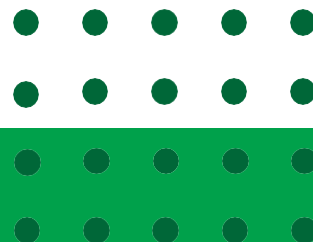




INSTITUTO FEDERAL DE  
TELECOMUNICACIONES



# Aplicaciones de la inteligencia artificial en las telecomunicaciones y la radiodifusión

José Luis Cuevas Ruíz

Centro de Estudios

Fecha: enero 2025

El contenido, las opiniones y las conclusiones o recomendaciones vertidas en este documento son responsabilidad exclusiva de la persona autora y no necesariamente reflejan el punto de vista oficial del Instituto Federal de Telecomunicaciones, de su Centro de Estudios ni de ninguna de sus unidades administrativas.

# Aplicaciones de la inteligencia artificial en las telecomunicaciones y la radiodifusión

José Luis Cuevas Ruíz <sup>1</sup>

## Resumen

El presente estudio presenta el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) en el sector de las telecomunicaciones y la radiodifusión, abordando algunas de las principales iniciativas regulatorias en el mundo, algunos de los impactos económicos de la IA en el sector de telecomunicaciones. Se hace énfasis en su uso, en la reducción de gastos operativos, gestión espectral, seguridad y privacidad de la información, ciberseguridad, entre otros. En el caso de la radiodifusión se destaca la producción y gestión de contenidos. Finalmente se abordan temas de sustentabilidad desde la visión del incremento en la demanda de recursos como la energía y el agua.

---

<sup>1</sup> Doctor en Teoría de la Señal y Comunicaciones por la Universidad Politécnica de Cataluña, UPC. Barcelona, España. Maestría en Ciencias por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo, CENIDET, México. Ingeniero Industrial en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Veracruz. Investigador en el Centro de Estudios del IFT y coordinador del Grupo de Trabajo de Ciberseguridad en el Comité 5G que coordina el IFT. Colaboró con la SCT en la dirección de Comunicaciones Rurales. Es autor de dos libros, artículos de investigación publicados en Congresos y Revistas; docente universitario en la Universidad Iberoamericana y el Tec de Monterrey, habiendo dirigido tesis de maestría y doctorado.

# Contenido

Glosario .....	1
1. Introducción .....	4
2. La inteligencia artificial y su impacto económico .....	6
3. La inteligencia artificial como disruptor tecnológico .....	11
3.1. Principios .....	11
3.2. Aplicaciones de la inteligencia artificial .....	15
4. Telecomunicaciones .....	19
4.1. Reducción de gastos operativos .....	23
4.2. Gestionar e interpretar la información ( <i>big data</i> ) .....	26
4.3. Atención de los usuarios.....	27
4.4. Seguridad y protección de datos .....	27
4.5. Calidad y optimización de la red .....	29
4.5.1. Casos de uso de la IA en gestión, optimización y operación de red .....	31
4.6. Planificación y comercialización eficaces de los productos .....	33
4.7. Despliegue y gestión de redes 5G.....	34
4.7.1. Predicción de portadoras secundarias.....	35
4.7.2. Inclinación de antenas .....	35
4.7.3. Automatización de la RAN .....	35
4.8. Informática de borde e IA.....	36
4.9. Cumplimiento normativo.....	37
4.10. Colaboración con otras industrias .....	38
4.11. Fundamentos del uso de la IA en la gestión espectral.....	40
4.11.1. Marco regulatorio de la gestión del espectro.....	41
4.11.2. Consideraciones generales de las técnicas inteligentes en la gestión dinámica del espectro .....	45
4.11.3. Retos y nuevas demandas .....	48
4.12. Ciberseguridad.....	52
4.12.1. Casos de uso de la IA en ciberseguridad.....	59
5. Radiodifusión .....	62

5.1.	Análisis de constelación en ATSC 3.0 .....	62
5.2.	Cancelación de ruido en redes de comunicación entre torres ATSC 3.0 .....	62
5.3.	Evolución .....	63
5.4.	Automatización de los flujos de trabajo .....	64
5.5.	Programación y creación de contenidos.....	64
5.6.	Automatización y captura de imágenes.....	65
5.7.	Producción automatizada de contenidos .....	65
5.8.	Creación de metadatos.....	66
5.9.	Publicidad dinámica para radiodifusión.....	67
5.10.	Creación y personalización de contenidos.....	67
6.	Regulación y políticas públicas .....	69
6.1.	Regulación .....	69
7.	Sustentabilidad .....	75
7.1.	El papel de la IA y los algoritmos de ML como facilitador clave en la sostenibilidad en las redes de comunicaciones móviles .....	80
7.2.	Casos de uso .....	81
7.2.1.	Automatización inteligente de Worldcast Systems .....	81
7.2.2.	Automatización inteligente de RAN de Ericsson.....	82
8.	Recomendaciones y conclusiones .....	83
	Bibliografía.....	88
	Anexos .....	93
	Anexo I: Algoritmos de inteligencia artificial en redes de radio cognitivas.....	93
	NN supervisadas .....	94
	NN no supervisadas .....	94
	NN competitivas no supervisadas.....	95
	NN combinacionales .....	95
	Inteligencia con máquina de vector de soporte .....	96
	Inteligencia con algoritmos metaheurísticos.....	96
	Inteligencia con aprendizaje bayesiano .....	97
	Inteligencia con cadenas ocultas de Márkov .....	97

Inteligencia con Teoría de juegos .....	97
Anexo II. Regulaciones de IA.....	98
Observatorio de IA de la OCDE .....	98
Estados Unidos .....	99
Canadá .....	107
Brasil .....	108
Chile .....	110
Colombia .....	111
Unión Europea.....	112
Francia .....	114
Reino Unido .....	115
Australia .....	116
China .....	118
Japón .....	121
Singapur .....	122
Corea del Sur .....	124
India .....	126
Arabia Saudita.....	127

## Glosario

Término	Definición
4RI	Cuarta Revolución Industrial
ACO	Optimización de colonias de hormigas, por sus siglas en inglés
AG	Algoritmo genético
AI RMF	Marco de Gestión de Riesgos de IA, por sus siglas en inglés
AIDA	Ley de Inteligencia Artificial y Datos, por sus siglas en inglés
API	Interfaz de programación de aplicaciones, por sus siglas en inglés
ARCEP	Autoridad de Regulación de las Comunicaciones Electrónicas y Postales de Francia, por sus siglas en francés
ART	Teoría de Resonancia Adaptiva, por sus siglas en inglés
ATSC 3.0	Sistema Avanzado de Televisión por Cable 3.0, por sus siglas en inglés
CAC	Administración del Ciberespacio de China, por sus siglas en inglés
CBRS	Servicio Ciudadano de Radio de Banda Ancha, por sus siglas en inglés
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CO2	Dióxido de carbono
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia
CR	Radio cognitivo, por sus siglas en inglés
CSP	Proveedores de Servicios de Comunicaciones, por sus siglas en inglés
DL	Aprendizaje profundo, por sus siglas en inglés
DMCA	<i>Digital Millenium Copyright Act</i>
DSA	Acceso dinámico al espectro, por sus siglas en inglés
DSM	Gestión dinámica del espectro, por sus siglas en inglés
EE. UU	Estados Unidos
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones EE. UU, por sus siglas en inglés
FFNN	Redes neuronales del tipo <i>Feed Forward</i> , por sus siglas en inglés
GEI	Gases efecto invernadero
GenAI	IA generativa, por sus siglas en inglés

Término	Definición
GPT	Transformador generativo preentrenado, por sus siglas en inglés
GPU	Unidades de procesamiento gráficos, por sus siglas en inglés
HMM	Cadenas ocultas de Márkov, por sus siglas en inglés
IA	Inteligencia artificial
IFT o Instituto	Instituto Federal de Telecomunicaciones
IoT	Internet de las cosas, por sus siglas en inglés
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones, por sus siglas en inglés
KPI	Indicadores clave de rendimiento, por sus siglas en inglés
MAS	Autoridad Monetaria de Singapur, por sus siglas en inglés
MIMO	<i>Multiple-Input and Multiple-Output</i>
ML	Aprendizaje automático, por sus siglas en inglés
ML-FFNN	Redes neuronales del tipo <i>Feed Forward</i> multicapa, por sus siglas en inglés
MNO	Operadores de Red Móviles, por sus siglas en inglés
NIST	Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, por sus siglas en inglés
NITI Aayog	Institución Nacional para la Transformación de la India
NLP	Procesamiento de lenguaje natural, por sus siglas en inglés
NN	Red neuronal, por sus siglas en inglés
NN neuro Fuzzy	Redes neuronales neuro-difusos, por sus siglas en inglés
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PDCA	Planear, comprobar y actuar, por sus siglas en inglés
PNIA	Política Nacional de Inteligencia Artificial
PyME	Pequeña y mediana empresa
QoS	Calidad de servicio, por sus siglas en inglés
RAN	Redes de acceso radio, por sus siglas en inglés

Término	Definición
RL	Aprendizaje por refuerzo, por sus siglas en inglés
RNN	Redes neuronales recurrentes, por sus siglas en inglés
RV	Realidad virtual
SDAIA	Autoridad Saudí de Datos e Inteligencia Artificial, por sus siglas en inglés
SDN	Redes definidas por <i>software</i> , por sus siglas en inglés
SL-FFNN	Redes neuronales del tipo <i>Feed Forward</i> de una Sola Capa, por sus siglas en inglés
SMS	Servicio de Mensajes Cortos, por sus siglas en inglés
SOM	Mapas autoorganizados, por sus siglas en inglés
SON	Red autoorganizada, por sus siglas en inglés
SVM	Máquina de vector de soporte, por sus siglas en inglés
TANGO	<i>Telco Advanced Next-Generation OSS</i>
TI	Tecnología de la Información
TICs	Tecnologías de la información y la comunicación
TyR	Telecomunicaciones y Radiodifusión
UE	Unión Europea
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UP	Usuarios Primarios
URNN	Redes neuronales no supervisados recurrentes, por sus siglas en inglés
US	Usuarios secundarios
USD	Dólares estadounidenses
VC	Visión por computadora, por sus siglas en inglés
V-VAC	Captura de ángulos de vídeo virtuales, por sus siglas en inglés



# 1.Introducción

---

El objetivo del estudio es analizar el impacto de la inteligencia artificial (IA) en el sector de las telecomunicaciones y radiodifusión (TyR), así como en los mercados relacionados, desde una perspectiva de innovación tecnológica en el despliegue de infraestructura, gestión de tráfico y desarrollo de nuevas oportunidades que le permita a las empresas diversificar su oferta, y a los usuarios acceder a servicios de mejor calidad. Así mismo, se identificarán algunos de los principales desafíos regulatorios que este avance tecnológico implica para los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión y se integrará un comparativo de las agencias que en el contexto comienzan a surgir como reguladores de la IA, destacando su mandato institucional y los proyectos que han abordado.

Para esto se definen los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los casos de aplicación y uso de la IA en el sector de las TyR;
- Examinar el impacto en la calidad de servicio, así como los riesgos que surgen por el creciente uso de IA para el usuario final;
- Identificar proyectos y oportunidades específicas de aplicación de la IA en el sector de las TyR que puedan tener alto impacto en objetivos de materia pública;
- Llevar a cabo un análisis comparativo de las regulaciones y recomendaciones existentes para la IA, identificando su enfoque, atribuciones e instancias gubernamentales involucradas;
- Mecanismos de gestión espectral que hacen uso de IA para incrementar la eficiencia en su utilización, promoviendo esquemas de prevención de congestión de tráfico, monitoreo y uso indebido del mismo, y
- Analizar el impacto de la IA en relación con los objetivos de sustentabilidad definidos por la Organización de las Naciones Unidas, abordando la demanda en consumo eléctrico de esta tecnología y las contribuciones de la misma IA en el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles, en el impulso de la innovación de la industria y en el crecimiento económico de las naciones.

Analizar el impacto de la IA en relación con los objetivos de sustentabilidad definidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), abordando la demanda en consumo eléctrico de esta tecnología y las contribuciones de la misma IA en el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles, en el impulso de la innovación de la industria y en el crecimiento económico de las naciones.

La automatización y capacidad de los sistemas que operan haciendo uso de IA están tomando decisiones y determinando acciones que previamente eran responsabilidad de una persona. Los algoritmos en los que se basa un sistema de IA están tomando un papel de relevancia en muchos sectores, generando nuevos esquemas de negocio, de trabajo, de aprendizaje, etc. Este efecto transversal tiene como plataforma de desarrollo y operación las infraestructuras, equipos y

tecnologías relacionadas con las TICs. A continuación, se presentan algunos de los efectos, iniciativas de regulación, oportunidades y acciones que se están llevando a cabo en el sector de las TyR. En este punto es pertinente enfatizar la importancia y relevancia del respeto a la privacidad de la información, y hacer compatible este hecho con la necesidad y demanda de información de parte de los sistemas de IA. Un sistema de IA que no cuente con información necesaria (tanto en calidad como cantidad) puede presentar un rendimiento deficiente o ser completamente inoperante.

## 2. La inteligencia artificial y su impacto económico

---

El lanzamiento de esquemas de IA generativa como el ChatGPT de OpenAI<sup>2</sup> en noviembre de 2022 dio un nuevo impulso a los esfuerzos por regular la IA en muchos países, debido primordialmente al impacto transversal que potencialmente presenta la IA y la velocidad de su adopción.

Los sistemas de IA conocidos como ChatGPT lograron captar 100 millones de usuarios en solo dos meses<sup>3</sup>. Ese nuevo impulso de uso de la IA también trae consigo una mayor demanda de *hardware* y semiconductores especializados con las capacidades de procesamiento necesarias para satisfacer los requerimientos de las aplicaciones que hacen uso de IA (velocidad, almacenamiento, disponibilidad). Un elemento fundamental son las Unidades de Procesamiento Gráficos (GPU, por sus siglas en inglés), que representan el núcleo de los sistemas de procesamiento de los algoritmos de IA. El mercado de los GPUs incrementó su capitalización de mercado un 137 %, en el período comprendido entre el 30 de noviembre de 2022 y el 30 de mayo de 2023<sup>4</sup>. Además de las GPUs, en los próximos años, la evolución de la IA moldeará el mercado de los semiconductores. Los recientes avances en estas tecnologías han impulsado la innovación dentro del sector, lo que probablemente derive en nuevas aplicaciones de semiconductores en diversas industrias. El acelerado crecimiento de la demanda de semiconductores continuará con la adopción masiva de redes 5G, lo que ofrece al mercado de semiconductores una oportunidad para capitalizar nuevas áreas de negocio. En la Gráfica 1 se puede ver el comportamiento de los ingresos en el mercado de los chips utilizados para *deep learning* (DL), mientras que la Gráfica 2 muestra una proyección de crecimiento del mercado de chips (incluyendo para DL) de más del 300 % hacia el 2028 (Statista).

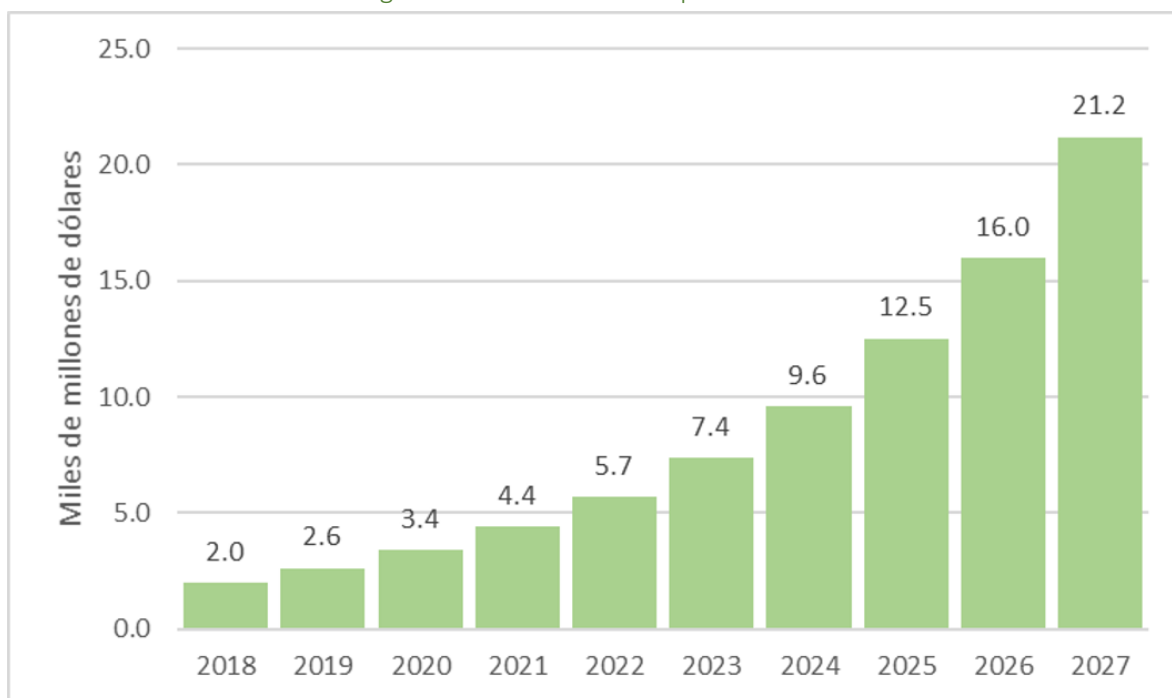
---

<sup>2</sup> El Chat GPT-4 es una tecnología de procesamiento del lenguaje natural que permite a las máquinas comunicarse con los humanos a través de un chat en línea, generando respuestas coherentes y contextualizadas en tiempo real en diversos idiomas

<sup>3</sup> Disponible en: [Ni Instagram, ni TikTok: ChatGPT ya es la plataforma que más rápido ha crecido en toda la historia de internet](#)

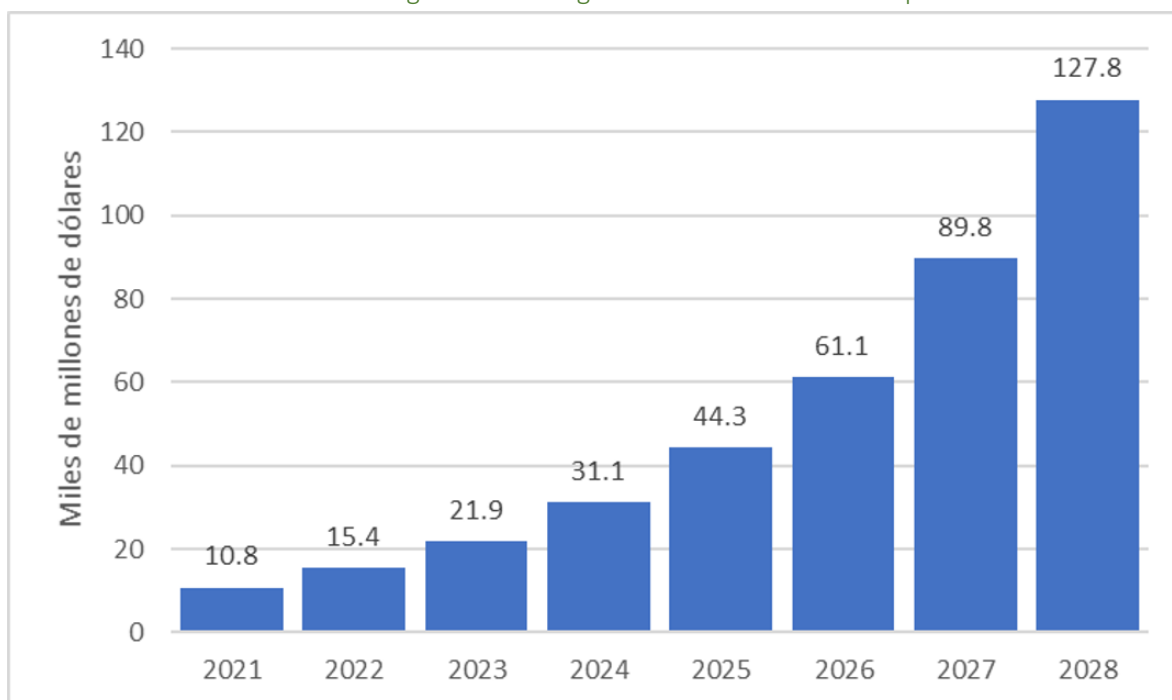
<sup>4</sup> Disponible en: [The Big Picture Industry Outlook 2024: Generative AI | S&P Global Market Intelligence \(spglobal.com\)](#)

Gráfica 1. Ingresos en el sector de Chips de DL a nivel mundial



Fuente: elaboración propia con datos de Statista (2024).

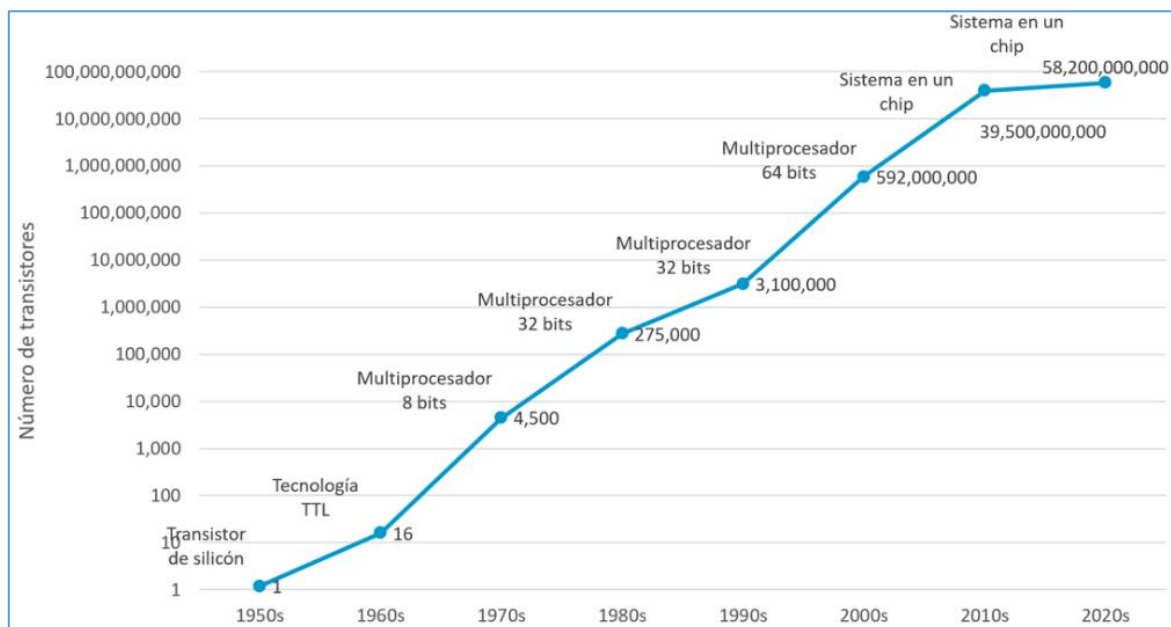
Gráfica 2. Ingresos totales globales del mercado de chips



Fuente: elaboración propia con datos de Statista (2024).

De manera particular, los avances en las tecnologías usadas en la fabricación de chips y procesadores han permitido incrementar de manera importante la escala de integración de los procesadores, pasando de chips que podían contener un promedio de 16 transistores por unidad en los años 60 a cerca de 600 millones de transistores por unidad en la primera década del 2000. Gráfica 3.

Gráfica 3. Evolución de la escala de integración en la fabricación de semiconductores, 1950-2020



Fuente: elaboración propia con datos de S&P Global Market Intelligence (2023).

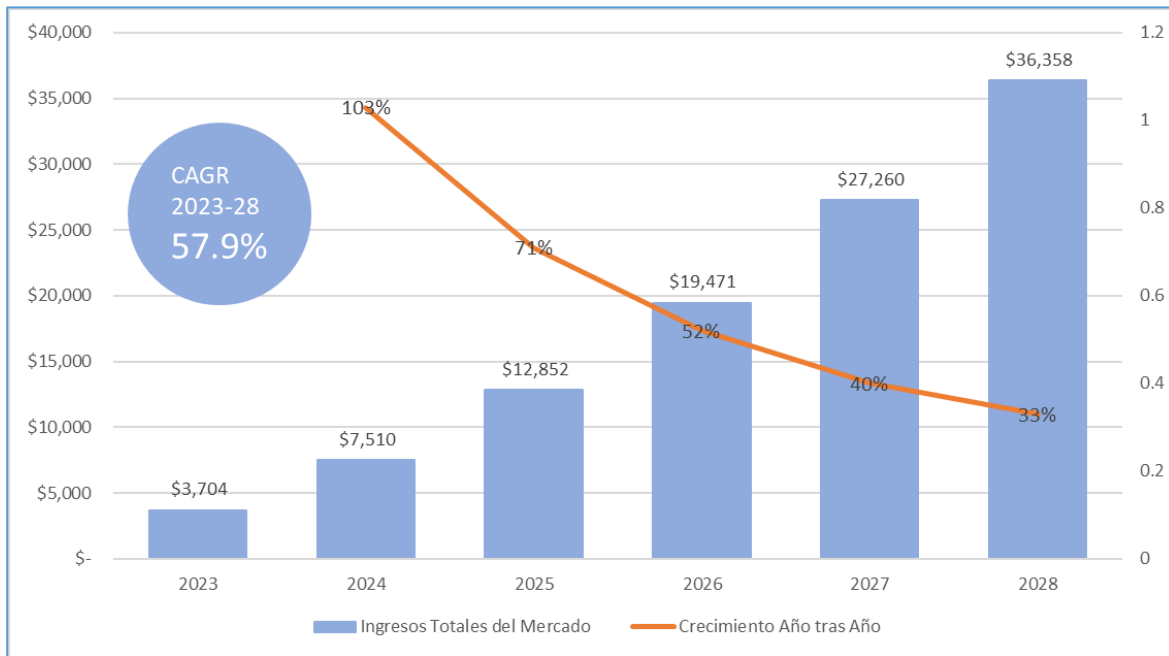
Esta mayor escala de integración permite que los sistemas electrónicos estén en condiciones de ofrecer mayores velocidades y capacidades de procesamiento. Para el caso de los GPUs, una de sus principales ventajas respecto a las unidades de procesamiento previas es la capacidad de realizar procesamiento paralelo, lo que permite la realización de cálculos técnicos con una mayor velocidad y con una mayor eficiencia energética. El *Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence*<sup>5</sup> informó que el rendimiento del GPU aumentó 7,000 veces en el periodo comprendido entre 2003 y 2022.

De acuerdo con una previsión de mercado de la firma *S&P Global Intelligence*, el segmento de *software* del mercado de IA generativa tenía un valor de 3,700 millones de dólares en 2023 y se prevé que aumente a 36.36 miles de millones de dólares para el 2028, con una tasa de crecimiento anual compuesta de casi 58 %<sup>6</sup>, para el periodo de 2023 a 2028. Gráfica 4.

<sup>5</sup> Disponible en: <https://hai.stanford.edu/research/ai-index-report>

<sup>6</sup> Ídem

Gráfica 4. Valor de mercado de la IA



Fuente: elaboración propia con datos de S&P Global Market Intelligence (2023).

En las últimas décadas, las empresas tecnológicas con mayor presencia en el mercado están dedicando grandes recursos científicos e invirtiendo miles de millones para lograr avances en IA, teniendo también una enorme capitalización de mercado en 2023. Cuadro 1.

Cuadro 1. Empresas tecnológicas líderes. Capitalización y empleo 2023

Empresas	Dólar USD	Empleados
Apple	2,600 trillones	164,000
Microsoft	2,054 trillones	221,000
Alphabet	1,585 trillones	186,000
Amazon	1,468 trillones	1,608,000
Meta	514 billones	83,000

Fuente: elaboración propia con datos de S&P Global Market Intelligence (2023).

Entre las grandes empresas tecnológicas, Apple lidera el número de adquisiciones, con un récord de 29 adquisiciones de *startups* de IA desde 2010, seguida de Google con 15 adquisiciones. Microsoft y Facebook siguen de cerca con 13 y 12 adquisiciones, respectivamente. Las principales empresas de tecnología como Intel, Salesforce, Twitter (ahora X) e IBM también se encuentran entre los principales compradores. Además, otra empresa que ha cobrado relevancia es Tencent<sup>7</sup>, empresa

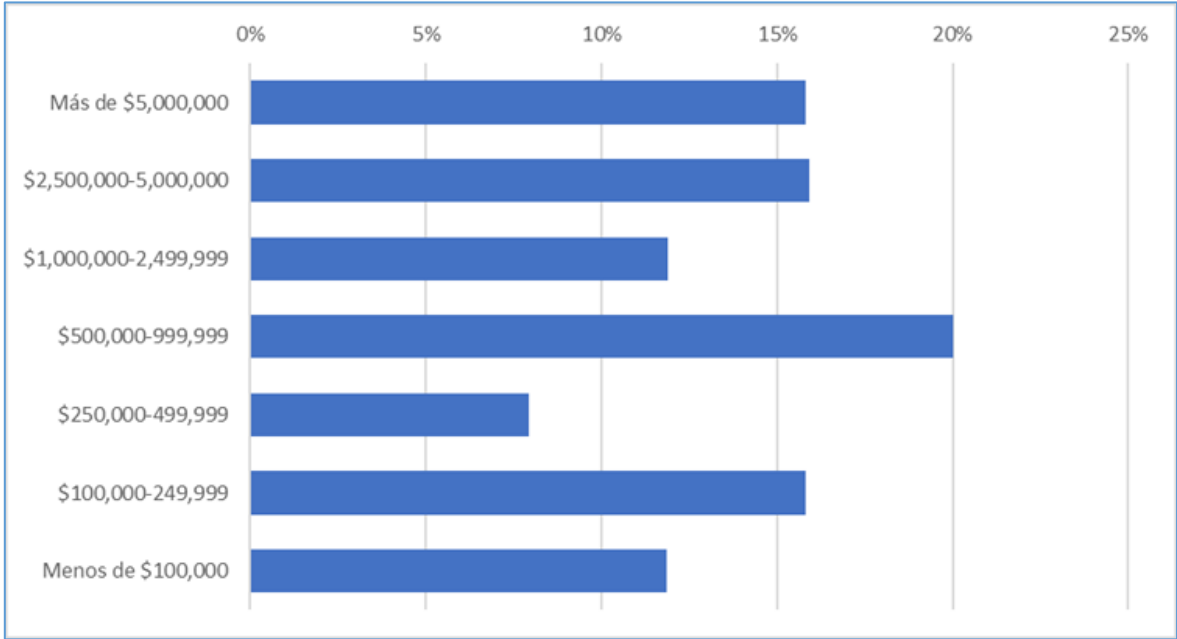
<sup>7</sup> Un informe de las Naciones Unidas reveló que China lidera la carrera global en patentes GenAI, con más de 38,000 patentes registradas entre 2014 y 2023. Esta cifra es seis veces mayor que el número de patentes presentadas por inventores de Estados Unidos, según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual de la ONU. Encabezando la lista, Tencent destaca como líder en el número de patentes de GenAI durante este periodo, superando a otras compañías chinas como Ping An Insurance, Baidu y la Academia China de Ciencias, así como a la empresa estadounidense IBM.

líder mundial en internet y tecnología que desarrolla productos y servicios innovadores. Fundada en 1998 con sede en Shenzhen, China, los servicios sociales y de comunicación de Tencent conectan a más de mil millones de personas en todo el mundo. También ofrece una gama de servicios como computación en la nube, publicidad, *FinTech* y otros servicios empresariales. En marzo de 2023, Tencent presentó una capitalización de mercado de 471,660 mil millones de dólares.

Las empresas tecnológicas que cuentan con una gran capacidad de cómputo y análisis están invirtiendo cada vez más en investigación y desarrollo de IA. Una de sus principales ventajas es el acceso a grandes cantidades de datos, lo cual es crucial para entrenar modelos de IA y la capacidad de escalar y comercializar sus productos y servicios de IA. Con avances significativos en el ML, el procesamiento del lenguaje natural y la visión por computadora, la IA se ha convertido en una tecnología clave en la quinta revolución industrial. Estos avances han llevado al desarrollo de sistemas de IA que pueden realizar tareas que antes se pensaba eran dominio exclusivo de los humanos, como el reconocimiento de imágenes y voz, la traducción de idiomas y la toma de decisiones.

En una encuesta realizada por OMDIA (OMDIA, 2024), se reporta que de 25 grandes empresas Proveedoras de Servicios de Comunicaciones (CSP, por sus siglas en inglés), el 20 % están dedicando entre 500 y mil millones de dólares al desarrollo de casos de uso de GenAI. En la misma encuesta se reporta que alrededor del 16 % de estas empresas están invirtiendo cantidades por arriba de 5 mil millones de dólares. Gráfica 5.

Gráfica 5. Inversión en casos de uso de GenAI por parte de CSP



Fuente: figura tomada y traducida de OMDIA (2024).

## 3. La inteligencia artificial como disruptor tecnológico

---

### 3.1. Principios

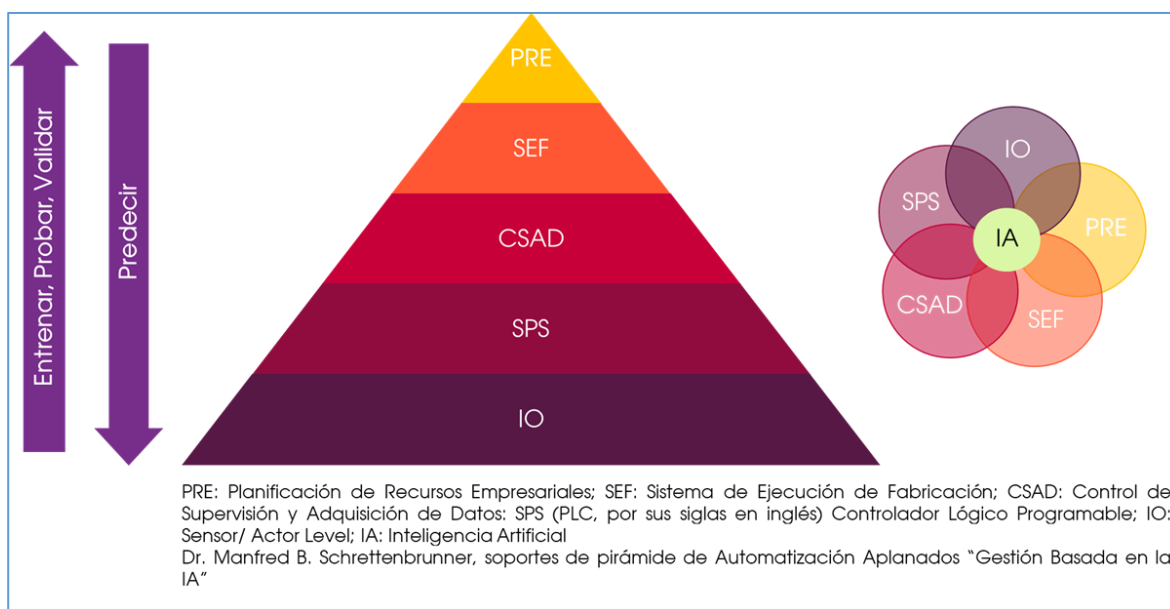
Actualmente, las estructuras tradicionales de operación y gestión de las empresas están enfrentando una evolución a través de la incorporación de herramientas de IA en la gestión global de prácticamente todos los sectores, en lo que se ha definido como gestión basada en IA (*AI-driven management*). El uso de tecnologías de automatización permite la fusión de áreas de operación de las empresas, virtualización de productos (como equipos de cómputo y unidades de almacenamiento) y procesos en servicios, desarrollo de esquemas dinámicos de monitoreo y toma de decisiones. El impacto de la gestión basada en IA al interior de las empresas se puede analizar haciendo uso de la pirámide de automatización. Gráfica 6.

La pirámide de innovación mostrada es aplicable prácticamente para todas las industrias, donde algunos de los bloques pudieran eliminarse o modificarse en función del sector que se analice. En un esquema tradicional el flujo de la información para validar o monitorear el proceso es de abajo hacia arriba; esta información normalmente es generada a través de reportes o informes periódicos que se van enriqueciendo a medida que suben por cada uno de los niveles de la pirámide, para que finalmente las personas encargadas de la toma de decisiones analicen la información recibida, y proponga los planes o acciones encaminadas a mejorar los resultados obtenidos; el flujo de las acciones a tomar será ahora de arriba hacia abajo, y el ciclo se volverá a repetir (lado derecho de la Gráfica 3).

Por otro lado, la gestión impulsada por la IA adquiere y utiliza datos de manera directa, proporcionando predicciones en todas las etapas del proceso, solo que ahora ya no organizadas de manera secuencial. Por medio de herramientas de *software* es posible diseñar arquitecturas orientadas a servicio, por medio de protocolos especializados para cada servicio. Estos protocolos ayudan a integrar una arquitectura abierta y reconfigurable de acuerdo con las situaciones presentes, con los resultados obtenidos y en función de la información colectada por un sensor o un sistema automático de señalización. En la operación de un sistema de gestión basada en IA la jerarquización y flujo de información ya no se lleva a cabo de la manera tradicional (lado izquierdo de la Gráfica 6). En los esquemas jerarquizados tradicionales, los planes y acciones prospectivas se basan en datos y estimaciones fijas, lo que puede generar errores sustanciales en las estimaciones realizadas.



Gráfica 6. Pirámide de la innovación



Fuente: figura tomada y traducida de (Schrettenbrunner, M. 2020).

El impacto de la IA en la organización y sus procesos están relacionados directamente con el ciclo: planear, hacer, comprobar y actuar (PDCA, por sus siglas en inglés), donde los procesos de toma de decisiones son sustituidos por sistemas de predicción basados en IA, donde el sistema de IA es alimentado con la información generada en cada una de las etapas que integran el proceso de gestión, de manera automática. Con esta información se ejecutan herramientas de análisis que pueden incluir modelos predictivos para cada una de las etapas.

La IA está integrada por un sistema de programas de *software* y *hardware* capaz de realizar tareas que típicamente requerirían de inteligencia humana para su realización. La IA puede entenderse como un intento de representación y cuantificación del proceso de pensamiento humano; intenta explicar y emular el comportamiento humano y el entendimiento de lo que lo hace inteligente (Lee & Qiufan, 2024). Tecnologías como el DL son tecnologías que fueron desarrolladas muchos años atrás, pero la capacidad computacional alcanzada en estos últimos años ha permitido que demuestre su eficacia. Las capacidades de procesamiento y almacenamiento de información han sido clave para que tecnologías como la IA y el *machine learning* (ML) estén desarrollándose cada vez más.

Inspirado en las redes de neuronas que componen el cerebro humano, la tecnología DL construye capas de *software* de redes neuronales artificiales, con capas de entrada y salida. Una red de este tipo puede ser *entrenada*, para que *aprenda* que a determinada entrada le corresponderá una única salida. Si la salida que el sistema proporciona no corresponde a la salida deseada, el sistema registrará esta información para que esta decisión no la vuelva a tomar, y lo volverá a intentar. Si se desea que el sistema identifique a un objeto determinado (por ejemplo, un árbol), se le colocarán en la entrada muchas imágenes de árboles (este es su entrenamiento); mientras mayor sea el número de imágenes que tenga como referencia de lo que un árbol representa, menor será el margen de error en su

respuesta. Matemáticamente, lo que la red ejecuta es un proceso de maximización de una función, buscando todas las combinaciones posibles que le permitan lograr este objetivo. Este entrenamiento es un proceso matemático que ajusta millones de parámetros en un proceso de DL. Cuando se le solicita al sistema que identifique si una imagen representa un árbol o no, el sistema hará uso de los ajustes y parámetros de las imágenes con las que ha sido entrenado, para de este modo maximizar las probabilidades de éxito en su proceso de identificación. Si la respuesta no fuera del todo satisfactoria, la respuesta emitida será un insumo más para el entrenamiento del sistema, de modo que el sistema realice los ajustes necesarios para mejorar su respuesta previa. Este es el proceso de mejora continua que es referido como entrenamiento. El uso del DL ha impulsado las capacidades de la IA a prácticamente todos los sectores y áreas de conocimiento.

DL puede definirse como una tecnología que puede ser aplicada para infinidad de funciones, como tareas de reconocimiento, predicción, clasificación, toma de decisiones, síntesis, etc. Sin embargo, el DL requiere muchos más datos e información que el cerebro humano en su proceso de aprendizaje, sin embargo, una vez que haya sido entrenado con una cantidad suficiente de datos (*big data*), un sistema con IA puede superar al humano en la realización de ciertas tareas, especialmente en aquellas que estén relacionadas con procesos de maximización. Mientras que el cerebro de una persona está limitado en el número de objetos a los que puede prestar atención al mismo tiempo un algoritmo de DL entrenado con una gran cantidad de datos estará en condiciones de descubrir correlaciones entre características de los datos, que pudieran no ser tan evidentes para una persona.

Sin embargo, mientras que las personas muestran una capacidad inferior que la IA para analizar enormes cantidades de datos al mismo tiempo, el cerebro humano presenta una habilidad única para llevar a cabo análisis y toma de decisiones basado en la experiencia, conceptos abstractos y sentido común. Además de necesitar de una gran cantidad de datos para llevar un entrenamiento adecuado, el DL debe estar enfocado a un sector o dominio específico y una función concreta a optimizar. Si una de estas condiciones no se cumple al 100 %, la precisión del proceso DL decrece.

Las diferencias de operación entre un cerebro humano y un proceso de IA que hace uso de DL se pueden resumir en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación entre la operación del cerebro humano y la IA

Característica	Cerebro humano	IA ( <i>deep learning</i> )
Cantidad de datos para el proceso de aprendizaje	Pocos datos	Enorme cantidad de datos
Optimización cuantitativa y procesos de identificación	Complejo	Menor complejidad
Personalización de acuerdo con situaciones particulares	Complejo	Menor complejidad
Manejo de conceptos abstractos, razonamiento	Menor complejidad	Complejo

Característica	Cerebro humano	IA ( <i>deep learning</i> )
analítico, inferencias, sentido común y conocimiento		
Creatividad	Menor complejidad	Complejo
Fuente: elaboración propia con datos de (Lee & Qiufan, 2024).		

En términos generales se puede mencionar que la precisión y confiabilidad de un proceso de DL dependerá en gran medida de la calidad y cantidad de datos que se utilicen para su entrenamiento; esto es lo que normalmente se conoce como el proceso de aprendizaje; así mismo, el dominio del campo de aplicación debe ser lo más específico posible, lo que representa un riesgo de relevancia al momento de intentar generalizar la solución o respuesta obtenida en un dominio particular como una posible respuesta en cualquier tipo de escenario. En la actualidad, muchas de las aplicaciones de DL se están enfocando en aplicaciones financieras (empresas Fintech) y en la oferta y venta personalizada en línea de parte de grandes plataformas como Amazon y Facebook.

Por otro lado, un escenario donde el proceso para la integración de la respuesta necesite hacer uso de cualidades como emociones, sentido común o conceptos abstractos se presenta por ahora fuera de la lógica de análisis del DL.

La IA está teniendo un impacto transversal en prácticamente todos los sectores productivos y de servicios de la sociedad. Se está impulsando el desarrollo de nuevos modelos de negocio, el lanzamiento de nuevos productos, generando importantes avances en materia de sustentabilidad, y promoviendo mecanismos y herramientas innovadoras para el despliegue y aprovechamiento de las redes de telecomunicaciones y radiodifusión, entre otros.

La visión por computadora (*Computer Vision*, VC) es una rama de la IA que se enfoca en el reto de enseñar a las computadoras a *ver*. La visión de una computadora no se refiere únicamente al acto de adquirir una imagen o un video, si no de la interpretación de lo que se ve. La VC incluye las siguientes capacidades a desarrollar:

- Procesamiento y captura de imagen (por medio de cámaras 3D y sensores);
- Detección de objetos y segmentación de imagen;
- Reconocimiento de objetos;
- Seguimiento de imágenes;
- Reconocimiento de gesticulaciones y movimientos;
- Comprensión de una escena.

### 3.2. Aplicaciones de la inteligencia artificial

Existe una gran cantidad de aplicaciones donde las capacidades anteriormente citadas pueden ser utilizadas, como es el caso de asistentes de manejo, proceso de ventas autónomas en tiendas, seguridad en aeropuertos, reconocimiento de gesticulaciones faciales, reconocimiento facial, cámaras inteligentes, aplicaciones militares y navegación autónoma.

En el caso de los procesos de edición y producción de contenido multimedia (para TV y radio, por ejemplo), la VC puede ser de utilidad en los siguientes procesos:

- Edición inteligente de fotos y videos;
- Análisis de imágenes médicas;
- Moderación de contenido;
- Selección de la publicidad adecuada de acuerdo con el usuario;
- Búsqueda inteligente de imágenes; y
- Fabricación de contenido falso (*Deep fakes*).

La disponibilidad de sistemas y aplicaciones de IA ha ido en aumento en los últimos años. A manera de ejemplo, el ChatGPT logró captar 100 millones de usuarios en dos meses, mientras que a TikTok le llevó nueve meses lograrlo; a Instagram dos años y seis meses; a Pinterest tres años cinco meses; a Spotify cuatro años siete meses y a Uber, cinco años 10 meses.<sup>8</sup>

A pesar de la velocidad de este desarrollo, la difusión práctica y de las tecnologías de IA aún se encuentran en etapas relativamente tempranas en muchos países y empresas, y sus implicaciones aún no son claras. Lo anterior, a pesar de que muchos usuarios emplean ya la IA sin saberlo.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)<sup>9</sup>, la IA se define como *“Sistema basado en máquinas que, con objetivos explícitos o implícitos, infiere, a partir de la información que recibe, la manera de generar resultados tales como predicciones, contenidos, recomendaciones o decisiones que pueden influir en entornos físicos o virtuales. Los distintos sistemas de IA varían en sus niveles de autonomía y capacidad de adaptación tras la implantación”*. En suma, la IA promueve el desarrollo de sistemas con capacidad de cómputo, que permite que su operación sea más eficiente gracias a la disponibilidad de información en tiempo real y la capacidad de aprendizaje de los sistemas mismos. Para la IA, los datos son la materia prima que permiten su desarrollo, y es a partir del análisis y procesamiento de estos datos que es viable la realización de modelos automáticos de aprendizaje y predicción. Estas capacidades aumentan de manera directa con la capacidad de procesamiento de los sistemas electrónicos que permanentemente están en

---

<sup>8</sup> Disponible en: [Ni Instagram, ni TikTok: ChatGPT ya es la plataforma que más rápido ha crecido en toda la historia de internet](#)

<sup>9</sup> Disponible en: [Updates to the OECD's definition of an AI system explained - OECD.AI](#)

proceso de mejora de sus prestaciones, principalmente en capacidad y velocidad de procesamiento, así como en el consumo de energía (Ver nota en Cuadro 1).

La IA está impactando el despliegue de la infraestructura y las redes de telecomunicaciones. Provee mecanismos más eficientes en la gestión de la red, prediciendo y optimizando el tráfico y las necesidades de mantenimiento de las infraestructuras. Así mismo, el desarrollo de algoritmos predictivos permitirá la implementación de mecanismos de ciberseguridad automáticos aplicables a las redes, que posibilitarán la integración de redes de telecomunicaciones más seguras para los usuarios finales. La IA permitirá identificar patrones de tráfico cualificado<sup>10</sup>, posibilitando el desarrollo de mecanismos que permitan ofrecer una mayor capacidad de servicio a los clientes, así como el desarrollo de nuevos modelos de negocio, generando una mayor oferta de productos y servicios. Haciendo uso de la IA, las empresas de telecomunicaciones y radiodifusión pueden acceder a información acerca de las ventas, así como el riesgo y la capacidad de pago de sus clientes, entre otros datos, permitiendo una oferta personalizada de servicios y productos.

Otro impacto de la IA en los sectores regulados por el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) se refiere a la creación de contenidos con la consecuente adecuación de las cadenas productivas de los procesos de edición y producción de contenido multimedia, así como de su transmisión.

A la par de estas oportunidades para el sector, se identifican retos y desafíos regulatorios que deberán abordarse y adecuarse a los nuevos requerimientos. En el mundo van surgiendo marcos de regulación para garantizar la observación de los principios éticos emitidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la OCDE y otros organismos, cuyo objetivo general es mantener un enfoque de la IA centrado en el bienestar humano, así como para atender riesgos derivados de la aplicación de la IA. Lo anterior, en todos los sectores en que se desarrolla la IA, incluyendo las TyR. En diversos países van surgiendo instancias del Estado con el objeto de regular y desarrollar políticas en materia de la IA<sup>11</sup>, como recientemente ha sucedido en la Unión Europea.

Desde el punto de la sustentabilidad, la IA puede facilitar el cumplimiento del 79 % de los 11 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)<sup>12</sup> definidos por la ONU<sup>13</sup>. La IA puede convertirse en una herramienta fundamental para facilitar una economía circular (relacionado con el ODS No.9) y construir ciudades inteligentes que utilicen de manera eficiente sus recursos (ODS No.11). Así mismo, es importante señalar que la penetración en el uso de IA, junto con las tecnologías asociadas e infraestructura

---

<sup>10</sup> El tráfico cualificado son los visitantes más cercanos para un proveedor, producto, o estrategia. Son las visitas que tienen el mayor porcentaje de conversión desde el punto de vista comercial. [¿Qué es el tráfico cualificado, y cómo podemos obtenerlo? \(letsmarketing.com\)](https://letsmarketing.com/que-es-el-trafico-cualificado-y-como-podemos-obtenerlo/)

<sup>11</sup> Disponible en: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/regulatory-framework-ai>

<sup>12</sup> Disponible en: [https://www.sostenibilidad.com/development-sostenible/la-alianza-entre-inteligencia-artificial-y-desarrollo-sostenible/?\\_ad=02021864894](https://www.sostenibilidad.com/development-sostenible/la-alianza-entre-inteligencia-artificial-y-desarrollo-sostenible/?_ad=02021864894)

<sup>13</sup> Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

necesaria, traerá consigo también un mayor consumo energético y de recursos naturales como el agua y ciertos minerales. Varias de estas consideraciones se abordan en el Capítulo 7.

La IA también se constituye como una herramienta que permite implementar mecanismos de optimización en la gestión espectral<sup>14</sup> del recurso. Mediante la IA los operadores harán uso de las bases de datos de manera más eficiente, de modo que estén en condiciones de obtener información de las frecuencias y bandas disponibles para que puedan acceder al espectro necesario y atender la demanda de espectro de manera oportuna y eficiente. Esto está considerado dentro de las líneas de acción regulatoria publicadas en la Hoja de Estrategia IFT 2021-2025, específicamente en la LAR 1.3.1 que señala: “Promover la disponibilidad de espectro radioeléctrico para la provisión de diferentes servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones”.

Dos de las principales características que ofrece la IA es la autonomía y la adaptabilidad. En el primer caso hace referencia a la habilidad para realizar tareas y operaciones en ambientes complejos sin la intervención humana. La adaptabilidad consiste en la habilidad para implementar un esquema de mejora continua mediante la actualización dinámica de los parámetros de cálculo; esta mejora se basa en la capacidad de aprender de la experiencia (de los resultados obtenidos previamente), al momento de realizar las tareas u operaciones.

Uno de los avances más significativos y que está ocasionando una mayor disrupción es el desarrollo de algoritmos para el procesamiento del lenguaje natural (NLP, por sus siglas en inglés). El NLP es una rama de la IA, y su relevancia radica en el hecho de que aborda algoritmos para emular el habla y el lenguaje, que son elementos centrales de la inteligencia humana, de la comunicación y el proceso cognitivo, de modo que el entendimiento del lenguaje natural es visto como uno de los más grandes retos de la IA. El lenguaje natural se refiere al lenguaje utilizado por los humanos: hablar, escribir y llevar a cabo comunicación no verbal que posee un componente innato y que las personas siguen cultivando a través de la interacción social y la educación.

Para el caso de los sistemas NLP supervisados, su proceso de aprendizaje consiste en proveer la respuesta correcta para cada entrada, de modo que el sistema *aprenda* a relacionar determinada entrada con la respuesta correcta como salida. Para aspirar a tener el mayor número de respuestas *correctas*, los sistemas necesitan ser entrenados con una gran cantidad y diversidad de datos, y estos son suministrados por el programador o el diseñador del sistema; esto puede darle cierto nivel de subjetividad y establecer límites en los alcances que se obtienen mediante los NLP. Una versión mejorada de los sistemas NLP son los sistemas NLP auto supervisados, en los que ya no es necesaria la intervención humana. En este proceso, la entrada puede ser una secuencia de palabras y la salida

---

<sup>14</sup> Disponible en:

[https://www.anacom.pt/streaming/5\\_Heikki\\_Kokkinen.pdf?contentId=1467044&field=ATTACHED\\_FILE](https://www.anacom.pt/streaming/5_Heikki_Kokkinen.pdf?contentId=1467044&field=ATTACHED_FILE)

<sup>15</sup> Disponible en :<https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/transparencia/estrategia20202025.pdf>

será otra secuencia de palabras; el sistema lleva a cabo una predicción del conjunto de palabras que pudiera completar la secuencia de palabras de la entrada (de este modo funciona el sistema de *autocompletar* de algunos procesadores de texto o servidores de correo como Gmail). En 2017, investigadores de Google desarrollaron un nuevo sistema llamado *transformer*, que cuando es entrenado con grandes cantidades de texto, puede hacer uso de memoria selectiva y desarrollar mecanismos que pueden recordar algo que haya sido *importante y relevante* (bajo los criterios y definiciones de la propia herramienta) en el pasado, perfeccionando con esto la precisión de las respuestas. Si se cuenta con una cantidad suficiente de datos y la capacidad de procesamiento necesaria el sistema puede obtener la respuesta correcta en los tiempos requeridos.

Una evolución del sistema transformer es la tercera versión del transformador generativo preentrenado (Generative Pre-trained Transformer 3, GPT-3) que fue lanzado en el 2020 por OpenAI. GPT-3 fue entrenado con más de 45 TB de texto; esta cantidad de información es equivalente a 45 millones de libros electrónicos, considerando que un libro electrónico promedio contiene 1 MB de información. La cantidad de información que puede ser alimentada a estos sistemas se incrementa por un factor de 10 cada año. Después del proceso de entrenamiento con esta cantidad de información, GPT-3 es un modelo que maneja 175 billones de parámetros. De acuerdo con lo anterior, la precisión de la respuesta está en función de la cantidad de información y del tipo de información. Por lo tanto, GPT-3 presenta limitaciones para responder a cuestiones que requieren razonamiento, pensamiento abstracto, sentido común, y creatividad. Así mismo, al tener como insumo información y datos generados por humanos, esta información puede reflejar sentimientos como racismo, prejuicios o malicia. Los datos con los que estos sistemas son entrenados le transmiten así mismo el sentido de las respuestas que proporcionarán. GPT-3 está diseñado para dar respuesta prácticamente a cualquier planteamiento sobre cualquier tema. Sin embargo, el verdadero potencial de GPT-3 y las versiones subsecuentes es su uso y aplicaciones en áreas y dominios específicos. La incorporación de sistemas basados en transformadores generativos preentrenados en dominios específicos permite llevar la capacidad de análisis y procesamiento a prácticamente todos los sectores.

## 4. Telecomunicaciones

---

La generación y almacenamiento de datos provenientes de las redes de telecomunicaciones ha aumentado de manera considerable en los últimos años. A medida que las redes se han vuelto más sofisticadas, los tipos de datos recolectados han evolucionado de ser principalmente métricas de rendimiento simples a un conjunto mucho más amplio y detallado. Estos incluyen: calidad de servicio y experiencia del usuario, información sobre frecuencia, interferencia y comportamiento de tráfico en tiempo real, datos de dispositivos IoT como ubicación, estado de dispositivos, temperatura, presión, entre otros, así como datos de seguridad como intentos de acceso no autorizado, eventos anómalos o intrusiones. (GSMA, s.f.) Se proyecta que el tamaño del mercado de herramientas de gestión de metadatos crezca de 6.3 mil millones de dólares en 2021 a 15.1 mil millones de dólares en 2026, a una tasa de crecimiento anual compuesta del 19% durante el período de pronóstico. (Telecom Review, 2021).

Con el uso de la IA y el ML, esta información se ha convertido en el insumo ideal para mejorar la experiencia del cliente, impulsar la eficiencia en la operación de las redes, mejorando al mismo tiempo la accesibilidad y la seguridad de los sistemas. Haciendo uso de sistemas de IA se puede extraer información clave (metadatos), esencial para promover la automatización y el diseño de redes enfocadas tanto en el servicio como en los clientes. En el estudio denominado Servicios y Modelos de Negocio en el Ecosistema Digital, elaborado por la Unidad de Competencia Económica del IFT<sup>16</sup>, se establece que, de acuerdo con la OCDE, para el desarrollo de la IA es deseable que la infraestructura de redes de telecomunicaciones cuente con características que permitan la interoperabilidad, escalabilidad, rápido despliegue, robustez, consumo de energía eficiente, bajos niveles de latencia y que permitan grandes velocidades de transmisión.

Las empresas de telecomunicaciones poseen una ventaja única al gestionar la infraestructura de telecomunicaciones que es utilizada por sus clientes para una gran diversidad de servicios. De esta manera, los operadores tienen acceso a una gran cantidad de información relacionada con el perfil de los usuarios. La ventaja competitiva será para aquellos que puedan hacer uso de esta información y aprovechar al máximo su uso; los datos a los que un operador puede acceder incluyen datos no estructurados como redes sociales, datos de vídeo y sensores (Jony, 2015). El uso de la IA puede ser una herramienta fundamental para este propósito (R Van Dem, 2017).

La tecnología de IA se está convirtiendo en un foco de atención importante en el sector de las telecomunicaciones, con debates centrados en sus aplicaciones. Las empresas de telecomunicaciones están utilizando la IA, que engloba el DL, el ML y el NLP, para descubrir

---

<sup>16</sup> Disponible en: [serviciosymodelosdenegocioeneleosistemadigital.pdf](#)



información valiosa, mejorar la satisfacción del cliente, agilizar las operaciones y aumentar los ingresos. Empresas de telecomunicaciones deben plantearse si están utilizando esta tecnología de forma eficaz para satisfacer sus necesidades empresariales. Estas funciones y otras más se detallan más adelante.

En los últimos años, el sector de las telecomunicaciones ha experimentado cambios significativos y un cambio de orientación hacia la innovación, en el que la IA desempeña un papel central, crucial para seguir siendo competitivo y satisfacer las necesidades cambiantes de los operadores móviles y sus clientes.

Tradicionalmente, las empresas de telecomunicaciones basaban su negocio en la oferta de servicios de telefonía, Internet y redes móviles. Sin embargo, hoy en día, enfrentan el reto de ofrecer y gestionar una amplia gama de servicios, productos y soluciones, al tiempo que se dirigen a segmentos específicos de consumidores y prestan un servicio de atención al cliente de mayor calidad. En un mercado cada vez más competitivo, los operadores deben hacer frente al reto de satisfacer las expectativas de los clientes, ya que existen numerosos proveedores de servicios alternativos a disposición de los consumidores. Para hacer frente a estos retos, los operadores de telecomunicaciones están haciendo uso cada vez más de la IA, utilizándola para obtener información crítica sobre todos los aspectos del negocio de los operadores, desde las operaciones y actividades de gestión hasta el control de los parámetros de calidad de funcionamiento de la red, pasando por la atención al cliente, definición del perfil personal de cada usuario, su comportamiento de consumo, etc.

En el 2022, el tamaño del mercado mundial de la IA en las telecomunicaciones se valoró en 1,450 millones de USD y se prevé que se incremente a una tasa de crecimiento anual compuesto del 28.2 % de 2023 a 2030<sup>17</sup>. Esto es un indicio de que las empresas de telecomunicaciones ven un inmenso valor en el uso de esta tecnología.

De acuerdo con OMDIA, en 2023 se presentó un relanzamiento de aplicaciones y plataformas que ofrecían recursos y herramientas de IA generativa (GenAI), de modo que los CSP iniciaron investigaciones encaminadas a determinar el modo en que la IA pudiera contribuir a administrar sus negocios de manera más eficiente. Los *chatbots* de atención al cliente fueron una de las primeras aplicaciones. Posteriormente se enfocaron en su uso en el dominio de la red, atención al cliente y en funciones comerciales genéricas como marketing y recursos humanos.

En octubre de 2023, OMDIA encuestó a los CSP globales para comprender mejor lo que están haciendo actualmente y lo que planean hacer con GenAI en el futuro. Los resultados muestran una

---

<sup>17</sup> Disponible en: [The Impact of AI in Telecommunications - Adapt IT Telecoms](#)

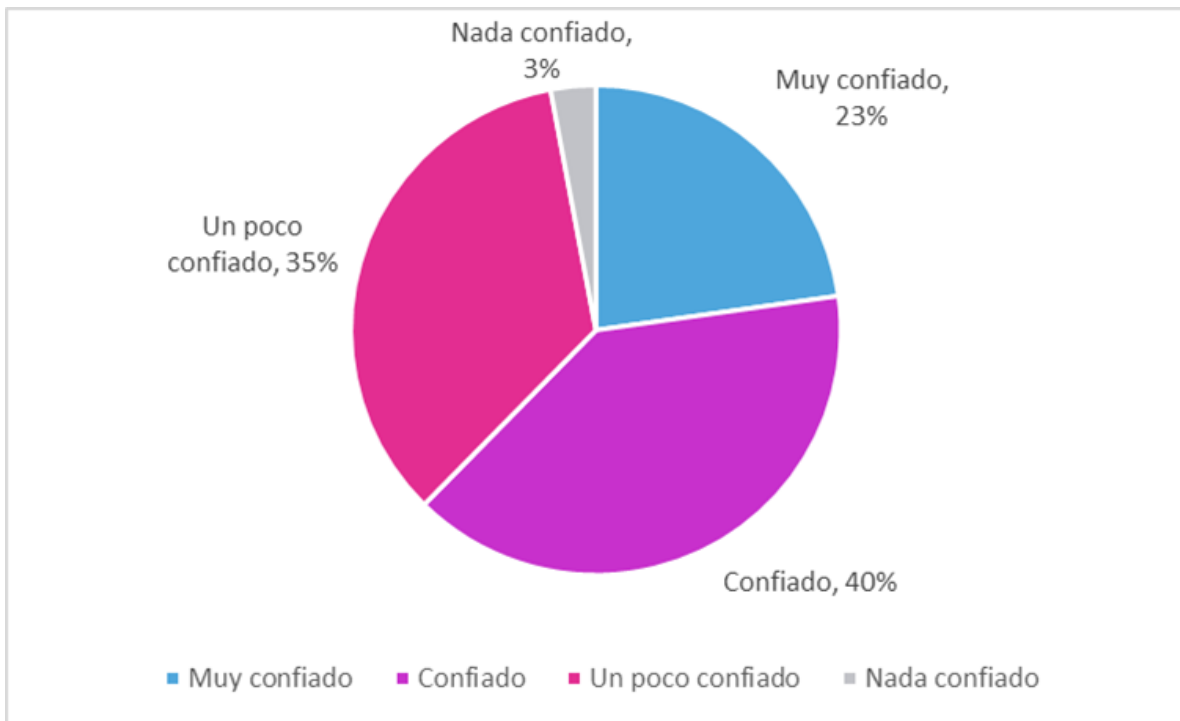
imagen de una industria que está apostando en esta tecnología, al dedicar recursos a casos de uso prometedores sin dejar de ser consciente de los riesgos.

Dentro de los principales hallazgos se enlistan los siguientes (OMDIA, 2024):

- La mayoría de los CSP confían en que GenAI afectará positivamente su negocio en los próximos dos años. Los riesgos que deben sopesarse con estos impactos positivos incluyen la privacidad de los datos, la responsabilidad y las cuestiones regulatorias y de cumplimiento.
- No obstante que los CSP expresaron confianza en el nivel de madurez de los datos, muchos todavía carecen de gobernanza de datos, indicadores clave de rendimiento (KPI) y un presupuesto dedicado para proyectos GenAI.
- Los casos de uso más frecuentes de GenAI en la actualidad incluyen *chatbots* y asistentes virtuales, automatización de centros de llamadas y detección de anomalías. Estos y otros casos de uso común influyen principalmente en la reducción de costos y en la eficiencia de los empleados.
- Debido a la falta de habilidades, los CSP utilizarán recursos externos, como un proveedor de *software* de IA o un proyecto de código abierto, para ayudar con su estrategia y ejecución de GenAI. Sin embargo, los equipos de datos e IA, y los departamentos de tecnología de la información (TI) de los CSP estarán muy involucrados, especialmente en la definición de casos de uso y la capacitación de grandes modelos de lenguaje.
- La brecha de habilidades antes mencionada es la principal barrera para la adopción de GenAI, y las preocupaciones por el riesgo y el retorno de la inversión poco claro también ocupan un lugar destacado. La estandarización y limpieza de datos son desafíos importantes en la gestión de la información.

El 40% de los CSP expresaron su confianza en que GenAI brindará resultados positivos para sus objetivos comerciales en los próximos dos años. Además, más de la mitad de los CSP que ya han implementado GenAI tienen mucha confianza, al igual que la mayoría de los que se consideran muy maduros en términos de datos. Gráfica 7.

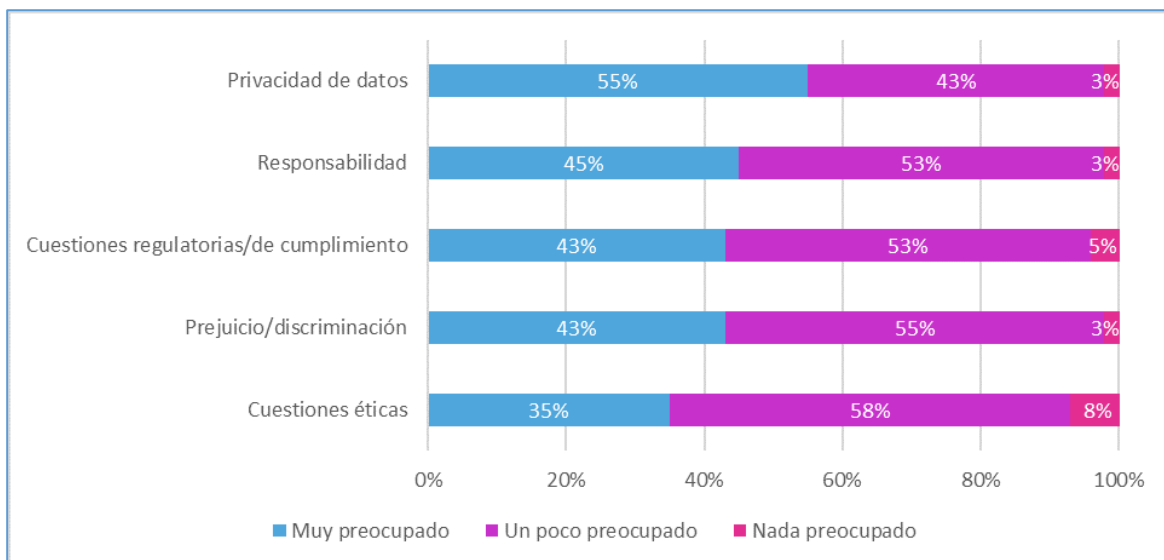
Gráfica 7. Nivel de confianza en GenAI de los CPS



Fuente: figura tomada y traducida de OMDIA (2024).

La privacidad y el cuidado de los datos personales de los usuarios representa la mayor preocupación de parte de los CSP al implementar algoritmos de GenAI, ya que el 55 % de los encuestados lo considera uno de los temas que más riesgos presenta. Gráfica 8.

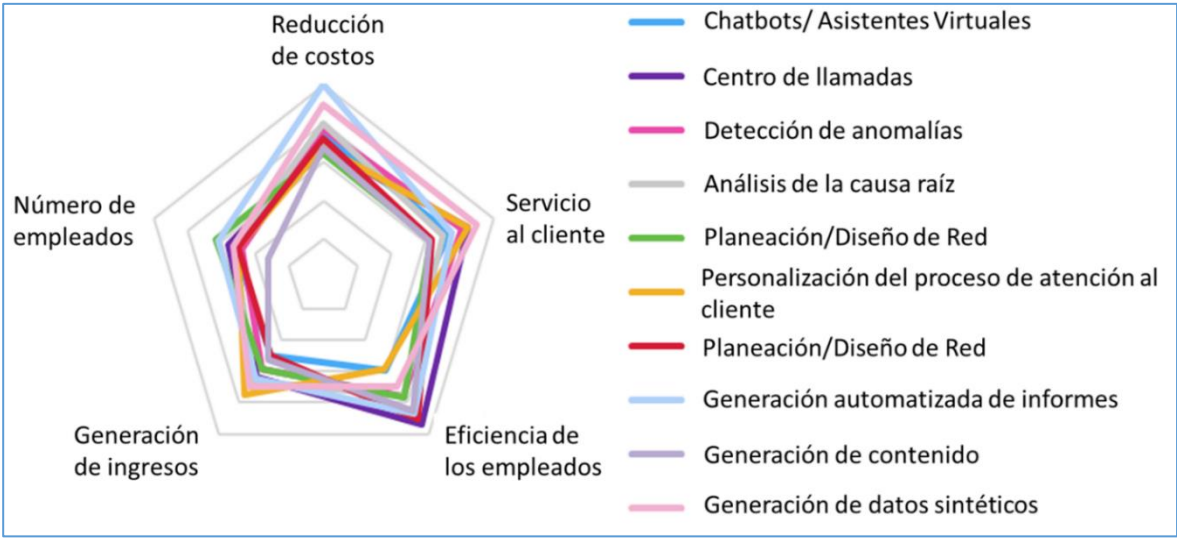
Gráfica 8. Riesgos en el uso de GenAI



Fuente: figura tomada y traducida de OMDIA (2024).

Los CSP han identificado sectores específicos en los que la GenAI puede tener un impacto a corto plazo en el logro de los objetivos planteados. El principal objetivo identificado por las CSP es la reducción de costos; sin embargo, también se han identificado otras áreas que potencialmente podrían desarrollarse a mediano plazo. De manera general se detectan 5 necesidades clave que las empresas buscan atender: reducción de costos, mejora en la experiencia del cliente, eficiencia de las operaciones realizadas, número de empleados y generación de ingresos. Estas 5 necesidades se correlacionan de manera directa con aplicaciones y usos específicos como asistentes virtuales, operación de *call centers*, detección de anomalías, entre otras. En la Gráfica 9 se muestra el listado completo de actividades y su impacto relativo en cada una de las 5 necesidades prioritarias identificadas por los CSP.

Gráfica 9. Impacto relativo de aplicaciones de GenAI en las necesidades de los CSP



Fuente: figura tomada y traducida de OMDIA (2024).

El valor de la IA reside principalmente en la capacidad para ofrecer soluciones a los retos dentro del sector de las telecomunicaciones. Dentro de estos, se pueden identificar los siguientes:

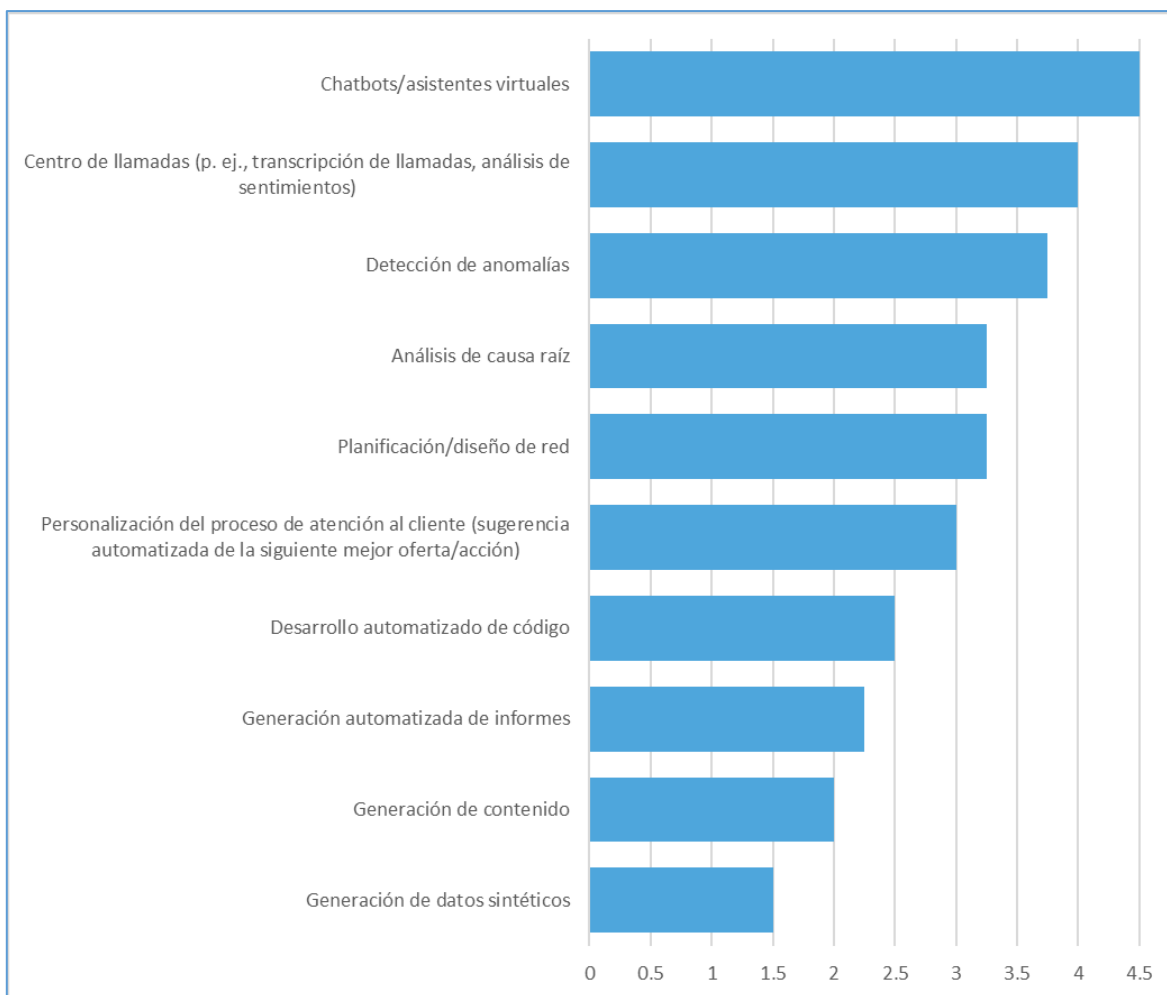
#### 4.1. Reducción de gastos operativos

La Automatización Inteligente de Procesos incorpora diversas tecnologías como la IA, la visión por ordenador, la automatización cognitiva y el ML para permitir la automatización de procesos como la facturación, la gestión de pedidos y el procesamiento de datos, lo que beneficia a los operadores proporcionando una mejora en la eficiencia operativa, optimizando la gestión de costos, minimizar el consumo de recursos y mitigar el riesgo de algún error humano, lo que en última instancia se traduce en una reducción de los gastos operativos. En países como Alemania, la IA está transformando la gestión empresarial y tecnológica (OMDIA, 2024). A continuación, se presenta un resumen de los puntos clave:

- **Cambio de Paradigma:** la IA se integra en diversas funciones y actividades empresariales, evolucionando los modelos de negocio, los procesos y la gestión global. Un ejemplo de este nuevo paradigma se observa en Alemania.
- **IA en la Gestión:** la gestión impulsada por IA puede proporcionar una ventaja competitiva inmediata y disruptiva, sustituyendo la experiencia funcional fija en dominios específicos. La automatización implica ahorros y un mejor rendimiento.
- **Capacidad de Pronóstico y Cambio:** la capacidad de pronosticar y la disposición para cambiar son esenciales para planificar y ejecutar cambios, con la IA ayudando a extraer conocimiento organizacional.
- **Estructuras Tradicionales y Barreras:** las estructuras organizacionales y de procesos tradicionales pueden ser barreras para la innovación, y la gestión impulsada por IA debe superarlas para evitar convertirse en obsoletas.
- **Pirámide de Automatización:** la IA adquiere y utiliza datos en todos los niveles de la pirámide de automatización, mejorando la precisión y velocidad de los procesos de decisión.
- **Ciclo PDCA:** la gestión impulsada por IA reemplaza a los expertos funcionales tradicionales en el ciclo PDCA automatizando y virtualizando los procesos de toma de decisiones.
- **Modelos de Gestión Moderna:** los sistemas de gestión modernos deben incluir procesos ágiles y autoadaptables, que son cruciales para la gestión impulsada por IA.
- **Compromiso Voluntario:** la adopción de la gestión impulsada por IA debe ser un compromiso voluntario y medible en todos los niveles gerenciales y de la empresa.
- **Ventaja Competitiva y Financiera:** la gestión impulsada por IA puede proporcionar ventajas competitivas y financieras significativas.
- **Pequeñas y Medianas Empresas:** las empresas más pequeñas pueden utilizar proveedores externos de servicios de IA y capacitar a su personal en las interfaces, necesitando gerentes competentes en reestructuración y reingeniería.
- **Reingeniería Disruptiva:** la gestión impulsada por IA requiere una reingeniería disruptiva para explorar nuevos potenciales de crecimiento y tomar medidas efectivas.

De acuerdo con las aplicaciones que ya han estado implementando, los CSP están enfocados inicialmente en la reducción de costos más que en la generación de ingresos. Esto puede interpretarse que los algoritmos de GenAI están siendo usados en automatizar y/o hacer más eficientes procesos y operaciones que ya se están ejecutando actualmente los CSP para la provisión de sus servicios. Para la generación de ingresos, será necesario que la GenAI impulse el desarrollo de nuevos productos o servicios que los CSP puedan ofrecer. Gráfica 10.

Gráfica 10. Aplicaciones de GenAI

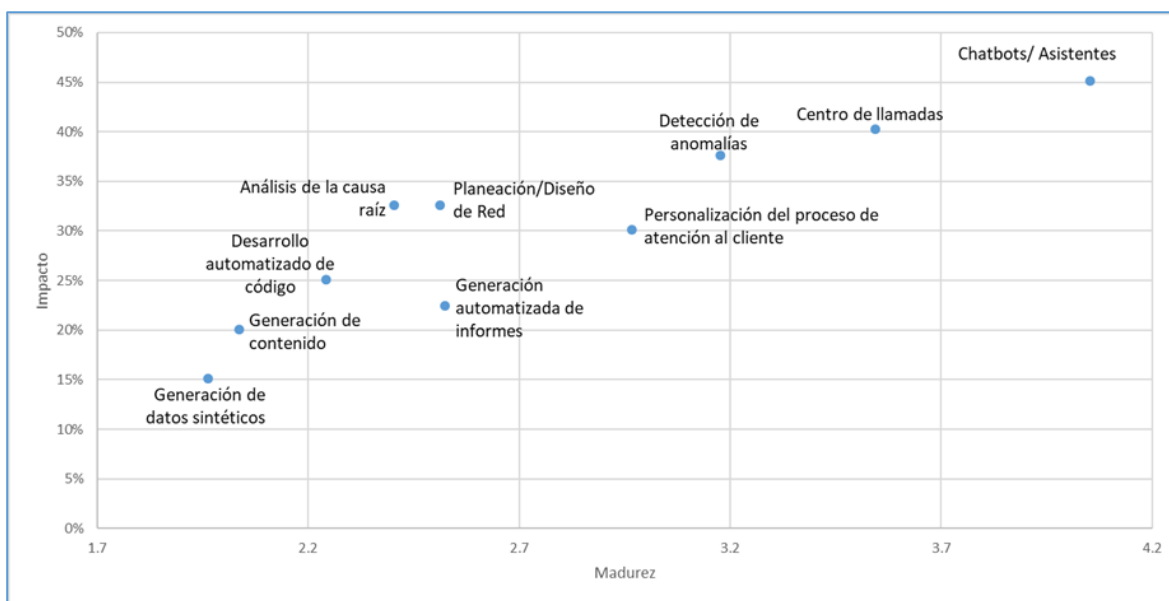


Fuente: figura tomada y traducida de OMDIA (2024).

Los *call centers* representan una cantidad significativa de gastos operativos para muchos CSP, lo que de alguna manera explica el interés para su automatización. Se espera que casos de uso como el análisis de la calidad del servicio contribuyan significativamente a mejorar la experiencia del cliente. En última instancia, la detección de anomalías podría ayudar a los CSP a abordar los problemas de la red antes de que afecten al servicio y también podría ayudar a mejorar la experiencia del cliente.

La Gráfica 11 muestra una comparación de la madurez de algunos casos de uso, respecto al impacto que es percibido. Esto sugiere que los CSP se están centrando en los casos de uso correctos; se estima que es necesario reforzar la identificación de KPI para medir el impacto. Los CSP más maduros clasificaron el análisis de causa raíz en el puesto más alto y los *chatbots*/asistentes virtuales entre los más bajos. Esto podría reflejar que el uso de *chatbots* ha madurado hasta el punto de que ya se han logrado importantes avances.

Gráfica 11. Madurez vs impacto de algunas aplicaciones de GenAI por parte de los CSP



Fuente: figura tomada y traducida de OMDIA (2024).

## 4.2. Gestionar e interpretar la información (*big data*)

Los datos son uno de los activos importantes de las empresas de telecomunicaciones; su calidad, valor y utilidad depende de la información resultante del análisis que se realice de estos. La enorme cantidad de datos colectados, de una amplia variedad y proveniente de diversas fuentes presenta desafíos importantes al momento de gestionarlos, interpretarlos y extraer la información relevante y significativa; adicionalmente, puede ser una tarea que puede consumir muchas horas de trabajo. La IA simplifica el análisis exhaustivo de datos automatizando este proceso de gestión, incluida la preparación de datos, la visualización, el modelado predictivo y otras tareas analíticas complejas que proporcionan la información necesaria para una toma de decisiones eficaz.

La IA en el sector de las telecomunicaciones está estableciendo un nuevo estándar de calidad, especialmente en lo que se refiere a la infraestructura de red, tráfico y gestión de recursos. Lo anterior, especialmente en lo que se refiere a la infraestructura de red, tráfico y gestión de recursos: inclusive, en la cotidianidad de los usuarios de los servicios de telecomunicaciones en actividades de reconocimiento dactilar; uso de la banca móvil; utilización de aplicaciones; la categorización del correo electrónico; uso de asistentes personales por comando de voz, como Alexa y Siri; entre otras. Hay que tener en cuenta que la IA es tan buena como los datos sobre los que se construye, lo que significa que hay que asegurarse de que los datos que estén debidamente validados y sean de integridad comprobada (un recurso para esto es el uso de técnica de *big data*). Datos imprecisos, incompletos o desestructurados pueden llevar a análisis que arroje resultados poco confiables. El desarrollo de bases de datos funcionales y accesibles cobra relevancia (*big data*).

La IA brinda la oportunidad a los operadores y reguladores del sector de telecomunicaciones de fortalecer sus estrategias haciendo uso de un enfoque que le permita tomar decisiones estratégicas basadas en análisis de datos e interpretación de los resultados de los análisis llevados a cabo sobre esos mismos datos, lo que se conoce como una estrategia *data-driven*.

### 4.3. Atención de los usuarios

Cuando los usuarios se ponen en contacto con la empresa con el objeto de solicitar información y/o resolver alguna eventualidad, estos esperan que la información sea accesible y clara, que les permita acceder a soluciones y respuestas a sus consultas de una forma eficiente. La IA se está utilizando para automatizar los procesos relacionados con la mensajería de atención al cliente y brindar soporte para encontrar la información de una manera ágil a través de una experiencia omnicanal. De este modo, los operadores pueden reducir las quejas y mejorar la experiencia del cliente, al tiempo que reducen los recursos de los centros de atención.

Los asistentes virtuales y *chatbots* basados en IA pueden gestionar las consultas rutinarias de los clientes, liberando recursos humanos para labores de mayor complejidad. Esto busca mejorar la eficiencia del servicio de atención al cliente, además de implementar mecanismos de evaluación del nivel de satisfacción de los usuarios.

Además de incrementar y diversificar los canales de comunicación con los usuarios finales, una de las principales contribuciones de la IA es impulsar la transición de la experiencia del usuario, de un papel reactivo y de consumo, hacia un perfil proactivo y con un mayor protagonismo. Esto incluye el entendimiento y la creación automatizada de nuevos procesos y servicios. Adicionalmente, en el Reporte cualitativo denominado *Conocimiento, percepción y uso de la Inteligencia Artificial por los usuarios de Internet fijo y/o móvil*, el Instituto encontró que las principales ventajas de la IA son que esta facilita la vida cotidiana (41 %) y la automatización de tareas (25.8 %); mientras que, la principal desventaja señalada fue la dependencia de la tecnología (27.8 %).

En la actualidad, los teléfonos inteligentes, ya incluyen diferentes capacidades de IA proporcionando una interfaz intuitiva, especialmente para los nativos digitales. Esto, junto con la experiencia ofertada por plataformas como Google, Amazon o Netflix, están impactando de manera significativa las expectativas del usuario respecto a su proveedor de telecomunicaciones.

### 4.4. Seguridad y protección de datos

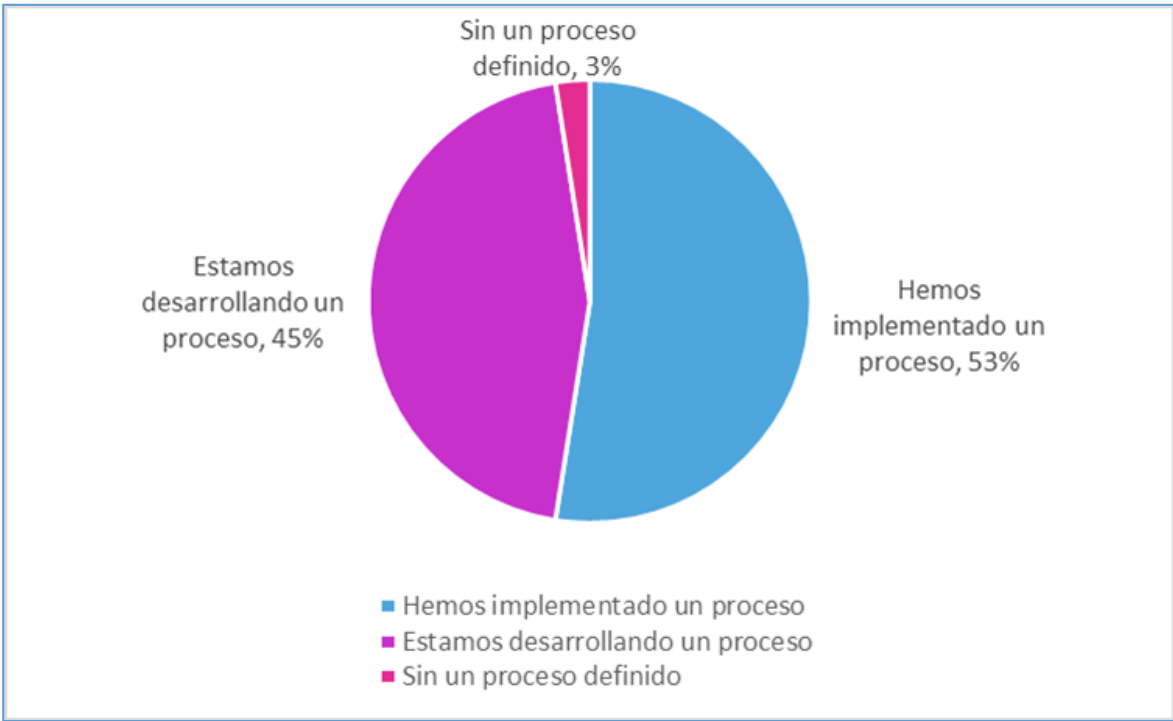
Actualmente la actividad delictiva en línea, en particular el fraude, supone un riesgo sustancial para las empresas de telecomunicaciones. De acuerdo con informe de la firma *Communications Fraud Control Association*, se calcula que la pérdida global en el 2023 debido a fraudes se incrementó un 12 % en el 2023, alcanzando un estimado de casi 39,000 millones de dólares, lo que representa el 2.5 %



de los ingresos del sector<sup>18</sup>. Los algoritmos avanzados de la tecnología de IA están contribuyendo a reducir estas pérdidas, permitiendo la identificación de tráfico sospechoso y anticipar cualquier actividad inusual que se produzca en la red. Esto permite a las empresas de telecomunicaciones identificar y responder de manera oportuna a cualquier amenaza a la seguridad de la red, incluyendo datos, bienes o infraestructura. La adopción de esta tecnología mejora la capacidad de las empresas de telecomunicaciones para responder de un modo más eficiente a posibles amenazas, protegiendo los sistemas y los datos antes de que se produzcan pérdidas.

En (OMDIA, 2024) se reporta que, no obstante que en todas las empresas existe una preocupación acerca del manejo y la privación de los datos, casi la mitad de los CSP encuestados por la consultora aún no cuenta con un proceso para la gobernanza de los datos. Gráfica 12.

Gráfica 12. CSP que cuentan con un proceso de gobernanza de datos



Fuente: figura tomada y traducida de OMDIA (2024).

En la sección relativa a ciberseguridad se profundiza en ese tema.

<sup>18</sup> Disponible en: [Telecommunications fraud increased 12% in 2023 equating to an estimated \\$38.95 billion lost to fraud. | CFCA](#)

#### 4.5. Calidad y optimización de la red

La tecnología de IA ayuda al mantenimiento predictivo. Esto permite a una empresa de telecomunicaciones predecir tendencias y patrones futuros basándose en datos históricos para identificar fallos operativos y de red, así como el uso indebido de recursos. De este modo, las empresas de telecomunicaciones pueden predecir los fallos de *hardware* antes de que se produzcan, lo que les permite ser proactivas en el mantenimiento de sus equipos y mejorar la calidad general de la red y la experiencia del cliente.

De lo anterior se desprende que la IA es una herramienta útil para integrar soluciones de red automáticas e inteligentes (con capacidad de aprender). Al implantar estas soluciones de IA, los operadores pueden mejorar la eficiencia de sus servicios y la fiabilidad de sus redes, minimizar los gastos operativos y mejorar la satisfacción del cliente. Estos factores son cruciales para aumentar la rentabilidad y mantener la competitividad de la empresa.

Uno de los principales motores del incremento en la demanda del uso de la IA es su capacidad de crear soluciones de red autónomas. Con la rápida expansión de las redes de telecomunicaciones aunado al incremento de las variables a monitorear y controlar, están haciendo redes cuya operación sea compleja y con nuevos retos a la hora de gestionarla. Mediante la creación de soluciones de red impulsadas por IA, las empresas de telecomunicaciones pueden reducir la congestión y mejorar la calidad de la red y la experiencia del cliente, lo que es vital para reducir la pérdida de clientes y aumentar los ingresos.

En relación con el desarrollo en el uso de IA en la mejora del rendimiento de las redes de acceso por radio (RAN, por sus siglas en inglés), el uso de algoritmos para coordinar el uso de recursos y la compartición dinámica de los mismos ofrece beneficios significativos.

En el dominio del diseño de redes, los algoritmos de IA se están utilizando para coordinar las conexiones entre celdas y entre bases de datos, mediante el uso de funciones definidas por *software*. Este desarrollo permitiría la integración del diseño de redes basado en IA en un ciclo cerrado, donde la red se reconfigura continuamente en función de los patrones de tráfico cambiantes o la adición de nuevos nodos a la red.

Se menciona que la optimización por medio de algoritmos de las RAN es fundamental para la visión a largo plazo de crear un controlador único basado en IA que abarque toda la jerarquía de control. Uno de los beneficios de contar con un controlador de este tipo es la capacidad inherente de optimizar simultáneamente múltiples parámetros de transmisión a través de capas. La creación de un controlador con la capacidad de aprender directamente a través de la exploración del espacio de estados eliminaría las limitaciones impuestas por algoritmos diseñados por humanos, haciendo posible identificar mejores combinaciones de parámetros de transmisión dentro de una capa y entre capas (Calabrese, et al., 2019). Un esquema automático como el descrito (que desarrolló esquemas

de autoaprendizaje), necesita inherentemente un sistema de validación externo que permita evaluar y ponderar las decisiones ejecutadas por el controlador.

Con la introducción de la tecnología 5G, la cantidad de elementos de red, sitios y celdas ha aumentado considerablemente. La operación y optimización de redes de radio 5G utilizando herramientas manuales o incluso automatización simple ya no es suficiente. La gestión eficiente de esta creciente complejidad requiere algo más que automatización; la IA es fundamental para las operaciones eficientes de la RAN 5G.

La IA puede mejorar significativamente el rendimiento de la red de radio al reducir la necesidad de intervención humana en la optimización y aprovechar su capacidad para resolver problemas de manera más rápida, prevenir fallos y mejorar la experiencia del usuario, con un ahorro considerable en costos operativos. También ayuda a reducir el consumo de energía de la red de radio mediante la automatización de la configuración y la optimización de la eficiencia energética, sin comprometer los KPI de la red. Además, la IA y la automatización mejoran la calidad de la red al gestionar la creciente complejidad y evitar errores humanos, delegando el análisis y la resolución de problemas en sistemas de ML.

El Sistema de Optimización de Red Cognitiva (*Cognitive SON*) utiliza algoritmos de IA para contextualizar la red y algoritmos avanzados para el aprendizaje supervisado y el aprendizaje por refuerzo. A diferencia de los enfoques tradicionales, que requerían que ingenieros experimentados definieran cómo afinar el rendimiento de la red, la automatización basada en IA elimina la necesidad de conocimientos especializados profundos. Esto permite a los ingenieros de operaciones centrarse en tareas que requieren inteligencia humana y reduce la posibilidad de errores. (Nokia, s.f.)

#### Funcionamiento de sistemas SON

##### 1. Definición del objetivo:

- El operador establece un objetivo de rendimiento general aplicable a un conjunto de celdas en la red.
- El objetivo puede ser establecido manualmente o la SON cognitiva puede usar las celdas de mejor rendimiento como referencia.
- Ejemplo de un objetivo de rendimiento: 95 % de las celdas 4G deben alcanzar una velocidad de bajada de 200 Mbps o más.

##### 2. Contextualización de las celdas:

- Cada celda tiene características estáticas y dinámicas. Las capacidades de IA de las SON cognitivas identifican y actualizan continuamente el contexto dinámico basado en los KPIs de la red.

- Ejemplos de contexto estático: banda de frecuencia, ubicación (urbana o rural), tipo de celda (4G o 5G), proveedor, celda macro o pequeña, etc.
- Ejemplos de contexto dinámico: densidad de celdas, movilidad, nivel de carga, volumen de tráfico, etc.

### 3. Acciones correctivas:

- *Cognitive SON* detecta la degradación del rendimiento en comparación con el objetivo establecido.
- La IA utiliza la contextualización de la celda para entender los problemas de la red y aplicar las acciones correctivas adecuadas mediante la ejecución de módulos de optimización SON relacionados.
- *Cognitive SON* verifica los resultados y, si es necesario, toma acciones correctivas adicionales. (Nokia, 2024)

#### 4.5.1. Casos de uso de la IA en gestión, optimización y operación de red

##### Cisco

Cisco está liderando la construcción de redes abiertas y seguras con socios como Etisalat, utilizando automatización AI/ML para simplificar operaciones mediante casos de uso innovadores de bucle cerrado e interfaces de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) abiertas en plataformas clave como *Cisco Network Services Orchestrator* y *Cisco's WAN Automation Engine*. Junto a Telefónica, Cisco está implementando soluciones de automatización de redes que mejoran la visibilidad operativa y la seguridad, facilitando la optimización en tiempo real y proporcionando visibilidad completa de la infraestructura. Finalmente, Cisco y Bharti Airtel colaboran en la mejora de la experiencia del cliente con soluciones avanzadas de *SON* que incluyen análisis predictivo y aplicaciones de auto reparación para responder proactivamente a las necesidades de los clientes y gestionar eficazmente el crecimiento del tráfico de datos y voz. (Roseboro, et al., 2024)

Cisco ha anunciado varias colaboraciones estratégicas en el ámbito de la automatización de redes y la mejora de la experiencia del cliente con importantes proveedores de servicios globales. *Spark New Zealand* ha seleccionado las características de Cisco para avanzar en su plataforma para el Internet de las Cosas (IoT), conocida como *IoT Control Center*, utilizando ML y IA para reducir costos operativos y mejorar la confiabilidad del servicio empresarial. Cisco está implementando dos módulos, Detección de Anomalías y Optimización de Costos, en la plataforma de conectividad *Cisco IoT Control Center*, utilizando algoritmos de ML propietarios para procesar grandes volúmenes de datos.

Debido a que el uso de la IA es incipiente, no se cuenta con información relacionada con el nivel de éxito logrado, sin embargo, algunas empresas han publicado algunos de los resultados obtenidos. Por

ejemplo, con la solución de Cisco elegida por *Spark New Zealand*, la empresa logró una reducción de hasta 15 % en sus costos de conectividad habituales.

Por otro lado, Etisalat está construyendo una red abierta, autónoma y segura con Cisco, donde la automatización AI/ML simplifica las operaciones del *Emirates Internet Exchange* mediante casos de uso innovadores basados en la automatización. Este marco de automatización utiliza APIs abiertas en *Cisco Network Services Orchestrator*, *Cisco's WAN Automation Engine*, y la plataforma AI/ML de Cisco para la consolidación de *big data*, ML, correlación de eventos y automatización de cambios.

Además, Cisco está colaborando con Telefónica para implementar automatización de redes y simplificar las operaciones del proveedor de servicios en España. La suite *Crosswork Network Automation* de Cisco permite mejorar la visibilidad operativa y el estado de la red de Telefónica, ofreciendo soluciones basadas en la intención y automatización de bucle cerrado con ML, optimización en tiempo real de la red, visibilidad de la infraestructura de extremo a extremo, y seguridad mejorada.

Finalmente, Bharti Airtel y Cisco han unido fuerzas para mejorar la experiencia del cliente mediante soluciones SON de Cisco, gestionando y soportando el crecimiento masivo en tráfico de datos y voz. SON ahora realiza optimizaciones basadas en la experiencia del cliente y análisis predictivo, además de responder tradicionalmente a degradaciones de red. Las aplicaciones de las redes SON se han mejorado para tomar acciones proactivas prácticamente en tiempo real, utilizando ML predictivo y la integración de SON con herramientas de Centro de Operaciones de redes y plataformas de experiencia del cliente. (Roseboro, et al., 2024)

### Telefónica

En 2018, Telefónica se posicionó como pionera al establecer Principios Éticos para la IA. Los Principios Éticos de Telefónica se han ampliado a seis áreas clave:

1. IA centrada en las personas: Telefónica asegura que su IA respete y promueva los Derechos Humanos, proteja a los grupos vulnerables y evite impactos negativos.
2. IA transparente y explicable: la empresa se compromete a garantizar la transparencia de sus modelos de IA, informando a los usuarios cuando interactúan con esta tecnología.
3. IA justa e inclusiva: Telefónica trabaja para minimizar sesgos y evitar discriminación, asegurando decisiones equitativas y confiables.
4. IA respetuosa de la privacidad y la seguridad: la protección de datos y la seguridad son pilares fundamentales, con un enfoque en el desarrollo de sistemas robustos.
5. IA con responsabilidad en toda la cadena de valor: se asegura una supervisión adecuada y la trazabilidad de las decisiones, abarcando socios y terceros a través de su modelo de gobernanza.

6. IA comprometida con el medio ambiente: Telefónica utiliza la IA para optimizar la eficiencia energética, fomentar la economía circular y minimizar el impacto ambiental.

Recientemente, la compañía ha revisado y fortalecido estos principios, integrando compromisos medioambientales con el fin de que la IA se convierta en una herramienta clave para la gestión eficiente de recursos. Además, Telefónica ha añadido la responsabilidad de garantizar la trazabilidad de las decisiones en toda la cadena de valor, abarcando tanto proveedores como clientes. (Telefónica Movistar Colombia, 2024)

Esta actualización se enmarca en la experiencia adquirida por la empresa y la evolución de la IA en los últimos años, lo que ha motivado a Telefónica a revisar sus principios originales para adaptarse a los nuevos desafíos y oportunidades. La principal novedad es la inclusión del compromiso ambiental, aprovechando la capacidad de la IA para contribuir al desarrollo sostenible y alineándose con el objetivo del Grupo de alcanzar las cero emisiones netas para 2040, una meta que adelanta en diez años lo estipulado en convenios internacionales.

Desde 2018, Telefónica promueve una cultura de IA entre sus empleados, destacando tanto los beneficios como los riesgos asociados. Para ello, ha desarrollado un plan formativo y ha implementado herramientas que aseguran el cumplimiento de estos principios éticos.

En Colombia, Telefónica cuenta con 50 modelos de IA en uso y otros 12 en desarrollo, aplicados para mejorar la gestión financiera, atender mejor a los clientes y desarrollar servicios avanzados. A nivel global, la compañía ha reforzado sus principios éticos, incluyendo la GenAI, y ha establecido un Comité de IA Ética para gestionar usos de alto riesgo, junto con un reglamento interno que alinea sus operaciones con la regulación europea y futuras normativas.

Finalmente, Telefónica participa en marcos de colaboración internacional, como los liderados por la UNESCO, y en la regulación de la IA en los países donde opera, asegurando un enfoque ético y responsable en todas sus actividades. (Telefónica Movistar Colombia, 2024)

#### **4.6. Planificación y comercialización eficaces de los productos**

La IA se utiliza para el análisis predictivo. Estos análisis permiten a las empresas de telecomunicaciones extraer información valiosa de cantidades masivas de datos. Al utilizar estos datos para examinar el comportamiento de los clientes, los ciclos de vida, las decisiones de compra, etc., una empresa de telecomunicaciones puede conocer lo que buscan los clientes y planificar productos y soluciones para satisfacer estas necesidades y demandas. Estos análisis también proporcionan la información necesaria para comercializar y vender a los clientes de forma más efectiva.

#### 4.7. Despliegue y gestión de redes 5G

La gestión de espectro se puede abordar desde las siguientes perspectivas: planeación, autorización, monitoreo, compartición y precio.

A medida que aumenta la demanda de espectro, los reguladores deberán considerar oportunidades para facilitar niveles más altos de utilización del espectro que los que permiten las licencias de espectro geográficas. La IA podría utilizarse para revisar las solicitudes de licencia y evaluar el potencial de interferencia con los usuarios del espectro existentes y planificados. La IA puede impulsar la implementación de sistemas de acceso dinámico al espectro (DSA, por sus siglas en inglés), automatizando la coordinación dinámica de frecuencias entre múltiples clases de usuarios. Esto se está implementando como parte de la liberación del espectro del Servicio Ciudadano de Radio de Banda Ancha *Citizens Broadband Radio Service* (CBRS, por sus siglas en inglés) por parte de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés), con soluciones de empresas como Amdocs, CommScope, *Federated Wireless*, Google y Sony autorizadas como administradores de DSA. Los sistemas DSA combinan información de una variedad de fuentes, incluidas redes de sensores de uso de frecuencia, modelos de propagación de radio y datos de licencias. La decisión de qué frecuencias asignar a un nuevo usuario es dinámica, sujeta a la combinación cambiante de usuarios y a la retroalimentación del sistema. Las soluciones CBRS surgieron después de que la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa lanzó el *Spectrum Collaboration Challenge* en el 2016. El desafío requería nuevas soluciones que aprovecharan los avances en IA y ML para abordar problemas de interferencia que surgiría de la coexistencia de radares marinos y servicios inalámbricos de banda ancha en la banda CBRS (3550–3700 MHz). Google también tiene permiso de la FCC para realizar pruebas de un sistema de coordinación automática de frecuencias para respaldar el uso del espectro sin licencia en la banda de 6 GHz. Este ejercicio sugiere esfuerzos para desarrollar un sistema similar para promover el uso eficiente del espectro en la banda de 6 GHz, una banda recientemente abierta para uso sin licencia.

La IA puede desempeñar un papel crucial en la optimización del despliegue y la gestión de las redes 5G. Esto incluye la asignación dinámica de recursos, el uso eficiente del espectro y la dirección inteligente del tráfico.

En el despliegue de redes el uso de esquemas de virtualización para la implementación de funciones, así como el diseño de redes por *software* (SDN, por sus siglas en inglés) permitirá una mejor gestión de tráfico y el desarrollo de esquemas de optimización de los recursos de la red, haciendo uso de herramientas de *big data* e IA.

La IA puede agregar valor a los CSP al permitirles mejorar la calidad del servicio, la infraestructura, las operaciones y la experiencia del cliente para generar más ingresos. En general, esto se logra aprovechando las grandes cantidades de datos que recopilan los CSP, que se procesan y analizan mediante IA. Los operadores de telecomunicaciones pueden utilizar estos datos para la optimización

de la red, el mantenimiento preventivo, los asistentes virtuales, la automatización robótica de procesos, gestión de clientes, eficiencia operativa y automatización de redes.

#### 4.7.1. Predicción de portadoras secundarias

El uso de bandas de alta frecuencia, como los 28 GHz y bandas de ondas milimétricas superiores, seguirá aumentando en las redes de radio de quinta generación y en generaciones futuras. La incorporación de un mayor número de bandas proporciona una mayor capacidad, pero también resulta en una mayor demanda en la capacidad de los sistemas de medición y monitoreo. Por ejemplo, las implementaciones iniciales en las bandas de frecuencia de 28 GHz ofrecerán una cobertura con capacidades diferenciadas para ciertos lugares. Para que los usuarios puedan aprovechar la cobertura potencialmente irregular en frecuencias más altas, los equipos de los usuarios finales necesitan realizar mediciones entre frecuencias, lo que podría generar una alta sobrecarga de medición. Se han utilizado técnicas de IA para predecir la cobertura en la banda de 28 GHz basándose en mediciones en la portadora principal. Este enfoque ha reducido las mediciones en una portadora secundaria, disminuyendo así el consumo de energía y el retraso para activar características como la agregación de portadoras, el traspaso entre frecuencias y el equilibrio de carga. (Corcoran, et al., 2021).

#### 4.7.2. Inclinación de antenas

La inclinación de antenas basada en IA merece una atención particular entre los casos de optimización de redes, ya que promete mejorar la cobertura y capacidad de las redes móviles mediante el ajuste de la inclinación eléctrica de las antenas de las estaciones base en función de la dinámica del entorno de la red. La inclinación eléctrica de una antena se refiere al ángulo que presenta físicamente la antena respecto al plano vertical y horizontal, y que permite modificar las características de transmisión de la antena con el objeto de mejorar el rendimiento de la red y optimizar la cobertura. A diferencia del enfoque tradicional de inclinación de antenas que sigue una política basada en reglas, las técnicas de IA permiten una estrategia automatizada, aprendiendo a partir de la retroalimentación obtenida a través de indicadores clave de rendimiento de la red. Utilizando el aprendizaje por refuerzo haciendo uso de técnicas de IA, un agente se entrena para controlar dinámicamente la inclinación eléctrica de múltiples estaciones base de manera conjunta, con el objetivo de mejorar la calidad de la señal de una celda y reducir la interferencia en las celdas vecinas en respuesta a cambios en el entorno, como patrones de tráfico y movilidad. Esto resulta en una mejora general del rendimiento de la red y de la experiencia del usuario, al tiempo que se reducen los costos operativos. (Corcoran, et al., 2021)

#### 4.7.3. Automatización de la RAN

La automatización de RAN tiene como objetivo mejorar el rendimiento de RAN al reemplazar el trabajo manual en el desarrollo, instalación, implementación, gestión, optimización y retiro de funciones de RAN con procesos automatizados que pueden hacer uso de técnicas de IA. Este enfoque



facilita la automatización del aprovisionamiento y la garantía de los servicios de red para consumidores y empresas proporcionados por el proveedor de servicios de comunicaciones, con el objetivo general de maximizar la eficiencia del espectro y la energía.

Esta automatización de la RAN permitirá desarrollar el esquema que le permitirá conocer el estado de la red en todo momento, mediante un enfoque basado en datos, donde el operador puede definir los objetivos a alcanzar y los modelos de IA se ajustarán el uso de recursos y el comportamiento de la red para cumplir con los objetivos establecidos.

Un ejemplo de funcionalidad de automatización de RAN en el dominio de aplicaciones de automatización es el despliegue y configuración automatizados de RAN. En estas implementaciones, se utilizan técnicas de IA y ML para agrupar radio bases que comparten cobertura de radio y, por lo tanto, deben coordinar funciones como la programación.

En el dominio de funciones de red, un ejemplo de funcionalidad de automatización de RAN es la adaptación de enlaces basada en IA y ML. Este enfoque optimiza la selección del esquema de modulación y codificación para maximizar el rendimiento (velocidad) o minimizar la latencia. Estas combinaciones pueden ser específicas para cada servicio o zona de cobertura y el uso de esquemas de IA permitirá optimizar cada uno de los enlaces.

A manera de ejemplo, la empresa coreana SKT desarrolló para su red móvil una plataforma de sistemas de soporte de operaciones (OSS) denominada TANGO (*Telco Advanced Next-Generation OSS*). TANGO consolida múltiples OSS y potencia el análisis de IA, proporciona análisis de datos y una automatización optimizada basada en capacidades de IA en tiempo real. El poder de TANGO se manifiesta en sus diversas aplicaciones, como el modelado 3D para ayudar a la planificación de la RAN y el equilibrio de carga automático que optimiza la RAN. TANGO también es útil para reducir los gastos operativos asociados con las herramientas de gestión de red, además de que ofrece la posibilidad de exponer la capacidad de un operador a terceros a través de APIs abiertas. El beneficio inmediato para el operador móvil es que se reduce el costo asociado a la gestión de red.<sup>19</sup>

#### 4.8. Informática de borde e IA

La combinación de IA y *edge computing* es esencial para aplicaciones de baja latencia como la realidad aumentada, la realidad virtual (RV) y los dispositivos del IoT. Esto permitirá el desarrollo de aplicaciones críticas, la integración y gestión de redes masivas y una gestión de recursos más eficientes (capacidad de almacenamiento y procesamiento, mejor gestión en el acceso a la información, mejoras en los tiempos de latencia, etc.).

---

<sup>19</sup> Véase nota en: [https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/gsma\\_resources/case-study-skt/](https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/gsma_resources/case-study-skt/)

#### 4.9. Cumplimiento normativo

La IA puede ayudar a supervisar y garantizar el cumplimiento de los requisitos normativos, reduciendo el riesgo de problemas legales y sanciones económicas. El desarrollo de una estrategia para mejorar los instrumentos regulatorios puede ser útil tanto para las empresas como para las entidades regulatorias; los operadores pudieran difundir entre sus clientes que la empresa cumple con la normatividad establecida, brindando la certeza de estos a través de la información recabada en campo. Esta misma información puede ser de utilidad para los reguladores, que integrarían esta información en su esquema de evaluación de la conformidad y cumplimiento de las obligaciones adquiridas por el operador.

La capacidad de la IA para analizar grandes cantidades de datos, identificar patrones y llevar a cabo comparaciones con niveles de referencia predeterminadas, le permite detectar posibles violaciones regulatorias. Esto permite el desarrollo de herramientas que le permitan a una empresa vigilar el cumplimiento normativo de su operación y prevenir la comisión de omisiones y potenciales delitos. Este es un recurso que puede ser útil tanto a empresas y entidades regulatorias. Los sistemas de IA cuentan con la capacidad para que facilite la interpretación y categorización de información relevante; estos sistemas pueden ayudar a las empresas de Telecomunicaciones a garantizar el cumplimiento tanto de la regulación externa como el seguimiento de políticas internas.

Algunas de las ventajas del uso de sistemas basado en herramientas para IA destinadas a apoyar el cumplimiento normativo son<sup>20</sup>:

- Alta capacidad de analizar grandes cantidades de datos, permitiendo una evaluación más precisa y rápida;
- Identificación más eficiente de posibles infracciones;
- Mejora de la operativa, gracias a la automatización de procesos y reducción del trabajo manual;
- Mayor agilidad en los tiempos de respuesta frente a posibles riesgos;
- Anticipación. Sus modelos predictivos permiten predecir y prevenir delitos mediante la detección de patrones y comportamientos sospechosos;
- Mejora de la productividad. Libera talento para su uso en tareas de mayor valor añadido;
- Análisis de riesgo. Por su capacidad para evaluar grandes conjuntos de datos, identificar áreas de riesgo y facilitar la gestión proactiva del cumplimiento normativo;
- Sistemas de alerta temprana. Implementación de sistemas automatizados para detectar y alertar sobre posibles violaciones regulatorias antes de que ocurran mediante el análisis continuo de datos internos y el monitoreo de fuentes externas;

---

<sup>20</sup> Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/cumplimiento-normativo-asistido-con-ia-c%C3%B3mo-ventajas-luate/>

- Prevención del fraude. IA predictiva y ML para identificar patrones de comportamiento en su organización, predecir posibles fraudes y mejorar la seguridad contra actividades ilegales;
- Revisión de documentos legales. Análisis y revisión de documentos legales utilizando algoritmos de NLP para acelerar y mejorar la interpretación de la información regulatoria y contractual;
- Creación del informe de cumplimiento. Automatización de los informes de cumplimiento normativo mediante la recopilación y el análisis de datos;
- Formación y sensibilización. Para desarrollar programas de capacitación personalizados, adaptar el contenido a las necesidades individuales de los empleados y evaluar continuamente la comprensión regulatoria;
- Análisis de transacciones financieras. Para analizar y detectar patrones anómalos que pueden indicar actividad sospechosa o que no cumple con las normas, y
- Gestión de datos de privacidad. Para administrar y proteger datos confidenciales, garantizar el cumplimiento de la privacidad y la seguridad de la información.

Existen ya herramientas tecnológicas que auxilian a las empresas en su proceso de cumplimiento regulatorio. Como ejemplo se tiene lo que se define como RegTech<sup>21</sup>, o tecnología regulatoria, que es un subconjunto de tecnología financiera que se centra en tecnologías que pueden permitir que las capacidades existentes de una empresa cumplan obligaciones regulatorias de manera más efectiva y eficiente. En las soluciones RegTech se utilizan diferentes procedimientos basados en tecnología, como la IA, el ML, la computación en la nube y el *blockchain*. RegTech tiene varias ventajas, incluida la reducción de los costos de cumplimiento y la simplificación y estandarización del proceso de cumplimiento. Así mismo permite el monitoreo de transacciones, calificación crediticia del cliente, detección de lavado de dinero, seguimiento de datos comerciales, prevención de fraude, análisis de riesgos de cumplimiento y muchos más servicios bancarios y financieros.

La creciente tendencia al desarrollo de sandboxes regulatorios ha permitido a las empresas RegTech desarrollar soluciones regulatorias nuevas y mejoradas para las industrias financieras, lo que ayudará al crecimiento del mercado global RegTech en los próximos años. Además, una de las principales razones que contribuyeron al crecimiento del mercado durante el período de estudio fueron las bajas barreras de entrada para las soluciones basadas en SaaS. Las empresas RegTech utilizan tecnología en la nube y *software* como servicio para ayudar a las empresas a cumplir con las leyes de manera más eficiente y asequible.

#### 4.10. Colaboración con otras industrias

Los operadores de telecomunicaciones pueden colaborar con otras industrias, aprovechando la IA para contribuir al desarrollo de industrias, gestión pública, servicios como educación y salud, gestión

---

<sup>21</sup> Disponible en: <https://www.docuSign.com/es-mx/blog/regtech>

de recursos, desarrollo de ciudades e industrias inteligentes mediante la mejora de la conectividad y el intercambio de datos.

La integración de la IA en el sector de las telecomunicaciones es un proceso continuo y en evolución con potencial para aumentar la eficiencia, mejorar la experiencia del cliente e impulsar la innovación en diversos aspectos de las telecomunicaciones. A medida que esta tecnología avance, es probable que surjan nuevas oportunidades y retos que configuren e influyan en el futuro panorama de la IA en el sector de las telecomunicaciones.

La colaboración e integración de las TICs con otras industrias puede ser englobado en lo que representa el desarrollo de las ciudades inteligentes, que puede definirse como aquellas que se enfocan en mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la prestación de servicios públicos, mediante el uso de herramientas tecnológicas como la IA y el análisis de datos, a fin de ser más incluyentes y sostenibles a futuro. De hecho, en el texto *Inteligencia artificial en el contexto del desarrollo y la integración regional*, Hoehn identifica que la IA puede contribuir al crecimiento económico al impulsar la productividad, aumentar la eficiencia y la eficacia de diversas tecnologías; la revolución tecnológica mediante la reducción de costos de producción y el impulso al crecimiento global; el desarrollo de tecnologías verdes a través del desarrollo de las prácticas y condiciones agrícolas locales; el desarrollo urbano por medio del impulso de proyectos que informen las tendencias demográficas, patrones de tráfico y uso de infraestructuras; la reducción de la pobreza mediante la gestión de recursos, así como el apoyo a la educación, a efecto de mejorar las habilidades de los educadores.

De acuerdo con el reporte *Smart Cities: Digital Solutions for a more Livable Future* publicado por la consultora McKinsey, el uso de tecnologías como IA y el ML, las ciudades inteligentes están en condiciones de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, permitiendo reducir los tiempos de traslado entre un 15-20 %, el tiempo dedicado en la interacción para el cuidado de la salud y asuntos gubernamentales se puede reducir entre un 45-65 %, el tiempo de respuestas a emergencias hasta un 35 % y reducir el consumo de agua entre un 20-30 %, entre otros beneficios relacionados con el costo de vida, el cuidado al medio ambiente, la mejora en la tasa de empleo formal, etc.

El diseño de una Ciudad Inteligente deberá ser enfocado desde una perspectiva centrada en el usuario (*user-centric*), que se basa en las demanda, comprensión, prioridades y experiencias del usuario final. Las Ciudades Inteligentes pueden ser vistas como laboratorios de innovación para llevar a cabo pruebas de las soluciones propuestas para los retos que las ciudades presentan haciendo uso de IA. El proceso de innovación inherente al desarrollo de una Ciudad Inteligente deberá considerar las 4 hélices: la academia, el gobierno o administración pública, la empresa y los ciudadanos; la interacción de estos 4 elementos permitirá la creación de soluciones holísticas funcionales. De poco servirá contar con una gran infraestructura tecnológica si la población no cuenta con las habilidades y conocimiento para el manejo y aprovechamiento de esta. Una estructura administrativa (gobiernos

municipales, estatales o federales) cuyos lineamientos, reglamentos y normas no estén alineados con el uso de la tecnología para los fines mencionados podría representar un obstáculo casi insalvable.

#### 4.11. Fundamentos del uso de la IA en la gestión espectral

Una estrategia de asignación fija del espectro radioeléctrico puede conducir a una utilización ineficiente del espectro disponible. La utilización de conceptos y tecnologías relacionadas con la IA se presenta como herramientas que pudieran facilitar el desarrollo de esquemas de compartición dinámica de recursos, principalmente del espectro electromagnético, lo que se define como Gestión Dinámica del Espectro (DSM).

El espectro radioeléctrico es un recurso inherentemente limitado en el que tradicionalmente las bandas de frecuencia son asignadas para uso exclusivo a usuarios con licencia, definidos como usuarios primarios (UP) normalmente con largos periodos de vigencia. Bajo este esquema, en varios estudios y referencias se ha señalado que el espectro presenta rangos de frecuencia de este sin usar, en tiempos y zonas geográficas aleatorias; esto genera una baja eficiencia en el uso del recurso espectral. Este escenario presenta una oportunidad para revisar las políticas de asignación del espectro, que permita hacer uso del espectro a usuarios sin licencia, lo que se define como usuarios secundarios (US). Estos usuarios harían uso las secciones sin usar por parte de los UP, por medio de esquemas de radio cognitivo (CR, por sus siglas en inglés) y con licencias gestionadas a través de Acceso Dinámico del Espectro (FCC, 2003).

La CR se define como una radio inteligente que puede auto reprogramarse y reconfigurarse dinámicamente. La CR detecta automáticamente los canales disponibles en el espectro inalámbrico y cambia en consecuencia sus parámetros de transmisión y recepción para conmutar entre las bandas de espectro vacantes disponibles. El proceso de DSA puede ser optimizado por medio de CR haciendo uso de algoritmos de IA (Akyildiz et al., 2008). La gestión inteligente del espectro incluye el sensado, el proceso de decisión, el diseño del esquema de compartición y los esquemas de movilidad.

Una red inalámbrica inteligente permite compartir el espectro licenciado a los UP en una manera oportunista, respetando los niveles de interferencia definidos por la regulación, de modo que cada US desarrolle capacidades de aprendizaje y puede adaptarse en un entorno dinámico (Xu et al., 2014).

Uno de los temas de mayor relevancia es cómo acceder al espectro de forma dinámica sin interferencias a los UP. Esto requiere una CR con la capacidad de aprendizaje de las acciones implementadas y de los resultados obtenidos en el pasado. El registro y cuantificación de experiencias es una parte esencial de la IA. La implementación de tales capacidades requiere una arquitectura funcional que puede estar basada en redes neuronales, que permita el desarrollo de algoritmos de *machine learning* (Dong et al., 2012). La tecnología de CR se basa en arquitectura de Radio Definido por *Software*, que permite que la radio se reconfigure a través de *software*, de acuerdo con la interacción con el entorno en el que opera (Abbas et al., 2015).

De este modo, la capacidad de ML se convierte en una herramienta indispensable para estimar las características del canal para reducir la probabilidad de error (Zafari et al., 2019). En el proceso de estimación de las características y condiciones del canal, es necesario ajustar simultáneamente parámetros como la disponibilidad de espectro (Tripathi et al., 2011), potencia de transmisión (Yang G. et al., 2015), esquemas de modulación y codificación adaptativa (Zafari et al., 2019), selección de arreglos de antenas, control de velocidad (Hanif et al., 2011), transferencia de espectro (Thakur et al., 2017), etc.

#### 4.11.1. Marco regulatorio de la gestión del espectro

Para abordar los desafíos críticos asociados con los esquemas de DSA, se tienen consideradas las siguientes funciones relacionadas con la gestión del espectro:

- 1 Gestión de interferencias: uso de algoritmos encaminados a resolver los problemas de interferencia con los UP; estos se pueden resolver de dos maneras:
  - A Proactivo: en este caso, el esquema de CR cambia los parámetros de la comunicación antes de la llegada de las UP.
  - B Reactivo: CR cambia los parámetros de la comunicación después de la llegada de las UP, una vez detectadas las condiciones de operación.
- 2 Calidad de servicio (QoS): en redes heterogéneas, es necesaria la selección de una banda de espectro adecuada para proporcionar un canal de comunicaciones que permita satisfacer el nivel de QoS requerida.

El marco de gestión espectral contempla cuatro pasos principales:

- Detección del espectro: el primer paso de la gestión del espectro comienza con la detección de los espacios sin usar del espectro, identificando banda, ubicación, duración de la disponibilidad y actividad del UP (Noorshams et al., 2010).
- Decisión sobre el espectro: la decisión sobre el espectro incluye el análisis del espectro y la toma de decisiones, que contempla la selección de bandas de espectro apropiadas de acuerdo con la QoS requerida. El espacio libre disponible se caracteriza tomando en cuenta varios parámetros como el entorno de trayectorias múltiples, frecuencia de operación, interferencia, retardo del enlace (Pourpeighambar et al., 2017) y número de UPs que hacen uso de la banda. Después del análisis del espectro, se procede a la decisión de acceder o no al espacio libre identificado.
- Uso compartido del espectro: la función principal del uso compartido del espectro es evitar colisiones entre múltiples usuarios que intentan acceder al espectro manteniendo la QoS. La compartición espectral se encarga de la coordinación para acceder a los canales disponibles y la asignación de recursos.
- Movilidad del espectro: la movilidad del espectro se ocupa de la transferencia del espectro y la gestión de la conexión. Si un UP hace uso del espectro que está siendo

usado por un US, es necesario implementar un mecanismo de reubicación del US que le permita cambiar de frecuencia de transmisión para continuar con su operación (Christian et al., 2012). La movilidad espectral deberá garantizar la operación del US cada vez que sea necesario reubicar el espacio espectral a utilizar.

Para poder llevar a cabo las funciones descritas, se han desarrollado diversas estrategias y algoritmos que han permitido la implementación de procesos automáticos con capacidad de aprendizaje. A continuación, se enlistan algunas de las técnicas y algoritmos usados en la implementación de IA en redes cognitivas.

- 1** Redes Neuronales (NN, por sus siglas en inglés):
  - A** Redes Neuronales supervisadas
    - i. Redes Neuronales *Feed Forward* (FFNN)
    - ii. NN recurrente (RNN)
  - B** Las redes neuronales no supervisadas
    - i. ML-FFNN no supervisados (codificadores automáticos)
    - ii. NN no supervisados recurrentes (URNN)
  - C** Aprendizaje por refuerzo y NN
  - D** NN combinacionales
    - i. NN neuro-difusos (neuro Fuzzy)
    - ii. *Wavelets* NNs
- 2** Inteligencia con máquina de vector de soporte (SVM)
- 3** Inteligencia con algoritmos metaheurísticos
  - A** Algoritmo genético (AG).
  - B** Optimización de colonias de hormigas (ACO)
- 4** Inteligencia con aprendizaje bayesiano
- 5** Inteligencia con cadenas ocultas de Márkov (HMM)
- 6** Inteligencia con Teoría de juegos

Una explicación más extensa y detallada de las técnicas y algoritmos enlistados puede consultarse en el Anexo 1.

De manera particular en la gestión de espectro, se pueden enlistar algunas aplicaciones y usos de la IA para automatizar y eficientar los cuatro pasos identificados en la gestión espectral:

- 1** En el contexto de redes móviles basadas en CR, el Aprendizaje por Refuerzo y NN habilita una capacidad de inteligencia que le permite identificar un canal dinámico, detectar espectro, elegir mecanismos de enrutamiento, asignación de espectro (Y. Wang et al., 2019), así como mecanismos de control de potencia (KLA Yau et al., 2014). Variantes de

esta técnica pueden usarse para implementar la asignación de recursos en las redes de CR.

- 2 Haciendo uso de NN neuro-difusas, los autores (Salgado et al., 2016) propusieron un algoritmo difuso para la toma de decisiones y particularmente para canales de respaldo para la movilidad del espectro. Este algoritmo propuesto basado en técnicas de toma de decisiones de múltiples criterios considera cuatro parámetros: probabilidad de disponibilidad del canal, disponibilidad estimada de tiempo del canal, la relación señal/interferencia más ruido del canal, y el ancho de banda del canal. Los pesos normalizados son asignados según la importancia de cada criterio para la selección de un canal de respaldo. La preselección de canales de respaldo reduce el retraso durante la movilidad del espectro. La combinación de la lógica difusa con las redes neuronales (modelo combinacional neuro-difuso), permite desarrollar una modelo para la movilidad del espectro debido a su capacidad para lidiar con condiciones ambientales inciertas, así como en un ambiente heterogéneo. Esta técnica considera la interferencia, la tasa de error de bits e intensidad de la señal para determinar la calidad del canal en términos de patrones difusos. Basado en patrones difusos generados, las redes neuronales son entrenadas para estimar la ganancia del canal, la movilidad del espectro y la asignación de espectro en una red heterogénea (Maheshwari y Singh, 2015).
- 3 Hay algunas aplicaciones haciendo uso de *wavelets* para el sensado y gestión del espectro (Eltholth, 2016); en estas aplicaciones se propone un modelo predictor de espectro, que se basa en un modelo discreto de transformada *wavelet* que produce una representación tiempo-frecuencial de la señal analizada. La serie temporal analizada se divide en subseries, que representan el estado de ocupación anterior de un determinado conjunto de sub-canales. Por lo tanto, se logra un modelo predictor de espectro basado en *wavelet* NN preciso con menor complejidad. El método *wavelet* para la detección de espectro de banda ancha se subdivide en bandas pequeñas y se caracteriza por irregularidades de frecuencia. La transformada *wavelet* y el enfoque *wavelet* multiescala han sido utilizados para detectar irregularidades locales que transportan información sobre la densidad y estructura espectral de potencia e irregularidades de sub-bandas que identifican espacios sin usar en el espectro (Tian & Giannakis, 2006).
- 4 Un algoritmo SVM puede ser utilizado para identificar un UP, donde la señal a analizar contiene ruido; es relevante mencionar que la señal útil y la señal de ruido son independientes en el dominio del tiempo. Los datos muestreados son clasificados como UP o no según las pruebas y el entrenamiento del modelo de clasificación SVM. Hay otras aplicaciones que permiten la predicción de la movilidad del espectro que consideran características que varían en el tiempo y en el espacio de sistemas de CR móviles; se han propuesto esquemas de predicción de la movilidad del espectro que consideran simultáneamente características que varían en el tiempo y en el espacio de redes CR móviles (Wang et al., 2014).



- 5 En las redes CR, el AG utiliza un comportamiento biológico que representa cada canal mediante un cromosoma. Cada gen del cromosoma representa parámetros específicos. En el proceso de decisión sobre el espectro, se busca alcanzar una distribución y utilización equitativa de los recursos disponibles. Un proceso de optimización se puede definir como el proceso implicado en seleccionar la mejor opción de la lista de opciones disponibles para alcanzar algún tipo de objetivo o al menos lo más cerca posible de la meta (Doyle, 2009). En las redes CR, la asignación de espectro también implica una tarea de optimización para asignar espacios sin usar de espectro a CR encontrados durante el proceso de detección de espectro. En esquemas de asignación de espectro para redes CR que utilizan AG, cada gen del cromosoma representa diferentes parámetros (velocidad de datos, frecuencia, ancho de banda, tasa de error y esquemas de modulación/codificación), que se asocian con algún peso específico (Siddique & Azam, 2010). El peso de cada gen es representado en forma binaria. Con el peso de cada gen, es calculado el punto óptimo del cromosoma. Una vez calculada la aptitud de cada gen en el cromosoma, el siguiente paso es la construcción de una nueva población, que implica nuevos procesos de selección, cruce y mutación. Todo el proceso se repite hasta que se logra la solución óptima entre el conjunto de soluciones disponibles. Se han presentado decisiones de espectro basadas en AG para proporcionar una nueva banda de espectro solicitada por sistemas de CR en la red (Morabit et al., 2015). Un AG define la radio en términos de genes y cromosomas y considera la calidad de servicio (QoS) del usuario como una entrada al procedimiento AG. Además, el tamaño de la población de cromosomas se define por el tamaño de los recursos del espectro disponibles y los genes de los cromosomas definen la eficiencia de la asignación del espectro.
- 6 Se han llevado a cabo análisis haciendo uso de la técnica ACO para encontrar el tiempo de detección óptimo de sistemas de CR (Jhajj, 2017). Como los sistemas de CR tienen un marco de tiempo fijo para detectar el entorno y transmitir datos, se requiere de un período óptimo de detección que maximice el rendimiento con una interferencia mínima con los UP; un algoritmo ACO puede encontrar el tiempo de detección óptimo, que permite encontrar una solución optimizada. El ACO también ha sido propuesto para la toma de decisiones de reconfiguración en redes cognitivas (Qian He et al., 2013). Reconfigurar significa modificar las condiciones de terminales y dispositivos de red para adaptarse de forma inteligente a las condiciones ambientales.
- 7 En las redes cognitivas, los sistemas de CR que hacen uso de esquemas de aprendizaje bayesiano pueden calcular de la distribución estadística el valor previo de un parámetro del sistema, que puede representar la ocupación del espectro.
- 8 En las redes cognitivas, los sistemas de CR pueden calcular de la distribución estadística el valor previo de un parámetro del sistema, que puede representar la ocupación del espectro. El modelo Bayesiano proporciona flexibilidad para aprender en un entorno desconocido. En (Jacob et al., 2014) se presenta un enfoque bayesiano basado en la detección de espectro en redes CR, donde se presentan inferencias bayesianas sobre

marcos de detección únicos y múltiples para calcular las distribuciones posteriores de parámetros desconocidos, que forma la base del aprendizaje bayesiano (Manco Vásquez et al., 2014). Un motor de toma de decisiones basado en un enfoque bayesiano en redes CR se propone en (Huang et al., 2010), donde el sistema aprende de un entorno y forma reglas para reconfigurar los parámetros de transmisión (modulación, velocidad de código) que garantiza la QoS de los sistemas de CR. La reconfiguración se puede lograr con el aprendizaje de parámetros, aprendizaje de estructuras y algoritmos de inferencia que forman reglas para adaptarse a las condiciones ambientales.

- 9 Varios autores han propuesto esquemas de detección de espectro basados en una aproximación HMM (Saad et al., 2016), (Ghosh et al., 2009). Así mismo, otros esquemas como la predicción de espectro basada en HMM para aplicaciones industriales que predicen con precisión a través de múltiples ranuras han sido analizadas (Saad et al., 2016). Las cadenas de Márkov se presentan como una herramienta útil para llevar a cabo estimaciones futuras, de modo que se han formulado aplicaciones de predicción de canales para estimar la ocupación esperada del canal, asumiendo una determinada distribución estadística; modelos similares son usados para estimar la condición actual del canal, así como la movilidad del espectro para usuarios de CR.

#### 4.11.2. Consideraciones generales de las técnicas inteligentes en la gestión dinámica del espectro

Las técnicas inteligentes mencionadas en el Anexo 1, ofrecen muchas ventajas y beneficios, pero su implementación enfrenta algunos desafíos:

- i. **NN supervisadas.** Básicamente, las NN supervisadas logran su objetivo bajo supervisión, lo que requiere un conocimiento completo sobre el entorno en el que tiene que operar. Sin embargo, en el contexto de las redes cognitivas, es posible que los sistemas no tengan un conocimiento completo sobre el entorno radioeléctrico en el que tienen que acceder al espectro. Las NN proporcionan un alto nivel de clasificación de las características, pero también requieren de un etiquetado de datos. Requieren entrenamiento en diferentes condiciones ambientales y el resultado depende de la selección de los parámetros iniciales. Por lo tanto, la selección para el proceso de aprendizaje o entrenamiento debe estar orientada a las tareas específicas y libres de ruido. Además, con el aumento del tamaño de la red, el proceso de formación se ralentiza, lo que puede conducir a una convergencia más lenta. Para mejorar su eficiencia, se introducen múltiples capas ocultas que requieren grandes datos de entrenamiento que pudieran ralentizar aún más su proceso de formación.
- ii. **NN no supervisadas.** Un desafío importante al que pueden enfrentarse los sistemas cognitivos es la falta de conocimiento del entorno radioeléctrico. Incluso en esta situación, se espera que las CR adopten cambios en el entorno para no colisionar con los UP. Los sistemas cognitivos deben extraer información sobre las actividades del usuario primario que hacen uso de las NN

no supervisadas. En las NN no supervisadas, el aprendizaje se basa en una correlación entre los datos de entrada; no hay información disponible sobre la salida que se considera como correcta. Por tanto, las NN no supervisadas se utilizan indirectamente para la gestión del espectro en redes cognitivas, que permiten adecuar esquemas de modulación, optimizar algoritmos para la decisión de espectro, así como en algoritmos de ruteo.

- iii. **NN competitivos no supervisados:** Se han presentado esquemas de DSM basados en Mapas autoorganizados (SOM, por sus siglas en inglés) para redes cognitivas *ad-hoc*. En estos esquemas, los patrones de actividades del UP y del sistema cognitivo se extraen y almacenan en la memoria, lo que reduce significativamente la probabilidad de colisión. SOM presenta la ventaja de que no requiere conocimientos previos sobre el entorno radioeléctrico. Además, la aplicación de SOM con un tipo diferente de patrón de entrada no requiere rediseñar el mecanismo de aprendizaje existente. Un tema adicional es que requiere datos suficientes para formar grupos significativos. Otro miembro de esta categoría es la Teoría de Resonancia Adaptiva (ART, por sus siglas en inglés), que se diseñó para problemas de identificación, reconocimiento y clasificación de patrones de objetos. Tiene una estructura de control estable y autorreguladora, pero no siempre garantiza la estabilidad y tiene que fijar empíricamente su parámetro de vigilancia. El algoritmo ART no es adecuado directamente para DSM en redes cognitivas.
- iv. **Aprendizaje por refuerzo.** El algoritmo de aprendizaje por refuerzo (RL, por sus siglas en inglés) aprende de refuerzos (o recompensas) que pueden ser positivos y negativos para fortalecer su entrenamiento. RL se posiciona como una de las técnicas inteligentes con mayor potencial para resolver el problema de la gestión del espectro en redes cognitivas. RL se utiliza en detección de espectro, decisión de espectro (en un entorno de múltiples agentes y con múltiples objetivos), uso compartido y movilidad de espectro. Uno de los principales inconvenientes de la técnica RL es la lenta convergencia (Koushik et al., 2018).
- v. **NN combinacionales.** Los NN combinacionales contemplan a las NN neuro-difusas y NN *wavelet*. Las neuro-difusas utilizan una lógica difusa, en lugar de utilizar modelos matemáticos complicados. La principal ventaja de la lógica difusa es su velocidad para su aprendizaje y requiere menos recursos computacionales. Con lógica difusa, la solución se puede obtener cuando el sistema tiene un conocimiento ambiental incompleto. Algunas desventajas de la lógica difusa radican en su dificultad para crear su modelo con dimensiones crecientes, lo que puede conducir a resultados ineficientes. Además, es difícil estimar su función óptima de acuerdo con los requisitos de cada usuario, requiriendo ajustes.
- vi. **Máquina de vectores de soporte.** La SVM pertenece a la categoría de aprendizaje supervisado que se utiliza para problemas de clasificación de objetos, reconocimiento de patrones y análisis de regresiones. La técnica SVM proporciona un rendimiento superior en muchas aplicaciones debido a su capacidad de generalización y robustez frente al ruido. SVM asigna el vector de

entrada desde una característica dimensional de baja dimensión a otra con dimensión alta, lo que hace que sean linealmente separables. En las redes cognitivas, SVM se utiliza para la clasificación de señales. Los datos muestreados se clasifican como UP o no según el entrenamiento de SVM. A diferencia del mecanismo ANT, no se presenta un problema de sobreajuste y proporciona un buen rendimiento en problemas pequeños. Sin embargo, en problemas complejos, proporciona un rendimiento deficiente y puede requerir un alto conjunto de entrenamiento que aumenta su complejidad de cálculo y requisitos de almacenamiento. Además, SVM requiere grandes datos etiquetados para su entrenamiento y conocimiento completo del entorno de radio.

- vii. **Algoritmos metaheurísticos.** Estos algoritmos resuelven problemas de optimización multiobjetivo mediante procesamiento paralelo. Los AGs proporcionan optimización multiobjetivo basada en función óptima, (definida como función *fitness*<sup>22</sup>), pero es posible que no siempre converja al óptimo global en caso de requerir grandes rendimientos. El rendimiento del AG depende en gran medida de la función física, que puede basarse en un conocimiento previo. Un conocimiento previo erróneo puede conducir a la generación de cromosomas defectuosos, por lo tanto, la selección de mejores genes (cada gen representa ancho de banda, esquema de modulación, velocidad de datos, etc.) para generar los siguientes genes son muy críticos. Además, AG se considera una opción lenta, ya que la función de aptitud se calcula mediante un proceso de selección, cruce y mutación. AG mejora su velocidad de convergencia ya sea combinándose con una red neuronal de bases radiales o aumentando la cantidad de genes. En ACO, la computación paralela, la autoorganización y la retroalimentación positiva pueden ayudar a un sistema cognitivo a lograr la capacidad de autoadaptación y aprendizaje para lograr mejores resultados globales. El algoritmo ACO implica un valor óptimo local que está en función del valor global óptimo definido. ACO puede adaptarse fácilmente a los cambios ambientales pero su desempeño es pobre para búsquedas locales.
- viii. **Enfoque bayesiano.** El enfoque bayesiano se basa en un modelo probabilístico que destaca la importancia de la distribución previa para derivar la distribución posterior utilizando el Teorema de Bayes. El enfoque bayesiano requiere conocimientos previos sobre el entorno radioeléctrico. La información incorrecta puede llevar a inferencias sesgadas. Tiene una alta complejidad computacional debido a integrales de alta dimensión. El aprendizaje bayesiano se puede combinar con otras técnicas como HMM para llevar a cabo predicción de la calidad del canal en redes CR. Se utilizan juegos bayesianos dinámicos para llevar a cabo procesos de toma de decisiones.
- ix. **Modelo oculto de Márkov.** Las HMM son un modelo estocástico basado en el modelo de Márkov que es relevante para las aplicaciones de redes cognitivas, como parámetros ambientales

---

<sup>22</sup> Una función *Fitness* o de adecuación es un tipo de función objetiva que se utiliza para resumir lo cerca que está una determinada solución de arquitectura de *software* de alcanzar los objetivos establecidos

que pueden ser parcialmente observados y actuar como estados ocultos. La selección de modelos apropiados para la formación es una tarea muy importante en HMM. Debido a la presencia de múltiples capas ocultas, es difícil para decodificar la secuencia. Los HMM se han utilizado ampliamente en redes cognitivas para detección de espectro, así como en la selección de canales y movilidad del espectro. Uno de los principales inconvenientes al utilizar HMM es que se requiere de una secuencia de entrenamiento. Puede ser combinado con otras técnicas como AG para mejorar su eficiencia de entrenamiento.

- x. **Teoría de juegos.** La teoría de juegos es un modelo matemático que proporciona una solución para sistemas multi-agente en los que la decisión de un agente individual afecta a la decisión de otros jugadores. Particularmente en las redes cognitivas, cada sistema actúa como un actor y su acción puede incluir la selección de parámetros según requerimientos del usuario. El objetivo de la teoría de juegos es proporcionar el mejor resultado (solución óptima) teniendo en cuenta el interés de todos los actores. La teoría de juegos se ha usado en varias aplicaciones en la gestión de redes cognitivas, como detección de espectro, toma de decisiones, acceso al espectro, etc. Uno de los principales inconvenientes al utilizar la teoría de juegos es hacer un modelo que requiere información estadística sobre el entorno radioeléctrico. Como el entorno es dinámico, esto puede llevar a un cambio de solución óptima antes de la convergencia. Es difícil estructurar un juego que siempre proporcione una solución óptima. Otro inconveniente es un número limitado de jugadores. A medida que los jugadores aumentan, puede disminuir su velocidad de convergencia, que es otro factor importante que debe tenerse en cuenta. Además, la teoría de juegos requiere conocimiento completo del entorno y necesita datos etiquetados para la formación.

#### 4.11.3. Retos y nuevas demandas

Las técnicas inteligentes proporcionan una solución prometedora para la realización del DSM, sin embargo, la creciente demanda de servicios y el desarrollo de nuevas tecnologías ofrece nuevos desafíos en el desarrollo de modelos que permitan dotar de inteligencia a estas redes emergentes. Esquemas de compartición dinámica de recursos como DSM deberán estar en constante evolución para satisfacer las demandas de las redes cognitivas futuras. Algunas de estas consideraciones se enlistan a continuación:

- 1 **Banda ancha y frecuencias más altas:** La identificación de bandas de operación arriba de 6 GHz, el desarrollo de redes que requieren de mayor ancho de banda, menores latencias y el despliegue de redes masivas requiere no solo de una mayor eficiencia del espectro sino también más recursos de ancho de banda, lo que presenta un desafío importante para las redes cognitivas. A medida que aumenta el número de usuarios en los sistemas inalámbricos, la escalabilidad se convierte en un tema importante. Las velocidades de convergencia, la identificación de soluciones óptimas y el entrenamiento de las redes cognitivas representan retos que deberán actualizarse a la par del desarrollo de nuevas tecnologías.

- 2 Gestión de interferencias: Debido a la coexistencia entre redes heterogéneas y al despliegue de redes con una gran cantidad de usuarios por unidad de área, se presentan nuevos desafíos para esquemas como el DSM. Es necesario desarrollar la adaptación de los esquemas de modulación, arreglos de antenas, potencia de transmisión, así como otros parámetros que permita a los dispositivos cumplir con los niveles de interferencia permitidos. Además, la cooperación entre diferentes redes cognitivas mitiga aún más el efecto de la interferencia.
- 3 Privacidad y seguridad: El despliegue de nuevas tecnologías de acceso al espectro plantea nuevos desafíos de seguridad que no han sido estudiados previamente. Además, los reguladores y los formuladores de políticas deben considerar qué datos sobre el uso del espectro se pueden recopilar, que permitan y gestionar de manera eficiente el acceso al espectro, sin invadir la privacidad del usuario. Es necesario garantizar la implementación correcta del sistema implementado procedimientos de cumplimiento para evaluar de manera efectiva la operación del DSM.
- 4 Técnicas inteligentes basadas en redes cognitivas sustentables: El reciente crecimiento exponencial de la tecnología inalámbrica y la penetración en la utilización de nuevas tecnologías en la vida diaria, deben considerar cuestiones relacionadas con la salud y el medio ambiente. Por lo tanto, el diseño de los futuros esquemas de redes cognitivas deberá ser energéticamente eficiente para reducir las emisiones de carbono. Los sistemas inteligentes deberán considerar dentro sus condiciones de entrada o condiciones de operación el tema de la eficiencia energética, de modo que la sustentabilidad sea uno de los temas a evaluar en la ponderación del logro de una solución óptima o correcta.
- 5 Esquema de *Multiple-Input And Multiple-Output* (MIMO, por sus siglas en inglés) masivo con inteligencia: Los esquemas MIMO pueden hacer uso de arreglos de varias antenas para transmitir, reconfigurando su potencia de transmisión, el número y disposición de las antenas a utilizar, pueden modificar el patrón de radiación de acuerdo con las necesidades del sistema (lo que abona en una mayor diversidad para mejorar su desempeño), etc. Para lograr lo anterior, es necesario incorporar inteligencia para mejorar la capacidad de transmisión/recepción de los sistemas, obteniendo un balance entre la QoS, el consumo energético de las antenas, duración de baterías e interferencias será necesario mejorar la capacidad y velocidad de los sistemas cognitivos para reconfigurarse.
- 6 Desafíos de la reforma regulatoria y de políticas: Más allá de las cuestiones técnicas, también hay reformas del marco regulatorio. Los sistemas implementados en el futuro deben considerar el uso del espectro de forma dinámica, donde los UP puedan ofertar su espectro de manera temporal, asignar y reasignar recursos de acuerdo con la demanda de las aplicaciones, etc., garantizando el nivel de servicio para el espectro establecido en la regulación. Además, también es factible diseñar estrategias para lograr subastas y mercados dinámicos de espectro.
- 7 Optimización multiobjetivo: En las redes cognitivas, los múltiples objetivos pueden entrar en conflicto entre sí; tales como minimización del consumo de energía, maximización del rendimiento, minimización de la tasa de error de bits, etc. La optimización de múltiples

objetivos es una tarea desafiante que debe abordarse con cuidado, sobre todo al momento de diseñar el objetivo óptimo a alcanzar. Además, se debe considerar que este objetivo óptimo variará de acuerdo con el tipo de aplicación y servicio implementado, y que la demanda de la cantidad y tipo de servicios puede variar en cada una de las zonas de cobertura.

En el Cuadro 3 se resumen las principales fortalezas, limitaciones y retos que cada uno de los esquemas mencionados presenta al momento de desarrollar sistemas de IA. En la mayoría de los casos las limitaciones se relacionan con los tiempos de convergencia del algoritmo a implementar, y el tiempo necesario para lograr un entrenamiento adecuado. En el caso de las ventajas, una de las principales es la capacidad de desarrollar procesamiento paralelo, así como la reducción en la complejidad en el desarrollo del sistema. Tanto ventajas como desventajas configuran el perfil de cada técnica para cubrir determinadas necesidades del sistema inteligente.

Cuadro 3. Fortalezas y limitaciones de técnicas para el desarrollo de sistemas inteligentes

Clase	Técnica Inteligente	Fortalezas	Limitaciones y retos
Redes Neuronales (NNs) Supervisadas	ML-NNs Prealimentadas NNs de Base Radial NNs Convolucionales NNs Recurrentes NNs Recurrentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de características de alto nivel</li> <li>• Capacidad de adaptación a pequeños cambios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Múltiples capas ocultas</li> <li>• Requieren diferentes algoritmos de entrenamiento</li> <li>• Convergencia lenta</li> </ul>
	ML-NNs Prealimentadas (Autocodificador)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere conocimientos previos</li> <li>• Buen rendimiento en problemas de clasificación de imágenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrenamiento lento</li> <li>• Falta de justificación teórica</li> </ul>
	NNs Recurrentes NNs <i>Hopfield</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza en problemas de optimización</li> <li>• Implementación simple</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la dimensionalidad</li> <li>• Identificar similitudes en los datos de entrada, causa de error</li> </ul>
NNs Sin Supervisión	Máquina de Boltzmann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computacionalmente eficiente</li> <li>• Mejor en ignorar datos aleatorios</li> <li>• Algoritmos rápidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aproximación burda</li> </ul>
	Mapas autoorganizativos/ Mapas Kohonen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fáciles de interpretar y comprender</li> <li>• Capaz de tratar varios tipos de problemas de clasificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere datos suficientes para formar conglomerados significativos</li> </ul>
	Teoría de la Resonancia Adaptativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje estable y rápido</li> <li>• Estructura de control autorregulada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No garantiza la estabilidad</li> <li>• Necesita fijar empíricamente un parámetro de vigilancia</li> </ul>
NNs Competitivas			

Clase	Técnica Inteligente	Fortalezas	Limitaciones y retos
		<ul style="list-style-type: none"> <li>•No requiere control de supervisión</li> </ul>	
	Aprendizaje por refuerzo y NNs	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Adecuada para problemas de aprendizaje en línea</li> <li>•Garantiza la optimización del <i>framework</i> de optimización de datos</li> <li>•Comportamiento global sensible a los cambios en la recompensa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convergencia lenta</li> </ul>
NNs Combinacionales	NNs <i>Neuro-Fuzzy</i> <i>Neuro-Fuzzy</i> (Lógica difusa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Más rápido de entrenar</li> <li>•Resistente a las perturbaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Difícil de crear un modelo</li> <li>•La función de pertenencia es difícil de estimar</li> </ul>
	NNs <i>Wavelet</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Se necesitan menos recursos informáticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesita más ajustes</li> </ul>
Otras NNs	NNs Cuánticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Fácil de entrenar gracias al paralelismo cuántico</li> <li>•Procesamiento más rápido que la NN Artificial clásica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Complejidad temporal y espacial</li> <li>•La memoria asociativa cuántica gana exponencialmente en capacidad de almacenamiento frente a la NN Artificial clásica</li> </ul>
	Máquina de vectores de soporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El sobreajuste no es habitual</li> <li>•No queda atrapado en mínimos locales debido a la optimización convexa</li> <li>•Hay que tener en cuenta menos parámetros y muestras de entrenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Largo periodo de aprendizaje</li> <li>•Difícil de entender los pesos aprendidos</li> </ul>
Algoritmos Metaheurísticos	Algoritmo genético	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Intrínsecamente paralelos, Las posibilidades de obtener una solución óptima son mayores, Fácil de entender</li> <li>•Mejor convergencia con el aumento de genes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Proceso lento</li> <li>•No siempre proporciona una solución óptima</li> <li>•Requiere función de adecuación</li> </ul>
	Optimización por Colonias de Hormigas	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Paralelismo inherente</li> <li>•Adaptabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Convergencia más lenta</li> </ul>
	Enfoque Bayesiano	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Decisión más precisa</li> <li>•Modelo probabilístico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Requiere información previa del sistema, Alta complejidad computacional, Un supuesto incorrecto sobre el sesgo a priori para sesgar las inferencias</li> </ul>
	Modelo oculto de Márkov	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Algoritmo de aprendizaje eficiente</li> <li>•Modelo estadístico sólido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•No puede expresar dependencias entre estados ocultos, difícil de decodificar,</li> </ul>



Clase	Técnica Inteligente	Fortalezas	Limitaciones y retos
		<ul style="list-style-type: none"> <li>•El Algoritmo genético mejora la eficiencia del entrenamiento del modelo</li> </ul>	Entrenamiento computacionalmente complejo
	Teoría de Juegos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Proporciona una solución para el sistema multiagente</li> <li>•Reduce la complejidad de la adaptación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Un número infinito de estrategias</li> <li>•Un número finito de jugadores</li> <li>•Riesgo e incertidumbre</li> <li>•No siempre converge</li> </ul>
Fuente: elaboración propia con datos de Qiufan (2023).			

#### 4.12. Ciberseguridad

Las organizaciones de ciberseguridad cada vez confían más en la IA además de las herramientas tradicionales como protección antivirus, prevención de pérdida de datos y gestión de identidad para mejorar la seguridad en diversos frentes. La capacidad de la IA para analizar enormes conjuntos de datos y detectar patrones la hace especialmente efectiva en varias tareas críticas:

- 1 Mejora la precisión en la detección de ataques, reduciendo los falsos positivos y priorizando respuestas según los riesgos reales.
- 2 Identifica correos electrónicos y mensajes sospechosos utilizados frecuentemente en campañas de *phishing*, mejorando la detección de amenazas.
- 3 Simula ataques de ingeniería social, ayudando a los equipos de seguridad a identificar vulnerabilidades antes de que los criminales cibernéticos las exploten.
- 4 Analiza rápidamente grandes cantidades de datos relacionados con incidentes, permitiendo una respuesta ágil y la contención de amenazas.

Al aprovechar la IA para evaluar sus propios sistemas, las organizaciones pueden abordar de manera proactiva las vulnerabilidades, obteniendo una ventaja estratégica en la prevención de futuros ataques. Este enfoque proactivo no solo protege los datos y reduce los costos de TI, sino que también fortalece las defensas generales de ciberseguridad. (Stanley, 2023)

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, por sus siglas en inglés) ha desarrollado un marco de ciberseguridad que detalla prácticas para fortalecer la ciberseguridad en cualquier organización y se basa en cinco funciones centrales: identificar, proteger, detectar, responder y recuperar. (Barrett, 2018) Estas funciones ofrecen una visión completa del ciclo de vida de la gestión de ciberseguridad, abarcando desde la prevención de ataques hasta la detección activa de nuevas amenazas y su contrataque. Cada función aborda diferentes aspectos del ciclo de vida de los ataques para garantizar una defensa efectiva:

- Identificar: la función de identificación proporciona la base para las demás funciones de ciberseguridad al identificar las funciones críticas y los riesgos asociados con los sistemas, las personas, los activos y los datos. Este proceso ayuda a entender el estado actual de la ciberseguridad, identificar vulnerabilidades y desarrollar una estrategia de gestión de riesgos adecuada para las propias necesidades, riesgos y presupuesto de la organización.
- Proteger: la función de protección se centra en planificar e implementar controles adecuados para limitar o contener el impacto de posibles eventos de ciberseguridad. Esto incluye una serie de controles técnicos y de procedimiento para protegerse de forma proactiva contra las amenazas cibernéticas internas y externas. La IA puede mejorar la resiliencia del sistema mediante la autenticación de usuarios, dispositivos y otros activos, la supervisión del comportamiento del usuario, el control de acceso automatizado, la formación adaptativa, la prevención de fugas de datos, la supervisión de la integridad, la protección automatizada de la información y los procesos y la provisión de soluciones de protección.
- Detectar: la función de detección se encarga de identificar de manera oportuna los eventos de ciberseguridad mediante el desarrollo e implementación de actividades adecuadas para su descubrimiento. Esta función es crucial para la seguridad, ya que la detección rápida minimizará la interrupción. Incluye actividades para la detección oportuna de intrusiones y anomalías, la evaluación de impacto, el monitoreo continuo de seguridad para verificar la efectividad de las medidas de protección y el mantenimiento adecuado de los procesos de detección. La IA puede acelerar la detección al monitorear información interna y externa y correlacionar datos para identificar actividades inusuales.
- Responder: la función de respuesta crea una hoja de ruta para gestionar y limitar el impacto de un posible evento de ciberseguridad. Es fundamental, ya que representa la primera línea de defensa en la gestión de incidentes y desarrolla enfoques para mitigar riesgos futuros. Incluye la planificación anticipada para abordar incidentes, el análisis para determinar su causa, alcance e impacto, la contención del incidente y la coordinación de la comunicación durante y después del ataque. La IA puede mejorar la eficiencia en la resolución de incidentes, reduciendo el tiempo y el esfuerzo requeridos por los analistas de seguridad.
- Recuperar: su objetivo principal es mantener la planificación de la resiliencia y la restauración oportuna de las capacidades o servicios que se vieron afectados debido a un incidente de ciberseguridad. Este enfoque facilita un regreso ágil a las operaciones normales, minimizando así el impacto del evento de ciberseguridad y extrayendo valiosas lecciones aprendidas. En el Cuadro 4 se enlistan algunos casos de uso de la IA en Ciberseguridad de acuerdo con las funciones establecidas por el NIST.

Cuadro 4. Casos de uso de la IA en Ciberseguridad

Función	Categoría	Caso de uso
<b>Identificar</b>	Gestión de activos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de inventario de activos</li> <li>Gestión automatizada de la configuración</li> <li>Validación automatizada del control de seguridad</li> </ul>
	Entorno empresarial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de impacto en el negocio</li> </ul>
	Gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación automatizada de políticas</li> </ul>
	Evaluación de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación y evaluación automatizadas de vulnerabilidades</li> <li>Búsqueda automatizada de amenazas</li> <li>Modelado de rutas de ataque</li> <li>Análisis de riesgos y evaluación de impacto automatizados</li> <li>Inteligencia predictiva</li> </ul>
	Estrategia de gestión de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoyo a la toma de decisiones para la planificación de riesgos</li> </ul>
	Gestión de riesgos de la cadena de suministro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguridad de la cadena de suministro basada en IA</li> </ul>
<b>Proteger</b>	Gestión de identificación, autenticación y control de acceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autenticación de usuarios respaldada por IA</li> <li>Autenticación de dispositivos compatible con IA</li> <li>Control de acceso automatizado</li> </ul>
	Sensibilización y entrenamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concienciación y formación en materia de seguridad adaptativa</li> </ul>
	Seguridad de los datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prevención de fuga de datos</li> <li>Protección inteligente del correo electrónico</li> <li>Bloqueo de dominios maliciosos e informes</li> </ul>
	Procesos y antecedentes de protección de la información	<ul style="list-style-type: none"> <li>Copia de seguridad impulsada por IA</li> <li>Plan de gestión de vulnerabilidades mejorado por IA</li> </ul>
	Tecnología protectora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Log análisis</li> <li>Sistema de prevención de intrusiones</li> <li>Antivirus/Antimalware</li> <li>Protección contra el engaño</li> </ul>
<b>Detectar</b>	Anomalías y eventos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de detección de intrusos</li> </ul>
	Monitoreo continuo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supervisión de la seguridad</li> </ul>
	Proceso de detección	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación de la web oscura</li> <li>Evaluación automatizada de diferentes fuentes de inteligencia de amenazas</li> </ul>

Función	Categoría	Caso de uso
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inteligencia de amenazas multilingüe</li> <li>• <i>Honeypots</i><sup>23</sup> impulsados por IA</li> </ul>
Responder	Planificación de la respuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión dinámica de casos</li> </ul>
	Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidad automatizada</li> <li>• Asignación</li> <li>• Sistema de apoyo a la colaboración</li> </ul>
	Análisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incidente automático</li> <li>• Caracterización</li> <li>• Clasificación de alertas</li> <li>• Análisis forense</li> </ul>
	Mitigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislamiento automatizado</li> <li>• Corrección automatizada</li> </ul>
	Mejoras al plan de respuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoras a largo plazo</li> </ul>
Recuperar	Planificación de recuperación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatizar la recuperación de datos y sistemas</li> <li>• Eliminación de <i>malware</i> o datos contaminados</li> </ul>
	Mejoras al plan de recuperación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y agregación de informes de incidentes</li> </ul>
	Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma para compartir información sobre las últimas brechas de seguridad o amenazas</li> </ul>
Fuente: elaboración propia con información de (Kaur, Gabrijelcic, & Klobucar, 2023).		

Las aplicaciones más destacadas de la IA en el ámbito de la ciberseguridad se encuentran en los sistemas de detección de intrusos. Estas soluciones de ciberseguridad frecuentemente analizan el tráfico de red, clasificándolo como legítimo o malicioso. En los primeros días de Internet, los ataques cibernéticos se detectaban mediante sistemas basados en reglas y firmas. Sin embargo, con el crecimiento exponencial de dispositivos conectados y el volumen de tráfico generado, desarrollar reglas para analizar este tráfico en tiempo real se ha vuelto un proceso lento. Esto ha llevado a que los sistemas de seguridad operen de manera reactiva en lugar de proactiva. Además, los avances tecnológicos también han permitido a los atacantes desarrollar nuevas y sofisticadas estrategias que pueden evadir la detección de los sistemas actuales.

<sup>23</sup> Los *honeypots* son servidores o sistemas señuelo que se despliegan junto a los sistemas que una organización realmente utiliza para la producción. Los *honeypots* están diseñados para parecer objetivos atractivos, y se despliegan para permitir que los equipos de TI supervisen las respuestas de seguridad del sistema y redirijan al atacante lejos de su objetivo previsto. Fuente especificada no válida.

Para enfrentar la expansión de amenazas cibernéticas, es crucial utilizar herramientas avanzadas como la IA. La IA, especialmente a través del ML, que puede analizar y clasificar grandes volúmenes de tráfico de red de forma automatizada y eficiente. Estas técnicas aprenden del tráfico de Internet recopilado para diferenciar entre tráfico legítimo y malicioso. Debido a la prevalencia del ML en ciberseguridad, los términos "*machine learning*" e "inteligencia artificial" son a menudo usados de manera intercambiable en este contexto. (Zeadally, et al., 2020)

En el Cuadro 5 se resumen los diferentes tipos de ataques cibernéticos, los desafíos que presentan para la detección de intrusos y las soluciones que la IA puede ofrecer para abordar estos retos en el sector de la ciberseguridad.

Cuadro 5. Desafíos y retos de la IA en Ciberseguridad

Área de dominio		Ciberataques	Retos	Soluciones IA
Internet	Red	Denegación de servicio	Cambiar los patrones de tráfico; gran número de características	Aprender los patrones de tráfico cambiantes, aumentar la precisión con un pequeño número de características
	Capa de aplicación	Semántica de los mensajes cambiante	<i>Big data</i> ; características específicas de la lingüística	Clasificar las semánticas basado en la gramática, elección de palabras, negativos, sentimientos, autenticidad de usuario
	Humano	<i>Phishing</i>	Entrenar personas es difícil; métodos de ataque cambiantes y variantes	Detección automática de <i>phishing</i> , enlaces maliciosos, JavaScript malicioso
IoT	Privacidad	Aseguramiento de la información; suplantación de identidad	Si los datos se pueden compartir o deben protegerse	Proteger datos en el ambiente distribuido
	Sistemas ciber-físicos	Recolección y compartición insegura de datos (ej. la nube)	Gran área de distribución	Gestión de beneficios, seguridad en la nube

Área de dominio	Ciberataques	Retos	Soluciones IA
Infraestructura crítica	Todos los ataques en el panorama cibernético	Construir resiliencia	Marco basado en la lógica
Fuente: (Zeadally, Adi, Baig, & Khan, 2020).			

La IA ha mejorado la ciberseguridad al optimizar la seguridad de las redes y detectar comportamientos inusuales<sup>24</sup>. Sin embargo, también introduce numerosos riesgos en este ámbito. A medida que las herramientas de IA se vuelven más comunes, es probable que también aumenten las amenazas cibernéticas impulsadas por esta tecnología.

Entre estas amenazas se encuentran los ataques de fuerza bruta, la denegación de servicio y la ingeniería social, que se están volviendo más sofisticados gracias a la IA generativa.

Un problema ético importante relacionado con el uso de la IA en ciberseguridad es su potencial para el uso indebido. Los ciberdelincuentes podrían emplearla para crear contenido falso o mejorar sus tácticas de *ransomware* y *phishing*, lo que haría que sus ataques sean mucho más eficaces.

Además, la capacidad de la IA para escribir código podría representar una amenaza para los desarrolladores, programadores y codificadores. Existe la preocupación de que las herramientas de IA se utilicen para atacar rápidamente sistemas en la nube complejos, aumentando así los riesgos de ciberseguridad.

Para enfrentar los desafíos que plantea la IA, las organizaciones necesitan un plan que incluya la colaboración con esta tecnología y la implementación de normativas estrictas. Es fundamental abordar los sesgos de la IA, proteger la privacidad y prevenir la manipulación de datos para evitar problemas imprevistos.

---

<sup>24</sup> El análisis de riesgos impulsado por IA genera resúmenes detallados de incidentes para alertas de alta fidelidad y automatiza las respuestas, optimizando las investigaciones y el proceso de clasificación de alertas en un promedio del 55%. Además, los modelos de IA mejoran la seguridad al tiempo que preservan la experiencia del usuario mediante la evaluación del riesgo de cada intento de inicio de sesión y la verificación de usuarios a través de datos de comportamiento. Este enfoque simplifica el acceso para los usuarios verificados y reduce los costos asociados al fraude hasta en un 90%.

Mantener una vigilancia constante es crucial para protegerse contra el robo de modelos de IA mediante ataques a redes e ingeniería social. Al hacerlo, las organizaciones pueden mejorar la seguridad de la IA y reducir los riesgos asociados a la ciberseguridad. (Marshall, 2024)

El enfoque en los datos es crítico para el éxito del ML en ciberseguridad porque la calidad y la relevancia de los datos son esenciales para desarrollar modelos precisos y efectivos. En ciberseguridad, el ML se basa en analizar patrones y aprender de ellos para predecir y prevenir ataques futuros, así como para responder a comportamientos cambiantes. Sin datos suficientes, completos y bien estructurados, los algoritmos de ML no pueden identificar correctamente las amenazas ni generar respuestas adecuadas.

La recopilación de datos de múltiples fuentes, como los puntos de acceso de los usuarios finales, las redes y la nube, es fundamental para construir un panorama completo del entorno de seguridad. Si los datos están incompletos, desorganizados o mal categorizados, los modelos de ML no podrán interpretar correctamente la información, lo que podría resultar en alertas falsas o en la incapacidad de detectar amenazas reales. Por lo tanto, es esencial que los datos estén estructurados y organizados de manera que sean útiles para la toma de decisiones y la detección de amenazas.

Los operadores deben estar enfocados en el aseguramiento de la calidad de los datos que coleccionan y en cómo se organizan y estructuran esos datos. Esto incluye garantizar que los datos de múltiples fuentes se normalicen y se integren adecuadamente para que los modelos de ML puedan funcionar de manera efectiva. Sin esta integración y estructuración, incluso la tecnología de ML más avanzada no podrá aprovechar todo su potencial para mejorar la ciberseguridad.

En resumen, la efectividad del ML en ciberseguridad depende directamente de la calidad, relevancia e integración de los datos en los que se basa. La capacidad de detectar ataques, automatizar respuestas y prevenir amenazas futuras está ligada a qué tan bien se gestionan y estructuran los datos antes de que sean procesados por los algoritmos de ML.

Las herramientas y aplicaciones de ciberseguridad han mejorado en los últimos años en cuanto a sofisticación, velocidad y efectividad. A nivel global, la inversión en tecnologías enfocadas en ciberseguridad fue de 1.3 miles de millones de dólares entre 2010 y 2022, creciendo a una tasa anual compuesta del 16.6 %, de acuerdo con el *Information Security Report* de Pitchbook<sup>25</sup>.

El reporte revela que, en el proceso de implementación de estas nuevas tecnologías, el 84 % de las organizaciones se encuentra en las primeras etapas de incorporación de dos o más nuevas tecnologías a su conjunto existente de soluciones de ciberseguridad; dentro de las tecnologías incorporadas se contempla el uso de estrategias y protocolos basado en IA. Esta renovación

---

<sup>25</sup> Disponible en: [Cybersecurity Leadership Insights: mastering complexity | EY - US](#)

tecnológica puede traer consigo una mayor complejidad en la implementación de las medidas de seguridad.

Los responsables de la Ciberseguridad en las empresas deben transformar la forma en que se introduce la tecnología de ciberseguridad en toda la empresa, desarrollando una estrategia tecnológica holística que aborde las necesidades de ciberseguridad de los imperativos empresariales emergentes, como la nube y la totalidad de los sistemas que integran el ecosistema, y aproveche al máximo la automatización.

Los ciberataques basados en ML pueden utilizar los propios algoritmos de IA de una organización para producir entradas dañinas y contaminar los algoritmos legítimos. A través de la contaminación de datos, los *hackers* manipulan los datos utilizados para entrenar un modelo de IA, lo que lleva a una toma de decisiones incorrecta, como la identificación errónea de código malicioso como seguro. Los algoritmos de IA también pueden ser modificados mediante ataques usando recursos de ML, donde los atacantes utilizan métodos para engañar al sistema de IA y hacerlo tomar decisiones incorrectas, lo que puede resultar en que un sistema no detecte o pase por alto actividades maliciosas.

El uso de algoritmos de ML ha impulsado el progreso en las habilidades de los ciberdelincuentes y ha generado un cambio en las tácticas de ataque. Las estrategias tradicionales estaban dirigidas a evitar la detección y eludir las medidas de ciberseguridad de una organización. Ahora, los ciberdelincuentes están lanzando ataques dirigidos a los controles de ciberseguridad. Según Microsoft, los algoritmos de IA utilizados para detectar malware podrían ser susceptibles a ataques de contaminación de datos, donde los atacantes introducen *software* malicioso en el conjunto de datos de entrenamiento, causando que la IA lo clasifique erróneamente como inofensivo.

#### 4.12.1. Casos de uso de la IA en ciberseguridad

En India, Vodafone utiliza los servicios proporcionados por IBM para gestionar de manera unificada los puntos de acceso, usuarios finales, aplicaciones, contenido y datos implementando un enfoque de IA. Esta solución asegura correos electrónicos, protege dispositivos que contienen información corporativa utilizada para la automatización de ventas en campo, y garantiza la seguridad de datos y aplicaciones incluso en los dispositivos personales de los empleados, respetando su privacidad personal. La plataforma ofrece capacidades de IA y análisis contextual para la defensa proactiva contra *malware* y otras amenazas, así como inicio de sesión único en aplicaciones web y SaaS desde cualquier dispositivo. (Anon., 2019) De manera similar en India, Vodafone ha firmado una asociación con *Route Mobile Limited* para proveer soluciones de monetización en comunicaciones del tipo aplicación a persona (A2P) para todo el tráfico de Servicio de Mensajes Cortos (SMS, por sus siglas en inglés) A2P en su red. *Route Mobile* desplegó su solución de *firewall* analítico impulsada por IA/ML y SMS Hub en la red de Vodafone, junto con el tráfico de SMS A2P, protegiendo a sus clientes contra el *spam* y los mensajes de *phishing*, al tiempo que maximiza los ingresos a través de un análisis y detección de tráfico efectivos. (Anon., 2023)



Empresas como K2 Telecom de Brasil, Telecentro de Argentina y *Stealth Communications* de Estados Unidos han optado por el producto de Nokia, *Deepfield Defender*. (Roseboro, et al., 2024) Es una aplicación de *software* que integra datos de red como telemetría, DNS y *Border Gateway Protocol*<sup>26</sup> con la base de datos en la nube de Nokia, proporcionando un análisis exhaustivo del contexto de seguridad en Internet. Este *software* detecta ataques de denegación de servicio distribuido (DDoS) mediante la correlación de información en tiempo real con el conocimiento de su base de datos, permitiendo una respuesta ágil y basada en la red. Para ello utiliza algoritmos avanzados de IA/ML con el objetivo de desarrollar estrategias óptimas de mitigación contra los ataques DDoS, instruyendo en tiempo real a los enrutadores o al sistema de gestión de dispositivos para aplicar filtros y neutralizar los ataques de manera efectiva. (NOKIA, s.f.)

Otro ejemplo son los proveedores de telecomunicaciones SLT-MOBITEL de Sri Lanka y NTT Corporation de Japón, que están utilizando productos basados en IA de Microsoft. SLT-MOBITEL ha adoptado las soluciones de productividad y seguridad basadas en IA de Microsoft para mejorar sus operaciones, aumentar la productividad y fortalecer la resiliencia cibernética. Esto incluye proteger la información confidencial y proporcionar asistencia a los funcionarios de alto rango, asegurando la integridad de los datos y el cumplimiento normativo, así como facilitando la colaboración en tiempo real entre diferentes ubicaciones. Por otro lado, NTT Corporation y Microsoft han anunciado una alianza estratégica de varios años que combina la infraestructura de TIC, los servicios gestionados y la experiencia en ciberseguridad de NTT con la plataforma en la nube y las tecnologías de IA de Microsoft. Las iniciativas principales incluyen la creación de un entorno digital global, el desarrollo de soluciones empresariales digitales basadas en tecnología Microsoft, y la colaboración en la innovación de tecnologías emergentes como las redes totalmente fotónicas y la computación de gemelos digitales. (Roseboro, et al., 2024)

En EE. UU los proveedores de telecomunicaciones CL Tel y Oberlin Cable Co-Op utilizan el *software* Bark desarrollado por Calix. Esta herramienta basada en IA monitorea redes sociales, mensajes de texto, correos electrónicos y aplicaciones, proporcionando alertas en tiempo real a padres y tutores sobre peligros en línea para permitir intervenciones inmediatas. (Roseboro, et al., 2024)

Plume es una compañía de *software* que provee servicios de optimización automática de Wifi, control de red y de ciberseguridad a proveedores de telecomunicaciones en Asia, América y Europa. (Roseboro, et al., 2024) El sistema de seguridad utiliza ML para crear una lista blanca de comportamientos permitidos y bloquear anomalías mediante análisis de comportamiento y detección de anomalías. Además, coloca en cuarentena de manera automática a dispositivos para evitar la propagación de códigos maliciosos y proporciona un panel de seguridad en toda la red que

---

<sup>26</sup> El protocolo de puerta de enlace fronteriza (del inglés *Border Gateway Protocol*) es un conjunto de reglas que determinan las mejores rutas de red para la transmisión de datos en Internet.

permite a los proveedores ver en tiempo real lo que sucede, facilitando respuestas rápidas ante amenazas a la infraestructura. (Anon., s.f.)

## 5. Radiodifusión

---

En relación con las empresas de radiodifusión y la industria de los medios, el uso de la IA está impactando a toda la cadena productiva, y puede ser una herramienta para fortalecer la operación de las empresas. En la actualidad, la cantidad de herramientas que permiten la realización de las tareas de gestión y edición de contenidos ha crecido de manera importante, permitiendo a las estaciones de radio y TV implementar de manera automática procesos de catalogación y detección de metadatos. La cantidad de tiempo para llevar a cabo estas tareas se puede reducir sustancialmente, ejecutándolas prácticamente en tiempo real.

### 5.1. Análisis de constelación en ATSC 3.0

La tercera versión del estándar del *Advanced Television Systems Committee* (ATSC 3.0) ofrece varias innovaciones clave, incluyendo la capacidad para transmitir en Ultra Alta Definición a través de técnicas avanzadas como la modulación no uniforme y la multiplexión por división de capas. La modulación no uniforme mejora la eficiencia espectral al permitir constelaciones en las que la simetría se verifica solo dentro de cada cuadrante, aumentando así la robustez y la tasa de datos. ATSC 3.0 puede alcanzar órdenes de modulación de hasta 4,096 símbolos posibles.

Además, el estándar emplea técnicas avanzadas en la multiplexación de potencia, transmitiendo diferentes capas de servicio en la misma banda de frecuencia, pero con distintos niveles de potencia, lo que complica el reconocimiento visual de la constelación. Para abordar esta complejidad, Hengles Almeida (2023) propone el uso de visión por computadora y técnicas de IA. Estas tecnologías permiten identificar características clave de la señal recibida, como el orden de modulación, la tasa de corrección de errores, y la relación señal-ruido, sin necesidad de demodulación completa.

La integración de técnicas de visión por computadora mostró una reducción del 21 % en el tiempo promedio de búsqueda para identificar constelaciones. Esto mejora significativamente el procesamiento y análisis de señales en el contexto de ATSC 3.0, optimizando tanto la robustez del sistema como la eficiencia operativa. (Hengles Almeida, et al., 2023).

### 5.2. Cancelación de ruido en redes de comunicación entre torres ATSC 3.0

Uno de los principales retos es la interferencia significativa de la señal de retorno (*loopback*), que es común en sistemas *In-band Full-Duplex*. Para mitigar este problema, se requiere una cancelación de señal de alta eficiencia, pero alcanzar una cancelación superior a 60 dB (decibeles) no es una tarea sencilla haciendo uso de las técnicas de cancelación digital actuales. Hasta ahora, se han propuesto técnicas de filtrado en el dominio del tiempo y la frecuencia para la cancelación digital de señales, aunque estas pueden resultar insuficientes en canales altamente dinámicos. En este contexto, la IA

se presenta como una solución prometedora, ya que podría mejorar la cancelación de señales en estos entornos dinámicos.

Dado que la señal que se necesita limpiar de ruido sigue distribuciones estadísticas definidas, los métodos de IA podrían ser una alternativa prometedora. De hecho, varias arquitecturas de IA aprovechan las estructuras presentes en los datos para realizar operaciones de eliminación de ruido. Por ejemplo, se ha realizado una considerable investigación en métodos basados en IA para la reducción de ruido en imágenes.

En un estudio realizado por Bilbao et al (2021), se concluyó que la implementación de redes neuronales en las etapas de procesamiento de señales podría ofrecer beneficios sustanciales. En términos de rendimiento, se anticipa una mejora significativa debido al comportamiento no lineal y basado en datos de las redes neuronales. Además, en cuanto a latencia, las redes neuronales superan a los métodos clásicos robustos, como el Error Cuadrático Medio Ponderado. (Bilbao, et al., 2021)

En un estudio similar se investigó la estimación del canal de retorno, analizando diversos métodos propuestos para eliminar el ruido intrínseco en el proceso de cancelación del canal de retorno. Asimismo, propuso y evaluó una alternativa basada en Redes Neuronales Convolucionales. (Bilbao, et al., 2022).

### 5.3. Evolución

La industria de la radiodifusión está en proceso de incorporar los recursos y herramientas de la IA a su operación, por medio del uso de algoritmos de ML y NLP. De acuerdo con la firma Adstream, en Estados Unidos (EE. UU). alrededor del 35 % de las empresas de radiodifusión de TV y el 30 % de las empresas de TV por cable emplean algún tipo de IA. Algunos de los usos específicos se enlistan a continuación:

- Detección de metadatos y catalogación de contenidos. Por medio de la IA es posible localizar y hacer uso de algún contenido grabado y transmitido en el pasado, que pudiera ser de utilidad actualmente. Esta búsqueda, recuperación e incorporación en un nuevo contenido ejecutada por medio de algoritmos de IA puede ser llevado a cabo casi de manera instantánea, contrario a las horas de edición que los procedimientos manuales requerían. Por medio de algoritmos avanzados, la IA puede identificar logos, temáticas, frases y clasificarlos de acuerdo con las necesidades. Así mismo, puede identificar emociones en los rostros de las personas por medio de exámenes de expresión facial y de tecnología NLP, que puede detectar cualquier palabra o frase en cualquier idioma.
- Calidad. Una tarea de relevancia es el aseguramiento de la calidad de los contenidos. Debido a la gran diversidad de dispositivos utilizados por los consumidores para reproducir los contenidos multimedia, las pruebas de video para evaluar la compatibilidad de cada uno de ellos se convierten en una tarea ardua, que puede

repercutir en una reproducción de baja calidad si no se lleva a cabo de manera adecuada. Por medio de ML se puede almacenar información acerca de las especificaciones del dispositivo y por medio de herramientas de reconocimiento de imágenes se puede detectar una experiencia de baja calidad por parte del usuario. Por medio de ML se puede llevar a cabo cortes o eliminación de escenas, inserción de señales acústicas que no permitan la escucha de determinadas palabras o la eliminar contenido que puede afectar la clasificación del material.

#### 5.4. Automatización de los flujos de trabajo

Al igual que en otras industrias, uno de los principales incentivos para la adopción de la IA en las empresas de radiodifusión es la oportunidad de automatizar procesos y operaciones que se realizaban de manera manual. Se estima que empresas como Netflix puede ahorrar hasta un billón<sup>27</sup> de dólares anualmente al hacer uso de procesos automáticos que reduzca la pérdida de clientes (ITU-R, 2021). Las empresas están incorporando algoritmos de IA para optimizar la programación de contenidos, métodos de generación de metadatos, etiquetado, minería de datos (procesamiento de información), así como la creación eficiente de contenidos, incluyendo la automatización en la creación de subtítulos, así como la revisión, captura y edición de material ya grabado con el objeto de crear nuevo contenido.

#### 5.5. Programación y creación de contenidos

En la programación de contenidos, son varias las empresas alrededor del mundo que están incorporando IA en sus mecanismos de programación. Accenture, por ejemplo, está trabajando con empresas de radiodifusión para incorporar algoritmos de ML para optimizar la programación de contenidos<sup>28</sup>. La estación de *broadcasting* pública británica BBC cuenta con varios proyectos encaminados a reforzar el uso de la IA, así como técnicas de *machine learning* para la programación de sus contenidos, lo que le ha permitido generar ahorros en la producción y distribución de estos. La BBC estima una audiencia de 60 millones al año, generando un estimado de 442 billones de transacciones en el mismo período. El uso de algoritmos de ML les ha permitido organizar de una manera estructurada la información colectada, lo que ha permitido la integración de modelos robustos para regiones o industrias específicas, manteniendo los niveles de seguridad y privacidad que la regulación establece<sup>29</sup>. Recientemente, la *BBC Four*, un canal de televisión abierta hizo uso de algoritmos de IA y ML para analizar miles de horas de grabación de contenido que datan de 1953 para generar la programación de dos días completos<sup>30</sup>.

---

<sup>27</sup> A lo largo del reporte se usará el término 1 billón como equivalente a mil millones.

<sup>28</sup> Véase: [Enterprise Video and Broadcast Productions \(accenture.com\)](https://www.accenture.com/enterprise-video-and-broadcast-productions)

<sup>29</sup> Véase: [How AI and ML Are Powering the Future of Work - Article \(bbc.com\)](https://www.bbc.com/news/technology-55555555)

<sup>30</sup> Véase: <https://www.youtube.com/watch?v=lmScXjKjIDc>

Con el uso de la IA es posible detectar y extraer determinados segmentos de video o audio que cumplan con determinados parámetros predefinidos y metadatos; estos segmentos pueden ser editados y colocados nuevamente en un nuevo contenido, que estaría en condiciones de ser transmitido. Todo esto en tiempos menores a los que anteriormente eran ejecutados. En lo que respecta a la transmisión, el mecanismo de traducción y subtitulado puede realizarse de manera automática, incluso en diversos idiomas, tanto en contenido de audio y texto. Esto permitirá que el contenido pueda ser distribuido a cualquier parte del mundo.

Esta edición puede incluir incluso la adaptación del contenido a una legislación particular existente en algunas regiones, que prohíba o demande moderación de algunos contenidos, tanto de video como de audio. Esta capacidad de edición de contenido de acuerdo con las necesidades y demandas de cada lugar región en particular, permitirá una mejor gestión de la publicidad y promociones, generando servicios y productos que sean solo de interés para la región en la que el contenido es transmitido

## 5.6. Automatización y captura de imágenes

Haciendo uso de algoritmos de IA es posible tomar una secuencia de imágenes para identificar o reubicar áreas determinadas, de manera que puedan ser extraídas como una nueva imagen, con diferente ángulo o enfocando determinados aspectos de la imagen. Técnicas como la *Virtual -Video Angle Capture* (V-VAC), basada en IA está siendo la base para diferentes desarrollos experimentales en varias compañías de radio difusión. La BBC, en su grupo de investigación y desarrollo ha creado un modelo que le permite a un solo operador generar diversos ángulos, cortes y enfoques con solo una toma de una secuencia de video. Esto se logra haciendo uso de una cámara de alta definición, lo que generan ahorros en el proceso de producción. En conjunto con la empresa de desarrollo de *software* Isotoma, produjeron una plataforma con una interfase que permite mezclar contenido proveniente de varios monitores; cada uno de los monitores se modela como si fuera una gráfica de nodos, y cada uno de estos nodos puede ser multiplexado permitiendo generar imágenes que son el producto de la mezcla de los diferentes nodos<sup>31</sup>. Otro caso es el sistema V-VAC desarrollado por la empresa de radiodifusión japonesa TV Asahi que hace uso de la IA que permite la detección de objetos; con esto, el sistema puede determinar en cada escena cual es el punto de enfoque más apropiado, así como el tamaño de cada cuadro. El sistema puede manejar hasta 3 ángulos virtuales de manera simultánea. Otro proyecto similar que permite la identificación de diferentes cuadros de una imagen ha sido desarrollado por la empresa de TV Fuji Televisión.

## 5.7. Producción automatizada de contenidos

La IA también ha demostrado ser una herramienta útil para emplearse en los segmentos noticiosos y de información; varias agencias de noticias han publicado contenido mucho antes que sus pares

---

<sup>31</sup> Véase: <https://www.bbc.co.uk/rd/blog/2017-07-compositing-mixing-video-browser>

aprovechando la extracción de datos de los comentarios sociales públicos en línea e incorporándolos de manera automática en una nota. En estos casos, algunas de las agencias de noticias también utilizan un algoritmo de IA para hacer más eficiente su distribución.

La producción de programas de noticias también se beneficia del análisis de *big data* por medio de algoritmos de ML e IA. Los algoritmos de IA permiten a las agencias de noticias examinar automáticamente cantidades masivas de información diversa e identificar los temas o tendencias más relevantes para presentar a sus productores y espectadores posteriores. Las fuentes de información van desde publicaciones en redes sociales, informes y alertas emitidos por organizaciones públicas, hasta la programación archivada de la propia emisora.

Aplicando la IA para el reconocimiento de voz, es posible producir subtítulos de manera eficiente para programas de televisión en vivo, en atención a una audiencia de personas mayores y con problemas de audición. El reconocimiento de voz también se puede utilizar para transcribir voz en contenido de vídeo. Este método y enfoque se han vuelto indispensables para producir programas a partir de grandes cantidades de materiales de vídeo de forma más rápida y precisa. Además, la síntesis de voz se utiliza para traducir información escrita en información auditiva cuando sea más conveniente. Esto ha permitido que los programas transmitidos identifiquen y empleen voces de estilos alternativos cuando sean beneficiosos para el contenido transmitido.

Como otros ejemplos que utilizan ML/IA, las emisoras han desarrollado tecnologías para traducir automáticamente los datos de transmisión a formatos que puedan ser fácilmente entendidos por todos los espectadores, incluidos los hablantes de idiomas no nativos o las personas con discapacidad auditiva (es decir, idiomas extranjeros o gráficos por computadora basados en lenguaje de señas). Esto puede ser una manera de implementar transmisiones de contenido que abonen a la inclusión.

## 5.8. Creación de metadatos

La generación de metadatos a partir de contenido grabado o de reciente creación, puede llevar mucho tiempo y ser operativamente ineficiente. Los algoritmos de ML e IA son efectivos para automatizar con éxito la generación de metadatos dentro de los flujos de trabajo de gestión de activos multimedia.

Las estaciones de radiodifusión poseen archivos de programas emitidos anteriormente que pueden contener material de vídeo y/u otros materiales grabados. Los productores de programas a menudo buscan contenido de vídeo y archivos de audio archivados para una posible reutilización durante la producción de un programa. La búsqueda será más fácil si el contenido de vídeo y el archivo de audio están asociados con metadatos que indican la información del contenido. Las tecnologías de análisis de imagen y audio, incluido el reconocimiento facial, la detección de texto de escena y la detección de características de audio, permitirán generar automáticamente metadatos que describan información y características relevantes de cada cuadro. La empresa Prime Focus Technology ha

desarrollado algoritmos que permiten la automatización en la gestión de los contenidos que una empresa posee, impactan directamente en una reducción de costos. El sistema *Clear AI Metadata*<sup>32</sup>, basado en el uso de la GenAI, puede analizar y proveer información relevante para la creación de nuevo contenido basado en materiales realizados con anterioridad.

La detección de texto en cuadros de video se puede utilizar para agregar metadatos sobre escenas representadas en transmisiones y otros materiales de producción. Por ejemplo, el texto que aparece en carteles públicos en imágenes relevantes se puede utilizar para identificar la ubicación o dirección de un edificio. De esta manera, se puede utilizar un algoritmo de ML o IA para extraer información de texto de la escena para crear metadatos que describan la ubicación o el lugar donde la grabación se llevó a cabo. Adjuntar estos metadatos a la escena permite ubicarla fácilmente a través de un algoritmo de búsqueda basado en IA, lo que a su vez permite identificarla de manera eficiente y utilizarla, o hacer referencia a ella en oportunidades futuras.

### 5.9. Publicidad dinámica para radiodifusión

Actualmente existen aplicaciones de IA que permiten la colocación dinámica de productos y marcas en un contenido que ya haya sido grabado previamente. Muchos objetos tridimensionales se pueden colocar en una escena o se pueden reemplazar máscaras de marca a medida que los contratos expiran. Por ejemplo, en el mismo contenido inicial podría aparecer una marca de vehículo o automóvil diferente en las mismas escenas según el grupo demográfico al que va dirigido o la época en que el contenido sea emitido. Esto crea un cambio en la interacción entre el anunciante, el desarrollador de contenido y el distribuidor de contenido.

Este enfoque supondrá un cambio notable en la forma en que se maneja la promoción de contenidos, tanto en la creación como en su distribución, ya que la promoción de contenidos y colocación de marca podría desvincularse efectivamente de la generación inicial del contenido durante el proceso de producción. En un flujo de trabajo para publicidad de marcas y productos inspirado en algoritmos de ML e IA, la postproducción y los nuevos procesos establecidos durante la distribución se convertirían en puntos clave de inserción de productos y marcas.

### 5.10. Creación y personalización de contenidos

Los esfuerzos de personalización de contenido respaldados por algoritmos de ML e IA están cobrando mucha relevancia, enfocándose en la producción de contenido optimizado y orientado demográficamente para diferentes audiencias.

Para el caso de la radio en línea el uso de la IA permite delinear el tipo de contenido que el usuario desea escuchar, la publicidad que mejor responda a sus gustos y necesidades, así como evaluar el

---

<sup>32</sup> Véase: <https://www.primefocustechnologies.com/ai-metadata>



nivel de conformidad del radio escucha. Cada usuario podrá escuchar publicidad y contenido de acuerdo con sus gustos, preferencias, edad, etc.

Otro caso del uso de la IA en las transmisiones de radio vía radio frecuencia lo presento en el 2023 la emisora pública suiza Couleur 3, que durante un día transmitió únicamente contenidos generados por IA, incluyendo la voz de los locutores<sup>33</sup>. También en el mes de abril del 2023, la cadena de TV suiza M Le Media hizo uso de una presentadora virtual creada por IA para la sección de la presentación del clima<sup>34</sup>. Una experiencia similar se presentó en el 2016, por parte de la cadena China Shanghái Dragon que incluyó un avatar desarrollado por medio de la IA de Microsoft. El desarrollo de conductores virtuales se ha vuelto ya una industria con amplia difusión en varios países impulsado por empresas y *startups*. Una de esas compañías es Silicon Intelligence, especializada en procesamiento del lenguaje y conversión de texto en voz mediante IA, hace ya tres años empezó a percatarse del potencial de la generación de avatares mediante IA para las sesiones de ventas en directo.

Uno de los casos más recientes, es la empresa emergente Synthesia. Esta empresa hace uso de la IA generativa para producir un doble digital de cualquier persona. Para ello, solo es necesario que la persona pueda ser grabada durante unos cuantos minutos, para capturar sus rasgos físicos, movimientos característicos gesticulaciones y tono de voz<sup>35</sup>.

---

<sup>33</sup> Disponible en: [19h30 - Expérience inédite à Couleur 3. Une intelligence artificielle a pris le contrôle de la chaîne pour la journée. - Play RTS](#)

<sup>34</sup> Disponible en: [Jade, l'avatar météo de M le Média, fait le buzz !](#)

<sup>35</sup> Disponible en: [An AI startup made a hyperrealistic deepfake of me that's so good it's scary | MIT Technology Review](#)

## 6. Regulación y políticas públicas

---

### 6.1. Regulación

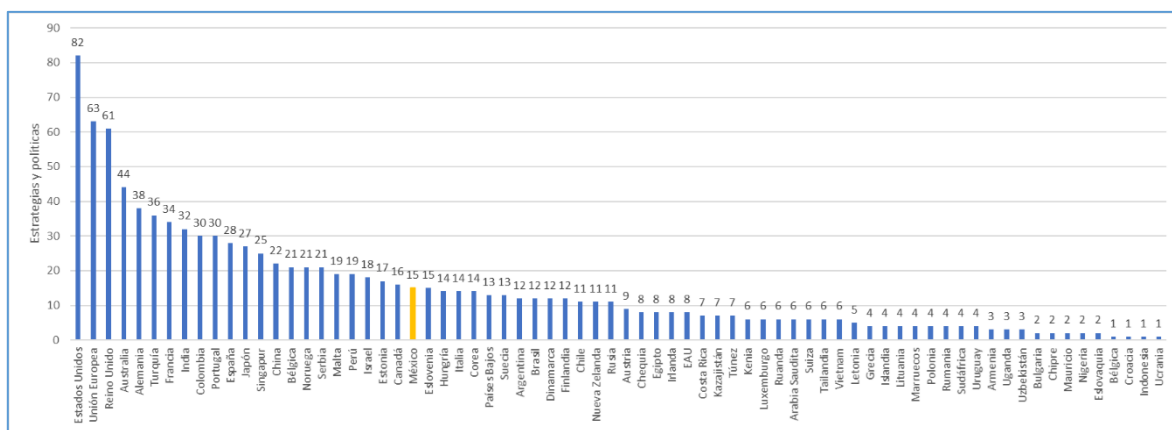
Alrededor del mundo han surgido varias iniciativas regulatorias relacionadas con la IA, y dadas las condiciones actuales esta es una condición que se generalizará a todas las naciones. La totalidad de estas propuestas parten de la definición de principios, aspectos éticos y de la reiteración de la protección de los derechos humanos y la protección a la privacidad y datos personales de los ciudadanos. En el Anexo II se describen de manera general proyectos de regulación de diversos países. En la selección de los países mostrados se incluyen a aquellas naciones líderes en los esfuerzos por regular la IA; se describen iniciativas de países provenientes de diversas latitudes, con una cultura y organización política diferente. Adicionalmente se detallan también algunas iniciativas surgidas a nivel de gobierno local.

Varias de las iniciativas descritas son de carácter general (como el caso de la Unión Europea), en la que se establecen directrices y principios que deben observarse en todas las aplicaciones y uso de la IA, independiente del sector al que se refiera. Aunque relevante, estos esfuerzos pueden verse limitados, ya que cada uso y aplicación de la IA puede presentar condiciones y necesidades particulares, propias de cada sector o industria. En este sentido, también se han presentado iniciativas sectoriales (como EE. UU. y China), motivadas por el desarrollo de casos de aplicación que ya están en operación y que han demandado la intervención de la entidad regulatoria en la resolución de algún conflicto o para la definición de un marco de operación de un modelo de negocio innovador. Hay también iniciativas que han surgido a nivel regional o estatal en algunos países, que de manera particular se han enfocado en gestiones gubernamentales, protección de datos y ciberseguridad.

Las regulaciones y marcos normativos tienen como escenario de aplicación la infraestructura y tecnologías asociadas a las TIC, lo que de manera implícita incluye al sector de las telecomunicaciones y radiodifusión, aunque ninguna de las propuestas descritas menciona una regulación específica para este sector.

La OCDE lleva a cabo una recopilación de las estrategias y políticas emprendidas por los países miembro; esto permite tener una idea general de las áreas y aplicaciones que cada país está impulsando. Gráfica 13.

Gráfica 13. Estrategias y políticas de IA provenientes de países de la OCDE



Fuente: elaboración propia con datos de la OCDE (2024).

De las iniciativas propuestas, en países como Australia, China, la Unión Europea (UE), Malasia, India, Singapur y Brasil se tienen contemplados proyectos relacionados con Sandboxes regulatorios que permitan la integración y puesta en marcha de iniciativas y modelos de negocio basados en IA, así como productos y servicios que usen herramientas de IA y que requieran algún tipo de flexibilización regulatoria o que los marcos regulatorios actuales no cuenten con los elementos necesarios para garantizar su operación y proporcionar seguridad a los usuarios. La totalidad de las iniciativas abordan temáticas relacionadas con la IA generativa en aplicaciones como educación, competencia, protección de derechos de autor y la generación de información falsa<sup>36</sup>.

La GSMA publicó un documento que describe un mapa de ruta para la implementación de un esquema de Inteligencia Artificial Responsable, que permita potenciar la confianza de los usuarios, desarrollar esquemas operacionales eficientes y fortalecer la calidad de los productos y servicios. El modelo es evaluado con base en 5 dimensiones: Visión: establece los principios bajo los cuales el esquema de implementación se construye, las regulaciones con la que está alineado y el mecanismo de gestión de riesgos bajo el que operará; Modelo Operativo: establece los mecanismos de gobernanza y el proceso de toma de decisiones, así como los roles y responsabilidades que permitan el desarrollo de mecanismos efectivos y transparentes; Controles Técnicos: Gestiona datos e información, y los controles de la estrategia de gestión de riesgos y el control y monitoreo de incidentes; Ecosistema con terceras partidas: Monitoreo y reportes de la operación de terceras partidas, así como su proceso y criterio de selección; y Gestión de cambios y comunicaciones: Entrenamiento y desarrollo de habilidades de los empleados, desarrollar una cultura que fomente los principios de una IA responsable y asegure su correcta comunicación. A su vez, estas 5 dimensiones se dividen en 20 subdimensiones, asegurando una evaluación clara de todos los elementos críticos necesarios para la implementación de una IA responsable<sup>37</sup>.

<sup>36</sup> Disponible en: <https://www.cullen-international.com/client/site/documents/CTGTGO20200003>

<sup>37</sup> Disponible en: [GSMA-ai4i The-GSMA-Responsible-AI-Maturity-Roadmap v8.pdf](https://www.gsma.com/ai4i/The-GSMA-Responsible-AI-Maturity-Roadmap-v8.pdf)

El nivel de responsabilidad de las plataformas que ofrecen servicios basado en IA es un tema de relevancia en la implementación de los marcos regulatorios, incluyendo temas de protección de la privacidad de los usuarios finales; estos aspectos han sido abordados por algunas de las iniciativas planteadas. Por ejemplo, en la sección 230 de la Ley de Telecomunicaciones de Estados Unidos, se exime a las plataformas *online* de cualquier responsabilidad en relación con el contenido publicado por sus usuarios. Esta sección ha sido sujeta de análisis, discusiones, demandas y revisiones por parte de entidades y empresas, en aspectos relacionados con la publicación de información personal de los usuarios sin consentimiento, discriminación y tráfico sexual, entre algunos otros<sup>38</sup>.

Aunque en general los marcos legales promueven el uso de la IA bajo los principios legales vigentes, promoviendo su uso y desarrollo seguro, en algunas de las iniciativas analizadas también se identifican acciones donde de manera explícita se prohíbe el uso de IA para ciertas aplicaciones y usos, como es el caso de China y EE.UU., donde expresamente se mencionan la prohibición de difusión de información que promueva acciones de discriminación, terrorismo, promoción de competencia desleal, explotación de personas vulnerables, uso de datos biométricos como herramienta de categorización de las personas, entre otras. Aún bajo estas prohibiciones, han existido sistemas que han utilizado algoritmos para la toma de decisiones. Por ejemplo, la Agencia Nacional de Seguridad de EE. UU., desarrolló Skynet, un sistema de IA basado en las comunicaciones, escritos, viajes y publicaciones en las redes sociales, que podía etiquetar a alguien como sospechoso de terrorismo<sup>39</sup>. Acciones como estas dejan abierto el debate en relación con la subjetividad con la que los sistemas de IA pudieran haber sido entrenados y con base en este entrenamiento tomar una decisión.

El hecho de que los países permitan que las decisiones sean tomadas por algoritmos que operan en una computadora puede minar la transparencia y claridad de estas. Existen algunas regulaciones que establecen el derecho de las personas a recibir o acceder a una explicación por una determinada decisión. El Reglamento General de Protección de Datos de la UE estableció que, si un algoritmo toma una decisión acerca de una persona, esta tiene el derecho de obtener una explicación de la razón de esta decisión y tiene la facultad de cuestionarla frente a una autoridad (una persona)<sup>40</sup>. Sin embargo, el cumplimiento de este derecho puede enfrentar dificultades en su implementación, ya que la persona que deba explicar las razones deberá comprender perfectamente la manera en que los algoritmos encuentran patrones en los datos y ponderan cada uno de los factores en consideración. El reto no es sencillo.

El Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea, la primera ley del mundo en esta materia se ha concebido para garantizar la seguridad, transparencia, trazabilidad y no discriminación de la innovación en IA. La relevancia de esta Ley es que la UE se ha posicionado como líder en la materia y

---

<sup>38</sup> Disponible en: [Sección 230 - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

<sup>39</sup> Disponible en: <https://arstechnica.com/information-technology/2016/02/the-nsas-skynet-program-may-be-killing-thousands-of-innocent-people/>

<sup>40</sup> Disponible en: [Information for individuals - European Commission](#)

este marco regulatorio seguramente será la base para el desarrollo de regulaciones en muchos países. Se espera su aplicación sea escalonada entre todos los países de la UE y en el 2027 entre en vigor por completo. Una de las principales contribuciones es la categorización de los niveles de riesgos de las aplicaciones de la IA, lo que permite identificar aquellas aplicaciones y usos que presenten un alto riesgo y por ende promueve su prohibición. En los casos donde el riesgo sea manejable, se emiten recomendaciones y lineamientos relacionados con la evaluación de la conformidad, así como la transparencia de los procesos. Uno de los retos particulares de la regulación es el equilibrio con la promoción y desarrollo de la innovación. La regulación puede interpretarse como una restricción, y en la UE este ha sido el precio que se ha optado por pagar en el desarrollo de determinados tipos de innovación. En este aspecto, básicamente hay dos alternativas.

Debemos abordar este debate y cada jurisdicción tiene su propio enfoque. La regulación en Estados Unidos permite que la innovación vaya más rápido y libre, para después valerse de medidas correctoras, impulsadas por el mercado, que los ciudadanos o las empresas pueden activar a través del sistema judicial, como por ejemplo la responsabilidad jurídica. La UE toma acciones previas basadas en una gestión de riesgos, buscando prevenir las externalidades y consecuencias negativas desde el principio, cuando los posibles riesgos apenas se vislumbran. El costo potencial de este enfoque puede ser que la innovación se vea restringida al fijar límites y salvaguardas mientras se desarrolla esta.

De acuerdo con Gabriele Mazzini asesor en IA en la Comisión Europea,<sup>41</sup> el marco regulatorio de la UE trata de conseguir el equilibrio entre innovación y regulación, apoyándose en normas en lugar de entrar en detalles técnicos. Al exigir el cumplimiento normativo de las empresas en lo referente a gobernanza de datos, documentación, supervisión humana, transparencia y robustez, el reglamento permite una adecuada gestión de riesgos. Es una manera de permitir que la comunidad tecnológica siga desarrollando soluciones, pero cumpliendo esos requisitos, es decir, de apoyar tanta innovación en IA como sea posible dentro de un marco legal estable y basado en principios.

Una de las tendencias actuales para evitar conflictos en la implementación de estos derechos es la prohibición de lo que la UE ha definido como sistema de puntuación social, que permitiría que un sistema de IA categorizara a las personas de acuerdo con parámetros y condiciones predefinidas. Este derrotero mostrado por la UE señala un camino importante a considerar: el tema de muchas de las aplicaciones que hacen uso de sistemas de IA para la toma de decisiones no es *si podemos hacerlo*, si no el hecho de *si debiéramos hacerlo* (Harari, 2024).

El tema de la recopilación, almacenamiento y uso de datos personales es un tema común en los marcos regulatorios presentes. Este es otro aspecto, al que se debe tener particular atención. Hoy el enfoque regulatorio ya no debe estar en la prohibición o acciones encaminadas a limitar que los datos personales de los usuarios sean recabados, debido principalmente al gran número de cámaras y redes

---

<sup>41</sup> Disponible en: <https://www.iese.edu/es/insight/articulos/inteligencia-artificial-europa-innovacion-regulacion/>

que operan actualmente que están enfocadas en la obtención de información personal. En la actualidad, alrededor de 140 países obligan a sus ciudadanos a proporcionar huellas dactilares, escáneres faciales o del iris cuando se solicita un pasaporte (Harari, 2024). Así mismo, cuando una persona accede a otro país, sus datos son nuevamente recabados. Adicionalmente, en muchas ciudades del mundo operan una gran cantidad de cámaras de seguridad por kilómetro cuadrado, sobre todo en zonas y sitios de interés. Se estima que, en el 2023, más de mil millones de cámaras de circuito cerrado de televisión estaban activadas en todo el mundo, lo que pudiera suponer una cámara por cada 8 personas (Harari, 2024). El enfoque de las regulaciones deberá ser el de vigilar que la gestión de los datos sea la correcta y que no se haga uso de la información en perjuicio de las personas.

Cabe mencionar que a nivel sectorial (Telecomunicaciones y Radiodifusión) no se encontraron lineamientos o líneas de acciones particulares, de modo que, para el desarrollo de la IA en el sector, las recomendaciones y marcos regulatorios citados son aplicables de manera transversal en todos los sectores. No obstante, es necesario establecer un plan permanente para observar y monitorear el desarrollo de nuevas aplicaciones, con el objeto de detectar potenciales oportunidades y riesgos que sean particulares del sector y que requieran ser revisados y atendidos desde el punto de vista normativo. Es de relevancia destacar la declaración del código de principios de Telefónica, que se presenta como de carácter voluntario, y que señala una ruta que otros operadores y concesionarios pudieran imitar; también son de relevancia los informes y datos publicados por entidades regulatorias en relación con el uso de la IA, como es el caso del informe de FCC sobre la relevancia de la IA en el sector.

Como toda tecnología, la IA puede ser una herramienta con gran potencial que puede ser utilizada con fines maliciosos o buscando el bienestar de la población. La regulación debe buscar asegurar lo segundo.

En relación con el desarrollo de la IA el Índice Latinoamericano de IA define tres dimensiones de análisis: Factores Habilitantes, I+D+A (Investigación+Desarrollo+Adopción) y Gobernanza. En su reporte del 2024, el índice identifica a la Gobernanza como un área de oportunidad para México; la Gobernanza cuenta como uno de sus componentes precisamente a existencia y operación de una regulación para la IA. En el Anexo II se citan algunas de los principales hallazgos del índice para los países de Latinoamérica que presenta un mayor avance en el uso y penetración de la IA<sup>42</sup>

En México todavía no existe un marco regulatorio de la IA; desde el 2020 se han presentado alrededor de 58 iniciativas legislativas que mencionan el término IA. Sin embargo, ninguna de las iniciativas ha presentado avances significativos hacia su discusión e implementación. La mayoría de estas (52) fueron presentadas durante 2023 y lo que va del 2024. La mayoría de las iniciativas se enfocan en el Código Penal Federal, buscando tipificar como delito la creación de contenidos digitales donde la

---

<sup>42</sup> Disponible en: <https://indicelatam.cl/factores-habilitantes/>

identidad de una persona es utilizada sin su consentimiento o conocimiento, y en situaciones donde no aplique las exclusiones permitidas como el uso justo. De manera general esas se enfocan en el combate a la creación de contenido falso (*Deep fakes*) donde se hace uso de imágenes, contenido de audio o video. Un par de iniciativas se enfocan en el uso de la IA en el ámbito de la ciberseguridad<sup>43</sup>. De estas, solo una de ellas se refiere de manera específica a la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión<sup>44</sup>.

En julio 2024 se creó el Comité de Ética y Regulación de la Inteligencia Artificial en la Industria Audiovisual en México, con el objetivo principal de promover el uso ético y responsable de la IA en la industria audiovisual mediante la regulación, certificación, asesoría y capacitación.<sup>45</sup> El Comité se enfocará en tres objetivos iniciales para fomentar el establecimiento de un marco ético y regulatorio robusto:

- A** Crear estándares de industria que favorezcan el uso responsable y ético de la IA en todas las fases y entre todos los miembros que participan en la producción audiovisual.
- B** Proponer y promover cláusulas contractuales para la industria que puedan ser adoptadas en las relaciones comerciales de la industria, y
- C** Establecer códigos de ética claros y comprensibles que busquen maximizar los aspectos positivos del uso de la IA en la industria.

---

<sup>43</sup> Disponible en: [Nace el Comité de Ética y Regulación de la Inteligencia Artificial en la Industria Audiovisual en México](#)

<sup>44</sup> Disponible en: [Inic Morena inteligencia artificial.pdf](#)

<sup>45</sup> Ver nota en: <https://hojaderutadigital.mx/nace-el-comite-de-etica-y-regulacion-de-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-audiovisual-en-mexico/>

## 7. Sustentabilidad

---

Un elemento fundamental en la operación de un sistema de IA es la disponibilidad y acceso a grandes cantidades de datos, lo que ha impulsado el desarrollo de Centros de Datos. La eficiencia energética es un factor crítico en las operaciones de un Centro de Datos; a nivel global se estima que actualmente su consumo energético es entre el 1 % y el 3 % de la energía mundial y, de acuerdo con los datos de Green IT, representan el 0.5 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El Grupo Goldman Sachs estima que la demanda de energía impulsada por la IA aumentará en aproximadamente 200 TWh entre 2024 y 2030, con un rango de incertidumbre de entre 110 y 330 TWh en los escenarios bajista y alcista. Asimismo, prevé que para 2030, la IA representará alrededor del 20 % de la demanda energética total de los centros de datos. La amplia variación en los escenarios bajista y alcista refleja la incertidumbre tanto en la demanda como en las mejoras en la eficiencia energética. A medida que la demanda de procesamiento para el entrenamiento de modelos de IA crece a mediano plazo y para la inferencia a largo plazo, se proyecta que el aumento de la demanda superará ampliamente las mejoras en la eficiencia, que actualmente están reduciendo significativamente la intensidad de potencia de los servidores de IA de alta capacidad. Para contextualizar el incremento en la demanda de energía que los centros de datos proyectan, vale la pena destacar que una búsqueda en ChatGPT consume de 6 a 10 veces más energía que una búsqueda tradicional en Google<sup>46</sup>.

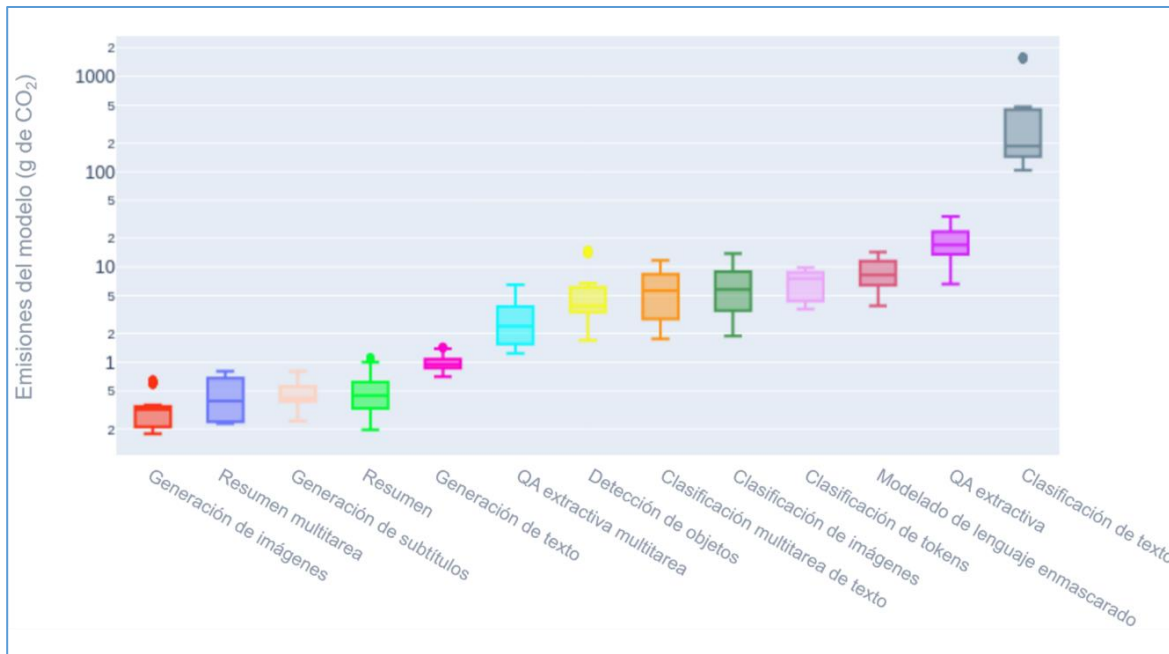
Un estudio realizado en 2024 comparó el costo de implementación de diversas categorías de sistemas de ML, abarcando tanto modelos específicos para una tarea (ajustados para ejecutar una única tarea) como modelos de propósito general (entrenados para realizar múltiples tareas). El costo de implementación se definió como la cantidad de energía y carbono requeridos para ejecutar 1,000 inferencias en un conjunto de datos de referencia representativo utilizando estos modelos. Los resultados mostraron que las arquitecturas generativas de propósito general resultan significativamente más costosas que los sistemas diseñados para tareas específicas, incluso al controlar el número de parámetros del modelo. En la Gráfica 14 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen al momento de ejecutar algunas de las acciones más comunes al momento de hacer uso de IA.

---

<sup>46</sup> Disponible en: <https://lasempresasverdes.com/la-ia-utiliza-10-veces-mas-energia-que-el-buscador-de-google/>



Gráfica 14. Emisión de CO<sub>2</sub> para diversas funciones ejecutadas con IA



Fuente. figura tomada de AdslZone<sup>47</sup>.

La Agencia Internacional de Energía estima que el consumo eléctrico de los centros de datos, la IA y el sector de criptomonedas podría duplicarse para 2026. Tras consumir aproximadamente 460 TWh a nivel mundial en 2022, se proyecta que el consumo total de electricidad de los centros de datos podría superar los 1000 TWh en 2026, una cifra comparable al consumo energético de Japón. Para el caso de México, y de acuerdo con la Secretaría de Energía, en el 2022 el consumo del Sistema Eléctrico Nacional rondó los 325 TWh, y se estima que para el 2026 se tenga un consumo de 375 TWh<sup>48</sup>. Para mitigar este aumento en el consumo, será crucial la implementación de nuevas regulaciones y mejoras tecnológicas, particularmente en eficiencia energética.

Los centros de datos, junto con la infraestructura eléctrica que los alimenta, son esenciales para la digitalización. El aumento constante de datos digitales requiere la expansión y evolución de los centros de datos para procesar y almacenar esta información. El consumo eléctrico de los centros de datos proviene principalmente de dos áreas: el procesamiento informático, que representa el 40 % de la demanda energética, y los requisitos de refrigeración para mantener la eficiencia operativa, que también suman un 40 %. El 20 % restante proviene de otros equipos de TI asociados.

Estimar de manera precisa el uso de energía y las emisiones de carbono de los sistemas de IA a lo largo de su vida útil es un desafío debido a diversos factores complejos, como las características de los chips, los sistemas de refrigeración, el diseño de los centros de datos, el *software*, la carga de

<sup>47</sup> Disponible en: [Así han evolucionado los tamaños de fabricación de semiconductores](#)

<sup>48</sup> Disponible en: [La IA utiliza 10 veces más energía que el buscador de Google | Las Empresas Verdes](#)

trabajo y las fuentes de energía utilizadas para la generación eléctrica. Este problema no es exclusivo de la IA.

Se estima que el uso de la IA contribuirá al logro de los ODS, permitiendo el desarrollo de sistemas sustentables, que demanden menos recursos y que sean amigables con el entorno y sus habitantes.

A medida que la IA abarca un mayor número de actividades comerciales, los inversores sostenibles buscan comprender cómo la IA puede acelerar el progreso en diversos objetivos de sostenibilidad. En el informe *AI's Sustainable Solutions*, se identifican oportunidades en sectores clave como el capital humano, la salud, la educación, la agricultura y el clima, y se proponen métricas para evaluar los beneficios de la IA frente a sus impactos negativos, como las mayores emisiones y riesgos sociales<sup>49</sup>.

- 1 Salud (ODS 3): La IA tiene un gran potencial en la innovación de descubrimiento de medicamentos, ensayos clínicos, análisis de datos, herramientas de diagnóstico y atención personalizada. Métricas: Valor asociado a nuevos medicamentos o productos terapéuticos impulsados por la IA y eficiencia en los tiempos de desarrollo.
- 2 Agricultura (ODS 2): Las aplicaciones de IA pueden mejorar los rendimientos agrícolas y reducir el desperdicio, optimizando decisiones sobre qué plantar y cuándo, y mejorando la logística para productos perecederos. Métricas: Valor del aumento de rendimiento y reducción en el uso de recursos como agua y fertilizantes.
- 3 Soluciones climáticas (ODS 7, 9): La IA puede optimizar la generación de energía renovable, la eficiencia de activos físicos y el uso energético, además de contribuir a la modelización climática. Métricas: Valor de la mejora en la eficiencia de generación/uso energético y reducción de emisiones. Esto es de especial relevancia para la industria de las comunicaciones móviles, para atender el incremento esperado en la demanda en la operación de estas redes.
- 4 Capital humano (ODS 8): El avance de la IA genera una mayor necesidad de plataformas educativas que permitan la recalificación de trabajadores. Métricas: Valor de la productividad económica y de la recalificación o reubicación de empleados.
- 5 Educación (ODS 4): La IA mejora la personalización e interactividad en las plataformas de aprendizaje en línea, lo que es esencial en contextos de aceleración tecnológica. Métricas: Valor del aumento en los resultados de pruebas de estudiantes y certificaciones obtenidas.

De acuerdo con *5G Americas*, para lograr el objetivo de cero emisiones de gases de efecto invernadero, se debe avanzar en tres vertientes principales (5G Americas, 2023):

---

<sup>49</sup> Disponible en: [GS SUSTAIN Generational Growth Aldata centers' global power surge and the Sustainability impact \(goldmansachs.com\)](https://www.goldmansachs.com/sustainable-investing/insights/ai-sustainable-solutions)

- 1 Reducción de emisiones de fuentes bajo control o propiedad directa de las operaciones de las redes de comunicaciones, esto incluye a las emisiones resultantes del uso de combustibles fósiles para los generadores de respaldo.
- 2 Reducción de emisiones indirectas procedentes de la generación de energía comprada. Esto incluiría emisiones resultantes de la generación de electricidad utilizada para alimentar las redes móviles.
- 3 Todas las emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de una organización. Esto incluiría las emisiones del uso de productos vendidos y viajes de negocios.

A nivel mundial, aproximadamente el 70 % de la población mundial hace uso de servicios TIC, la huella de carbono total del ciclo de vida de las TICs se ha mantenido estable en aproximadamente el 1.4 % del total de las emisiones mundiales de gases efecto invernadero (GEI). La industria de las comunicaciones móviles representa un subconjunto más pequeño del sector general de las TICs y se estima que representa aproximadamente el 0.4 % del total de las emisiones globales de carbono<sup>50</sup>. El impacto de la industria móvil en el clima incluye emisiones directas de la cadena de valor, y se asocia principalmente con el uso de la red móvil y en segundo lugar con la fabricación y uso de *hardware* y dispositivos.

Además, la industria móvil tiene un impacto positivo indirecto en el clima y el potencial de las TICs para contribuir a la descarbonización de industrias y sectores clave, que permitirán una reducción del hasta 15 % en las emisiones globales de GEI para 2030<sup>51</sup>.

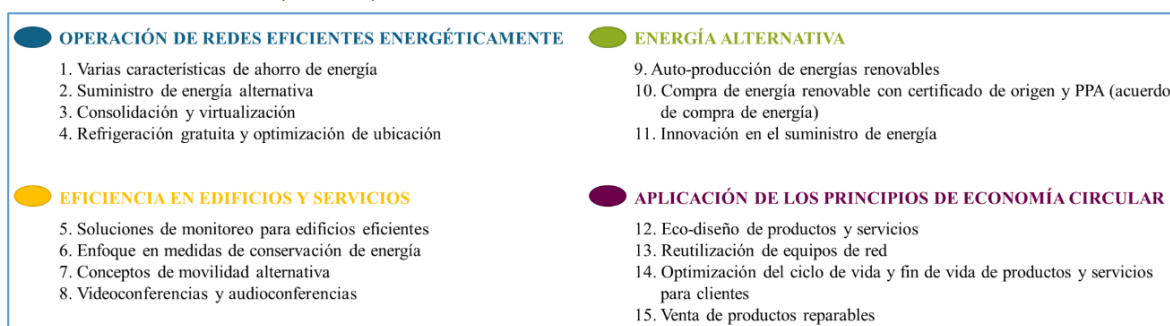
La mayoría de las emisiones operativas de la industria móvil están asociadas con el uso de energía eléctrica. Por tanto, la principal estrategia para descarbonizar las emisiones operativas de la industria móvil requiere la implementación de medidas de eficiencia energética, así como el cambio a energías renovables o fuentes de energía con bajas emisiones de carbono para alimentar redes móviles. En la Gráfica 15 se identifican algunas acciones para la reducción de emisiones, de acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés).

---

<sup>50</sup> Disponible en: [Mobile-Net-Zero-State-of-the-Industry-on-Climate-Action.pdf \(gsma.com\)](#)

<sup>51</sup> Disponible en: [A quick guide to your digital carbon footprint - Ericsson](#)

Gráfica 15. Acciones para impulsar la descarbonización en las redes de comunicaciones móviles



Fuente: tomada de ITU-TL.1470. (2020).

El 95 % de las emisiones del ciclo de vida del producto asociadas con redes de radio móviles ocurren durante su uso operativo. En las redes móviles, una gran mayoría de la energía se consume dentro del dominio de la RAN. El 73 % del consumo total de energía se atribuye a la RAN. Relativamente, la red central móvil y los centros de datos propietarios representan el 13 % y el 9 % de la energía utilizada, respectivamente, y otros componentes operativos representan el 5 % restante. La cantidad de energía utilizada en los centros de datos puede ser bastante variable y depender en gran medida del operador. Además, la proporción de energía consumida por la RAN puede variar dependiendo de la configuración y equipo del operador, y estar entre el 70-85 % del consumo total de energía en la red. Dentro de la RAN, los componentes de radio de la unidad de radio, como la fuente de alimentación. La inteligencia artificial generativa demanda 10 veces más energía que los algoritmos tradicionales. De acuerdo con la Agencia Nacional de Energía (AIE), los centros de datos necesarios para la operación de la IA utilizan una gran cantidad de energía para alimentar sus servidores y enfriarlos (80% del consumo total).

La eficiencia energética es un factor crítico en las operaciones de centros de datos, ya que consumen entre el 1% y el 3% de la energía mundial y, de acuerdo con los datos de Green IT, representan el 0.5% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Indicadores como la efectividad del uso de la energía (PUE), la efectividad del uso del carbono (CUE) y la efectividad del uso del agua (WUE) se han convertido en el triángulo de la sostenibilidad del centro de datos de Latinoamérica. La IA representa una herramienta útil para eficientar esos procesos, mediante el monitoreo de la operación en tiempo real, diseño y prueba de nuevos modelos de consumo y distribución de energía y agua, así como el seguimiento de las medidas tomadas. De acuerdo con una investigación de Goldman Sachs Research, *Generational Growth: AI, data centers and the coming US power demand surge*<sup>52</sup>, esta tendencia de uso de la IA y los centros de datos provocará un incremento significativo en la demanda energética. Se prevé un aumento del 15% en la

<sup>52</sup> <https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/generational-growth-ai-data-centers-and-the-coming-us-power-surge/report.pdf>

demanda de energía por la IA entre el 2023 y 2030, estimando que se requerirán 47 GW (gigaWatts) de capacidad para cumplir con la demanda de crecimiento en esta industria.

### 7.1. El papel de la IA y los algoritmos de ML como facilitador clave en la sostenibilidad en las redes de comunicaciones móviles

El uso de IA y ML en el campo de las telecomunicaciones está desempeñando un papel fundamental en la mejora de la eficiencia energética dentro de la infraestructura de red. Como se destaca en el informe *2022 Breaking the Energy Curve* de Ericsson, el consumo energético de las redes móviles ha ido en aumento con cada nueva generación. Se espera que esta tendencia continúe, particularmente con la introducción de 5G y la creciente demanda de una mayor cantidad de usuarios por unidad de área debido a la creciente demanda de servicios y aplicaciones. La incorporación de tecnologías de IA y ML se ha posicionado como una herramienta útil para contribuir con la industria de las telecomunicaciones a alcanzar su objetivo de cero emisiones y reducir el consumo energético. La IA juega un papel fundamental en la implementación de las siguientes acciones:

- 1 Planificación eficiente de la red: la IA juega un papel fundamental para mejorar la eficiencia energética en el diseño de redes y servicios de optimización. Los modelos basados en IA y ML, permite a los Operadores de Red Móviles (MNO, por sus siglas en inglés) obtener una comprensión más profunda de sus redes y usuarios, permitiéndoles diseñar e implementar redes que hacen uso de recursos con una mayor eficiencia. El conocimiento de la operación de cada red garantiza que las soluciones energéticamente eficientes se adapten a las necesidades únicas de cada radio base, optimizando el despliegue de la red para alinear con la demanda de los usuarios.
- 2 Optimización dinámica de la red y gestión de la energía: los servicios de optimización de red son fundamentales para lograr una mayor eficiencia energética. Estos servicios utilizan predicciones basadas en IA/ML y funcionalidades de ahorro de energía para tomar decisiones en tiempo real que gestionan eficazmente los recursos y reducen la energía consumida durante periodos de bajo uso de la red. Los algoritmos de IA y ML asignan recursos dinámicamente, como bandas de frecuencia dentro de la RAN para que coincidan con la demanda real, lo que se traduce en ahorros de energía. Dado que la RAN es un consumidor sustancial de energía en redes móviles, estas técnicas de optimización producen beneficios significativos<sup>53</sup>.
- 3 Gestión de riesgos y conocimiento: la IA ofrece a los MNO la oportunidad para evaluar exhaustivamente los efectos en el consumo de energía, detectar condiciones de alto consumo y emprender las acciones correspondientes en sus redes operativas. Esto se puede lograr mediante el desarrollo de un gemelo digital del entorno de red e implementación de técnicas de aprendizaje por refuerzo, permitiendo a los MNO descubrir oportunidades para llevar a cabo ajustes para optimizar la eficiencia

---

<sup>53</sup> Disponible en: <https://www.ericsson.com/en/blog/2023/6/intelligent-sustainability-ai-energy-consumption>

energética. Este enfoque proactivo no sólo mitiga los riesgos potenciales, sino también fomenta una mayor confianza en la eficacia de las soluciones impulsadas por la IA.

- 4 Sostenibilidad a través de soluciones de energía híbrida: los esquemas de ML basados en IA, en conjunto con datos meteorológicos e información de la red energética, los MNO pueden determinar cuándo utilizar la energía solar o la energía eólica, y cuándo cargar o descargar sus baterías. Esta optimización garantiza que la red esté preparada para satisfacer eficientemente la demanda anticipada, lo que conduce a ahorros de costos y al mismo tiempo contribuye al logro de objetivos de sostenibilidad.
- 5 *Benchmarking* para la sostenibilidad: las prácticas de *benchmarking* son esenciales para que los MNO evalúen la calidad de su servicio y buenas prácticas de sustentabilidad. La tecnología de IA va más allá de la eficiencia energética y sostenibilidad en las redes de comunicaciones móviles, ofreciendo beneficios adicionales para la sostenibilidad de la red. Pruebas de modelos virtuales de la operación, basadas en predicciones hechas con IA utilizando datos reales de la red, pueden reducir costos, tráfico, emisiones y riesgos de seguridad. Haciendo uso de IA, el monitoreo de la operación de la red permite llevar a cabo una evaluación en la operación de la red, ofreciendo resultados más precisos y reales al coleccionar información directamente de la red. La medición del rendimiento puede incluir el sitio donde se encuentran los usuarios, incluyendo el interior de hogares, oficinas y edificios. Esto no sólo mejora la sostenibilidad al reducir el impacto ambiental, sino que también mejora la eficiencia y confiabilidad generales de la red.

## 7.2. Casos de uso

### 7.2.1. Automatización inteligente de Worldcast Systems

Una aplicación de la IA para el caso de la transmisión de radio por radiofrecuencia fue presentada por la empresa *Worldcast Systems* a través de un producto denominado comercialmente como *SmartFM*, que hace uso de un algoritmo de IA que es capaz de adaptar en tiempo real la potencia de transmisión en tiempo real, en función de las condiciones del medio, permitiendo ahorros en el consumo de energía. De acuerdo con un reporte de la misma empresa, es posible lograr ahorros de hasta un 10 y un 40 %<sup>54</sup> en el consumo eléctrico. Como consecuencia, esto también repercutirá en una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, una optimización en la vida útil del transmisor y un mayor tiempo entre fallas del sistema, debido a que este opera a una temperatura más baja. Otro valor adicional que se presenta al operar los sistemas a temperaturas más bajas es que la facturación por consumo de energía eléctrica también es menor, así como el gasto energético debido a los equipos de enfriamiento<sup>55</sup>.

---

<sup>54</sup> Disponible en: [SmartFM La primera inteligencia artificial para radio - WorldCast Systems ECRESO](#)

<sup>55</sup> Disponible en: [SmartFM-Brochure-worldcast-2023-FINAL\\_web\\_SP \(worldcastsystems.com\)](#)

### 7.2.2. Automatización inteligente de RAN de Ericsson

El operador Chunghwa Telecom de Taiwán se ha comprometido con objetivos de cero emisiones netas. La empresa ha implementado una solución energética inteligente de Ericsson, impulsada por IA, logrando una notable reducción del 34 % en su consumo de energía.

La solución energética inteligente de Ericsson emplea IA avanzada y ML para automatizar la monitorización y optimización de la red. Mediante el modelado de grandes volúmenes de datos, predice las cargas de la red para mejorar la eficiencia energética e incluye funciones como el modo de reposo profundo, lo que permite reducir los costos energéticos sin afectar la experiencia del usuario. (Ericsson, 2024)

El portafolio de Automatización Inteligente de RAN de Ericsson abarca soluciones centralizadas y distribuidas de SON, así como nuevas capacidades que facilitan la transición hacia un entorno más abierto y compatible con IA y ML. El objetivo de esta automatización es mejorar el rendimiento y la eficiencia operativa de las RAN, sustituyendo el trabajo manual en el desarrollo, instalación, implementación, gestión, optimización y retiro de funciones de RAN por procesos automatizados. Esto permite que las funciones de RAN se vuelvan más autónomas y reemplaza los procesos manuales con herramientas inteligentes que complementan a los operadores humanos. Adicionalmente, la integración de IA y ML hace que estas funciones y herramientas sean más robustas para su uso en diversos entornos. (Damola, 2022)

El uso de IA y análisis avanzados permite a los proveedores de servicios de comunicación lograr una reducción aproximada del 15 % en los gastos operativos relacionados con la energía, una disminución del 15 % en las visitas a sitios relacionadas con la infraestructura pasiva y una reducción de aproximadamente el 30 % en las interrupciones relacionadas con la energía. (Mead, 2020)

El modelo de Ericsson ha desarrollado un sistema de automatización de RAN, que hace uso de sensores de temperatura para realizar verificaciones en tiempo real y, a través de IA y ML, analiza los datos de temperatura para predecir la probabilidad de incendios en un plazo de cinco minutos, lo que reduce la frecuencia de inspecciones y minimiza el impacto ambiental. Este enfoque permite a los operadores alcanzar la operación autónoma de la red, equilibrando la conservación de la naturaleza con el desarrollo de la economía digital. (Ericsson, 2024)

De acuerdo con un reporte de PwC y Microsoft, el uso de IA puede producir una reducción a nivel mundial de entre 0.9 y 2.4 gigatoneladas de emisiones de gases de efecto invernadero y una reducción del uso del carbono de entre 4.4 y 8 % a nivel global.

## 8. Recomendaciones y conclusiones

---

Los sistemas de IA se están integrando cada vez más a la infraestructura y equipo de las TIC. Las TIC constituyen la plataforma sobre la que las aplicaciones y usos de la IA operan, de modo que la IA, y las tecnologías asociadas como el ML y el DL, están impulsando la evolución e innovación de las infraestructuras relacionadas con las TICs hacia esquemas automatizados, flexibles y con capacidad de decisión.

En diversos países han surgido también políticas, estrategias o planes nacionales sobre IA. La intervención del gobierno en materia de IA se ha centrado en implementar políticas para el uso responsable de la IA, también se ven acciones de política (financiamientos) para facilitar el desarrollo y la creación de habilidades; así como el surgimiento de algunos sandboxes diseñados para probar productos y servicios de IA.

En cuanto a las iniciativas regulatorias de varios países, estas parten del establecimiento de los principios y fundamentos que deberán cumplirse y respetarse, sobre todo los relacionados con los derechos humanos y civiles, así como consideraciones medioambientales. Los temas éticos relacionados con la regulación de la IA se refieren principalmente a la violación de los derechos humanos fundamentales, la privacidad y el sesgo algorítmico. En esta línea, y como se indica en el Anexo II, varios países han desarrollado y promovido directrices o principios éticos de la IA.

Solo China y la UE han adoptado regulación; en China la regulación ya está plenamente en vigor, mientras que en la UE la implementación de la Ley de IA será gradual. En Brasil, se debate actualmente un proyecto de ley para regular la IA. Si se aprueba, la nueva ley otorgaría a cualquier persona afectada por sistemas de IA el derecho a estar informada sobre la naturaleza de las decisiones que toma la IA; y exigiría a los desarrolladores de algoritmos de IA que realicen evaluaciones de riesgos y tomen medidas de mitigación.

Un factor común respecto de las motivaciones y causas de los enfoques de varias iniciativas regulatorias es la identificación y determinación de responsabilidades sobre los efectos y consecuencias de los usos y aplicaciones de la IA. En la actualidad, un algoritmo operando en un sistema de IA puede impactar la política, la educación, hábitos sociales, el consumo o la cultura. Varias de las iniciativas presentadas por algunos países abordan la necesidad de que los algoritmos de IA sean transparentados en su integración y operación, dejando claro su proceso de entrenamiento y ejecución, así como la oportunidad de que los resultados de las acciones recomendadas o ejecutadas por estos sistemas sean revisados, valorados y en su caso corregidos por un humano. Esto se considera de especial relevancia.

Así también, las iniciativas abordan el tema de protección de la información, pero lo hacen de manera general. Así, ninguno de los países analizados ha publicado reglas de privacidad para la IA aparte de



las leyes de privacidad generales. En diversos países se promueve la transparencia de los algoritmos. Sin embargo, tres países han publicado pautas de privacidad no vinculantes para la IA para complementar sus leyes de privacidad generales (Corea, Singapur y el Reino Unido). Cabe destacar que, en octubre de 2024, el gobierno del Reino Unido presentó al Parlamento el proyecto de ley de datos (uso y acceso), proponiendo cambios en el régimen de protección de datos en áreas como la toma de decisiones automatizada, el uso de *cookies* y las bases legales para el procesamiento de datos personales.

La mayoría de los países revisados no prohíben las aplicaciones de IA siempre que estas no infrinjan ninguna ley. Sin embargo, algunos prohíben expresamente determinadas aplicaciones y usos de la IA (por ejemplo, China y la UE).

Sobre los sistemas de IA generativa, China y la UE han adoptado normas generales, Brasil y Corea han propuesto regular dichos sistemas.

De este modo, algunas iniciativas regulatorias se han enfocado en aquellos sectores que para cada nación se consideran como de relevancia, y que representan mayores oportunidades (y amenazas) dentro del marco regulatorio actual, pudiendo impactar en los mercados, en la privacidad y seguridad de los usuarios, en temas de ciberseguridad de las empresas y gobiernos, y en una larga lista de sectores y áreas de la sociedad. Esta sectorización y la existencia de necesidades particulares de cada uso y aplicación, así como la necesidad de marcos normativos que regulen a los sistemas que ya están operando, ha llevado también a que existan iniciativas a nivel regional en algunos países. Estas iniciativas podrían servir para recabar experiencias e implementar mecanismos de evaluación que permitieran que estas regulaciones se pudieran llevar a nivel nacional.

Como era de esperarse, aquellos países que han presentado una mayor cantidad de iniciativas de regulación son aquellas naciones que mayor desarrollo presentan en el uso de la IA; este listado está encabezado por los EE. UU., China, la UE en su conjunto y el Reino Unido.

Para el sector de telecomunicaciones, a la fecha de cierre del estudio, solo, se presentan enfoques en dos vertientes: uno en que los operadores se adhieren de manera voluntaria a un Código de Principios en el uso de la IA (como el caso de Telefónica) y lo dan a conocer públicamente a los usuarios; la otra aproximación es la contenida en el Informe de la FCC, que analiza el impacto del uso de algoritmos y técnicas de IA en el despliegue, gestión y operación de las redes de telecomunicaciones, enfatizando la importancia y relevancia del uso de estas herramientas en aras de aprovechar de manera eficiente los recursos disponibles e impulsar los beneficios del uso de la IA. Dentro de los aspectos que aborda el informe se mencionan algunas consideraciones dentro del Plan Estratégico de la FCC relacionadas con la evolución de los sistemas actuales hacia sistemas que operen haciendo uso de la IA. Para ello, se propone la creación de grupos de trabajo enfocados en analizar temas relacionados con los datos e información, como son la gobernanza, la confiabilidad y disponibilidad; estos datos son esenciales para el entrenamiento y operación de los sistemas y aplicaciones de IA/ML.

En relación con la información y el incremento en la capacidad de operación de los sistemas, es relevante la mención que hace la FCC en relación con políticas y enfoques para garantizar un uso seguro de la IA en las redes, incluyendo el desarrollo de capacidades que permiten aprovechar la IA en la resolución de problemas mediante proyectos piloto. En este mismo enfoque, se identifica la relevancia del enfoque basado en riesgos de la UE, que permite llevar a cabo una categorización de los niveles de riesgos de los usos y aplicaciones, identificando y recomendando incluso aplicaciones que, al considerarlas de alto riesgo para el usuario, pudieran prohibirse. Esto último ha levantado algunas voces que mencionan que acciones de este tipo pudieran inhibir el proceso de innovación. Es un debate abierto, y este hecho reafirma que para discutir, analizar y decidir sobre las mejores alternativas es necesario contar con un grupo de expertos, que elaboren recomendaciones con fundamentos técnicos y científicos, alejados de ideologías, creencias o intereses políticos o comerciales.

Las visiones mostradas no son excluyentes y en México se puede avanzar en ambas direcciones.

Para el caso de los concesionarios que operan en el sector de telecomunicaciones y radiodifusión se sugiere:

- Impulsar la adopción de políticas éticas en el uso y desarrollo de aplicaciones y servicios que hagan uso de la IA.
- Promover y dar a conocer a los usuarios las políticas y acciones llevadas a cabo por el operador o concesionario para el uso de la información de los usuarios, con base a la reglamentación actual<sup>56</sup>. Dentro de la información y datos que estas compañías poseen y que deben garantizar un uso correcto son: datos personales (nombre, dirección, edad, etc.). geolocalización, datos de navegación, perfiles de consumo, cantidad de información consumida, localización y duración de las comunicaciones, uso de aplicaciones disponibles, descargas, entre otras.
- Informar al usuario y al regulador del uso de herramientas de IA que apoyen en el proceso de gestión de sus servicios. En el caso de que el usuario tenga dudas en relación con la operación o alguna determinación del proveedor de los servicios que hagan uso de la IA, estos puedan tener la posibilidad de obtener una aclaración respecto a su cuestionamiento. Esta respuesta o explicación pudiera ser proporcionada por una persona empleada de la compañía, si el usuario así lo deseara (en este caso no será suficiente una respuesta o explicación elaborada por el propio sistema de IA).
- Cuando los operadores realicen pruebas piloto para el uso de IA, estas pruebas deberán contar con mecanismos para que las decisiones sean revisadas por humanos, y en su caso, ratificarlas o modificarlas. También, se sugiere que los operadores den aviso al IFT de las pruebas que realizan.

---

<sup>56</sup> Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>

- Contar con personal calificado que esté en condiciones de proporcionar la información que se requiera para dar atención a la complejidad de la operación de los sistemas de IA, la operación y criterios de esos sistemas, así como de los resultados que arrojan.

En particular del IFT se hacen las siguientes consideraciones:

- Promover la integración de recomendaciones y líneas de acción en el sector de la IA para aplicación en los sectores regulados. Se sugiere que las recomendaciones y el esquema que adopten dichas recomendaciones y líneas de acción sea similar al esquema que sigue la UE, esto es, basada en la categorización de riesgos y su minimización.
- Elaborar una propuesta metodológica que permita la identificación de la infraestructura crítica en telecomunicaciones, haciendo uso de técnicas de gestión de riesgos.
- Integrar un listado de buenas prácticas de aplicación voluntaria y que vaya siendo adoptado. El caso de Telefónica puede ser un primer ejemplo.
- Crear mecanismos de aviso para que los operadores reporten la realización de pruebas piloto para el uso de IA, asegurando que estas pruebas cuenten con mecanismos para que las decisiones sean revisadas por humanos, y en su caso, ratificarlas o modificarlas.
- Seguir impulsando el uso y aplicación de tecnologías de IA en los procesos internos del IFT, así como en los servicios al usuario
- Utilizar herramientas de IA para llevar a cabo un seguimiento de la atención de solicitudes que hagan los usuarios, y en su caso, quejas y aclaraciones de los usuarios.
- Contemplar el uso de tecnología *blockchain*<sup>57</sup> junto con esquemas de IA para los contratos de concesiones y autorizaciones que otorga el IFT.
- Usar herramientas de IA para apoyar el proceso de evaluación de la conformidad, que permita agilizar y automatizar el proceso de cumplimiento de normas, especificaciones técnicas o requisitos legales, así como de las condiciones de operación de los equipos establecidas en las concesiones y autorizaciones.
- Promover desde el IFT, en colaboración con las autoridades competentes, la creación de grupos o participar en grupos de trabajo intersectoriales y con entidades y organismos, que aborden problemáticas particulares, y de ese modo continuar y reforzar su participación con organizaciones y entidades integrados por expertos del país y extranjeros. Lo anterior, dado que en México no está definida de manera explícita la entidad que deberá regular la IA.
- Llevar a cabo, previo a la emisión de cualquier recomendación o línea de acción específica para los sectores TyR, una estrategia de recopilación de datos e información sobre los riesgos asociados a la IA que se utilice en el sector.

---

<sup>57</sup> La combinación de *blockchain* e IA puede, entre otras cosas: mejorar la seguridad de los datos, además de que la IA puede leer, comprender y correlacionar datos de forma rápida y completa, aportando un nuevo nivel de inteligencia a las redes empresariales basadas en *blockchain*. <https://www.ibm.com/mx-es/topics/blockchain-ai>

- Promover la fortaleza institucional para la protección de datos personales y la privacidad de las personas. Se recomienda continuar con acciones como la Política de Gobierno de Datos aprobada por el Pleno.
- Impulsar una estrategia de datos abiertos que cumplan con las condiciones de anonimato y privacidad, y que pueda ser utilizada para entrenar sistemas sectoriales de IA.
- Incentivar el uso de la IA en la gestión espectral, ya que facilitará la implementación de la compartición dinámica del espectro, impulsando con esto una mayor eficiencia en su uso, así como una mejora en la identificación y detección de interferencias.
- Incentivar la formación de recursos humanos especializados, dado el carácter dinámico del desarrollo de la IA.
- Promover el uso de la IA en la gestión espectral, ya que facilitará la implementación de la compartición dinámica del espectro, impulsando con esto una mayor eficiencia en su uso, así como una mejora en la identificación y detección de interferencias.

La IA podría utilizarse para establecer procedimientos automáticos para los procesos de revisión de las solicitudes de concesiones, así como también desarrollar modelos de predicción para evaluar el potencial de interferencia con los usuarios del espectro existentes y planificados. La IA puede impulsar la implementación de sistemas de acceso dinámico al espectro automatizando la coordinación dinámica de frecuencias entre múltiples clases de usuarios. De este modo, un operador puede asignar diferentes frecuencias a un usuario, en función de las necesidades y condiciones del medio. Combinando el uso de la IA con tecnología *blockchain*, se pueden llevar a cabo el otorgamiento de concesiones, proporcionando una mayor seguridad y eficiencia.

## Bibliografía

---

5G Americas, 2023. Energy Efficiency and Sustainability in Mobile Communications Networks. Dec. 2023.

Abbas, N., Nasser, Y., & El Ahmad, K. (2015). Recent advances on artificial intelligence and learning techniques in cognitive radio networks. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2015(1), 174.

Akyildiz, I. F., Lee, W. Y., Vuran, M. C., & Mohanty, S. (2008). A survey on spectrum management in cognitive radio networks. IEEE Communication Magazine, 46(4), 40–48.

Anon., 2019. IBM. [Online] Available at: <https://in.newsroom.ibm.com/2019-12-18-VODAFONE-IDEA-BUSINESS-SERVICES-AND-IBM-COLLABORATE-TO-LAUNCH-SECURE-DEVICE-MANAGEMENT-SOLUTION>

Anon., 2023. Route Mobile. [Online] Available at: <https://routemobile.com/press-release/route-mobile-limited-signs-an-exclusive-partnership-with-vodafone-idea-ltd-to-provide-a2p-sms-monetization-solutions/>

Anon., s.f. Plume. [Online] Available at: <https://www.plume.com/serviceproviders/platform/homepass/guard/>

Awe, O. P., Zhu, Z. & Lamb, S., 2013. Eigenvalue and Support Vector Machine Techniques for Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks, Taipei: 2013 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence.

Barrett, M. P., 2018. Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity Version 1.1, s.l.: National Institute of Standards and Technology.

Bayrakdar, M. E., & Calhan, A. (2018). Artificial bee colony-based spectrum handoff algorithm in wireless cognitive radio networks. International Journal of Communication Systems, 31(5), e3495

Bilbao, I. y otros, 2021. AI-based Inter-Tower Communication Networks: Challenges and Benefits, s.l.: IEEE.

Bilbao, I. y otros, 2022. AI-based Inter-Tower Communication Networks: First approach, s.l.: IEEE.

Calabrese, F. D. y otros, 2019. Enhancing RAN performance with AI, s.l.: Ericsson.

Carpenter, G. A., Grossberg, S., Systems, A., & Systems, N. (2016). Encyclopedia of machine learning and data mining. Springer

Christian, I., Moh, S., Chung, I., & Lee, J. (2012). Spectrum mobility in cognitive radio networks. IEEE Communications Magazine, 50(6), 114–121

Corcoran, D. y otros, 2021. AI-enabled RAN automation, s.l.: Ericsson.

Damola, A., 2022. How best to apply AI in the Intelligent RAN Automation, s.l.: Ericsson.

Dandurand, F., & Shultz, T. R. (2009). Connectionist models of reinforcement, imitation, and instruction in learning to solve complex problems. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, 1(2), 110–121

Departamento Nacional de Planeación, 2018. Política Nacional de Explotación de Datos (Big Data), Bogotá: MINTIC.

Doyle, L. (2009). *Essentials of cognitive radio*. Cambridge University Press

Dong, X., Li, Y., & Wei, S. Q. (2012). Design and implementation of a cognitive engine functional architecture. *Chinese Science Bulletin*, 57(28–29), 3698–3704

Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1997). Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1(1), 53–66.

Duda, R. O., Hart, P. E., & Stork, D. G. (2001). *Pattern classification*. John Wiley

Eltholth, A. A. (2016). Spectrum prediction in cognitive radio systems using a wavelet neural network. In *Proceedings of 24th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)* (pp. 1–6). Split

Ericsson, 2024. Chunghwa Telecom saves up to 34 percent energy with Ericsson's AI-powered solution, s.l.: Ericsson.

FCC. Docket no.03-322. 2003. Notice of proposed rulemaking and order.

Ghosh, C., Cordeiro, C., Agrawal, D. P., & Rao, M. B. (2009). Markov chain existence and Hidden Markov models in spectrum sensing. In *Proceedings of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications* (pp. 1–6).

GSMA, 2019. [Online] Available at: [https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/gsma\\_resources/case-study-skt/](https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/gsma_resources/case-study-skt/)

GSMA, s.f. What is Metadata?, s.l.: GSMA.

Hanif, M. F., Smith, P. J., Taylor, D. P., & Martin, P. A. (2011). MIMO cognitive radios with antenna selection. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 10(11), 3688–3699.

Harari, N. Yuval. (2024). *Nexus, una breve historia de las redes de Información desde la Edad de Piedra hasta la IA*. Penguin Random House Grupo Editorial. Pp 265-266,

He, Q., & Zhang, P. (2012). Dynamic channel assignment using Ant Colony optimization for cognitive radio networks. In *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall)* (pp. 1–5). Quebec City, QC

He, Q., Feng, Z., & Zhang, P. (2013). Reconfiguration decision making based on Ant Colony optimization in cognitive radio network. *Wireless Personal Communications*, 71(2), 1247–1269

Hengles Almeida, J. J., Batista Lopes, P. & Akamine, C., 2023. ATSC 3.0 Constellation Analysis using Computer Vision Combined with AI Decision Tree, s.l.: IEEE.

Huang, Y., Wang, J. & Jiang, H., 2010. Modeling of Learning Inference and Decision-Making Engine in Cognitive Radio, Wuhan: 2010 Second International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing.

IBM, s.f. Artificial intelligence (AI) cybersecurity, s.l.: IBM.

ITU-R, 2021. Artificial intelligence systems for program production and exchange. Report ITU-R BT.2447-2. International Telecommunications Union.

Jacob, J., Jose, B. R., & Mathew, J. (2014). Spectrum prediction in cognitive radio networks: A Bayesian approach. In Proceedings of 8th International Conference on Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies (pp. 203–208)

Jhajj, H. K. (2017). Ant colony optimization for spectrum sensing in cognitive radio networks

Jedlicka, P., & Ryba, T. (2016). Genetic algorithm application in image segmentation. Pattern Recognition and Image Analysis, 26(3), 497–501

Jiang, C., Zhang, H., Ren, Y., Han, Z., Chen, K.-C., & Hanzo, L. (2017). Machine learning paradigms for next-generation wireless networks. IEEE Wireless Communications, 24(2), 98–105

Jony, 2015. R. I. Jony, A. Habib, N. Mohammed, and R. I. Rony, “Big Data Use Case Domains for Telecom Operators,” in 2015 IEEE International Conference on Smart City (Smart City), 2015, pp. 850–855.

Kaur, A. Kumar, K. (2020). A comprehensive survey on machine learning approaches for dynamic spectrum access in cognitive radio networks. Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence. 2020, 34(1):1:40.

Koushik, A., Fei, H. & Sunil, K., 2018. Intelligent Spectrum Management Based on Transfer Actor-Critic Learning for Rateless Transmissions in Cognitive Radio Networks, s.l.: IEEE Transactions on Mobile Computing (Volume: 17, Issue: 5, 01 May 2018).

Lee, K.-F. & Qiufan, C., 2024. AI 2041 Ten visions for our future. Londres: Penguin Random House.

Liu, K. (2016). Optimization algorithm of cognitive radio spectrum sensing based on quantum neural network. Automatic Control and Computer Sciences, 50(5), 324–331.

Maheshwari, P., & Singh, A. K. (2015). A fuzzy logic-based approach to spectrum assignment in cognitive radio networks. In Proceedings of IEEE International Advance Computing Conference (IACC) (pp. 278–281). Bangalore

Manco-Vásquez, J., Lázaro-Gredilla, M., Ramírez, D., Vía, J., & Santamaría, I. (2014). A Bayesian approach for adaptive multiantenna sensing in cognitive radio networks. Signal Processing, 96(B), 228–240

Marshall, D., 2024. AI and Cybersecurity: Enhancing Protection in the Digital Sheet, s.l.: vmblog.

Mead, B., 2020. Can AI bring down network energy costs?, s.l.: Ericsson.

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021a. Plan de Acción. Política Nacional de Inteligencia Artificial. Gobierno de Chile. [https://minciencia.gob.cl/uploads/filer\\_public/4a/ce/4acec1c3-9219-46bb-b78f-74f851c3403d/plan\\_de\\_accion\\_ia\\_v2.pdf](https://minciencia.gob.cl/uploads/filer_public/4a/ce/4acec1c3-9219-46bb-b78f-74f851c3403d/plan_de_accion_ia_v2.pdf)

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021b. Política Nacional de Inteligencia Artificial. Gobierno de Chile. [https://www.minciencia.gob.cl/uploads/filer\\_public/bc/38/bc389daf-4514-4306-867c-760ae7686e2c/documento\\_politica\\_ia\\_digital\\_.pdf](https://www.minciencia.gob.cl/uploads/filer_public/bc/38/bc389daf-4514-4306-867c-760ae7686e2c/documento_politica_ia_digital_.pdf)

Morabit, Y. E., Mrabti, F. & Abarkan, E. H., 2015. Spectrum allocation using genetic algorithm in cognitive networks, Agadir: 2015 Third International Workshop on RFID And Adaptive Wireless Sensor Networks (RAWSN).

Nokia, 2024. MantaRay Cognitive SON: Powering AI-driven Autonomous RAN Operations, s.l.: Nokia.

NOKIA, s.f. NOKIA. [Online] Available at: <https://www.nokia.com/networks/ip-networks/deepfield/defender/>

Noorshams, N., Malboubi, M., & Bahai, A. (2010). Centralized and decentralized cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks: A novel approach. In Proceedings of 11th IEEE International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC) (pp. 1–5), Marrakech.

OCDE, 2018. Big Data Policy (Data Governance Framework), s.l.: OCDE.AI.

OMDIA, 2020. AI opportunities for regulators. Stephen Myers. 2020. Omdia.

OMDIA, 2023. Artificial Intelligence (AI) Regulations, Policies, and Strategies: Analysis – 2023. Sarah McBride, Principal Analyst, Regulation Gourab Banik, Analyst, Regulation Sonia Agnese, Senior Principal Analyst, Latam Service Provider Markets. Omdia 2023.

OMDIA, 2024. GenAI in Telecoms: Survey and Report.

Pourpeighambar, B., Dehghan, M., & Sabaei, M. (2017). Multi-agent learning based routing for delay minimization in cognitive radio networks. Journal of Network and Computer Applications, 84, 82–92.

Roseboro, R., Ghapar, A. A. & Sajid, S., 2024. Telecoms AI Contracts Tracker - 1Q24, s.l.: OMDIA. Available at: <https://www.plume.com/serviceproviders/platform/homepass/guard/>

Saad, A., Staehle, B., & Knorr, R. (2016). Spectrum prediction using hidden Markov models for industrial cognitive radio. In Proceedings of 12th IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob) (pp. 1–7), New York, NY

Salgado, C., Hernandez, C., Molina, V., & Beltrán-Molina, F. A. (2016). Intelligent algorithm for spectrum mobility in cognitive wireless networks. Procedia Computer Science, 83, 278–283.

Schrettenbrunner, M. 2020. Artificial-Intelligence-Driven Management. IEEE Engineering management review, Vol. 48, No. 2, Second Quarter, June 2020.

Siddique, T., & Azam, A. (2010). Spectrum optimization in cognitive radio networks using genetic algorithms. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 133



Stanley, M., 2023. Morgan Stanley. [Online] Available at: <https://www.morganstanley.com/articles/ai-cybersecurity-new-era>

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (1998). Reinforcement learning: An introduction. MIT Press Cambridge.

Thakur, P., Kumar, A., Pandit, S., Singh, G., & Satashia, S. N. (2017). Spectrum mobility in cognitive radio network using spectrum prediction and monitoring techniques. *Physical Communication*, 24, 1–8

Telecom Review, 2021. The role of network metadata as a visibility tool, s.l.: Telecom Review.

Telefónica Movistar Colombia, (2024). Telefónica incorpora la sostenibilidad a sus Principios de Inteligencia Artificial. Nota de prensa. 08/08/2024. Disponible en: <https://www.telefonica.co/telefonica-incorpora-la-sostenibilidad-a-sus-principios-de-inteligencia-artificial/>

Tian, Z., & Giannakis, G. B. (2006). A wavelet approach to wideband spectrum sensing for cognitive radios. In *Proceedings of 1st International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM)* (pp. 1–5). Mykonos Island

Tripathi, P. S. M., Chandra, A., Kumar, A., & Sridhara, K. (2011). Dynamic spectrum access and cognitive radio. In *Proceedings of 2nd International Conference on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory 38 A. KAUR AND K. KUMAR and Aerospace & Electronics Systems Technology (Wireless VITAE)* (pp. 1–5). Chennai.

Van dem, 2017, R. van den Dam, “How CSPs are using AI to reinvent their businesses” [Online]. Available: <https://inform.tmforum.org/dataanalytics-and-ai/2017/11/csps-using-ai-reinvent-businesses/>, November 2017.

Wang, Y., Ye, Z., Wan, P., & Zhao, J. (2019). A survey of dynamic spectrum allocation based on reinforcement learning algorithms in cognitive radio networks. *Artificial Intelligence Review*, 51(3), 493–506

Wang, Y., Zhang, Z., Ma, L., & Chen, J. (2014). SVM-based spectrum mobility prediction scheme in mobile cognitive radio networks. *The Science World Journal*, 2014, 1–11

WIPO, 2024. Patent Landscape Report Generative Artificial Intelligence, Ginebra: World Intellectual Property Organization.

Yang, G., Li, B., Tan, X., & Wang, X. (2015). Adaptive power control algorithm in cognitive radio based on game theory. *IET Communications*, 9(15), 1807–1811

Yau, K. L. A., Poh, G. S., Chien, S., & Al-Rawi, H. A. A. (2014). Application of reinforcement learning in cognitive radio networks: Models and algorithms. *The Science World Journal*, 2014, 1–23

Zafari, F., Gkelias, A., & Leung, K. K. (2019). A survey of indoor localization systems and technologies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(3), 2568–2599.

Zeadally, S., Adi, E., Baig, Z. & Khan, I. A., 2020. Harnessing Artificial Intelligence Capabilities to Improve Cybersecurity. *IEEE Access*, pp. 23817-23837.

# Anexos

---

## Anexo I: Algoritmos de inteligencia artificial en redes de radio cognitivas

Un equipo móvil que puede construir un conocimiento de su entorno, y ser capaz de aprender y adaptarse al mismo, se le atribuye cierta capacidad de *inteligencia*; esta capacidad de aprendizaje le permitirá al US acceder al espectro disponible, cumpliendo con restricciones preestablecidas, como la de no interferir con los UP. Los algoritmos y métodos de aprendizaje ofrecen diversos niveles de precisión en sus respuestas, dependiendo de varios factores; uno de los más relevantes a considerar son las fluctuaciones propias de un canal inalámbrico (por definición, variante con el tiempo), que puede presentar nuevas condiciones instantes después de que el canal haya sido completamente caracterizado. Estos errores en la estimación del estado del indicador del canal y los errores de cuantificación deben ser considerados dentro de la precisión de un sistema operando con CR.

### Implementación de inteligencia artificial con NN

La capacidad de aprendizaje del sistema se construye a través de un proceso de aprendizaje; este proceso de aprendizaje puede ser clasificado como aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo (Jiang et al., 2017). El aprendizaje supervisado aprende del conjunto de entrenamiento y requiere información previa sobre el ambiente. Por otro lado, el aprendizaje no supervisado no requiere ningún conjunto de entrenamiento y realiza acciones de autoadaptación sin ningún conocimiento previo sobre el entorno. En un esquema de aprendizaje por refuerzo, el proceso de aprendizaje se complementa observando acciones de unidades de aprendizaje, y su desempeño estará influenciado por el régimen de aprendizaje y el entorno operativo. (Duda et al., 2001) (Dandurand y Shultz, 2009). La inteligencia de un sistema dependerá de la estructura y algoritmo usado para su proceso de entrenamiento.

Una NN consta de varias capas de *software* interconectadas, emulando a la red de neuronas del cerebro humano. La estructura de una red neuronal le permite llevar a cabo un procesamiento paralelo; estas capas están interconectadas por medio de enlaces con diferentes ponderaciones, que determina el efecto de una neurona sobre otra. Básicamente, se identifican tres tipos de capas: capa de entrada, capa oculta y capa de salida. Cada neurona dentro de la red neuronal utiliza alguna función de activación para procesar las señales de entrada que recibe de otras neuronas que pertenecen a diferentes capas y/o de otras fuentes. El tipo de función de activación utilizada depende del problema a abordar.

Se pueden identificar varios esquemas, estructura y fundamentos matemáticos para clasificar los tipos de redes neuronales utilizados, y de los mecanismos de ML implementados. Se abordan los principales:

## NN supervisadas

En las redes neuronales supervisadas, la entrada y la salida son conocidas y su objetivo es descubrir la relación entre las dos. Los modelos principales son las redes neuronales del tipo FFNN y RNN.

### i) Redes Neuronales *Feed Forward* (FFNN)

Las FFNN se clasifican además en: FFNN de una sola capa (SL-FFNN, por sus siglas en inglés) y en FFNN multicapa (ML-FFNN, por sus siglas en inglés).

- FFNN de una sola capa. Consta de una sola capa de neuronas. Debido a su estructura el mecanismo de red, aprendizaje y capacitación es fácil, pero tiene una utilidad limitada, ya que no es capaz para resolver problemas complejos.
- FFNN multicapa. Consta de múltiples capas (capas ocultas) entre la entrada y capa de salida. Estas capas ocultas resuelven problemas complejos utilizando la función de activación.

### ii) Red neuronal recurrente (RNN)

La idea detrás de las RNN es hacer uso de información secuencial, donde la salida depende de cálculos anteriores. De este modo, las neuronas están conectadas de manera cíclica, lo que permite exhibir comportamientos temporales dinámicos.

## NN no supervisadas

Las redes neuronales no supervisadas solo conocen la entrada y el objetivo principal es descubrir patrones en las características de estos insumos. El sistema aprende utilizando cierto conjunto de datos de prueba y permite una representación de dimensiones inferiores de los datos de entrada.

### i) ML-FFNN no supervisados (codificadores automáticos)

Los codificadores automáticos son el tipo de FFNN especialmente diseñados para la reducción de dimensionalidad. En otras palabras, los codificadores automáticos proporcionan la misma salida que la entrada. En codificadores automáticos, el codificador aprende de la representación de la entrada y la función decodificadora regresa dicha representación, es decir, lleva a cabo una reconstrucción. Estos codificadores permiten la identificación de entradas, aún con la presencia de cierta cantidad de ruido.

## ii) NN no supervisados recurrentes (URNN)

Las redes neuronales no supervisadas recurrentes son un tipo complejo de NN, que se inspira en ideas de la física estadística que modelan un sistema como una función de energía. Los RNN son computacionalmente poderosas y aprenden del comportamiento temporal de datos de entrenamiento proporcionados. En comparación con FFNN, RNN tiene una mayor capacidad para representar dinámicas complejas. Dos tipos principales de URNN son *Hopfield Network* y Máquina Boltzmann.

## NN competitivas no supervisadas

El aprendizaje competitivo no supervisado es una forma de entrenamiento no supervisado donde las neuronas de salida compiten por los patrones de entrada. Emplean una estrategia en la que el ganador se lo lleva todo, ya que sólo la neurona ganadora es actualizada. Dos técnicas principales de aprendizaje competitivo no supervisado son SOM/*Kohonen maps* y la que se basa en la ART.

Los mapas autoorganizados son una clase especial de NN artificiales, que se inspira en la corteza del cerebro humano. SOM hace uso del aprendizaje competitivo en el que las neuronas compiten entre sí y la neurona ganadora se desplaza al espacio de características para formar grupos. La competencia es inducida insertando retroalimentación negativa entre neuronas, lo que obliga a las neuronas a organizarse.

## a) Aprendizaje por refuerzo y NN

El RL es otro enfoque de IA que permite a un agente (tomador de decisiones) observar su estado, elegir una acción en un estado particular para obtener recompensas. La transición de un estado a otro depende de varios factores, como el estado anterior, la acción realizada y el siguiente estado. El objetivo principal es estimar la función de recompensa para cada par estado-acción que acumula conocimiento y maximizar la función de recompensa. En el enfoque multi agente, el conjunto de agentes puede aprender de la información de otros para maximizar su función de recompensa. A diferencia de las NN supervisadas, estas no tienen ningún conocimiento sobre sus entradas y salidas. Aprende en línea del entorno y construye el conocimiento para lograr sus objetivos.

En RL, un agente mapea la situación (estado del canal) para maximizar su función de recompensa a largo plazo. El agente aprende continuamente y el entorno responde al estado a través de su acción, cambian de estado después de cada etapa. El agente utiliza una política óptima para decidir cada vez mientras toma el siguiente paso que maximiza sus recompensas.

## NN combinacionales

### i) NN neuro-difusos (neuro Fuzzy)

La lógica difusa es una técnica útil cuando es complejo llevar a cabo una representación matemática de los problemas del mundo real. En los conjuntos difusos, a los elementos se les asigna un cierto grado de pertenencia. Los números en el rango  $[0,1]$  se utilizan para representar el grado de pertenencia. La Lógica difusa se convierte en un esquema útil para representar datos inciertos. La lógica difusa contempla tres componentes principales:

- Interfaz difusa. Convierte valores del mundo real en conjuntos difusos adecuados;
- Motor de inferencia. El motor de inferencia utiliza una base de conocimientos para decidir la salida para una determinada combinación de variables difusas de entrada y mapas en variables de salida;
- Interfaz difusa. Convierte conjuntos difusos de salida en valores del mundo real.

## ii) Wavelets NNs

Las redes neuronales que basadas en *Wavelets*<sup>58</sup> (*Wavelet NN*), reemplaza la función de activación estándar por la función de activación *wavelet*. Una *wavelet* es una función pequeña que crece y decae en un tiempo finito. A diferencia de la transformada de *Fourier*, la *wavelet NN* puede distinguir entre señales estacionarias y no estacionarias.

Adicional a las redes neuronales descritas, actualmente están en desarrollo esquemas de redes neuronales basadas en principios de mecánica cuántica que explotan el procesamiento de información cuántica para mejorar el rendimiento de las redes neuronales clásicas. Las redes neuronales cuánticas, hacen uso de un paralelismo cuántico, que proporciona informática para procesar enormes conjuntos de datos.

## Inteligencia con máquina de vector de soporte

Una SVM es un conjunto de algoritmos de ML supervisados que se utilizan para la clasificación y análisis de regresiones. Se basa en la teoría del aprendizaje estadístico con minimización del riesgo estructural (Awe et al., 2013). Inicialmente se prefiere para la clasificación de problemas complejos.

## Inteligencia con algoritmos metaheurísticos

El uso de métodos haciendo uso de algoritmos metaheurísticos se puede clasificar de la siguiente manera:

---

<sup>58</sup> Las *Wavelets* son funciones que satisfacen ciertos requerimientos matemáticos y son utilizadas para la representación de datos o de otras funciones. Las *wavelets* son muy adecuadas para aproximación de datos con variaciones o con discontinuidades abruptas. La idea fundamental detrás de las *wavelets* es analizar funciones de acuerdo con determinadas escalas. [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/24289/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/24289/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

### i. Algoritmo genético (AG)

Los AG son algoritmos de búsqueda estocástica que resuelven eficazmente el ML y problemas relacionados con el procesamiento de imágenes (Jedlicka y Ryba, 2016). La principal ventaja de utilizar AG es el paralelismo, que acelera los resultados de la simulación. El cálculo en AG comienza con la colección de cromosomas que tiene determinadas características.

### ii. Optimización de colonias de hormigas (ACO)

La ACO es considerada como una técnica computacional propuesta que se basa en el comportamiento de búsqueda de alimento de las hormigas (Dorigo et al. 1997). Las hormigas en su ruta liberan esta sustancia líquida, que se acumula en la ruta más corta, de modo que otras hormigas empiezan a seguir la ruta más pequeña. Las características del algoritmo ACO permiten desarrollar computación paralela, autoorganización y retroalimentación positiva que pueden ayudar a los sistemas de CR a lograr la autoadaptación y la capacidad de aprendizaje para lograr la optimización (Qian. He et al., 2013) (Bayrakdar & Calhan, 2018).

### Inteligencia con aprendizaje bayesiano

El aprendizaje bayesiano resalta la relevancia de la distribución estadística previa que representa el conocimiento de parámetros en condiciones ambientales inciertas. Se supone que no hay información previa disponible sobre el espectro, pero se dispone de alguna información previa sobre el estado del canal que debe explorarse a través del aprendizaje. La inferencia bayesiana es un enfoque en el que el Teorema de Bayes se utiliza para impulsar la distribución posterior a partir de la distribución anterior, que se considerará como anterior para otra distribución posterior y así sucesivamente.

### Inteligencia con cadenas ocultas de Márkov

El HMM se representa como un proceso estocástico que puede modelarse como un modelo de cadenas de Márkov, cuyos estados reales están ocultos, para analizar el comportamiento temporal o dinámico del patrón de actividad de un UP. En las HMM, varios estados ocultos representan la probabilidad de distribución en una secuencia de observaciones.

El modelo de HMM ha sido utilizado en aplicaciones en redes cognitivas donde algunos parámetros ambientales se observan parcialmente o actúan como estados ocultos.

### Inteligencia con Teoría de juegos

La técnica de la teoría de juegos explica la toma de decisiones entre múltiples agentes, en la que la decisión para la acción de cada jugador se basa en el historial de acciones realizadas por otros jugadores. Esto involucra el proceso de aprendizaje por parte de cada jugador, que en última instancia puede conducir a un estado estable. Cada juego implica un conjunto de jugadores, acciones

y funciones de pago (o función de utilidad). Un jugador obtiene más recompensas si tiene una función de pago más alta.

Existen dos tipos de enfoques de la teoría de juegos: los juegos cooperativos y los no cooperativos. En los juegos cooperativos, un grupo de jugadores puede asumir compromisos vinculantes y actuar conjuntamente, mientras que, en los juegos no cooperativos, el jugador individual actúa de forma aislada. En los juegos cooperativos, la cooperación entre los jugadores fortalece la posición del jugador en un juego. El grupo de jugadores forma una coalición que actúa como una sola entidad. En el modo no cooperativo, cada usuario cuida su beneficio y selecciona las acciones óptimas para maximizar su beneficio.

## Anexo II. Regulaciones de IA

Varios países ya han anunciado sus estrategias nacionales de IA, mientras que algunos se encuentran en la fase final de redacción. Ningún país tiene una regulación específica para los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión, ni para sus aplicaciones y servicios; sin embargo, en algunos países a partir de los esquemas de regulación nacional se están derivando iniciativas para los sectores de telecomunicaciones. Las estrategias nacionales de IA de varios países priorizan convertirse en un líder del mercado mundial de IA centrándose en el apoyo a la investigación y la innovación en IA, el desarrollo de las habilidades y la fuerza laboral de la IA, la aceleración de su adopción en los sectores público y privado y el establecimiento de un ecosistema de datos sólido y una infraestructura de TIC.

### Observatorio de IA de la OCDE

OECD.AI es un foro donde países y grupos de interés se unen para fomentar una IA confiable. Como centro global de políticas de IA, OECD.AI ofrece herramientas, datos y recursos de políticas de IA accesibles para todos los actores y grupos de interés en países desarrollados y en desarrollo. Entre sus temas prioritarios se encuentran los riesgos y la responsabilidad de la IA, la investigación sobre el futuro de la IA, el seguimiento de incidentes de IA, la capacidad de cómputo para IA y el impacto de la IA en el cambio climático<sup>59</sup>.

El foro reúne a actores clave, incluidos más de 250 expertos en IA, para asesorar en temas emergentes y apoyar la implementación de IA confiable, así como también lleva a cabo una revisión de la manera en que los países están haciendo uso de la IA. Esto incluye también una evaluación del impacto de la IA en el trabajo, la innovación, la productividad y las habilidades.

La UE ha asumido un papel central en la regulación de la IA al publicar el primer borrador de un marco regulatorio integral de IA en abril de 2021. Fue aprobado por el Parlamento Europeo en junio de 2023. En la actualidad hay otras naciones como Estados Unidos, China y el Reino Unido que durante el año 2023 han publicado diversas iniciativas relacionadas con la regulación de la IA; la publicación

---

<sup>59</sup> Disponible en: [What we do - OECD.AI](https://oecd.ai)

del Marco de Gestión de Riesgos de Inteligencia Artificial de Estados Unidos en enero, el *white paper* del Reino Unido sobre “Un enfoque pro innovación para la regulación de la IA” en marzo y la “Aplicación de las Medidas de China para los Servicios de Inteligencia Artificial Generativa” en abril. También han surgido algunas decisiones regulatorias a nivel de ciudad o estado. Por ejemplo, se creó un Marco de Garantía de la IA en Nueva Gales del Sur, Australia. El gobierno local de Shenzhen publicó su primer borrador de una regulación local de IA en 2021, y la ciudad de Nueva York propuso implementar una ley para restringir el uso de herramientas automatizadas de toma de decisiones laborales (se describe más adelante). Será importante que se aborden los conflictos entre la futura regulación nacional y las intervenciones a nivel municipal o estatal para evitar confusiones.

El Reino Unido está considerando desarrollar un marco legal específico para cada sector, basado en el uso y el impacto de la tecnología. Esto significa que la responsabilidad de supervisar la gobernanza de la IA se asignará a los reguladores de cada sector. De hecho, muchos gobiernos han comenzado a considerar nuevos marcos legislativos para las tecnologías de IA que sean específicos para cada sector, especialmente en áreas como la conducción autónoma, la atención médica, los seguros y la justicia electrónica. En los EE. UU., el enfoque inicial para la regulación de la IA se ha centrado en casos de uso específicos de IA, y la UE está adoptando un enfoque de alcance transversal basado en el riesgo y proactivo para regular la IA. El proyecto de regulación de IA de la UE impone prohibiciones a los sistemas de IA en función de los niveles de riesgo de seguridad. El primer paso para los gobiernos deberá ser identificar los sectores y los casos de uso en los que la adopción de la IA se puede ver frenada significativamente debido a una legislación inadecuada. Para introducir marcos efectivos, los responsables de las políticas y las partes interesadas en toda la cadena de valor de la IA deben trabajar juntos.

Las cuestiones éticas centrales a la regulación de la IA se refieren principalmente a la violación de los derechos humanos fundamentales, la privacidad y el sesgo algorítmico. Para abordar estas preocupaciones y garantizar la fiabilidad de los sistemas de IA, varios países han desarrollado su propio conjunto de directrices o principios éticos de IA<sup>60</sup>.

### Estados Unidos

En enero de 2020, el gobierno emitió un borrador de memorando, *Guidance for Regulation of Artificial Intelligence Application*, que establece un marco para que las agencias gubernamentales evalúen el posible enfoque regulatorio y no regulatorio para la tecnología y las aplicaciones de IA.

En marzo de 2021, la *National Security Commission on Artificial Intelligence* presentó su informe final, concluyendo que el país carece de la capacidad necesaria para competir eficazmente en tecnologías emergentes. Se resaltó la falta de preparación del gobierno para abordar amenazas habilitadas por la IA y utilizarla para seguridad nacional. El informe ofreció recomendaciones que incluyen auditorías

---

<sup>60</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)



y pruebas de sistemas de IA, evaluaciones de riesgo e impacto, y mecanismos de abordaje para personas afectadas por sistemas gubernamentales de IA<sup>61</sup>.

En octubre de 2022, la Oficina de Política Científica y Tecnológica publicó el *Blueprint for an AI Bill of Rights*. Proporciona directrices para que las empresas eviten que los ciudadanos se conviertan en víctimas posibles de los desarrollos perjudiciales que plantean los sistemas de IA. El enfoque inicial de la regulación de la IA se centra en casos de uso específicos de la IA.

El plan se basa en cinco pilares fundamentales<sup>62</sup>:

- Desarrollo seguro y eficaz: Los sistemas deben ser probados y monitoreados para garantizar su seguridad y eficacia.
- Protección contra la discriminación algorítmica: Se debe evitar el trato injustificado basado en características protegidas legalmente.
- Privacidad de datos: Los usuarios deben tener control sobre sus datos y ser informados sobre su uso.
- Aviso y explicación: Se requiere documentación adecuada y explicaciones claras sobre los resultados del sistema.
- Opciones alternativas: Los usuarios deben tener la opción de intervención humana en caso de fallos o errores.

#### Marco de Gestión de Riesgos de Inteligencia Artificial del NIST

Publicado en enero de 2023, el Marco de Gestión de Riesgos de IA (AI RMF) del NIST tiene como objetivo proporcionar un recurso a las organizaciones que diseñan, desarrollan, implementan o utilizan sistemas de IA para ayudar a gestionar los diversos riesgos asociados y promover el desarrollo y uso responsable de estos sistemas<sup>63</sup>. El marco es voluntario, respeta los derechos, no está limitado a ningún sector y es independiente de casos de uso, ofreciendo flexibilidad para que organizaciones de todos los tamaños y sectores lo implementen.

Este marco está diseñado para equipar a organizaciones e individuos, denominados actores de IA, con enfoques que aumenten la confianza en los sistemas de IA, promoviendo su diseño, desarrollo e implementación responsables. Los actores de IA, definidos por la OCDE, son aquellos que participan activamente en el ciclo de vida de un sistema de IA, incluyendo organizaciones e individuos que los despliegan u operan.

El AI RMF tiene un carácter práctico y adaptable al desarrollo continuo de las tecnologías de IA, permitiendo que sea aplicado por organizaciones en diversos grados y capacidades para que la sociedad pueda beneficiarse de la IA mientras se minimizan sus riesgos potenciales. Además, el marco

---

<sup>61</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>62</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>63</sup> Disponible en: [Artificial Intelligence Risk Management Framework \(AI RMF 1.0\) \(nist.gov\)](#)

será actualizado y mejorado según evolucione la tecnología, los estándares internacionales y las experiencias de la comunidad de IA. El NIST mantendrá la alineación del AI RMF con estándares internacionales aplicables y proporcionará recursos adicionales basados en nuevas lecciones aprendidas.

El marco se divide en dos partes:

1. Parte 1: Expone cómo las organizaciones pueden identificar los riesgos relacionados con la IA y define las características de los sistemas de IA confiables, como ser válidos y confiables, seguros y resilientes, transparentes y responsables, explicables e interpretables, mejorados en términos de privacidad, y justos, gestionando sus sesgos dañinos.
2. Parte 2: Constituye el *núcleo* del marco y describe cuatro funciones clave para abordar los riesgos de la IA en la práctica:
  - GOBERNAR: Establecer políticas, responsabilidades y cultura en torno al riesgo de IA.
  - MAPEAR: Identificar y contextualizar los riesgos organizacionales relacionados con las herramientas de IA.
  - MEDIR: Utilizar herramientas y metodologías para monitorear, analizar y medir los riesgos de IA.
  - GESTIONAR: Priorizar y controlar los riesgos de IA conforme a las prácticas de gestión de riesgos empresariales.

Este marco proporciona una perspectiva sociotécnica de la gestión de riesgos de IA, alineando las tecnologías confiables de IA con los propósitos y valores de las organizaciones, facilitando la transparencia y la coherencia entre los diferentes grupos de partes interesadas, como desarrolladores, científicos de datos, usuarios operacionales y gestores.

En enero de 2021, el Grupo de Trabajo del Consejo Asesor Tecnológico sobre Inteligencia Artificial y Computación de la FCC publicó el informe *The Importance of Artificial Intelligence and Data for the Telecommunications Industry and the FCC*. Este informe analiza los impactos que el despliegue y la adopción a gran escala de métodos y técnicas de IA pueden tener en las redes de telecomunicaciones de la nación. Se enfatiza la importancia de aprovechar el potencial y los beneficios de la IA como parte integral del ecosistema de telecomunicaciones nacional. Además, se examinan enfoques para promover prácticas que conduzcan a un uso seguro de la IA y minimicen los errores comunes<sup>64</sup>.

Se identificaron cinco áreas de recomendación<sup>65</sup>:

1. Incorporación de consideraciones de IA en el Plan Estratégico de la FCC para desbloquear el cambio transformacional.

---

<sup>64</sup> Fuente: [The Importance of Artificial Intelligence and Data for the Telecommunications Industry and the FCC](#)

<sup>65</sup> Fuente: [The Importance of Artificial Intelligence and Data for the Telecommunications Industry and the FCC](#)

2. Creación de un grupo de trabajo para abordar la gobernanza y curación de datos, permitiendo que las aplicaciones de IA/ML satisfagan las necesidades internas de la FCC, la industria y el público.
3. Desarrollo de un plan y estrategia para diseñar, implementar y mantener un mapa de banda ancha que utilice tecnologías de vanguardia.
4. Implementación de políticas y enfoques para garantizar un uso seguro de la IA en las redes de la nación y las comunicaciones.
5. Desarrollo de la capacidad de la FCC para aprovechar la IA en la resolución de problemas mediante proyectos piloto con retorno a corto plazo.

El informe destaca el creciente uso de técnicas de IA y ML por parte de los proveedores de servicios de telecomunicaciones para impulsar su transformación digital. Estas inversiones buscan reducir costos, mejorar la experiencia del cliente y facilitar servicios innovadores. El informe sugiere que las consideraciones sobre IA/ML en el plan estratégico de la FCC deben abordar las prioridades de la misión de la FCC y el valor potencial que la IA/ML puede aportar<sup>66</sup>:

1. Cerrar la brecha digital
  - Mejorar la eficiencia con la que se utilizan los fondos federales para cerrar la brecha digital explorando el uso de la IA y el ML para respaldar las decisiones de inversión.
2. Promoción de la innovación
  - Despliegue de nuevas infraestructuras de apoyo a las *Smart Cities*.
  - Adoptar políticas que faciliten el despliegue y el uso generalizado de vehículos autónomos (posiblemente reorientar el IoT o facilitar el desarrollo de ciudades inteligentes). Los ejemplos requieren el intercambio continuo de datos, un ancho de banda ubicuo y un alto grado de confiabilidad.
3. Protección de la seguridad pública y del consumidor
  - Políticas que faciliten el desarrollo de infraestructuras (y la aplicación de un uso responsable y seguro de la IA).
  - Mejora de los servicios basados en la web para el acceso a las comunicaciones y el uso de la información proporcionada por la FCC.
4. Reforma de los procesos de la FCC
  - Explore el uso de la IA y el ML para acelerar los procedimientos de autorización y certificación de equipos.
  - Actualizar la conservación de las bases de datos actuales de la FCC en preparación para la aplicación de IA/ML.
  - Acceso a herramientas e instalaciones de IA/ML para realizar análisis en apoyo de las políticas.

---

<sup>66</sup> Fuente: [The Importance of Artificial Intelligence and Data for the Telecommunications Industry and the FCC](#)

Al igual que varios países del mundo, en EE. UU. se han desarrollado algunas iniciativas y regulaciones regionales de la IA. En 2023, los proyectos de ley dirigidos por algunos estados sobre IA han aumentado drásticamente. Según la *Software Alliance*, los legisladores estatales presentaron más de 440 % más de proyectos de ley relacionados con la IA en 2023 en comparación con el año anterior. Los gobernadores de estados como California, Pensilvania y Nueva Jersey han emitido órdenes ejecutivas respaldadas por grupos de trabajo y organismos locales similares que exploran los estándares de investigación y los marcos regulatorios. Entre otros estados, Texas, Connecticut e Illinois han aprobado leyes sobre IA, mientras que Nueva York ha visto un número cada vez mayor de proyectos de ley sobre IA avanzando en su legislatura. Maine emitió una moratoria de 6 meses sobre el uso de IA generativa en agencias gubernamentales.

Gráfica 16. Legislación sobre IA en los estados de EE. UU

Fuente. figura traducida tomada de BCLP (2024)<sup>67</sup>.

## California

Regulaciones aprobadas. Se han implementado leyes que prohíben el uso de *bots* para interactuar con personas sin revelar su naturaleza, especialmente en transacciones comerciales o influencias electorales. También se ha regulado la elaboración de perfiles y la toma de decisiones automatizadas, otorgando a los consumidores derechos para excluirse de la utilización de tecnologías de decisión automatizada. Las empresas están obligadas a llevar a cabo evaluaciones de riesgos de privacidad para actividades de procesamiento que presenten un riesgo significativo.

Regulaciones propuestas. Se han presentado propuestas que requieren la documentación sobre los datos utilizados en el entrenamiento de sistemas de IA antes de una fecha específica. Algunas propuestas obligan a las aseguradoras a informar sobre el uso de IA en decisiones relacionadas con solicitudes y reclamaciones. Otras permiten a los desarrolladores de modelos de IA determinar su elegibilidad para exenciones antes del entrenamiento, asegurando que los modelos no tengan capacidades que presenten riesgos. También se busca que los usuarios de herramientas de decisión automatizada realicen evaluaciones de impacto anuales y notifiquen a las personas afectadas para evitar la discriminación algorítmica. Una propuesta obliga a las empresas de IA generativa con un alto volumen de visitantes a crear herramientas de detección de IA y a incluir divulgaciones visibles en el contenido generado. Otra medida prohíbe a las empresas que no cumplan con los estándares de seguridad y privacidad del estado firmar contratos con agencias estatales para servicios de IA. Por último, se requiere que se emitan advertencias a los consumidores sobre el uso indebido de tecnologías de IA que generan contenido, con sanciones civiles por incumplimientos.

Regulación fallida. Una propuesta que buscaba incluir derechos de acción privada en el uso de herramientas de decisión automatizadas fue desestimada, ya que podría haber generado riesgos significativos de litigios para sus usuarios.

## Ciudad de Nueva York

Regulaciones aprobadas. En diciembre de 2021, la ciudad de Nueva York implementó una ley que exige a los empleadores realizar auditorías de sesgo en las herramientas de IA utilizadas en decisiones de empleo. Esto incluye auditorías por auditores independientes, divulgación pública de los resultados de las auditorías y notificación a los solicitantes sobre el uso de herramientas automatizadas en el proceso de contratación.

Regulaciones propuestas:

- Una propuesta requiere que los operadores de IA generativa divulguen advertencias en las interfaces de usuario sobre posibles inexactitudes en los resultados.
- Otra propuesta busca prevenir que los propietarios de inmuebles utilicen algoritmos para establecer los montos del alquiler residencial, con sanciones por incumplimiento.
- Una enmienda a la ley laboral exigiría a los empleadores realizar evaluaciones de impacto para las aplicaciones de IA, detallando objetivos, uso de datos y estimaciones de desplazamiento de empleados.

- También se propone introducir responsabilidad para los operadores de *chatbots*, exigiendo que proporcionen información precisa y que informen a los usuarios que están interactuando con IA.
- Se propone una comisión de ética para establecer reglas que prohíban prácticas discriminatorias por parte de los sistemas de IA, prohibir la desinformación y regular la investigación dañina de la IA, con sanciones por violaciones.
- Otras regulaciones incluyen la obligación de que se divulgue el uso de IA, prevenir que las aseguradoras utilicen algoritmos discriminatorios y obtener consentimiento para la creación de réplicas digitales de modelos.
- Además, hay propuestas que abordan las implicaciones fiscales para las corporaciones que desplazan trabajadores mediante IA, criterios para herramientas automatizadas de decisión de empleo y requisitos para que las empresas notifiquen a las personas sobre el uso de sus datos personales.

#### Propuestas Fallidas.

- Varias leyes propuestas que buscaban regular herramientas de decisión automatizadas en la vivienda, exigir divulgaciones en comunicaciones políticas que utilizan contenido generado por IA y establecer derechos para los residentes afectados por decisiones tomadas sin intervención humana fracasaron.
- Otras iniciativas no exitosas intentaron requerir divulgaciones sobre el uso de IA generativa en la publicación de libros y la creación de un registro para empresas involucradas en negocios relacionados con IA.
- Los intentos de establecer regulaciones integrales de privacidad, incluidos los derechos de los consumidores para impugnar decisiones automatizadas y la necesidad de que las empresas realicen evaluaciones de impacto, también fueron propuestos, pero no aprobados.
- Los esfuerzos por regular el uso de medios sintéticos en publicidad y asegurar estándares responsables de IA en compras estatales fracasaron.
- Propuestas adicionales intentaron imponer condiciones sobre las herramientas de IA utilizadas para el monitoreo de empleados, exigir divulgaciones en comunicaciones políticas generadas por IA y restringir a los propietarios de inmuebles de recopilar información específica derivada algorítmicamente.
- Finalmente, una propuesta fallida buscó prohibir el uso de medios sintéticos en producciones cinematográficas que desplazan a personas naturales de sus roles.

Estos desarrollos reflejan los esfuerzos continuos por abordar las preocupaciones éticas y regulatorias en torno a las tecnologías de IA en diversos sectores.

### Precedentes judiciales

El aumento de la IA generativa avanzada ha provocado una serie de litigios por derechos de autor. La IA generativa plantea cuestiones desafiantes sobre la protección de derechos de autor, la responsabilidad y la ejecución.

Casos y sus Desarrollos<sup>68</sup>:

- Alter v. OpenAI: Tres casos separados se han consolidado en una acción contra OpenAI y Microsoft por infracción de derechos de autor debido al uso de obras de los demandantes para entrenar modelos de IA.
- Andersen v. Stability AI: Artistas visuales alegan infracción directa e inducida de derechos de autor y violaciones de la DMCA (*Digital Millenium Copyright Act*) contra Stability AI y otros por el funcionamiento de sus herramientas generativas.
- Center for Investigative Reporting v. OpenAI: Esta organización denuncia que OpenAI y Microsoft infringieron derechos de autor al usar sus obras en conjuntos de entrenamiento.
- Concord Music Group, Inc. v. Anthropic PBC: Varios editores de música demandan a Anthropic por infracción de derechos de autor, alegando el uso no autorizado de letras de canciones.
- Daily News v. Microsoft: Editores de periódicos demandan a Microsoft y OpenBpor múltiples infracciones de derechos de autor.
- Doe v. GitHub, Inc.: Demandantes anónimos alegan que GitHub, Microsoft y OpenAI usaron materiales protegidos para crear Codex y Copilot.
- Getty Images v. Stability AI: Getty Images acusa a Stability AI de infringir más de 12 millones de fotografías al crear sus herramientas generativas.
- Huckabee v. Bloomberg: Mike Huckabee y otros demandan a Bloomberg por uso no autorizado de un conjunto de datos para entrenar su modelo de IA.
- The Intercept Media y Raw Story Media v. OpenAI: Demandas casi idénticas alegan violaciones de la DMCA por el uso de trabajos periodísticos en los conjuntos de entrenamiento de ChatGPT.
- Kadrey v. Meta: Demandantes acusan a Meta de infringir derechos de autor al copiar libros para entrenar sus modelos.
- Leovy v. Google: Demandantes alegan que Google utilizó datos personales y contenido protegido para entrenar sus productos de IA.
- Nazemian y Dubus v. NVIDIA Corporation: Autores acusan a NVIDIA de copiar sus libros sin permiso para entrenar su modelo de IA.

---

<sup>68</sup> Disponible en: [Case Tracker: Artificial Intelligence, Copyrights and Class Actions | BakerHostetler \(bakerlaw.com\)](#)

- New York Times v. Microsoft: El New York Times alega que sus obras fueron utilizadas para crear modelos de IA, generando contenido verídico y atribuciones erróneas.
- Litigio de OpenAI ChatGPT: Grupos de autores demandan a OpenAI por infracción de derechos de autor y violaciones de la DMCA.
- Thomson Reuters v. ROSS: Thomson Reuters demanda a ROSS Intelligence por copiar contenido de su plataforma para entrenar su IA.

De manera general, se aprecia que la demanda por una regulación que permita establecer reglas claras y transparencia en el entrenamiento de los modelos es un tema que requiere una inmediata atención. Está claro que los sistemas requieren de datos e información para entrenar sus modelos y de este modo generar sus respuestas; sin embargo, el uso indiscriminado de datos e información puede estar infringiendo los derechos de autor de las obras a las que pertenecen estos datos. Sin embargo, si se emitiera una ley que limitara de manera importante el uso de datos, los sistemas de IA pudieran verse limitados en su desarrollo: un sistema de IA sin entrenamiento o entrenado con información insuficiente incrementaría la posibilidad de respuestas fallidas.

Aunado a lo anterior, vale la pena considerar un escenario donde un sistema hace uso de información que proviene de una fuente que presenta un sesgo o tendencia en su información, el sistema de IA que fuera entrenado con esta información tendría una alta probabilidad de reproducir el sesgo de los datos e información con los que se le entrenó.

Sin embargo, cabe mencionar que en la sección 230 de la Ley de Telecomunicaciones de EE. UU. de 1996, se exime a las plataformas *online* de cualquier tipo de responsabilidad en relación con el contenido por los usuarios. Varias de las preocupaciones manifestadas en los casos jurídicos previamente listados se enfocan en la protección de derechos de autor, sin embargo, se considera de relevancia analizar el tipo de responsabilidad que las plataformas que proveen redes sociales deben asumir. Si partimos del hecho de que el algoritmo de una red social tiene el potencial de delinear el contenido e información que le muestra al usuario, y que esta información pudiera impactar en sus preferencias (tanto de consumo y ocio, como en temas que pudieran ser de mayor relevancia como promover ideas políticas o actividades de violencia. Este es un debate abierto (Harari, 2024).

### Canadá

Para garantizar un uso ético y eficaz de la IA, en julio de 2020 el gobierno anunció algunos principios rectores que deben tenerse en cuenta a la hora de explorar el establecimiento de una regulación adecuada de la IA. El gobierno explorará el uso de la IA en los programas y servicios gubernamentales, al tiempo que se asegurará de que se rija por valores, ética y leyes claras.

Los principios rectores de la IA del gobierno canadiense incluyen<sup>69</sup>:

---

<sup>69</sup> Fuente: <https://omdia.tech.informa.com/om031971/artificial-intelligence-ai-regulations-policies-and-strategies-case-studies--2023>



- Comprender y medir el impacto de la IA mediante el desarrollo de herramientas y enfoques compartidos.
- Garantizar la transparencia en el uso de la IA, revelando cuándo y cómo se aplica.
- Proporcionar explicaciones significativas sobre las decisiones de la IA, con mecanismos para revisar y cuestionar esos resultados.
- Fomentar la apertura en el intercambio de código fuente y datos de entrenamiento, protegiendo al mismo tiempo la información personal.
- Brindar una formación adecuada a los empleados del gobierno que trabajan con IA para que adquieran habilidades responsables de diseño e implementación y mejoren así los servicios públicos basados en la IA.

En junio de 2022, el gobierno federal presentó el proyecto de ley C-27, también conocido como Ley de Implementación de la Carta Digital. Como parte del proyecto de ley C-27, el gobierno presentó la Ley de Inteligencia Artificial y Datos (AIDA, por sus siglas en inglés). Esta ley tiene como objetivo regular el comercio interprovincial o internacional, estableciendo requisitos que serán aplicables a todas las empresas dedicadas al desarrollo, licenciamiento, diseño, operación o venta de sistemas de IA. También incluye medidas para gestionar datos, realizar evaluaciones de impacto y mantener registros para cumplir con los estándares de cumplimiento. La ley requerirá que las personas responsables de los sistemas de IA evalúen estos sistemas potencialmente de alto riesgo que podrían causar daños o producir resultados sesgados, desarrollen planes de mitigación para reducir o eliminar estos riesgos y revelen públicamente cuándo se están utilizando sistemas de alto impacto. Con base en AIDA, el gobierno tendría poderes para:

- Solicitar información y registros sobre un sistema de IA;
- Administrar una auditoría, ya sea por parte de la persona responsable del sistema de IA o por un auditor independiente, y la adopción de las medidas mencionadas en el informe de auditoría;
- Terminar el funcionamiento de un sistema de IA si supone un riesgo grave de daño inminente;
- Publicar información sobre infracciones de los requisitos, y
- Compartir información con otros reguladores y autoridades encargadas de hacer cumplir la ley.

## Brasil

En diciembre de 2022, una comisión temporal del Senado brasileño presentó un informe con estudios sobre la regulación de la IA, incluido un proyecto de ley de IA. El proyecto de ley se basa en tres aspectos fundamentales<sup>70</sup>:

- Categorización de riesgos: Sugiere una evaluación preliminar para determinar el nivel de riesgo de los sistemas de IA. Prohíbe las aplicaciones de riesgo excesivo e impone un

---

<sup>70</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

control estricto sobre las de alto riesgo, como los sistemas que explotan vulnerabilidades para perjudicar a los usuarios. También prohíbe la puntuación social y el uso de sistemas de identificación biométrica en espacios públicos sin una autorización explícita.

- Protección de los derechos individuales: Incluye derechos como el acceso a información sobre interacciones con sistemas de IA, explicaciones sobre decisiones automatizadas, derecho a impugnar decisiones y protección de datos personales.
- Gobernanza: Propone reglas y procesos para la aplicación de agentes de IA a lo largo de su ciclo de vida, especialmente para sistemas de alto riesgo. También sugiere evaluaciones de impacto algorítmicas y establece obligaciones de informar violaciones de seguridad. Se propone responsabilidad civil para los proveedores u operadores de sistemas de IA de alto riesgo y sanciones por incumplimiento, con multas máximas de hasta el 2 % de la facturación de la empresa.

El Senado brasileño anunció en mayo de 2023 que analizará el proyecto de ley destinado a regular los sistemas de IA. Los sistemas de alto riesgo tienen que completar una evaluación de impacto algorítmico obligatoria. El proyecto de ley describe los sistemas que se considerarán de alto riesgo, es decir, aquellos que se utilizarán para actividades como<sup>71</sup>:

- Calificación crediticia.
- Identificación de las personas.
- Administración de justicia.
- Implantación de vehículos autónomos.
- Diagnósticos y procedimientos médicos.
- Toma de decisiones sobre el acceso al empleo, la educación o los servicios públicos y privados esenciales.
- Evaluación de estudiantes y trabajadores.
- Gestión de infraestructuras críticas, como el control del tráfico y las redes de suministro de agua y electricidad.
- Evaluación individual del riesgo de cometer delitos y de los rasgos de personalidad y comportamiento delictivo.

El proyecto de ley incluye restricciones sobre cómo se puede usar la IA, como no usar técnicas subliminales para persuadir a las personas de que se comporten de manera dañina o peligrosa, y no puede explotar vulnerabilidades específicas como la edad o la discapacidad.

Además, el proyecto de ley establece que las personas deben tener derecho a<sup>72</sup>:

- Impugnar y solicitar explicaciones sobre las decisiones tomadas por estos sistemas:

---

<sup>71</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>72</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

- Solicitar la participación humana en las decisiones de estos sistemas en determinadas situaciones:
  - Obtener información sobre su funcionamiento.
  - No ser discriminado y solicitar la corrección de los prejuicios discriminatorios.

## Chile

Chile publicó su Política Nacional de Inteligencia Artificial (PNIA) en 2021. La PNIA define una estructura de gobernanza y establece un Plan de Acción con prioridades en las iniciativas de política pública (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021a). La elaboración de la PNIA fue liderada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, con el apoyo de un Comité Directivo Ministerial de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación compuesto por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, el Ministerio de Economía, Desarrollo y Turismo, y el Ministerio de Educación.

La PNIA establece tres ejes temáticos que sirven como bases de la estrategia nacional. El primer eje se refiere a factores facilitadores, que abarcan el desarrollo de infraestructura tecnológica (conectividad y capacidad informática), el fomento del talento (desarrollo del conocimiento y la capacidad humana) y los datos. El segundo eje se refiere a desarrollo y adopción, lo que abarca el fomento de la investigación, la transferencia tecnológica y la adopción de la IA en la industria y el gobierno. Por último, el tercer eje se refiere a ética, aspectos normativos e impactos socioeconómicos, lo que abarca la gobernanza en el uso de herramientas de IA, el impacto en el mercado laboral, las relaciones con los consumidores, la propiedad intelectual, la ciberseguridad, la ciberdefensa y el género (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2021b).

Chile se encuentra incorporando la Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial de la UNESCO (2022) y ha creado un Comité Directivo Ministerial cuya primera sesión se celebró el 4 de agosto de 2023. Las Recomendaciones de la UNESCO se incorporarán al tercer eje de la PNIA, que se encuentra en proceso de actualización.

Los principales obstáculos identificados por los expertos en el desarrollo de políticas y regulaciones relativas a la IA en el país fueron los siguientes<sup>73</sup>:

1. La creación de nuevas regulaciones y la actualización de las que ya existen es un proceso lento, mientras que la IA evoluciona rápidamente.
2. Las regulaciones rezagadas en áreas relacionadas, como la protección de datos personales, obstaculizan el desarrollo de regulaciones de IA.

---

<sup>73</sup> Disponible en: [Chile: evaluación del estado de preparación en materia de Inteligencia Artificial \(IA\) de la Unesco - UNESCO Biblioteca Digital](#)

3. Dificultades y desafíos de coordinación en el establecimiento de prioridades compartidas entre los ministerios, ya que la IA es una tecnología de propósito general que requiere la participación de múltiples ministerios.
4. Importantes limitaciones financieras, ya que Chile es un país en desarrollo con prioridades sociales derivadas de su contexto sociopolítico actual.
5. El ciclo político presidencial de cuatro años obstaculiza el desarrollo y la implementación de políticas a largo plazo que abarcan diferentes presidencias.
6. Se ha informado de importantes lagunas de conocimientos en relación con la tecnología y su gobernanza en el sector público.
7. Falta de estudios e información que permitan identificar las desigualdades de género que se producen —o se exacerban— debido al desarrollo de políticas y regulaciones de IA.
8. Necesidad de una gobernanza clara sobre la calidad y la gestión de los datos de modo que los organismos gubernamentales puedan compartir información de manera ágil y segura.
9. Falta de un análisis ético de las tecnologías utilizadas, especialmente en poblaciones vulnerables, como niños y niñas, mujeres y minorías sexuales, entre otras.

### Colombia

En 2018, el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) emitió el documento titulado Política Nacional de Explotación de Datos (*Big Data*), cuyo objetivo es aumentar el uso de datos, desarrollando las condiciones para gestionarlos como activos que generen valor social y económico. El marco de gobernanza de datos ofrece una serie de directrices para desarrollar una infraestructura compartida de datos, destinada al diseño y desarrollo de sistemas de IA. Este marco describe los elementos políticos, regulatorios y técnicos necesarios para mejorar la precisión, accesibilidad y el intercambio de datos en Colombia, beneficiando el ecosistema de IA. También describe una metodología para implementar un modelo de bienes comunes y confianza en los datos en el país.

Los objetivos particulares de la Política de *Big Data* son<sup>74</sup>:

- Masificar la disponibilidad de datos de entidades públicas que sean accesibles, utilizables y de calidad digital.
- Generar seguridad jurídica para la explotación de datos.
- Desarrollar capital humano capaz de generar valor con los datos.
- Fomentar una cultura de datos en el país.
- Implementar un modelo de gobernanza de la infraestructura estatal de datos en el marco de la política de recuperación económica.

---

<sup>74</sup> Fuente: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3920.pdf>

En 2019 el CONPES emitió el documento “Transformación Digital e Inteligencia Artificial”, que se destaca como una de las políticas más importantes promovidas por el gobierno colombiano para la adopción de tecnologías digitales en el sector público y privado, con el objetivo de preparar al país para enfrentar los retos relacionados con la Cuarta Revolución Industrial (4RI), contemplando las siguientes acciones<sup>75</sup>:

- Disminuir las barreras que impiden la incorporación de tecnologías digitales en el sector público y privado, relacionadas con la falta de cultura y el desconocimiento de estas tecnologías.
- Crear condiciones habilitantes mediante alianzas internacionales para la innovación, el diseño y ejecución de iniciativas para fomentar el emprendimiento y la transformación digital.
- Fortalecer las competencias del capital humano para afrontar la 4RI favoreciendo el desarrollo de competencias digitales durante la trayectoria educativa y la configuración de ecosistemas de innovación a través de alianzas internacionales para la formación de talento con prioridad en IA.
- Desarrollar las condiciones habilitantes para preparar a Colombia para los cambios económicos y sociales que conlleva la IA.
- Impulsar otras tecnologías de la 4RI por medio del fomento al desarrollo de tecnologías digitales, la creación de ambientes de prueba regulatorio, financiamiento para la investigación y desarrollo tecnológico de IA, entre otras.

También se desarrolló la plataforma Data Sandbox para el desarrollo de proyectos piloto relacionados con tecnologías *Big Data*, IA y Analítica de Datos, gracias a la cual entidades como el Departamento Nacional de Planeación, la Superintendencia de Industria y Comercio, la Superintendencia Financiera y la Comisión de Regulación de Comunicaciones, han desarrollado proyectos para mejorar la toma de decisiones, análisis y procesamiento de datos<sup>76</sup>.

### Unión Europea

En 2019, a través del *High-Level Experts Group of the European Commission*, la UE estableció los siguientes principios en relación con la regulación de la IA<sup>77</sup>:

- Agencia y supervisión humanas: Los sistemas de IA deben empoderar a las personas y garantizar mecanismos de supervisión adecuados.
- Solidez técnica y seguridad: Los sistemas de IA deben ser resilientes, seguros, precisos y fiables, con planes alternativos en caso de falla.

---

<sup>75</sup> Fuente: [CONPES de transformación digital promoverá la competitividad del país y la eficiencia del sector público \(mintic.gov.co\)](https://www.mintic.gov.co/publicaciones/transformacion-digital-promovera-la-competitividad-del-pais-y-la-eficiencia-del-sector-publico)

<sup>76</sup> Fuente: [Colombia adopta de forma temprana recomendaciones de ética en Inteligencia Artificial de la Unesco para la región \(mintic.gov.co\)](https://www.mintic.gov.co/publicaciones/colombia-adopta-de-forma-temprana-recomendaciones-de-etica-en-inteligencia-artificial-de-la-unesco-para-la-region)

<sup>77</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

- Privacidad y gobernanza de datos: Se debe respetar la privacidad y protección de datos, junto con una adecuada gobernanza de datos para garantizar calidad e integridad.
- Transparencia: Las decisiones de los sistemas de IA se deben explicar de forma comprensible para las partes interesadas y los usuarios. Las personas deben ser conscientes de que están interactuando con un sistema de IA y deben estar informadas de sus capacidades y limitaciones.
- Diversidad, no discriminación y equidad: Se deben evitar sesgos injustos y garantizar la accesibilidad para todos, así como la participación de partes interesadas relevantes.
- Bienestar social y medioambiental: Los sistemas de IA deben ser sostenibles y beneficiar a todas las personas, incluidas las generaciones futuras.
- Rendición de cuentas: Se deben establecer mecanismos para garantizar la responsabilidad y la rendición de cuentas de los sistemas de IA, con énfasis en la auditabilidad en aplicaciones críticas.

En abril de 2021, la CE anunció la *Commission AI Package*, que incluía una revisión del Plan Coordinado entre la CE y los Estados miembros de la UE. También presentó una propuesta de marco regulador de la IA: la Ley de IA de la UE.

La Ley de IA propone un enfoque basado en el riesgo, con cuatro niveles de riesgo<sup>78</sup>:

- Para los sistemas considerados de riesgo inaceptable, se prohíbe su uso, como los sistemas de puntuación social y la identificación biométrica a distancia.
- Los de alto riesgo requieren una evaluación de conformidad, como la IA en educación o justicia.
- Los de riesgo limitado deben ser transparentes, como los *chatbots*.
- Y los de riesgo mínimo pueden operar sin interferencia, como los videojuegos con IA.

Para cada nivel de riesgo, se proponen requisitos obligatorios: prohibición, evaluación de conformidad, transparencia y código de conducta, respectivamente.

La UE define los sistemas de IA de propósito general que incluye a las herramientas de IA que llevan a cabo más de una operación; en estos sistemas se incluyen los modelos de IA generativa como ChatGPT. Algunas de las principales consideraciones que se mencionan son:

- Obligaciones para los proveedores de modelos fundamentales de aplicar controles de seguridad, medidas de gobernanza de datos y mitigaciones de riesgos antes de poner sus modelos en el mercado, incluidas las obligaciones de considerar los "riesgos previsibles para la salud, la seguridad, los derechos fundamentales, el medio ambiente y la democracia, así como el estado de derecho"

---

<sup>78</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

- Obligación de los proveedores de tecnologías de IA generativa de cumplir con las obligaciones de transparencia en la regulación (por ejemplo, garantizar que los usuarios estén informados de que el contenido fue generado por máquinas); aplicar salvaguardas adecuadas en relación con el contenido que generan sus sistemas; y proporcionar un resumen de cualquier material protegido por derechos de autor utilizado para entrenar a sus modelos de IA.
- Obligación de revelar cuándo el sistema de IA se entrena con datos protegidos por leyes de derechos de autor.

## Francia

En enero de 2020, la Autoridad de Regulación de las Comunicaciones Electrónicas y Postales (ARCEP) publicó una nota titulada *Réseaux du Futur: Note n° 6 - L'intelligence Artificielle dans les réseaux de télécommunications*. Esta nota forma parte de una serie de recursos generados como resultado de un ciclo de reflexión iniciado por la ARCEP en 2018. Dichas notas, elaboradas como parte de un trabajo prospectivo, surgieron de intercambios con una diversidad de partes interesadas, como operadores, fabricantes de equipos, proveedores de servicios, operadores de Internet y académicos. Además, se basaron en trabajos de investigación y conocimientos especializados del Comité Científico establecido para este fin<sup>79</sup>.

En este documento se explora el potencial de la IA en las redes de telecomunicaciones, destacando diversas aplicaciones que incluyen<sup>80</sup>:

1. Optimización de servicios: La IA en las redes permite aprender de experiencias pasadas, como fallas y soluciones. La recopilación de datos de telemetría y su concentración en SDN permiten que la IA aprenda de grandes volúmenes de datos. Además, la capacidad de las redes virtualizadas para gestionar datos de diversas fuentes podría mejorar la eficiencia del proceso de toma de decisiones a nivel SDN.
  - Mantenimiento predictivo
  - Respuesta al incidente
  - Optimización de equipos y redes en tiempo real
  - Clasificación del tráfico
  - Optimización de la calidad del servicio
  - Seguridad
2. Planificación radioeléctrica: Para poder optimizar la transmisión de señales inalámbricas es necesario planificar el despliegue de las diferentes células y configurar las antenas para maximizar las áreas cubiertas por las antenas minimizando las interferencias. La planificación radioeléctrica requiere tener en cuenta muchos parámetros

<sup>79</sup> Fuente: [Réseaux du futur Note n° 6 L'intelligence Artificielle dans les réseaux de télécommunications](#)

<sup>80</sup> Fuente: [Réseaux du futur Note n° 6 L'intelligence Artificielle dans les réseaux de télécommunications](#)

independientes, la IA puede ayudar a crear modelos y resolverlos más rápidamente. De manera específica, se contemplan:

- Formación de haces
- Despliegue celular optimizado
- Ubicación de terminales
- La inclinación de las antenas

En la nota también se abordan los desafíos vinculados a la IA, incluyendo las cuestiones relacionadas con los datos y requerimientos para lidiar con la opacidad de la IA.

Aunque la nota no tiene carácter regulatorio, es importante destacar que la ARCEP ha reconocido el enorme potencial de la IA en el sector de las telecomunicaciones.

### Reino Unido

En junio de 2017, la Cámara de los Lores nombró al Comité Selecto sobre IA para evaluar las implicaciones de la IA. El comité publicó su informe final en abril de 2018, en el que recomendaba que se estableciera un código de IA intersectorial basado en cinco principios<sup>81</sup>:

- Desarrollar la IA para el bien y en beneficio de la humanidad
- Operar sobre la base de principios de equidad
- Valorar la privacidad y los derechos de los datos
- No asignar un poder autónomo que dañe o destruya a los seres humanos
- Garantizar que todos los ciudadanos tengan derecho a educarse y prosperar junto con la IA

En noviembre de 2017, el gobierno del Reino Unido publicó su Estrategia Industrial, anunciando planes para desarrollar industrias del futuro que pongan la IA y la revolución de los datos a la vanguardia. Como parte de la estrategia, el gobierno ha creado un Centro para la Ética y la Innovación de los Datos, un organismo asesor para revisar el panorama actual y asesorar al gobierno sobre cómo maximizar los beneficios de las tecnologías basadas en datos, incluida la IA<sup>82</sup>.

En junio de 2019, el Servicio Digital del Gobierno, en colaboración con la Oficina de Inteligencia Artificial, publicó una guía sobre la ética y la seguridad de la IA. Proporcionó una visión general de los componentes éticos necesarios para la ejecución responsable de un proyecto de IA. La guía recomienda valores éticos basados en los valores sociales, la justicia, el interés público y la dignidad

---

<sup>81</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>82</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)



de las personas. También dio un conjunto de cuatro principios prácticos, que se enumeran a continuación<sup>83</sup>:

- Equidad: Utilizar solo conjuntos de datos justos y equitativos y evitar que el sistema tenga un impacto discriminatorio.
- Rendición de cuentas: Implementar el monitoreo de actividades para permitir la supervisión y revisión a lo largo de todo el proyecto.
- Sostenibilidad: Los diseñadores y usuarios de IA deben ser conscientes de los efectos transformadores que los sistemas de IA pueden tener en las personas y la sociedad.
- Transparencia: Los diseñadores e implementadores de sistemas de IA deben ser capaces de justificar el rendimiento de un sistema de IA en un contexto específico.

En marzo de 2023 el Gobierno publicó un *white paper* que establece un marco para el desarrollo y el uso responsables de la IA en todos los sectores en virtud de cinco principios<sup>84</sup>:

- Seguridad, protección y solidez: Los sistemas de IA deben funcionar de manera segura y robusta.
- Transparencia y explicabilidad adecuadas: Los desarrolladores e implementadores de los sistemas de IA deben ser transparentes a la hora de comunicar el propósito, el uso y el proceso de la IA.
- Equidad: Los sistemas de IA no deben discriminar por ningún motivo.
- Rendición de cuentas y gobernanza: Deben adoptarse medidas eficaces para una gobernanza y rendición de cuentas adecuadas de los sistemas de IA.
- Impugnabilidad y recurso: Debe existir un sistema de recurso claro para gestionar los riesgos y las decisiones perjudiciales generados por los sistemas de IA.

El gobierno del Reino Unido presentó al Parlamento el proyecto de ley de datos (uso y acceso) en octubre de 2024. El proyecto de ley propone cambios en el régimen de protección de datos en áreas como la toma de decisiones automatizada, el uso de *cookies* y las bases legales para el procesamiento de datos personales.

### Australia

En abril de 2019, el gobierno australiano publicó su Marco de Ética de la IA. Presentó ocho principios que deben tenerse en cuenta cuando se diseña y adopta un sistema de IA<sup>85</sup>:

- Generar beneficios netos. El sistema de IA debe generar mayores beneficios para las personas que los costes.

---

<sup>83</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>84</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>85</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

- No hacer daño. Los sistemas de IA no deben diseñarse para causar ningún daño a las personas, y deben implementarse de manera que se minimice el riesgo de resultados negativos.
- Cumplimiento normativo y legal. El sistema de IA debe cumplir con todas las obligaciones, regulaciones y leyes relevantes de los gobiernos internacionales y locales.
- Protección de la privacidad. Cualquier sistema, incluidos los sistemas de IA, debe proteger los datos privados de las personas y evitar violaciones de datos que puedan causar daños psicológicos, financieros, reputacionales, profesionales o de otro tipo.
- Equidad. El desarrollo y el uso del sistema de IA no deben causar una discriminación injusta contra las personas o las comunidades. Deben asegurarse de que los datos introducidos en un sistema de IA estén libres de sesgos o características que puedan hacer que el algoritmo se comporte de forma injusta.
- Transparencia y explicabilidad. Las personas deben ser informadas cuando se utiliza un algoritmo que les afecta, y se les debe proporcionar más detalles sobre la información que el algoritmo utiliza para tomar decisiones.
- Disputabilidad. En los casos en que un algoritmo afecte a una persona, debe existir un mecanismo eficiente que permita a esa persona impugnar el uso o la salida del algoritmo.
- Responsabilidad. Las personas y organizaciones responsables del desarrollo y la implementación de algoritmos de IA deben ser identificables y responsables de sus impactos, incluso si los impactos no son intencionados.

En noviembre de 2019, el gobierno publicó su Hoja de Ruta de Tecnología de IA, que destacó tres áreas potenciales de especialización en IA: salud, infraestructura y recursos naturales.

En junio de 2021, Australia publicó su Plan de Acción de IA, que representaba las iniciativas y los ajustes políticos nuevos y existentes y reunía una serie de acciones en todo el gobierno. El Plan de Acción de IA se centró en cuatro áreas clave<sup>86</sup>:

- Transformación empresarial mediante el desarrollo y la adopción de IA para aumentar la productividad y competitividad, y crear empleos.
- Creación de un entorno propicio para atraer talento internacional en IA y garantizar el acceso a *expertise* de clase mundial.
- Utilización de IA para abordar los desafíos nacionales, aprovechando la investigación líder en IA en Australia.
- Convertir a Australia en un líder mundial en IA responsable e inclusiva, asegurando que la tecnología refleje los valores del país y sea accesible para todos los ciudadanos.

---

<sup>86</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

A nivel estatal, Nueva Gales del Sur desarrolló un Marco de Garantía de IA, que entró en vigor en marzo de 2022. Su objetivo es apoyar al gobierno de Nueva Gales del Sur en innovaciones tecnológicas de IA y garantizar la seguridad en el entorno de IA.

- El marco ayuda a las agencias a construir, diseñar y utilizar soluciones y productos basados en IA. Esto ayuda a los equipos de proyectos que utilizan IA en la identificación de riesgos relacionados con la IA y los ayuda a crear estrategias de mitigación de riesgos, rendición de cuentas y medidas de gobernanza. También incluye proyectos de IA generativa y modelos de lenguaje a gran escala.
- El Marco de Garantía de IA será obligatorio para proyectos (desde el inicio hasta la entrega) que estén relacionados con componentes de IA o herramientas impulsadas por IA. Este marco será utilizado por equipos operativos que gestionan IA, funcionarios superiores responsables del diseño y uso de sistemas de IA, equipos de proyectos que utilizan sistemas de IA y evaluadores internos.

En marzo de 2023, el Centro Nacional de Inteligencia Artificial, en colaboración con la Organización de Investigación Científica e Industrial de la *Commonwealth*, lanzó la Red de Inteligencia Artificial Responsable. La red tiene como objetivo ayudar a las empresas a desarrollar y utilizar una IA responsable que sea segura, ética y óptima. Esto se logra estableciendo una comunidad nacional de profesionales liderada por expertos reconocidos y brindando a las empresas valiosas orientaciones, recursos y materiales educativos basados en las mejores prácticas de la industria.

El 1 de junio de 2023, el gobierno australiano publicó el documento de consulta, *IA segura y responsable en Australia*. El documento proporciona una descripción general del marco regulatorio y otras políticas y estrategias en torno a la IA en Australia, como el Marco de ética de la IA de 2019. También incluye desarrollos internacionales recientes y en curso. El objetivo es identificar las brechas en el panorama nacional existente y comprender la necesidad de nuevas regulaciones, principios, herramientas o estándares para garantizar el uso responsable y seguro de la IA. La consulta sugiere un enfoque basado en el riesgo para el desarrollo y la adopción de la IA con el objetivo de mejorar la confianza de la comunidad. También propone incluir elementos como evaluaciones de impacto y revisión por pares por parte de expertos externos para casos de alto riesgo. Además, se debe considerar la participación humana en la supervisión de la IA para decisiones complejas o situaciones con alto impacto potencial.

## China

En julio de 2017, el Consejo de Estado de China publicó el *New Generation Artificial Intelligence Development Plan*, un documento que describe la estrategia de desarrollo de IA del país. Los objetivos más amplios de la estrategia son impulsar al país para que se convierta en la principal potencia de la

IA para 2030 y hacer de la IA la fuerza motriz de la modernización industrial y la transformación económica del país<sup>87</sup>.

En junio de 2019, se publicaron los Principios de Beijing, principios rectores que se pueden igualar en las siguientes categorías: investigación y desarrollo, gobernanza y uso de la IA. En septiembre de 2021, el Comité Especial Nacional de Gobernanza de la Inteligencia Artificial de Nueva Generación publicó un *Code of Ethics for New-Generation Artificial Intelligence*, que tiene como objetivo proporcionar orientación ética a las partes interesadas involucradas en actividades relacionadas con la IA y describe seis estándares éticos fundamentales que deben cumplirse<sup>88</sup>:

- Mejorar el bienestar humano
- Promover la justicia y la equidad
- Proteja la seguridad y la privacidad
- Garantizar la credibilidad y la capacidad de control
- Fortalecer la responsabilidad
- Mejorar la alfabetización ética

En junio de 2021, el gobierno de Shenzhen publicó el primer borrador de una regulación local de IA, las Regulaciones de Promoción de la Industria de Inteligencia Artificial de la Zona Económica Especial de Shenzhen, que cubren áreas como las aprobaciones de productos y servicios, la educación y la I+D, las adquisiciones y la utilidad funcional, y la ética de su uso. El proyecto de ley se centró en las siguientes áreas:

- Otorgar a las partes interesadas de la industria un mejor acceso a los datos del gobierno;
- Abordar las preocupaciones sobre la privacidad y el uso de los datos a través de un comité de ética de la IA, que proporcionará orientación sobre el uso y el desarrollo de la IA al mismo tiempo que salvaguarda los derechos de privacidad de los datos de los ciudadanos, y
- Fomentar el desarrollo de la IA, agilizar el sistema de aprobación de productos y servicios de IA y establecer un sistema de gestión de riesgos.

En septiembre de 2022, el gobierno de Shenzhen aprobó la regulación, que entró en vigor en noviembre de 2022. En el mismo mes, Shanghái aprobó la primera ley de IA a nivel provincial del país, las Regulaciones de Shanghái sobre la Promoción del Desarrollo de la Industria de la IA, que entraron en vigor el 1 de octubre de 2022. Las regulaciones introdujeron varias medidas para alentar a los actores del mercado a innovar activamente. Requiere que los departamentos pertinentes modifiquen las normas y estándares regulatorios relacionados con la IA y establezcan una lista de exenciones para infracciones menores, permitiendo a las empresas explorar y probar sus tecnologías.

---

<sup>87</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>88</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

En noviembre de 2022, el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información, la Administración del Ciberespacio de China (CAC) y el Ministerio de Seguridad Pública publicaron conjuntamente nuevas regulaciones sobre la Administración de Síntesis Profunda<sup>89</sup> de Servicios de Información de Internet, que entraron en vigor el 10 de enero de 2023. Esta regulación se centra en cuatro áreas clave: seguridad de datos y protección de la información personal, transparencia, gestión y etiquetado de contenidos, así como seguridad técnica.

Su objetivo es imponer obligaciones a los usuarios y proveedores de *síntesis profunda*, una tecnología basada en IA. La tecnología de síntesis profunda incluye la RV, otros sistemas de procesamiento algorítmico y el ML. Los objetivos de estas obligaciones se pueden identificar como:

- Evitar la participación en actividades prohibidas por leyes y regulaciones administrativas;
- Los servicios cumplen con la Ley de Ciberseguridad, la Ley de Protección de Información Personal y la Ley de Seguridad de Datos;
- Evaluación ética y revisión de algoritmos utilizados por el sistema y servicios *deep fake*;
- Consentimiento y notificación a la persona cuando se edita información personal;
- Medidas para abordar la protección de la información personal, la respuesta a emergencias, la seguridad de los datos y otros;
- Desarrollar, implementar y publicar las reglas y condiciones para el uso de su plataforma;
- Identificar información dañina e ilegal mediante la revisión de los datos y
- Medidas y procedimientos para manejar la publicación de información ilegal, falsa y dañina, incluida la cancelación de cuentas, la suspensión de servicios de síntesis profunda y la denuncia a las autoridades pertinentes.

En abril de 2023, la CAC publicó un borrador de *Medidas para los servicios de inteligencia artificial generativa*. Su objetivo es abordar y gestionar cuestiones como la distorsión de la información, el sesgo algorítmico, la moderación de contenidos y los prejuicios relacionados con la IA generativa. Propone que los proveedores de IA generativa cumplan los siguientes requisitos básicos:

- Implementar medidas para evitar la discriminación por edad, ocupación, religión, etnia, nacionalidad y otros motivos;
- Abstenerse de utilizar datos, algoritmos y plataformas para cualquier competencia desleal;
- Garantizar la autenticidad de la información generada;
- Proteger la información de entrada;
- Definir claramente el alcance de los usuarios y el uso de sus servicios;
- Compartir la información necesaria con la CAC cuando se lo solicite;
- Cesar los servicios si violan alguna ley o ética social o comercial, y
- Garantizar que los usuarios compartan su identidad e información reales para que no se genere información falsa.

---

<sup>89</sup> El término síntesis profunda se refiere a la automatización del proceso de aprendizaje de los sistemas de IA.

El documento obliga a todos los proveedores a realizar una evaluación de seguridad antes de lanzar un servicio de IA generativa al público. De acuerdo con las Disposiciones de Evaluación de la CAC, esto puede llevarse a cabo de forma independiente o a través de una entidad de terceros y debe cumplir con los requisitos de conformidad establecidos por la CAC sobre protección de información personal, verificación de identidad y transparencia algorítmica. Por último, se exige a los proveedores que tomen medidas para evitar que sus usuarios sean perfilados o adictos a contenido sintético y que proporcionen canales para una rápida reparación de las quejas.

En lo que respecta a la protección de los derechos de los usuarios, los proveedores de IA generativa estarían legalmente obligados a cumplir con las responsabilidades de un procesador de información personal y garantizar la salvaguarda de la información personal. En términos de responsabilidad legal, el incumplimiento de estas medidas daría lugar a sanciones de acuerdo con las leyes aplicables. La CAC y otros reguladores pueden ordenar la suspensión o terminación del servicio, emitir advertencias o imponer multas. El proyecto de medidas estuvo abierto a consulta hasta mayo de 2023.

En julio de 2023, la CAC anunció que crearía un sistema para obligar a las empresas a obtener una licencia antes de lanzar modelos de IA generativa. Se trata de un endurecimiento de las normas emitidas en abril, que establecían que las empresas tendrían 10 días hábiles para registrar un producto ante las autoridades después del lanzamiento. El objetivo es controlar y censurar la información creada por la IA. Esto requeriría que las empresas se esforzaran más en filtrar el tipo de datos utilizados para entrenar a la IA. Quienes implementen un modelo de IA serían casi completamente responsables de cualquier contenido creado.

### Japón

En junio de 2019, el Consejo de Promoción de la Estrategia Integrada de Innovación de Japón desarrolló la Estrategia de IA. Se basa en la filosofía de los principios sociales de la IA centrada en el ser humano y tiene como fin alcanzar los objetivos de la Sociedad 5.0. Las cuatro áreas de enfoque clave mencionadas son<sup>90</sup>:

- Fortalecimiento de la investigación y el desarrollo.
- Mejorar la competitividad de las industrias.
- Desarrollo de los recursos humanos.
- Sociedad sostenible con diversidad.

El gobierno pretende alcanzar estos objetivos mediante la creación de iniciativas que promuevan el uso de la IA en el país mediante el apoyo a las Pequeñas y medianas empresas (PyME) en la adopción de la IA, la mejora de la infraestructura de datos, la introducción de la IA en la educación y la investigación de la tecnología de la IA.

Japón ha actualizado periódicamente la Estrategia de IA, principalmente para promover la aplicación de la IA. La Estrategia de IA actualizada de 2022 incluye los objetivos para fomentar la implementación

---

<sup>90</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

social de la IA, como mejorar la confiabilidad de la IA y facilitar la utilización de la IA por parte del gobierno. Con respecto a las regulaciones de IA, la atención se centra en adoptar un enfoque ágil, basado en el riesgo y de múltiples partes interesadas, en lugar de una prohibición o regulación única para todos.

En junio de 2020, el Consejo Estratégico de Tecnología de Inteligencia Artificial de Japón emitió un informe sobre la estrategia tecnológica del país, abordando el estado de la tecnología y las iniciativas gubernamentales para promover la IA. Propuso una hoja de ruta industrial, enfoques de investigación y desarrollo, y la coordinación de estrategias existentes. Destacó la importancia de un diálogo público-privado entre los ministerios gubernamentales y sugirió establecer un consejo estratégico como un órgano central para facilitar este diálogo.

En abril de 2023, el Equipo del Proyecto sobre la Evolución e Implementación de la IA, bajo la dirección del Partido Liberal Democrático, elaboró un *white paper* sobre la IA, en el que se hizo hincapié en la necesidad de desarrollar una nueva estrategia de IA y revisar las medidas anteriores a la luz de la creciente popularidad de ChatGPT. Sugirió investigar la comprensión del impacto social de ChatGPT, que utiliza modelos de lenguaje a gran escala. Además, proporcionó las siguientes recomendaciones y áreas de acción para promover la IA:

- Fortalecimiento y aceleración de la investigación y desarrollo de IA mediante modelos básicos.
- Promoción del uso de datos públicos y privados para el desarrollo de IA.
- Apoyo a la expansión de recursos computacionales locales.
- Integración de la IA en actividades gubernamentales y promoción de "ciudades inteligentes de IA".
- Establecimiento de políticas para fomentar el uso de IA en el sector privado, con el gobierno y las empresas promoviendo su uso.
- Implementación de nuevas regulaciones para áreas de alto riesgo, organización de directrices para la utilización de IA en la educación y un enfoque regulatorio ágil.

En mayo de 2023, el gobierno anunció planes para crear un marco que fomente el desarrollo responsable de la IA generativa en el país. El marco creará políticas o directrices que promoverán la inversión en IA, mejorando su integración en el entorno empresarial. También tiene como objetivo resolver cuestiones relacionadas con los derechos de autor, la privacidad y la seguridad proporcionando más aclaraciones sobre los aspectos legales que están estrechamente relacionados con la IA.

### Singapur

En abril de 2018, la Autoridad Monetaria de Singapur (MAS, por sus siglas en inglés) estableció el Comité de Equidad, Ética, Responsabilidad y Transparencia para promover el uso de la IA y el análisis

de datos en el sector financiero. En noviembre de 2018, en colaboración con el Comité de Equidad, Ética, Responsabilidad y Transparencia, la MAS introdujo principios aceptados sobre justificabilidad, precisión y sesgo, ética, responsabilidad interna y externa, y transparencia para el uso de la IA y el análisis de datos en decisiones financieras. Estos principios incluyen garantizar que las decisiones basadas en IA sean justificables, precisas y éticas, y que las empresas sean responsables tanto de los sistemas de IA internos como externos. Además, se enfatiza la transparencia en el uso de datos para tomar decisiones impulsadas por la IA<sup>91</sup>.

En noviembre de 2019, el gobierno lanzó su Estrategia Nacional de IA, que tiene como objetivo<sup>92</sup>:

- Mejorar la colaboración entre instituciones públicas, privadas y de investigación para acelerar la adopción de soluciones de IA.
- Enfocarse en desplegar la IA en sectores clave con alto valor económico o social, como manufactura, transporte, finanzas y atención médica, entre otros.
- Identificar casos de uso significativos en estos sectores clave y lanzar proyectos colaborativos de IA dentro de programas nacionales de IA.
- Adoptar un enfoque centrado en el ser humano para garantizar una implementación efectiva y ética de la IA.

En consonancia con la Estrategia Nacional de IA, el Gobierno puso en marcha en 2021 dos nuevos programas nacionales de IA<sup>93</sup>:

- El Programa Nacional de IA en el Gobierno: el objetivo es avanzar aún más en los esfuerzos de transformación digital del gobierno.
- El Programa Nacional de IA en Finanzas: el objetivo es integrar las capacidades de IA en el sector financiero de Singapur que mejorarán la gestión de riesgos, el servicio al cliente y la competitividad empresarial.

En mayo de 2022, la Autoridad de Desarrollo de Medios de Infocomunicación y la Comisión de Protección de Datos Personales presentaron *A.I. Verify*, un marco de prueba de gobernanza de IA y un kit de herramientas de producto mínimo viable diseñado para que las empresas hagan uso responsable de la tecnología de IA de una manera objetiva y medible. Permite a las empresas comprobar la implementación y el rendimiento de los modelos de IA en relación con un conjunto de principios a través de pruebas técnicas y de procesos. Esto, en última instancia, ayuda a mejorar la transparencia de las empresas con las partes interesadas. *A.I. Verify* todavía se encuentra en la etapa piloto y el gobierno ha invitado a las empresas a probarlo y brindar comentarios.

---

<sup>91</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>92</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>93</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)



## Corea del Sur

El Ministerio de Ciencia, Tecnologías de la Información y la Comunicación y otros ministerios anunciaron la formación de la Estrategia Nacional de IA en diciembre de 2019. Esta estrategia tiene como objetivo generar un impacto económico significativo, mejorar la competitividad digital y la calidad de vida para 2030. Se compone de varias iniciativas gubernamentales distribuidas en nueve estrategias dentro de tres áreas principales de la IA<sup>94</sup>: Cuadro 6.

Cuadro 6. Iniciativas gubernamentales para regular la IA

Áreas de desarrollo de la IA	Estrategias y planes
Construir ecosistemas de IA	Ampliar la infraestructura: los datos del sector público serán de libre acceso y fortalecer el mapeo de datos entre los sectores público y privado
	Asegurar la competitividad: desarrollar un nuevo concepto de semiconductor de IA e invertir en investigación y desarrollo para la IA de próxima generación.
	Mejorar las regulaciones: modificar o eliminar las regulaciones engorrosas para crear un entorno más favorable para la IA y crear un sistema legal básico para gobernar la IA.
	Fomentar <i>startups</i> : crear fondos de inversión en IA y promover el intercambio y la cooperación con especialistas en IA
Creatividad	Fomentar el talento: establecer y desarrollar campos de estudio o programas relacionados con la IA en las universidades
	Impulsar el uso total de la IA en todos los sectores: impulsar y apoyar proyectos que hagan uso de los datos a gran escala en poder de las instituciones públicas y de aquellos que hagan uso de la IA en todos los sectores (por ejemplo, la sanidad y las ciencias de la vida, la fabricación, el transporte y la logística, las PyME)
	Adoptar la transformación digital para un gobierno moderno y digital: introducir la IA en los servicios gubernamentales (públicos), proporcionar servicios personalizados a los ciudadanos.
IA centrada en las personas	Cerrar la brecha de habilidades en la fuerza laboral del futuro: promover la programación para iniciativas de IA, análisis de datos o cualquier otra tecnología más nueva y otras habilidades relacionadas para la fuerza laboral del futuro.
	Prevenir los efectos adversos: responder a los nuevos tipos de efectos adversos de las tecnologías basadas en la IA, como las infracciones cibernéticas basadas en la IA
Fuente: OMDIA (2023).	

<sup>94</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

En julio de 2020 se presentó el *Digital New Deal* con el objetivo de liderar la transición digital en el país, se establecen metas para los siguientes sectores<sup>95</sup>:

- Mejorar el ecosistema de redes, datos e IA
- Digitalizar el ecosistema educativo
- Fomentar las industrias sin contacto
- Digitalizar el capital social

El Comité de Radiodifusión y Comunicaciones de la Asamblea Nacional de Corea aprobó en febrero de 2023 el Proyecto de Ley de IA, con el objetivo de regular y gobernar la industria de la IA. Este proyecto integra legislaciones anteriores sobre IA y se espera que entre en vigor en 2023. La ley tiene como objetivo apoyar la tecnología de IA, los usuarios y la industria, con características que incluyen<sup>96</sup>:

- Permitir que cualquier persona desarrolle nueva tecnología de IA sin aprobación gubernamental.
- Identificar ciertos tipos de IA como "de alto riesgo", relacionados con la vida y seguridad humanas, que requieren un nivel de confiabilidad.
- Brindar apoyo a empresas innovadoras en el sector de la IA.
- Establecer directrices éticas para la IA.
- Crear una base legal para un "Plan Básico para la IA" y un "Comité de IA" supervisado por el ministerio.

La ley define las áreas de alto riesgo como aquellas que afectan significativamente la salud, la seguridad y los derechos básicos de los ciudadanos, incluida la IA en la energía, la atención médica y las investigaciones penales, entre otras áreas. Las empresas de estas áreas deben solicitar la aprobación del Ministerio de Ciencia y TIC, notificar a los usuarios de antemano que sus ofertas de IA operan en estas áreas de alto riesgo y garantizar la confiabilidad y la seguridad. El ministerio, con la ayuda de un comité de expertos, verifica las clasificaciones de alto riesgo y establece medidas de fiabilidad para las operaciones de IA<sup>97</sup>.

En mayo de 2023, el gobierno anunció sus planes de desarrollar nuevas directrices y normas como disposición constitucional para los derechos de autor de los contenidos generados por IA para septiembre de 2023. Las nuevas directrices abordarán cuestiones en los sectores cultural, social y económico que surjan de los avances tecnológicos<sup>98</sup>:

- Violación de datos personales por parte de la IA.

---

<sup>95</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>96</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>97</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>98</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

- Actos médicos de robots de IA.
- Impuesto sobre las actividades en el espacio virtual.
- Lucha contra los actos delictivos.
- La credibilidad de la capacidad de la IA.
- Derechos de autor de los contenidos generados por IA.

El gobierno planea realizar eventos y fomentar el debate entre los ciudadanos sobre la creación de nuevas directrices digitales. Para una aplicación eficaz, las directrices se revisarán anualmente. La Comisión de Protección de Datos Personales anunció la creación de un grupo de investigación que estará conformado por expertos de diferentes industrias, leyes y antecedentes académicos y se encargará de evaluar las leyes de la nación. Su objetivo es fortalecer las leyes de biometría protegiendo los derechos de privacidad individuales cuando se procesan datos, por ejemplo, mediante el uso de tecnología de reconocimiento facial en tiempo real<sup>99</sup>.

## India

La Institución Nacional para la Transformación de la India (NITI Aayog) es el principal grupo de reflexión sobre políticas del Gobierno de la India, que proporciona aportaciones tanto directivas como políticas. En 2018, el NITI Aayog publicó la *National Strategy for Artificial Intelligence #AIForAll*, que identificaba áreas críticas para el desarrollo e investigación de la IA, como la atención médica, la agricultura, la educación, las ciudades inteligentes e infraestructura, así como la movilidad y transformación inteligente<sup>100</sup>. Desde entonces, se han ejecutado algunas de las recomendaciones de la estrategia, entre ellas la creación de conjuntos de datos de alta calidad para promover la investigación y la innovación, así como la construcción de marcos legislativos para la protección de datos y la ciberseguridad<sup>101</sup>.

El documento identifica las siguientes barreras que deben abordarse para lograr los objetivos de #AIForAll<sup>102</sup>:

- A. Falta de experiencia amplia en investigación y aplicación de la IA;
- B. Ausencia de ecosistemas de datos propicios: acceso a datos inteligentes;
- C. Alto costo de recursos y escasa conciencia para la adopción de IA;
- D. Preocupaciones relacionadas con la privacidad y la seguridad, incluida la falta de regulaciones formales sobre la anonimización de datos, y
- E. Ausencia de un enfoque colaborativo en la adopción y aplicación de la IA.

<sup>99</sup> Fuente: [Artificial Intelligence \(AI\) Regulations, Policies, and Strategies: Case Studies – 2023](#)

<sup>100</sup> Disponible en: [AI Regulation in India: Current State and Future Perspectives – Tech & Sourcing @ Morgan Lewis](#)

<sup>101</sup> Disponible en: [Regulación de la IA y los grandes modelos lingüísticos en la India \(india-briefing.com\)](#)

<sup>102</sup> Disponible en: [NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper \(1\).pdf \(psa.gov.in\)](#)

En febrero de 2021, el NITI Aayog publicó la Parte 1 *Principios para una IA Responsable*, un documento que explora diversas consideraciones éticas relacionadas con el despliegue de soluciones de IA en India. Este documento se divide en consideraciones del sistema y consideraciones sociales. Las consideraciones del sistema abordan principalmente los principios generales detrás de la toma de decisiones, la adecuada inclusión de los beneficiarios y la responsabilidad inherente a las decisiones tomadas por la IA. Por otro lado, las consideraciones sociales se centran en el impacto de la automatización en la creación de empleo y las condiciones laborales<sup>103</sup>. El documento esboza siete principios generales para la gobernanza responsable de los sistemas de IA: seguridad y fiabilidad; la inclusión y la no discriminación; igualdad; privacidad y seguridad; transparencia; responsabilidad; y la protección y el fortalecimiento de los valores humanos<sup>104</sup>.

En agosto de 2021, el NITI Aayog lanzó la Parte 2 *Operacionalizando los Principios para una IA Responsable*, que se centra en la implementación de dichos principios. El documento identifica una serie de acciones que el ecosistema debe adoptar para impulsar una IA responsable. Las acciones se dividen entre tres actores; los gobiernos, el sector privado y las instituciones de investigación. Entre estas partes interesadas, las acciones se dividen a su vez en áreas, y cada área identifica una serie de medidas relacionadas para implementar los principios de la IA. Estos son<sup>105</sup>:

- Para el gobierno: diseñar intervenciones regulatorias y políticas ideales, crear conciencia, accesibilidad y desarrollo de capacidades, y facilitar estrategias de adquisición precisas.
- Para el sector privado y las instituciones de investigación: incentivar la ética desde el diseño, crear marcos para el cumplimiento de las normas y directrices pertinentes en materia de IA y promover prácticas de IA responsable en la investigación.

Además, el gobierno de la India promulgó en 2023 una nueva ley de privacidad, la Ley de Protección de Datos Personales Digitales, que puede ser utilizada para abordar algunas de las preocupaciones relacionadas con la privacidad en las plataformas de IA.

### Arabia Saudita

La *Saudi Data & AI Authority* (SDAIA) fue creada para impulsar la agenda nacional de datos e IA y posicionar a Arabia Saudita como líder mundial en economías impulsadas por datos. Para capitalizar los beneficios económicos y sociales de la IA, SDAIA desarrolló la Estrategia Nacional para Datos e IA (NSDAI), aprobada el 17 de julio de 2020. Actualmente, SDAIA está trabajando con diversas entidades para lanzar la estrategia y activar sus iniciativas<sup>106</sup>.

---

<sup>103</sup> Disponible en: [AI Regulation in India: Current State and Future Perspectives – Tech & Sourcing @ Morgan Lewis](#)

<sup>104</sup> Disponible en: [Regulación de la IA y los grandes modelos lingüísticos en la India \(india-briefing.com\)](#)

<sup>105</sup> Disponible en: [Part2-Responsible-AI-12082021.pdf \(niti.gov.in\)](#)

<sup>106</sup> Disponible en: [National Strategy for Data & AI](#)

La NSDAI busca que Arabia Saudita pase de ser un habilitador nacional en 2021, a ser especialista en 2025 y líder en la industria de IA en 2030<sup>107</sup>. Sus objetivos se centran en nueve dimensiones clave<sup>108</sup>:

- Ambición: Convertirse en un centro global de referencia en IA y datos.
- Habilidades: Proveer un suministro constante de talento local en IA y datos.
- Políticas y regulaciones: Crear un entorno regulatorio atractivo para los actores de IA.
- Inversión: Facilitar inversiones en proyectos de IA.
- Investigación e innovación: Ser una plataforma internacional para la investigación prioritaria en IA.
- Ecosistema: Desarrollar una infraestructura que permita realizar el potencial de la IA.

Se identificaron cinco sectores prioritarios para la adopción de IA en el país, alineados con la Visión 2030<sup>109</sup>:

- Educación: Integrar datos e IA en el sistema educativo para alinearlos con las necesidades del mercado laboral y mejorar la experiencia estudiantil.
- Gobierno: Aplicar datos e IA en el gobierno para crear un sector público más inteligente y eficiente.
- Salud: Incorporar datos e IA en la atención médica para mejorar el acceso, potenciar la atención preventiva y satisfacer la creciente demanda.
- Energía: Utilizar datos e IA en el sector energético para aumentar la capacidad, mejorar la eficiencia y desarrollar industrias relacionadas.
- Movilidad: Aplicar datos e IA en la movilidad para crear un centro regional de movilidad, desarrollar tecnología para ciudades inteligentes y mejorar la seguridad vial.

El rol de SDAIA se establece en tres aspectos<sup>110</sup>:

- Guiar la ejecución de la estrategia en entidades gubernamentales.
- Facilitar la implementación de iniciativas estratégicas.
- Ejecutar iniciativas lideradas por SDAIA.

En 2023, SDAIA publicó los *Principios de Ética en IA*, aplicables a todos los actores que diseñen, desarrollen, implementen, usen o sean afectados por sistemas de IA en Arabia Saudita<sup>111</sup>. Estos principios abordan la gestión de riesgos de los sistemas de IA y clasifican los riesgos en:

- Bajo o sin riesgo: Sin restricciones, pero recomendando cumplir con principios éticos.
- Riesgo limitado: Sujeto a la aplicación de principios éticos.
- Alto riesgo: Requiere evaluaciones de conformidad antes y después de su uso.

---

<sup>107</sup> Disponible en: [National Strategy for Data & AI](#)

<sup>108</sup> Disponible en: [Brochure NSDAI Summit version EN.pdf](#)

<sup>109</sup> Disponible en: [Brochure NSDAI Summit version EN.pdf](#)

<sup>110</sup> Disponible en: [National Strategy for Data & AI](#)

<sup>111</sup> Disponible en: [SDAIA & Artificial Intelligence](#)

- Riesgo inaceptable: No permitido si afecta la seguridad, derechos o bienestar de las personas.

Además, describe el ciclo de vida del sistema de IA, que incluye cuatro etapas<sup>112</sup>:

1. Planificación y diseño: Definir el problema, apoyarlo con un enfoque basado en datos, y realizar una evaluación de viabilidad.
2. Preparación de los datos: Recopilar, limpiar y transformar los datos para el modelo de IA.
3. Construcción y validación: Entrenar, probar y validar el rendimiento del modelo.
4. Despliegue y monitoreo: Implementar el modelo, supervisar su desempeño y realizar revisiones periódicas.

Finalmente, en 2024, SDAIA publicó el *Marco de Adopción de IA*, que proporciona una hoja de ruta para la adopción responsable de la IA en todos los sectores. Este marco está dirigido a líderes, ejecutivos y especialistas, y busca asegurar una transformación exitosa hacia la IA en el ecosistema saudí<sup>113</sup>.

En el Cuadro 7 se muestra un resumen de los temas que abordan las principales iniciativas presentados por diversos países:

Cuadro 7. Iniciativas gubernamentales para regular la IA

País	Protección	Seguridad	Privacidad y gestión de datos	Ética	Colaboración e interoperabilidad	Transparencia y responsabilidad
Canadá	×	×	×	✓	×	✓
Reino Unido	✓	✓	✓	✓	×	✓
EE. UU	✓	×	✓	×	×	✓
Australia	×	×	×	✓	×	✓
China	×	×	×	✓	×	✓
Japón	×	×	✓	✓	×	×
Singapur	×	×	×	✓	×	×
Corea del Sur	×	×	×	×	×	✓
Brasil	×	×	✓	✓	×	×

Para concluir, se señala que la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) publica el Índice Latinoamericano de IA, el cual integra datos cuantitativos y cualitativos sobre el estado de

<sup>112</sup>Disponible en: [SDAIA & Artificial Intelligence](#)

<sup>113</sup>Disponible en:  
<https://sdaia.gov.sa/en/SDAIA/about/Files/AIAdoptionFramework.pdf>

avance de la IA en 19 países de América Latina y el Caribe, permitiendo identificar logros, brechas y oportunidades de mejora en los ecosistemas de IA.

Del índice de la CEPAL se derivan algunos resultados interesantes sobre México, de los cuales se pueden destacar los siguientes:<sup>114</sup>

- Chile obtuvo el primer lugar del ranking, con 73.1 puntos, seguido de Brasil (69.3) y Uruguay (65). Otros países de la región les siguen en la categoría "adoptantes". Entre ellos figuran Argentina (55.8), Colombia (52.6) y México (51.3), entre otros.
- México tiene un buen desempeño en investigación, desarrollo y adopción de IA, pero muestra retos en gobernanza de la IA.<sup>115</sup>
- En la dimensión factores habilitantes destacan Chile y Uruguay con los puntajes más altos, con 64.6 y 60.7 puntos, respectivamente. Les siguen Brasil (52.5), México (48.3), Argentina (47.4) y Costa Rica (45.6), que superan el promedio regional de 40.3 puntos. En contraste, los otros 13 países se ubican alrededor o por debajo de este promedio.
- Desagregando por subdimensiones, se tiene que México (50.9) se encuentra entre los países con las mejores capacidades de infraestructura, después de Chile (67.2), Uruguay (65.3), Brasil (59.65) y Costa Rica (53.1).
- México (48.2) pertenece a los países con ecosistemas avanzados de datos (más de 45 puntos), esto es, países que cuentan con una alta disponibilidad de datos, capacidades para su administración y un marco de gobernanza de datos robusto. Entre ellos están Argentina (46.9), Brasil (53.6), Chile (48.3) y Colombia (51.7), entre otros.

---

<sup>114</sup> Véase: [ILIA 2024 compressed.pdf](#) y [Comunicado Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial \(ILIA\) mantiene a Chile, Brasil y Uruguay como líderes en la región | Comisión Económica para América Latina y el Caribe](#)

<sup>115</sup> El marco metodológico propuesto sugiere que esta es más que regulación, pues tiene que ver con acciones de promoción y visión compartida, además de una participación de la sociedad civil en la toma de decisiones relacionadas a la tecnología y otros componentes. Incluye tres subdimensiones: Visión e Institucionalidad; Vinculación Internacional y Regulación (Regulación de la IA, Ética y sustentabilidad y ciberseguridad)