

Manual Imprescindible

Inteligencia Artificial

Guía definitiva desde los orígenes a la IA generativa

Adrián González Sánchez • Laura Sánchez Fernández
Doneyli de Jesús • Jorge Valenzuela Jiménez
Elena González-Blanco García • Miguel González-Fierro Palacios
Valentina Alto • Juan Manuel Belloto
Malini Jain • Carlos de Huerta Mezquita

Prólogos de Pilar Manchón (Google) y Juan M. Lavista (Microsoft, AI For Good)
Epílogos de Oriol Vinyals (Google DeepMind) y Alberto Granados (Microsoft EMEA)

ANAYA MULTIMEDIA

Inteligencia artificial

Guía definitiva desde los orígenes a la IA generativa

Manual Imprescindible

MI

Inteligencia artificial

Guía definitiva desde los orígenes a la IA generativa

Adrián González Sánchez
Doneyli de Jesús
Elena González-Blanco García
Valentina Alto
Malini Jain
Laura Sánchez Fernández
Jorge Valenzuela Jiménez
Miguel González-Fierro Palacios
Juan Manuel Belloto Gómez
Carlos de Huerta Mezquita

Primera edición: septiembre de 2025.

Diseño de cubierta: Celia Antón Santos
Imagen de cubierta: © 2004-2025 Shutterstock, Inc.
Revisión técnica: Luis Morgado Cumbreño

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© Adrián González Sánchez, Laura Sánchez Fernández,
Doneyli de Jesús, Jorge Valenzuela Jiménez, Valentina Alto,
Elena González-Blanco García, Miguel González-Fierro Palacios,
Juan Manuel Belloto, Malini Jain y Carlos de Huerta Mezquita

© 2025 Pilar Manchón (prólogo)
© 2025 Juan M. Lavista (prólogo)
© 2025 Oriol Vinyals (epílogo)
© 2025 Alberto Granados (epílogo)

© EDICIONES ANAYA MULTIMEDIA (GRUPO ANAYA, S.A.U.), Madrid 2025
Valentín Beato, 21
28037 Madrid.
www.anayamultimedia.es



Depósito legal: M-8732-2025
ISBN: 978-84-415-5212-8
Impreso en España - Printed in Spain

A todas las personas que entienden la importancia del lenguaje como medio de acceso al conocimiento, sin perjuicio de su geografía o lengua materna.
Y, por supuesto, a todos y todas aquellas que quieren aprender inteligencia artificial en español y buscan una guía de referencia.
—Adrián

A todas las chicas que eligen formarse y trabajar en áreas STEAM.
Que no se limiten al compartir conocimiento con sello propio y busquen siempre espacios y personas donde su talento sea reconocido y valorado.
—Laura

Para todo aquel con un deseo indomable de aprender.
El cambio es la única constante y el conocimiento es la mejor manera de adaptarse.
—Doneyli

A quienes entienden que la tecnología es un medio, no un fin. A Joanna, mi mujer, brújula de vida.
A Paula y Álex, mis hijos, por enseñarme que la imaginación es el lenguaje natural del futuro.
Y a todos los que entienden que la inteligencia (artificial o humana) sólo tiene sentido si se pone al servicio de lo que realmente importa.
—Jorge

A mis cuatro preciosos hijos, que me enseñan en el día a día hacia dónde vamos con la tecnología y la inteligencia artificial, y cuáles son los mejores y peores usos que hacer de ella.
Y a todos los hispanohablantes curiosos, con ganas de aprender más sobre inteligencia artificial. Este libro es un esfuerzo más por acercarles el conocimiento que tenemos hoy —que pasado mañana probablemente estará desactualizado—, pero que esperamos sirva para abrir el apetito hacia un dominio que, a día de hoy, ya no es opcional.
—Elena.

A mis hijos, con la esperanza de que usen la IA para construir un mundo mejor.
—Miguel

A ti, lector, gracias por elegir aprender. No hay nada más hermoso y poderoso que alimentar tu curiosidad, especialmente en un mundo que se mueve tan rápido como el nuestro.
A mi familia, que me apoyó mucho antes de entender a qué me dedico. A los amigos y colegas que alimentan mi curiosidad y me recuerdan por qué compartir el conocimiento importa.
—Valentina

A ti, por tu interés en aprender.
A mis padres, por sus enseñanzas y apoyo durante toda su vida. A mi madre, por su afán de superación tras la partida de mi padre. A Arancha, por su amor, acompañamiento y comprensión.
—Juanma

A todas las personas curiosas que no temen hacerse preguntas difíciles sobre la tecnología, el futuro y el rol que desempeñamos en su modelación.
Y a quienes creen que el liderazgo y la empatía son tan importantes como los algoritmos.
—Malini

Para ti, que sabes que el verdadero test de Turing consiste en conseguir que tu familia entienda a qué te dedicas.
—Carlos

gracias

Este libro es una celebración del trabajo conjunto de todos los autores y del equipo de ANAYA. Una ardua tarea de creación de contenido, coordinación, y una generosa voluntad de crear algo más grande que la suma de todos nosotros. Gracias a Claudia Valdés-Miranda por su esfuerzo y paciencia y a Eugenio Tuya por creer en esta idea.

Gracias a ellos y a mi familia, con mención especial a mi mujer por su conocimiento y apoyo, y a mi tío Luis por su entusiasmo continuo, ganas de aprender, y ayuda como paciente cero de este libro.

—Adrián

Gracias a mi padre, Alfonso, y a mi madre, Angélica, por ser ejemplo de perseverancia, compromiso y trabajo bien hecho, y por recordarme siempre que cada uno de nosotros es único y especial en el mundo, y que es importante aportar con esa unicidad a un mundo más humano.

A mis hermanos, por estar siempre ahí, sin necesidad de muchas palabras. A mi amigo Carlos Toledo, por acompañarme en la distancia con paciencia, lucidez y apoyo incondicional en cada idea o proyecto en el que decido participar o desarrollar. A Adrián, gracias por creer constantemente en mi potencial para comunicar en STEAM y por abrirme las puertas al mundo editorial y de la divulgación a través de este libro.

—Laura

Nada que valga la pena se logra solo. Gracias a mi esposa y compañera de vida, Ysimer, que siempre me apoya en mis locuras pero me mantiene centrado en lo que vale la pena.
A mis hijas, Victoria y Matilda, mis chiquitas. Me han enseñado a detenerme a disfrutar hasta lo más mínimo. Todo vale la pena por ustedes. A mis padres, María Luisa y Félix, porque me enseñaron que no hay límites. A los colegas, mentores y amigos que han dejado su huella en mi vida. ¡Gracias por tanto!

—Doneyli

Porque este libro es de quienes han estado cerca, incluso en silencio. A mi mujer, que es tierra firme cuando todo tiembla, viento a favor cuando me detengo y brújula cuando me pierdo. A mis hijos, que me recuerdan que el futuro no se predice sin saborear el presente. A mi madre, por ser guía desde el cielo. A mis compañeros de trabajo, mentores y amigos, por cada aventura compartida en este viaje de aprender y crear.
Y a ti, lector, que das sentido a estas páginas con tus ganas de aprender. Gracias, de corazón.

—Jorge

A mi marido, por estar siempre ahí, con paciencia, amor y una fe inquebrantable en mí. Gracias por apoyarme en cada paso de mi carrera, incluso en mis decisiones más alocadas y en los proyectos más extravagantes en los que me he embarcado. Tu apoyo constante y todas tus enseñanzas han sido y seguirán siendo mi ancla y mi impulso cada día.

A Adrián González Sánchez, compañero en Microsoft y cómplice en todas las aventuras de inteligencia artificial, por su insistencia —casi terquedad— en que escribiera este capítulo. Después de oírme decir al menos cinco veces que ya no tenía tiempo para esto, me respondió con un simple: «Espero lo que haga falta, pero este capítulo tiene tu nombre». Gracias por no rendirte.

Y a Microsoft, la compañía donde trabajo, por todo lo que estoy aprendiendo y por brindarme acceso a herramientas extraordinarias que hacen más fácil el día a día. En especial, gracias a Copilot Research, que ha sido un apoyo fundamental para abordar un trabajo de esta magnitud, calidad y exigencia. Gracias por convertir cada mañana en un nuevo reto, por empujarme a salir de mi zona de confort y por recordarme que siempre hay nuevas fronteras que explorar y algo interesante por descubrir.

—Elena

Mi viaje ha sido el de un estudiante de ingeniería que tenía tantas ganas de aprender que nunca dejó de ser estudiante. Es por eso que escribí este libro, con la esperanza de ayudar a otros con las mismas ganas de aprender que yo. Me gustaría expresar mi gratitud a todos los que me han acompañado en este viaje. Y para ello propongo un brindis: Por Adrián González Sánchez y al resto de coautores, por el esfuerzo y cariño con el que han escrito este libro.

Por el Prof. Carlos Balaguer y el Prof. Thrishantha Nanayakkara, mis dos grandes maestros y mentores, por su sabiduría y guía a lo largo de los años. Por todos mis compañeros de la escuela de ingeniería, de la época de mi doctorado, de mis emprendimientos y de Microsoft, por su fuerza para usar la tecnología para mejorar la vida a la gente.

Por mi familia, en especial por mi mujer e hijos, por su cariño y soporte incondicional. Y por ti, estimado lector, para que la IA te ayude en tu viaje.

—Miguel

Gracias a todos los que han sido parte de este viaje: a mis seres queridos por su apoyo, a los colegas que inspiraron nuevas ideas y a quienes creen que el conocimiento debe compartirse, no guardarse.

—Valentina

A todos mis compañeros de viaje desde 2018, cuando decidí dedicarme a la IA y, además, hacerlo a mi manera, dando un salto sin red. A Adrián González Sánchez, por este libro y por los otros proyectos que he tenido la suerte de disfrutar junto a él en los últimos años.

—Juanma

Gracias a mi esposo por su paciencia, apoyo incondicional y por creer en mí en cada paso del camino. A mi familia, por su amor constante, sin importar la distancia. Y a mis colegas y equipos, cuya curiosidad y compromiso me inspiran a diario.

—Malini

Gracias, ante todo, a mi familia, por su apoyo ilimitado y por recordarme, una vez más, que este debería ser el último libro; a mis amigos, por confiar en mí y por ayudarme a disfrutar de las pequeñas cosas; y a quienes leen estas páginas, por participar activamente en el futuro que queremos construir con la IA. Shoshin.

—Carlos

Índice de contenidos

Prólogo de Pilar Manchón 15
Prólogo de Juan M. Lavista Ferres 18
Acerca del libro y sus autores 20

1. Introducción a la inteligencia artificial en el contexto moderno 23
El momento actual de la IA a nivel tecnológico, político y social 25
Historia de la IA y principales acontecimientos 26
Capacidades tecnológicas 30
Capacidades ligadas a la IA 32
Otras tecnologías habilitantes 33
Concepto de ciclo de vida técnico de IA 35
Perfiles relacionados con los proyectos de IA 38
Roles y habilidades tradicionales 38
Evolución tras la llegada de la IA generativa 40
Aprendizaje continuo en un contexto cambiante 42
Gestión de la inteligencia artificial en las empresas 43
Nivel 1: Estrategia de la IA 44
Nivel 2: Gestión táctica de proyectos y productos de IA 47
Nivel 3: Gestión técnica 50
Conclusiones 54

2. Base matemática y estadística **55**

Las piezas matemáticas que constituyen la IA 57
Álgebra lineal y representación de datos 58
Normas y distancias matemáticas 64
Noción de producto escalar de vectores 67
Otros conceptos clave 68
Cálculo diferencial e integral en la optimización de modelos 73
¿Por qué hablamos de cálculo diferencial e integral en IA? 74
Derivadas y gradientes para la optimización de modelos 74
Curvas de error y visualización del progreso 74
Integrales y la acumulación del conocimiento 75
Fórmulas y su aplicación en IA 75
Probabilidad y modelado de incertidumbre en IA 82
El café, las prisas y la probabilidad del 60 % 83
Tipos de eventos 84
Incertidumbre, superstición y sesgo de confirmación 85
Teorema de Bayes y aprendizaje probabilístico 89
Clasificación probabilística: «¿es spam?» 89
Transformaciones matemáticas y reducción de dimensionalidad 94
Demasiadas dimensiones, poco sentido 94
Funcionamiento del «Principal Component Analysis» (PCA) 95
Concepto de descomposición SVD 97
Antes de seguir: una parada en la regresión lineal 100
Optimización numérica y regularización de modelos 101
El problema: sobreajuste o subajuste 101
L1 y L2: dos estrategias con enfoques distintos 102
Otros tipos de regularización 104
Métricas y evaluación de modelos 104
Postentrenamiento de modelos 105
Métricas comunes según el tipo de problema 105
¿Qué aprendiste al medir? 108
Conclusiones 109

3. Ciencia y preparación de datos para IA 111

Importancia estratégica de los datos en la IA 113
Panorama y fuentes de datos como combustible de la inteligencia artificial 114
El abanico de los datos: una guía para la era cognitiva. 114
Orígenes y captura: de océanos públicos a tesoros privados 117
Arquitecturas de almacenamiento como base de la estrategia de datos. 119
Del caos al orden: exploración y preparación de datos para la IA. 120
El diálogo con los datos: el arte y la ciencia del EDA. 120
Del diagnóstico a la acción: limpieza y enriquecimiento de datos. 121
Crear valor sintético: la aumentación de datos. 123
El taller del científico de datos: herramientas y reproducibilidad 124
El futuro de la preparación de datos: automatización y privacidad 125
Etiquetado y anotación de datos: enseñar a la IA su lenguaje. 126
Ground-truth: la realidad acordada para la IA. 127
Garantizar la coherencia: guías y métricas de calidad 129
Del trabajo manual a la IA: estrategias de etiquetado. 129
La transición hacia la IA centrada en los datos (Data-Centric AI) 131
Líneas de investigación emergentes y conclusión 131
División, muestreo y versionado: los pilares de la experimentación y la confianza en IA. 132
La división de datos: el cimiento para una evaluación honesta 133
Nuevas fronteras en la validación: alineamiento y seguridad en LLM 135
Muestreo y versionado para la representatividad y reproductividad. 135
Documentación y acuerdos para formalizar la confianza en la IA. 136
Gobernanza, calidad y cumplimiento: la trinidad para una IA confiable 138
El fundamento invisible: dimensiones de calidad de datos para IA 138
Gobernanza de datos: el pilar estratégico 139
Cumplimiento y gestión de riesgos: navegar por el laberinto legal y ético 140
Políticas de retención y jurisdicción en un mundo global 141
Vectores y bases de datos: así habla la inteligencia artificial 142
La base de todo: de datos a vectores con significado. 142
La evolución de los modelos: de palabras aisladas a contextos multimodales . . 143
Infraestructura para la inteligencia: bases de datos vectoriales 145
Recuadro práctico: el ecosistema de las bases de datos vectoriales 146
Aplicaciones avanzadas: potenciando la IA con recuperación de información . 146

Retos y mejores prácticas en la preparación de datos 147
Sortear los errores más comunes 148
De la artesanía a MLOps: un paradigma de colaboración y calidad 149
Caso práctico: del dato crudo al activo de producción 150
Conclusiones 156

4. Aprendizaje automático y aprendizaje profundo 157

¿Qué significa que una máquina aprenda? 159
Categorías del aprendizaje automático 162
Aprendizaje supervisado 163
Aprendizaje no supervisado 163
Aprendizaje por refuerzo 164
Aprendizaje híbrido o mixto 165
Algoritmos clásicos de ML como punto de partida 166
Tareas de clasificación 168
Modelos de regresión 174
Algoritmos de clustering 179
Técnicas de reducción de la dimensionalidad 182
Mecanismos de detección de anomalías 184
¿Qué es el aprendizaje profundo y DL? 186
Conceptos fundamentales 187
Métricas de evaluación: cómo saber si un modelo funciona 198
Problemas de clasificación 198
Problemas de regresión 201
Problemas de aprendizaje con datos no etiquetados 202
Evaluación de modelos neuronales: métricas, validación y desafíos particulares 203
Comparativa ML vs DL: fortalezas y limitaciones 205
Ecosistema tecnológico y herramientas para crear soluciones ML/DL 208
Lenguajes de programación 208
Frameworks de ML clásico 209
Frameworks de deep learning 209
Bibliotecas para PLN y visión por ordenador preentrenadas 210
MLOps y despliegue 210
Herramientas de explicabilidad y «fairness» 211
Comunidades y repositorios 211
Conclusiones 212

5. Procesamiento del lenguaje natural 213

Introducción al procesamiento del lenguaje natural 215
Conceptos clave de PLN a lo largo del tiempo 218
Primeros pasos y visiones pioneras (desde el siglo XVII hasta 1960) 218
Era de la IA simbólica (años 60 y 70) 220
Revolución estadística y aprendizaje automático (años 80 y 90) 223
Consolidación y aplicaciones (2000-2010) 227
Aprendizaje profundo y modelos de lenguaje neuronales (2010-2020) 231
Grandes modelos, retos y tendencias futuras (a partir de 2020) 235
Consideraciones técnicas y conceptos clave de PLN 237
Campos del PLN 237
Etapas y técnicas principales 238
Selección de herramientas y tareas 240
Métricas de rendimiento 243
Conclusiones 244

6. Sistemas de recomendación 245

Introducción a los recommenders 247
Datos en sistemas de recomendación 250
Recopilación de datos 251
Retos en los datos de los sistemas de recomendación 252
Modelos en sistemas de recomendación 254
Filtro colaborativo 254
Filtro basado en contenido 257
Modelos avanzados 259
Sistemas de recomendación e IA generativa 263
Puesta en producción de sistemas de recomendación 265
Arquitecturas de producción 265
Evaluación de sistemas de recomendación 270
Toolkit tecnológico 272
Librería Recommenders 272
Conclusiones 274

7. Inteligencia artificial generativa 275

Diferencia entre IA tradicional e IA generativa 277
Modelos generativos de IA: introducción a los modelos de gran base 280
Conceptos de los modelos grandes de lenguaje 280
Introducción a la multimodalidad 284
El auge de los pequeños modelos lingüísticos 287

Noción de preentrenamiento y postentrenamiento. 289
Conceptos de «prompt engineering» 292
Mejores prácticas 293
Técnicas avanzadas 295
Introducción a los patrones RAG. 296
Orquestadores de IA para la integración de modelos en aplicaciones 300
Agentes de IA generativa. 302
Patrones de arquitectura para sistemas multiagente. 305
Métricas de rendimiento 307
Conclusiones. 310

8. Inteligencia artificial responsable 311

Necesidad de la IA responsable 313
Complejidad de la IA responsable. 314
Dimensiones para conseguir una IA responsable: ética, regulación y normativa . 316
Principios para una IA responsable. 318
Supervisión humana. 321
Solidez técnica y seguridad. 326
Gestión de la privacidad y de los datos 332
Transparencia 338
Diversidad, no discriminación y equidad 344
Bienestar social y ambiental 349
Rendición de cuentas 354
Relaciones entre los principios éticos 360
Un anillo para gobernarlos a todos 361
Conclusiones. 362

9. Gestión de proyectos de datos e IA 363

Ciclo de vida de un proyecto de IA. 365
Fase 1: exploración. 368
Fase 2: movilización 371
Fase 3: entrenamiento, ajuste y pruebas 372
Fase 4: puesta en producción 372
Fase 5: lanzamiento 373
Fase 6: monitoreo y mantenimiento 374
Desafíos del proyecto de IA. 374
Las incertidumbres de la investigación del producto 374
Gestión de la experimentación frente a las expectativas de entrega 375

Recomendaciones para organizar el «caos» 376
Involucrar de manera activa a las partes interesadas 376
Invertir en cultura 377
Construir un marco de trabajo que funcione 379
Adoptar un enfoque híbrido 382
Caja de herramientas («toolbox») 383
Herramientas de gestión de riesgos 384
Técnicas de planificación y priorización 385
Conclusiones 392
Mentalidad estratégica del director de proyectos de IA 392

10. Impacto en innovación, aplicaciones reales y experiencia de usuario 395

Contexto histórico y evolución de las interfaces inteligentes 397
Xerox PARC 398
Interacciones humano-máquina (HCI) 401
Evolución, capacidades y ejemplos en la interacción con IA 402
Caso de estudio: Clippy 406
IA y diseño para la cocreación 410
Modelos de interacción IA + UX 412
Patrones emergentes 415
Diseño de interacción humano-IA centrado en las personas 421
Caso práctico: HAX Toolkit de Microsoft 423
Impacto de la IA en la creatividad 426
Pensamiento divergente 427
Creación de aplicaciones 429
Creación de contenido media 431
El futuro de la interfaz gráfica 434
El próximo navegador 436
Inteligencia ubicua 440
Conclusiones 443

Epílogo de Oriol Vinyals y Gemini 2.5 444
Epílogo de Alberto Granados 446



Pilar Manchón

PRÓLOGO 1

Hace apenas unas décadas, éramos solo un puñado de investigadores en todo el mundo soñando con una inteligencia artificial digna de nuestra imaginación. Aspirábamos a un futuro donde una superinteligencia, al servicio de la humanidad, nos permitiera construir una sociedad más próspera, justa y amable. En aquellos días, los grandes enigmas de la ciencia se desvelaban lentamente, y lograr que un agente conversara de forma natural y flexible parecía una meta tan ambiciosa como lejana.

Hoy, ese futuro ha llegado a una velocidad y escala que ni nosotros mismos anticipábamos, y esto es solo el comienzo. Aunque existen innumerables ejemplos que parecen extraídos de la ciencia ficción, uno de los más reveladores es el de AlphaFold. Esta herramienta, cuyos autores han sido galardonados con el Premio Nobel de Química en 2024, no solo ha revolucionado la biología al resolver el problema del plegamiento de las proteínas, sino que lo ha hecho con un espíritu de generosidad, poniendo su conocimiento a disposición de toda la humanidad. En cuestión de semanas, predijo las estructuras de los más de 200 millones de proteínas conocidas, para poco después descifrar cómo interactúan las partículas de la vida (AlphaFold 3) e incluso a diseñar proteínas completamente nuevas (AlphaProteo).

Pero la IA no solo está transformando la ciencia; se ha entretejido de manera inseparable en nuestra vida cotidiana. Nos recomienda la próxima canción, optimiza la ruta al trabajo, detecta fraudes bancarios y ayuda a los médicos a salvar vidas con diagnósticos más precisos. Estamos incluso adentrándonos en las áreas de salud mental y emocional y abordando problemas tan complejos como el de la soledad. Su presencia es tan ubicua que resulta difícil encontrar una actividad humana donde no participe, directa o indirectamente.

Sin embargo, esta omnipresencia trae consigo una responsabilidad ineludible. A medida que la IA se vuelve más poderosa, las preguntas sobre su impacto se vuelven más urgentes. ¿Cómo nos aseguramos de que los algoritmos no amplifiquen los prejuicios de nuestra sociedad? ¿Cuál es el futuro del trabajo? ¿Qué papel va a jugar el ciudadano medio? ¿Quién responde cuando un sistema autónomo falla? Y, sobre todo, ¿cómo garantizamos que su desarrollo permanezca alineado con los valores humanos antes de alcanzar el punto de no retorno? Ignorar estas cuestiones no es una opción. Entender la inteligencia artificial ya no es un asunto exclusivo de ingenieros y especialistas, sino una cuestión cívica fundamental.

Imaginemos un mundo donde la IA nos ayuda a construir una sociedad mejor, elevando el potencial humano a su máximo exponencial: soñemos con una educación personalizada y sin límites, salud y bienestar, creatividad, arte, conocimiento, recursos, todo al alcance de todos. En este futuro, la IA nos libera de lo rutinario para que podamos prosperar y centrarnos en lo que verdaderamente nos define, en lo que le da sentido a la vida: la creatividad, el conocimiento, el pensamiento crítico y la conexión emocional. Este es un escenario plausible, deseable, pero no necesariamente el más probable: solo será posible si nos enfrentamos a los riesgos con decisión y transparencia, y con las prioridades meridianamente claras.

Mientras avanzamos hacia ese horizonte, tenemos la obligación de hacernos las preguntas adecuadas: ¿Podemos diseñar una inteligencia artificial que no solo sea más inteligente, sino también más sabia? ¿Cómo podemos prevenir escenarios en los que la humanidad pierda el control? ¿Y cómo evitamos crear nuevas brechas de desigualdad?

Este libro es una brújula para ese viaje. No es solo un manual técnico, sino una invitación a una expedición emocionante y educativa a través de uno de los campos más fascinantes de nuestro tiempo. Juntos, desmitificaremos la complejidad de la IA, aprenderemos a utilizar sus herramientas y, lo más importante, desarrollaremos el criterio para cuestionarla.

Empezaremos explorando la historia, los orígenes y el contexto moderno de la IA, para entender lo que nos ha traído hasta este punto de inflexión. Luego, nos sumergiremos sin miedo en las bases matemáticas y estadísticas, traduciéndolas a conceptos intuitivos. A partir de ahí, exploraremos los grandes pilares de la IA clásica: el aprendizaje automático (machine learning), el procesamiento del lenguaje natural (PLN) y los sistemas de recomendación.

Una vez sentados los cimientos, nos adentraremos en la IA generativa, la tecnología detrás de herramientas como Gemini, ChatGPT o Claude, que no solo analizan información, sino que la crean. Pero en ningún caso podemos olvidar la ética y el impacto social. En la sección sobre la IA responsable, se abordarán los principios y las herramientas necesarias para construir sistemas justos, transparentes y seguros. Finalmente, aterrizaremos todo este conocimiento en la práctica, aprendiendo a gestionar proyectos de IA y a diseñar experiencias de usuario que pongan a las personas en el centro.

Esta guía le acompañará desde los fundamentos teóricos hasta las aplicaciones más vanguardistas, pero su verdadero objetivo es que usted, el lector, se convierta en un participante activo y crítico en la construcción de nuestro futuro tecnológico.

La inteligencia artificial es una oportunidad única para impulsar a la humanidad, pero también es un espejo donde se refleja lo mejor y lo peor de nuestra naturaleza. Somos los arquitectos de nuestro futuro. Construyámoslo con ambición, sentido común, responsabilidad y sabiduría.

—Pilar Manchón
(Senior Director of Engineering, AI Research Strategy at Google)



Juan M. Lavista Ferres

PRÓLOGO 2

A lo largo de la historia, un número pequeño de tecnologías —apenas unas veinticinco, según los economistas— han cambiado radicalmente la manera en que trabajamos, aprendemos y vivimos. Son las llamadas tecnologías de propósito general: motores de vapor, electricidad, internet… Cada una de ellas marcó un antes y un después, transformando no solo industrias, sino también las vidas de millones de personas.

Hoy, vivimos el nacimiento de la próxima tecnología de propósito general, de la inteligencia artificial, una tecnología que promete —y tal vez exige— una transformación aún más profunda. Para quienes tuvimos la fortuna de crecer presenciando el salto del fax al correo electrónico, del disquete a la nube, la velocidad y el alcance de la IA resultan simplemente asombrosos. Es tentador pensar que estamos viviendo una revolución única. Pero si la historia nos enseña algo, es que la innovación, por sí sola, nunca ha sido suficiente.

El verdadero impacto de cualquier tecnología no reside en su invención, sino en lo que las personas hacen con ella. No se trata solo de tener acceso a la tecnología, sino de lo rápido y la forma en que logramos adoptarla y distribuir sus beneficios de manera amplia. La historia de la electricidad lo ilustra de forma contundente: a principios del siglo XX, tanto Estados Unidos como el Reino Unido contaban con acceso a la energía eléctrica. Sin embargo, fue en Estados Unidos donde se adoptó más rápido y de forma más generalizada, impulsando un crecimiento económico notable. Los mayores beneficiarios no fueron las empresas eléctricas, sino los negocios y las personas que usaron la electricidad para reinventar la producción, los servicios y hasta la vida cotidiana.

Hoy, la inteligencia artificial generativa ya está cambiando vidas de maneras concretas. Pienso, por ejemplo, en el impacto que está teniendo en la

comunidad de personas con discapacidad visual. Por primera vez, la tecnología puede describir en tiempo real el entorno, leer carteles, reconocer rostros y objetos, e incluso traducir señales visuales en instrucciones habladas, permitiendo a miles de personas navegar por el mundo de forma más autónoma e independiente. Lo que antes requería equipos costosos y sistemas especializados hoy tiene lugar en la palma de la mano, a través de una simple aplicación o dispositivo móvil impulsado por IA. Este es solo un ejemplo de cómo, cuándo ponemos la tecnología al servicio de la inclusión, multiplicamos el valor que genera para la sociedad entera.

En otras palabras: lo que determina el progreso real no es el descubrimiento en sí, sino la velocidad y creatividad con la que la sociedad lo hace suyo.

Es aquí donde entran la educación, los libros y los cursos. Porque preparar a las personas para el cambio nunca ha sido un lujo, sino una necesidad. Cada generación enfrenta su propio «momento eléctrico» —ese punto de inflexión en el que aprender a usar lo nuevo determina el futuro de comunidades enteras. Libros como este no solo explican una tecnología: ayudan a preparar a esta generación para los desafíos y oportunidades que la inteligencia artificial generativa traerá.

Bienvenidos a este viaje.

—Juan M. Lavista Ferres
(CVP, Chief Data Scientist and AI for Good Research Lab Director at Microsoft)

Acerca del libro y sus autores

Este libro, al igual que el resto de «manuales imprescindibles» de ANAYA, es una obra didáctica que cubre los aspectos relacionados con el desarrollo de soluciones de inteligencia artificial, tanto como un apoyo al aprendizaje personal de los interesados en el mundo de la IA como guía de estudio en cursos formativos de inteligencia artificial.

El texto está organizado en varios capítulos que, como su título indica, abarcan todos los temas relevantes desde los orígenes de la IA a las técnicas más recientes, incluida la archiconocida IA generativa que alimenta sistemas como ChatGPT o Copilot. En concreto:

Capítulo 1. **Introducción a la inteligencia artificial en el contexto moderno,** por Adrián González Sánchez, Arquitecto de IA para startups y nativos digitales en Microsoft EMEA. Este capítulo sirve de introducción a los conceptos básicos ligados a la IA, desde el contexto general hasta los aspectos tecnológicos y de empresa. Estos y otros temas como los ciclos de vida técnicos de la IA, los nuevos perfiles profesionales o los pilares de estrategia de IA sirven de base para el aprendizaje en el resto de los capítulos. Adrián opta en este caso por un estilo informal, fácil de leer, que sirve de antesala a otros temas más complejos.

Capítulo 2. **Base matemática y estadística,** por Laura Sánchez Fernández, profesora de matemáticas, con un máster en la reconocida institución Mila de Quebec, organización de investigación y formación de IA liderada por el mismísimo Yoshua Bengio. En este capítulo, Laura presenta los fundamentos matemáticos y estadísticos necesarios para entender la lógica de los modelos de inteligencia artificial. Un ejercicio de síntesis y divulgación para presentar conocimiento complejo de una forma directa y amena.

Capítulo 3. **Ciencia y preparación de datos para IA,** por Doneyli de Jesús, arquitecto de IA en Snowflake Canadá. En este capítulo, el autor dominicano conecta los conceptos estadísticos con la preparación y mejora de datos en el contexto de la IA. Desde los formatos y tipos de sistemas de datos, hasta la noción de datos vectorizados para sistemas de inteligencia artificial. El tercer capítulo es la antesala del resto de capítulos, entre los cuales se encuentran varios monográficos de subfamilias de tecnologías de IA.

Capítulo 4. **Aprendizaje automático y aprendizaje profundo,** por Jorge Valenzuela Jiménez, gestor de equipos de datos e IA en Microsoft España. En este caso, Jorge asume la ardua tarea de explicar de una manera simple, aunque detallada, las familias de algoritmos de machine y deep learning, junto a sus consideraciones de recursos y rendimiento, casos de uso, herramientas típicas, etc. Un capítulo clave para cualquier aprendiz de inteligencia artificial, ya que conforma la base necesaria para comenzar y desarrollar una carrera como profesional en esta industria.

Capítulo 5. **Procesamiento del lenguaje natural,** con la mismísima Elena González-Blanco García, líder de IA y experta lingüística en Microsoft EMEA, una de las mayores referentes del sector de la inteligencia artificial en español a nivel mundial. Este quinto capítulo explora todos los aspectos del tratamiento del lenguaje natural, que a su vez conectará con el séptimo capítulo, centrado en las nociones fundamentales de la IA generativa.

Capítulo 6. **Sistemas de recomendación,** con una de las voces más autorizadas a nivel mundial, Miguel González-Fierro Palacios. Con su perfil de científico de datos y gestor de equipos en Microsoft, además de ser cocreador de uno de los repositorios más importantes de sistemas de recomendación, Miguel explica un área tan consolidada en la industria —gracias a los ejemplos de empresas como TikTok, Netflix o Amazon— como desconocida para muchas empresas y personas. Los denominados «recommenders» son otra pieza clave en el aprendizaje de la IA moderna.

Capítulo 7. **Inteligencia artificial generativa,** por Valentina Alto, autora italiana y arquitecta de IA en el hub tecnológico de Microsoft Dubái. Con un estilo claro y didáctico, Valentina cubre en este capítulo múltiples aspectos de las tecnologías de IA generativa, incluidos sistemas, arquitecturas y métricas de rendimiento de estos sistemas y sus implementaciones en la empresa. Un capítulo que abarca el bloque de monográficos tecnológicos, para después dar paso a consideraciones de contexto e innovación tecnológica.

Capítulo 8. **Inteligencia artificial responsable,** por Juan Manuel Belloto Gómez, reconocido experto independiente. Con una visión y una experiencia muy actualizadas, Juanma integra dimensiones éticas, tecnológicas, legales y de estandarización bajo el paraguas de la IA responsable. Con un estilo sencillo y aplicado, este capítulo conecta con la parte tecnológica y añade un tono de realidad que complementa la visión integral que este libro pretende aportar.

Capítulo 9. **Gestión de proyectos de datos e IA,** con la experimentada gestora de proyectos tecnológicos Malini Jain, aquí se van a explorar las etapas y complejidades de los proyectos de datos e IA, las metodologías de gestión necesarias para llevarlos a cabo desde la concepción hasta su despliegue y entrega final, y la interacción con los perfiles técnicos durante la ejecución del proyecto.

Capítulo 10. **Impacto en innovación, aplicaciones reales y experiencia de usuario,** último capítulo, en el que el gran Carlos de Huerta Mezquita, CTO de cuentas con partners y clientes de Microsoft España, brinda una visión actualizada de los escenarios de innovación con casos de uso y aplicaciones reales. Además de eso, con su habilidad para conectar puntos —de aquellos aparentemente desconectados para la mayor parte de los mortales— y anticipar tendencias, este autor logra explicar el potencial de la IA en el contexto de nuevas experiencias de usuario.

Gracias a este set de capítulos, el libro brinda una vista de conjunto que pretende preparar a los lectores de cara a sus proyectos de inteligencia artificial con una base sólida y aplicada. Y todo ello manteniendo el tono literario y la personalidad de cada uno de los autores, que con sus dilatadas carreras y experiencias, aportarán su granito de arena a tan importante labor.

Ahora ha llegado el momento de comenzar. Abróchense los cinturones y sean bienvenidos y bienvenidas al mundo de la inteligencia artificial en contexto moderno.

NOTA:

Puedes contactar con los autores en sus perfiles de MyPublicInbox:

Adrián González Sánchez: https://www.mypublicinbox.com/AdrianGonzalezSanchez

Laura Sánchez Fernández: https://www.mypublicinbox.com/LauraSanchezFernandez

Doneyli de Jesús: https://www.mypublicinbox.com/Doneyli

Jorge Valenzuela Jiménez: https://www.mypublicinbox.com/JorgeValenzuelaJimenez

Elena González-Blanco García: https://www.mypublicinbox.com/elenagbg

Miguel González Fierro Palacios: https://www.mypublicinbox.com/MiguelGFierro

Valentina Alto: https://www.mypublicinbox.com/ValentinaAlto

Juan Manuel Belloto Gómez: https://www.mypublicinbox.com/JuanmaBG

Malini Jain: https://www.mypublicinbox.com/MaliniJain

Carlos de Huerta Mezquita: https://www.mypublicinbox.com/carloshm

1 Introducción a la inteligencia artificial en el contexto moderno



Adrián González Sánchez es un profesional de inteligencia artificial con experiencia en diferentes empresas del sector, entre ellas Microsoft EMEA, donde ocupa el puesto de arquitecto de IA para startups y empresas nativas digitales. Actualmente basado en España, ha desarrollado su carrera principalmente en Francia, Argentina y Canadá. Además, es director académico en IE University, y profesor en universidades internacionales como HEC Montréal y Concordia University.

Con experiencia profesional como desarrollador de software, consultor de telecomunicaciones, gestor de proyecto y producto, y especialista de IA, decidió comenzar un camino paralelo a nivel académico y de divulgación de conocimiento. Cuenta en su haber con varias publicaciones técnicas, incluyendo varios libros e informes de O'Reilly Media, y el libro de ANAYA Multimedia que nos ocupa. Además, colabora con LinkedIn Learning, DeepLearning.ai y The Linux Foundation entre otras, para sus cursos en línea.

Entrevista:

- **Tras varios libros ligados a tecnologías específicas como Kubernetes o Microsoft Azure, ¿cuál es tu motivación para formar parte de este equipo de autores en un libro con perfil más académico y agnóstico?**

  Como autor de cuatro libros hasta ahora, mi principal motivación es encontrar áreas donde puedo profundizar y simplificar términos técnicos, y traer contenido nuevo que sirva para el aprendizaje de estudiantes y profesionales de la industria. No busco siempre formar a expertos y este libro es una gran oportunidad de compartir equipo con un grupo de profesionales increíble, pero también de aportar una visión académica y ordenada de temas relevantes en el día a día. Personalmente, me gusta trabajar y explicar el contenido de manera agnóstica y amena, y este libro cumple con ese requisito.

- **¿Hacen falta más obras técnicas en lengua no inglesa? ¿Ayuda esto al aprendizaje y a la adopción tecnológica?**

  Siempre he pensado que tenemos que eliminar las barreras. Cualquier persona que quiera aprender temas complejos debe tener la oportunidad de hacerlo en una lengua que no le suponga un esfuerzo extra. Yo puedo leer y estudiar en inglés, pero hay mucha gente que necesita sentirse a gusto a nivel lingüístico para poder centrarse en el contenido técnico y, como equipo de autores, nos propusimos eso mismo.

- **En términos simples, ¿qué esperas de este libro?**

  Simple y llanamente, ayudar a expandir conocimiento, formar a miles de personas que hasta ahora han buscado el momento para formarse en temas de inteligencia artificial, pero que, por contexto propio o por falta de material actualizado en su idioma, no han podido hacerlo. Es una misión divulgativa que sabemos que contribuirá a dicho objetivo. Además, en esta época de auge de la IA generativa, creo que muchas personas necesitan conocer la historia y variantes de tecnologías de inteligencia artificial para así comprender el verdadero potencial, avance y limitaciones de las innovaciones contemporáneas.

El momento actual de la IA a nivel tecnológico, político y social

Es una realidad innegable. No ha habido en la historia reciente ninguna tecnología con el impacto generado por la inteligencia artificial, sobre todo en los últimos años: desde novedades tecnológicas que captan la atención de usuarios y medios, hasta las dinámicas de poder geopolíticas entre regiones del mundo que buscan imponer sus respectivos enfoques de innovación. Es más, el resto de ramas tecnológicas como la nube pública o la computación cuántica intentan en mayor medida ilustrar su impacto y valor de mercado con relación a lo bien que habilitan o pueden habilitar a las empresas a la hora de implementar soluciones de inteligencia artificial.

Pero eso no es todo. Actualmente, (casi) cualquier persona, independientemente de su formación, origen e incluso edad, ha escuchado hablar de la inteligencia artificial. Es más, hoy en día, un servidor presencia asombrado conversaciones de bar que otrora se hubiesen enfocado en temas mundanos como la política o el fútbol, y que ahora comienzan a mencionar las siglas «IA» o «AI» (esta segunda pronunciada con un inglés digno de Shakespeare) con una frecuencia inaudita que hace presagiar que esta oleada tecnológica no ha hecho más que comenzar.

Como dichoso profesional (lo de dichoso se debe a que me considero muy afortunado) en esta nuestra industria de la IA, he presenciado la llegada de tecnologías como el aprendizaje profundo en la segunda década de este siglo, hasta entonces desconocidas para la mayor parte de los mortales, pero que se han conectado rápida y silenciosamente a situaciones y dispositivos del día a día, tales como ordenadores portátiles o teléfonos móviles, para funciones tan normalizadas hoy en día como el reconocimiento facial para el desbloqueo de dispositivos.

Y qué decir de la llegada de plataformas como ChatGPT o DeepSeek, que han logrado en meses lo que otras empresas y soluciones tardaron años. Es una prueba de la exponencialidad de la IA, capaz de cambiar el panorama tecnológico de las empresas en tan solo meses, impactar y complementar sus modelos de negocio actuales, pero también de acelerar discusiones éticas y regulatorias que en otros momentos habrían tardado años en llegar.

Y es que este último aspecto es clave. Toda tecnología genera impacto positivo y negativo, y en este caso la IA es un amplificador que conviene analizar y entender, con frecuencia no a nivel tecnológico, sino de caso de uso (entendiendo el caso de uso como una aplicación concreta con una entrada y una salida, enfocada en una empresa, industria o plataforma concreta). Ese enfoque en el caso de uso es lo que buscan las nuevas regulaciones y estándares internacionales, como una manera de comerse el pastel a trozos y generar lo que se define como «IA responsable» paso a paso, proyecto a proyecto.

Es por ello por lo que este libro, el cual podemos definir como académico para sentar las bases de conceptos clave de IA, pero también como aplicado por contar con explicaciones de casos reales de la mano de autores contrastados con experiencias en empresas punteras como Snowflake o Microsoft (entre otras), se autodefine como una «guía definitiva». Y no es solo por añadir una presión y responsabilidad importante por crear algo útil que ayude a multitud de personas en el mundo a aprender IA de una manera aplicada, sino por la intención de abarcar todas las «capas» necesarias para un aprendizaje «full stack». Un aprendizaje que, al final del día, posibilite crear aplicaciones reales de IA teniendo en cuenta los fundamentos estadísticos y las limitaciones intrínsecas a los modelos, el impacto y las consideraciones de cumplimiento, las nuevas posibilidades que se abren para crear aplicaciones e interfaces novedosas, y la rica variedad de tecnologías de IA que aportan valor en distintos casos y requieren capacidades diferentes.

Pero antes de comenzar con los que en realidad son los capítulos más interesantes (entiéndanse los capítulos del 2 al 10, que no escribe un servidor, sin resentimiento), analicemos las bases que conforman la noción de inteligencia en contexto moderno, empezando por la historia de la inteligencia artificial.

Historia de la IA y principales acontecimientos

La historia de la inteligencia artificial es más extensa de lo que podría parecer desde la perspectiva pública, la cual ha sido testigo directo y consciente de las innovaciones de IA gracias a la llegada de múltiples aplicaciones de IA generativa en los últimos años. Pero el camino recorrido es largo y tiene una línea de tiempo consolidada que incluye altos y bajos, novedades tecnológicas, largos periodos de exploración e investigación, y momentos clave de éxito y adopción tecnológica. Comenzando desde el principio, estas son las principales etapas vividas:

- **Primera mitad del siglo XX, la antesala de la IA:** Años antes de comenzar a utilizar el término «inteligencia artificial», tanto el mundo académico como el de la ciencia ficción exploraron la idea de máquinas inteligentes. La fantasía de crear nuevos robots y máquinas avanzadas se materializó en obras tan recordadas como *El Mago de Oz* o *Yo, Robot* que permanecieron en el imaginario colectivo y crearon una idea humanoide de lo que la inteligencia artificial representaría en el futuro. Al mismo tiempo, los avances académicos comenzaron a aparecer y el otrora incomprendido y denostado Alan Turing (cuya foto mostramos en la figura 1.1), publicó la que, con el paso del tiempo, se consideraría la culminación de su exitosa carrera: *Maquinaria computacional e inteligencia* (1950), una obra que comenzaría con una provocativa pregunta («¿Pueden pensar las máquinas?»), que si bien no fue la primera en la historia que cuestionó la posibilidad de inteligencia y pensamiento ligados a las máquinas, introdujo ideas tan relevantes como el famoso juego de imitación y el test de Turing, que hoy en día sigue

siendo un estándar de evaluación en el mundo de la IA. Todo esto sin olvidar múltiples aportaciones anteriores como la máquina de Turing en 1936 y la famosa «Bombe» que permitió interceptar y descifrar las comunicaciones comerciales, estratégicas y militares del ejército nazi alemán.

NOTA DEL AUTOR:

Sirva esta breve mención como reconocimiento y homenaje al ya considerado padre de la computación moderna, que falleció en 1954 tras años de ataques a su condición sexual, incluidos encarcelamientos y castración química. Una figura que cambió el mundo y tuvo un gran impacto durante décadas, y que hubiese contribuido y liderado las siguientes etapas de una industria que estaba aún por florecer.

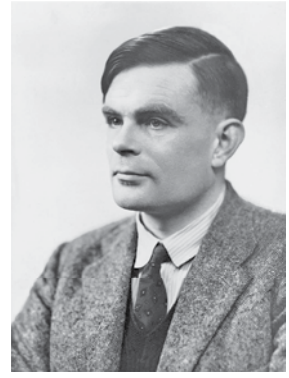
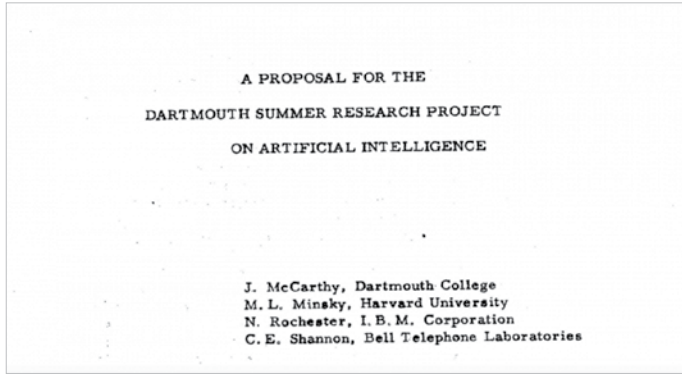


Figura 1.1. Alan Turing (1951).

- **Los años 50, la etapa inicial:** Esta década fue el germen inicial de lo que conocemos hoy en día como inteligencia artificial. Con un carácter meramente académico, investigadores de varias universidades y corporaciones estadounidenses comenzaron a acuñar el término «IA», con un momento que ilustró el nacimiento de una nueva era: la Conferencia de Dartmouth en 1956, organizada por John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude Shannon, y que supuso el encuentro de más de una decena de investigadores para consolidar un término neutro en tiempos en los que se hablaba de máquinas pensantes y cibernética. La inteligencia artificial surgió como área de estudio para los avances que vendrían después y el documento inicial (mostrado en la figura 1.2) ya vislumbraba el potencial de dicha tecnología, con una visión muy similar a las capacidades de IA que vemos hoy en día.
- La propuesta de conferencia de los organizadores decía: «Proponemos que durante el verano de 1956 tenga lugar en el Dartmouth College en Hanover, Nuevo Hampshire, un estudio que dure dos meses, para diez personas. El estudio es para proceder sobre la base de la conjetura de que cada aspecto del aprendizaje o cualquier otra

característica de la inteligencia puede, en principio, ser descrito con tanta precisión que permita fabricar una máquina para simularlo. Se intentará averiguar cómo fabricar máquinas que utilicen el lenguaje, formen abstracciones y conceptos, resuelvan las clases de problemas ahora reservados a los seres humanos y mejoren por sí mismas. Creemos que puede llevarse a cabo un avance significativo en uno o más de estos problemas si un grupo de científicos cuidadosamente seleccionados trabajan en ello conjuntamente durante un verano». (McCarthy *et al.* 1955).


A PROPOSAL FOR THE

DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT

ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

J. McCarthy, Dartmouth College
M. L. Minsky, Harvard University
N. Rochester, I. B. M. Corporation
C. E. Shannon, Bell Telephone Laboratories

Figura 1.2. Propuesta de Conferencia de IA de Dartmouth (1956).

- **Hasta los años 70, el auge de la IA:** El momento inicial que supuso la Conferencia de Dartmouth dio paso a una etapa de interés académico e inversión bajo la promesa de una tecnología que cambiaría el paradigma industrial y el rol de las máquinas en la productividad general. Con un rol fundamental y recursos de entidades como DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) en Estados Unidos, los años 60 y 70 se enfocaron a la exploración de sistemas más limitados y frágiles, centrados en tareas específicas y basados en reglas estáticas. Uno de los sucesos clave para etapas posteriores fue la publicación del libro *Perceptrons* en 1969, en el que Marvin Minsky y Seymour Papert expusieron las limitaciones fundamentales de los perceptrones como un tipo temprano de red neuronal —la cual había ganado empuje a finales de los 50—, sobre todo a la hora de resolver problemas no lineales.
- **Entre 1974 y 1980, el primer invierno de la IA:** Los denominados «AI Winters» fueron períodos de estancamiento y reducción del financiamiento en la investigación de inteligencia artificial debido a expectativas no cumplidas y críticas severas sobre el progreso del campo. Si *Perceptrons* avivó el debate, el Informe Lighthill en 1973, encargado por el gobierno británico y liderado por Sir James Lighthill, criticó duramente el estado de la IA, el proceso con respecto a la inversión realizada y la escasez de aplicaciones prácticas. Como resultado, el gobierno británico retiró gran parte del financiamiento para investigación de la IA, lo que desembocó en el primer invierno de su historia, aunque no el último.

- **Años 80, repunte y segundo invierno:** Entre 1980 y 1987, hubo un período de optimismo y progreso impulsado principalmente por iniciativas que suponían un soplo de aire fresco para la industria. El auge de los denominados sistemas expertos para la toma de decisiones en dominios específicos, la iniciativa Quinta Generación de Japón para la creación de computadoras equipadas con tecnologías de IA a nivel software y hardware y, por supuesto, el redescubrimiento en 1986 de las redes neuronales gracias a los modelos multicapa y los algoritmos de retropropagación propuestos por Geoffrey E. Hinton, David E. Rumelhart y Ronald J. Williams, como una alternativa al modelo clásico de perceptrones simples. Si bien este último punto fue un hecho clave para lo que vendría después, el entusiasmo comercial ligado a los sistemas expertos y las computadoras de quinta generación dio paso al ya conocido como segundo invierno de la IA, entre 1987 y 1990.
- **Años 90 y comienzos de siglo, la era del aprendizaje automático:** Como una especie de renovada primavera, los años noventa dejaron atrás las dos etapas de altibajos para comenzar una década de aplicaciones reales con algoritmos de «machine learning» tipo, máquinas de soporte vectorial (SVM) y modelos de bosque aleatorio para industrias cuantitativas como finanzas y seguros, y de un mayor crecimiento en la generación de datos de todo tipo gracias a la llegada de internet y lo que ello representó en cuanto al avance del big data.

  Además, hubo momentos emblemáticos como la victoria de IBM Deep Blue en la partida de ajedrez contra el campeón Kasparov en 1997, avances significativos a nivel computacional con la mejora de las tarjetas gráficas (GPU), tecnologías de lenguaje con redes de memoria a corto-largo plazo (LSTM) y visión con redes neuronales convolucionales (CNN), y una nueva fase de exploración de lo que hoy conocemos como redes neuronales profundas. El punto de inflexión y cambio de ciclo llegó en 2006.
- **Entre 2006 y la segunda década del siglo XX o el resurgir de la IA con el aprendizaje profundo:** Precisamente las redes neuronales profundas —también conocidas como deep learning (DL)— fueron las protagonistas de esta década. Tras el periodo anterior, en el que otros algoritmos ganaron peso frente a las redes de neuronas por ser opciones más factibles en ese momento, la mejora de capacidades de computación —con el uso de GPU para el entrenamiento de redes profundas—, y la generación masiva de datos para el entrenamiento de modelos llevaron a hitos significativos como la famosa AlexNet, una red profunda entrenada con múltiples GPU durante la competición ImageNet en 2012, que superó con creces a métodos previos y fue el pistoletazo de salida de las tecnologías de DL. Podemos destacar otros hitos como AlphaGo en 2016 por Google DeepMind, que aplicó una combinación de redes neuronales profundas con aprendizaje por refuerzo para entrenar un algoritmo experto en el juego «go», que mejoró jugando contra sí mismo y abrió la vía de lo que hoy conocemos como aprendizaje por refuerzo profundo (*deep reinforcement learning*).

Un año después, Google Brain publicó «Attention Is All You Need», el célebre y ya histórico documento científico que introdujo el concepto de «transformers» y el mecanismo de autoatención (*self-attention*), el cual permitía a los modelos procesar secuencias de datos en paralelo en lugar de hacerlo de manera secuencial, y que supuso el germen de nuevos desarrollos futuros, como por ejemplo los modelos BERT de Google en 2018 y los primeros GPT-1 y GPT-2 de OpenAI en 2018 y 2019.

- **De 2020 en adelante, el momento exponencial de la IA generativa:** Con unas bases tecnológicas sólidas pero todavía en ciernes, el comienzo de la década de los 20 supuso una época de avance exponencial nunca visto antes. Además, la inteligencia artificial llegó a oídos de todos los sectores de la sociedad y entró de lleno en áreas como la exploración científica y la explosión de las tecnologías de lenguaje. Y una vez hecho esto, el avance fue constante y trajo competición continua, nuevos modelos, guerra de precios entre proveedores, etc.

Entre otras, destacan innovaciones como el algoritmo AlphaFold de Google DeepMind (publicado inicialmente en 2018, mejorado dos años más tarde y liberado como código abierto en 2021), que supuso una verdadera revolución por su capacidad para predecir estructuras de proteínas con un modelo basado en la estructura de *transformers*. Y por supuesto, la llegada de ChatGPT en 2022, así como modelos de chat, visión, transcripción y razonamiento de OpenAI y muchos otros competidores como Anthropic, Google con Gemini, DeepSeek, Mistral o Llama de Meta. Todo ello impulsado por un nivel de conocimiento y adopción de la IA nunca antes visto y unas expectativas altísimas acompañadas de inversiones masivas para la investigación de nuevos modelos y la construcción de nuevos centros de datos para el entrenamiento de la IA a gran escala.

Estos avances son solo algunos ejemplos de las innovaciones creadas durante varias décadas: es un camino fascinante pero también de baches y de momentos de desilusión. Y todo ello ha dado paso a una serie de capacidades tecnológicas que se han ido abriendo camino y son, hoy en día, más accesibles que nunca.

Capacidades tecnológicas

La definición del término inteligencia artificial no es única. Si bien hay una serie de tecnologías bajo el paraguas de la IA que forman parte de ella de manera inequívoca, hay otras que pueden o no ser consideradas como parte de dicha familia, aunque son relevantes en el contexto de implementación de soluciones de IA.

Entre otras, el Instituto de Valorización de Datos de Quebec (IVADO) publicó una definición de inteligencia digital que sirvió a su vez como referencia y cajón de sastre para las tecnologías de datos e inteligencia artificial que pueden ser adoptadas, juntas o por separado, y que se basan en los conceptos matemáticos y estadísticos del capítulo 2 de este libro. Entre ellas, la figura 1.3 ilustra ese conjunto de tecnologías:

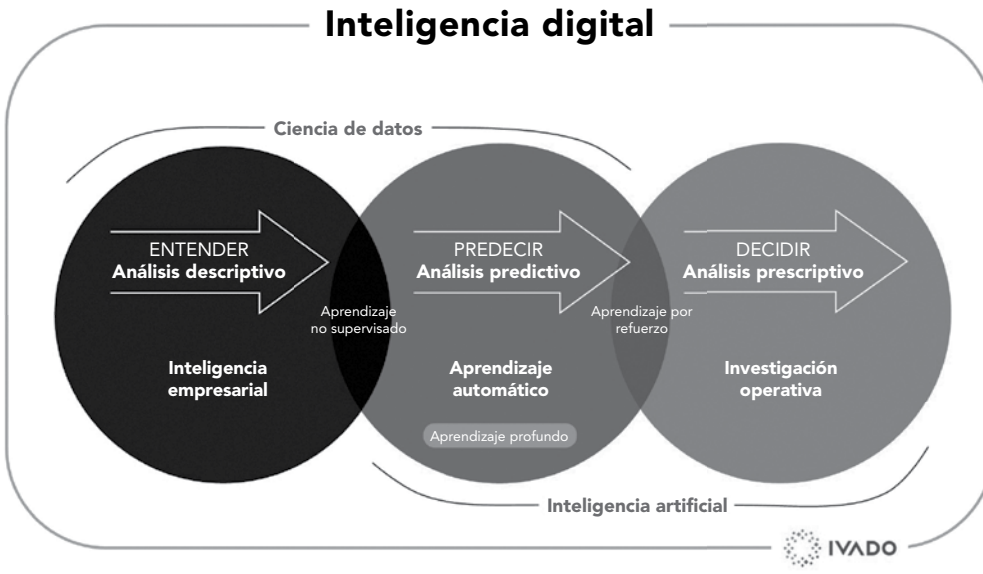


Figura 1.3. Inteligencia digital IVADO (2021).

- **La inteligencia de negocio (BI) y la analítica descriptiva:** se centran en mostrar conclusiones a través de visualizaciones y cuadros de mando que ilustran los datos numéricos y su tendencia para ayudar a la toma de decisiones de las empresas. Esto incluye técnicas de ciencia de datos que veremos en el capítulo 3 como parte del análisis y la preparación de los juegos de datos.
- **La analítica predictiva en la intersección entre la ciencia de datos y la IA:** se basa en el uso de datos pasados para predecir nuevas situaciones en base a algoritmos de todo tipo (aquellos que explicaremos en el capítulo 4 dedicado a aprendizaje automático y profundo).
- **La IA prescriptiva:** aprovecha tecnologías variadas como la investigación operativa (OR) o el aprendizaje por refuerzo. El concepto de prescripción o recomendación conecta a su vez con el sexto capítulo del libro, en el cual se explica un área tan relevante como compleja: los denominados sistemas de recomendación dinámicos.

En realidad, otras tecnologías como el procesamiento del lenguaje natural y la IA generativa forman parte o convergen con esta noción de inteligencia digital y son especialmente relevantes para cualquier profesional de la IA. Por suerte, ambas están cubiertas en este libro, en concreto en los capítulos 5 y 7, respectivamente.

Capacidades ligadas a la IA

Desde un punto de vista de capacidades tecnológicas de IA, existen varias que se deben tener en cuenta:

- ***Forecast* o pronóstico:** La capacidad de la IA para analizar datos históricos y predecir valores futuros basados en patrones y tendencias identificadas. Imagina que tienes datos históricos de ventas de tu empresa para un mes específico, día de la semana y producto. Mediante IA puedes analizar estos datos para identificar patrones y tendencias. Por ejemplo, si observas que las ventas de un producto en particular aumentan los fines de semana de diciembre, puedes predecir que este patrón se repetirá en el futuro. Esto permite planificar mejor inventarios y estrategias de marketing para maximizar las ventas durante esos períodos.
- **Clasificación:** La capacidad de la IA para categorizar datos en diferentes grupos basándose en características distintivas aprendidas durante el entrenamiento. Imagina un caso en el que tienes 1000 fotos de gatos y otras 1000 fotos de perros. Puedes entrenar un modelo de IA para clasificar estas imágenes en dos «clases» o categorías: gatos y perros. El modelo aprende a reconocer características distintivas de cada animal, como la forma de las orejas, el tamaño del cuerpo y el patrón del pelaje. Una vez entrenado, el modelo puede clasificar nuevas imágenes con alta precisión, lo que es útil en aplicaciones como la organización de fotos o la identificación de animales en refugios.
- **Detección de patrones y anomalías:** La capacidad de la IA para identificar patrones anómalos en datos continuos y alertar sobre posibles problemas o irregularidades. Por ejemplo, si tienes señales continuas de algún equipo de telecomunicaciones o de electricidad, puedes usar la IA para analizar estas señales y detectar patrones anómalos. Por ejemplo, si un equipo suele emitir una señal constante y de repente hay una fluctuación inusual, el modelo de IA puede identificar esta anomalía y alertarte. Esto permite tomar medidas preventivas antes de que ocurra una avería, lo que es crucial para mantener la continuidad del servicio y evitar costosos tiempos de inactividad.
- ***Completion* o autocompletación:** La capacidad de la IA para predecir y completar frases o palabras basándose en conversaciones o textos anteriores. Imagina este ejemplo: en una ventana de chatbot, puedes tener una caja de texto que prediga automáticamente las siguientes palabras y complete tus frases de la manera más natural posible. Por ejemplo, si comienzas a escribir «¿Cuál es el horario de atención…», el chatbot puede sugerir «... al cliente?», para completar la frase. Esta capacidad mejora la eficiencia de la comunicación y proporciona una experiencia de usuario más fluida.

- **Generación:** La capacidad de IA para generar nuevo contenido siguiendo una estructura y estilo similar a ejemplos previos. Es decir, si tienes una base de conocimiento con numerosos ejemplos de artículos sobre temas específicos, puedes usar tecnologías de IA para generar nuevo contenido con una estructura y contenido similar para otro tema. Por ejemplo, si tienes artículos sobre "Cómo mejorar la productividad en el trabajo", la IA puede generar un nuevo artículo sobre "Cómo gestionar el tiempo de manera efectiva" siguiendo el mismo estilo y formato. Esto es útil para mantener la coherencia en la creación de contenido y ahorrar tiempo en la redacción.
- **Automatización:** La capacidad de IA para automatizar acciones repetitivas en procesos digitales, mejorando la eficiencia y reduciendo la intervención manual. Por ejemplo, en un proceso digital de recursos humanos, puedes usar la IA para automatizar ciertas acciones, como enviar correos electrónicos de bienvenida a nuevos empleados o recordatorios de fechas límite para la presentación de documentos. Esto hace que el proceso sea más dinámico y menos manual, permitiendo al equipo de recursos humanos centrarse en tareas más estratégicas.
- **Optimización:** La capacidad de la IA para modelar escenarios y optimizar el uso de recursos, ahorrando costos y mejorando la eficiencia operativa. Especialmente aplicable para casos de espacios físicos. Si tienes un conjunto limitado de recursos y capacidad de almacenamiento en tu fábrica, puedes usar la IA para modelar un escenario, simular y luego optimizar la cantidad de recursos utilizados. Por ejemplo, puede ayudarte a determinar la mejor disposición de las máquinas para maximizar la eficiencia del espacio y minimizar el consumo de energía. Esto no solo ahorra dinero, sino que también reduce el impacto ambiental de tus operaciones.

Otras tecnologías habilitantes

Al mismo tiempo, este conjunto de tecnologías converge con otras, también muy conocidas y relevantes como son la nube pública (especialmente importante para la adopción de la IA generativa en empresa), el internet de las cosas (IoT), la realidad aumentada, las infraestructuras de datos masivos, la robótica física y virtual (esta última denominada como automatización robótica de procesos o RPA en inglés), o las comunicaciones móviles 5G y 6G entre otras.

Además, la definición de IVADO se centra en la creación de valor y, como se aprecia en la figura 1.4, puede cobrar forma de nuevos productos y servicios, generación de eficiencias y ahorros, digitalización y mejora de procesos, nuevos modelos de negocio, etc. Hoy en día, el acceso a las ventajas de la inteligencia artificial y esa creación de valor suele darse en forma de servicios online y de nube, API para el desarrollo de aplicaciones o despliegues en infraestructura local.

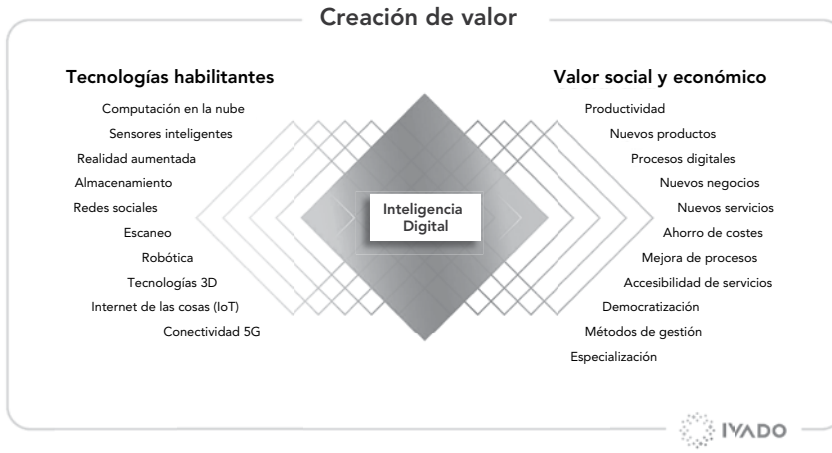


Figura 1.4. Inteligencia digital IVADO, creación de valor (2021)

Concretamente, cada una de estas tecnologías habilitantes aporta capacidades diferentes que convergen con las tecnologías de inteligencia artificial. Las más relevantes dentro del contexto de este libro son:

- **Computación en la nube:** La computación en la nube implica la entrega de diversos servicios a través de internet, incluyendo almacenamiento, bases de datos, servidores, redes, software y análisis. Permite el acceso a recursos informáticos bajo demanda sin la gestión activa directa por parte del usuario. Los componentes clave incluyen infraestructura como servicio (IaaS), plataforma como servicio (PaaS) y software como servicio (SaaS).
- **Sensores inteligentes:** Los sensores inteligentes son dispositivos que recopilan datos del entorno físico y los procesan mediante microprocesadores integrados antes de transmitirlos a otros dispositivos o sistemas. A menudo incluyen características como capacidades de comunicación inalámbrica, eficiencia energética y algoritmos avanzados de procesamiento de datos.
- **Realidad aumentada (o AR de *augmented reality*):** La AR superpone información digital sobre el mundo real a través de dispositivos como smartphones o gafas de AR. Utiliza tecnologías como visión por computadora, localización y mapeo simultáneos (SLAM), seguimiento de profundidad y sensores para integrar objetos virtuales en entornos del mundo real de manera fluida.
- **Bases y plataformas de datos:** Las bases de datos almacenan datos estructurados en tablas con esquemas predefinidos para consultas eficientes utilizando SQL. Los almacenes de datos agregan grandes volúmenes de datos estructurados de múltiples fuentes para análisis e informes. Los lagos de datos almacenan grandes cantidades de datos en su formato nativo hasta que se necesiten para procesamiento o análisis.
- **Documentos escaneados:** Los documentos escaneados son imágenes digitales de documentos físicos creadas utilizando escáneres o dispositivos móviles con

aplicaciones de escaneo. La tecnología de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) puede convertir estas imágenes en formatos de texto editables para una manipulación y almacenamiento más fáciles, y la salida de dichos documentos puede convertirse en entrada de modelos de IA.

- **Robots:** Los robots son máquinas programables capaces de realizar tareas complejas de manera autónoma o semiautónoma a través de componentes mecánicos controlados por algoritmos de software integrados con sensores para percepción y actuadores para movimiento.
- **Internet de las cosas (o IoT de internet of things):** El IoT conecta objetos cotidianos integrados con sensores o actuadores a internet, permitiéndoles enviar y recibir datos. Esto facilita la automatización y el control remoto de dispositivos, así como la recopilación y análisis de datos en tiempo real.

El uso de una u otras tecnologías impactará el diseño de las arquitecturas en contexto de inteligencia artificial. Dichas arquitecturas combinan piezas de inteligencia artificial y algunas de las tecnologías habilitantes para dar servicio a empresas y casos de uso específicos.

Concepto de ciclo de vida técnico de IA

Uno de los conceptos clave para entender el desarrollo de soluciones de IA es la noción de ciclo de vida de inteligencia artificial. Dicho ciclo de vida es la representación de principio a final de todos los pasos, elementos y actividades relacionadas con la preparación, desarrollo, testeo y puesta en marcha de los sistemas de IA. Obviamente, los detalles de dicho ciclo dependen de qué tipo de IA se quiera implementar. Por ejemplo, como veremos en el tercer capítulo, no es lo mismo preparar datos para un proyecto de procesamiento del lenguaje natural, que para un proyecto de aprendizaje automático. O empezar a testear un modelo de IA generativa preentrenado que un modelo de aprendizaje profundo sin preentrenamiento previo.

Además, la representación de los ciclos de vida puede tener enfoques diversos: visuales de tipo funcional —fáciles de entender para todo tipo de profesionales—, diagramas altamente técnicos con un nivel de detalle más elevado o incluso cuadros de referencia para normativas y regulaciones internacionales (muy útiles para el contexto que veremos en el capítulo 8 de consideraciones éticas y legales).

Por ejemplo, el denominado proceso de equipos de ciencia de datos (o TDSP, por sus siglas inglesas) de Microsoft muestra una secuencia de pasos con un comienzo y final de proyecto. El detalle de las diferentes actividades es interesante, pero esa duración limitada sin retroacción o iteraciones limita lo que en realidad sucede en la mayor parte de proyectos de IA, que son un continuo flujo de implementaciones y nuevos despliegues para mantener el rendimiento del sistema. Para subsanar esa limitación, la figura 1.5 muestra una versión adaptada del ciclo de vida:

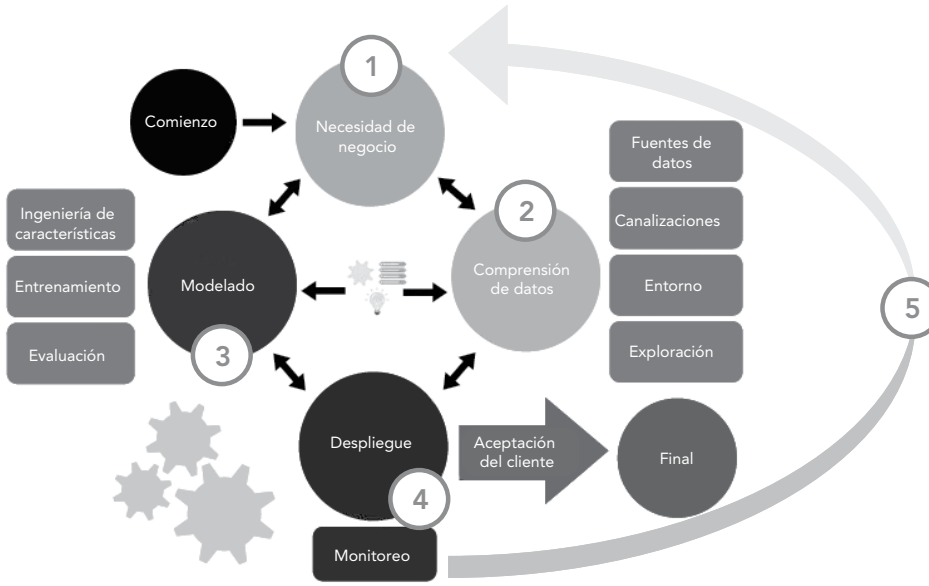


Figura 1.5. Versión adaptada del «Team Data Science Process», Microsoft (2019).

En este caso, las etapas más importantes de la versión adaptada del ciclo de vida del TDSP serían las siguientes:

1. **Comprensión de la necesidad de negocio:** Siempre bajo la hipótesis de utilidad de la aplicación de la IA, todo proyecto comienza con el análisis preliminar que permite imaginar el valor potencial para la empresa, alineado con el concepto de creación de valor que hemos visto en la sección anterior de este capítulo.

   En función de la composición del equipo, la madurez general de la empresa y la mezcla de roles y capacidades (veremos los tipos de roles más adelante), esta fase puede incluir un análisis exploratorio de los datos, que es una técnica que permite conocer las dimensiones estadísticas y el contenido de los juegos de datos. Una técnica que también explicaremos en el capítulo 3 y que, si se hace en etapas tempranas, permite confirmar o descartar hipótesis en torno a la factibilidad técnica del proyecto de IA, antes de comenzar con los siguientes pasos de implementación.
2. **Preparación de los datos:** En esta fase, las tareas de integración e ingeniería de datos van desde la identificación de las fuentes de datos (que pueden estar en sistemas diversos), hasta su preparación y transformación. Este trabajo se realiza con vistas a homogeneizar los datos, limpiar posibles errores, trabajar e imputar datos que falten, y preparar una entrada de datos adecuada para los tipos de modelos que se implementarán en el siguiente paso. Desde un punto de vista de IA, la idea es buscar toda aquella información que nos permita tener una vista representativa y

estadísticamente significativa de la situación que se pretende predecir con el modelo de inteligencia artificial. En esta etapa, el análisis de datos continúa para seguir conociendo su perfil estadístico antes y después de las transformaciones realizadas.

3. **Puesta en marcha de modelos:** Si la etapa anterior se enfocaba en los datos, esta se orienta a la elección, configuración, entrenamiento y evaluación de los modelos de inteligencia artificial. La elección como tal tiene varias vertientes y se lleva a cabo en diferentes niveles:
   - **Tipo de problema de IA:** Es decir, qué tipo de capacidad se busca dentro de la gama que hemos visto anteriormente en este capítulo. Tal como veremos en los próximos capítulos, no es lo mismo una capacidad predictiva que se enfoque en el pronóstico de cifras concretas, que una clasificación binaria. Y por supuesto no es lo mismo un sistema predictivo que uno generativo.
   - **Gama de algoritmos alternativos:** El mismo tipo de capacidad y caso de uso puede tener varias soluciones en forma de algoritmos, *a priori* equivalentes, que en realidad pueden presentar ventajas de rendimiento frente al coste computacional o los requerimientos en forma de volumen de datos. En algunos casos, se puede llevar a cabo una comparativa entre varias opciones, en la que se cuantifique su rendimiento para finalmente elegir uno de ellos o el de menor rendimiento como base inicial que permita cuantificar la ganancia de otras opciones más eficientes.
   - **Iteraciones sobre el mismo modelo:** Una vez definido el tipo de problema y la capacidad de IA necesaria, y establecida la comparación —si la hubiese— entre modelos, el siguiente nivel de decisión y modelado se enfoca en las iteraciones posibles. Dichas iteraciones pueden utilizar un enfoque centrado en el modelo (que supone prueba y error para mejorar el rendimiento en base a la configuración de los hiperparámetros de los modelos) o centrado en los datos (cuya idea recala en la posibilidad de ajustar y mejorar la entrada de datos para buscar una mejora en el rendimiento general del modelo).
4. **Despliegue del sistema de IA:** Esta fase llega tras el convencimiento de que el trabajo a nivel de datos y de modelo de IA es suficiente para alcanzar un rendimiento suficientemente bueno para llevarlo a producción. Independientemente del tipo de IA implementada, dicha decisión se puede basar en pruebas manuales con expertos en la materia que evalúen al sistema de IA en tareas específicas o métricas automatizadas que se basen en el rendimiento mostrado durante el testeo y evaluación de los modelos. Estas métricas serán explicadas en detalle entre los capítulos 4 y 7, ya que son específicas a los tipos de modelos evaluados y diferentes en función del tipo de medida que se lleve a cabo.

   El despliegue como tal es una puesta en marcha técnica que requiere trabajos de ingeniería para configurar de manera programática (no manual) los trabajos realizados en fases anteriores. Concretamente, las canalizaciones —conocidas como *pipelines* en

inglés técnico— que transforman y mueven datos entre sistemas A y B, la inferencia del modelo de IA —nótese el concepto de inferencia como el consumo directo del mismo, una vez desplegado el modelo— y la preparación de los mecanismos de monitoreo y seguimiento que habilitan el próximo paso dentro del ciclo de vida.

5. **Monitoreo y reentrenamiento:** Al imaginar ese momento de puesta en marcha del modelo, comienza de inmediato la denominada fase de «producción». Eso quiere decir que el modelo de IA y el sistema al que alimenta dicho modelo están operativos, y que hay una expectativa de rendimiento adecuado por parte de los usuarios. Contrariamente a lo que se piensa, ese momento supone el comienzo de una etapa de mejora continua que se basa en el monitoreo constante, mínimos de rendimiento aceptados, alertas automatizadas cuando se alcanza dicho mínimo, y un proceso de reentrenamiento que nos pueden traer de vuelta a los pasos 2 y 3 descritos antes.

Estos cinco pasos representan las etapas clave, transversales a todos los tipos de proyecto de datos e inteligencia artificial incluidos entre los capítulos 3 y 7. En dichos capítulos veremos los detalles de requerimientos de datos, la secuencia y métricas de pruebas de rendimiento y las consideraciones de casos de uso. Ahora, veamos los perfiles y competencias necesarias para cualquier proyecto de inteligencia artificial a lo largo de este ciclo de vida.

Perfiles relacionados con los proyectos de IA

Al igual que los detalles técnicos dentro del ciclo de vida de la IA dependen de las tecnologías que se utilicen, los perfiles y competencias también varían en función del tipo de IA del que hablemos. En líneas generales, los roles pueden ser técnicos o menos técnicos (por ejemplo, gestores con conocimiento suficiente de la IA para gestionar el proyecto y trabajar codo con codo con el resto de perfiles técnicos), pero desde un punto de vista técnico, las competencias ligadas a datos e inteligencia artificial son la clave.

Roles y habilidades tradicionales

Si se compara con el ciclo de vida que acabamos de explicar, se pueden extraer ciertas tareas de ingeniería, ciencia, y análisis, que suponen la trilogía inicial de roles que otrora monopolizaron el mercado de trabajo para proyectos de datos e IA:

- **Ingenieros y arquitectos de datos:** Estos profesionales se encargan del diseño y mantenimiento de infraestructuras de datos, lo que permite el almacenamiento, procesamiento y acceso eficiente a grandes volúmenes de información. Su trabajo incluye la creación de canalizaciones de datos, la optimización de bases de datos y la integración de diversas fuentes de información en sistemas analíticos. Los arquitectos de datos, en particular, diseñan estructuras escalables que facilitan el análisis y la explotación de datos en entornos empresariales.

- **Científicos de datos y especialistas:** El científico de datos es un perfil clave en la analítica avanzada, ya que combina conocimientos de estadística, programación y *machine learning* para extraer valor de los datos. Su trabajo implica limpiar, transformar y modelar datos para obtener insights que ayuden en la toma de decisiones. Por su parte, los especialistas en *machine learning* o *deep learning* desarrollan algoritmos y modelos predictivos, mediante el uso de técnicas de aprendizaje supervisado y no supervisado para resolver problemas complejos como reconocimiento de patrones, clasificación y predicción. Del mismo modo, hay especialistas en otras áreas que analizaremos en este libro, como por ejemplo el procesamiento del lenguaje natural, que supone una intersección entre el conocimiento tecnológico y lingüístico.
- **Analistas de datos:** El analista de datos trabaja en la recopilación, procesamiento y visualización de datos para generar reportes e insights que ayuden a las empresas a tomar decisiones informadas. En contexto de creación de producto, los analistas usan datos para evaluar el rendimiento de productos digitales, por medio de la medición de métricas clave para mejorar su usabilidad y rentabilidad.

En líneas generales, todos estos perfiles se apoyan en herramientas técnicas que facilitan el trabajo con datos y modelos de IA. Entre otras, la capacidad de trabajar con lenguajes de programación es clave, ya que muchas herramientas de IA requieren conocimientos en lenguajes como Python, R o JavaScript. Dominar librerías especializadas como TensorFlow, PyTorch, CUDA y scikit-learn facilita la implementación de modelos de aprendizaje automático y la experimentación con diferentes técnicas de inteligencia artificial. Además, la habilidad de trabajar con las API de IA generativa, como OpenAI, Anthropic, DeepSeek o Hugging Face, es cada vez más valiosa para integrar estas tecnologías en productos y servicios. A esto se añade otro tipo nuevo de librerías de código abierto para la creación de agentes de IA, como pueden ser LangChain, Semantic Kernel, LlamaIndex o CrewAI, y nuevos kits de desarrollo para la comunicación entre elementos técnicos, como por ejemplo el Model Context Protocol (MCP) de Anthropic, convertido ahora en estándar de industria.

El manejo y procesamiento de datos es otra competencia clave. La IA se basa en datos, por lo que es esencial comprender cómo recopilarlos, limpiarlos y estructurarlos de manera eficiente. Habilidades en bases de datos SQL y NoSQL, así como en herramientas de manipulación de datos como Pandas y Spark para el perfilado y procesamiento de datos respectivamente, permiten trabajar con grandes volúmenes de información y optimizar su uso en modelos de aprendizaje automático.

Y todo ello, por supuesto, apoyado en diferentes tipos de entornos tecnológicos, con un enfoque especial en sistemas de nube como Microsoft Azure (que incluye Microsoft Fabric y el Azure AI Foundry), Amazon Web Services (con Bedrock y Sagemaker) o Google Cloud Computing (que incluye herramientas como BigQuery o Vertex AI). Sin olvidar plataformas de datos e IA tan relevantes como Snowflake Data Cloud y Snowflake Cortex AI, Databricks, IBM Cloud, Oracle Cloud Infrastructure o Palantir entre otras.

Evolución tras la llegada de la IA generativa

Dicho esto, pese a que hay una cierta estandarización de los roles dentro de la industria, la llegada de la inteligencia artificial generativa ha impulsado una evolución significativa en los roles tradicionales dentro del ámbito de datos, del desarrollo de software y de la gestión tecnológica. Como podemos ver en la figura 1.6, más que reemplazar funciones existentes, esta transformación ha generado la necesidad de nuevas especializaciones y competencias, ampliando el espectro profesional hacia áreas altamente especializadas en IA generativa.

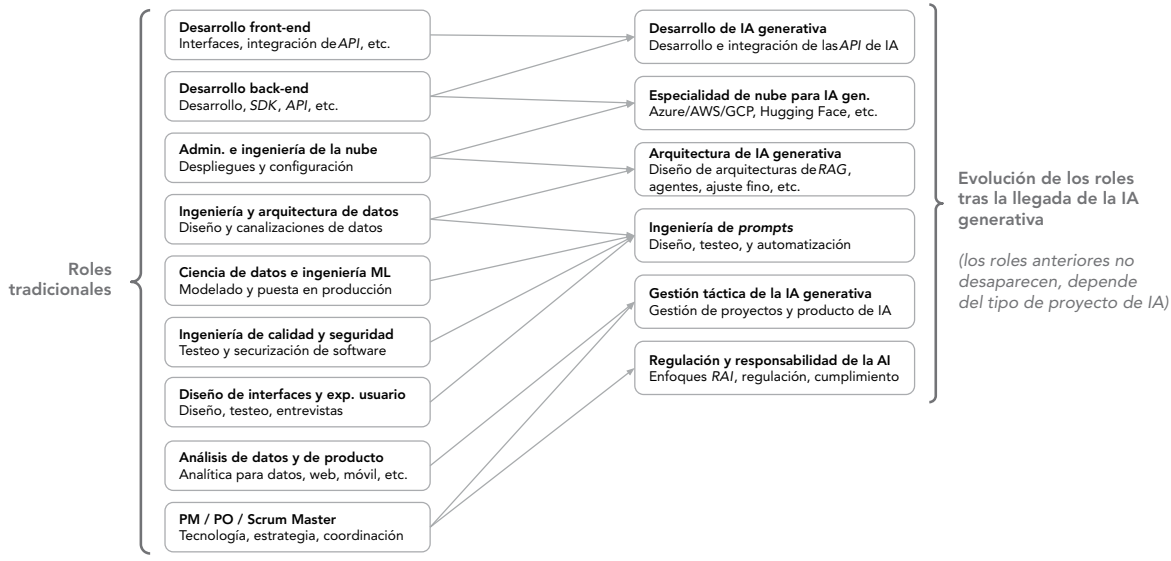


Figura 1.6. Evolución de los roles tras la llegada de la IA generativa.

Uno de los cambios más notables se ha dado en el desarrollo de software. Los desarrolladores, tanto front-end como back-end, que antes se enfocaban en la creación de interfaces de usuario, integración de API y desarrollo de soluciones digitales, ahora deben adquirir habilidades en la implementación y personalización de modelos de IA generativa. Esto ha dado lugar al rol de desarrollador de IA generativa, quien trabaja con API especializadas, optimiza su funcionamiento y desarrolla aplicaciones capaces de interactuar con modelos avanzados de IA.

En el ámbito de la infraestructura y la computación en la nube, la creciente adopción de IA generativa ha generado la necesidad de expertos en plataformas que soportan estos modelos, como Azure, AWS, GCP y frameworks específicos como Hugging Face. Los expertos en nube para IA generativa se centran en garantizar la escalabilidad, eficiencia y optimización del despliegue de estos modelos, para asegurar que las aplicaciones basadas en IA operen con un rendimiento óptimo y dentro de costos controlados.

Por otro lado, la arquitectura de datos y la ingeniería de *machine learning* han evolucionado hacia enfoques más avanzados, con un énfasis en la construcción de arquitecturas de IA generativa que no solo ejecuten modelos, sino que los integren con diferentes fuentes de datos y aplicaciones empresariales. En este contexto, el arquitecto de IA generativa es un rol clave, ya que diseña sistemas complejos donde los modelos de IA no funcionan de manera aislada, sino que están conectados con bases de datos, flujos de información y servicios que los enriquecen con datos adicionales, logrando así resultados más precisos y personalizados.

Dentro del campo de la inteligencia artificial aplicada, la figura del ingeniero de *prompts* ha ganado protagonismo. Este profesional se encarga del diseño, prueba y optimización de los prompts o instrucciones que se le dan a los modelos de IA generativa para obtener respuestas más precisas y útiles. Se trata de una especialización que combina creatividad con un profundo entendimiento del funcionamiento de los modelos de lenguaje para mejorar su desempeño y adaptarlos a necesidades específicas, como chatbots, generación de contenido o análisis de información.

En el ámbito de la gestión y estrategia de productos digitales, la IA generativa ha impulsado la necesidad de profesionales con conocimiento en esta tecnología para liderar proyectos y coordinar equipos multidisciplinarios**.** Los gerentes de producto de IA generativa y otros roles tácticos tienen la responsabilidad de definir estrategias que integren esta tecnología en soluciones comerciales, comprendiendo sus capacidades y limitaciones para desarrollar productos innovadores y competitivos en el mercado.

Finalmente, con el crecimiento acelerado de la IA generativa, también ha surgido la necesidad de garantizar su uso responsable y su alineación con las regulaciones emergentes. El papel del experto en regulación e IA responsable se ha vuelto esencial para asegurar que las empresas cumplan con normativas relacionadas con la ética en IA, la privacidad de datos y la transparencia en el uso de estos modelos. Este rol requiere un conocimiento profundo de las implicaciones legales y éticas de la IA generativa, así como la capacidad de implementar políticas y prácticas que minimicen riesgos.

Es decir, la evolución hacia la IA generativa ha dado lugar a una nueva serie de especializaciones que requieren habilidades avanzadas a nivel técnico y también en otras áreas. Esto ha supuesto una transformación significativa en el panorama laboral del sector tecnológico. De igual manera, la importancia del rol de expertos de industria y la noción de aprendizaje supervisado por personas con conocimiento vertical es, si cabe, aún más relevante. Dicho esto, ese rol de *subject matter expert* (SME) ya era importante para tecnologías de aprendizaje automático supervisado.

Aprendizaje continuo en un contexto cambiante

El aprendizaje continuo es una competencia clave en un mundo en constante evolución, donde la tecnología, la inteligencia artificial y las transformaciones digitales redefinen el panorama laboral y social. Más allá de la adquisición de conocimientos técnicos, el aprendizaje continuo a nivel humano implica el desarrollo de habilidades cognitivas, emocionales y adaptativas que permitan a las personas crecer, reinventarse y mantenerse relevantes en cualquier entorno, independientemente de las novedades tecnológicas que vayan surgiendo. Entre ellas, las claves para una carrera de IA en el contexto moderno son:

- **Mentalidad de crecimiento:** Uno de los pilares del aprendizaje continuo es el denominado «growth mindset», un concepto desarrollado por la psicóloga Carol Dweck, que sostiene que la inteligencia y las habilidades pueden desarrollarse con esfuerzo, práctica y resiliencia. Las personas con esta mentalidad ven los desafíos como oportunidades de aprendizaje y están dispuestas a salir de su zona de confort para adquirir nuevas competencias.
- **Adaptabilidad:** La adaptabilidad es otra habilidad fundamental en un mundo donde los cambios ocurren a gran velocidad. Ser capaz de aprender con rapidez, ajustar estrategias y adoptar nuevas herramientas es esencial, sobre todo en el contexto de la inteligencia artificial, que transforma industrias y redefine la naturaleza del trabajo.
- **Aprendizaje autónomo:** En la era digital, el acceso a la información es prácticamente ilimitado. Sin embargo, esto hace que la capacidad de filtrar, evaluar y aplicar el conocimiento sea más importante que nunca. Desarrollar habilidades de aprendizaje autónomo permite a las personas identificar sus propias necesidades de formación y utilizar los recursos disponibles de manera efectiva.
- **Gestión del conocimiento:** Plataformas de educación en línea como LinkedIn Learning, Coursera, edX o Udacity han democratizado el acceso al conocimiento, permitiendo a las personas aprender sobre inteligencia artificial o cualquier otra disciplina de manera flexible. Sin embargo, el aprendizaje no se limita a lo digital; la lectura, la experimentación y la interacción con expertos en distintos campos también son estrategias clave para una educación continua.
- **Pensamiento crítico:** El pensamiento crítico es una competencia fundamental en la era de la IA, donde la sobrecarga de información y la proliferación de noticias falsas pueden afectar a la toma de decisiones. Ser capaz de analizar información de manera objetiva, cuestionar fuentes y evaluar argumentos con lógica y razonamiento es esencial para navegar en un mundo impulsado por datos.
- **Creatividad:** Este aspecto permite encontrar soluciones innovadoras, conectar ideas de diferentes disciplinas y desarrollar enfoques únicos para resolver problemas. A medida que la IA automatiza tareas rutinarias, la creatividad se vuelve una de las competencias más valiosas, ya que permite a los humanos aportar valor en áreas donde las máquinas y los algoritmos aún tienen limitaciones.

- **Habilidades sociales:** El aprendizaje continuo no solo implica adquirir conocimientos técnicos, sino también fortalecer habilidades interpersonales y socioemocionales. La inteligencia emocional, definida por Daniel Goleman, es clave para la gestión de emociones, la empatía y la construcción de relaciones efectivas en entornos de trabajo y colaboración.
- **Colaboración:** Además, en un mundo cada vez más interconectado, la capacidad de trabajar en equipo con personas de diferentes culturas, disciplinas y experiencias es fundamental. La IA está transformando la dinámica laboral, pero la colaboración entre humanos sigue siendo esencial para la innovación y la toma de decisiones estratégicas.
- **Exploración permanente:** La curiosidad es el motor del aprendizaje continuo. Mantener una actitud de exploración, cuestionamiento y descubrimiento permite a las personas estar siempre en busca de nuevas ideas y perspectivas. La capacidad de aprender de diferentes fuentes, viajar, leer, asistir a conferencias y participar en comunidades de aprendizaje son estrategias efectivas para expandir conocimientos y habilidades.
- **Experimentación:** El aprendizaje basado en la práctica también es esencial. En el contexto de la IA, por ejemplo, la mejor manera de aprender sobre modelos generativos o *machine learning* no es solo leyendo teoría, sino practicando con código, desarrollando proyectos y resolviendo problemas reales. En este libro haremos referencias a proyectos y recursos reales que complementen la experiencia lectora.
- **Ética integrada en el aprendizaje:** A medida que la tecnología avanza, la ética se convierte en un componente esencial del aprendizaje continuo. La inteligencia artificial y la automatización plantean desafíos en términos de privacidad, equidad y uso responsable de los datos. Comprender las implicaciones éticas del conocimiento y aplicar principios de responsabilidad en la toma de decisiones es crucial para un aprendizaje significativo y con impacto positivo, y eso requiere conectar los puntos entre los aspectos técnicos, de negocio y humanos.

Gestión de la inteligencia artificial en las empresas

La gestión de la inteligencia artificial en las empresas tiene varias vertientes, que se pueden organizar en tres niveles clave ilustrados en la figura 1.7, todos ellos diferentes pero necesarios y complementarios. Estos niveles van desde la gestión estratégica de alto nivel con un planteamiento a largo plazo, hasta los detalles técnicos de arquitectura y rendimiento en el día a día, pasando por la gestión de los proyectos e iniciativas a lo largo del tiempo.



Figura 1.7. Pirámide de gestión de la IA en tres niveles.

Nivel 1: Estrategia de la IA

El primer nivel se sitúa en el nivel estratégico ligado a la IA, que a su vez entra en relación con la estrategia general de la empresa. Dicha estrategia de IA debe apoyar objetivos estratégicos generales y, como vemos en la figura 1.8, sentar las bases de lo que la empresa necesita para poder implementar tecnologías de inteligencia artificial de una manera adecuada:



Figura 1.8. Áreas de madurez de la IA en las empresas.

Cada una de estas áreas o pilares de madurez de la IA aporta, con un enfoque de arriba hacia abajo (*top-down*), las bases para el establecimiento de la inteligencia artificial dentro de la empresa, como explicamos en los apartados siguientes.

Estrategia empresarial

La estrategia empresarial define cómo la IA puede alinearse con los objetivos generales del negocio y crear valor sostenible. Esta área se enfoca en la visión a largo plazo y los objetivos estratégicos de la implementación de IA en una organización. La estrategia empresarial debe considerar la forma en que la IA puede mejorar la eficiencia operativa, aumentar la satisfacción del cliente, generar nuevas fuentes de ingresos y proporcionar una ventaja competitiva. Por ejemplo, estas iniciativas son un ejemplo de casos que pueden tener un beneficio cuantitativo en forma de retorno de inversión (ROI) para la empresa y, por lo tanto, un incentivo para la organización y sus dirigentes:

- **Optimización de la cadena de suministro:** Una empresa minorista puede usar tecnologías de IA para predecir la demanda de productos y optimizar los niveles de inventario para, de este modo, reducir costos y mejorar la disponibilidad de productos para los clientes.
- **Mejora de la experiencia del cliente:** Una empresa de telecomunicaciones puede implementar chatbots basados en IA para proporcionar soporte al cliente 24/7, resolver consultas comunes y dirigir problemas más complejos a agentes humanos.
- **Innovación de productos:** Una empresa de tecnología puede utilizar la IA para analizar datos de usuarios y tendencias del mercado, lo que le permitirá identificar oportunidades para desarrollar nuevos productos o mejorar los existentes.

Estrategia tecnológica y de datos

Esta área se centra en la infraestructura tecnológica y las estrategias de gestión de datos necesarias para implementar soluciones de IA efectivas. Involucra la selección de tecnologías adecuadas, la gestión de datos y la integración de sistemas. Una estrategia tecnológica sólida asegura que la organización tenga la capacidad técnica para desarrollar, implementar y escalar soluciones de IA. Entre ellas, la estrategia tecnológica que incluye el testeo y análisis de:

- **Plataformas en la nube:** Implementar plataformas en la nube que soporten grandes volúmenes de datos y proporcionen la capacidad de procesamiento necesaria para entrenar modelos de IA complejos.
- ***Pipelines* o canalizaciones de datos:** Desarrollar *pipelines* robustas para el procesamiento y análisis de datos, lo que permitirá garantizar que los datos sean accesibles, limpios y de alta calidad.
- **Integración de sistemas:** Utilizar tecnologías de big data y almacenamiento distribuido para manejar grandes cantidades de información y asegurar que los sistemas de IA puedan integrarse con otras aplicaciones empresariales.

Estrategia y desarrollo de experiencia en IA

Involucra el desarrollo específico y la implementación práctica de soluciones basadas en IA dentro del contexto organizacional. Esta área se enfoca en la creación de modelos de IA, la experimentación y la iteración para mejorar continuamente las capacidades de IA. La estrategia de IA debe alinearse con los objetivos comerciales y considerar factores como la viabilidad técnica, el retorno de inversión y el impacto en los procesos empresariales.

Organización y cultura

Este pilar se refiere al grado en que una organización está preparada culturalmente para adoptar tecnologías avanzadas como la IA, incluidas las habilidades del personal y la aceptación cultural. Esta área abarca la capacitación, la gestión del cambio y la creación de una cultura que valore la innovación y la experimentación. Una cultura organizacional que apoya la adopción de IA es crucial para el éxito de las iniciativas de IA, y se basa en los perfiles y habilidades que hemos visto antes en este capítulo. Entre ellas, las acciones para implantar una cultura data-driven y de adopción de la inteligencia artificial pueden ser:

- **Capacitación en habilidades digitales:** Implementar programas internos de capacitación para desarrollar habilidades digitales y de IA entre los empleados y asegurar que el personal esté preparado para trabajar con tecnologías avanzadas.
- **Fomento de la innovación:** Crear iniciativas que fomenten una mentalidad abierta hacia el cambio tecnológico y la experimentación, como *hackathons*, laboratorios de innovación y programas de incentivos para ideas innovadoras.
- **Equipos multidisciplinarios:** Formar equipos multidisciplinarios que integren expertos en IA con otros departamentos, para promover la colaboración y el intercambio de conocimientos.

Gobernanza interna

Dicha gobernanza incluye políticas, procedimientos y estructuras de gobernanza que aseguren el uso ético y responsable de la IA. Esta área se enfoca en la transparencia, la rendición de cuentas y la gestión de riesgos asociados con la implementación de IA. La gobernanza de IA debe abordar cuestiones como la privacidad de los datos, la equidad en los algoritmos y la responsabilidad en la toma de decisiones automatizadas, y puede incluir medidas como:

- **Relación con el contexto externo:** Parte de la gobernanza se basa en una serie de buenas prácticas dictadas por los modelos regulatorios y los estándares de la industria. Tal como veremos en el capítulo 8, el papel de regulaciones como el AI Act europeo o los estándares tipo ISO 42001, es clave para establecer una serie de requisitos y medidas que apoyen la implementación responsable de la IA en la empresa.

- **Comités de ética:** Establecer comités de ética para revisar y aprobar proyectos de IA, que garanticen que las soluciones de IA se desarrollen y utilicen de manera ética y responsable.
- **Políticas de privacidad y uso:** Implementar políticas de privacidad y protección de datos que cumplan con las regulaciones legales y protejan la información personal de los usuarios. Incluye también la creación de políticas de uso de IA internas, para explicar los usos y herramientas permitidos dentro de la organización.
- **Marcos de gobernanza:** Desarrollar marcos de gobernanza que aseguren la equidad y la transparencia en el uso de algoritmos de IA, incluidas la realización de auditorías regulares y la existencia de mecanismos de rendición de cuentas.

Estas áreas están interconectadas y colectivamente contribuyen a la madurez de la IA dentro de una organización. La integración exitosa de la IA requiere una estrategia holística que abarque no solo la tecnología, sino también la alineación estratégica, la preparación organizacional, la gobernanza y la cultura.

Nivel 2: Gestión táctica de proyectos y productos de IA

Si el primer nivel tiene foco en el medio y largo plazo, el segundo se enfoca en la gestión táctica de proyectos, productos, y en cualquier iniciativa ligada a la implementación de la inteligencia artificial. Teniendo en cuenta la temporalidad ligada a este tipo de iniciativas, hablamos de un foco de gestión que va entre el corto y el medio plazo.

Creación de centros de excelencia (CoE AI)

La creación de los denominados centros de excelencia (CoE o *Center of Excellence*) de IA suele ser una manera común, en empresas de cierto tamaño, para conectar la estrategia general de IA con acciones tangibles que contribuyen a aumentar la madurez de la organización. Estos centros son también una manera de buscar una cierta estandarización de buenas prácticas dentro de la organización. Los ejes de acción típicos de un CoE se centran en:

- **Alinear la IA con la estrategia de negocio:** Identificar los objetivos empresariales que la IA puede respaldar y priorizar los casos de uso más relevantes. Establecer métricas KPI mensurables para realizar un seguimiento del éxito y elaborar una hoja de ruta que guíe el compromiso de los empleados con la IA y fomente el desarrollo de aptitudes.
- **Consolidar talento y liderazgo:** Crear equipos interfuncionales que incluyan científicos de datos, ingenieros de software, expertos en el dominio y líderes empresariales, y asegurar el patrocinio ejecutivo para promover el compromiso organizativo y proporcionar dirección estratégica.

- **Implementar la infraestructura tecnológica:** Diseñar una plataforma preparada para la IA y una arquitectura de datos adecuada a corto, medio y largo plazo. Crear un marco de decisión para adquirir o desarrollar herramientas de IA y planificar el almacenamiento escalable, los procesos y el hosting de aplicaciones. Esta vertiente tiene consideraciones tanto técnicas como financieras.
- **Promover la cultura de la IA:** Entre otras, fomentar la colaboración entre diferentes unidades de negocio y compartir conocimientos y mejores prácticas, promover una mentalidad impulsada por la IA en toda la organización para identificar nuevas oportunidades y mejorar continuamente las soluciones existentes, así como desarrollar vías de aprendizaje estructuradas para mejorar las competencias de los empleados en IA.

De igual manera, los centros de excelencia se retroalimentan con la gestión táctica del día a día, tanto a nivel de proyectos de IA como con la creación y gestión productos que utilizan la inteligencia artificial dentro de sus funcionalidades.

Gestión de proyectos de IA

La gestión de un proyecto de inteligencia artificial tiene fases asociadas al ciclo de vida de IA que hemos visto antes en este capítulo. Analizaremos los detalles de lo que dicha gestión entraña en el capítulo 9, dedicado a la gestión de proyectos tecnológicos de datos e inteligencia artificial. Pero desde un punto de vista de gestión táctica, esto incluye tareas de:

- **Definición del alcance y objetivos:** Esta fase comienza con la identificación del problema, para definir el problema que se desea resolver con IA y establecer objetivos específicos y medibles. Incluye también el desarrollo de un plan detallado que incluya cronogramas, recursos necesarios e hitos clave.
- **Gestión de recursos:** Esto incluye la estimación, asignación y optimización, de recursos humanos, tecnológicos y financieros necesarios para el proyecto.
- **Supervisión y control:** La idea es supervisar el avance del proyecto mediante herramientas de seguimiento y control, para garantizar que se cumplan los plazos y objetivos. Se enfoca también en la gestión continua de los riesgos, para identificar, evaluar y mitigar riesgos potenciales a lo largo del proyecto.
- **Comunicación y coordinación:** Esto incluye la interacción con el equipo, para facilitar la comunicación entre los miembros del equipo y asegurar que todos estén alineados con los objetivos del proyecto de IA. Desde un punto de vista de gestión, también incluye la creación de informes y presentaciones para dar visibilidad del estado del proyecto y presentar resultados a los *stakeholders*.
- **Evaluación y gestión de expectativas:** Parte de la tarea de gestión incluye la evaluación del rendimiento del proyecto y de los modelos de IA, realizando los ajustes y actualizaciones necesarios para mejorar su eficiencia y relevancia.

Gestión de productos que utilizan la IA

De manera similar a la gestión de proyectos, la adopción de la inteligencia artificial dentro del contexto propio de la creación y gestión de un producto supone integrar la IA como parte de funcionalidades nuevas o existentes. Entre otros, los aspectos de gestión de productos de IA incluyen estas etapas:

- **Definición del objetivo de la IA en el producto:** Imagina que desempeñas la función de gestor de productos de IA en tu empresa. En primer lugar, debes identificar con claridad el problema que el producto de IA debe resolver. Esto implica realizar entrevistas con *stakeholders*, analizar datos de usuarios y estudiar el mercado para entender las necesidades y los puntos débiles. Además, debes definir objetivos específicos y medibles para el producto, como mejorar la eficiencia operativa o reducir el tiempo de procesamiento en un 20 %.
- **Investigación de mercado y colección de datos:** Esto supone realizar un análisis de competencia para evaluar productos similares en el mercado y entender cómo el producto puede diferenciarse. O utilizar métodos de investigación para recopilar y analizar datos de usuarios, comentarios y tendencias del mercado que justifiquen la inclusión de nuevas funcionalidades de IA.
- **Ideación y diseño:** Esto implica utilizar herramientas tipo *mockup* para generar wireframes y diseños a partir de descripciones de texto, para facilitar la exploración y validación de ideas. Por ejemplo, crear prototipos de alta fidelidad que puedan ser probados con usuarios reales para obtener retroalimentación temprana y realizar ajustes necesarios antes del desarrollo completo. Dichos *mockups* pueden hacer referencia a las futuras funcionalidades de IA, y que eso ayude a validar la percepción de los usuarios con respecto al impacto de dichas funcionalidades en su jornada de usuario.
- **Modelado e impacto en los márgenes:** Elegir los algoritmos adecuados para el problema específico en colaboración con los perfiles técnicos, y que el coste asociado a los mismos respecte el estándar de establecimiento de precios y márgenes del producto como tal.
- **Pruebas y validación:** Utilizar conjuntos de datos de prueba para evaluar la precisión y efectividad del modelo, mediante pruebas A/B para comparar el rendimiento del modelo con soluciones existentes. Realizar ajustes necesarios para mejorar el rendimiento del modelo, como la recolección de más datos o la modificación de algoritmos.
- **Lanzamiento y comercialización:** Desarrollar una estrategia de marketing que destaque las ventajas del producto de IA, incluidas la creación de materiales promocionales y la planificación de campañas de lanzamiento, así como implementar el producto en el entorno de producción y asegurar su integración con otros sistemas, a través de pruebas de aceptación del usuario para garantizar que el producto cumple con las expectativas de los usuarios.

Nivel 3: Gestión técnica

El tercer nivel de gestión nos lleva a tareas de naturaleza técnica que contribuyen al buen diseño y rendimiento de las soluciones de inteligencia artificial. Obviamente se basan en el contexto de la empresa y en los pilares establecidos entre niveles 1 y 2 y, a su vez, los retroalimenta con los aprendizajes específicos que puedan contribuir a las buenas prácticas generales dentro de la organización.

Diseño de arquitecturas de sistemas de IA

La arquitectura de datos e inteligencia artificial tiene un componente transversal a toda la empresa, pero también elementos propios del caso de uso o proyecto específico. Imaginemos una empresa que trabaja con plataformas de datos que incluyen almacenamiento y herramientas de visualización y que, de cara a un proyecto concreto, deciden ampliar y añadir herramientas de IA que converjan a su vez con dicha plataforma de datos. En este caso, el proyecto retroalimenta a la plataforma general, añadiendo nuevos bloques que contribuyen a la madurez y al alcance general de la empresa. Y en contexto de estrategia de IA y de centros de excelencia, esta renovada arquitectura puede ser la base tecnológica sobre la cual se apoye el resto de las innovaciones dentro de la organización.

La figura 1.9 muestra un ejemplo de arquitectura ilustrativa que cualquier empresa, independientemente de qué proveedores y herramientas concretas elija, podría utilizar para sus proyectos de datos e IA:

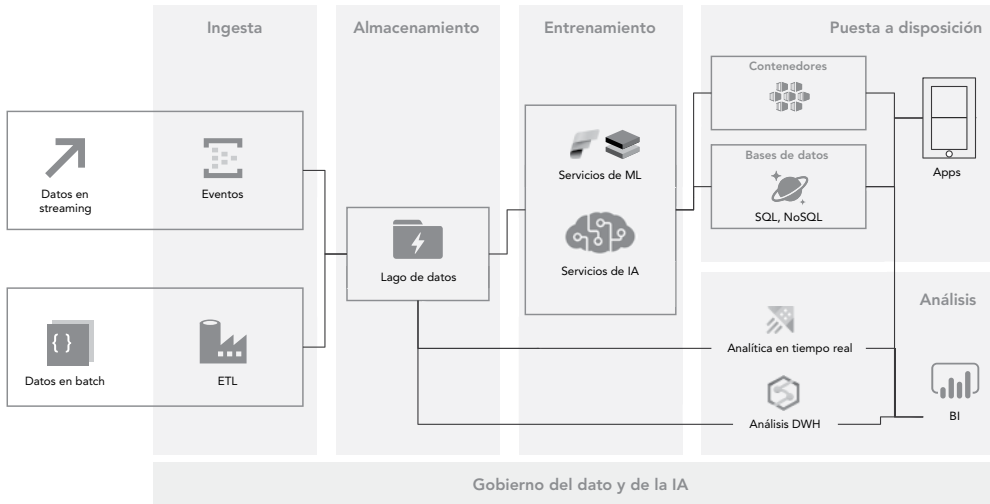


Figura 1.9. Arquitectura de plataforma de datos e inteligencia artificial.

Si desgranamos los diferentes bloques que conforman este tipo de arquitectura, tenemos los siguientes módulos o elementos:

- **Integración de datos:** Este módulo maneja la ingesta, transformación y distribución de datos provenientes de múltiples fuentes. La integración de datos se puede hacer de dos maneras: en batch o en tiempo real. Para el procesamiento en batch, se emplean herramientas tipo ETL (*extract*, *transform*, *load*) que permiten manejar grandes volúmenes de datos con cargas periódicas que pueden llevarse a cabo cada *x* horas, días o semanas. Para procesamiento en tiempo real, se utilizan tecnologías que permiten analizar flujos de datos en milisegundos y responder casi de inmediato. Esta capa también soporta el internet de las cosas o IoT, conectando dispositivos y sensores mediante protocolos como MQTT o AMQP y plataformas de nube, lo que permite recopilar información en tiempo real desde dispositivos inteligentes y analizarla de manera eficiente.
- **Almacenamiento de datos:** Su función es gestionar, almacenar y asegurar la integridad de los datos del sistema. Incluye bases de datos relacionales (SQL) y no relacionales (NoSQL). En sistemas con grandes volúmenes de datos, se emplean lagos de datos o *data lakes* y almacenamiento distribuido para manejar información estructurada y no estructurada. Para mejorar el rendimiento, esta capa puede integrar técnicas como particionamiento, replicación, indexación y cacheo. Además, incorpora cifrado y control de accesos para la seguridad de la información.
- **Plataforma de inteligencia artificial:** Esta plataforma se encarga del análisis avanzado de datos mediante modelos de aprendizaje automático o profundo, procesamiento del lenguaje natural, IA generativa u otras. Permite implementar funcionalidades como reconocimiento de patrones, análisis predictivo, personalización y automatización de tareas. En entornos productivos, se integran plataformas de MLOps para gestionar el ciclo de vida de los modelos, incluidos su monitoreo y actualización.
- **Código back-end o de lógica de negocio:** Aquí es donde se implementan las reglas de negocio y se gestionan los flujos de trabajo. Procesa las solicitudes provenientes del front-end (la interfaz visible al usuario que explicaremos en el próximo punto), interactúa con la capa de datos y orquesta la integración con otras partes del sistema. Dependiendo de la arquitectura, esta capa puede ser monolítica o basada en microservicios. También maneja autenticación, autorización, lógica transaccional, gestión de errores y optimización de rendimiento. Para aplicaciones escalables, puede emplear balanceo de carga, contenedores (Docker) y orquestadores como Kubernetes que habilitan arquitecturas nativas en la nube (*cloud native*).
- **Código front-end o de presentación:** Esta es la capa con la que los usuarios interactúan directamente y donde se visualiza la información del sistema. Puede

incluir aplicaciones web, móviles, interfaces de voz, dispositivos IoT con pantallas o incluso chatbots. Su diseño se centra en la experiencia de usuario (UX), accesibilidad y optimización del rendimiento. Utiliza frameworks como React, Angular o Vue.js en la web, y tecnologías como Swift y Kotlin en móviles. Además, gestiona validaciones en el lado del cliente y la comunicación con el back-end mediante API o WebSockets, para garantizar una interacción fluida y en tiempo real cuando sea necesario.

- **Infraestructura de base o transversal:** Esta hace referencia a las capacidades y módulos que aplican al end-to-end de cualquier arquitectura de datos e inteligencia artificial. Es decir, no se centran en momentos específicos (leídos de izquierda a derecha), sino que facilitan todas las actividades de manera continua. Entre otras, se encuentran:
    - **Comunicación:** Su función es conectar y orquestar las diferentes capas del sistema de forma eficiente y segura. Las API permiten la comunicación entre servicios y clientes. En arquitecturas basadas en eventos, esta capa puede emplear colas de mensajes y sistemas de *streaming* de datos. También gestiona los elementos de redes (*networking*).
    - **Seguridad:** Este elemento es clave en cualquier arquitectura y se encarga de gestionar accesos y detectar amenazas. Incluye autenticación y autorización, y protege contra ataques mediante *firewalls* y prevención de ataques.
    - **Desarrollo:** Herramientas tipo DevOps y CI/CD como Github, Terraform, Jenkins o GitLab CI ayudan a gestionar el ciclo de vida de desarrollo de manera automatizada, lo que asegura que los cambios en el desarrollo de código se desplieguen de forma segura y eficiente.
    - **Infraestructura:** Proporciona la base tecnológica sobre la cual se ejecuta el sistema. Puede estar alojada en servidores físicos, entornos en la nube (Microsoft Azure, AWS, Google Cloud) o arquitecturas híbridas y *serverless*. Las aplicaciones pueden ejecutarse en máquinas virtuales o contenedores para escalar automáticamente. También se pueden implementar arquitecturas de *edge computing*, donde parte del procesamiento se realiza en dispositivos cercanos al usuario para reducir la latencia y mejorar la eficiencia. Esta capa incluye herramientas de monitoreo para asegurar la observabilidad y el rendimiento del sistema.

Gestión del rendimiento técnico

La noción de gestión y monitoreo del rendimiento técnico está ligada al concepto de «operaciones» y dichas operaciones tienen diferentes vertientes en función del contexto. Como puedes ver en la figura 1.10, hay una relación entre las definiciones de DevOps, MLOps y, más recientemente, LLMOps:

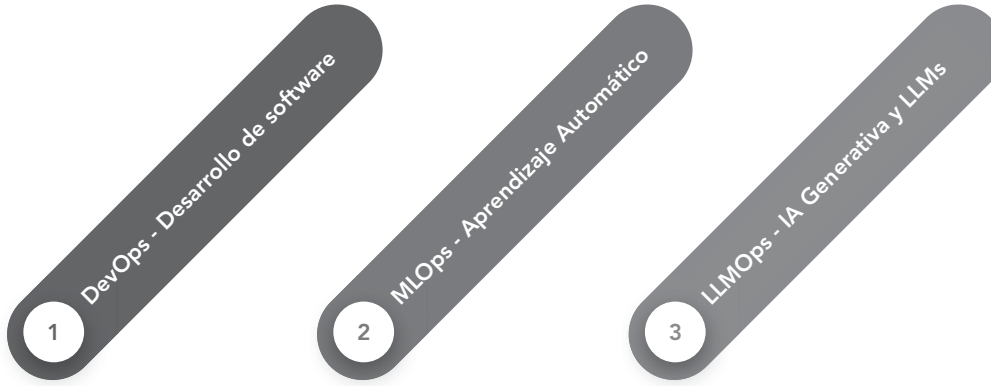


Figura 1.10. Evolución de DevOps a LLMOps.

- **DevOps (operaciones de desarrollo):** DevOps es un enfoque que unifica el desarrollo de software y las operaciones de TI para mejorar la eficiencia en el ciclo de vida de las aplicaciones. Se centra en la automatización de procesos, desde la integración y entrega continua hasta la gestión de la infraestructura y la supervisión en tiempo real. La infraestructura como código permite definir y gestionar servidores y redes de manera programática, para asegurar entornos consistentes y reproducibles. Además, la implementación de monitoreo y registro de eventos facilita la detección temprana de problemas y la optimización del rendimiento. DevOps promueve la colaboración entre equipos, mediante la eliminación de silos y la reducción de los tiempos de entrega de software, al mismo tiempo que mejora la estabilidad y escalabilidad de los sistemas.
- **MLOps (operaciones de aprendizaje automático):** Es la evolución de DevOps aplicada al desarrollo y operación de modelos de *machine learning*. Su propósito es gestionar el ciclo de vida completo de los modelos, desde la experimentación y el entrenamiento hasta el despliegue y la supervisión en producción. Incluye prácticas para versionar modelos, automatizar flujos de entrenamiento, detectar la deriva de datos y garantizar la reproducibilidad de los experimentos. También abarca la escalabilidad en la ejecución de modelos, mientras optimiza el uso de recursos computacionales y permite actualizaciones continuas sin afectar la disponibilidad del sistema. MLOps permite que los modelos de IA sean no solo precisos, sino también mantenibles, confiables y alineados con los objetivos de negocio a lo largo del tiempo.
- **LLMOps (operaciones de modelos masivos de lenguaje):** LLMOps se centra en la gestión y optimización de modelos de lenguaje a gran escala, abordando los desafíos particulares que presentan en términos de recursos, latencia y control de respuestas. Incluye estrategias para reducir el consumo de cómputo sin comprometer la calidad, como la optimización del tamaño de los modelos y la distribución eficiente de cargas

de trabajo. También se enfoca en la monitorización continua del desempeño, ajustando dinámicamente parámetros y detectando sesgos o alucinaciones en las respuestas generadas. Además, integra mecanismos de seguridad para filtrar contenido no deseado y garantizar el cumplimiento de normativas de privacidad y ética en el uso de la IA generativa. LLMOps es clave para hacer viable el uso de estos modelos en entornos productivos de alto rendimiento y en aplicaciones empresariales críticas.

Estos tres conceptos tienen una cierta relación pero son independientes. Dentro del contexto de este libro, MLOps y LLMOps son especialmente relevantes, y tendrán conexión con las métricas cuantitativas de rendimiento que veremos en los capítulos del 4 al 7 para las diferentes tecnologías de inteligencia artificial.

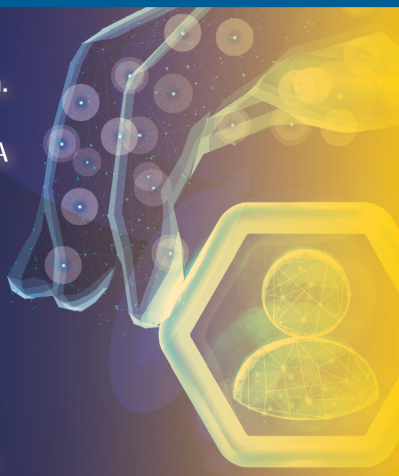
Conclusiones

Este capítulo es el primer bloque de aprendizaje del libro. Si bien supone una introducción menos compleja a nivel técnico en comparación con otras de sus partes, introduce conceptos necesarios para el resto de los capítulos y define el alcance de lo que se verá a lo largo de esta obra.

Pero todo concepto ligado a la inteligencia artificial, independientemente del tipo de IA del que hablemos, requiere de una base de conocimiento matemática y estadística. El nivel de profundidad de dicho conocimiento depende del rol profesional al que se pretenda aspirar, pero unas capacidades mínimas son necesarias para el desempeño de las funciones dentro de un equipo multidisciplinar de datos e inteligencia artificial.

Para preparar al lector de cara a dichas actividades, el capítulo 2 titulado «Base matemática y estadística» abarcará los conceptos necesarios para cualquier profesional de la IA, bajo la batuta de la profesora Laura Sánchez Fernández. Disfruten de lo que viene.

Inteligencia Artificial. Guía definitiva desde los orígenes a la IA generativa



«Vivimos rodeados de inteligencia artificial y debemos entenderla. En este libro, los autores arrojan luz sobre su funcionamiento, sus ventajas y la forma de crear un futuro tecnológico con una IA responsable a nuestro alrededor».

—Chema Alonso. Emprendedor, consejero y *hacker*

«Esta guía ofrece las claves para entender la IA, aplicarla e implementarla con rigor en empresas, instituciones y sociedad. Ideal para un momento de cambio de era que exige conciencia, preparación, responsabilidad y valores».

—Alberto Granados. Ejecutivo y líder en innovación tecnológica

Este libro es una obra didáctica que aborda los aspectos relacionados con el desarrollo de soluciones de inteligencia artificial, ya sea como apoyo al aprendizaje personal de quienes están interesados en este campo, o como guía de estudio en cursos formativos de IA.

El texto está organizado en varios capítulos que, como indica su título, cubren todos los temas relevantes: desde los orígenes de la IA hasta las técnicas más recientes, incluida la archiconocida IA generativa que impulsa sistemas como ChatGPT, Gemini o Copilot. Todo ello se complementa con temas de gobernanza, implementación e innovación, extraídos directamente de la industria y de la amplia experiencia de los autores.

Se trata de una obra actualizada que aspira a convertirse en el referente de aprendizaje en el ámbito profesional y académico de la IA en español.

ANAYA MULTIMEDIA

www.anayamultimedia.es

ISBN 978-84-415-5212-8

2311396

9 788441 552128