



INSTITUTO DE INGENIEROS
CHILE



INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Una nueva oportunidad de desarrollo para Chile

Comisión de Inteligencia Artificial y Big Data - 2023

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Fundado en 1888

Miembro de la American Society of Civil Engineers (ASCE)

JUNTA EJECUTIVA

Presidenta

Silvana Cominetti Cotti-Cometti

Primer Vicepresidente

Ricardo Nicolau del Roure G.

Segundo Vicepresidente

Cristian Hermansen Rebolledo

Tesorero

Jorge Pedrals Guerrero

Protesorero

Juan Carlos Barros Monge

Secretario

Germán Millán Valdés

Prosecretaria

Ximena Vargas Mesa

DIRECTORIO 2023

Hernán Alcayaga S.

Elías Arze Cyr

Dante Bacigalupo Marió

Marcial Baeza Setz

Cristian Barrientos Gutiérrez

Juan Carlos Barros Monge

Fernando Bravo Fuenzalida

Juan E. Castro Cannobbio

Alex Chechilnitzky Zwicky

Silvana Cominetti Cotti-Cometti

Alejandra Decinti Weiss

Roberto Fuenzalida González

Rodrigo Gómez Álvarez

Mauro Grossi Pasche

Cristian Hermansen Rebolledo

Nicolás Majluf Sapag

Carlos Mercado Herreros

Germán Millán Valdés

Marcela Munizaga Muñoz

Eduardo Muñoz Castro

Juan Music Tomicic

Luis Nario Matus

Ricardo Nicolau del Roure G.

José Orlandini Robert

Jorge Pedrals Guerrero

Luis Pinilla Bañados

Daniela Pollak Aguiló

Miguel Ropert Dokmanovic

Alejandro Steiner Tichauer

Ximena Vargas Mesa

Secretario General

Carlos Gauthier Thomas

SOCIEDADES ACADEMICAS MIEMBROS DEL INSTITUTO

ASOCIACION CHILENA DE SISMOLOGIA
E INGENIERIA ANTISISMICA, **ACHISINA.**

Presidente: Jorge Carvallo W.

ASOCIACION INTERAMERICANA DE
INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL –
CAPITULO CHILENO, **AIDIS.**

Presidente: Alexander Chechilnitzky Z.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA
HIDRAULICA, **SOCHID.**

Presidenta: Hernán Alcayaga S.

SOCIEDAD CHILENA DE GEOTECNIA,
SOCHIGE.

Presidente: Roberto Gesche S.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA
DE TRANSPORTE, **SOCHITRAN.**

Presidenta: Marisol Castro A.

SOCIEDAD CHILENA DE EDUCACIÓN
EN INGENIERÍA, **SOCHEDI.**

Presidente: Raúl Benavente G.

COMISIONES DEL INSTITUTO

Cambio climático y el agua.

Presidente: Luis Nario M.

Comunicaciones.

Presidente: Germán Millán V.

*El Estado, su eficiencia, su Rol y los
desafíos futuros*

Presidente: Jorge Pedrals G.

Ingenieros en la historia presente.

Presidente: Miguel Ropert D.

La buena empresa: nuevos desafíos de gestión.

Presidente: Nicolás Majluf S.

Práctica y academia en la ingeniería chilena.

Presidenta: Silvana Cominetti C.

*Propuestas desde la ingeniería para superar
la pobreza.*

Presidente: Juan Enrique Castro C.

*Una visión y diagnóstico desde la ingeniería a
la baja participación de jóvenes en Sociedades
Académicas y Profesionales.*

Presidente: Eduardo Muñoz Castro.

CONSEJO CONSULTIVO

Raquel Alfaro Fernandois

Elías Arze Cyr

Marcial Baeza Setz

Juan Carlos Barros Monge

Bruno Behn Theune

Sergio Bitar Chacra

Mateo Budinich Diez

Juan Enrique Castro Cannobbio

Jorge Cauas Lama

Joaquín Cordua Sommer

Alex Chechilnitzky Zwicky

Álvaro Fischer Abeliuk

Roberto Fuenzalida González

Alejandro Gómez Arenal

Tomás Guendelman Bedrack

Diego Hernández Cabrera

Jaime Illanes Piedrabuena

Agustín León Tapia

Nicolás Majluf Sapag

Jorge Mardones Acevedo

Carlos Mercado Herreros

Germán Millán Pérez

Guillermo Noguera Larraín

Luis Pinilla Bañados

José Rodríguez Pérez

Rodolfo Saragoni Huerta

Mauricio Sarrazín Arellano

Raúl Uribe Sawada

Luis Valenzuela Palomo

Solano Vega Vischi

Hans Weber Mümmich

Andrés Weintraub Pohorille

Jorge Yutronic Fernández



INSTITUTO DE INGENIEROS
C H I L E

Inteligencia Artificial

Una nueva oportunidad de desarrollo para Chile

Presidente: Juan Carlos Barros M.

Participantes:

- **Iván Álvarez V.**
- **Javier García M.**
- **Cristian Hermansen R.**
- **Mauro Grossi P.**
- **José Manuel Peña M.**
- **Miguel Ropert D.**
- **Carlos Villagrán F.**

Prefacio¹

En una época de rápidos avances tecnológicos, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como un motor clave de la innovación y el cambio transformador. En el umbral de esta nueva era, es fundamental que naciones como Chile aprovechen el potencial de la IA para impulsar el desarrollo sostenible, el crecimiento económico y el progreso social. El Instituto de Ingenieros de Chile se enorgullece en presentar "Inteligencia Artificial: Una Nueva Oportunidad de Desarrollo para Chile", un informe exhaustivo que explora las dimensiones multifacéticas del impacto de la IA en nuestro país y su potencial para impulsarnos hacia el futuro.

Este informe profundiza en cómo la IA puede contribuir a la consecución de los objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, proporcionando soluciones innovadoras a desafíos globales urgentes. A través de un examen exhaustivo de los desafíos y oportunidades que presenta la IA para Chile, nuestro objetivo es facilitar una comprensión más profunda de la tecnología e inspirar acciones que nos permitan superar estos obstáculos y aprovechar sus beneficios.

Al analizar los principales hitos en el desarrollo de la IA y establecer paralelismos con revoluciones industriales y tecnológicas anteriores, el informe ofrece una perspectiva única sobre las diferencias entre la revolución de la IA y sus predecesoras. También se abordan las diversas percepciones, preocupaciones, tendencias e impactos de la IA, arrojando luz sobre los factores que moldean la comprensión y aceptación pública de esta tecnología transformadora.

Las consideraciones éticas forman una parte crucial del discurso sobre la IA, y este informe examina las implicaciones de la IA en el empleo, la justicia, los derechos humanos, la seguridad y los sesgos. Al reflexionar sobre estas dimensiones éticas, podemos trabajar juntos para diseñar sistemas de IA que se ajusten a nuestros valores fundamentales y promuevan un progreso equitativo.

El potencial para el desarrollo de la IA en Chile es amplio y ofrece innumerables oportunidades para que la ingeniería y los ingenieros innoven, colaboren y contribuyan al crecimiento del país. Profundizamos en ejemplos de aplicaciones de IA en diversos sectores de Chile y LATAM, como servicios, minería y ciudades inteligentes, demostrando la versatilidad y el potencial de la IA como herramienta para el desarrollo.

Finalmente, el informe ofrece un conjunto de recomendaciones para el gobierno, las instituciones educativas y las empresas, delineando acciones estratégicas que pueden impulsar a Chile hacia un futuro próspero habilitado por la IA. Al abordar los desafíos relacionados con la inversión, la educación y el cambio cultural, Chile puede posicionarse a la vanguardia de esta revolución tecnológica.

Esperamos que este informe sirva como catalizador para fomentar debates informados, esfuerzos colaborativos y acciones concretas orientadas a aprovechar la IA en beneficio de Chile y su sociedad. El futuro de nuestra nación depende de nuestra capacidad colectiva para adaptarnos al panorama tecnológico en constante evolución, y estamos convencidos de que Chile está más que capacitado para enfrentar este desafío.

¹ El prefacio de este documento fue escrito por el Chat de Inteligencia Artificial Chat GPT 4.0, el 7 de abril de 2022. En el Anexo E se adjunta la conversación con el chat que dio origen a este prólogo.

Glosario²

Aprendizaje sin supervisión: Es una forma de Aprendizaje Automático (AA) que implica alimentar al sistema con datos que no contienen las variables de salida. El aprendizaje no supervisado se utiliza principalmente para identificar patrones en los datos.

Aprendizaje reforzado: Es una forma de AA que funciona al hacer que una computadora complete una tarea por medio de la interacción con un entorno. En base a estas interacciones, el entorno entregará una retroalimentación que hará que la computadora adapte su comportamiento.

Aprendizaje supervisado: Es una forma de AA que implica entregar al sistema datos que contienen tanto las variables de entrada como las variables de salida para entrenar al sistema.

Chatbots: Son aplicaciones de software que simulan mantener una conversación con una persona al entregarle respuestas automáticas a las consultas realizadas por un usuario.

Internet de las Cosas (IoT): Es una red de objetos físicos compuesta por sensores, software y otras tecnologías que tienen por objeto conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet.

Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN): Es la capacidad que tienen las computadoras para manipular e interpretar el lenguaje humano y realizar diversas tareas como la traducción o el análisis de textos.

Reconocimiento de voz: Se refiere a la capacidad que tienen las computadoras para analizar archivos de audio con el fin de reconocer e interpretar el lenguaje hablado.

Sector Primario: Este sector está formado por empresas que desarrollan su actividad a partir de la obtención de recursos naturales como: Agricultura, Silvicultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura y Minería.

Sector Secundario: Este sector está formado por empresas que transforman la materia prima, extraída o producida por el sector primario, en productos de consumo como: Manufactura, Construcción, Energía y Alimentos.

Sector Terciario: Este sector está formado por empresas que comercializan servicios intangibles y personalizados como: Gobierno, Educación, Salud, Comercio, Servicios Financieros, Logística y Transporte e Inmobiliario.

Sesgo: Se refiere a un modelo que genera sistemáticamente un error de predicción cuando se compara con el resultado esperado.

Visión artificial: Es la capacidad de la Inteligencia Artificial (IA) de procesar y sintetizar datos visuales y realizar tareas como el reconocimiento facial y la interpretación de escenas. Además de procesar los datos visuales existentes.

² Los términos relacionados con IA, han sido extractados y sintetizados de documentos publicados por la OCDE

Índice

1. Introducción	8
1.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y Agenda 2030	8
1.2 Desafíos de Chile y oportunidad de alcanzarlos	9
1.3 La comisión, sus objetivos y la estructura del informe	9
2. Antecedentes principales	11
2.1 Hitos recientes más relevantes	11
2.2 Definiciones y conceptos	13
2.3 Tendencias tecnológicas	15
2.4 Mercado y liderazgo	16
2.5 Áreas de aplicación	17
3. Las revoluciones industriales o tecnológicas.....	18
3.1 Historia y características de las revoluciones tecnológicas	18
3.2 Diferencias entre las revoluciones anteriores y las actuales	22
4. Percepciones, preocupaciones, tendencias e impactos esperados	23
4.1 Principales percepciones	23
4.2 Principales preocupaciones	24
4.3 Tendencias en la sociedad	24
4.4 Potencial impacto en el empleo	24
5. Consideraciones éticas	27
5.1 Empleo	27
5.2 Equidad	27
5.3 Humanidad y conducta	28
5.4 Sesgos	29
5.5 Seguridad	29
5.6 Publicidad.....	29
6. Potencial de Chile para el desarrollo y uso de la IA.....	31
6.1 IA en Latinoamérica y Chile.....	31
6.2 Políticas e iniciativas de Estado	31
6.3 Formación de capital humano	32
6.4 Infraestructura de comunicaciones, centros especializados y datos.....	34
6.5 Innovación y emprendimiento.....	35
6.6 Empresas extranjeras que están desarrollando IA en Chile.....	35
7. Oportunidades para la ingeniería y los ingenieros	37
7.1 Oportunidades en áreas tradicionales.....	37
7.2 Oportunidades en laboratorios naturales.....	38
8. Ejemplos de aplicaciones	41
8.1 Inteligencia Artificial y Big Data en la Astronomía	41
8.2 Industria de servicios	42
8.3 Smart City.....	45

8.4 IA y Big Data, como desafíos para el sector energía	47
9. Conclusiones.....	51
9.1 Principales percepciones, tendencias, preocupaciones, e impactos esperados	51
9.2 Consideraciones éticas.....	52
9.3 Potencial de Chile para el desarrollo y uso de la IA	52
9.4 Oportunidades para la ingeniería y los ingenieros	54
10. Recomendaciones.....	55
10.1 Recomendaciones para el Estado	55
10.2 Recomendaciones para las instituciones de educación.....	56
10.3 Recomendaciones para empresas	57
Observaciones finales.....	58
Referencias.....	59
Anexos.....	60
Anexo A - Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas.....	60
Anexo B - Proceso de elaboración, Política Nacional de IA y plan de acción.....	61
Anexo C - Estudio exploratorio	63
Anexo D - Sobre los avances relativos a los modelos de lenguaje masivos.....	71
Anexo E – Conversación que dio origen al prólogo	74
Anexo F – Casos de uso en industrias relevantes para el país	76
Anexo G – Startups en diferentes sectores de la economía	84
Anexo H: Institutos y centros de investigación	89
Anexo I – Startups en Chile	91

Agradecimientos

El Instituto de Ingenieros de Chile agradece a cada uno de los miembros de la Comisión por el trabajo realizado, ellos son los ingenieros: Iván Álvarez V., Juan Carlos Barros M., Javier García M., Mauro Grossi P., Cristian Hermansen R., José Manuel Peña M., Miguel Ropert D. y Carlos Villagrán F.

Es necesario extender este reconocimiento a quienes asistieron a las reuniones de la Comisión a realizar exposiciones que ilustraron a sus integrantes sobre aspectos relevantes del tema objeto del estudio. Ellos son: Fernando Crespo R., Karim Pichara B. (Notco), Sebastián Ríos P., Ernesto Solís G., Álvaro Soto A. (Zippedi) y Marcos Zúñiga (Ingeniero Civil en Computación, U. de Chile).

El Instituto finalmente agradece al Ingeniero Raúl Uribe S., Director de la Revista Chilena de Ingeniería, que en su calidad de editor de las publicaciones del Instituto colaboró de manera relevante en la revisión del informe y al Abogado Carlos Gauthier T. que, en su rol de Secretario/Gerente del Instituto, apoyó el trabajo realizado por la Comisión y contribuyó de manera importante en la revisión del informe final.

1. Introducción

Algunos investigadores consideran que la Inteligencia Artificial (IA), a diferencia de otras tecnologías que son más específicas, es capaz de impulsar, en un gran número de sectores a la vez, la transformación de la sociedad, a través de una amplia gama de aplicaciones.

El impacto de puede tener la IA en la vida de las personas, podemos entenderlo mejor al considerarla una Tecnología de Propósito General (TPG)³, por lo que las innovaciones lideradas por la IA “se reflejarán no solo como una contribución directa en los sectores a los que se aplica, sino que también impulsarán innovaciones complementarias y beneficios indirectos en toda la economía”.⁴

Es muy probable que el cambio económico y social que se produzca con la IA sea similar al que se generó con la aparición de los computadores personales y la invención de la Internet y es posible que, en un futuro no muy lejano, la IA transforme prácticamente todos los sectores de la economía, desde la obtención de recursos naturales, hasta los servicios, cambiando completamente la vida de las personas.

1.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y Agenda 2030

La IA, como se indicó anteriormente, tiene el potencial de transformar la sociedad y acelerar los cambios que se requieren para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) planteados en el año 2015 por Naciones Unidas, que se adjuntan en el Anexo A y que pueden agruparse en tres grandes dimensiones: Social, Económica y Medioambiental.

En la dimensión social, la IA puede contribuir a: entregar educación de calidad y personalizada a grupos masivos de estudiantes; lograr la igualdad de género y reducir las condiciones de desigualdad entre las personas y los países; ayudar a crear infraestructura inclusiva, segura, resiliente y sostenible; contribuir a la paz social y justicia y apoyar el desarrollo de alianzas para el desarrollo sostenible, entre otras.

Algunas de las acciones que podrían facilitar el cumplimiento de los ODS sociales son:

- Educación on line personalizada con tutores inteligentes y *chatbots*
- Formación básica y especializada con IA para niñas y mujeres
- Utilización de IA para detectar sesgos de género
- Desarrollo de banca digital para apoyar a personas con menos recursos
- Creación de soluciones con IA para tráfico y movilidad
- Planificación de ciudades basada en datos
- Formación de alianzas globales para promulgar el uso de tecnologías y el uso de datos

En la dimensión económica, la tecnología de IA puede apoyar y optimizar la provisión de alimentos, salud y agua a la población, además de promover el desarrollo económico y tecnológico y apoyar la construcción de infraestructuras resilientes.

Algunas de las acciones que podrían apoyar el cumplimiento de los ODS económicos son:

³ Las Tecnologías de Propósito General (TPG) son motores claves en el desarrollo de los países debido a los beneficios que se pueden obtener en su uso. Algunos ejemplos de estas tecnologías son la máquina a vapor, la electricidad, el motor de combustión interna, los semiconductores, computadoras y la Internet.

⁴ Implications of AI on the Indian economy. <https://community.nasscom.in/communities/emerging-tech/ai/implications-of-ai-on-the-indian-economy.html>

- Utilización de algoritmos de IA orientados a reducir la pobreza
- Creación de plataformas de datos accesibles sobre producción alimentaria
- Utilización de Internet de las Cosas (IoT) para el desarrollo de agricultura inteligente
- Desarrollo de sistemas basados en IA para apoyar el diagnóstico de enfermedades
- Creación de sistemas digitales basados en IA para tramitación de documentos

En la dimensión medioambiental, las tecnologías basadas en IA pueden ayudar a analizar grandes bases de datos interconectadas para desarrollar acciones conjuntas con el objeto de preservar el medio ambiente y apoyar la gestión sostenible de recursos críticos como agua, alimentos y energía.

Algunas de las acciones que podrían acelerar el cumplimiento de los ODS ambientales son:

- Utilización de IoT para monitoreo de redes de distribución de agua y energía
- Empleo de IA para detección y predicción de fallas y roturas en redes de infraestructura
- Utilización de redes inteligentes y algoritmos para predicción de consumos de energía
- Aplicación de IoT para detectar hábitos y patrones de consumo
- Desarrollo de modelos de IA para predicción de desastres naturales
- Utilización de técnicas de IA para detección de contaminantes en el aire y agua
- Empleo de sensores y procesamiento de imágenes para detectar incendios forestales.

El Gobierno de Chile suscribió, junto a otros 192 países, la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible⁵, que se encuentra en ejecución y que está compuesta por 17 objetivos (17 ODS), 169 metas y más de 230 indicadores, en las tres dimensiones mencionadas: social, económico y medioambiental. Su cumplimiento puede ser acelerado, utilizando soluciones basadas en IA.

1.2 Desafíos de Chile y oportunidad de alcanzarlos

Chile es un país que tiene grandes desafíos como: “*incrementar la prosperidad económica, mejorar la educación y la calidad de vida de las personas y disminuir las desigualdades sociales*”, entre otros⁶. La irrupción de la IA es una gran oportunidad que se le presenta al país para alcanzar estos desafíos.

Lo más relevante para el desarrollo e implementación de esta tecnología es el talento humano y las capacidades de Investigación y Desarrollo (I+D) y de infraestructura. En Chile, como se demostrará en este documento, están presentes las condiciones necesarias para aprovechar esta oportunidad: existe talento que puede ser aprovechado, Centros de Investigación y Desarrollo (I+D) de gran prestigio, buenas redes de comunicación e importantes empresas tecnológicas globales, que han instalado en Chile sus centros regionales, además de casos de éxito de uso de esta tecnología en algunas industrias relevantes para el país.

1.3 La comisión, sus objetivos y la estructura del informe

Considerando lo anterior, el Instituto de Ingenieros de Chile estimó oportuno formar una Comisión de Trabajo que elaborara un documento en el que se explore el impacto que está teniendo y que podría tener el desarrollo actual y esperado de la IA en la sociedad chilena, con especial énfasis en las oportunidades que esta tendencia representa para la ingeniería y las posibilidades alcanzar el desarrollo del país.

⁵ <https://www.chileagenda2030.gob.cl/>

⁶ Comisión Desafíos del Futuro. (2019). Inteligencia Artificial para Chile. La urgencia de desarrollar una estrategia.

En este documento se entregan antecedentes básicos de la IA, se presentan las principales percepciones, preocupaciones, tendencias e impactos esperados de esta tecnología, se plantean consideraciones éticas de su uso, se analiza el potencial del país para liderar el desarrollo y uso de la IA y los principales desafíos y oportunidades que se presentan para la ingeniería.

Finalmente, se plantean conclusiones y recomendaciones para los actores de la sociedad que serán mayormente afectados por este proceso.

2. Antecedentes principales

La IA es una disciplina científica cuyo nombre fue acuñado formalmente en el año 1956, durante la Conferencia de Dartmouth, en Hanover (Estados Unidos), por cuatro investigadores estadounidenses: John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude Shannon.

La IA es la fusión de muchos campos de estudio: informática, ingeniería eléctrica, matemáticas, estadística, psicología, lingüística y filosofía, entre otras y es el conjunto de tecnologías que hacen posible que las computadoras sean entrenadas para que realicen tareas específicas, procesando grandes volúmenes de datos y reconociendo patrones en ellos.

La IA es capaz de aprender y realizar tareas que nunca habíamos visto que pudieran ser efectuadas de manera automática.

2.1 Hitos recientes más relevantes

Algunos de los hitos recientes más relevantes en el desarrollo de la inteligencia artificial son los siguientes:

- En 1950, Alan Turing, luego de sentar las bases de la informática actual, publica “*Computing Machine and Intelligence*”, artículo académico en el que plantea si las máquinas pueden pensar y presenta el Test de Turing⁷.
- En 1956, se realiza en el Dartmouth College (EE.UU.), una reunión convocada por John McCarthy, Marvin Minsky y Claude Shannon, en la que participan destacados expertos en teoría de la información, redes neuronales, computación, abstracción y creatividad. Este encuentro, en el que se acuña para esta nueva disciplina el nombre de Inteligencia Artificial, es considerado el punto de partida de la IA.
- En 1956, Allen Newell desarrolla el primer lenguaje de procesamiento de la información y posteriormente, desarrolla dos de los primeros programas de IA: la máquina de logística teórica y posteriormente, en 1957, el Solucionador General de Problemas, en conjunto con Herbert Simon.
- En 1958 John McCarthy desarrolla, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), el lenguaje de programación LISP, convirtiéndose rápidamente en el lenguaje más usado en Inteligencia Artificial.
- En 1959, Frank Rosenblatt, psicólogo norteamericano, considerado uno de los padres del aprendizaje profundo (*Deep Learning*), crea el “perceptrón”, el primer algoritmo que representaba una red neuronal.
- En 1961, Marvin Minsky publica “Pasos hacia la inteligencia artificial”. En este trabajo, recoge los primeros pasos del campo de la inteligencia artificial, sirviendo de inspiración a otros investigadores e impulsando nuevas iniciativas.
- En 1963, M. Ross Quillian desarrolla las redes semánticas, forma de representación del

⁷ El Test de Turing es un examen en el que una persona evalúa las conversaciones en lenguaje natural, sostenidas entre una máquina y un ser humano. La máquina pasará la prueba si, luego de 5 minutos conversación, el 70 % del tiempo, el evaluador no puede distinguir acertadamente entre el humano y la máquina.

conocimiento lingüístico en la que los conceptos y sus interrelaciones se representan mediante grafos, constituyéndose en una técnica muy utilizada para relacionar conceptos, recuperar información y extraer conocimiento semántico de información de un texto.

- Entre 1964 y 1966, Joseph Weizenbaum del MIT diseña ELIZA, uno de los primeros programas en procesar lenguaje natural y conversar a través de una serie de frases programadas.
- Entre los años 1968 y 1970 Terry Winograd, de la Universidad de Stanford, desarrolla el sistema SHRDLU, programa que permite mover un brazo robótico, mediante instrucciones verbales.
- En 1968 Wally Feurzeig, junto con Seymour Papert y Danny Bosrow, desarrolla el lenguaje de programación LOGO orientado a la enseñanza de programación para niños.
- En 1973 Alain Colmenauer y Philippe Roussel crean en la Universidad de Aix-Marseille, en Marsella, Francia, el lenguaje de programación PROLOG, lenguaje habitualmente utilizado en IA.
- En 1997 Gari Kaspárov, campeón mundial de ajedrez, pierde frente a la computadora Deep Blue, desarrollada por IBM.
- En 2005 un vehículo autónomo, desarrollado por la Universidad de Stanford (EE. UU), gana una competencia de vehículos robot, tras realizar un recorrido de 212 Km, en el desierto de Mojave (EE.UU.), sin apoyo humano.
- En 2011 IBM desarrolla un superordenador llamado Watson, que gana una ronda de tres juegos seguidos de Jeopardy, venciendo a sus dos máximos campeones.
- En 2014, el programa Eugene Goostman, robot conversacional desarrollado por un grupo de tres programadores; el ruso Vladimir Veselov, el ucraniano Eugene Demchenko, y el ruso Sergey Ulasen, en San Petersburgo en 2001, supera el Test de Turing.
- En 2015 AlphaGo, programa desarrollado por Google *DeepMind* derrota al campeón mundial de Go, Lee Sedol, hecho que marca un hito en la historia de este juego.
- En 2017, Libratus, un programa creado en la Universidad de Carnegie Mellon (EE. UU), diseñado para jugar al póker en la modalidad "*no-limit Texas hold 'em*" se enfrentó y venció en un torneo a cuatro jugadores profesionales de póquer.
- En 2019, Google realizó un homenaje a Johann Sebastián Bach, en el aniversario 334 de su nacimiento, al presentar en su Doodle, Coconet, modelo de aprendizaje automático que a través de inteligencia artificial crea armonías y compone una canción desde cero, en el estilo "Bach", a partir de una melodía de dos compases.
- En 2020, la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) publica el documento de trabajo titulado *Hola, mundo: La inteligencia artificial y su uso en el sector público*.

2.2 Definiciones y conceptos

Existen algunos términos y conceptos que están relacionados con la IA: aprendizaje automático, aprendizaje profundo, ciencia de datos y grandes datos, que tienen el siguiente significado:

Inteligencia artificial (*Artificial Intelligence*)

Existen diferentes definiciones de lo que es la “Inteligencia Artificial” y es posible plantear que todas ellas coinciden en que representa la capacidad de una máquina, para simular/realizar/imitar, el trabajo humano que requiere inteligencia para su realización.

Entre estas definiciones se encuentran:

- "Es la capacidad de un sistema para interpretar correctamente datos externos, para aprender de dichos datos y emplear esos conocimientos para lograr tareas y metas concretas a través de la adaptación flexible⁸".
- “Es la ciencia y la ingeniería de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas informáticos inteligentes. Está relacionada con la tarea de usar computadoras para comprender la inteligencia humana, pero la IA no tiene que limitarse a métodos que sean biológicamente observables⁹".
- “Es el estudio y diseño de agentes inteligentes, donde un agente inteligente es un sistema que percibe su entorno y toma acciones que maximizan sus posibilidades de éxito¹⁰".
- “Es la disciplina científica y tecnológica cuyo objetivo es crear procesos de la mente y su conexión con el cuerpo a través de la metáfora computacional, es decir, mediante programas de cómputo¹¹".

Si bien no existe acuerdo sobre la definición de inteligencia artificial, se han seguido los siguientes enfoques,¹² centrados en los humanos y en la racionalidad:

- **Sistemas que piensan como humanos:** Estos sistemas tratan de replicar el pensamiento humano como la toma de decisiones, resolución de problemas y el aprendizaje.
- **Sistemas que actúan como humanos:** Estos sistemas imitan el movimiento y el comportamiento humano. Entre éstos se encuentran los robots.
- **Sistemas que piensan racionalmente:** Estos sistemas tratan de imitar el pensamiento racional del ser humano. Entre éstos se encuentran, por ejemplo, los sistemas expertos.
- **Sistemas que actúan racionalmente:** Estos sistemas tratan de replicar de forma racional el comportamiento humano; por ejemplo, los agentes inteligentes, que están relacionados con conductas inteligentes en artefactos.

⁸ Andreas Kaplan y Michael Haenlein

⁹ John McCarthy, 2004

¹⁰ www.sciencedaily.com

¹¹ Dr. Luis Alberto Pineda Cortes, UNAM, México

¹² Stuart Russell, Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach,

Aprendizaje automático (*Machine learning*)

El Aprendizaje Automático es un subconjunto de la IA que, en lugar de tomar datos y reglas y utilizarlos para desarrollar un algoritmo que nos dé una respuesta, toma datos y respuestas y crea el algoritmo. Con ello se obtiene un modelo que puede ser entrenado y usado en el futuro para predecir valores. Existen diferentes técnicas de aprendizaje automático, las principales son: aprendizaje supervisado, aprendizaje sin supervisión y aprendizaje reforzado, los que se definen en el Glosario.

Aprendizaje profundo (*Deep learning*)

Es un subconjunto de aprendizaje automático que utiliza redes neuronales para simular la toma de decisiones humanas. Estos algoritmos pueden etiquetar y categorizar información e identificar patrones permitiendo que los sistemas de IA aprendan continuamente y mejoren la calidad y precisión de los resultados.

Ciencia de datos (*Data science*)

Es el proceso y método para extraer conocimientos de grandes volúmenes de datos. Es un campo interdisciplinario que involucra, entre otros, matemáticas, informática, análisis estadístico y visualización de datos.

La ciencia de datos es un término amplio que abarca toda la metodología de procesamiento de datos. Se puede utilizar para ver patrones y encontrar el significado de grandes volúmenes de datos. Existe alguna intersección entre la IA y la ciencia de datos, pero uno no es un subconjunto del otro.

Grandes datos (*Big data*)

Es un término que describe un gran volumen de datos, variados, en volúmenes crecientes, que se leen a una gran velocidad.

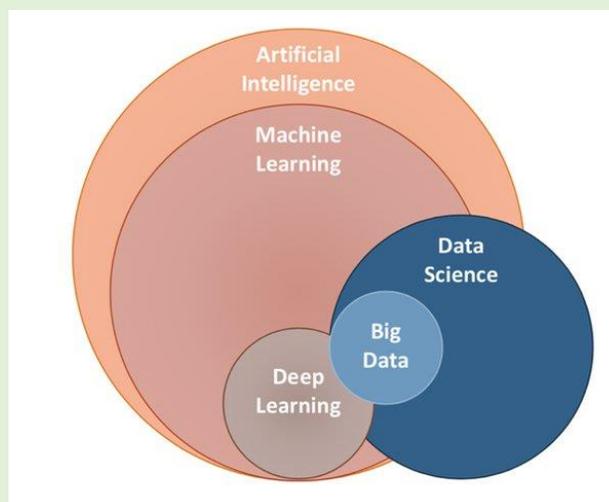


Figura 2.1 Relación entre conceptos principales de IA
Referencia: Quora

2.3 Tendencias tecnológicas

La IA se ha convertido en una tecnología fundamental para los procesos de negocios en casi todas las industrias. Según el informe *The State of AI in 2021* de McKinsey¹³, cada vez más empresas recurren a la IA para aumentar el valor de sus negocios.

Las diez principales tendencias de inteligencia artificial presentadas por la *IEEE Computer Society* son las siguientes:

IA para la ciberseguridad

El cibercrimen es un problema cada vez más importante para las organizaciones. Las técnicas de IA permiten reconocer una actividad delictiva antes de que esta se convierta en un problema.

IA para las comunicaciones

La IA puede, a través del procesamiento del lenguaje natural (PNL), generar automáticamente respuestas a datos de texto, por lo que es posible utilizarla para automatizar la interacción entre empresas y clientes, disminuyendo la presión sobre los equipos de atención y mejorando la experiencia de uso del cliente.

IA para automatización de procesos de negocio

La IA es utilizada cada vez más por organizaciones para automatizar sus procesos de negocio, realizando tareas establecidas y optimizando los procesos comerciales.

IA y ética

Existe una creciente conciencia de los programadores y usuarios en relación con la ética de la IA y cada vez más organizaciones se preguntan cómo podemos utilizar estas tecnologías de la forma más ética posible.

IA para resolver problemas y realizar cambios

La IA se ha utilizado principalmente para la automatización y optimización empresarial. Existe una creciente necesidad de utilizar la inteligencia artificial para ayudar a resolver problemas globales de la población y realizar cambios sociales reales.

IA sin código

Una de las principales barreras para que empresas adopten procesos impulsados por IA es la falta de profesionales con capacidades de programación. Esta situación está cambiando gracias a las herramientas actuales que permiten utilizar la IA sin necesidad de saber codificar.

IA y diversidad

Uno de los principales problemas éticos que genera la IA son los sesgos. La falta de diversidad en los equipos de desarrollo de IA puede contribuir a aumentar los prejuicios raciales, de género u otra índole en las organizaciones, por lo que la conformación de equipos diversos en género, raza, edad, capacidad y antecedentes culturales permitirá aumentar la probabilidad de crear aplicaciones que reflejen las necesidades de todos.

¹³

<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Analytics/Our%20Insights/Global%20survey%20The%20state%20of%20AI%20in%202021/Global-survey-The-state-of-AI-in-2021.pdf>

IA en el Metaverso¹⁴

El metaverso utiliza tecnologías de IA para mejorar los mundos digitales con los que interactuamos y la IA está realizando importantes avances en este campo.

AI para el cuidado de la salud

La IA ha demostrado ser de gran ayuda en el ámbito de la salud, facilitando una atención eficiente, permitiendo a los pacientes acceder a una atención médica segura y haciendo posible, además, administrar registros de pacientes y monitorear su salud a distancia.

IA e IoT

Cada vez más empresas están comenzando a combinar IA e IoT para recopilar y analizar datos y obtener mejores resultados.

2.4 Mercado y liderazgo

El tamaño del mercado mundial de IA se valoró en el año 2021 en BUSD¹⁵ 87,04 y se prevé que crezca a una tasa de anual compuesta (CAGR) del 38,1%, hasta BUSD 1.591,03 en el año 2030¹⁶. Esta tecnología abarca prácticamente todas las áreas o sectores de la economía.

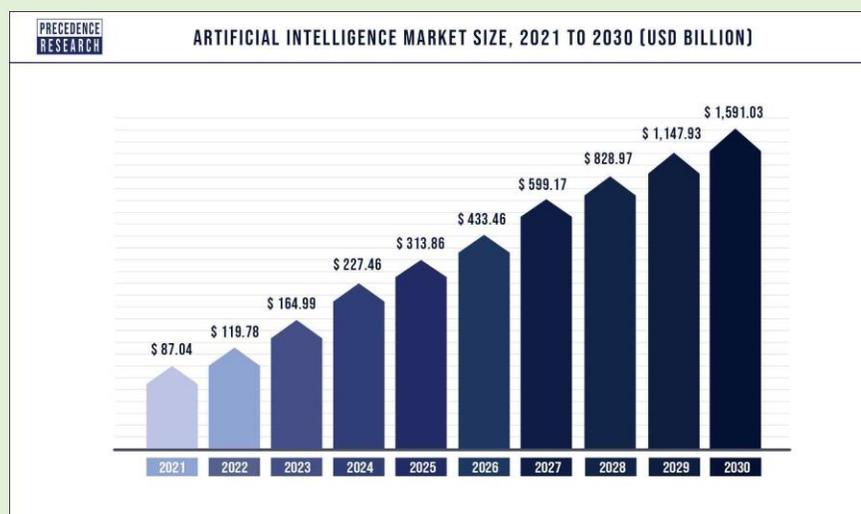


Figura: 2.6.1 Crecimiento mercado anual IA
Fuente: <https://www.precedenceresearch.com/>

El mercado de la IA se puede segmentar en hardware, software y servicios. El segmento de software lideró el mercado con una participación en 2021 de más del 38% de los ingresos. Este porcentaje se puede atribuir a los avances en la capacidad de almacenamiento de la información, mayor capacidad de cálculo, capacidades de procesamiento en paralelo y posibilidad de contratar Inteligencia Artificial como Servicio.

¹⁴ El Metaverso es un mundo virtual al que nos podemos conectar utilizando dispositivos, como lentes de realidad virtual, que nos harán creer que estamos dentro de él. En el metaverso, interactuamos con diferentes elementos que nos harán creer que estamos en un mundo nuevo.

¹⁵ Billones de dólares de USA. Un Billón de USD equivale a 1,000 millones de USD

¹⁶ <https://www.precedenceresearch.com/>.

El país que lidera actualmente la tecnología de IA es Estados Unidos, pero China podría superarlo en los próximos años, debido al Plan de Desarrollo de IA impulsado por su Gobierno¹⁸.

Actualmente, China es el país que más publicaciones científicas ha aportado en los últimos años y el que tiene la mayor cantidad de solicitudes de patentes, con el 64,8% de todas las patentes solicitadas en el mundo. Estados Unidos, a pesar de contar con los 5 gigantes tecnológicos: Amazon, Facebook, Apple, Google y Microsoft, ocupa el segundo lugar con el 19,8% de las solicitudes de patentes de IA¹⁹.

2.5 Áreas de aplicación

En la actualidad, existe un gran número de áreas en las que se han desarrollado diferentes aplicaciones basadas en IA. Las áreas de aplicación más comunes incluyen: procesamiento del lenguaje natural, habla y visión de computadora, como se explica a continuación.

Procesamiento del lenguaje natural

Los seres humanos tienen un método de comunicación que se conoce como lenguaje natural. Las computadoras pueden transmitir entre sí mensajes de voz y texto, pero no pueden entender el significado del lenguaje humano. El procesamiento del lenguaje natural (PNL) es un subconjunto de la IA que permite a las computadoras comprender el significado del lenguaje humano, incluida la intención y el contexto de su uso.

El procesamiento del lenguaje natural utiliza el aprendizaje automático y los algoritmos de aprendizaje profundo para comprender el significado semántico de una palabra, deconstruyendo las frases y entendiendo el contexto de uso. El PNL está permitiendo que las máquinas y humanos interactúen entre sí, creando nuevas oportunidades y formas de hacer negocios.

Convertir voz a texto

Las computadoras, para comunicarse en lenguaje natural, deben ser capaces de convertir el habla en texto mediante la identificación de patrones comunes en las diferentes pronunciaciones de una palabra. Los avances impulsados por IA en esta tecnología han hecho posible que la transcripción de voz a texto en tiempo real sea una realidad.

Visión computacional

El campo de visión informática ha tenido grandes avances en los últimos años, superando incluso a los humanos en tareas relacionadas con detección y etiquetado de objetos principalmente, gracias a los avances en el aprendizaje profundo y en las redes neuronales.

La visión por computadora permite a las máquinas identificar y diferenciar objetos en imágenes de la misma manera que lo hacen los humanos. Es una de las tecnologías que permite al mundo digital interactuar con el mundo físico.

¹⁸ http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm

¹⁹ <https://xaltius.tech/countries-leading-the-way-in-ai/#:~:text=China%2C%20USA%2C%20Japan%2C%20United,artificial%20intelligence%20innovation%20by%202030.>

3. Las revoluciones industriales o tecnológicas

La tecnología ha marcado el progreso del mundo y en algunos momentos, a los que se les ha denominado revoluciones industriales o tecnológicas, ha generado cambios profundos en él. La actual no es la primera revolución que enfrenta la humanidad ni tampoco será la última.

Aunque existen variadas definiciones para el concepto de revolución tecnológica, se les reconoce porque comprenden un período en el que se desarrollan e introducen simultáneamente más de una tecnología en la sociedad, produciendo una serie de transformaciones importantes en la ciencia, la economía, la técnica, el trabajo, los sistemas de gestión y organización de la producción, la ecología, la educación, los sistemas de salud, de alimentación, y de comunicaciones, provocando cambios profundos en la vida de las personas.

Lo que distingue una revolución tecnológica de un conjunto aleatorio de sistemas tecnológicos, justificando su conceptualización como una revolución, son dos aspectos básicos:

- La fuerte interconexión e interdependencia de los sistemas participantes en cuanto a sus tecnologías y mercados.
- Su capacidad para transformar profundamente el resto de la economía y eventualmente, a la sociedad²⁰.

La ciencia y la tecnología están presentes en eso y más: son importantes para el mundo puesto que a lo largo del tiempo se han convertido en instrumentos de transformación en nuestra sociedad.

3.1 Historia y características de las revoluciones tecnológicas

Se reconocen, dependiendo del autor, entre cuatro o cinco revoluciones tecnológicas, siendo cada una de ellas impulsada por un conjunto de tecnologías que transformaron el mundo en su momento.

Antes de lo que se dio a conocer en la historia como Revolución Industrial, se menciona la revolución industrial “cero”, que sucedió hace unos diez mil años y consistió en la simbiosis entre los animales domesticados y el hombre. Muchos pueblos dejaron de ser nómadas y se hicieron sedentarios, dando origen a la **agricultura**. El aprovechamiento de las **energías naturales** renovables también caracterizó este período a través de los molinos de viento y la navegación a vela.

Cuatro revoluciones tecnológicas

Algunos autores consideran que en la historia de la humanidad han ocurrido cuatro revoluciones industriales y el alcance de cada una es el siguiente:

La primera revolución

El invento del escocés James Watt, el aprovechamiento de la energía del vapor, marcó durante la segunda mitad del siglo XVIII en Inglaterra el origen de la **primera Revolución Industrial**. La **energía muscular dio paso a la energía mecánica**. Los talleres se transformaron en grandes fábricas y nacieron los conceptos de obreros e ingeniería industriales.

²⁰ “Technological revolutions and techno-economic paradigms”. Cambridge Journal of Economics, vol. 34, n° 1, pp. 185-202, 2010

Esta primera gran transformación condujo a un gran cambio cultural y económico con múltiples beneficios que todos hemos conocido. Como todo, este hito también dejó algunas secuelas no tan positivas. Fundamentalmente, el poder del trabajo pasó del artesano a la industria y de quienes vivían de su propio negocio al capitalista y las ciudades se plagaron de fábricas con chimeneas y personas que migraron desde zonas agrícolas. El desarrollo del ferrocarril también tuvo su influencia, al igual que los telares impulsados por la **energía del vapor**. Esta primera revolución se caracterizó por el paso de la **producción manual a la mecanizada**, entre 1760 y 1830.

La segunda revolución

Se puede considerar que la **segunda revolución industrial** comienza con la fabricación de la primera cinta transportadora en 1870, que dio origen a la cadena de montaje y continúa gracias a que en 1871 se construyó la primera central eléctrica de uso comercial. En 1880, Thomas Edison patenta la lámpara incandescente. La **aparición del gas y del petróleo como combustibles** hizo posible que se desarrollara la industria minera y que en 1886 se construyera el primer automóvil movido por un motor de combustión interna, culminando el proceso con la primera transmisión de radio en 1897. Esta segunda revolución, que transcurrió alrededor de 1850, fue **impulsada por la energía eléctrica y la invención del motor eléctrico**, que permitió la manufactura en masa.

La tercera revolución

Para la **tercera revolución industrial**, también denominada revolución digital o del computador, hubo que esperar a mediados del siglo XX, con la llegada de la **electrónica y la tecnología de la información y las telecomunicaciones (TIC)**, lo que permitió entre otras cosas, automatizar la producción en las empresas. Se pueden señalar algunos de los hitos de esta tercera revolución: en 1962 se fabricó el primer computador personal; en 1969, se creó el primer controlador programable (PLC) para controlar procesos productivos; en 1990, nace la *World Wide Web*.

La cuarta revolución

La **cuarta revolución industrial** genera un mundo en el que los **sistemas virtuales y físicos interactúan** y se combinan entre sí de una manera flexible desde cualquier lugar del mundo. Esto permite la personalización de los productos y servicios y la creación de nuevos modelos de negocios. Pero el cambio principal está en los **sistemas de producción: se incorpora la inteligencia artificial, la robótica, sumándose las comunicaciones inalámbricas, los biosensores y los productos ‘inteligentes’**. Las diferentes partes del proceso productivo no solo están adquiriendo funciones inteligentes que hasta ahora eran propias de personal especializado, sino que están comunicándose automática y autónomamente entre ellas.

Cinco revoluciones tecnológicas

En la opinión de Carlota Pérez²¹ una revolución tecnológica puede ser definida como *“un poderoso y visible conjunto de tecnologías interrelacionadas que suele incluir un insumo de bajo costo, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía y de impulsar una oleada de desarrollo de largo plazo”*.

²¹ Pérez, Carlota. (2004). *Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero*.

Cada una de estas revoluciones ocurre en un determinado país o región que actúa como líder en el que despliega la tecnología y posteriormente se propaga, como olas, a otros países. Una condición (*Big-bang*) para que ocurran estas revoluciones es que exista un hecho que represente el potencial de esta tecnología y que sea capaz despertar el interés e imaginación de emprendedores, como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 3.1 Cinco revoluciones tecnológicas sucesivas de 1770 a los años 2000

Revolución tecnológica	Nombre popular de la época	País o países núcleo	<i>Big-bang</i> que inicia la revolución	Año
Primera	Revolución Industrial	Inglaterra	Hilandería de algodón de Arkwright en Cromford.	1771
Segunda	Era del Vapor y los ferrocarriles	Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y Estados Unidos)	Prueba del motor a vapor Rocket para el ferrocarril Liverpool-Manchester.	1829
Tercera	Era del Acero, la Electricidad y la ingeniería pesada	Estados Unidos y Alemania sobrepasando a Inglaterra	Inauguración de la acería Bessemer de Carnegie en Pittsburgh, Pennsylvania.	1875
Cuarta	Era del Petróleo, el Automóvil y la Producción en Masa	Estados Unidos (rivalizando con Alemania por el liderazgo mundial). Difusión hacia Europa	Salida del primer modelo T de la planta Ford en Detroit, Michigan.	1908
Quinta	Era de la Informática y las telecomunicaciones	Estados Unidos (difundiéndose hacia Europa y Asia)	Anuncio del microprocesador Intel en Santa Clara, California.	1971

Fuente: Pérez, Carlota. (2004). Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero.

En cada revolución tecnológica aparecen nuevas tecnologías, nuevas industrias o se produce una articulación de las nuevas tecnologías con las tecnologías existentes, con las que se genera sinergia. Además, se generan nuevas infraestructuras o se redefinen las existentes, como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 3.2 Cinco revoluciones tecnológicas: sus principales industria e infraestructuras

Revolución tecnológica	Revolución tecnológica <i>país núcleo</i>	Nuevas tecnologías e industrias nuevas o redefinidas	Infraestructuras nuevas o redefinidas
Primera	Desde 1771 Revolución Industrial Inglaterra	Mecanización de la industria del algodón, Hierro forjado, Maquinaria.	Canales y vías fluviales, Carreteras con peajes, Energía hidráulica con molinos de agua.
Segunda	Desde 1829 Era del Vapor y los ferrocarriles Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y Estados Unidos)	Máquinas de vapor y maquinaria (de hierro, movida con carbón), Hierro y minería del carbón, Construcción de ferrocarriles, Producción de locomotoras y vagones, Energía de vapor para numerosas industrias.	Ferrocarriles con motor a vapor, Servicio postal de plena cobertura, Telégrafo, Grandes puertos, grandes depósitos y grandes barcos para la navegación mundial, Gas urbano.
Tercera	Desde 1875 Era del Acero, la Electricidad y la ingeniería pesada Estados Unidos y Alemania sobrepasando a Inglaterra	Acero barato, Pleno desarrollo del motor a vapor para barcos de acero, Ingeniería pesada química y civil, Industria de equipos eléctricos, Cobre y cables, Alimentos enlatados y embotellados, Papel y empaques.	Navegación mundial en veloces barcos de acero, Redes transnacionales de ferrocarril, Grandes puentes y túneles, Telegrafo mundial. Telefono, Redes electricas para iluminación y uso industrial.
Cuarta	Desde 1908 Era del Petroleo, el Automóvil y la Producción en Masa Estados Unidos (rivalizando con Alemania por el liderazgo mundial). Difusión hacia Europa	Producción en masa de automóviles, Petroleo barato y sus derivados, Petroquímica (sintéticos), Motor de combustión interna para automóviles, transporte de carga, tractores, aviones, tanques de guerra y generación eléctrica.	Redes de caminos, autopistas, puertos y aeropuertos, Redes de oleoductos, Electricidad de plena cobertura, Telecomunicación analógica mundial, alámbrica e inalámbrica.
Quinta	Desde 1971 Era de la Informática y las telecomunicaciones Estados Unidos (difundiéndose hacia Europa y Asia)	La revolución de la información: Microelectrónica barata, Computadoras, Software, Telecomunicaciones, Instrumentos de control, Desarrollo por computadora de biotecnología y nuevos materiales.	Comunicación digital mundial, Internet, correos y otros servicios electronicos, Redes eléctricas de fuentes múltiples y uso flexible, Transporte físico de alta velocidad.

Fuente: Pérez, Carlota. (2004). *Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero*.

Efectos de las revoluciones tecnológicas

Independientemente del número de revoluciones tecnológicas identificadas por diversos autores, lo relevante es rescatar los efectos que éstas han tenido sobre la sociedad y cuáles podrían ser los impactos de la actual revolución industrial y en particular, de la IA.

3.2 Diferencias entre las revoluciones anteriores y las actuales

A medida que se desarrollaba cada una de las revoluciones indicadas anteriormente, se generaban grandes preocupaciones por las pérdidas masivas de puestos de trabajo que ellas podrían traer. Es posible afirmar, hoy en día, que estas preocupaciones eran infundadas ya que el número de puestos de trabajo aumentó significativamente, al igual que el nivel de vida de las personas.

El nacimiento del automóvil, a modo de ejemplo, provocó un impacto importante en todos los involucrados en la cadena del valor del sistema de transporte por caballos, desde los criadores de caballos, hasta los fabricantes y conductores de carruajes. Lo mismo ocurrió anteriormente con la incorporación de la maquina a vapor en la industria textil. Al observar esta situación el día de hoy, podemos ver que las revoluciones anteriores generaron más puestos de trabajo en el mundo de los que destruyeron, dando lugar a nuevos oficios, profesiones y necesidades.

La revolución tecnológica actual tiene algunas características diferentes a las anteriores debido a los atributos propios de la tecnología y a su despliegue.

Las principales características de esta tecnología son: gran conectividad, gran potencia informática y gran automatización, según se indica a continuación.

- **Gran conectividad:** Existen, actualmente, más de 6.000 millones de dispositivos móviles conectados a millones de personas y más de 1.000 millones de dispositivos o máquinas conectados a través de Internet, situación que está aumentando con la llegada de la tecnología 5G.
- **Gran capacidad informática:** Hoy en día, gracias a la computación en la nube (*Cloud computing*), es posible utilizar una capacidad informática impensable hasta hace algunos años²², capacidad que aumentará con el advenimiento de los computadores cuánticos.
- **Gran automatización:** La gran conectividad y capacidad informática permiten desarrollar y disponer de máquinas que funcionen de forma autónoma, sin la intervención del ser humano.

El despliegue de las nuevas tecnologías será muy diferente al de las revoluciones anteriores debido a la gran velocidad a la que se están produciendo los cambios, el alcance que tendrán éstos y el impacto que provocarán sobre las industrias, como se explica a continuación.

- **Velocidad:** En comparación con las revoluciones industriales anteriores, la tecnología está evolucionando a gran velocidad, a un ritmo exponencial²³.
- **Alcance:** El cambio tecnológico está afectando a casi todas las industrias, en todos los países, transformando los sistemas de producción, gestión y gobierno.
- **Impacto:** El impacto de las nuevas tecnologías tendrá también un mayor impacto económico que el de las tecnologías anteriores, transformando a todas las industrias.

Estas importantes diferencias entre la revolución actual y las anteriores nos llevan a pensar que el impacto que tendrá ésta sobre la sociedad será muy diferente, por lo que debemos estar preparados.

²² A modo de ejemplo, Amazon y Google ofrecen capacidades de almacenamiento en la nube de hasta 30 TB

²³ En el año 1965, Gordon Moore, cofundador de Intel, afirmó que el número de transistores por unidad de superficie en circuitos integrados se duplicaría cada año y que la tendencia continuaría durante las siguientes dos décadas, lo que se ha mantenido hasta el día de hoy.

4. Percepciones, preocupaciones, tendencias e impactos esperados

El ser humano tiene una larga historia de crear tecnología y cualquier cambio tecnológico, como se vio anteriormente, genera preocupaciones en las personas e impactos en la sociedad que es necesario considerar. Es importante por lo tanto entender estas preocupaciones e identificar los potenciales impactos que podría generar esta nueva tecnología.

4.1 Principales percepciones

La empresa de investigación Ipsos realizó el informe “Opiniones Globales y Expectativas sobre la Inteligencia Artificial”²⁴. En él, se entrevistó a más de 19 mil personas en 28 países, incluido Chile, con el propósito de conocer su opinión sobre el uso y expectativas de la inteligencia artificial (IA).

En el informe se señala que:

- Un 76% de los chilenos entiende lo que es la Inteligencia Artificial (AI) y un 70% de ellos indicó que los productos que utilizan esta tecnología le facilitan la vida.
- Un 67% de los encuestados cree que los productos y servicios que poseen IA le cambiarán profundamente la vida de las personas en los próximos 3 a 5 años.

Con el objeto de validar los supuestos realizados por la Comisión, se realizó al inicio y al término de su trabajo, un estudio exploratorio sobre el conocimiento y percepción que tienen los ingenieros sobre la Inteligencia Artificial²⁵. Las principales conclusiones son:

- En su gran mayoría, los ingenieros han escuchado hablar del término Inteligencia Artificial (IA) pero no existe un entendimiento claro del alcance del concepto de IA, término que se confunde con automatización, robotización y manejo de datos.
- En las organizaciones en las que los ingenieros trabajan, se discuten temas relacionados con estas tecnologías y se conversa sobre los potenciales impactos y/o aplicaciones de IA.
- Los sectores de actividad económica en los que existiría una mayor penetración de esta tecnología serían, en orden decreciente: TIC’s y Telecomunicaciones, Minería, Industria productiva o manufacturera, Financiera, Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler, Transporte y Almacenamiento.

El detalle de las conclusiones se adjunta en el Anexo C.

²⁴ <https://aimchile.cl/ipsos-75-de-los-chilenos-piensa-que-la-vida-mejorara-gracias-a-la-inteligencia-artificial>

²⁵ El instrumento correspondió a una encuesta estructurada, aplicada vía correo electrónico sobre un formulario de Google, a un grupo de 297 ingenieros civiles que actualmente se desempeñan en Chile, cuyo número se estimó, en base a diferentes estudios en 180.000.

4.2 Principales preocupaciones

Las principales preocupaciones que genera la penetración y desarrollo de la inteligencia artificial en los distintos sectores de actividad económica son: la destrucción de empleos²⁶ y el uso de datos personales para fines no autorizados, como se verá en el capítulo siguiente.

4.3 Tendencias en la sociedad

La digitalización y las nuevas tecnologías están cambiando completamente la forma en la que vivimos. Las tres tendencias principales que está provocando este cambio son:

Sistemas cada vez más capaces

Actualmente, los sistemas basados en IA pueden realizar tareas que, hasta hace pocos años, solo podrían ser realizadas por humanos²⁷. Hoy en día, la IA puede imitar el habla humana, traducir idiomas, diagnosticar enfermedades, redactar documentos legales e incluso vencer a competidores humanos en juegos de Ajedrez (1997), Jeopardy (2011) o Go (2015).

Sistemas cada vez más integrados

Los sistemas no humanos están cada vez más integrados en objetos y artefactos de uso cotidiano, siendo cada vez más difícil distinguir entre el comportamiento de un humano y el de una máquina.

Información personal cada vez menos privada

La información que genera una persona, al realizar alguna acción en internet o en su smartphone, deja un rastro digital que es capturado por sistemas cuyos propietarios tienen información de los gustos, estados de ánimo, hábitos de compra, patrones de desplazamiento, relaciones personales, sentimientos y opiniones, de esta persona.

4.4 Potencial impacto en el empleo

Impacto en el empleo

Uno de los principales impactos que se visualiza que tendrá el desarrollo de la IA en la sociedad es en el empleo. En relación con este punto, sin embargo, no existe consenso sobre su magnitud.

- En un informe preparado por PwC²⁸, se indica que, la IA podría desplazar alrededor de siete millones de puestos de trabajo en los próximos 20 años y que se podrían crear alrededor de 7.2 millones de nuevos empleos en el mismo período, es decir, una ganancia neta de 200000 empleos.
- En un estudio, realizado por el Banco Mundial: *Dividendos digitales: informe sobre el desarrollo mundial 2016*,²⁹ se indica que la expansión de la inteligencia artificial en el mundo de los negocios contribuirá a eliminar entre el 50% y el 65% de todos los trabajos que hoy existen en países en vías de desarrollo.

²⁶ Ratificada en el estudio exploratorio realizado sobre conocimiento y percepción de los ingenieros chilenos en relación con IA.

²⁷ En los últimos meses del año 2023, ha surgido un notable interés en torno a los progresos alcanzados por los modelos de lenguaje masivo (LLM), los que han captado la atención del público, generando un enérgico debate en torno a su inmenso potencial, su capacidad disruptiva y los riesgos asociados (ver anexo D).

²⁸ PWC Sizing the prize What's the real value of AI for your business and how can you capitalise? www.pwc.com/AI

²⁹ <https://documents1.worldbank.org/curated/en/658821468186546535/pdf/102724-WDR-WDR2016Overview-SPANISH-WebResBox-394840B-OUO-9.pdf>

- En un artículo reciente publicado por el MIT: Task Force sobre la Obra del Futuro titulado "Inteligencia Artificial y El Futuro del Trabajo", se analizó la evolución de la IA y su relación con el mundo del trabajo. En el documento, se plantea que la IA podría tener el potencial, al crear nuevas industrias, de crear más puestos de trabajo, no menos.

Trabajos que serán reemplazados

En un estudio realizado por Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne de la Universidad de Oxford: *The future of employment: how susceptible are Jobs to computerisation?*³⁰, se plantea que el 47% de los empleos corre el riesgo de ser reemplazados por robots y computadoras con inteligencia artificial en Estados Unidos durante los próximos 15 o 20 años.

Si consideramos que se eliminarán trabajos y se crearán nuevos puestos de trabajo, es necesario plantearse: ¿qué tipos de trabajos se están creando y qué tipos de trabajos se están destruyendo?

- Los trabajos que presumiblemente no serán reemplazados corresponden a aquellos de baja calificación, que requieren interacción cara a cara y trabajo físico como: servicios de alimentación, trabajos de limpieza, jardinería, atención de salud en el hogar y cuidado de niños, entre otros.
- Los trabajos que corren el mayor riesgo de ser reemplazados son aquellos que requieren habilidades medias como es el caso de vendedores, administrativos y empleados, que realizan tareas rutinarias y en los que se requiere recopilar y analizar grandes volúmenes de información.
- Los trabajos que corren el menor riesgo de ser reemplazados serán aquellos que requieren altos niveles de capacitación y educación, los relacionados con la programación, robótica o ingeniería y aquellos en los que se requieren habilidades más difíciles de replicar por las máquinas como: compasión, empatía, innovación y creatividad o artes escénicas.

Industrias más afectadas

En el informe de PwC citado anteriormente, se espera que el valor del mercado de la inteligencia artificial alcance los 15.7 trillones de dólares estadounidenses para el año 2030³¹, lo que representa un aumento significativo en comparación con el valor del mercado estimado de 2020 de 1.4 trillones de dólares, afectando prácticamente a todas las industrias y todos los aspectos de nuestras vidas.

Este aumento en el crecimiento económico, sin embargo, según PwC, no se distribuirá de manera uniforme ya que beneficiará a la mano de obra en algunas industrias, pero la amenazará en otras, según se indica a continuación:

- En el sector de la salud y atención social, PwC cree que se podrían crear un 22% más de empleos.
- En los servicios profesionales, científicos y técnicos, PwC espera un aumento neto del 16%, en información y comunicaciones 8%, en educación 6% y en servicios de alojamiento y alimentación 6%.

³⁰ <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/the-future-of-employment/>

³¹ Es importante destacar que el valor está medido en trillones de dólares estadounidenses, ya que PwC es una firma de consultoría y servicios profesionales con sede en los Estados Unidos. PwC utiliza la notación de trillones que se utiliza en los Estados Unidos, que define un trillón como 1 seguido de 12 ceros.

- El sector que será más afectado, según PwC, será la manufactura, que tendrá una pérdida de 25%, seguido de transporte y almacenamiento (-22%) y gobierno y defensa (-18%).
- Los empleos en el sector de servicios financieros, según indica PwC, también serán afectados por la tecnología, con una pérdida neta de 7%, al igual que la construcción y el comercio minorista (-3%).

5. Consideraciones éticas

La inteligencia artificial (IA) plantea posibilidades nuevas que pueden ir en beneficio de la humanidad. Queremos que esas posibilidades satisfagan necesidades de las poblaciones y amplíen sus capacidades de desarrollo. En ese sentido, primero debemos ponernos de acuerdo en los resultados que deseamos que la IA provea a la sociedad y, sobre esa base, establecer cuáles son los atributos deseables en función de requerimientos éticos.

Así como se plantean posibilidades nuevas, se presentan desafíos en varios ámbitos de la sociedad. El documento Política Nacional de Inteligencia Artificial del Ministerio de Ciencia y Tecnología reconoce los desafíos éticos de la IA del siguiente modo³²: *“Si bien la IA ofrece oportunidades y beneficios a la sociedad, existen usos de esta tecnología que presentan riesgos asociados a derechos fundamentales como la dignidad, la privacidad, la libertad de expresión y la no discriminación arbitraria.”*

Lo anterior fue ratificado en el estudio exploratorio sobre el conocimiento y la percepción que tienen los ingenieros chilenos sobre la IA, según se indica en el Anexo C.

5.1 Empleo

La industrialización automatizó empleos considerados repetitivos, asociados al trabajo en serie. La IA mueve las fronteras del reemplazo a tareas que se consideraban exclusivas de seres humanos. La conducción autónoma muestra uno de estos límites que ha sido superado³³. En este sentido, la amenaza de reemplazo de empleos se vuelve más apremiante³⁴. Por otra parte, se presentan oportunidades de nuevos trabajos que requieren mayor preparación para su desempeño. El desafío está más bien en la transformación de la fuerza de trabajo para poder llevar a cabo estas labores que en una pérdida neta de puestos de empleo. Además, la irrupción de la IA no solo amenaza la permanencia de ciertos trabajos, sino que puede cambiar los tipos de interacciones dentro de los trabajos, requiriendo capacidades distintas en la fuerza laboral, lo que hace más complejas las interacciones para los trabajadores³⁵. En cuanto a los impactos en Chile, se estima que los mayores riesgos de reemplazo están en las labores de registro de datos, etiquetado, agricultura, operadores de maquinaria, atención y servicio al cliente³⁶.

5.2 Equidad

A medida que la IA cubre más espacios laborales, el ingreso generado por esta industria se reparte entre menos personas, creando una mayor diferencia salarial o reparto de utilidades. Como ejemplo, en 2014, la industria automotriz norteamericana creaba un valor similar que la industria de Silicon Valley, solo que la primera demandaba 10 veces más empleo que la segunda, de modo

³² Gobierno de Chile, Ministerio de Ciencia y Tecnología; Política Nacional de Inteligencia Artificial; 2021.

³³ <https://www.youtube.com/watch?v=nhCh1pBsS80><https://www.nature.com/articles/d41586-018-07135->

³⁴ Shoshana Zuboff dice que “(...) asumiendo la continuidad del paradigma económico, cualquier cosa que pueda ser automatizada, va a ser automatizada; todo lo que pueda ser informatizado, va a ser informatizado; y, ante la ausencia de normas, dictámenes y leyes para contenerla, cualquier tecnología digital que pueda ser usada para vigilancia y control, será usada para vigilancia y control.” La Tercera, sábado 13 de agosto de 2022. Adicionalmente, Chile presenta una de las mayores probabilidades de automatización de puestos de trabajo entre países OCDE, entre un 42% y 52% de las ocupaciones en riesgo; ver: Ministerio de Ciencia y Tecnología, op.cit., página 55.

³⁵ Ministerio de Ciencia y Tecnología, op. cit.; página 54.

³⁶ Ídem. Página 55. Las cajas de autoservicio están reemplazando paulatinamente a cajeros en supermercados.

que una misma cantidad de riqueza se reparte, necesariamente, entre menos manos (trabajadores y accionistas). En el mismo sentido, podría darse el caso que la escasez de mano de obra no fuera importante si en una industria, parte importante del trabajo productivo lo realiza la inteligencia artificial, incluyendo el diseño y programación de nuevas formas de trabajo. En un escenario así, las restricciones a la producción no vendrían del trabajo sino de la energía³⁷ y del acceso a la tierra, de modo que ciertas relaciones laborales podrían experimentar cambios muy significativos.

Por otra parte, se plantea el dilema entre el hardware y el software. En la medida que los desarrollos estén dominados por el software, donde el producto final tiene costo marginal (casi) cero, se produce un beneficio para los consumidores, favoreciendo relativamente a los más pobres que pueden acceder a prestaciones importantes con una inversión pequeña, como ocurre con la telefonía celular. Por otra parte, si los desarrollos son dominados por el hardware, incluyendo avances en ciencias de los materiales, los productos asociados no estarán disponibles para los segmentos de menores ingresos, generando mayores brechas³⁸

5.3 Humanidad y conducta.

La IA está logrando cada vez mejor desempeño en tareas que parecían exclusivas de seres humanos. De este modo, en interacciones a través de medios digitales, se hace cada vez más difícil discernir si estamos tratando con una persona o un robot, que ha sido entrenado para responder según patrones usuales de conducta humana. Mientras que una persona está sujeta a errores, cansancio y motivaciones en sus relaciones, una máquina entrenada en forma adecuada puede superar estas dificultades y potenciar sus capacidades de relacionarse. Por otra parte, los algoritmos son entrenados para satisfacer nuestros centros de recompensa, de modo que se hace más difícil para las personas desligarse de programas que han sido diseñados para atraer y capturar nuestra atención. La adicción tecnológica es un problema particularmente entre adolescentes y jóvenes³⁹. La industria publicitaria aprovecha estos rasgos psicológicos de las personas para lograr mayor penetración de sus productos (ya lo hacía antes de la IA), con la ventaja que, en la situación actual, puede perfilar en forma individual las preferencias de los clientes, haciendo sus mensajes más incisivos.

En el límite, se hace la advertencia sobre la capacidad de la IA de modelar la conducta de las personas e influir no solo en la elección de productos sino en definiciones fundamentales para el funcionamiento social⁴⁰. Por lo mismo, algunos autores llaman a un mayor control sobre estas empresas⁴¹.

³⁷ Es sabido que la utilización de redes computacionales consume cantidades importantes de energía. Se estima que la internet consume entre 3,6 y 6,2% de toda la electricidad mundial. Ver: Ragavan and Ma; The Energy and Emery of the Internet; ICSI and UC Berkeley; 2011; página 3. Disponible en: <https://raghavan.usc.edu/papers/emergy-hotnets11.pdf>. Sin embargo, estos porcentajes son pequeños comparados con el transporte que consume más del 60% del petróleo mundial, por lo cual, el reemplazo de conferencias presenciales por virtuales genera un ahorro significativo de energía.

³⁸ <https://www.nber.org/system/files/chapters/c14032/c14032>.

³⁹ <https://www.hazeldenbettyford.org/articles/prevention/teen-technology->

⁴⁰ Según Zuboff, las grandes empresas tecnológicas, "(...) Pueden alterar cómo pensamos, cuáles son nuestras actitudes, con quienes nos conectamos, qué leemos, con quién hablamos y qué hacemos." La Tercera, 13 de agosto de 2022.

⁴¹ Ídem.

Las empresas tecnológicas han creado un nuevo orden social, que dominan con el control de los datos personales y el rastreo de preferencias de los usuarios. Ellas han creado un orden institucional global que desafía el orden democrático, con el peligro de un gobierno global computacional, que sustituya al orden democrático actual⁴².

5.4 Sesgos

La interacción entre seres humanos está influida por sesgos de diferente tipo: cultura, raza, religión, amistad, etc. Se supone que los algoritmos podrían evitar esos sesgos y realizar procesos libres de elementos discriminatorios. Sin embargo, en la práctica, se ha descubierto que los algoritmos de selección también pueden contener sesgos. Esto se explica, en parte, porque esos algoritmos obedecen a programas hechos por seres humanos que, de alguna manera, les transmiten sus sesgos⁴³. De hecho, si los algoritmos aprenden de los conjuntos de datos históricos con los cuales son alimentados, es muy probable que “aprendan” los sesgos implícitos que contienen esos conjuntos de datos (por ejemplo, qué tipo de persona es confiable como sujeto de crédito bancario). Estas situaciones se califican como sesgos no deseados de los algoritmos y de las bases de datos que los alimentan⁴⁴. Algunas áreas son particularmente sensibles a sesgos de algoritmos, como educación, empleo, fiscalización legal y justicia⁴⁵.

5.5 Seguridad

Las tecnologías digitales pueden ser usadas con buenos o malos propósitos. Por esta razón, la ciberseguridad se vuelve más necesaria, no solo por el peligro de ataques a los sistemas de información o bases de datos, sino porque la IA es varios órdenes de magnitud más poderosa que las personas en procesar y manipular la información. En términos de capacidades, los seres humanos seguimos siendo los mismos desde hace cientos de miles de años y no estamos preparados para enfrentar un sistema con capacidades que nos supera en varios órdenes de magnitud, especialmente si en, algunos casos, esos sistemas están operados por personas o grupos con intenciones desviadas de lo socialmente aceptado.

5.6 Publicidad

La publicidad busca persuadir al cliente de las bondades de un producto o servicio para motivar su compra. Con la IA, las posibilidades de influir en las decisiones del cliente mejoran en forma significativa, en beneficio de quien realiza la publicidad. El uso de IA en publicidad puede ser definido como “(...) la simulación de la inteligencia humana en máquinas que están programadas como seres humanos y que imitan sus acciones, basadas en la información con que se las alimenta⁴⁶”. Es cierto que la publicidad se enfrenta a una competencia creciente por captar la atención del cliente potencial, pero las herramientas que entrega la IA permiten superar las capacidades intelectuales de una persona común, generando una suerte de “omnipresencia” de los mensajes publicitarios,

⁴² Shoshana Zuboff, La Tercera, 13 de agosto de 2022.

⁴³ Ver Le Monde, 25 de agosto de 2022: « Accusé de véhiculer des clichés racistes, le rappeur virtuel noir FN Meka, congédié par sa maison des disques. » El grupo activista norteamericano Industry Blackout calificó al robot FN Meka como “(...) un insulto directo a la comunidad negra y su cultura.”

⁴⁴ Ministerio de Ciencia y Tecnología, op. cit., página 50.

⁴⁵ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial->

⁴⁶ traducción propia.

adaptados al perfil específico de cada consumidor potencial, según sus preferencias que son rastreadas por medio de cookies u otros programas de seguimiento. De este modo, el impulso a comprar se puede ver exacerbado por el aprovechamiento de perfiles de usuarios y el calce que los algoritmos pueden hacer entre éstos y los requerimientos de las empresas publicitarias. En este sentido operan la publicidad basada en la ubicación⁴⁷.

⁴⁷ <https://en.wikipedia.org/wiki/Location->

6. Potencial de Chile para el desarrollo y uso de la IA

El Foro Económico Mundial (WEF) ha informado que, según los resultados del Índice Global de Innovación 2020, elaborado cada año por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), Chile es la economía más innovadora de América Latina y en el ranking, que evaluó a 16 países de la región, el país obtuvo un puntaje de 33,9 puntos, seguido de México (33,6) y Costa Rica (33,5).

Existen cuatro factores que hasta el año 2021 eran considerados relevantes por las empresas tecnológicas: fortaleza de la economía; presencia de grandes clientes en industrias clave, creatividad de las nuevas empresas y capacidades de los ingenieros. Al menos tres de ellos el país los cumple actualmente con creces.

6.1 IA en Latinoamérica y Chile

Las empresas tecnológicas extranjeras ven a Chile como el país más avanzado en tecnología de la región y consideran que es el país más indicado para implementar sus desarrollos tecnológicos y prestar servicios al resto del mercado latinoamericano.

Según un estudio realizado por la Consultora NTT Data y el MIT Technology Review, el 40% de las empresas en Argentina, Chile, Colombia, México y Perú utilizan IA para los negocios que realizan en la región. Según el informe, Technology Vision 2022 de Accenture,⁴⁸ el 82% de los ejecutivos chilenos coincide en que la tecnología está evolucionando a gran velocidad y el 85% de los ejecutivos chilenos dice que actualmente están experimentando con una o más de estas tecnologías. Además, el 46% de los ejecutivos chilenos dice que sus organizaciones han adoptado inteligencia artificial en comparación con el 29% a nivel mundial.

6.2 Políticas e iniciativas de Estado

El Estado de Chile ha desarrollado y/o se encuentra elaborando diferentes leyes, políticas e iniciativas necesarias para establecer en el país una estrategia de IA. Algunas de ellas son:

Ley de Protección de la Vida Privada

La Ley de protección de datos en Chile, Ley N° 19.628, fue publicada en el año 1999. Considerando el rápido avance de la tecnología, esta debe ser actualizada para que se ajuste a las normas internacionales promovidas por la OCDE.

Política Nacional de Ciberseguridad

En el año 2017, se elaboró el documento Política Nacional de Ciberseguridad⁴⁹ que contiene los lineamientos del Estado en materia de ciberseguridad que, con una mirada al año 2022, busca contar con un ciberespacio libre, abierto, seguro y resiliente.

En los últimos años, se han incrementado los incidentes relacionados con la ciberseguridad. En el año 2021, se registraron 22.473 casos de Ciberataques, un 46% más que el año anterior.⁵⁰ Por ello, actualmente, en las Comisiones de Defensa Nacional y Seguridad Pública del Senado, se está

⁴⁸ https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-5/Accenture-Meet-Me-in-the-Metaverse-Slideshare-SA-Localized.pdf

⁴⁹ <http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/738>

⁵⁰ informe Anual de Gestión 2021 del Equipo de Respuesta ante Incidentes de Seguridad Informática de Gobierno

estudiando un proyecto de Ley Marco sobre Ciberseguridad e Infraestructura Crítica de la Información que busca *“establecer la institucionalidad necesaria para robustecer la ciberseguridad, ampliar y fortalecer el trabajo preventivo, la formación de una cultura pública en materia de seguridad digital, enfrentar las contingencias en el sector público y privado, y resguardar la seguridad de las personas en el ciberespacio”*.

Transformación Digital del Estado

La Ley 21.180, de Transformación Digital del Estado, fue publicada en noviembre de 2019 y entró en vigor el 9 de junio de 2022. *“Esta ley modifica las bases de los procedimientos administrativos para su transformación y digitalización, impulsando que las solicitudes digitales sean la norma y las presenciales constituyan la excepción, apoyándose en el principio de interoperabilidad para una mejor integración entre instituciones públicas”*.

Política Nacional de Inteligencia Artificial y plan de acción

En octubre de 2021, se lanzó la Política Nacional de Inteligencia Artificial que tiene por objetivo: *“Insertar a Chile en la vanguardia y colaboración global relacionada con IA, con un ecosistema de investigación, desarrollo e innovación en IA que cree nuevas capacidades en los sectores productivos, académicos y estatales, y que orientadas acorde a principios transversales de oportunidad y responsabilidad, contribuya al desarrollo sostenible y mejore nuestra calidad de vida”*.

En el Anexo B se presentan los principales hitos del proceso que se siguió para elaborar esta Política y el resultado obtenido.

6.3 Formación de capital humano

El primer requisito para el uso y desarrollo de la tecnología de IA es disponer de personas que tengan una adecuada formación y experiencia en ingeniería, matemáticas y ciencias de la computación.

Según indica Talento Digital,⁵¹ en Chile existe actualmente un importante déficit en la formación de capital humano en el área de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), que, en el año 2020, fue estimado en 65.000 profesionales al año. Además, no se aprecia la existencia de una estrategia nacional de formación de capital humano en IA que permita tener la seguridad de que las personas podrán beneficiarse del desarrollo y uso de las nuevas tecnologías.

Educación primaria y secundaria

En Chile, por diferentes razones, hemos sido principalmente consumidores de tecnología y exportadores de recursos naturales. Entre las razones que nos han llevado a este modelo de desarrollo se encuentran, entre otras, no disponer de suficiente talento humano preparado, gran distancia a los centros de consumo más importantes y tamaño del país.

La IA es una tecnología ubicua, que se puede desarrollar en el país y exportar a todo el mundo, utilizando las redes de transmisión de datos disponibles por lo que la principal limitación para es la falta de disponibilidad de talento humano, en las cantidades requeridas que esté preparado para desarrollar esta tecnología.

⁵¹ <https://talentodigitalparachile.cl/inicio-corporativo/nuestro-proposito/>

A diferencia de lo que ocurre en otros países como China, Estados Unidos, Canadá, India, España, Reino Unido, Austria, Japón, Finlandia, Australia, entre otros, en Chile no se aprecia la existencia de iniciativas generales orientadas a incorporar en el plan curricular, la enseñanza-aprendizaje de IA en educación primaria y secundaria para preparar a los estudiantes para las profesiones del futuro. Solo se han identificado las siguientes iniciativas:

- Incorporación, en las nuevas bases curriculares de 3ro y 4to año de enseñanza media publicadas en 2019, de un curso semestral de pensamiento computacional y programación.
- Programas, impulsados por Universidades, Centros de I+D, Organizaciones no Gubernamentales (ONG) o el Ministerio de Educación (MINEDUC), orientados a incorporar en los alumnos habilidades de pensamiento computacional y programación^{52, 53, 54}

Educación Universitaria, técnica o profesional (pregrado)

La formación en IA ha estado relacionada tradicionalmente con las carreras de electrónica y computación, dictadas por las escuelas o facultades de ingeniería. En ellas, la IA aparece en las mallas curriculares como cursos regulares y en trabajos de memorias y/o tesis de grado. No se aprecia aún la presencia de competencias de IA en otras carreras ni en programas de formación general.

Educación Universitaria (postgrado)

En el país existen buenos investigadores, formados principalmente en el extranjero. El programa Becas Chile definió en el año 2018 como un área prioritaria la transformación digital, sector en el que se incluye a la inteligencia artificial. En el año 2020, el ministro de Ciencia anunció que las becas de doctorados tendrán como área prioritaria la «Transformación y Revolución Tecnológica» y contemplarán estudios en áreas como: interfaz humano-máquina, ciencia e ingeniería de datos y programas que aborden la dimensión humana y social derivada de la irrupción de la IA.

En Chile, la formación de postgrado en IA ha estado centrada principalmente en programas de magister y doctorados de carácter académico, en diferentes especialidades de Informática, Electrónica y Estadística. En estos, se forma a los futuros investigadores en temáticas relacionadas a la IA. Si bien, existe un número creciente de interesados en investigación, el número de ellos es aún insuficiente para enfrentar los desafíos futuros del país. Recientemente, un grupo de universidades inició el primer doctorado en inteligencia artificial aplicada de Latinoamérica.⁵⁵

Formación profesional y continua

La creciente necesidad de la industria de capacitar profesionales en áreas y competencias de IA han incentivado la aparición de una variada oferta de programas de formación profesional a nivel de Diplomados, en departamentos de Ingeniería Industrial y Computación, entre otros, en las principales escuelas y facultades de ingeniería.

⁵² Olimpiada de Big Data: Competencia en la que equipos de alumnos de educación media de colegios chilenos resuelven problemas de análisis de datos.

⁵³ Olimpiada Chilena de Informática: Competencia de programación orientada a estudiantes de secundaria que pretende despertar el interés en la Computación.

⁵⁴ iniciativa Nacional de Lenguajes digitales del MINEDUC. Iniciativa orientada a la formación de docentes y profesionales de la educación en temáticas relacionadas al desarrollo del pensamiento computacional.

⁵⁵ <https://www.diarioconcepcion.cl/ciencia-y-sociedad/2022/06/18/cruch-biobio-nuble-oficializa-alianza-para-crear-pionero-doctorado-en-inteligencia-artificial.html>

Capacitación laboral

En la Capacitación laboral, las empresas han buscado incorporarse al mundo digital, desarrollando en sus trabajadores habilidades digitales, pero no existe una adecuada formación de personas para abordar los desafíos de la IA.

6.4 Infraestructura de comunicaciones, centros especializados y datos

El desarrollo y uso de la IA requiere que el país disponga de una adecuada infraestructura de comunicaciones y centros especializados de desarrollo y almacenamiento de datos.

Infraestructura de comunicaciones

En Chile, más del 82% de la población tiene acceso a internet y es uno de los países con mayor cobertura de América Latina y el Caribe. Además, existe un número importante de *data centers* de grandes empresas tecnológicas e infraestructura de procesamiento de datos como el Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento (NLHPC)

Centros especializados

Centro Nacional de Investigación en Inteligencia Artificial (CENIA)

Hasta el año 2020, no existía en el país un centro especializado en IA que contara con la infraestructura necesaria para que las iniciativas de universidades y empresas pudieran convertirse en emprendimiento de alto valor agregado.

En el año 2021, se adjudicó el CENIA, iniciativa en la que participan la Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Chile, Universidad Adolfo Ibáñez, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de Concepción, Universidad San Sebastián, Universidad de Talca y Universidad Andrés Bello, además de importantes empresas del sector telecomunicaciones y de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC).

Este centro busca *“Transformar a Chile en el pilar del desarrollo de la IA en Latino América, contribuyendo a través del progreso tecnológico a mejorar la calidad de vida de nuestras sociedades e individuos”*.

Institutos y centros de investigación

Existen diferentes iniciativas distribuidas en las distintas universidades del país, que realizan investigación y se encuentran localizadas principalmente en las Facultades de Ingeniería, Centros de Investigación e Institutos y Núcleos Milenio. Algunos de los cuales se indican en el Anexo H.

Datos

El desarrollo y uso de la IA requieren, además, de repositorios de datos abiertos, de buena calidad, seguros, con niveles de sesgo controlado, interoperables y que resguarden los derechos de las personas.

Una de las iniciativas del CENIA es OpenCENIA, que busca crear recursos abiertos y gratis para toda la comunidad interesada en el desarrollo y/o uso de la Inteligencia Artificial. Entre estos datos se encuentran: Software, Modelos (NLP, Visión), Datos (*Datasets, Shared Tasks, Benchmarks*) y Material Técnico-Educativo (Cursos, charlas, tutoriales, demos interactivas).

Otra iniciativa es el *Data Observatory*, organización liderada por *Amazon Web Services (AWS)* y la Universidad Adolfo Ibáñez para: “*coordinar a distintos actores público-privados, para generar un polo de desarrollo de la ciencia de datos partiendo por la astronomía, pero abierta a otros datasets de impacto global*”.

6.5 Innovación y emprendimiento

En Chile, el desarrollo de la IA se ha basado principalmente en I+D realizada en universidades y/o centros de investigación, existiendo solo algunos casos puntuales de aplicación de los resultados de estas investigaciones en la industria.

En los últimos años, sin embargo, debido a la rápida evolución que ha tenido esta tecnología y a los menores costos de desarrollo, se han generado emprendimientos que aplican esta tecnología en diferentes sectores de la economía. Según un estudio realizado por Endeavor⁵⁶, actualmente hay más de 100 empresas chilenas que han desarrollado soluciones basadas en IA, pero solo un número reducido de ellas, al ser derivadas de investigaciones académicas, ha desarrollado capacidades y tecnología propias. La mayor parte de las empresas utilizan, para implementar sus soluciones, herramientas comerciales desarrolladas por terceros para generar alguna aplicación, evitando que se formen capacidades únicas, dependiendo éstas de herramientas desarrolladas en el extranjero.

Existen casos de éxito importantes de empresas tales como Cornershop, NotCo y Betterfly, que demuestran que en el país existe talento y capacidades para innovar. En el Anexo I, se acompaña un listado de empresas creadas en el país que utilizan tecnología de IA para diferentes propósitos.

6.6 Empresas extranjeras que están desarrollando IA en Chile

Algunas importantes empresas tecnológicas globales se han instalado en el país y están realizando inversiones en infraestructura y desarrollando aplicaciones en IA orientadas al mercado latinoamericano. Algunas de ellas son:

- **Oracle:** La empresa está desarrollando una estrategia apalancada en el crecimiento de los servicios en la nube, tanto de infraestructura como en aplicaciones. El objetivo es acercar la tecnología a las personas y con ella, desde su sede en Chile, a más usuarios de distintos tamaños.
- **Google Cloud:** La empresa llegó a Chile hace 10 años y cuatro años después inauguró su primer data center en el país. En 2018 anunció su expansión y casi cerrando 2019 puso en marcha el cable submarino Curie que, con una extensión de 10.000 kilómetros, une Valparaíso con Los Ángeles en EE. UU., permitiendo que la nube se conecte en red a nivel mundial.
- **Accenture:** La consultora global Accenture ha creado una unidad de negocios de Inteligencia Artificial Aplicada que, a través de la analítica de datos y la IA, desarrollará soluciones para diferentes sectores y empresas. En Chile reforzará el uso de IA y analítica en las industrias locales.

⁵⁶ <https://www.df.cl/df-lab/innovacion-y-startups/la-hora-de-las-startups-que-crean-inteligencia-artificial-en-chile>

- **Anglo American:** Inauguró su primer Centro Integrado de Operación Remota que incorporará tecnologías de inteligencia artificial, realidad aumentada y tecnología de operación remota que permitirán controlar la mina Los Bronces en tiempo real y en forma integrada desde sus oficinas, en la Comuna de Las Condes.
- **Zyfra:** Multinacional finlandesa de soluciones digitales iniciará operaciones en Chile. La empresa creó un sistema autónomo y teleoperado para vehículos de minería, que genera datos en tiempo real y minimiza el riesgo de accidentes humanos en las faenas mineras.
- **Graymatics:** Compañía de inteligencia artificial proveniente de Singapur que inició recientemente sus operaciones en Chile y que se dedica a convertir cámaras de seguridad pasivas en dispositivos IoT, para analizar videos en tiempo real y generar alertas.
- **Crimsonlogics:** Empresa originaria de Singapur, que ha ayudado a los gobiernos de diferentes partes del mundo a implementar sus estrategias de gobierno electrónico a través de soluciones de facilitación del comercio, justicia y gobierno digital.

7. Oportunidades para la ingeniería y los ingenieros

En esta nueva revolución tecnológica, Chile, como se indicó anteriormente, tiene las condiciones necesarias para liderar el desarrollo y uso de la IA en la región, por lo que es perfectamente factible que la ingeniería y los ingenieros puedan tomar un rol protagónico, a nivel latinoamericano.

En relación con las oportunidades que se presentan se aprecian dos caminos, que pueden ser desarrollados en paralelo. El primero considera el desarrollo y despliegue de la tecnología de IA en aquellas áreas que han contribuido al desarrollo del país en los últimos 30 años y el segundo consiste en realizar estos desarrollos en aquellas áreas o nichos en las que nuestro país tiene ventajas, como es el caso de los llamados laboratorios naturales.

7.1 Oportunidades en áreas tradicionales

La IA está influyendo en prácticamente todos los sectores de economía, desde el sector de materias primas, hasta el de servicios (sector terciario), generándose con ello nuevas oportunidades para la ingeniería y los ingenieros.

Algunos de los cambios que se están produciendo en estos sectores debido a la irrupción de la IA y que representan oportunidades para la ingeniería son los siguientes:

En el sector primario:

- La industria agrícola está enfrentada a una demanda creciente de productos, debido al aumento de la población, las pérdidas que se producen en la cadena de valor⁵⁷ y los cambios en las condiciones climáticas. La industria está adoptando cada vez más, diferentes aplicaciones de IA, para mejorar el rendimiento de los cultivos, disminuir las pérdidas y los costos de producción.
- Los bosques cumplen un importante rol en la captura de gases de efecto invernadero y la deforestación. La IA se está utilizando para asegurar una mayor captura de carbono y una mejor administración de los bosques.
- La IoT y la IA están ayudando a las industrias pesquera y acuícola a ser más sostenibles y eficientes, contribuyendo a la seguridad alimentaria mundial.
- El análisis de datos y la IA están contribuyendo en la minería a la extracción más eficiente y sostenible de recursos mineros.

En el sector secundario:

- La IA está creando nuevas oportunidades para que las empresas manufactureras mejoren su eficiencia y optimicen sus procesos productivos.
- El uso de IA en la construcción está ayudando a reducir errores de diseño, mejorar la seguridad y productividad en el sitio de construcción y mejorar la gestión de los proyectos, para que estos terminen en plazo y presupuesto.

⁵⁷ En USA se estiman entre 30 y 40%.

<https://www.usda.gov/foodlossandwaste/why#:~:text=In%20the%20United%20States%2C%20food,the%20retail%20and%20consumer%20levels>

- La IA está creando nuevas oportunidades para que las empresas generadoras y distribuidoras de energía mejoren la eficiencia y optimicen el rendimiento de las redes eléctricas.
- La industria de alimentos emplea la IA para hacer sus procesos más eficientes, reducir las mermas y asegurar la cadena de suministro.

En el sector terciario:

- Los gobiernos están utilizando cada vez más IA para resolver problemas de seguridad, tránsito, contaminación y gestión de desastres.
- Los sistemas de transporte utilizan cada vez más algoritmos de IA para evitar congestiones, disminuir la contaminación y la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI).
- En la Educación, existe un enorme potencial para mejorar el sistema educativo utilizando IA, mediante una educación personalizada, disminuyendo además las labores administrativas de los profesores.
- En el ámbito de la salud, la IA puede contribuir a entregar salud de calidad en forma oportuna a toda la población.
- En el comercio, existe una rápida penetración de la IA que está haciendo que el proceso de compra sea más rápido y eficiente.
- La incorporación de la IA en la industria de Servicios Financieros está impulsando el rendimiento y la competitividad de los bancos y las empresas financieras.
- En logística y transporte, la IA puede optimizar los procesos, al disminuir los tiempos y costos de transporte.
- En el sector inmobiliario, la IA está realizando importantes contribuciones para facilitar el acceso a viviendas.

Estos cambios generan nuevas oportunidades para la ingeniería y los ingenieros.

7.2 Oportunidades en laboratorios naturales

Chile, por sus condiciones geográficas, cuenta con una gran variedad de ecosistemas, microclimas y escenarios de distintas características, muchos de ellos únicos en el mundo, lo que entrega la oportunidad de disponer de datos, también únicos, para el desarrollo de tecnología de IA.

En el año 2013, el Programa Explora Conicyt definió un conjunto de “laboratorios naturales” en los que Chile que tiene condiciones y/o atributos únicos en el mundo⁵⁸ por lo que representa una fuente única de datos que podrían ser utilizados para resolver los siguientes problemas globales:

Cambio climático

Las condiciones geográficas del país lo hacen ideal para medir y analizar las variaciones del cambio climático en diferentes latitudes y predecir eventos meteorológicos futuros. Algunas iniciativas se encuentran en desarrollo como el Observatorio de Cambio Climático (OCC) inaugurado en enero de 2022, que consiste en una red integrada de sensores instalados en todo el país que reúne datos de

⁵⁸ <https://www.conicyt.cl/explora/explora-presenta-chile-laboratorio-natural/>

temperaturas, precipitaciones, niveles del mar, niveles de las masas de hielo, radiación solar, velocidad y dirección del viento, entre otros y los pone a disposición de la comunidad.

Existen diferentes aplicaciones potenciales de la IA⁵⁹ que pueden utilizar estos datos y mediante algoritmos de aprendizaje automático simular posibles desastres climatológicos para predecir el impacto que podría representar el cambio climático y preparar posibles respuestas.

Energías renovables

Chile dispone de importantes fuentes de energías renovables como: energía solar en el norte, energía mareomotriz a lo largo de su extensa costa, energía geotérmica en la cordillera, energía eólica en la costa y energía de biomasa, en el sur.

Las energías renovables dependen principalmente de la luz solar, el flujo de aire y el agua, recursos vinculados al clima, que no es posible controlar. La IA y el uso de uso del aprendizaje automático pueden analizar el clima actual y los datos meteorológicos históricos para proporcionar un pronóstico preciso y estimar la energía que es posible generar.

Sismos y volcanes

Una de las características de Chile son los terremotos. En el país se ha liberado más del 40% de la energía sísmica registrada en el planeta. Además, al estar ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, es uno de los países con mayor actividad volcánica de la Tierra⁶⁰.

Esta condición natural genera una importante oportunidad para desarrollar conocimiento en temas como: génesis de terremotos, procesos de ruptura sísmica, vulnerabilidades y amenazas para la población e ingeniería sismo resistente, entre otros.

Existen actualmente investigaciones en inteligencia artificial basadas en técnicas de procesamiento de lenguaje natural que pueden predecir futuras fallas y el momento de su ocurrencia, en terremotos de laboratorio.

Los satélites entregan información sobre los volcanes y a partir de ésta, utilizando algoritmos de IA, será posible, en un futuro cercano, predecir riesgos de erupciones volcánicas, siendo factible desarrollar un sistema global de alerta volcánica.

Megaciudades

En Chile, existen grandes ciudades que se han ido uniendo con otras en el tiempo, formando conurbaciones como es el caso del Gran Santiago, Gran Valparaíso y Gran Concepción. Estas requieren el uso masivo de redes de transporte, servicios, energía, agua y viviendas.

La utilización de la IA, junto con el procesamiento de datos, permite optimizar la infraestructura de transporte de las ciudades y los flujos de transporte urbano, predecir episodios de contaminación, modelar políticas de planificación urbana, estudiar problemas de migración y segregación urbana, entre otros.

⁵⁹ https://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf

⁶⁰ <https://www.conicyt.cl/explora/sismos-y-volcanes-en-%E2%80%99Clos-miercoles-en-la-academia%E2%80%99D/#:~:text=De%20hecho%2C%20en%20nuestro%20pa%C3%ADs,cul%20sabemos%20de%20estos%20fen%C3%B3menos%3F>

Astronomía

Los cielos del norte y centro norte de Chile ofrecen características óptimas para la observación astronómica debido al gran número de días despejados al año, las condiciones ambientales, atmósfera seca y ausencia de contaminación lumínica. Estas condiciones han propiciado la instalación de importantes observatorios, que capturan diariamente una gran cantidad de datos, que deben ser procesados utilizando IA y Big Data. Un ejemplo de esto es ALERCE, Startup que se describe en el siguiente capítulo.

Oceanografía

Chile cuenta con más de 6.000 kilómetros de costa, distribuidos entre el norte y sur, con flora y fauna que va cambiando según la latitud. Esto representa una gran oportunidad de desarrollo e investigación al aplicar la IA a los datos oceanográficos. En Anexos se presentan casos de uso de IA en pesca y ejemplos de algunas Startups.

8. Ejemplos de aplicaciones

En este capítulo se presentan algunos ejemplos de áreas y aplicaciones en las que la ingeniería y los ingenieros chilenos están desarrollando y/o podrían desarrollar aplicaciones en IA.

8.1 Inteligencia Artificial y Big Data en la Astronomía

La astronomía en nuestro país ha sido desarrollada principalmente en el Norte Grande y Norte Chico, en el desierto de Atacama que es reconocido hoy día como el mejor lugar de la Tierra para observar el firmamento, debido a sus condiciones climáticas y geográficas: baja humedad, altas cumbres, baja contaminación lumínica y radioeléctrica.

Chile posee más de una docena de instalaciones astronómicas entre observatorios ópticos y radio observatorios. Con las inversiones en curso, en los próximos años nuestro país concentrará el 70% de la capacidad astronómica del mundo, lo que ha llevado a que Chile sea considerado “la capital mundial de la astronomía”. Todo esto conlleva un necesario desarrollo e implementación de tecnologías de manejo y transmisión de un gran volumen de datos, que es abordado hoy en día con Big Data. Además, se están ejecutando importantes inversiones en conexiones de fibra óptica para tener la capacidad de transmitir al mundo toda la información que se recibirá con todos los observatorios a plena capacidad de funcionamiento.

Para el manejo y obtención de información astronómica en los observatorios, se están desarrollando tecnologías asociadas a Inteligencia Artificial. En Chile, el “Centro Astrofísica y Tecnologías Afines” (CATA), con cinco universidades nacionales asociadas, tiene como objetivo aprovechar al máximo los telescopios que se han construido y se seguirán instalando con el desafío de aportar a la industria a través de la inteligencia artificial y *big data*. Se trata de poder sacar el mayor provecho científico, aplicando estas tecnologías e impulsando la formación de recursos humanos altamente capacitados en estas materias. En CATA se desarrolla investigación en temas como cosmología, formación estelar, formación de planetas, evolución de galaxias y sistemas solares. El desarrollo y uso de algoritmos basados en inteligencia artificial son un aporte muy importante para optimizar la búsqueda y posterior análisis de la información generada en los observatorios.

Un ejemplo: ALerCE, agente astronómico virtual

El agente astronómico virtual o bróker chileno “ALerCE”, se dedica a clasificar objetos astronómicos variables en el tiempo que son reportados por grandes telescopios que mapean el cielo todas las noches. “ALerCE” (*Automatic Learning for Rapid Classification of Events*) fue creado en 2017 como una colaboración interinstitucional entre el “Instituto Milenio de Astrofísica” (MAS) y el “Centro de Modelamiento Matemático” (CMM). Luego se unieron la Universidad de Concepción, la Universidad Mayor y la fundación “Data Observatory” (DO). Su objetivo es manejar la información que combina grandes flujos de datos en un sistema multi telescopio global.

Recientemente se integra ATLAS, una red de cuatro telescopios, dos de los cuales están en Hawaii, uno en Sudáfrica y uno en Chile, con lo que se podrá detectar y alertar de forma temprana asteroides que presenten un riesgo de vida para las personas. Para lograrlo, observa el cielo nocturno cuatro veces por noche, detectando millones de eventos variables en el proceso, lo que significa gran cantidad de datos para analizar. ALerCE funciona como una infraestructura híbrida utilizando herramientas de procesamiento masivo de datos e inteligencia artificial.

“ALeRCE” opera todas las noches, analizando la información que captan los telescopios y entrega este servicio a la comunidad astronómica del mundo. Entre los millones de cambios que pueden ser observados en una noche, este sistema discrimina qué evento es relevante en la información captada, y mediante inteligencia artificial determina en qué sitio y momento ocurre un evento considerable para hacerle seguimiento. Utiliza modelos de infraestructura híbrida y aprendizaje automático para llevar productos y servicios procesados en tiempo real a la comunidad astronómica.

8.2 Industria de servicios

La llegada de herramientas como el *Machine Learning* y la analítica avanzada han tenido un impacto particularmente profundo en las diversas industrias ligadas a los servicios, desde el mundo financiero hasta el consumo de contenido digital.

Para entender este impacto vale la pena reflexionar cómo la llegada de tecnologías, como la línea de producción, la estandarización de insumos y el desarrollo de herramientas industriales, revolucionaron la capacidad y escala de la producción de bienes físicos en casi todas sus categorías, permitiendo su sistematización y automatización. Durante este periodo la industria de servicios mantuvo mayores niveles de manualidad debido a la incapacidad de los sistemas tradicionales de interactuar con la naturaleza no estandarizada de las actividades inherentemente humanas que son parte integral de las industrias de servicios, como el realizar una recomendación de algún producto a vender o contenido a consumir, definir el riesgo de un cliente o responder las preguntas de un usuario.

En este contexto, la inteligencia artificial abre la oportunidad de sistematizar muchas de estas actividades al aprender, en base al procesamiento de grandes volúmenes de datos, los patrones necesarios para su entendimiento y así generar aumentos en productividad y alcance similares a los vistos en la producción de bienes materiales, gracias a las previas revoluciones industriales.

Mejorando servicios a escala: Sistematización y automatización de procesos.

Una de las primeras áreas donde la inteligencia artificial ha impactado en la industria de servicios es en la automatización de procesos. Para la prestación de servicios suelen orquestarse múltiples tareas, abarcando la captura de información, conciliación de datos y reglas de decisión, donde si bien sistemas como el software de ERP⁶¹ y la digitalización de los procesos han permitido sistematizar parte de estos, usualmente existen etapas que requieren del juicio humano, limitando su escalabilidad y aumentando su costo.

Ante este problema, herramientas usualmente agrupadas bajo el concepto de *Cognitive Robotic Process Automation* (C-RPA) logran orquestar elementos de IA como el reconocimiento digital de caracteres (OCR), análisis de texto natural (NLP), búsqueda difusa y modelos predictivos para interactuar con sistemas tradicionales, permitiendo una automatización completa del flujo de trabajo.

⁶¹ Se utiliza este acrónimo para referirse a un conjunto de programas de software orientados a la planificación de recursos empresariales o ERP, por su denominación en inglés: Enterprise Resource Planning.

Por ejemplo, en el caso de una solicitud de crédito, un modelo puede emplear OCR (*Optical Character Recognition*) para leer los documentos de la solicitud y digitalizar sus datos, luego usar NLP para entender las condiciones de este y validarlas. Posteriormente, puede cotejar la información del solicitante empleando búsqueda difusa contra los registros y finalmente usar modelos predictivos para estimar el riesgo potencial de entregar el crédito o si este debe pasar a una revisión manual más exhaustiva, todo esto mientras los modelos interactúan directamente con los sistemas contables y de gestión de la empresa. De esta manera, una tarea que consumía el tiempo de múltiples personas ahora puede realizarse en línea y a bajo costo.

Adicionalmente, la capacidad de la inteligencia artificial de entender qué patrones son habituales en la data permite crear procesos de detección de anomalías, es decir, eventos (una compra, un movimiento bancario, etc.) cuyas características son inusuales o están asociadas con conductas ilícitas o fraudulentas. De esta manera, los procesos automatizados con las tecnologías ya mencionadas pueden ser supervisadas de manera inteligente, procesando a escala la gran mayoría de solicitudes sin intervención humana y detectando aquellas que requieran mayor verificación.

Un ejemplo claro de esta tendencia sucede en la prestación de servicios financieros, donde el otorgamiento de elementos como cuentas digitales y servicios de crédito han visto una reducción dramática en sus tiempos de procesamiento y una ampliación de su cobertura a una mayor parte de la población. Estos cambios se han apalancado en la digitalización de procesos, integración de información financiera (aunque todavía incipiente y a la espera de mejoras gracias a las iniciativas de *open-banking*) y uso intensivo de modelos de estimación de riesgo financiero basados en inteligencia artificial.

Conociendo al cliente: Microsegmentación, recomendación y predicción de acciones.

Un segundo campo de gran avance para el área de servicios y en general cualquier actividad orientada a personas (B2C⁶²) es el del entendimiento del cliente a un nivel granular y dinámico, pudiendo apalancar la totalidad de datos que entrega un cliente al interactuar con el servicio para generar una experiencia personalizada.

Los cambios generados por estas tecnologías son tan amplios que ya nos hemos acostumbrado a ellos y van, desde publicidad web específica a los gustos de cada persona, hasta recomendaciones de música/películas basadas en nuestro historial de búsqueda. En este sentido, los pioneros en el uso masivo han sido servicios 100% digitales, donde la totalidad de la experiencia del usuario puede ser capturada. Por ejemplo, servicios de *streaming* como Netflix o Spotify desde sus inicios han implementado algoritmos de recomendación para curar el contenido⁶³ y maximizar la interacción con la plataforma.

Actualmente, los modelos de recomendación han tomado el lugar del vendedor, sugiriendo los productos o contenidos de mayor atractivo para el cliente y, en vista del imparable aumento en la variedad de productos y contenidos que consumir, se han transformado en una necesidad y un factor diferenciador entre las empresas. En la práctica, toda empresa, al momento de publicitar u

⁶² B2C o "*Bussiness to consumer*" es un modelo de negocio en el que las empresas ofrecen productos y servicios al público general o consumidor final.

⁶³ Curar contenido o "*Content curation*" es una técnica que consiste en realizar una búsqueda, recopilación, filtración y selección de la información más relevante que encontramos en Internet para difundirla posteriormente a nuestra audiencia.

ofrecer un producto o servicio, se enfrenta a la disyuntiva de definir a qué subgrupo de potenciales usuarios contactar. Históricamente, estas acciones eran lideradas por los equipos de marketing que, a través de encuestas, Focus Groups y un análisis limitado de los patrones demográficos y de comportamiento de los clientes, identificaban segmentos homogéneos de usuarios para así definir a quien dirigir diferentes acciones.

En este contexto, la microsegmentación se entiende como la expansión de esta noción de buscar grupos homogéneos de usuarios, incluyendo variables no solo demográficas y generales, sino también, considerando el comportamiento mismo del cliente al interactuar con el servicio. Por ejemplo, los sitios de e-commerce pueden identificar subgrupos de usuarios que poseen gustos similares y generar acciones y ofertas enfocadas de mayor eficacia. Finalmente, la predicción de acciones relevantes como la intención de realizar una nueva compra (*upsell*) o de dejar el servicio (*churn*) posee gran valor para priorizar los esfuerzos de venta y retención.

Interactuando con los clientes: *Chatbots* y asistentes virtuales.

La última área de impacto se refiere a cómo las empresas, en particular de servicios, emplean herramientas potenciadas con IA para interactuar con sus clientes en búsqueda de dar una mayor escala y cobertura. Los *chatbots* o Asistentes Virtuales buscan reemplazar el rol del asistente o *call center* a través de herramientas que simulan una conversación, combinando el Análisis de Lenguaje Natural (*Natural Language Processing* o *NLP*) con el conocimiento específico del servicio entregado, el cual se puede codificar mediante la generación de preguntas estandarizadas o la generación de grafos de conocimiento que buscan relacionar las diversas entidades y sus atributos.

Es importante destacar que estas herramientas, al basarse en análisis del lenguaje natural, dependen del contexto cultural y lingüístico de donde se desplieguen. En el contexto chileno, esto genera el desafío de incorporar las particularidades propias del uso del lenguaje en el territorio, incluyendo sus modismos y formas gramaticales típicas, lo que hace que la implementación de estas tecnologías requiera de procesos de adaptación y re-entrenamiento para lograr el entendimiento necesario para su correcto funcionamiento.

Desafíos

La implementación de estas herramientas en el contexto de la industria de servicios chilena posee múltiples desafíos:

Modificación de modelos de negocios

En la mayoría de los casos, las empresas exitosas en el uso de estas herramientas han modificado sus modelos de negocio y operación para dar cabida a servicios predominantemente digitales.

Ejemplos de este proceso han sido la disminución de espacios de atención física al cliente a cambio de ofrecer las mismas funcionalidades a través de plataformas digitales (aplicaciones y sitios web), como es el caso de la reducción de sucursales de los bancos u otros servicios financieros, donde inclusive en los sitios físicos el servicio puede ser ofrecido mediante la auto atención del usuario en la plataforma digital.

Esta forma de atención puede verse como una barrera de acceso a aquellos grupos de la población con menor adecuación o acceso digital (tercera edad, ciertos tipos de discapacidad, grupos vulnerables, etc.), sobre todo en servicios básicos para el funcionamiento en sociedad, como los servicios financieros u otros. Esto hace necesario considerar criterios de inclusión digital mínimos que deben ser incorporados en el diseño de estos sistemas.

Eliminación de sesgos

Las herramientas de inteligencia artificial, al ser entrenadas con información usualmente histórica, suelen preservar los sesgos presentes en esta, las cuales, de no ser corregidas, pueden perpetuar prácticas discriminatorias contra grupos de la sociedad.

Existen múltiples casos documentados de discriminación algorítmica contra grupos vulnerables en áreas como el acceso a servicios financieros, donde la complejidad y relativa opacidad de los modelos empleados hace difícil detectar los sesgos presentes en su comportamiento.

En este contexto, iniciativas como la FAIR LAC del Banco Interamericano de Desarrollo, donde se busca proporcionar criterios objetivos para la justicia algorítmica, son de particular ayuda para guiar a las organizaciones a implementar la supervisión necesaria para garantizar los principios básicos de imparcialidad y no discriminación necesarios en cada modelo, proceso y servicio.

Entrada de actores globales a mercados locales

En el espacio de los servicios digitales, debido a las bajas barreras de entrada que existen para operar en el país, la amenaza de la entrada de actores globales al mercado local es alta.

Esto es visible en áreas como el e-commerce, delivery, transporte o viajes, donde empresas internacionales como Mercado Libre, Uber, Didi, Booking.com o Airbnb han desplazado parcial o totalmente a los actores locales.

Este fenómeno genera una presión adicional en los actores locales en acelerar la adopción de estas tecnologías para poder competir a la par. Por otro parte, esto puede ser visto también como una oportunidad, donde las empresas locales con modelos exitosos de servicios digitales rápidamente pueden escalar sus operaciones en toda la región con relativamente bajas barreras para su expansión.

8.3 Smart City

Ciudad inteligente (*Smart City*) es una ciudad en que la tecnología proporciona servicios tradicionales y resuelve cuestiones urbanas, como por ejemplo facilitando la movilidad, mejorando los servicios de la ciudad, convirtiéndola en un espacio más sostenible y dando voz a los ciudadanos. Es la visión holística de una ciudad que aplica las TIC para la mejora de la calidad de vida y la accesibilidad de sus habitantes y asegura un desarrollo sostenible en lo económico, social y ambiental, en mejora permanente.

La inteligencia artificial y el *big data* están ayudando a transformar las urbes en ciudades inteligentes. La modernización de los espacios gracias a la innovación tecnológica es una realidad.

Se están usando tecnologías de alto impacto para crear áreas más eficientes y seguras en materia de seguridad electrónica, movilidad, energía, entre otras.

Las ciudades inteligentes usan inteligencia artificial para recolectar información de sus habitantes y así administrar eficientemente los recursos. Con estas bases de datos prevén sucesos o comportamientos que posteriormente pueden favorecer o evitar, según el caso. Además, son territorios que utilizan el internet de las cosas para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

En la siguiente tabla se presenta el ranking de las 10 ciudades inteligentes seleccionadas en el año 2020 por IESE⁶⁴.

Tabla 6.3.1 Ranking Ciudades Inteligentes año 2020

1. Londres	6. Copenhague
2. Nueva York	7. Berlín
3. París	8. Ámsterdam
4. Tokio	9. Singapur
5. Reikiavik	10. Hong Kong

Fuente: IESE Cities in Motion Index DOI. <https://dx.doi.org/10.15581/018.ST-542.2020>

Se pueden analizar los siguientes temas que se desarrollan en las ciudades inteligentes:

Desarrollo de la infraestructura

Debe adaptarse a los cambios del medioambiente, ser un aporte a la producción energética y estar orientada a las nuevas tecnologías. Se debe considerar la planeación de la ciudad en relación con el progreso y evolución urbana. Se busca sobre todo que sea de fácil acceso y simplifique la vida de los ciudadanos.

Mejoramiento del tránsito y la movilidad

Debemos tener ciudades preparadas para solucionar sus problemas de movilidad. Podemos obtener información del tráfico en tiempo real y así predecir embotellamientos y descongestionar las zonas pre-establecidas, por ejemplo, semáforos inteligentes programados con *machine learning*, son capaces de leer las condiciones del tráfico para mejorar la movilidad. Otro ejemplo es la red de transporte público, donde se puede permitir conectar zonas fácilmente y en poco tiempo, mejorando notablemente el servicio a los usuarios. Se podría también en algunas zonas restringir el tráfico de autos y darles prioridad a los peatones, o viceversa.

⁶⁴ Santiago está en el lugar 86 del ranking, y es la segunda a nivel latinoamericano después de Buenos Aires

Soluciones para optimizar el suministro de los servicios públicos

Se debe considerar el medioambiente como eje de acción fundamental, de manera de reducir el impacto ecológico. En este tema se incluye procesar la información de uso y gasto de servicios públicos tales como agua y energía, para mejorar su eficiencia. Además, se deben emplear métodos efectivos para eliminar los residuos y reutilizarlos. Se deben crear mejores hábitos de consumo, mejorar la gestión de los recursos e incentivar el uso de energías renovables.

Territorios seguros y protegidos

Las ciudades inteligentes deben asegurar la protección y tranquilidad de sus habitantes ocupando estas nuevas tecnologías. En este tema están el uso de las cámaras de seguridad, iluminación suficiente, sistemas de aviso de pánico, biometría e identificación facial. Se trata de tener el control sobre las situaciones de inseguridad y prevenir delitos. Las instituciones a cargo de la seguridad en el territorio deben contar con información permanente, y disponer de las herramientas necesarias para tomar decisiones efectivas y en tiempo real.

Enfoque ecológico

Se debe siempre tener presente la sostenibilidad y el respeto al medioambiente. Se plantea tener más espacios verdes, menor contaminación, la reducción de la huella de carbono, la eficiencia en uso de agua y la conservación de la naturaleza.

Casos: Sé Santiago⁶⁵

En Santiago se creó una institución llamada “Sé Santiago”, que trabaja para apoyar esta ciudad en su desarrollo como ciudad inteligente. Es una iniciativa público-privada impulsada por la Dirección Regional Metropolitana de Corfo y la Fundación País Digital. Busca activar y articular soluciones en torno a: Movilidad, Medioambiente y Seguridad.

Dentro de Sé Santiago existe una serie de iniciativas que buscan transformar la ciudad y el territorio en un lugar hecho para las personas. Por ejemplo:

- Proyecto Smart Data Ciudad: Desarrollar un sistema integral que reúna grandes volúmenes de información de diversas fuentes, de carácter público y privada en servicio de los distintos *stakeholders* del territorio.
- Movilidad para la Ciudad: Análisis de movilidad según datos obtenidos con herramientas tecnológicas para apoyar la toma de decisiones de cambios en la vialidad de Santiago.

El objetivo que se ha propuesto Sé Santiago es ser la ciudad más inteligente de Latinoamérica.

8.4 IA y Big Data, como desafíos para el sector energía

Hasta casi 300 años atrás, la invención de la máquina de vapor dio paso a la utilización de una nueva forma de energía, superando al fuego producto de la quema de leña y carbón que eran por lejos la fuente de energía mayormente utilizada a nivel global, en la historia de la humanidad.

65 <http://www.sesantiago.cl/>

Posteriormente, con el uso de hidrocarburos y generación de electricidad se incrementa en el planeta el consumo energético y las emisiones de CO2. En estas últimas décadas el mundo está transitando a otros modelos de generación de energía, más limpios, renovables y más amigables con el medio ambiente. A ello se suma un aumento sostenido de la demanda de energía por las personas, los sectores productivos y de servicios.

La transición energética, producto de un compromiso de la sociedad, para contar con fuentes de energía sostenibles y sustentables, cambiando a una descarbonización, descentralización y digitalización ha generado modificaciones al sistema energético y en especial al sistema eléctrico.

A los cambios del sistema energético, se ha sumado el desarrollo de las TIC, donde la sensorización y monitorización de los procesos de generación y uso de energía, nos han permitido contar con una data detallada de ellos. En este contexto, el *Big Data* y la Inteligencia Artificial irrumpen como herramientas que contribuyen a lograr más y mejor sostenibilidad y eficiencia en los procesos energéticos.

La conjunción del uso de las TIC con los procesos energéticos hoy está permitiendo desacoplar el concepto de “a mayor crecimiento económico, mayor generación de energía”, situación que temporalmente produce impactos por el desacople de la demanda y la adecuación de la oferta, En este sentido, el uso de los datos mediante procesos de Inteligencia Artificial permite realizar predicciones de generación y asignación de recursos, generando un impacto directo en el precio y compromiso medioambiental.

Lo anterior se logra integrando la información de: generación, uso de redes, canales de distribución y consumo, de todos los actores del sistema para una toma de decisiones eficiente y en tiempo real, reflejado en:

- Pronóstico de generación de energía, en especial de energías variables como son solar y eólica, para programar el despacho y operación económica del sistema eléctrico.
- Pronóstico de demanda eléctrica y de patrones de consumo de los clientes finales de mayor y menor tamaño.
- Optimización de gestión de activos eléctricos y mantenimiento, para mejora la confiabilidad y evitar fallas.
- Automatización de la toma de decisiones operacionales.

Ejemplos de aplicaciones del uso de big data e IA

Algunos ejemplos que se pueden destacar como aplicaciones que dan cuenta del uso de Big Data, Inteligencia Artificial y/o toma de decisiones automatizadas en el sector energético, que actualmente se están utilizando, son:

Mantenimiento predictivo

La IA permite el desarrollo de elementos predictivos inteligentes para predecir fallas y mejorar la seguridad, eficiencia y resiliencia del sistema eléctrico:

- Mantiene la operación de los activos eléctricos, en especial los críticos, de manera eficiente basada en parámetros analíticos con la capacidad de detectar problemas en tiempo real, evaluar los riesgos y definir las soluciones.
- Recopila la información desde múltiples sensores instalados en los diferentes equipos eléctricos para anticipar las posibles fallas y aumentar la vida útil de los diversos equipos de generación, transmisión y distribución eléctrica.
- Permite disminuir el desplazamiento de los recursos humanos de mantenimiento, definir el momento óptimo de reemplazo de equipos y optimizar los stocks de repuestos.

Planificación e igualación de oferta y demanda

Al disponer de información en tiempo real de los elementos de las redes de transmisión y de distribución, de las máquinas de generación eléctrica y los puntos de demanda, además de la operación y control de las redes, permite una mejor predicción de la demanda eléctrica y optimiza la respuesta de la generación y, eventualmente de la demanda, para la operación de un sistema eléctrico de menor costo y mayor seguridad y calidad de servicio.

Relación inteligente con el consumidor

La IA permite una nueva relación entre los clientes y las empresas eléctricas en forma independiente de los diferentes esquemas tarifarios, incorporando una masividad de nuevos servicios disponibles para el consumidor con operación instantánea.

Tanto los grandes clientes industriales, mineros o comerciales como los pequeños clientes residenciales, podrán manejar su demanda para obtener una facturación óptima y también obtener a través del proceso de la información en línea una optimización de sus procesos productivos.

Por otra parte, las empresas eléctricas, con el resultado del procesamiento de la información en tiempo real del cliente, pueden ofrecer mejores esquemas tarifarios, que mediante Inteligencia Artificial el cliente podrá acceder en forma automática a mejores condiciones de facturación en tiempo real.

Optimización de redes eléctricas

La transición energética conduce a redes eléctricas descentralizadas y digitalizadas, con una gran cantidad de datos en tiempo real que deben ser procesados en forma eficiente y rápida para la operación óptima de la red, lo cual es posible con la utilización de Inteligencia Artificial.

Redes inteligentes

Las redes inteligentes o smart grid transmiten en forma conjunta electricidad y datos del sistema, lo que permite en especial en los sistemas con predominio de generación solar y eólica responder a los requerimientos de la demanda con una adecuada respuesta de la oferta, a través del procesamiento de datos de las distintas y numerosas máquinas de generación y de la comunicación entre las diversas redes inteligentes.

Movilidad eléctrica

Uno de los elementos importantes para el carbono neutralidad es la electromovilidad que, mediante la Inteligencia Artificial y su análisis de información en tiempo real, permitirá en cada momento definir si los automóviles eléctricos en reposo son consumidores o generadores y entregarán las señales de precio para que sus propietarios tomen sus decisiones, con una disminución de la potencia de punta instantánea y por lo tanto un sistema eléctrico más barato y óptimo. Además, permite, gracias a su información y monitoreo permanente, obtener las mejores condiciones económicas y técnicas para la recarga de sus baterías.

Generación eléctrica eficiente

Permite, mediante los sistemas de analítica de datos basados en inteligencia artificial, **realizar predicciones de cantidad y oportunidad, en la generación de electricidad que van a producir** las plantas de generación de **energías renovables** como la eólica, la termosolar o fotovoltaica; permitiendo prever situaciones de carácter meteorológicas en tiempo real junto con otra serie de datos históricos o imágenes procedentes de cámaras y satélites; medioambientales; de radiación, velocidad de viento, entre otras.

Situación de Chile hoy

Al revisar la situación de Chile, es posible observar un incipiente, pero no por ello despreciable, uso de la Inteligencia Artificial en el desarrollo de proyectos energéticos. Sólo a modo de ejemplo es posible nombrar a:

- Suncast, realiza pronósticos de generación de energía solar y eólica, para empresas de Chile y otros países.
- SAESA, efectúa procesos de redes eficientes, mediante digitalización de subestaciones eléctricas.
- SERC Chile, opera el proyecto: “Análisis en línea de la seguridad dinámica del Sistema Eléctrico Nacional utilizando técnicas de inteligencia artificial: oportunidades y desafíos”.

9. Conclusiones

El mundo está inmerso en una nueva revolución tecnológica que tiene el potencial de transformar completamente la sociedad, en todos los sectores de la economía.

En este documento se han abordado diferentes aspectos relacionados con Inteligencia Artificial (IA), profundizando en aquellos que pueden contribuir a la consecución de los objetivos de Desarrollo Sostenible, a la Agenda 2030 y a la posibilidad que se le presenta al país para alcanzar sus grandes desafíos: *“incrementar la prosperidad económica, mejorar la educación y la calidad de vida de las personas y disminuir las desigualdades sociales”*.

En este capítulo se presentan las principales conclusiones que se pueden desprender del informe.

9.1 Principales percepciones, tendencias, preocupaciones, e impactos esperados

Existe un alto número de ingenieros que tienen una percepción positiva sobre la IA y creen que tendrá un impacto significativo en sus vidas en un futuro cercano. Existe sin embargo confusión sobre el alcance y el potencial de la IA, incluso entre los ingenieros que trabajan con ella.

Las principales tendencias en la sociedad son la digitalización y las nuevas tecnologías, que están cambiando completamente la forma en la que vivimos. Estas se pueden resumir en: sistemas cada vez más capaces de realizar tareas que antes solo podrían ser realizadas por humanos, sistemas cada vez más integrados en objetos y artefactos de uso cotidiano, haciendo cada vez más difícil distinguir entre el comportamiento de un humano y el de una máquina e información personal cada vez menos privada. Se espera que la IA tenga una gran influencia en una amplia variedad de sectores de la economía y de la sociedad.

Las principales preocupaciones que genera la penetración y desarrollo de la IA son la destrucción de empleos, en los distintos sectores de actividad económica y el uso no autorizado de los datos personales. En relación a los trabajos que serán reemplazados, los que corren mayor riesgo son aquellos que requieren habilidades medias y realizan tareas rutinarias, como es el caso de vendedores, administrativos y empleados, en las que se requiere recopilar y analizar grandes volúmenes de información, mientras que los que corren menor riesgo son los que requieren alta capacitación y educación, como los relacionados con programación, robótica o ingeniería y habilidades más difíciles de replicar por las máquinas como compasión, empatía, innovación y creatividad o artes escénicas. Finalmente, los trabajos que no serán reemplazados serán los de más baja calificación, que requieren interacción cara a cara y trabajo físico.

Si bien la IA afectará los empleos prácticamente en todas las industrias, esto no se distribuirá de manera uniforme. En algunas industrias como salud, atención social, servicios profesionales, científicos y técnicos, se crearán nuevos empleos y en otras como manufactura, transporte y almacenamiento, gobierno, defensa, servicios financieros, construcción y comercio minorista, se destruirán empleos.

9.2 Consideraciones éticas

La Inteligencia Artificial es una herramienta que abre posibilidades enormes para mejorar el bienestar de las personas, pero no es un fin en sí misma. Somos las personas, a través de nuestras instituciones y arreglos sociales, quienes debemos definir cuáles son los límites éticos que deseamos para esta tecnología, de modo que se maximicen sus beneficios y se restrinjan sus perjuicios potenciales.

Actualmente, la captura y procesamiento, a velocidades que no podemos siquiera imaginar, de datos personales constituye la mayor amenaza para la privacidad y seguridad de las personas si las sociedades no somos capaces de regular su colecta y uso.

La conjunción de captura de información, capacidad de procesamiento y manipulación de deseos, con herramientas tomadas de la psicología y la sociología, así como posibilitan mejoras inimaginables hace pocos lustros, generan un potencial de control y manipulación social sin precedentes⁶⁶, ya en desarrollo, con un importante impacto en el consumo de las personas y en las elecciones democráticas en algunos países.

Asumiendo que la IA ha llegado para quedarse, el imperativo ético se plantea en el consenso social que nos permita aprovechar sus mejores potenciales y eliminar o minimizar sus peligros.

9.3 Potencial de Chile para el desarrollo y uso de la IA

Existe una creciente adopción de tecnologías de inteligencia artificial en el ámbito empresarial en la región, con Chile liderando el camino en comparación con otros países de la región. Las empresas tecnológicas extranjeras ven a Chile como un mercado atractivo para implementar sus desarrollos tecnológicos y prestar servicios al resto del mercado latinoamericano.

El Estado de Chile ha desarrollado o se encuentra desarrollando diferentes leyes, políticas e iniciativas para establecer una estrategia de IA en el país. En particular, se han elaborado políticas y leyes en materia de ciberseguridad, protección de datos, transformación digital del Estado y una política nacional de inteligencia artificial, que buscan impulsar la adopción de tecnologías de IA en el país y establecer un marco regulatorio adecuado para su uso. Estos avances podrían impulsar el desarrollo de un ecosistema de investigación, desarrollo e innovación en IA en el país y en la región.

Talento y capacidades instaladas

En el país existe talento que puede ser aprovechado, Centros de Investigación y Desarrollo (I+D) especializados, buenas redes de comunicación y cobertura e importantes empresas tecnológicas globales, que han instalado en Chile sus centros regionales.

Formación de capital humano

Si bien existen talento, existe también un importante déficit en la formación de capital humano en el área de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC). Además, no se aprecia una estrategia nacional de formación de capital humano en IA que permita tener la seguridad de que las

⁶⁶ Al respecto, la Unión Europea indica: “El uso de la IA, con sus características especiales (e.g., opacidad, complejidad, dependencia en los datos, conducta autónoma), puede afectar adversamente a un número de derechos fundamentales consagrados en la Carta de la Unión Europea de Derechos Fundamentales.” Unión Europea, Comisión Europea; Laying down harmonized rules on Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act); proposal; 2021; página 11.

personas podrían beneficiarse del desarrollo y uso de las nuevas tecnologías.

En particular:

- No se visualizan iniciativas para incorporar en el plan curricular de educación primaria y secundaria la enseñanza-aprendizaje de IA que permita preparar a los estudiantes para las profesiones del futuro.
- En la Educación Universitaria, técnica o profesional, solo se aprecian en las mallas curriculares de algunas carreras de ingeniería y ciencias, cursos obligatorios o electivos de IA, pero no se aprecia su presencia en otras carreras ni en programas de formación general.
- En la educación de postgrado, la formación en IA ha estado centrada principalmente en programas de magister y doctorados de carácter académico, en diferentes especialidades de Informática, Electrónica y Estadística, en un número aún insuficiente para enfrentar los desafíos futuros del país.
- En la formación profesional y educación continua, existe una oferta de programas de formación profesional a nivel de Diplomados, en departamentos de Ingeniería Industrial y Computación, en las principales escuelas y facultades de ingeniería, además de certificaciones en línea otorgadas por diferentes plataformas de formación profesional.
- En la capacitación laboral, no se aprecian iniciativas que busquen desarrollar habilidades digitales en IA.

Infraestructura de comunicaciones I+D y datos

Chile está avanzando en el desarrollo de una infraestructura de comunicaciones adecuada, con alta cobertura de internet y una cantidad significativa de data centers y centros de procesamiento de datos.

Hasta el año 2020, no existía en el país un centro especializado en IA que contara con la infraestructura necesaria para convertir iniciativas de universidades y empresas en emprendimientos de alto valor agregado. En el año 2021 se adjudicó el Centro Nacional de Investigación en Inteligencia Artificial (CENIA), que busca transformar a Chile en el pilar del desarrollo de la IA en Latinoamérica, contribuyendo al progreso tecnológico para mejorar la calidad de vida de la sociedad y los individuos.

Existen, además diferentes iniciativas distribuidas en las universidades del país que realizan investigación y se encuentran localizadas principalmente en las Facultades de Ingeniería, Centros de Investigación e Institutos y Núcleos Milenio.

En relación con los datos, se requieren repositorios de datos abiertos, seguros y de calidad para el desarrollo y uso de la IA. Existen algunas iniciativas incipientes como: OpenCENIA que busca crear recursos abiertos y gratuitos para la comunidad interesada en la IA y Data Observatory, que busca coordinar a distintos actores público-privados para generar un polo de desarrollo de la ciencia de datos, partiendo por la astronomía, pero abierta a otros datasets de impacto global.

Innovación y emprendimiento

La innovación en inteligencia artificial se ha centrado principalmente en la investigación académica llevada a cabo en universidades y centros de investigación. La aplicación de esta tecnología en la industria aún es limitada. En los últimos años, sin embargo, se ha observado un aumento en el número de emprendimientos que aplican IA en diversos sectores económicos, aunque muchas de

estas empresas dependen de herramientas comerciales desarrolladas por terceros en el extranjero y no han desarrollado capacidades y tecnologías propias. A pesar de esto, existen algunos casos de éxito notables que demuestran que en Chile hay talento y capacidades para innovar en IA.

Empresas extranjeras que están desarrollando IA en Chile

Algunas importantes empresas tecnológicas globales se han instalado en el país y están realizando inversiones en infraestructura y desarrollando aplicaciones en IA, para diferentes sectores y empresas, orientadas al mercado latinoamericano. Estas empresas están aprovechando la infraestructura tecnológica de Chile y el talento local para desarrollar soluciones en IA. Además, algunas de estas empresas están trabajando en la aplicación de IA en sectores específicos, como la minería y la seguridad, lo que podría impulsar el desarrollo de tecnologías avanzadas en estos sectores en Chile.

9.4 Oportunidades para la ingeniería y los ingenieros

Chile tiene las condiciones necesarias para liderar el desarrollo y uso de la Inteligencia Artificial (IA) en la región, lo que ofrece nuevas oportunidades para la ingeniería y los ingenieros. Se visualizan dos caminos para el desarrollo de la IA: el primero se enfoca en el despliegue de la tecnología en aquellas áreas que han contribuido al desarrollo del país en los últimos 30 años, mientras que el segundo consiste en realizar desarrollos en aquellas áreas o nichos en los que Chile tiene ventajas comparativas, como es el caso de los llamados "laboratorios naturales".

El modelo de desarrollo económico que ha seguido el país en los últimos 30 años, principalmente orientado a la exportación de recursos naturales o alimentos puede ser profundizado, incorporando aplicaciones de IA para mejorar los procesos en los diferentes sectores primario, secundario y terciario, como el uso de IA en agricultura, pesca, minería, manufactura, construcción, generación y distribución de energía, transporte, educación, salud, comercio y servicios financieros.

Chile cuenta además con una gran variedad de ecosistemas, microclimas y escenarios de distintas características, muchos de ellos únicos en el mundo, lo que entrega la oportunidad de disponer de datos únicos para el desarrollo de tecnología de IA. Esto representa una fuente única de datos que podrían ser utilizados para aportar a la resolución de problemas globales como el cambio climático.

10. Recomendaciones

Como se indicó en el documento, Chile es un país que tiene grandes desafíos como: *“incrementar la prosperidad económica, mejorar la educación y la calidad de vida de las personas y disminuir las desigualdades sociales”*, entre otros y la irrupción de la IA es una gran oportunidad que se le presenta al país para alcanzar estos desafíos. Para que esto pueda ocurrir, es necesario que los distintos actores involucrados efectúen diferentes acciones, algunas de las cuales se presentan en éste capítulo.

10.1 Recomendaciones para el Estado

Disminuir las brechas en el cumplimiento de los ODS.

La tecnología de IA puede contribuir al desarrollo del país mediante soluciones tecnológicas que permitan disminuir las brechas entre la situación actual y las metas e indicadores de los ODS comprometidos por el gobierno. Con la IA se puede monitorear y hacer seguimiento a estos indicadores para predecir tendencias, identificar patrones y desarrollar soluciones personalizadas.

Prepararse para los cambios que vienen

Como se indicó en el documento, existen importantes diferencias entre la revolución tecnológica actual y las anteriores, lo que nos lleva a pensar que la actual afectará a la sociedad de una manera muy diferente a las anteriores. Es necesario por lo tanto que el país esté preparado para los cambios que vendrán. Esto puede lograrse: promoviendo la educación y la formación en IA, estableciendo un marco legal adecuado, incentivando la cooperación público-privada, fomentando la adopción de tecnologías de IA y promoviendo la ética y la responsabilidad en su uso, entre otras acciones.

Actualización y modernización de marco legal

Como se indicó en el documento, el Estado de Chile ha desarrollado y/o se encuentra desarrollando diferentes leyes, políticas e iniciativas que permitan aprovechar las oportunidades que representa la IA para el desarrollo del país. Algunas de estas iniciativas deben ser revisadas y otras actualizadas, para que cumplan con los estándares internacionales. Algunas acciones a realizar son:

- Actualización de la ley N° 19.628 sobre la protección de datos (1999), para que se ajuste a las normas internacionales.
- Acelerar el proyecto de Ley Marco sobre Ciberseguridad e Infraestructura Crítica de la Información, actualmente en estudio.
- Desarrollo, a partir de la Política Nacional de Inteligencia Artificial de una Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial junto con el desarrollo de una hoja de ruta que permita aprovechar las oportunidades que genera la IA.

Crear un ecosistema de emprendimiento e innovación centrado en IA

En el país existen diferentes componentes que permitirían formar un ecosistema de emprendimiento e innovación: capital humano, centros de I+D, redes de comunicación que unen el país y que se conectan con redes globales, empresas tecnológicas internacionales que se han instalado en Chile y nuevas empresas (Startups) que han desarrollado algunas soluciones en industrias relevantes para el país.

Es necesario crear, con los actores indicados anteriormente y otros que se deben incorporar, un

ecosistema de emprendimiento e innovación que: genere un ambiente favorable para la creación de nuevas empresas en IA, establezca programas de financiamiento y que promueva la colaboración público-privada y la educación y formación en IA.

Facilitar la creación de repositorios de datos abiertos

El desarrollo y uso de la IA requiere de repositorios de datos abiertos. Para ello, el gobierno debe identificar y recopilar conjuntos de datos públicos, establecer políticas para su uso y desarrollar plataformas para poder acceder a ellos, para que terceros los puedan utilizar para el desarrollo de aplicaciones en IA.

Promover la inversión en investigación y desarrollo con enfoque en IA

Es conocido que la inversión en I+D en Chile ha estado históricamente muy por debajo del promedio de la OCDE⁶⁷. Es importante que el gobierno fomente el desarrollo de un ambiente favorable para la inversión en I+D en IA, entregando incentivos financieros, promoviendo la colaboración entre empresas y universidades, y estableciendo alianzas con instituciones internacionales que ayuden a posicionar al país como líder en el desarrollo de tecnologías de IA en Latinoamérica.

10.2 Recomendaciones para las instituciones de educación

En el documento se indicó que, el país, existen buenos investigadores, en cantidades aún insuficiente para los requerimientos actuales y futuros de la IA, además de una oferta cada vez mayor de programas de diplomado, magister y diplomados de carácter profesional, orientados a resolver los problemas de la industria e interés por parte de las empresas por incorporarse al mundo digital, desarrollando en sus trabajadores habilidades digitales.

Es preciso realizar los esfuerzos necesarios para formar adecuadamente los recursos humanos en IA, en los diferentes niveles de formación. Algunas de las recomendaciones que se pueden hacer a las diferentes instituciones de educación son las siguientes:

Educación primaria y secundaria

Es necesario modificar los planes de estudio para que las mallas curriculares reflejen la demanda de las nuevas habilidades que serán requeridas por los alumnos. Algunas posibles acciones son:

- Incluir en el plan de estudios la enseñanza de habilidades relacionadas con IA,
- Introducir en el aula proyectos y actividades que involucren la IA
- Fomentar el desarrollo de la creatividad y el pensamiento crítico.

Educación técnica profesional

Es preciso incorporar la IA como una disciplina transversal en la formación técnica y profesional para preparar a los futuros profesionales para las nuevas demandas laborales. Algunas posibles acciones son:

- Incluir en las mallas curriculares, programas de formación técnica en IA.
- Fomentar la colaboración con empresas y organizaciones para que los estudiantes puedan trabajar en proyectos de IA.
- Entregar a los alumnos una formación práctica en herramientas y tecnologías de IA.

⁶⁷ La inversión en I+D en Chile en 2020, fue de 0,34% del PIB en comparación al promedio de la OCDE que fue de 2,68 %.

Educación universitaria

Es necesario incorporar en las mallas curriculares programas especializados en IA, en las diferentes facultades de ingeniería, en las distintas especialidades. Algunas posibles acciones son:

- Ofrecer programas de pregrado y posgrado en IA.
- Fomentar la investigación aplicada en IA.
- Suscribir acuerdos de colaboración con empresas y organizaciones para que los estudiantes puedan prácticas y desarrollar proyectos.

Formación profesional y educación continua

Es preciso promover la formación en los ingenieros de habilidades, conocimientos y aptitudes que les permitan desarrollar y utilizar la IA. Algunas posibles acciones son:

- Ofrecer cursos y programas de formación profesional en áreas relacionadas con IA.
- Entregar formación práctica en el uso de herramientas y tecnologías de IA.
- Fomentar la colaboración con empresas y organizaciones para que los alumnos puedan resolver problemas reales utilizando IA.

10.3 Recomendaciones para empresas

Entre las empresas se pueden distinguir aquellas que desarrollan tecnología propia, las que son usuarias de la tecnología y nuevas empresas de base científica tecnológica. Algunas recomendaciones que se puede hacer a estas son:

Empresas desarrolladoras de tecnología:

Estas empresas pueden aprovechar mejor las oportunidades que se les presentan con la IA invirtiendo en I+D para desarrollar soluciones basadas en IA, fomentando la colaboración con empresas usuarias de esta tecnología con el objeto de desarrollar soluciones a la medida de sus necesidades.

Empresas usuarias de tecnología:

Estas empresas pueden aprovechar mejor las oportunidades que les presenta con la IA identificando aquellas áreas en las que esta tecnología puede mejorar sus procesos empresariales, invirtiendo en la infraestructura requerida para implementar estas soluciones y estableciendo acuerdos de colaboración con empresas desarrolladoras.

Nuevas empresas de base científica tecnológica:

Estas empresas pueden aprovechar mejor las oportunidades que trae la IA identificando oportunidades de negocio en las que la IA puede ser utilizada para resolver problemas, invirtiendo en la formación y/o desarrollo de habilidades y fomentando la colaboración con empresas y organizaciones para desarrollar soluciones a la medida de sus necesidades.

Observaciones finales

La Inteligencia Artificial (IA), como se indicó en el documento, es una poderosa herramienta, capaz de impulsar, en un gran número de sectores a la vez, la transformación de la sociedad, a través de una amplia gama de aplicaciones.

Como muestra del potencial que podría tener esta herramienta en el ámbito específico de la principal actividad que realiza el Instituto de Ingenieros de Chile: entregar su opinión y/o presentar propuestas, a través de sus informes, sobre el diseño e implementación del desarrollo económico y tecnológico del país, se ha utilizado IA a modo de experimento, IA como apoyo para el desarrollo de este informe. La IA que se utilizó fue el Chat GPT 4.0, herramienta gratuita disponible a través del sitio OpenAI.

El primer uso que se le dio a la IA fue en la preparación del prefacio, el que fue escrito íntegramente por este Chat, el día 7 de abril de 2022. En el Anexo E se adjunta la conversación con el chat que dio origen a este texto. La lectura de éste, muestra la capacidad que tiene esta herramienta para buscar información en el ciberespacio y luego generar documentos, bien escritos, con indicaciones mínimas.

El segundo uso que se le dio a esta herramienta fue como complemento al desarrollo de las Conclusiones elaboradas por los miembros de la comisión. Para ello, se ingresaron como texto al Chat los capítulos 4,5,6 y 7 del informe y se le solicitó que extrajera las principales conclusiones de cada capítulo. Las respuestas obtenidas fueron complementadas con las conclusiones preparadas por los miembros de la comisión, obteniéndose con ello un texto mejorado.

El tercer uso que se le dio a esta herramienta fue para apoyar el desarrollo de las Recomendaciones elaboradas por la comisión. Para ello, se le pidió al Chat que realizara propuestas específicas para los diferentes actores considerados. Las respuestas obtenidas, al igual que el caso anterior, fueron complementadas con las recomendaciones sugeridas por los miembros de la comisión.

El ejercicio realizado, de uso del Chat de IA GPT 4.0. como apoyo al desarrollo del presente documento muestra que la IA está disponible para ser empleado por las personas como un complemento al trabajo desarrollado por especialistas, entregando respuestas, que una vez verificadas, permiten generar un documento. El uso de la IA sin embargo requiere el conocimiento profundo y extenso de las materias que se aborden y para las cuales se recurra a la IA, tanto para búsqueda de datos y antecedentes como para la formulación de conclusiones o recomendaciones ya que, de no ser así, se corre el riesgo de aceptar y/o acreditar falsedades o errores, que solo pueden ser detectados por usuarios capacitados.

Referencias

- Aguilera, José Miguel, Larraín, Felipe. (2018). Laboratorios Naturales Para Chile: Ciencia e Innovación con Ventaja. Ediciones UC.
- Agrawal, Gans y Goldfarb. (2019). The Economics of Artificial Intelligence. University of Chicago Press.
- Comisión Desafíos del Futuro. (2019). Inteligencia Artificial para Chile. La urgencia de desarrollar una estrategia.
- Chattopadhyay, H.K. (2020). Artificial intelligence and its impacts on the society. <https://www.researchgate.net/publication/345896219>.
- Deloitte. El Imperativo de IA en Chile. De las predicciones a la prosperidad. <https://www2.deloitte.com/cl/es/pages/deloitte-analytics/topics/IAChile.html>
- Foro Internacional de Transportes (OECD). (2015). Cero Muertes y Lesiones de Gravedad por Accidentes de Tránsito; Paris; <https://www.oecd.org/publications/cero-muertes-y-lesiones-de-gravedad-por-accidentes-de-transito-9789282108253-es.htm>.
- Gobierno de Chile, Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2021). Política Nacional de Inteligencia Artificial.
- Grandview Research. Artificial Intelligence Market Size, Share & Trends Analysis Report <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market>
- Gundavajjala, Madhavi. (2022). Top 10 Artificial Intelligence Technologies. <https://mindmajix.com/artificial-intelligence-technologies>.
- Jain, Pragya. (2021). AI and the Future of Work in the United States. <https://www.american.edu/sis/centers/security-technology/ai-and-the-future-of-work-in-the-united-states.cfm>.
- Kumar, Sunil. (2019). Advantages and Disadvantages of Artificial Intelligence. <https://towardsdatascience.com/advantages-and-disadvantages-of-artificial-intelligence-182a5ef6588c>
- Lin, Pohan. (2022). The 10 Latest Artificial Intelligence Trends That Your Business Needs to Embrace <https://www.computer.org/publications/tech-news/trends/the-latest-artificial-intelligence-trends-to-embrace>.
- Marr, Bernard. (2020). What's The Impact of Artificial Intelligence and Technology on Society. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2020/03/09/whats-the-impact-of-artificial-intelligence-and-technology-on-society/?sh=64a9c7ef3098>. Forbes.
- McClelland. Calum. (2020). The Impact of Artificial Intelligence - Widespread Job Losses. <https://www.iotforall.com/impact-of-artificial-intelligence-job-losses>.
- PwC UK Economic Outlook. (2018). <https://www.pwc.co.uk/economic-services/ukey/ukey-july18-full-report.pdf>
- Sandoval, María Paz. (2020). R&D challenges in artificial intelligence in Chile. <https://www.linkedin.com/pulse/rd-challenges-artificial-intelligence-chile-mar%C3%ADa-paz-sandoval-bravo>.
- Sinha, Disha. (2022). Top 10 Artificial Intelligence trends to lookout for in 2023. <https://www.analyticsinsight.net/top-10-artificial-intelligence-trends-to-lookout-for-in-2023/>
- Stahl, Ashley. (2021). How AI Will Impact The Future Of Work And Life. <https://www.forbes.com/sites/ashleystahl/2021/03/10/how-ai-will-impact-the-future-of-work-and-life/?sh=1cf514ea79a3>.
- Forbes. McKinsey Global Surveys. (2021). The state of AI in 2021. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/global-survey-the-state-of-ai-in-2021>.
- Thomas, Mike. (2022). The Future of AI: How Artificial Intelligence Will Change the World. <https://builtin.com/authors/mike-thomas>

Anexos

Anexo A - Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas

En este Anexo se presentan los ODS de Naciones Unidas y sus objetivos, agrupados según las tres dimensiones indicadas en el documento: social, económica y medioambiental.

Dimensión social

ODS	Nombre	Objetivo
4	Educación de calidad	Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
5	Igualdad de género	Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas
10	Reducción de las desigualdades	Reducir la desigualdad en los países y entre ellos
11	Ciudades y comunidades sostenibles	Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
16	Paz, justicia e instituciones sólidas	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas.
17	Alianzas para lograr los objetivos	Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Dimensión económica

ODS	Nombre	Objetivo
1	Fin de la pobreza	Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.
2	Hambre cero	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
3	Salud y bienestar	Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.
8	Trabajo decente y crecimiento económico	Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
9	Industria, innovación e infraestructura	Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

Dimensión medioambiental

ODS	Nombre	Objetivo
6	Agua limpia y saneamiento	Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
7	Energía asequible y no contaminante	Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.
12	Producción y consumo responsable	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
13	Acción por el clima	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos
14	Vida submarina	Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
15	Vida de ecosistemas terrestres	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.

Anexo B - Proceso de elaboración, Política Nacional de IA y plan de acción

En septiembre de 2019, la Comisión Desafíos del Futuro, Ciencia, Tecnología e Innovación del Senado (Comisión Desafíos del Futuro), en conjunto con un importante grupo de académicos y académicas, de distintas universidades y disciplinas, entregó al Presidente de la República el documento **“Inteligencia Artificial para Chile: La Urgencia de Desarrollar una Estrategia”**.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MinCiencia), tomando como insumo el documento anterior, invitó a un grupo de expertos y expertas a formar parte de un comité que tendría por objetivo elaborar una Política Nacional de IA, creando además un Comité Interministerial que apoyaría este proceso, la que fue aprobada a fines del año 2021.

En este Anexo se presentan los principales hitos del proceso que se siguió para elaborar esta política y el resultado obtenido.

Proceso de elaboración de la política

El MinCiencia, luego del proceso de redacción del primer borrador de la Política Nacional de Inteligencia Artificial, que incluyó reuniones, discusiones, trabajo de un comité de expertos y de un comité interministerial, inició un proceso de consulta ciudadana en el que se buscó dar a conocer el documento y recibir comentarios de investigadores, desarrolladores y de la ciudadanía. Luego de este proceso, se publicó la Política Nacional de Inteligencia Artificial, cuyos lineamientos se explican a continuación.

Política Nacional de Inteligencia Artificial y plan de acción

Esta política tiene por objetivo:

“Insertar a Chile en la vanguardia y colaboración global relacionada con IA, con un ecosistema de investigación, desarrollo e innovación en IA que cree nuevas capacidades en los sectores productivos, académicos y estatales, y que orientadas acorde a principios transversales de oportunidad y responsabilidad, contribuya al desarrollo sostenible y mejore nuestra calidad de vida”.

Criterios considerados en el diseño de la Política

Los criterios considerados para diseñar la política, siguiendo las estrategias de diferentes países y las recomendaciones de organismos internacionales como la OCDE y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) fueron los siguientes:

- La estrategia para el desarrollo de la IA dependerá de la forma en la que se desee que esta tecnología impacte y transforme la sociedad.
- El desarrollo de la IA deberá basarse en un pacto social que dé garantías del uso que se le va a dar a los datos personales y del beneficio que recibirá la población a cambio de ello.
- La estrategia para el desarrollo de la IA deberá considerar las características únicas del país, teniendo en cuenta las necesidades de la población y sus factores habilitantes.

En base al análisis realizado y los criterios definidos, la Política de IA fue estructurada en cuatro principios transversales y tres ejes, según se indica a continuación.

Principios transversales de la Política

La Política considera cuatro principios transversales:

IA centrada en el bienestar de las personas, respeto a los derechos humanos y la seguridad.

La IA debe contribuir a que las personas tengan una mejor calidad de vida y que sean capaces de aprovechar los beneficios que puede generar esta tecnología, respetando los derechos humanos, resguardando sus datos personales, evitando que la tecnología discrimine a las personas y que comprometa la seguridad del país.

IA para el desarrollo sostenible

La IA tiene un gran potencial para hacer más productivas las industrias y fomentar el ecosistema de investigación, tecnología, innovación y las aplicaciones comerciales que se puedan derivar de ella por lo que *“Las acciones se orientarán a potenciar el uso y desarrollo de la tecnología en el país, el fortalecimiento del ecosistema y la incorporación de la IA como un eje del desarrollo sostenible del país”*.

IA inclusiva

La IA debe ser inclusiva y para que sea una herramienta útil para las personas, no debe discriminar ni ser utilizada en perjuicio de ningún grupo, en particular de aquellos que históricamente han sido relegados como pueblos originarios, personas con capacidades especiales, o sectores más vulnerables de la sociedad. Además, la IA debe proteger a aquellos grupos que no tienen quien vele por su bienestar, como es el caso de niñas, niños y adolescentes.

IA globalizada y en evolución

Las acciones e iniciativas se alinearán con los principios y acuerdos que el país ha suscrito y se actualizarán según los que se suscriban en el futuro.

Ejes de la Política

La política considera tres ejes para cada uno de los cuáles se establecen objetivos y acciones prioritarias que debería realizar el Estado, en un horizonte de tiempo de 10 años.

Eje 1: Factores habilitantes

Esos corresponden a aquellos elementos sin los cuales no es posible el uso y desarrollo de esta tecnología. Entre éstos se incluyen: desarrollo de talentos, infraestructura tecnológica y datos.

Eje 2: Desarrollo y adopción

Este eje comprende el espacio en el que se desarrolla y despliega la IA y contiene a quienes crean, proveen y demandan las diferentes aplicaciones y técnicas: academia, Estado, sector privado y sociedad civil. En este eje se incluye investigación básica y aplicada, transferencia tecnológica, innovación, emprendimiento, mejoramiento de servicios públicos y desarrollo económico, entre otros.

Eje 3: Ética, aspectos normativos y efectos socioeconómicos

Este eje aborda las discusiones éticas y los aspectos normativos más relevantes, según la discusión que se ha generado con la ciudadanía y la experiencia nacional e internacional y el impacto social y económico que puede tener la IA.

Anexo C - Estudio exploratorio

En el período comprendido entre el 01 y el 30 de abril de 2021, con el objeto de validar los supuestos realizados por la Comisión al inicio de su trabajo, se realizó un estudio exploratorio sobre el conocimiento y la percepción que tienen los ingenieros chilenos sobre la Inteligencia Artificial (IA). Este estudio fue realizado nuevamente, a fines del año 2022, al término del trabajo de la comisión.

En este Anexo se presentan los resultados obtenidos del estudio exploratorio realizado en ambas oportunidades.

Antecedentes del estudio

- El instrumento utilizado correspondió a una encuesta estructurada, aplicada vía correo electrónico sobre un formulario de Google.
- Como población objetivo se definieron los ingenieros civiles que actualmente se desempeñan en Chile y cuyo número se estimó, en base a diferentes estudios⁶⁸ en 180.000.

Las encuestas consideradas válidas corresponden a 283 respuestas en 2021 y 401 en 2022. El nivel de precisión de las encuestas válidamente realizadas corresponde a un error estimado $\pm 5,82\%$, considerando varianza máxima y un 95% de confianza.

La edad de los participantes estuvo comprendida entre 18 y 89 años, concentrándose el 65% de ellos en el rango de 35 a 65 años.

En su estructura, la encuesta consideró 22 preguntas de selección, más dos preguntas abiertas.

El instrumento fue diseñado por los miembros de la comisión y para su elaboración se utilizaron como referencia trabajos anteriores y la experiencia de sus integrantes. En su proceso destacan las siguientes actividades:

- Construcción de un formulario borrador.
- Realización de prueba piloto a un grupo reducido de personas.
- Elaboración de una segunda versión, con los ajustes de forma y fondo.

Principales percepciones

Las principales percepciones obtenidas de la encuesta fueron:

En relación con el conocimiento, entendimiento y uso de la Inteligencia Artificial

- En su gran mayoría, 91,2% en 2021 y 89,3% en 2022, quienes contestaron la encuesta han escuchado hablar del término Inteligencia Artificial (IA).
- No existe un entendimiento claro del alcance del concepto de IA, el que se confunde con automatización, robotización y manejo de datos.
- En la mayor parte de las organizaciones en las que trabajan los ingenieros encuestados se discuten temas relacionados con estas tecnologías, 79,2% en 2021 y 90,0% en 2022.
- En gran parte de las organizaciones en las que trabajan los encuestados se conversa sobre aplicaciones de inteligencia artificial (71,4% en 2021 y 74,6% en 2022).

⁶⁸ Catastrados en informe Capital Humano para la Competitividad, el caso de la Ingeniería Civil, del Instituto de Ingenieros de Chile. del año 2013.

En relación con el alcance e impacto de esta tecnología

Los ingenieros que contestaron la encuesta creen que:

- La inteligencia artificial penetrará mayoritariamente en empresas prestadoras de servicios, productoras de materias primas y productoras de bienes.
- Los sectores de actividad económica donde existiría una mayor penetración de la Inteligencia Artificial serían, Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICS), Minería, Industria productiva o manufacturera, Financiera, Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler, Transporte y Almacenamiento, Construcción y Enseñanza.

En relación con el rol de los ingenieros

Quienes contestaron la encuesta opinan que:

El principal rol de la ingeniería y los ingenieros, pensando en el desarrollo de la Inteligencia Artificial debería ser, en orden decreciente: Ser partícipes en el desarrollo de esta nueva tecnología: 74,2% en 2021 y 56,9% en 2022, ser aplicadores de esta nueva tecnología: 56,5% en 2021 y 43,4% en 2022 y ser usuarios de esta 11,3% en 2021 y 16,2% en 2022.

La penetración y desarrollo de la inteligencia artificial, en los distintos sectores de actividad económica, podría producir desempleo y en este sentido, los ingenieros deberían:

- Trabajar en determinar cuáles serían las competencias profesionales requeridas en el futuro, para focalizar la formación,
- Ver estos impactos como una oportunidad para la generación de nuevas actividades profesionales,
- Generar planes de reconversión de técnicos y profesionales

En relación con los desafíos del país y las brechas

Los principales desafíos de Chile deberían ser:

- Generar espacios de agregación de valor en la producción de Bienes y Servicios
- Capacitar a los técnicos y profesionales en su uso
- Asegurar un comportamiento ético en toda la cadena de usuarios

Las principales brechas o desafíos que impiden una mayor adopción de la Inteligencia Artificial, en opinión de los encuestados son, en orden de importancia:

- Cultura de las empresas
- Falta de profesionales y/o técnicos del área
- Falta de conocimiento sobre sus beneficios
- Capital y/o Financiamiento

En relación con los desafíos éticos

Los nuevos desafíos éticos que traerá la IA son considerados, en 2021, por el 98,6% de los encuestados como: Extremadamente importantes (50,2%), muy importantes (39,6%) o importantes (8,8%). En 2022, son considerados por el 94,3% de los encuestados como: Extremadamente importantes (33,9%), muy importantes (40,9%) o importantes (19,5%).

Resumen respuestas a encuestas realizadas en 2021 y 2022⁶⁹.

4.- En general, escuchaste alguna vez el término "Inteligencia Artificial"

Año	2021		2022	
	Respuesta	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
Sí	258	91,20%	358	89,3%
No	12	4,20%	21	5,2%
No lo recuerdo	8	2,80%	15	3,7%
NS/NR	5	1,80%	7	1,7%
Total	283	100,00%	401	100,0%

6.- En la organización en que te desempeñas, se discuten temáticas relacionadas con la automatización de algunas actividades.

Año	2021		2022	
	Respuesta	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
Sí	224	79,20%	361	90,0%
No	36	12,70%	24	6,0%
No lo sé	22	7,80%	13	3,2%
NS/NR	1	0,40%	3	0,7%
Total	283	100,00%	401	100,0%

7.- En la organización en que te desempeñas, se realizan actividades de forma automatizada.

Año	2021		2022	
	Respuesta	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
Sí	178	62,90%	305	76,1%
No	81	28,60%	92	22,9%
No lo sé	22	7,80%	3	0,7%
NS/NR	2	0,70%	1	0,2%
Total	283	100,00%	401	100,0%

8.- En la organización donde te desempeñas, se discute sobre potenciales impactos y/o aplicaciones de inteligencia artificial.

Año	2021		2022	
	Respuesta	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
Sí	202	71,40%	299	74,6%
No	65	23,00%	79	19,7%
No lo sé	15	5,30%	21	5,2%
NS/NR	1	0,40%	2	0,5%
Total	283	100,00%	401	100,0%

⁶⁹ Solo se presentan las respuestas a las preguntas más significativas para la comisión

9.- En la organización donde te desempeñas, te toca tomar decisiones relacionadas con inteligencia artificial.

Año	2021		2022	
	Respuesta	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
Sí	131	46,30%	241	60,1%
No	148	52,30%	149	37,2%
No lo sé	2	0,70%	9	2,2%
NS/NR	2	0,70%	2	0,5%
Total	283	100,00%	401	100,0%

10.- Desde tu visión, consideras que la inteligencia artificial, penetrara mayoritariamente en empresas:

Año	2021		2022	
	Respuesta	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
Productoras de materias primas	49	17,30%	87	21,7%
Productoras de bienes	45	15,90%	71	17,7%
Prestadoras de servicios	163	57,60%	217	54,1%
Otro:	25	8,80%	24	6,0%
NS/NR	1	0,40%	2	0,5%
Total	283	100,00%	401	100,0%

11.- Desde tu visión y pensando en un futuro cercano, ¿Cuál(es) sería(n) los sectores de actividad económica donde existiría una mayor penetración de la Inteligencia Artificial? (marcar máximo 3)

Año	2021		2022	
	Rubro	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
TICS y Telecomunicaciones	161	56,90%	227	56,6%
Minería	136	48,10%	122	30,4%
Industria productiva o manufacturera	128	45,20%	103	25,7%
Financiera, Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler	91	32,20%	112	27,9%
Transporte y Almacenamiento	85	30,00%	105	26,2%
Construcción	32	11,30%	38	9,5%
Educación y Enseñanza	31	11,00%	65	16,2%
Comercio; Hoteles y Restaurantes	28	9,90%	76	19,0%
Empresas de servicios (Electricidad, Gas, Agua)	22	7,80%	39	9,7%
Ingeniería de proyectos y consultoría	21	7,40%	42	10,5%
Servicios Sociales y de Salud	12	4,20%	28	7,0%
Empresas Públicas	6	2,10%	16	4,0%
Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca	4	1,40%	39	9,7%
Otro:	11	3,90%	12	3,0%
Total	768		1024	

12.- Desde tu visión, ¿Cuál consideras debería ser el rol principal de la ingeniería y los ingenieros, pensando en el desarrollo de la Inteligencia Artificial? (marcar máximo 3)

Año	2021		2022	
	Respuesta	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
Usuarios de esta nueva tecnología	32	11,30%	65	16,2%
Aplicadores de esta nueva tecnología	160	56,50%	174	43,4%
Participes en el desarrollo de esta nueva tecnología	210	74,20%	228	56,9%
Tomadores de decisiones sobre uso de esta tecnología	127	44,90%	201	50,1%
Formadores en el uso de esta tecnología	43	15,20%	65	16,2%
Formadores en el desarrollo de esta nueva tecnología	83	29,30%	101	25,2%
Reguladores sobre uso y/o desarrollo de tecnología	13	4,60%	32	8,0%
Otro:	11	3,90%	25	6,2%
Total	679		891	

13.- Para muchos autores, la penetración y desarrollo de la inteligencia artificial en los distintos sectores de actividad económica, podría producir desempleo, en este sentido tu consideras qué: (marcar máximo 3)

Año	2021		2022	
	Respuesta	Cantidad	(%) /Total	Cantidad
Debemos generar planes de reconversión de técnicos y profesionales	209	73,90%	132	32,9%
Debemos abocarnos en el desarrollo de políticas públicas en el área de la previsión social	20	7,10%	58	14,5%
Debemos trabajar en determinar cuáles serían las competencias profesionales requeridas en el futuro, para focalizar la formación	238	84,10%	278	69,3%
Legislar sobre el uso de esta tecnología para evitar el desempleo	16	5,70%	45	11,2%
Obligar a las empresas a hacerse cargo (seguros) del impacto del desempleo	5	1,80%	12	3,0%
Ver estos impactos como una oportunidad para la generación de nuevas actividades profesionales	229	80,90%	299	74,6%
Otro:	21	7,40%	12	3,0%
Total	738		836	

14.- Desde tu visión, pensando en una penetración muy rápida de la inteligencia artificial en el desarrollo económico productivo de nuestro país, ¿Cuál(es) sería(n) los principales desafíos de Chile? (máximo 3)

Año	2021		2022	
	Cantidad	(%) /Total	Cantidad	(%) /Total
Capacitar a los técnicos y profesionales en su uso	195	68,90%	231	57,6%
Generar una estrategia a nivel nacional para abordar los temas asociados al empleo	88	31,10%	75	18,7%
Oportunidad de generar espacios de agregación de valor en la producción de Bienes y Servicios	201	71,00%	216	53,9%
Lograr que todos tengan conocimiento y acceso a estas nuevas tecnologías	119	42,00%	156	38,9%
Asegurar un comportamiento ético en toda la cadena de usuarios	171	60,40%	223	55,6%
Otro:	15	5,30%	22	5,5%
Total	789		923	

15.- Desde tu visión, ¿Consideras que los profesionales de nuestro país están preparados para desarrollar aplicaciones de inteligencia artificial en los diversos desarrollos productivos y de servicios?

Año	2021		2022	
	Cantidad	(%) /Total	Cantidad	(%) /Total
Sí	117	41,30%	186	46,4%
No	101	35,70%	133	33,2%
No lo sé	59	20,80%	79	19,7%
NS/NR	6	2,10%	3	0,7%
Total	283	100,00%	401	100,0%

16.- ¿Usted en los últimos 12 meses ha participado en proyectos o actividades que involucren directamente el uso de herramientas de Inteligencia Artificial?

Año	2021		2022	
	Cantidad	(%) /Total	Cantidad	(%) /Total
Sí	108	38,20%	187	46,6%
No	167	59,00%	199	49,6%
No lo sé	6	2,10%	9	2,2%
NS/NR	2	0,70%	6	1,5%
Total	283	100,00%	401	100,0%

17.- ¿Cuáles consideras podría ser las principales brechas o desafíos que impiden una mayor adopción(aplicación) de Inteligencia Artificial?

Año	2021		2022	
	Cantidad	(%) /Total	Cantidad	(%) /Total
Capital y/o Financiamiento	89	31,40%	101	25,2%
Cultura de las empresas	198	70,00%	178	44,4%
Falta de conocimiento sobre sus beneficios	142	50,20%	165	41,1%
Impacto en el empleo	45	15,90%	101	25,2%
Falta de profesionales y/o técnicos del área	177	62,50%	235	58,6%
Mercado nacional reducido	44	15,50%	22	5,5%
Falta de incentivos	28	9,90%	76	19,0%
Otro:	17	6,00%	25	6,2%
Total	740		903	

18.- Actualmente sabes o conoces de programas a nivel universitario nacional, para la formación o especialización de profesionales en Inteligencia Artificial

Año	2021		2022	
	Cantidad	(%) /Total	Cantidad	(%) /Total
Sí	120	42,40%	265	66,1%
No	133	47,00%	98	24,4%
No lo sé	27	9,50%	31	7,7%
NS/NR	3	1,10%	7	1,7%
Total	283	100,00%	401	100,0%

19.- El avance de la inteligencia artificial, en los distintos sectores de actividad económica y la sociedad, sin duda, nos traerá nuevos desafíos, en ese contexto la ética, consideras que debe considerarse como:

Año	2021		2022	
	Cantidad	(%) /Total	Cantidad	(%) /Total
Extremadamente importante	142	50,20%	136	33,9%
Muy importante	112	39,60%	164	40,9%
Importante	25	8,80%	78	19,5%
Poco importante	1	0,40%	3	0,7%
Sin importancia	1	0,40%	5	1,2%
Me da lo mismo	1	0,40%	11	2,7%
NS/NR	1	0,40%	4	1,0%
Total	283	100,00%	401	100,0%

20.- Actualmente se encuentra en desarrollo, una propuesta de estrategia nacional de Inteligencia Artificial, al respecto:

Año	2021		2022	
	Cantidad	(%) /Total	Cantidad	(%) /Total
Sabes de la iniciativa y la conoces	38	13,40%	79	19,7%
Sabes de la iniciativa, pero no la conoces	94	33,20%	90	22,4%
No sabes de la iniciativa	148	52,30%	227	56,6%
NS/NR	3	1,10%	5	1,2%
Total	283	100,00%	401	100,0%

21.- Consideras pertinente que nuestro país, avance y proponga a nivel nacional una estrategia de Inteligencia Artificial

Año	2021		2022	
	Cantidad	(%) /Total	Cantidad	(%) /Total
Sí	267	94,30%	374	93,3%
No	7	2,50%	15	3,7%
No lo sé	6	2,10%	9	2,2%
NS/NR	3	1,10%	3	0,7%
Total	283	100,00%	401	100,0%

Anexo D - Sobre los avances relativos a los modelos de lenguaje masivos

A lo largo de los últimos meses del año 2023, ha surgido un notable interés en torno a los progresos alcanzados por los modelos de lenguaje masivo (LLMs, por sus siglas en inglés). Esto se debe, en gran parte, al anuncio de ChatGPT y GPT-4, dos modelos conversacionales desarrollados por la compañía estadounidense OpenAI, que han exhibido habilidades cognitivas en diversas tareas similares o incluso superiores a las humanas. Estos avances han captado la atención del público, generando un enérgico debate en torno a su inmenso potencial, su capacidad disruptiva y los riesgos asociados.

Antecedentes sobre los LLMs.

La historia de los modelos de lenguaje comenzó con técnicas simples como *Bag of Words* y TF-IDF, donde el foco estaba en las propiedades estadísticas de las palabras presentes en un texto para inferir similaridad o significado. En 2013, Word2Vec revolucionó el campo al incorporar el uso de redes neuronales, permitiendo representar palabras como vectores continuos que capturaban relaciones semánticas. En 2018, Google presentó BERT (acrónimo de *Bidirectional Encoder Representations from Transformers*), que empleó la arquitectura de redes neuronales denominada Transformer (presentado en el paper seminal "*Attention is all you Need*"⁷⁰) para mejorar la comprensión contextual, siendo la base de los modelos actuales. Luego, la serie GPT (*Generative Pre Trained Transformer*) de OpenAI avanzó aún más en este ámbito, culminando con GPT-3 en 2020 y GPT-4 el 2023, mejorando la capacidad de entender y generar texto similar al humano. Adicionalmente, las principales empresas de tecnologías de Estados Unidos y el mundo han presentado o han anunciado el desarrollo de sus propios LLMs (LaMBDA y BARD de Google, LLaMA de Meta ex Facebook, Pangu- Σ de Huawei, entre otros).

Las mejoras de estos últimos modelos se deben en gran parte a su masividad. Este aumento se debe a varios factores. En primer lugar, los avances en la tecnología de hardware, especialmente las GPU y las TPU, permitieron el entrenamiento de modelos más grandes y complejos. En segundo lugar, el crecimiento exponencial de los datos disponibles en la web ha permitido generar cuerpos masivos de texto. Además, se ha descubierto y estudiado que, al aumentar la cantidad de parámetros y la profundidad de las redes neuronales, los modelos mejoran significativamente, permitiendo capturar patrones y relaciones más complejas en el texto (conocido como "*Scaling Effect*"). Por último, el progreso en arquitecturas de redes neuronales, como los Transformers, hizo posible el entrenamiento y la eficiencia en modelos de lenguaje más grandes, mediante la paralelización y la distribución asíncrona de su entrenamiento.

Estado actual y uso de los LLMs.

Si bien el explosivo avance de los LLMs hace pensar que el estado actual podría ser superado en seis meses y hacer este catastro de capacidades obsoleto en poco tiempo, aquí hay una lista no exhaustiva de hitos alcanzados gracias a las LLMs:

GPT-4 logró obtener resultados destacables al ser sometido a pruebas estandarizadas en diversos ámbitos:

⁷⁰ <https://arxiv.org/abs/1706.03762>

- Tuvo una puntuación entre el 10 por ciento más alto de los estudiantes en el Examen Uniforme de la Abogacía en Estados Unidos (BAR).
- Obtuvo un puntaje de 1.300 (de un total de 1.600) en la prueba de entrada para la educación superior en Estados Unidos (SAT).
- Obtuvo puntaje máximo (5 de 5) en exámenes de colocación avanzada en biología, cálculo, macroeconomía, psicología, estadística e historia para la enseñanza media.

Impacto de las LLMs en el mercado laboral.

La evidente potencialidad de los LLMs, demostrada hasta ahora naturalmente, ha levantado la pregunta de cuál es el impacto social de esta tecnología puntual en puntos como el mercado laboral y crecimiento económico. Bancos de Inversión como Goldman Sachs han anunciado estimaciones preliminares de estos impactos: 300 millones de empleos a nivel mundial se verían afectados y $\frac{2}{3}$ de ellos presentan algún grado de exposición a esta nueva tecnología.

Adicionalmente, OpenAI (empresa creadores de GPT-4 y ChatGPT) realizó un estudio⁷¹ con el objetivo de estimar el nivel de impacto de los LLMs en el mercado laboral y puntualizar las características presentes en los empleos más afectados. En el estudio, que descompone el impacto en 2 tipos: Uno derivado del uso directo de los LLMs (como consultar ChatGPT o similares), y otro más amplio sobre el uso de software potenciado con LLMs, se concluyen los siguientes elementos:

- 80% de la fuerza laboral norteamericana va a sufrir algún nivel de impacto (sobre el 10% de sus tareas podría reducir sus tiempos de ejecución en 50% o más).
- 19% de la fuerza laboral norteamericana va a tener un gran impacto (sobre el 50% de sus tareas podría reducir sus tiempos de ejecución en 50% o más).
- El impacto promedio solo usando LLMs es de un 14%, mientras que LLMs más software promedia un impacto del 50,5%, evidenciando que el espacio de impacto está en su uso indirecto a través de herramientas que potencien las capacidades presentes en los LLMs.

Al desglosar los tipos de empleos en 5 niveles, acorde al nivel de preparación requerido (desde cero preparaciones, como sería un barrendero, hasta preparación de postgrado y vasta experiencia profesional, como sería un gerente o un jefe de investigación). El paper concluye que el máximo impacto se da en empleos con un nivel 4 (78% promedio de impacto de LLMs + Software), es decir preparación universitaria con experiencia laboral inferior a los 4 años.

Al hacer una regresión entre las habilidades básicas requeridas en cada empleo (escritura, pensamiento crítico, programación, negociación, etc.) y su nivel de afectación por parte de las LLMs, se destacan la escritura, lectura y programación como las habilidades más afectadas por estas nuevas tecnologías, mientras que el pensamiento científico y crítico son aquellas con la correlación negativa más significativa.

Es crucial enfatizar que los estudios llevados a cabo hasta el momento se han centrado en el concepto de impacto o afectación, lo cual hace referencia a las tareas que pueden ser realizadas con un cierto grado de autonomía por parte de los LLMs en conjunto con o sin la intervención de algún software adicional. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que esta medición no se convierte directamente en un indicador de potencial de desempleo, lo cual dependerá de las características específicas de cada puesto de trabajo. En algunos casos, es posible que el empleo de LLMs conlleve

⁷¹ <https://arxiv.org/pdf/2303.10130.pdf>

un incremento en la productividad de los empleados, al permitirles realizar sus funciones de manera más eficiente o delegar tareas secundarias a la inteligencia artificial, mientras que en otros casos estos trabajadores podrían ser sustituidos por procesos automatizados en su totalidad, lo cual resultaría en la pérdida de empleo.

Estas conclusiones resaltan la necesidad de que los profesionales emergentes, tanto ingenieros como de otras disciplinas, adquieran destrezas en el manejo y desarrollo de LLMs. Es fundamental que dominen tanto el uso práctico de estas herramientas a nivel de usuario, potenciando sus tareas cotidianas mediante la incorporación de LLMs en la escritura, redacción, programación, entre otros, como también el conocimiento profundo requerido para integrar estas soluciones en herramientas y servicios de mayor valor añadido.

Al lograr un dominio efectivo de los LLMs, los profesionales tendrán la capacidad de innovar en el diseño de nuevos productos y servicios, aumentando así la productividad y el valor de estos. De esta forma, estarán mejor preparados para enfrentar el impacto de la automatización y la inteligencia artificial en el mercado laboral, adaptándose a las exigencias y oportunidades que esta transformación tecnológica conlleva.

Anexo E – Conversación que dio origen al prólogo

1 / 1 Write a prologue for a report titled “Artificial intelligence, a new development opportunity for Chile”, written by the Chilean Institute of engineers. The report touch the following elements: - Sustainable Development objectives and 2030 agenda – The challenges of AI in Chile and the opportunity to overcome them – Main milestones of the AI development – History of previous industrial and technological revolutions, and their contrasts with the AI revolution – Perceptions, Concerns, Trends and impact of AI – Ethical consideration of AI regarding employment, justice, human rights, safety and biases – Potential for the AI development in Chile - Opportunities for engineering and engineers – examples of applications of AI in Chile and LATAM in areas like services, mining, smart cities, etc. -Recommendations for the government, educational institutions and companies. The objective of the report is to go deep into the opportunities the AI has to help the developing of the country and its society, and the challenges in terms of government, investment, education and cultural change that needs to happen to fully take advantage of this revolution.

Prologue In an age of rapid technological advancements, artificial intelligence (AI) has emerged as a leading driver of innovation and transformative change. As we stand at the precipice of this new era, it is vital for nations like Chile to harness the potential of AI to foster sustainable development, economic growth, and social progress. The Chilean Institute of Engineers is proud to present “Artificial Intelligence: A New Development Opportunity for Chile,” a comprehensive report that explores the multifaceted dimensions of AI’s impact on our country and its potential to propel us into the future. This report delves into the ways in which AI can contribute to achieving the Sustainable Development objectives and the 2030 agenda, providing innovative solutions to pressing global challenges. Through an in-depth examination of the challenges and opportunities that AI presents for Chile, we aim to facilitate a deeper understanding of the technology and inspire actions that will enable us to overcome these hurdles and reap the benefits. By tracing the main milestones in AI development and drawing parallels with previous industrial and technological revolutions, the report offers a unique perspective on the contrasts between the AI revolution and its predecessors. The report also addresses the varied perceptions, concerns, trends, and impacts of AI, shedding light on the factors that shape public understanding and acceptance of this transformative technology. Ethical considerations form a crucial part of the AI discourse, and this report examines the implications of AI on employment, justice, human rights, safety, and biases. By contemplating these ethical dimensions, we can collectively work towards designing AI systems that align with our core values and promote equitable progress. The potential for AI development in Chile is vast, offering countless opportunities for engineering and engineers to innovate, collaborate, and contribute to the country’s growth. We delve into examples of AI applications across various sectors in Chile and LATAM, such as services, mining, and smart cities, demonstrating the versatility and potential of AI as a tool for development. Finally, the report offers a set of recommendations for the government, educational institutions, and companies, outlining strategic actions that can propel Chile towards a prosperous AI-enabled future. By addressing the challenges related to investment, education, and cultural change, Chile can position itself at the forefront of this technological revolution. It is our hope that this report serves as a catalyst for informed discussions, collaborative efforts, and purposeful actions towards leveraging AI for the betterment of Chile and its society. The future of our nation rests upon our collective ability to embrace and adapt to the rapidly evolving technological landscape, and we are confident that Chile is more than capable of rising to this challenge.

1 / 1 Translate it into Spanish and reduce the hyperbole to make it sound more professional

Prólogo En una época de rápidos avances tecnológicos, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como un motor clave de la innovación y el cambio transformador. En el umbral de esta nueva era, es fundamental que naciones como Chile aprovechen el potencial de la IA para impulsar el desarrollo sostenible, el crecimiento económico y el progreso social. El Instituto Chileno de Ingenieros se enorgullece en presentar “Inteligencia Artificial: Una Nueva Oportunidad de Desarrollo para Chile”, un informe exhaustivo que explora las dimensiones multifacéticas del impacto de la IA en nuestro país y su potencial para impulsarnos hacia el futuro. Este informe profundiza en cómo la IA puede contribuir a la consecución de los objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, proporcionando soluciones innovadoras a desafíos globales urgentes. A través de un examen exhaustivo de los desafíos y oportunidades que presenta la IA para Chile, nuestro objetivo es facilitar una comprensión más profunda de la tecnología e inspirar acciones que nos permitan superar estos obstáculos y aprovechar sus beneficios. Al analizar los principales hitos en el desarrollo de la IA y establecer paralelismos con revoluciones industriales y tecnológicas anteriores, el informe ofrece una perspectiva única sobre las diferencias entre la revolución de la IA y sus predecesoras. También se abordan las diversas percepciones, preocupaciones, tendencias e impactos de la IA, arrojando luz sobre los factores que moldean la comprensión y aceptación pública de esta tecnología transformadora. Las consideraciones éticas forman una parte crucial del discurso sobre la IA, y este informe examina las implicaciones de la IA en el empleo, la justicia, los derechos humanos, la seguridad y los sesgos. Al reflexionar sobre estas dimensiones éticas, podemos trabajar juntos para diseñar sistemas de IA que se ajusten a nuestros valores fundamentales y promuevan un progreso equitativo. El potencial para el desarrollo de la IA en Chile es amplio y ofrece innumerables oportunidades para que la ingeniería y los ingenieros innoven, colaboren y contribuyan al crecimiento del país. Profundizamos en ejemplos de aplicaciones de IA en diversos sectores de Chile y LATAM, como servicios, minería y ciudades inteligentes, demostrando la versatilidad y el potencial de la IA como herramienta para el desarrollo. Finalmente, el informe ofrece un conjunto de recomendaciones para el gobierno, las instituciones educativas y las empresas, delineando acciones estratégicas que pueden impulsar a Chile hacia un futuro próspero habilitado por la IA. Al abordar los desafíos relacionados con la inversión, la educación y el cambio cultural, Chile puede posicionarse a la vanguardia de esta revolución tecnológica. Esperamos que este informe sirva como catalizador para fomentar debates informados, esfuerzos colaborativos y acciones concretas orientadas a aprovechar la IA en beneficio de Chile y su sociedad. El futuro de nuestra nación depende de nuestra capacidad colectiva para adaptarnos al panorama tecnológico en constante evolución, y estamos convencidos de que Chile está más que capacitado para enfrentar este desafío.

Anexo F – Casos de uso en industrias relevantes para el país

En este Anexo se presenta un conjunto de 80 casos de uso de IA en algunas industrias y/o áreas que son relevantes para el país, agrupadas en los sectores: primario (18 casos), secundario (20 casos) y terciario (42 casos).

Sector Primario

En este sector se presentan casos de uso de IA en: Agricultura, Silvicultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura y Minería.

A. Agricultura

A1 Seguimiento de cultivos y suelos

Las empresas de la industria están utilizando drones para monitorear en forma remota la calidad del suelo y el crecimiento de los cultivos. Los datos recibidos por los drones son procesados utilizando algoritmos de aprendizaje profundo. Con ellos, los agricultores pueden tomar decisiones para mejorar la calidad de los cultivos y disminuir sus costos de operación.

A2 Cosecha robotizada

Los agricultores están incorporando robots impulsados por IA para automatizar algunas tareas y reducir la necesidad de mano de obra, ante la falta de trabajadores para realizar trabajos agrícolas.

A3 Análisis predictivo de rendimientos

Los datos obtenidos de terreno como: precipitación, velocidad del viento, radiación solar y temperatura son utilizados para desarrollar modelos de aprendizaje que permiten pronosticar efectos ambientales y cambios en el clima que pueden afectar a los cultivos.

B. Silvicultura

B1 Silvicultura de precisión

La silvicultura de precisión utiliza sensores que permiten conocer los valores en el tiempo de las variables más relevantes, con lo que se pueden utilizar menos pesticidas y tener un uso más eficiente del agua.

B2 Forestación automatizada

El aprendizaje automático se utiliza para localizar los sitios más apropiados para plantar árboles, monitorear su salud y analizar el proceso de crecimiento.

B3 Prevención de incendios forestales

El aprendizaje por refuerzo se utiliza para predecir la propagación del fuego con lo que se pueden prevenir los incendios forestales.

C. Ganadería

C1 Ganadería de precisión

El uso de sensores, combinados con software de inteligencia artificial, ayuda a los productores de ganado a monitorear el comportamiento de los animales, sus movimientos, periodos y volúmenes de alimentación y ciclos de sueño, entre otros.

C2 Monitoreo de salud animal

Mediante el uso de algoritmos avanzados de IA y aprendizaje automático, los productores pueden identificar más fácilmente la condición de salud de cada uno de sus animales.

C3 Trazabilidad de cadena de suministro

Mediante tecnologías de *Blockchain* se realiza la trazabilidad del ganado desde el productor hasta

el consumidor, entregando con ello una mayor seguridad en la cadena de suministro.

D. Pesca y Acuicultura

D1 Sobreexplotación de recursos

Con imágenes satelitales, dispositivos de IoT y drones, se recopilan datos de los recursos marinos que se utilizan para supervisar las capturas, ubicación de los buques y fiscalizar el cumplimiento de las leyes de pesca.

D2 Pesca de precisión

Los dispositivos IoT y la IA están ayudando a las pesqueras entregándoles información para optimizar el lugar y oportunidad de la pesca junto con sensores y cámaras que detectan el tamaño de los peces permitiendo clasificar la captura.

D3 Monitoreo de salud de peces

Los sensores IoT entregan datos de las condiciones del agua, comportamiento de los peces y su fisiología, permitiendo generar modelos de IA para la detección temprana de sus condiciones de salud.

D4 Optimización de alimentación

La IA se está utilizando en las pisciculturas para entregar a los peces una alimentación óptima que permite entregarles los nutrientes que requieren, cuando los necesitan.

E. Minería

E1 Minimización de riesgos y costos de exploración

La IA está ayudando a las empresas mineras a conocer mejor el entorno y el terreno en el que se va a iniciar la explotación con lo que se pueden disminuir los costos en la localización de nuevas minas y reducir la exposición al riesgo de sus trabajadores.

E2 Uso de vehículos autónomos

El uso de la IA permite, al utilizar vehículos autónomos, disminuir los costos de operación y mejorar las condiciones de seguridad de las empresas mineras.

E3 Uso de “wearables” para seguridad

La IA permite supervisar el comportamiento en tiempo real de los trabajadores, mediante “wearables” o cámaras que generan datos que se analizan en línea para detectar comportamientos riesgosos y recomendar acciones correctivas.

E4 Identificación de minerales

Con el apoyo de la tecnología de visión, muestras de roca y datos de perforación, se está identificando el tipo de minerales descubierto, con un alto nivel de precisión, disminuyendo de esta forma el tiempo y costo del muestreo tradicional.

E5 Clasificación inteligente

Los algoritmos de inteligencia artificial, alimentados por sensores de color y datos de rayos X, están mejorando la calidad y disminuyendo los costos del sistema de clasificación de minerales.

Sector Secundario

En este sector se presentan casos de uso de IA en: Manufactura, Construcción, Energía y Alimentos.

A. Manufactura

A1 Analítica avanzada

Las técnicas de analítica avanzada para la gestión de datos entregan una gran ayuda en la gestión

de la cadena de suministro y ayudan a que el proceso de toma de decisiones sea eficiente y eficaz.

A2 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo aprovecha los datos en tiempo real para identificar los problemas principales en el proceso de fabricación y tomar acciones correctivas con rapidez.

A3 Robótica colaborativa

Las fábricas han empezado a utilizar robots en áreas en las que existe riesgo para la vida de los empleados, en algunos casos recibiendo ayuda por parte de empleados humanos, para realizar las tareas de manera más segura.

A4 Gestión de inventarios

La IA ayuda a mantener los registros de inventario generando alertas oportunas que avisan a los empleados para que repongan a tiempo las materias primas e insumos.

B. Construcción

B1 Diseño de edificios

La creación de modelos de información (BIM) permite a los arquitectos crear modelos digitales en 3D de un edificio, ayudando a acelerar el proceso de diseño y recopilando datos digitales de las diferentes fases del proceso de construcción.

B2 Seguridad laboral

La IA en la construcción permite identificar y monitorear potenciales riesgos para la salud de las personas, antes de que ocurran accidentes, utilizando cámaras de visión de computadora.

B3 Planificación y programación de obras

Los modelos predictivos basados en IA pueden procesar los resultados de la ejecución de un proyecto de construcción y analizar el progreso del trabajo en tiempo real.

B4 Productividad en el lugar de trabajo

Con el uso de la inteligencia artificial, se puede optimizar el uso de los recursos, mejorando la productividad en el lugar de trabajo.

C. Energía

C1 Control de microrredes

El uso de IA y aprendizaje automático para administrar el flujo de energía en redes eléctricas permite optimizar su uso, entregando seguridad energética a los clientes.

C2 Robo de energía y detección de fraudes

La IA y el aprendizaje automático pueden detectar el robo de energía y el fraude energético, ayudando a las empresas distribuidoras a disminuir sus pérdidas.

C3 Comercialización de energía

La IA y el aprendizaje automático se pueden utilizar para hacer más eficiente la comercialización de la energía, al predecir la demanda y entregar a los distribuidores información en tiempo real sobre su precio.

C4 Almacenamiento de energía

La IA se puede incorporar a los sistemas de almacenamiento de energía para hacer más eficiente la gestión de energía, permitiendo a las empresas distribuidoras entregar energía cuando es necesario.

C5 Analítica predictiva

La analítica predictiva se utiliza para predecir la forma en la que cambiará la demanda de energía en el futuro o cuándo es probable que una máquina o pieza de equipo falle. Con ello se pueden optimizar las inversiones y planificar la sustitución de activos críticos.

C6 Seguridad de red de energía

La IA y el aprendizaje automático se usan para identificar patrones en datos de energía que pueden ser indicativos de un ciberataque, siendo posible prevenir su efecto sobre las redes eléctricas.

C7 Redes inteligentes

Las redes se integran con sensores, sistemas y plataformas de gestión de energía, siendo posible recopilar datos de consumo para cada dispositivo conectado, siendo con ello posible disponer de información para el desarrollo de proyectos de eficiencia energética.

D. Alimentos

D1 Análisis de tendencias

La IA, puede utilizar en la industria alimentaria para analizar las demandas y necesidades de los clientes. Con esta información se pueden desarrollar productos según sus necesidades.

D2 Inspección de calidad

El uso de máquinas apoyadas por IA junto con algoritmos de IA permite mantener un estándar de calidad adecuado para los diferentes alimentos.

D3 Sensores inteligentes

El uso de sensores inteligentes apoyados por IA permite monitorear y gestionar procesos en la industria e informar sobre anomalías o actividades inusuales.

D4 Segregación alimentaria

Las máquinas personalizadas que utilizan algoritmos de IA se utilizan para segregar alimentos que luego se mezclan para elaborar productos según las necesidades de los clientes.

D5 Seguimiento de cadena de suministro

La AI puede realizar un seguimiento completo de la cadena de suministro, minimizando los problemas en la producción.

Sector Terciario

En este sector se presentan casos de uso de IA en: Gobierno, Educación, Salud, Comercio, Servicios financieros, Logística y transporte e Inmobiliario.

A. Gobierno

A1 Seguridad interior

La IA puede ayudar a los gobiernos a identificar patrones de comportamiento siendo posible con ello disminuir la corrupción al detectar patrones de comportamiento fraudulentos.

A2 Prevención de delitos

La IA se puede utilizar para identificar patrones de comportamiento en delitos y pronosticar los lugares y oportunidades en los que es más probable que ocurran éstos. Con esta información se puede optimizar el uso de recursos policiales.

A3 Seguridad ciudadana

Las cámaras de seguridad con inteligencia artificial pueden analizar imágenes en tiempo real y detectar posibles conductas delictivas, que pueden ser reportadas a las autoridades para el

seguimiento de personas sospechosas.

Gestión de desastres naturales

La IA y el aprendizaje automático pueden hacer predicciones más precisas sobre la posible ocurrencia de desastres naturales, siendo posible salvar vidas y reducir los costos humanos y de infraestructura en casos de ocurrir éstos.

A4 Optimización de llamadas de emergencia

Al presentarse una emergencia, las instituciones encargadas reciben un gran número de llamadas que requieren atención y que no es posible priorizar. Los sistemas de IA y los asistentes de voz pueden analizar grandes volúmenes de llamadas, evaluar el tipo de incidente ocurrido, confirmar su ubicación y clasificar las llamadas en función de la urgencia.

A5 Ayuda en rescate

El uso de robots, sensores o drones puede ayudar al personal de rescate a acceder rápidamente a la información del daño que ha sufrido la infraestructura, evaluarlo y diseñar un plan de acción adecuado para rescatar a personas atrapadas.

A6 Evaluación de daños

Las herramientas de IA como la identificación y detección de imágenes pueden ser útiles para analizar el daño, filtrar de forma rápida y eficiente equipos e instalaciones dañadas y evaluar los daños.

Infraestructura

A7 Planificación urbana

Las tecnologías de IA pueden ayudar a planificar el desarrollo de las ciudades, al identificar las propiedades que se están transando en el mercado y sus características.

A8 Mantenimiento de infraestructura

La IA puede analizar imágenes de carreteras y evaluar los problemas existentes en las obras de infraestructura con el objeto de identificar lugares en los que se deben realizar tareas de mantenimiento.

Transporte y medio ambiente

A9 Transporte público

La tecnología de IA permite que los usuarios del transporte público conozcan la ubicación de los buses que están esperando y reciban información oportuna de su tiempo de llegada.

A10 Gestión de tráfico

La tecnología de IA permite reducir el tráfico y los accidentes, al tener la capacidad de predecir y reducir el tráfico utilizando algoritmos de aprendizaje profundo.

A11 Control de la contaminación

La tecnología de IA y el aprendizaje automático pueden analizar los contaminantes presentes en una determinada zona y predecir los niveles de contaminación futura, permitiendo que las autoridades tomen decisiones oportunas.

B. Educación

B1 Aprendizaje personalizado

La IA permite a los estudiantes tener un aprendizaje personalizado, según sus experiencias y preferencias. Además, los estudiantes con necesidades especiales pueden disponer de sistemas de aprendizaje que consideren sus limitaciones.

B2 Mejoras en la formación

A través de la IA, los profesores pueden entregar a los estudiantes materiales y conocimiento experto único, según su nivel de conocimientos.

B3 Identificación de debilidades

La inteligencia artificial puede ayudar a identificar debilidades específicas de los estudiantes en materias específicas, contribuyendo al desarrollo de una formación personalizada.

B4 Automatización de tareas

La IA puede apoyar a los profesores en sus labores de planificación, revisión de pruebas y trabajo administrativo, liberando tiempo para dedicarlo a la formación de sus alumnos.

B5 Clases digitales

La IA puede analizar un tema y dividirlo en partes más pequeñas, más fáciles de comprender, desarrollar guías de estudio o textos digitales, contribuyendo a la creación de contenido digital.

B6 Asistencia educativa y administrativa

Los *Chatbots* basados en IA pueden apoyar el aprendizaje de los estudiantes, entregando respuesta a las preguntas más frecuentes, disminuyendo con ello el tiempo de dedicación de los profesores y el tiempo de espera de respuesta de los alumnos.

B7 Acceso inclusivo y universal a la educación

La IA en la educación genera nuevas posibilidades de aprendizaje para los alumnos con necesidades especiales, para los que necesitan aprender a diferentes niveles o para quienes desean aprender un tema que no está disponible en su escuela, o no pueden asistir a clases.

C. Salud

C1 Asistentes médicos

La IA, puede ayudar a los pacientes en su atención diaria, haciendo un seguimiento de sus condiciones de salud y/o enviando alertas en caso de ser necesario.

C2 *Wearables* potenciados por IA

Los dispositivos de IoT o "*wearables*", permiten realizar un monitoreo de las condiciones de salud de un paciente y, al potenciarlos con IA, pueden leer sus datos de salud en tiempo real y entregar recomendaciones sobre medicamentos, ejercicio o hábitos que podrían ayudarlo en el cuidado de su salud.

C3 Robots asistentes en cirugía

Los procedimientos de cirugía significan un gran esfuerzo físico para el doctor y la habilidad de los robots cirujanos no cambia al operar sin descanso durante varias horas. Por ello, los robots asistentes para cirugía pueden ayudar al cirujano a realizar este trabajo de mejor forma.

C4 Desarrollo y producción de medicamentos

El desarrollo de medicamentos y vacunas es un proceso muy largo y el uso de IA y análisis de datos pueden acortar este proceso, al detectar los componentes básicos más adecuados para atacar una enfermedad y utilizar el análisis de datos para acelerar el proceso de pruebas.

C5 Análisis de imágenes para diagnóstico médico

Los médicos pueden analizar imágenes médicas como radiografías, scanner y tomografías computarizadas y utilizar el análisis de imágenes para mejorar el diagnóstico de una enfermedad.

D. Comercio

D1 Recomendaciones de productos a clientes

La IA puede analizar una gran cantidad de datos de los clientes y detectar sus preferencias y patrones de compras para sugerirles recomendaciones para compras futuras.

D2 Asistentes virtuales

Los asistentes virtuales interactúan con el cliente, dando respuesta a sus consultas. Esta información posteriormente es utilizada para entregarle ofertas según sus intereses.

D3 Predicción y gestión de la demanda

La tecnología de IA y *Machine Learning* permiten realizar predicciones más precisas de la demanda y de las tendencias de cada estación. Con ello, los vendedores pueden ajustar sus pedidos según la demanda esperada.

D4 Estrategia de precios

La integración e implementación de IA en el comercio permite conocer en tiempo real el precio de un producto en el mercado y analizar a la vez las estrategias de precios de la competencia. Con ello el vendedor puede establecer el mejor precio para sus productos.

D5 Personalización

Las tecnologías de IA y *Machine Learning* permiten entender y analizar mejor el comportamiento de compra de los clientes, con lo que les pueden entregar a una mejor experiencia de compra.

E. Servicios financieros

E1 AI chatbots

El uso de *chatbots* basados en IA puede entregar a los clientes servicios 24 x 7 y dar respuestas oportunas a sus consultas.

E2 Recolección y análisis de datos

La IA, en el sector bancario y financiero, puede realizar procesos de recolección y análisis de conjuntos de grandes datos, de manera eficiente, extrayendo información valiosa de ellos.

E3 Gestión de portafolio y servicios

La IA permite efectuar de manera más efectiva la gestión de portafolio y automatizar el sistema de gestión de tarjetas de débito y de crédito, permitiendo la realización de transacciones más seguras.

E4 Gestión de riesgos

La IA permite comprobar el estado financiero de los clientes, verificar sus documentos y aprobar préstamos en forma rápida y segura, permitiendo una gestión de riesgos más eficiente y efectiva.

E5 Detección de fraudes

La tecnología de IA puede analizar los datos de transacciones y detectar patrones irregulares de comportamiento de un usuario, por lo que las empresas de servicios financieros pueden estar más protegidas de actos fraudulentos.

F. Logística y transporte

F1 IA para vehículos autónomos o autopropulsados

La IA está jugando un papel importante en la fabricación de vehículos autopropulsados. Los principales fabricantes de automóviles introducirán en los próximos años vehículos sin conductor y las empresas de transporte y logística están desarrollando autos y camiones autopropulsados.

F2 Aplicaciones de IA en el Transporte

Los sistemas que utilizan IA predicen y reducen la congestión del tráfico y mejoran la seguridad vial. Esta tecnología reducirá los tiempos de espera en las señales de tráfico y el tráfico por carreteras.

F3 Reducción de los tiempos de espera de los pasajeros

Las aplicaciones móviles de IA están permitiendo a los usuarios, al utilizar sistemas de asistencia y envío de taxis que predicen la demanda, utilizando *big data* para combinar datos de registro de taxis y predicciones demográficas, disminuir los tiempos de espera de los pasajeros.

F4 Taxis de drones

Una de las aplicaciones de IA más innovadoras en el transporte son los taxis de drones. Los drones ya se están utilizando en la entrega de paquetes. Actualmente se están realizando pruebas para la comercialización de taxis de drones autónomos para el transporte de pasajeros.

F5 Buques de carga controlados a distancia

Al igual que lo que está ocurriendo con el sistema de transporte de carga, se espera que los buques de carga sean controlados a distancia utilizando IA.

F6 IA en transporte en camiones

La implementación de la IA está creciendo rápidamente en el área de transporte de carga en camiones. Las tecnologías de inteligencia artificial y aprendizaje automático están mejorando la eficiencia del flete.

G. Inmobiliario

G1 Análisis de propiedades y valoración futura

La IA permite a determinar cuándo es el mejor momento para comprar o vender una propiedad y estimar los precios futuros de venta o arriendo.

G2 Búsqueda y recomendación de la casa

La IA en bienes raíces permite ayudar a buscar propiedades utilizando filtros avanzados, reduciendo el proceso de búsqueda a algunos criterios clave.

G3 Visitas virtuales

La tecnología impulsada por IA permite a los compradores visitar virtualmente una propiedad sin tener la necesidad de conocerla físicamente. Esto es particularmente útil para propiedades lejanas o aún en construcción.

Anexo G – Startups en diferentes sectores de la economía

En este Anexo se presenta un conjunto de 50 empresas, de base tecnológica (Startups) que están prestando servicios, en diferentes países, en los distintos sectores de la economía: Primario (13) Secundario (13) y Terciario (24).

Sector Primario

A. Agricultura

- **A1. Cropain** – <https://www.cropin.com/> - India. Cropin les permite a sus clientes conectarse a bases de datos en las que pueden monitorear sus actividades agrícolas, evaluar la salud de sus cultivos, estimar la mejor fecha de cosecha y detectar plagas y enfermedades, entre otras.
- **A2. AgroScout** – <http://agro-scout.com/> - Israel. AgroScout combina datos de múltiples sensores: drones, datos del clima, satélites, sensores locales y técnicas de *machine learning* y *84eep learning* para identificar y monitorear las plagas en el agro.
- **B. Silvicultura**
- **B1. Teselo** – <https://tesselo.com/> - Portugal. Teselo, es capaz de clasificar especies de árboles, medir y predecir el crecimiento del bosque, monitorear cultivos y detectar plagas e incendios, a través del uso de imágenes satelitales e IA.
- **B2. Terramonitor** – <https://www.terramonitor.com/> - Finlandia. Terramonitor, obtiene imágenes actualizadas de los bosques que permiten: visualizar la forma en la que se gestionan y crecen los bosques, detectar cambios en la biodiversidad, determinar la biomasa y estimar la cantidad de árboles de cada tipo.

C. Ganadería

- **C1. AudioT** – <http://audiot.ai/> - Estados Unidos. AudioT aplica la acústica y el aprendizaje automático para analizar las vocalizaciones de los animales con el objeto de entregarles mayor bienestar y mejorar el rendimiento.
- **C2. Seemarble** – <https://www.seemarble.com/> - Estados Unidos. Seemarble utiliza la inteligencia artificial, visión de la computadora, robótica y otras tecnologías para automatizar tareas repetitivas y tediosas, en toda la cadena de suministro de alimentos.
- **C3. Myaniml** – <https://myaniml.com/> - Estados Unidos. MyAniml (EE.UU.) analiza la imagen de la cara y el hocico de una vaca y predice anticipadamente enfermedades del ganado, antes de que un propietario se pueda dar cuenta utilizando los medios tradicionales.

D. Pesca y Acuicultura

- **D1. ReelData** – <https://www.reeldata.ai/> - Canadá. ReelData utiliza sensores e IA para entregar a los productores análisis predictivos sobre el rendimiento de los cultivos marinos.
- **D2. ViAqua Therapeutics** – <https://www.viaqua-t.com/> - Israel. ViAqua permite entregar medicamentos automáticamente a los peces, por vía oral, para mejorar su resistencia contra las enfermedades.
- **D3. Moleaer** – <https://www.moleaer.com/> - Estados Unidos. Molear desarrolló la tecnología de producción de nanoburbujas a escala industrial, que permite tratar el agua sin utilizar productos químicos.

E. Minería

- **E1. TeiaX** – <https://www.theiax.de/> - Alemania. TeiaX ofrece servicios para la búsqueda y caracterización de recursos minerales, utilizando tecnologías no invasivas y algoritmos de *Machine Learning*, permitiendo a los geólogos tomar decisiones informadas para la ejecución del plan minero.
- **E2. VerAI** – <https://ver-ai.com/> - Estados Unidos. VerAI es un desarrollo que utiliza tecnologías de *machine learning* para detectar depósitos minerales ocultos, aumentando la probabilidad de éxito en el descubrimiento de nuevos minerales.
- **KorrAI** – <https://www.korrai.com/> - Canadá. KorrAI entrega a sus clientes información sobre las características del terreno utilizando su plataforma basada en la nube reduciendo con ello los riesgos en la operación.

Sector Secundario

A. Manufactura

- **A1. Bright Machines** -<https://www.brightmachines.com/> - Estados Unidos. Bright Machines entrega a sus clientes soluciones de manufactura en base a software inteligente, robots de fabricación flexibles y *machine learning*.
- **A2. Path Robotics** – <https://www.path-robotics.com/> - Estados Unidos. Path Robotics provee a sus clientes soluciones de soldadura robótica autónoma utilizando visión de computadora e IA.
- **A3. Peak** – <https://peak.ai/> - Reino Unido. Peak permite a las empresas acelerar el proceso de adopción de tecnologías de datos, aprendizaje automático e IA, a través de su plataforma de software.

B. Construcción

- **B1. Buildots** <https://buildots.com/> - Israel. Buildots se especializa en disminuir las ineficiencias en la construcción, mediante la integración de los datos de los sitios de construcción y el uso de tecnología IA de visión.
- **B2. Dusty Robotics** – <https://www.dustyrobotics.com/> - Estados Unidos. Dusty Robotics utiliza robots que levantan información en terreno para ayudar a los equipos de proyecto a reducir el tiempo de construcción y los costos de retrabajo.
- **B3. Disperse** – <https://www.disperse.io/> - Reino Unido. Disperse es una startup de construcción que utiliza IA para mejorar la productividad en terreno.

C. Energía

- **C1. Octopus Energy** – <https://octopus.energy/> - Reino Unido. Octopus Energy desarrolló una plataforma para una red eléctrica inteligente basada en la nube que utiliza la IA para equilibrar las cargas de la red.

- **C2. Stem** – <https://www.stem.com/> - Estados Unidos. Stem combina IA con almacenamiento de energía para ayudar a las organizaciones a disminuir el costo de energía.
- **C3. Tibber** – <https://tibber.com/en> - Suecia. Tibber es un proveedor de electricidad digital que usa la IA para disminuir el consumo de energía.

D. Alimentos

- **D1. Doing lab** – <https://doinglab.com/en> - Korea. Reconoce diferentes tipos de comida a través de una foto, estima las cantidades de alimentos, calcula el contenido nutricional, las salsas utilizadas, el estilo de cocción y los principales ingredientes.
- **D2. Savormetrics** – <https://savormetrics.com/> - Canadá. Savormetrics utiliza algoritmos de IA para realizar mediciones cuantitativas y cualitativas de productos alimenticios frescos, prediciendo sus curvas de decaimiento y estimando la vida útil restante.
- **D3. Trellis** – <https://trellis.ai/> - Israel. Trellis desarrolló una solución basada en IA para gestionar el suministro y la producción agrícola mediante la proyección de la demanda de mercado.
- **D4. Tule** – <https://tule.ag/> - Estados Unidos. Tule entrega a los viñateros información en tiempo real sobre los niveles de agua y el estrés hídrico de las plantaciones con el objeto de que éstos tomen las decisiones de riego más adecuadas.

Sector Terciario

A. Gobierno

- **A1. Citydata.ai** – <https://beta.citydata.ai> – Estados Unidos. Citydata desarrolló un conjunto de productos que permiten a sus clientes disponer de datos de una localidad. Entre éstos se encuentran datos geoespaciales y patrones de movilidad del municipio.
- **A2. Machine can see** – <https://www.machinecansee.com> – Serbia. Esta Startup entrega diferentes soluciones basadas en visión por computadora para ser utilizadas en ciudades inteligentes. Las soluciones crean una réplica digital de la ciudad en la que se indica la posición de los vehículos y en la cuál es posible realizar el seguimiento y predicción de sus movimientos.
- **A3. Sentry AI** – <https://smartsentry.ai/> - Estados Unidos. Sentry AI utiliza la tecnología de visión computarizada e IA para el reconocimiento facial, detección humana y de vehículos, para la seguridad de las personas.
- **A4. I-React** – <http://project.i-react.eu> – Unión Europea. I-React desarrolló soluciones que buscan tener una sociedad más segura y resiliente a los desastres a través de la integración y modelación de datos provenientes de diferentes fuentes de la Unión Europea.
- **A5. Orora Technologies** – <https://ororatech.com> – Alemania. Orora Technologies es un desarrollador de nanosatélites que entrega soluciones para detección temprana y monitoreo de incendios forestales, entre otras aplicaciones.

- **A6. Tenevia** – <https://www.tenevia.com/en> - Francia. Tenevia desarrolló una solución basada en IA para el análisis de imágenes tomadas por cámaras de vigilancia para controlar los niveles de agua de los ríos y mitigar las amenazas de inundaciones.

B. Educación

- **B1. CoachHub** – <https://www.coachhub.com/> - Alemania. CoachHub es un proveedor de coaching digital que ofrece servicios personalizados, medibles y escalables, según los objetivos de desarrollo de las personas, que tengan las organizaciones.
- **B2. Riid** – <https://riid.com/> - Korea. Riid es un proveedor de soluciones educacionales que entrega una oferta educacional basada en IA.
- **B3. Liulishuo** – <https://www.liulishuo.com/en/> - China. Liulisho es una solución que ayuda a los usuarios a aprender inglés de manera más eficiente y comunicarse con el mundo a través de tecnología.

C. Salud

- **C1. Babylon** – <https://www.babylonhealth.com/en-us> - Reino Unido. Babylon es un proveedor de servicios de salud que usa la IA para responder preguntas de los usuarios y permite tener consultas virtuales con profesionales de la salud a través de mensajes de texto y video.
- **C2. Freenome** – <https://www.freenome.com/> - Estados Unidos. Freenome apoya sus clientes utilizando IA para la detección y diagnóstico temprano de cáncer.
- **C3. Recursion Pharmaceuticals** – <https://www.recursion.com/> - Estados Unidos. Recursion Pharmaceuticals utiliza IA para descubrir nuevas drogas y acortar sus plazos de desarrollo.

D. Comercio

- **D1. Trax** – <https://traxretail.com> – Singapur. Trax recopila datos en tiempo real de la disponibilidad de productos en una tienda de retail, utilizando una combinación de visión por computadora, aprendizaje automático, cámaras y robots autónomos.
- **D2. Bossa Nova Robotics** – <https://www.bossanova.com> – Estados Unidos. Bossa Nova escanea productos de tiendas comerciales, ayudando a los empleados con la reposición de los productos.

E. Servicios Financieros

- **E1. SenseTime** – <https://www.sensetime.com/en> - China. SenseTime desarrolló una plataforma tecnológica basada en IA que puede ser escalable y adaptable a un gran número de aplicaciones.
- **E2. Shift Technology** – <https://www.shift-technology.com/> - Francia. Shift Technology permite automatizar y optimizar la toma de decisiones de las aseguradoras mediante soluciones que combinan IA y experiencia para entregar las mejores decisiones a sus clientes.
- **E3 ZestFinance** – <https://www.zest.ai> – Estados Unidos. ZestFinance ayuda a los bancos y entidades financieras, mediante IA, a predecir el riesgo de crédito de sus clientes.

F. Logística y transporte

- **F1. Scale** – <https://www.scaleai.ca> – Canadá. Scale AI es un clúster global de IA de Canadá, liderado por la industria, que ayuda a las empresas a mejorar sus ofertas de productos y servicios basados en IA.
- **F2. Optibus** – <https://www.optibus.com> – Israel. Optibus es una plataforma de software que apoya a sus clientes para que puedan entregar a los usuarios, un servicio de transporte público eficiente y sostenible.
- **F3. Covariante** – <https://covariant.ai> – Estados Unidos. Covariante está construyendo una IA universal que permite a los robots ver, razonar y actuar en el mundo. Están actualmente evaluando su viabilidad comercial.

G. Inmobiliario

- **G1. Zillow** – <https://www.zillow.com/> - Estados Unidos. Zillow es una plataforma basada en una red neuronal, entrenada en millones de fotos y valores de propiedades que “lee” fotos de nuevas propiedades y obtiene información relevante.
- **G2. Localize** – <https://localizehq.com> – Estados Unidos. Localize usa la IA para revisar los listados de propiedades obteniendo antecedentes adicionales a los publicados como: la luz que recibe la propiedad, la proximidad a parques y centros comerciales, entre otros.
- **G3. Realyse** – <https://www.realyse.com/> - UK. Realyse ayuda a los inversionistas a tomar decisiones sobre propiedades a través del acceso a su base de datos residenciales.
- **G4. Rex** – <https://www.rex.com/> - USA. Rex posee un asistente de IA que facilita la comunicación entre los equipos de mantenimiento de las propiedades y los dueños y/o arrendatarios que utiliza reconocimiento de voz para transcribir llamadas de mantenimiento y etiquetarlas para su priorización.

Anexo H: Institutos y centros de investigación

Instituto de Datos e Inteligencia Artificial (ID&IA)

Este instituto, creado recientemente en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, agrupa las investigaciones realizadas en distintos departamentos, como Ciencias de la Computación, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial e Ingeniería Matemática y en Centros de Excelencia como el Centro de Modelamiento Matemático (CMM), el Instituto Milenio Fundamentos de los Datos (IMFD), Centro Avanzado de Tecnología para la Minería (AMTC), Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería (ISCI).

Entre los objetivos del ID&IA está *“desarrollar investigación de alta calidad, apoyar la formación de académicos y profesionales de excelencia, contribuir al desarrollo nacional con soluciones innovadoras basadas en análisis de datos y en la construcción y aplicación de herramientas que utilizan inteligencia artificial, además de construir vínculos con otros centros locales y extranjeros en las áreas de datos e inteligencia artificial”*.

Inteligencia Artificial y Análisis de Datos

El Centro Avanzado de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Técnica Federico Santa María (AC3E) creó una línea de investigación en Inteligencia Artificial y Análisis de Datos orientada al desarrollo de proyectos y productos que entreguen a la industria y a la sociedad las soluciones que requieren para sus necesidades.

Entre sus áreas de investigación se encuentran: extracción y procesamiento de señales de sensores, diseño de dispositivos y procesadores de datos no convencionales, digitalización y representación de la información, comunicaciones entre dispositivos y agentes de datos, interpretaciones y extracción de significado de los datos y uso de métodos de aprendizaje automático, aprendizaje estadístico, inferencia y decisión.

Instituto milenio en Ingeniería e Inteligencia Artificial para la Salud

El Instituto milenio en Ingeniería e Inteligencia Artificial para la Salud, creado por la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de Chile y la Universidad de Valparaíso, junto a otras universidades, tiene por objetivo *“desarrollar métodos innovadores que integren imágenes médicas, ingeniería e inteligencia artificial (IA) para mejorar las atenciones médicas basadas en imágenes con el objetivo, a largo plazo, de que ésta sea una alternativa más asequible y accesible a todos los chilenos”*.

El instituto reúne equipos interdisciplinarios de expertos y expertas para abordar los desafíos de la ingeniería en salud de forma interdisciplinaria y sinérgica en estrecha colaboración con hospitales, la industria y una amplia red científica nacional e internacional.

Las principales líneas de investigación son: Tecnologías de imágenes médicas para diagnósticos tempranos y no invasivos de patologías; problemas inversos para la reconstrucción de imágenes médicas y reducción de los tiempos de escaneo; métodos de inteligencia artificial informados por la física para de las imágenes médicas; inteligencia artificial fiable y explicable que integra a las imágenes médicas con otros datos clínicos del paciente; biomarcadores basados en imágenes y

sensores fisiológicos para el diagnóstico precoz y la caracterización de enfermedades cardiovasculares, hepáticas y oncológicas.

Instituto de Data Science (IDS)

En Instituto de Data Science se creó el 7 de marzo de 2016, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Desarrollo, con el objeto de: *“desarrollar tecnologías motivado por los grandes desafíos sociales y de la industria contribuyendo de manera creativa y efectiva al desarrollo de la sociedad”*.

Las áreas de trabajo definidas IDS son: Minería, Agronomía, Ciudades Inteligentes, Salud y Predicción del Comportamiento Humano.

Inteligencia artificial y derecho (IA+D)

En el año 2020, se creó en la Universidad Autónoma, el grupo de investigación en Inteligencia Artificial y Derecho (IA+D) que reúne a los investigadores que trabajan en temas relacionados con la IA y el Derecho.

Entre las líneas de investigación se encuentran: protección de datos personales, ética, ciberseguridad, contratos inteligentes y tributación de las nuevas tecnologías.

Anexo I – Startups en Chile

Según un estudio realizado por Endeavor, existen más de 100 empresas chilenas que utilizan IA para construir y entregar sus servicios⁷². En este Anexo se presenta un conjunto de empresas que han desarrollado o implementado soluciones, utilizando esta tecnología, en diferentes áreas de la economía o de la sociedad.

Altum Lab – mejora en la cosecha de salmón

La Startup, Altum Lab, desarrolló Bruna AI, una plataforma web que utiliza modelos matemáticos y análisis de datos avanzados que toman en consideración una serie de variables como las capacidades de producción de salmón, la demanda y el precio, para optimizar las operaciones en la cadena de valor.

GeneproDX – test de cáncer de tiroides

GeneproDX, spin off de biotecnología de la Universidad Católica, desarrolló ThyroidPrint, un test de cáncer de tiroides basado en el análisis de marcadores genéticos a través de inteligencia artificial, que ayuda a determinar si un nódulo tiroideo con un resultado indeterminado es benigno o maligno, sin necesidad de cirugía.

ITAA – disminución de accidentes de tránsito

En Chile, un 80% de los accidentes de camiones en ruta tienen como una de sus causas, la fatiga humana. Cada año fallecen 130 personas por accidentes de camiones. ITAA es una Startup chilena que utiliza tecnología basada en inteligencia artificial, para gestionar el sueño y disminuir los accidentes de tránsito ocasionados por la fatiga.

IsBast - venta segura y rápida de propiedades

IsBast, es una empresa chilena, que pone a disposición del cliente un sistema tecnológico con inteligencia artificial que apoya al cliente en el proceso de compra o venta de una propiedad con seguridad y rapidez, permitiéndole incluso, cerrar una operación en 24 horas, reemplazando a los corredores de propiedades y disminuyendo los altos costos de las comisiones.

Konatec - ahorro de agua en procesos mineros

Uno de los problemas ambientales más relevantes es la sequía y falta de recursos hídricos y muchas localidades deben enfrentarse a la escasez diaria de agua potable. La minería consume una gran cantidad de agua en sus procesos. La startup Konatec, creó Khreo, tecnología que permite medir en tiempo real el procesamiento de minerales con el objeto de que se consuma en el proceso solamente el agua necesaria.

Runway - creación audiovisual

Runway es una Startup que nació a finales de 2018 y permite generar, modificar, y editar automáticamente productos audiovisuales hiperrealistas a partir de algoritmos de inteligencia artificial. Utilizando modelos de *machine learning*, la herramienta puede aprender o conocer las características de los objetos que se le presentan para luego, de manera automática, crear innumerables variaciones de imágenes, sonido, texto y video del objeto que debe generar.

72 <https://www.df.cl/df-lab/innovacion-y-startups/la-hora-de-las-startups-que-crean-inteligencia-artificial-en-chile>

Shippify - logística de última milla

Uno de los problemas logísticos más comunes en América Latina es la etapa final de entrega de un producto a un cliente (última milla). La empresa Shippify, fundada en Chile está operando con la mayoría de las empresas de comercio electrónico presentes en América Latina para realizar la entrega de productos de sus clientes a los usuarios finales.

StatKnows - trazabilidad del plástico reciclable

StatKnow es una startup chilena que trabaja en base a inteligencia artificial aplicada y ciencia estadística para crear sistemas inteligentes con modelamiento predictivo. Esta empresa creó Reciclame, plataforma que cruza la información de los códigos de barra de las botellas plásticas utilizando tecnología *blockchain* y con inteligencia artificial realiza la trazabilidad del plástico reciclable.

Suncast – generación eléctrica con energía renovables

Suncast, es una startup iniciada en diciembre de 2017 que aplica Inteligencia Artificial a la generación eléctrica con energías renovables solar y eólica para predicción de producción horaria, para su despacho al Coordinador Eléctrico Nacional.

El servicio de Predicción de Generación Suncast permite a los coordinados enviar predicciones de manera confiable y segura al Coordinador Eléctrico Nacional con lo que se puede proyectar de manera más certera el despacho de la energía, dando más confiabilidad a las fuentes de energía renovables variable, y con ello, mayor garantía al sistema eléctrico.

The Live Green Co, NotCo, Protera y Done Properly, alimentación saludable

La alimentación es un importante desafío en un mundo en el que la población está creciendo y los recursos son cada vez más escasos. Es necesario por lo tanto ofrecer alimentos más nutritivos y de mayor calidad, cuidando el medioambiente. En este escenario, cuatro empresas chilenas, con capitales extranjeros, han desarrollado sistemas de alimentación en base a plantas y uso de inteligencia artificial: The Live Green Co, NotCo, Protera y Done Properly.

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE EMPRESAS SOCIAS

AGUAS ANDINAS S.A.
ANGLO AMERICAN CHILE LTDA.
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO
BESALCO S.A.
CIA. DE PETROLEOS DE CHILE COPEC S.A.
COLBÚN S.A.
CyD INGENIERÍA LTDA.
EMPRESA CONSTRUCTORA BELFI S.A.
GUZMÁN Y LARRAÍN VIVIENDAS ECONÓMICAS SPA.
EMPRESA CONSTRUCTORA PRECON S.A.
EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES S.A.
EMPRESAS CMPC S.A.
ENAEX S.A.
ENEL GENERACIÓN CHILE S.A.
FLUOR CHILE S.A.
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SIGDO KOPPERS S.A.
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.

EMPRESAS DE INGENIERÍA COLABORADORAS

ACTIC CONSULTORES LTDA.
ARCADIS CHILE S.A.
IEC INGENIERÍA S.A.
JRI INGENIERÍA S.A.
LEN Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
SYNEX INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
ZAÑARTU INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

