fomento de la colaboración público-privada mediante la realización de SandBoxes de tecnologías 5G que permitan la realización de pilotos que puedan ser después transferidos al sector productivo.</p> <p>Continuación de las ayudas UNICO 5G para la extensión de la cobertura de estas redes.</p> <p>Disminución de la presión fiscal ejercida sobre los operadores. Establecimiento de un “<i>level playing field</i>” para todos los <i>stakeholders</i> (partes interesadas) del mercado.</p> <p>Proceder a una tendencia hacia la limitación de la regulación, tal y como establece el “Informe Draghi” de 2024 [10].</p>

Tabla 1. Factores de influencia en el ecosistema 5G

FACTORES DE INFLUENCIA EN EL ECOSISTEMA DE IA / IA GENERATIVA	
Factores normativos	<p>El primero y fundamental es el despliegue e implantación de la European Union Artificial Intelligence Act (EU-AIA o, en español, Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial), que está prevista de manera intensiva en el año 2025. La UE es, hasta ahora, el único eje geopolítico que ha tomado este tipo de decisiones que regulan, y por tanto limitan, el desarrollo y aplicación de los sistemas de IA. Tanto EE.UU. como China no disponen de normativa semejante. Este factor puede ser positivo, al ser un referente en cuanto al desarrollo de una IA social y sostenible o una desventaja frente a aquellas entidades que no tengan que atender a esas limitaciones.</p>
Factores geoestratégicos	<p>Los sistemas de IA están entrando de lleno en todos los planos, incluidos los estratégicos, inteligencia y militares. El desarrollo de la IA en defensa y seguridad y sus potenciales aplicaciones es un factor que se debe tener en cuenta.</p> <p>Muchos países están desarrollando planes para el establecimiento de políticas de desarrollo del IA (planes nacionales, planes de inversión y financiación). Existe una competencia muy importante por tener una posición predominante tanto a nivel tecnológico como de los flujos de información de los que se alimentan los sistemas.</p> <p>Disponibilidad de datos. El auge de la IA ha puesto de relevancia la necesidad de disponer de datos / información en cantidades masivas, de manera estructurada y homogénea. Un factor importante para tener en cuenta son los potenciales sesgos de los datos de entrada que pueden alterar significativamente los resultados.</p>
Factores económicos	<p>La IA tiene un impacto económico global. En el mercado laboral provoca la obsolescencia de determinados puestos de trabajo que pueden ser automatizados a cambio de crear puestos mucho más especializados, lo cual requiere políticas de formación. La IA aumenta la competitividad de las empresas simplificando procesos y disminuyendo sus costes operativos.</p> <p>El impacto de la IA en el PIB puede estar en el entorno de los 16.500 millones de euros en el año 2025. El crecimiento del mercado de la IA en ese mismo año se estima que sea de un 27%. Estos datos demuestran la relevancia económica de la IA.</p>
Factores tecnológicos	<p>Necesidad de infraestructura de computación. La IA y sobre todo la IA generativa es un gran consumidor de recursos de computación. Empresas como Nvidia han crecido drásticamente gracias a la puesta a disposición de GPUs, lo que ha hecho que haya escasez en el mercado. A nivel macro es necesario la puesta a disposición de recursos masivos de computación, ya sea en grandes centros de proceso de datos (CPD) centralizados o en unidades más distribuidas.</p> <p>Necesidad de infraestructura de comunicaciones. Ligado con el factor anterior es necesario disponer de infraestructura de comunicación de banda ancha para poder soportar todos los flujos de información. Países</p>

	<p>con mejor infraestructura podrán desplegar servicios de IA más rápidamente.</p> <p>Necesidad de infraestructura energética, generación y distribución. El consumo de los centros de datos donde se realiza procesamiento de IA/ IA generativa se ha disparado exponencialmente. De hecho, se ha convertido rápidamente en un factor limitante para la implantación de estos servicios.</p>
Factores políticos	<p>El poder político tiene encima de la mesa diferentes cuestiones relativas a la aplicación de la IA. Desde la gestión (detección y corrección) de las <i>fake news</i>, la polarización interesada de la opinión pública (<i>bots</i> de IA en redes sociales) el mantenimiento de la privacidad de los datos personales, o cuestiones derivadas del sesgo introducido en los datos (igualdad de género, racial, clase social).</p>

3. IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS

3.1. TENDENCIAS ACTUALES

3.1.1. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN MÓVILES

El despliegue de redes de telecomunicaciones en general y de los sistemas de comunicaciones móviles 5G en particular, deberán resolver diferentes retos en los siguientes años, algunos de los cuales se esbozan seguidamente.

- **El problema de la financiación de las estructuras.** Uno de los grandes debates del año 2023 ha sido la sostenibilidad del modelo de negocio de los operadores móviles, con vistas a la financiación de los despliegues actuales y futuros de redes, así como la denominada “*fair share*” o contribución justa por parte de los operadores *Over The Top* (OTT). Se estima que más del 50% del tráfico que circula por la red proviene de un conjunto limitado de operadores OTT que no contribuyen directamente al desarrollo de las redes [3]. Es necesario que los diferentes actores, operadores, autoridades nacionales de regulación (NRA), OTTs, encuentren un *level playing field* (la igualdad de condiciones) adecuado que garantice la innovación en las redes.
- **Políticas eficientes de asignación del espectro.** Los sistemas 5G y superiores (*5G and Beyond*) requieren un uso intensivo del espectro con el fin de conseguir los requisitos de latencia y tasa de transferencia (Gbps) requeridos en los estándares. Es necesario disponer de una hoja de ruta clara y específica sobre cuánto espectro será puesto a disposición, cuándo y en qué condiciones económicas. En un entorno inestable de financiación y sostenibilidad de las infraestructuras, se debe ser cauteloso a la hora de diseñar los procesos de asignación (típicamente subastas) para evitar los posibles riesgos en los que incurren los operadores. A este respecto, se puede profundizar en el análisis de las conclusiones de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones celebrada en Dubai entre el 20 de noviembre y el 15 de diciembre de 2023.
- **Compartición de infraestructuras de dominio público.** La utilización de las bandas milimétricas para los servicios avanzados de URLLC (*Ultra-High Reliability & Low Latency*) y mMBB (*massive Mobile Broadband*) de 5G requieren una elevada densificación de la capa de despliegue de estaciones base 5G, especialmente en el caso de los Puntos de acceso inalámbrico para pequeñas áreas, debido a su limitado rango celular. Asimismo, hay que establecer los mecanismos regulatorios adecuados para que todos los operadores puedan garantizar la suficiente calidad de servicio en términos de cobertura/capacidad de sus redes. Esto significa poner infraestructura de dominio público (farolas, semáforos etc..) a disposición de los operadores, teniendo que ser compartidas, tanto pasiva como activamente, por los diferentes operadores.
- **Soberanía digital y Ciberseguridad de las redes 5G.** Los últimos años nos han demostrado que es necesario una reindustrialización del entorno europeo, con el fin de garantizar la soberanía digital de Europa en el desarrollo tecnológico y, más concretamente, en cuanto a la tecnología 5G. Es necesario garantizar la cadena de suministro completa con un espectro suficiente de fabricantes que garanticen, además, la interoperabilidad de los sistemas. En este sentido se deben cumplir escrupulosamente los estándares de ciberseguridad que establezca la legislación, tanto nacional como europea, para generar

confianza en los usuarios y evitar problemas futuros de funcionamiento de la red. Más si cabe, en las infraestructuras críticas y/o pertenecientes al esquema nacional de seguridad.

- **Monetización de 5G.** Mientras que las potencialidades de los servicios, verticales de aplicación y aplicaciones de 5G son claras, la monetización de estos para recuperar la inversión sigue siendo un aspecto pendiente. Así, se debe trabajar en nuevos modelos de negocio, como puede ser una de las tendencias actuales: las redes privadas 5G industriales con servicios específicos y personalizados. Un ejemplo de estos servicios es el mantenimiento con realidad aumentada.

3.1.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Las tendencias actuales en Inteligencia Artificial se encuentran con una serie de retos y desafíos pendientes entre los que destacan:

- **Sesgo y Discriminación.** Uno de los desafíos más críticos es el sesgo inherente en muchos modelos de IA. Los algoritmos pueden reflejar y amplificar prejuicios presentes en los datos de entrenamiento (o la falta de datos de ciertos colectivos), lo que resulta en que la máquina tome decisiones discriminatorias. Este problema ha generado el reto de la mitigación del sesgo y la incorporación de principios de equidad en el diseño de algoritmos.
- **Regulación y Marco Legal.** La falta de regulación específica para la IA ha llevado a situaciones donde la tecnología avanza más rápido que la formulación de políticas. La ausencia de un marco legal claro ha generado incertidumbre en áreas como la responsabilidad por decisiones automatizadas y la transparencia en el funcionamiento de los algoritmos.

Estos desafíos actuales subrayan la necesidad de abordar no solo los aspectos técnicos de la IA, sino también las cuestiones éticas, sociales y legales que acompañan su implementación generalizada. A medida que la IA continúa evolucionando, la sociedad debe colaborar para encontrar soluciones que equilibren el progreso tecnológico con la responsabilidad ética y la equidad.

En diciembre del año 2023, la Unión Europea (UE) dio un paso significativo en la regulación de la inteligencia artificial al acordar una ley que establece normas para el uso de esta tecnología en la región [6]. Este pacto representa un hito clave en el desarrollo de políticas globales relacionadas con la inteligencia artificial, ya que la UE se convierte en una pionera al abordar la necesidad de regulaciones específicas para mitigar riesgos potenciales y garantizar la seguridad y la ética en el desarrollo y despliegue de la IA.

También en diciembre del año 2023, ISO/IEC ha desarrollado un estándar internacional (la ISO 42001: *Artificial intelligence Management system* [7]) que especifica los requerimientos y necesidades para establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de Inteligencia Artificial en las organizaciones. Este estándar permite crear un marco de trabajo para gestionar riesgos y oportunidades, para demostrar un uso responsable de la IA y para mejorar la trazabilidad y la transparencia de los modelos de Inteligencia Artificial.

3.1.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

La tendencia actual en Inteligencia Artificial Generativa tiene uno de sus máximos exponentes en el progreso del Procesado del Lenguaje Natural. Éste ha experimentado avances notables, transformando la forma en que las máquinas comprenden y generan lenguaje humano. Modelos pre-entrenados como BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) [11][12][13], GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) y LLAMA (*Large Language Model Meta AI*) han demostrado su eficacia en una variedad de tareas de PLN [14][15], superando las limitaciones de los enfoques tradicionales Figura 4. La clave de su éxito radica en la capacidad de estos modelos para capturar patrones contextuales complejos en grandes corpus de texto.

La comprensión contextual ha sido un área de enfoque importante en el PLN. A medida que los modelos evolucionan, se ha observado una mejora significativa en su capacidad para capturar y utilizar contextos más extensos. Esto ha llevado a un mejor rendimiento en tareas como la traducción automática, la respuesta a preguntas y la generación de texto coherente.

La transferencia de conocimiento entre tareas de PLN también ha demostrado ser un área prometedora. La capacidad de utilizar el conocimiento adquirido en una tarea para mejorar el rendimiento en tareas relacionadas ha impulsado la eficiencia y la efectividad de los modelos. Esta capacidad de transferencia no solo acelera el proceso de entrenamiento, sino que también mejora la generalización de los modelos a nuevas tareas.

Benchmark (Higher is better)	MPT (7B)	Falcon (7B)	Llama-2 (7B)	Llama-2 (13B)	MPT (30B)	Falcon (40B)	Llama-1 (65B)	Llama-2 (70B)
MMLU	26.8	26.2	45.3	54.8	46.9	55.4	63.4	68.9
TriviaQA	59.6	56.8	68.9	77.2	71.3	78.6	84.5	85.0
Natural Questions	17.8	18.1	22.7	28.0	23.0	29.5	31.0	33.0
GSM8K	6.8	6.8	14.6	28.7	15.2	19.6	50.9	56.8
HumanEval	18.3	N/A	12.8	18.3	25.0	N/A	23.7	29.9
AGIEval (English tasks only)	23.5	21.2	29.3	39.1	33.8	37.0	47.6	54.2
BoolQ	75.0	67.5	77.4	81.7	79.0	83.1	85.3	85.0
HellaSwag	76.4	74.1	77.2	80.7	79.9	83.6	84.2	85.3
OpenBookQA	51.4	51.6	58.6	57.0	52.0	56.6	60.2	60.2
QuAC	37.7	18.8	39.7	44.8	41.1	43.3	39.8	49.3
Winogrande	68.3	66.3	69.2	72.8	71.0	76.9	77.0	80.2

Figura 4. Benchmark de algunos modelos de lenguaje populares en el mercado [16][14].

3.2. TENDENCIAS EMERGENTES

3.2.1. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN MÓVILES.

El camino hacia la sexta generación de comunicaciones móviles 6G, que ya se empieza a esbozar y cuyos parámetros y requisitos están siendo actualmente definidos, pasa por el análisis de las tendencias y retos tecnológicos que, actualmente, se están encontrando los despliegues de las redes 5G y 5G *Advanced*. En la presente sección se señalan y analizan algunos de estos.

- **Open RAN.** Open RAN (ORAN) es un enfoque divergente del tradicional en el diseño y construcción de redes móviles. Consiste en la implementación de funcionalidades de red mediante máquinas de propósito general con el software adecuado. El uso de la tecnología ORAN facilita la creación de un ecosistema mayor de proveedores, mejorando la competitividad, la escalabilidad y la implementación de nuevos servicios de una manera más eficiente. Sin embargo, presenta importantes puntos abiertos como la garantía de interoperabilidad e integración y, ciertamente, sobre ciberseguridad.
- **Mejora del rendimiento de 5G mMIMO.** Massive MIMO (mMIMO) es una de las técnicas habilitadoras de 5G junto con *Beamforming*. Se deben estudiar técnicas para evolucionar en el rendimiento del enlace ascendente mediante transmisión por múltiples paneles, o implementar las técnicas que permiten la gestión de los haces iniciada por el equipo terminal.
- **Redes 5G NTN.** Las redes 5G no terrestres (*Non Terrestrial Networks*, NTN) están siendo consideradas como un complemento adecuado para la provisión de servicio en zonas actualmente no cubiertas, la implementación de *backhaul* en zonas remotas, la gestión de flotas de *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) en zonas alejadas de despliegues de gNB (*Next Generation node B*). La Figura 5 muestra algunos casos de uso de redes NTN-5G.
- **Inteligencia artificial para redes de acceso radio de nueva generación.** La inteligencia artificial (IA) es uno de los pilares de ecosistema 5G. Los casos de uso implican el uso de técnicas de IA para la optimización del *network slicing* y la optimización conjunta de cobertura y capacidad. También la mejora de la precisión en los servicios de posicionamiento, tanto en entornos interiores como exteriores, o la mejora del rendimiento de las técnicas de direccionamiento de haz en dominio espacio-temporal entran dentro de las cuestiones bajo investigación actualmente [5].
- **Topologías 5G avanzadas.** La red de agregación y sus divisiones (*fronthaul – midhaul – backhaul*) pueden constituir un cuello de botella a la hora del transporte de información entre el usuario y la red, puesto que no en todos los puntos de la red densificada puede existir un acceso a fibra óptica. Las topologías y tecnologías de *backhauling*, así como aspectos relacionados con la señalización, serán de gran importancia para el transporte masivo de datos.

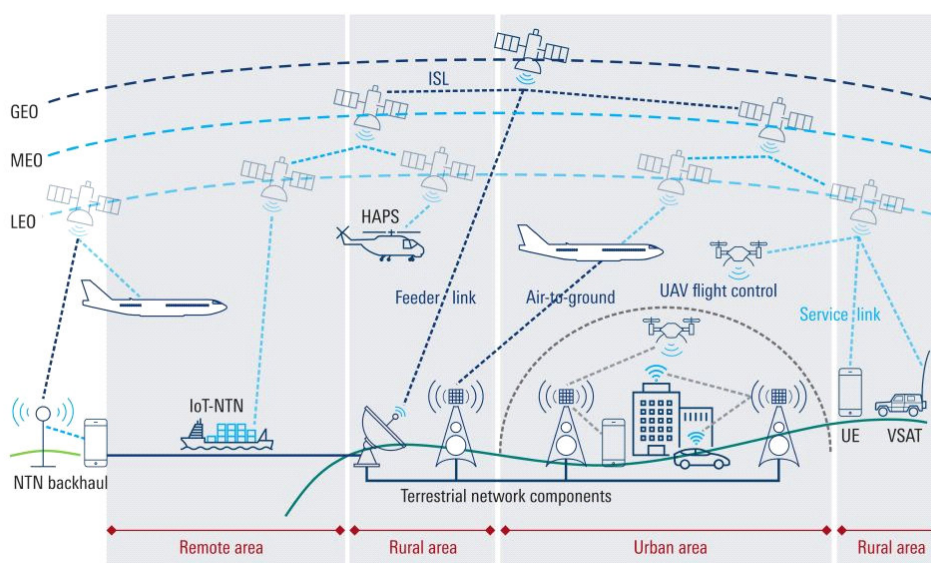


Figura 5. Casos de usos de redes 5G-NTN [4].

3.2.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Las tendencias futuras en el campo de la Inteligencia Artificial se centran en:

- **Avances en la Investigación.** La investigación en neurociencia computacional y modelos más avanzados de aprendizaje automático buscan comprender mejor los procesos cognitivos humanos y traducir ese conocimiento en algoritmos de IA más eficientes. La intersección entre la inteligencia artificial y la computación cuántica también representa un área prometedora, ofreciendo la posibilidad de realizar cálculos a una escala sin precedentes y resolver problemas complejos de manera más eficiente.
- **Integración en la Educación.** La inteligencia artificial se integrará más profundamente en el ámbito educativo, transformando la forma en que se enseña y se aprende. Plataformas de educación personalizadas, impulsadas por algoritmos de aprendizaje automático, adaptarán los contenidos y métodos de enseñanza según las necesidades individuales de los estudiantes. Asistentes virtuales educativos proporcionarán apoyo en tiempo real, facilitando la comprensión de conceptos y fomentando el aprendizaje interactivo.

La IA también desempeñará un papel clave en la identificación de habilidades y talentos únicos en los estudiantes, ayudando a personalizar las trayectorias educativas y orientando hacia carreras que se alineen con sus fortalezas. La educación en inteligencia artificial se convertirá en una parte integral del currículo, preparando a las generaciones futuras para entender y trabajar con tecnologías emergentes.

- **Impacto en la medicina y la investigación científica.** La inteligencia artificial continuará transformando la atención médica y la investigación científica, con el desarrollo de algoritmos de IA para mejorar la precisión del diagnóstico y la personalización de los tratamientos. La capacidad de analizar grandes conjuntos de datos genómicos facilitará el descubrimiento de nuevas terapias y el desarrollo de medicamentos personalizados.

En la investigación científica, la inteligencia artificial acelerará el proceso de análisis de datos complejos y la simulación de experimentos. La IA será un socio valioso en la exploración de nuevas fronteras en disciplinas como la astronomía, la biología y la física, contribuyendo a la resolución de problemas fundamentales de la humanidad.

- **Crecimiento del mercado de la Inteligencia Artificial.** El futuro de la inteligencia artificial está intrínsecamente vinculado al crecimiento continuo de su mercado [8][9]. Las proyecciones indican que el tamaño del mercado de la IA seguirá expandiéndose de manera significativa en los próximos años. A medida que las organizaciones adoptan soluciones de inteligencia artificial para mejorar la eficiencia, la toma de decisiones y la innovación, se espera un aumento sustancial en la inversión en esta tecnología. La Figura 6 muestra una estimación del tamaño del mercado que tendrá la IA en el mundo hasta el año 2032 y la Figura 7 muestra la misma información en Europa.

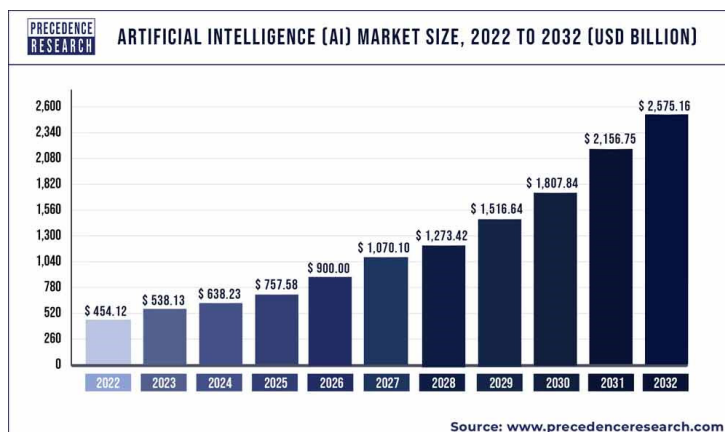


Figura 6. Estimación del crecimiento del mercado de la IA en todo el mundo [8].

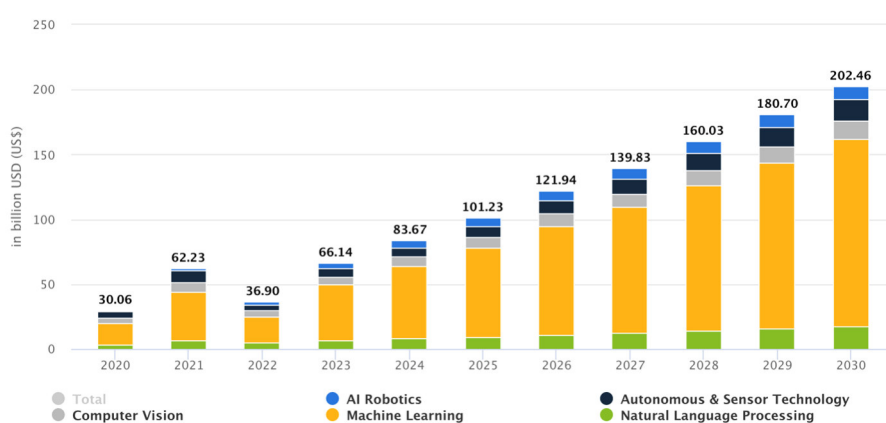


Figura 7. Tamaño del mercado de la IA en Europa [9].

3.2.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

El futuro de la IA Generativa y el PLN promete una integración más estrecha de estas tecnologías. La sinergia entre modelos generativos avanzados y capacidades mejoradas de procesamiento de lenguaje permitirá la creación de sistemas más inteligentes y adaptativos. Se espera que esta convergencia dé lugar a avances significativos en la generación de contenido inteligente y contextualmente relevante.

Sin embargo, a medida que estas tecnologías avanzan, surgen desafíos éticos significativos. La generación autónoma de contenido plantea preguntas sobre la responsabilidad y la autoría. La regulación ética se vuelve crucial para abordar cuestiones relacionadas con el sesgo algorítmico, la privacidad y el uso indebido de la tecnología. Las organizaciones y los investigadores deben trabajar de la mano con legisladores y expertos en ética para establecer marcos normativos que equilibren la innovación con la responsabilidad social.

El uso de la inteligencia más avanzada sea artificial o no, supone una ventaja tecnológica respecto a los que posean inteligencia menos avanzada. El desarrollo y uso desmesurado de esta inteligencia puede llegar a suponer un problema a nivel mundial y puede desembocar en abusos y consecuencias a gran escala. Los modelos que se desarrollen en el futuro tendrán la capacidad de interactuar con su entorno o con un sistema operativo a su voluntad, y los objetivos finales para los que se usen estos modelos pueden vulnerar la seguridad, la economía y la ética si no se controlan. Es importante considerar los peligros de esta tecnología al nivel de otras como la energía nuclear o drones armamentísticos, y es nuestra responsabilidad científica evitar un mal uso de esta tecnología y aprovecharla únicamente para mejorar la tecnología moderna y limitar su uso y desarrollo en etapas más avanzadas.

La IA Generativa y el Procesado de Lenguaje Natural están en la vanguardia de la revolución tecnológica. Sin embargo, a medida que avanzamos hacia el futuro, es imperativo abordar los desafíos éticos y sociales asociados con estas tecnologías, asegurando que la inteligencia artificial beneficie a la sociedad de manera equitativa y responsable.

4. ESCENARIOS FUTUROS

4.1. ESCENARIO #1: ESCENARIO PESIMISTA

El contexto económico y regulatorio europeo continúa siendo adverso. Las autoridades políticas no atienden las necesidades y reclamaciones del sector y no son favorables a la concentración de operadores para poder competir con el resto de los operadores en escenarios globales y tampoco se establecen las fórmulas -adecuadas para la financiación de las infraestructuras de telecomunicación. No se encuentran modelos de monetización adecuados para las redes 5G. Se frenan los despliegues celulares densos en los entornos urbanos y no se despliegan todas las capacidades de núcleo (*core*) de los sistemas.

La aplicación del Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial (EU-AIA) trasladada a cada realidad nacional se realiza en su vertiente más limitante e intervencionista. Se frenan potenciales líneas de innovación y transferencia “ex-ante” de manera rigurosa (se tienen ejemplos previos en la aplicación del Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en algunos casos). Otros países toman la delantera en cuanto al desarrollo e implantación de escenarios.

Se frenan las iniciativas para la instalación de fuentes masivas de energía. No se acometen los cambios en infraestructura necesarios para su democratización. La instalación de los centros de alta computación se realiza fuera de Europa.

4.1.1. ANÁLISIS DEL ESCENARIO #1

Freno a la innovación y al desarrollo de nuevas tecnologías de las telecomunicaciones. Grandes posibilidades de huida de capital humano y de empresas tecnológicas. El fabricante de referencia Ericsson desplaza su sede social a EE.UU. (posibilidad alumbrada por el CEO de Ericsson el 20/11/2024). Las principales compañías tecnológicas no invierten en Europa debido a las restricciones impuestas por la EU-AIA. Europa se queda como una Colonia Digital de EE.UU. / Asia.

4.1.2. PROBABILIDAD DEL ESCENARIO #1

Existe una probabilidad no desdeñable de un escenario similar a este. La situación de los operadores en Europa lleva siendo muy complicada desde, al menos 10 años. Las políticas muy conservadoras en términos de aplicación de ciertas normativas que atañen a la ética o derechos sociales han sido la norma en nuestro entorno, lo que ha sido, muchas veces, un freno a la innovación.

4.2. ESCENARIO #2: TECNOLOGÍAS 5G – ESCENARIO CONSERVADOR

Europa, entendida como los mecanismos políticos y de regulación atienden, al menos parcialmente, las recomendaciones establecidas en el informe “El futuro de la competitividad europea” [10], también conocido como “Informe Draghi”. Se flexibilizan las normas de la competencia para permitir la consolidación del sector. Se adoptan parcialmente las recomendaciones de armonización del espectro.

La aplicación de la EU-AIA a las realidades nacionales se hace teniendo en mente la necesidad de innovación, se establecen equilibrios entre la regulación ex-ante y ex-post que permiten desarrollo de nuevas tecnologías en el “estado del arte”.

Se establecen procedimientos que permitan caminar hacia un verdadero mercado único digital y se definen políticas de promoción del desarrollo industrial que refuercen la soberanía tecnológica.

4.2.1. *ANÁLISIS DEL ESCENARIO #2*

Impulso a la innovación y a la creación de empresas de base tecnológica. Resurgimiento de Europa como potencia tecnológica. Creación de riqueza y empleo cualificado.

4.2.2. *PROBABILIDAD DEL ESCENARIO #2*

Probabilidad razonablemente alta. La suma de probabilidades entre los escenarios 1 y 2 alcanzarían el 100%. No se consideran, dada la historia del sector, escenarios más optimistas o disruptores ya que no ha sido la tendencia en Europa en los últimos 20 años.

5. CONCLUSIONES

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, entendidas en un ámbito extenso, se encuentran actualmente en el centro mismo de la transformación de nuestra sociedad. No en vano se puede afirmar que ya estamos inmersos en la quinta revolución industrial.

Dos de las tecnologías que se encuentran en el centro de esta revolución son los Sistemas de Comunicaciones Móviles “5G and beyond” y la Inteligencia Artificial. Mientras esta última ha tenido una efervescencia notable en los últimos tiempos, más si cabe después del lanzamiento de ChatGPT y de la puesta en escena de los grandes modelos de lenguaje y de la IA generativa, los sistemas de telecomunicaciones de nueva generación han tenido menos repercusión para el público en general, pero mucha importancia en el sector específico.

El despliegue de redes 5G enfrenta varios retos de carácter regulatorio-político en los próximos años. La financiación es un desafío clave, con debates sobre la sostenibilidad del modelo de negocio y la contribución justa de los operadores OTT. La asignación eficiente del espectro es crucial para cumplir con los requisitos de latencia y transferencia de datos. La compartición de infraestructuras públicas es necesaria para garantizar la calidad del servicio. La soberanía digital y la ciberseguridad son esenciales para la confianza en las redes 5G. Finalmente, la monetización de 5G sigue siendo un reto, requiriendo nuevos modelos de negocio para recuperar la inversión.

En cuanto a los retos tecnológicos hacia las futuras redes de 6G, debemos destacar el desarrollo de Open RAN, la mejora del rendimiento de los sistemas mMIMO, el despliegue de redes 5G no terrestres, el problema de la conectividad “aguas arriba” (es decir, la interconexión con las redes de agregación) y, finalmente y enlazando con el otro foco tecnológico, el uso de la IA para la optimización de recursos, coberturas y la mejora de la precisión de servicios (como el de posicionamiento).

Los sistemas de Inteligencia artificial se enfrentan, al igual que las redes 5G, a importantes retos técnicos y regulatorios. La aplicación del Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial preocupa – y mucho – a todo el sector. La necesaria ampliación de los recursos de computación y, por lo tanto, de telecomunicación, puede suponer un factor limitante si no se establecen las políticas de fomento (tanto a nivel público como privado) que permitan desarrollarlas en tiempo y forma. Finalmente, la energía se va a elevar como un “driver” sin el cual no se va a poder desarrollar todo el potencial de esta tecnología.

El escenario que se abre es incierto. La tradicional postura regulatoria de “mano dura” del entorno europeo, que ha quedado muy bien reflejada en el “Informe Draghi”, no parece crear un clima adecuado para la innovación y competitividad. Sin embargo, se aprecian “brotes verdes” como por ejemplo la aceptación de la fusión Orange-Mas Móvil o el fomento del desarrollo de la IA gracias a los planes nacionales.

6. ANEXOS

6.1. REFERENCIAS

- [1] GSMA, “The Mobile Economy Report, 2024”, 2024, <https://t.ly/I9A0s>. Fecha de último acceso: 30 de noviembre de 2024.
- [2] Ericsson, “Ericsson Mobility Report”, Noviembre 2023, <https://t.ly/wdLPo>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [3] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, “Las Telecomunicaciones europeas en la encrucijada”, Revista Bit 229, <https://t.ly/z7xpJ>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [4] Rohde & Schwarz, “Conectando el mundo a través de las NTN 5G”, <https://t.ly/wJKAU>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [5] Qualcomm “What’s next in 5G Advanced?” <https://t.ly/S70IB>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [6] Commission welcomes political agreement on Artificial Intelligence Act. <https://t.ly/ZqS41>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [7] ISO/IEC 42001:2023 Artificial Intelligence Management System. <https://t.ly/diPfS>.
- [8] Precedence Research, Artificial Intelligence (AI) Market. <https://t.ly/RI4mS>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [9] Statista, “Insights Compass 2023 - Unleashing Artificial Intelligence’s true potential”, 2023, <https://www.statista.com/study/138971/insights-compass-2023-unleashing-artificial-intelligences-true-potential/> Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [10] M. Draghi, “The future of European competitiveness – A competitiveness strategy for Europe”. https://commission.europa.eu/document/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en . Fecha de último acceso: 29 de noviembre de 2024.
- [11] Medium. “Unveiling the Power of Large Language Models (LLMs)”, 2023 <https://medium.com/@harishdatalab/unveiling-the-power-of-large-language-models-llms-e235c4eba8a9>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [12] J. Cañete, G. Chaperon, R. Fuentes, J.-H. Ho, H. Kang, and J. Pérez, “Spanish pre-trained BERT model and evaluation data”, <https://arxiv.org/abs/2308.02976> . Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [13] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, “BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding,” <https://arxiv.org/abs/1810.04805>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [14] A. Palomo-Alonso, D. Casillas-Pérez, S. Jiménez-Fernández, J.A. Portilla-Figueras, S. Salcedo-Sanz, “A flexible architecture using temporal, spatial and semantic correlation-based algorithms for story

segmentation of broadcast news", IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, vol. 31, pp. 3055-3069, 2023, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10214611>.

- [15] C.-H. Wu and C.-H. Hsieh, "Story segmentation and topic classification of broadcast news via a topic-based segmental model and a genetic algorithm", IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, vol. 17, no. 8, pp. 1612-1623, 2009 <https://ieeexplore.ieee.org/document/5230161>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.
- [16] D. Nest. "LLM Benchmarks: What Do They All Mean?", 2023, <https://www.whytoryai.com/p/llm-benchmarks>. Fecha de último acceso: 29 de enero de 2024.

6.2. ACRÓNIMOS

5G	5ª Generación de tecnología móvil
6G	6ª Generación de tecnología móvil
BERT	Bidirectional Encoder Representations from Transformers
CPD	Centro de Proceso de Datos
DL	Deep Learning (aprendizaje profundo)
EMEA	Europa, Oriente Medio y África
EU-AIA	European Union Artificial Intelligence Act / Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial
FWA	Fixed Wireless Access
GDPR	Reglamento General de Protección de Datos
gNB	gNodeB: Next Generation node B
GPT	Generative Pre-trained Transformer
GSA	Global Mobile Suppliers Association
GSMA	Global System for Mobile Communications Association
IA	Inteligencia Artificial
IoT	Internet of Things
LLAMA	Large Language Model Meta AI
LM	Modelo de lenguaje
mMBB	Massive Mobile Broadband

mMIMO	Massive Multiple Input Multiple Output
NRA	Autoridad Nacional de Regulación
NTN	Non Terrestrial Networks
ORAN	Open RAN
OTT	Over The Top
PLN	Procesado del Lenguaje Natural
SA	Standalone
UAH	Universidad de Alcalá
UAV	Unmanned Aerial Vehicles
UE	Unión Europea
URLLC	Ultra-High Reliability & Low Latency