

LA PRÓXIMA REVOLUCIÓN MINERA

Inteligencia en Acción

EY Consulting



■ The better the question. ■ The better the answer. ■ The better the world works.





El futuro de la minería es:

1

Segura

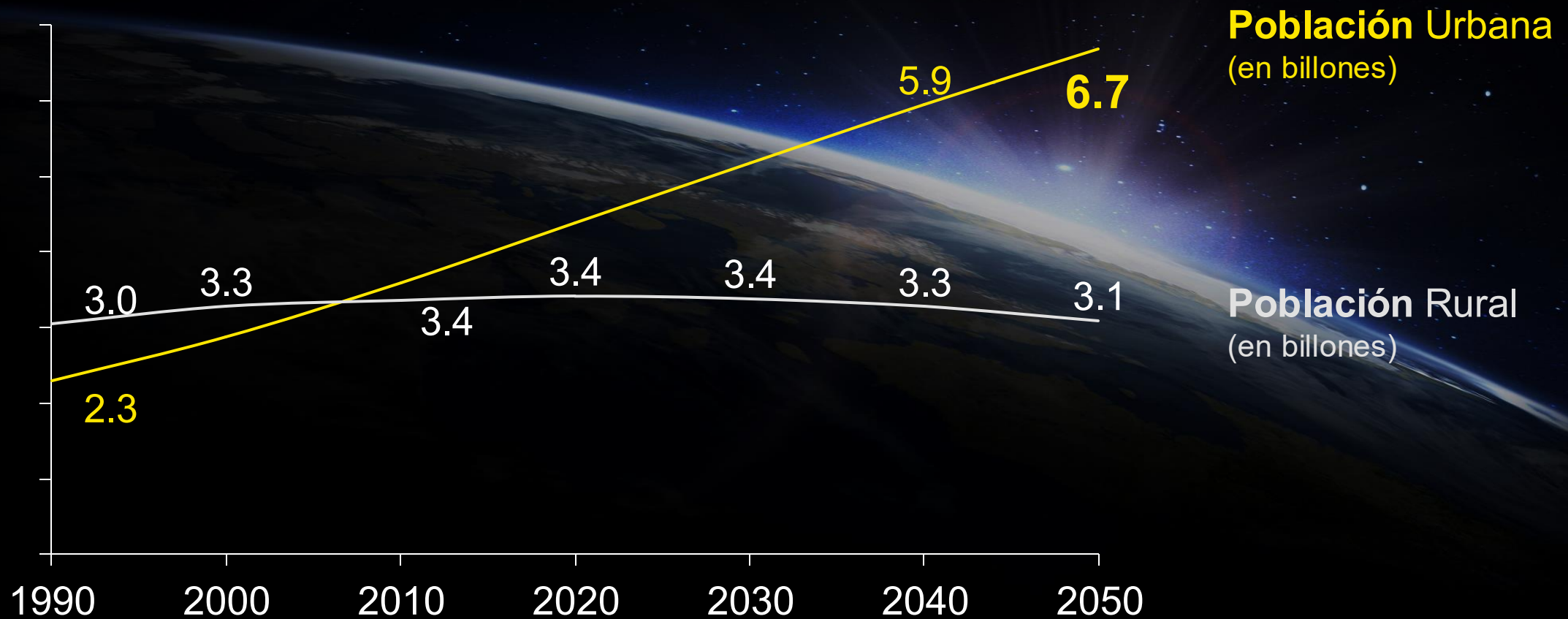
2

Sustentable

3

Rentable

Se espera que la población mundial alcance los **9.800** millones en **2050**



“

El mercado mundial de la minería
es de **3.3 trillones** de dólares al año

10 cosas que comprar con 3.3 trillones

3.3
trillones

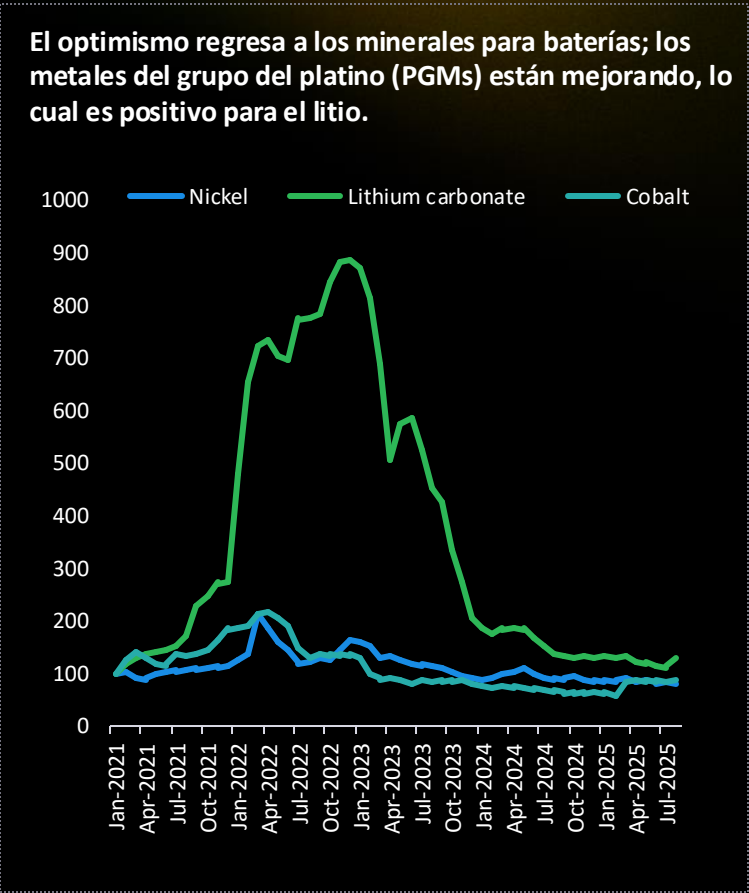
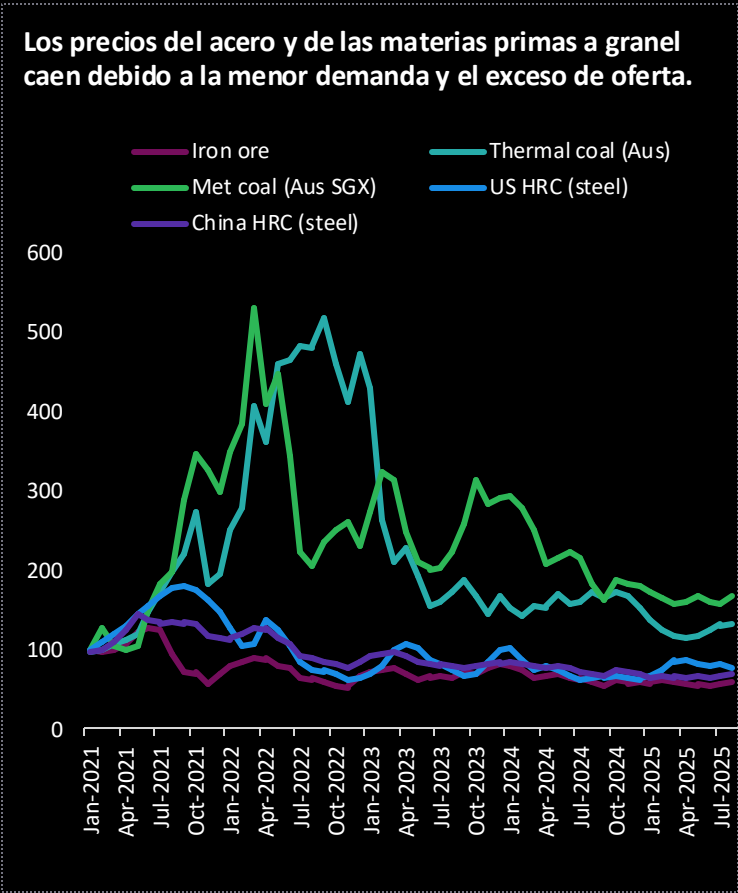
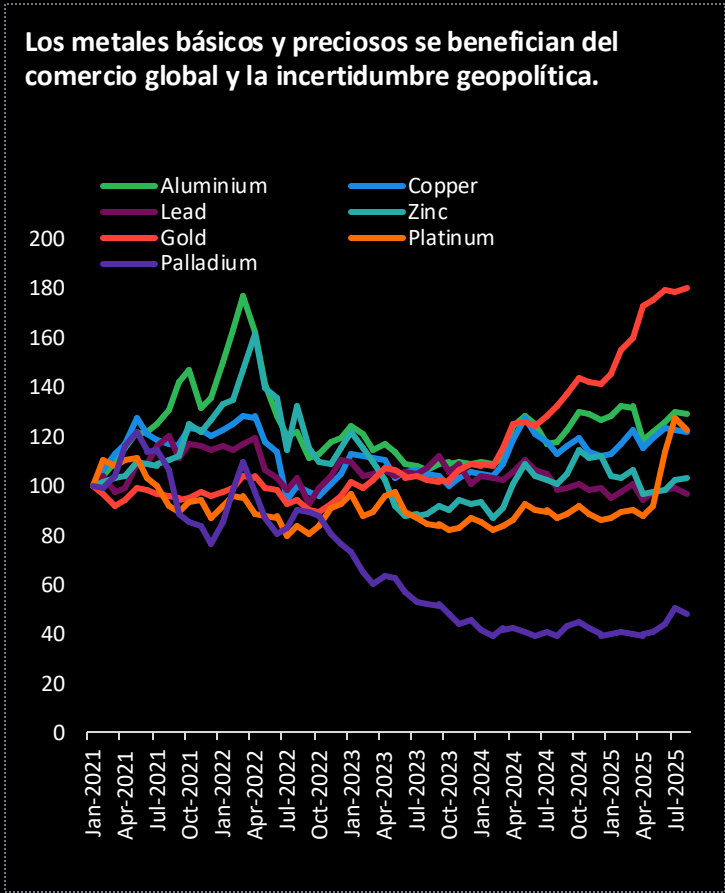


- 1 Túnel del Canal de La Mancha: \$7.44 billion
- 2 Una colonia en Marte: \$6 billion
- 3 El Gran Colisionador de Hadrones: \$11 billion
- 4 Olimpiadas en Brasil: \$10 billion
- 5 Costo de proporcionar agua segura y limpia a todo el mundo: \$10 billion/year
- 6 Costo del huracán Sandy : \$8.3 billion
- 7 El edificio más alto del mundo (Burj Khalifa): \$1.5 billion
- 8 Toda la industria de la música mundial: \$16.8 billion
- 9 Telescopio espacial Hubble: \$10 billion
- 10 Y finalmente, ... Jamaica: \$14.84 billion!!

96

Los precios son generalmente positivos, pero la incertidumbre está generando algunas respuestas interesantes a medida que disminuyen los apetitos de riesgo.

Precios promedio mensuales seleccionados: enero de 2021 a agosto de 2025 (Índice 100 = enero de 2021).



Fuente: EY Insights analysis of Refinitiv DataStream and S&P Cap IQ Pro

Agotamiento de recursos/reservas

La inminente escasez de suministro debería ser un catalizador para la innovación.

Se requiere una inversión de US\$ 5,4 trillones para mantener y expandir las instalaciones mineras y de procesamiento a nivel global.



El declive en las leyes de mineral continúa aumentando la complejidad, elevando los costos y reduciendo la productividad.

Extender la vida útil de la mina requiere compromisos de capital masivos y, a menudo, aprobaciones complejas.

Necesitamos identificar recursos adicionales, pero los presupuestos de exploración han disminuido 3% a US\$ 12,5 mil millones. ¿Es esto una preservación de efectivo en tiempos inciertos o falta de confianza?

Oportunidades para aumentar las reservas

- Exploración acelerada
- Innovación tecnológica
- Asociaciones y joint ventures
- Adquisiciones estratégicas
- De desecho a valor
- Nuevas fronteras: minería ultra profunda

Aumento de costos y productividad

El aumento del costo de las operaciones exige soluciones urgentes de productividad.

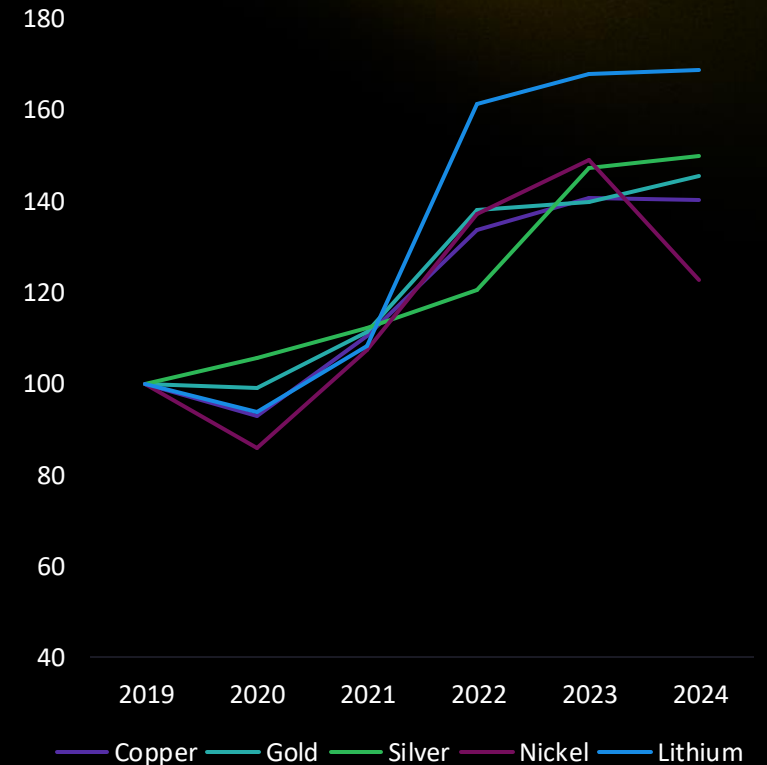
- La **productividad** sigue siendo baja y la variedad de cuellos de botella que impactan el rendimiento se ha intensificado debido a la complejidad
- La productividad de extremo a extremo sigue siendo un desafío.
- Aunque la inflación aparentemente está bajo control, los costos persistentemente altos en energía y mano de obra significan que no ha habido un alivio
- El aumento de regalías e impuestos ha ejercido una mayor presión sobre los márgenes, junto con los costos de logística y transporte

Costos laborales



Source: Indexed average costs based on S&P Global data

Costos de energía



Source: Indexed average costs based on S&P Global data

Geopolítica

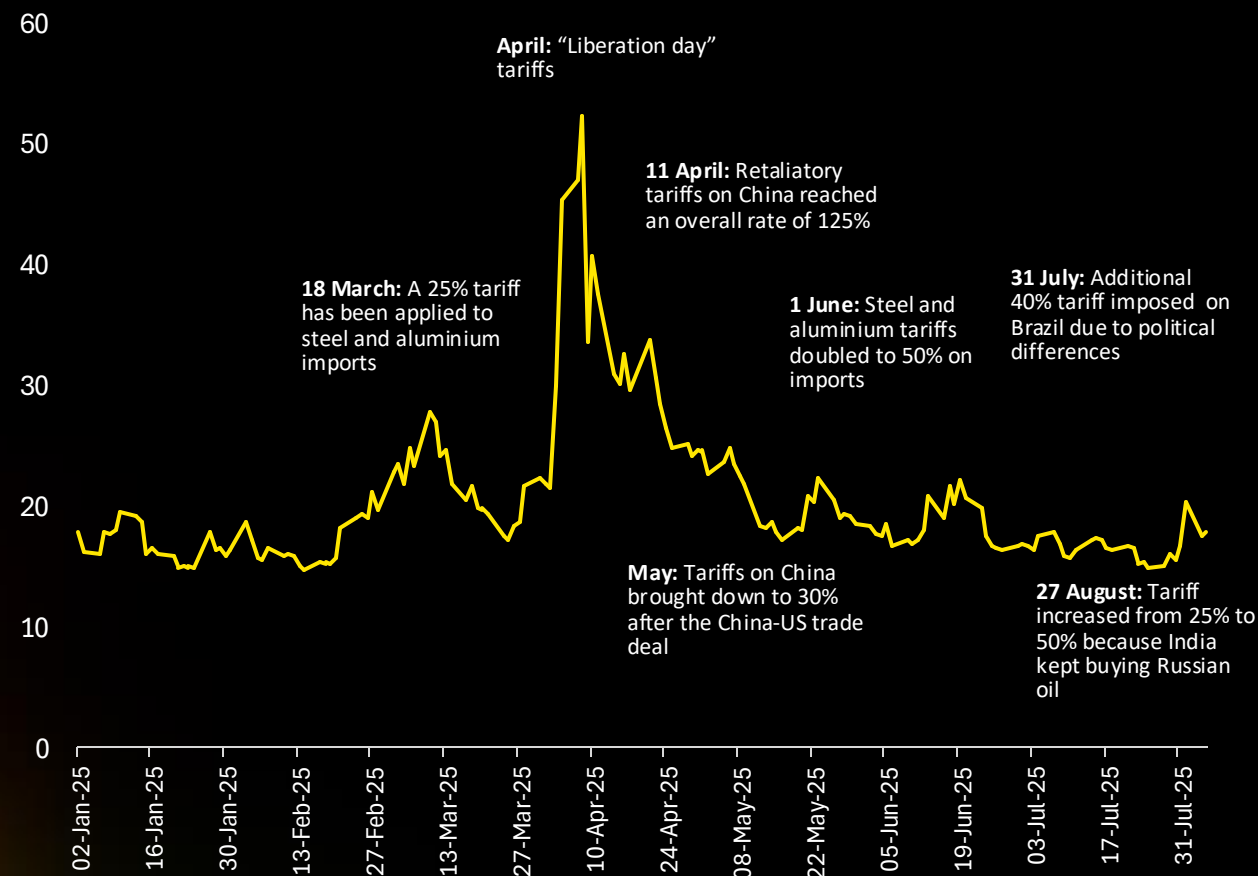
El aumento de las barreras comerciales amenaza el suministro y el crecimiento.

- La demanda de minerales no se trata solo de la transición energética; también se reconoce que los minerales son críticos para los sectores de defensa y tecnología.
- Los gobiernos están compitiendo cada vez más por controlar la minería y el procesamiento a nivel nacional para garantizar el suministro de minerales y metales estratégicos.
- Se han implementado aranceles y contramedidas entre EE. UU. y lugares como China, la UE y Canadá.
- Aranceles de la Sección 232 del 50% sobre el acero, el aluminio y ciertos productos de cobre semielaborados y derivados.
- Sin embargo, los aranceles no son los únicos cambios. Vemos que el nacionalismo de recursos influye en las políticas fiscales y la fijación de precios del carbono se utiliza como una herramienta económica para gobiernos con restricciones fiscales.
- Los cambios en los flujos comerciales pueden alterar el poder geopolítico.

Aranceles de EE. UU. y volatilidad del mercado en 2025.

Volatilidad del mercado CBOE

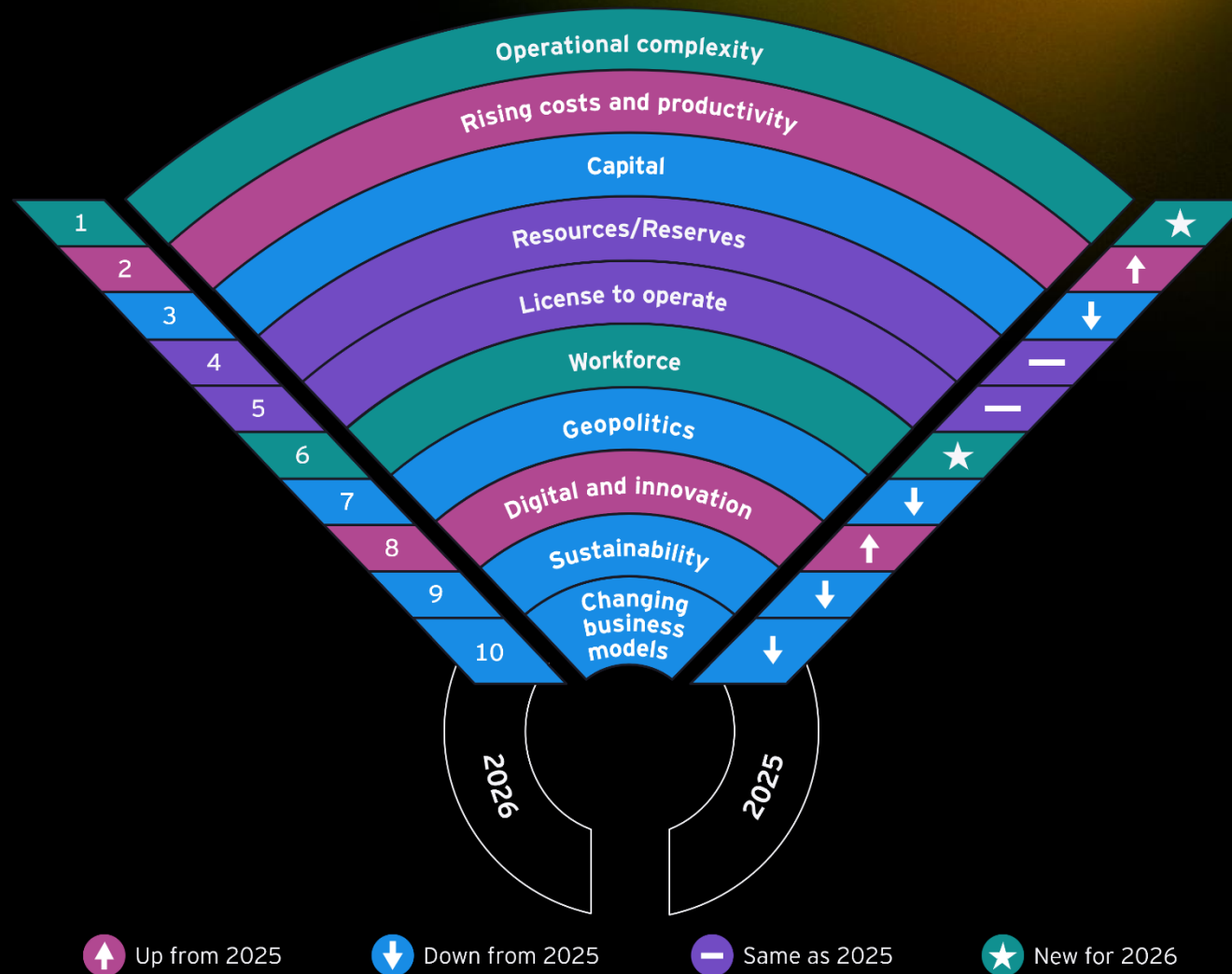
Índice VIX – del 2 de enero de 2025 al 5 de agosto de 2025



Source: LSEG Workspace; EY Insights analysis

Los 10 principales riesgos y oportunidades para 2026

- Aumento del enfoque en el **riesgo operativo** para satisfacer con éxito la demanda futura mientras se preserva el capital
- La **agenda de capital cambiante** y la creación de valor a largo plazo a través de ecosistemas colaborativos
- La inflación ha vuelto a la normalidad, pero los **costos de energía y mano de obra** se mantienen en niveles históricos, lo que requiere un **enfoque en la productividad**
- La **geopolítica** volátil hace que las relaciones estratégicas con gobiernos y comunidades sean vitales



Source: EY Insights analysis

“

Más rápido, más alto,
más fuerte

Cuatro factores competitivos

Automatización

La automatización
destruirá **75 millones** de
trabajos en USA

... y creará

135 millones



EY

Building a better
working world

Automatización



50%

de los trabajos pueden automatizarse con las tecnologías actuales “enterprise grade”



15%

de los puestos de trabajo en Hispanoamérica se automatizarán durante los próximos 5 años



79%

de las grandes empresas de Hispanoamérica han lanzado programas de automatización

Gestión Integrada de Operaciones



Building a better
working world

Gestión **Integrada** de Operaciones

Niveles de gestión integrada

Gestión Integrada del Negocio (GIN)

Gestión Integrada de Operaciones (GIO)

Centro Integrado de Operaciones (CIO)

Sala de operación integrada:

Torres de control

Remotización del control

- Foco en **capa operativa** de procesos de operación y mantenimiento
- **Centro físico** como concepto central
- Toma de decisiones con foco en aspectos operacionales con mirada integral


Sistema integrado de planificación, ejecución, control y mejora de las operaciones:

- Mirada integral en capa **táctica y operativa** de los procesos de planificación, operación, mantenimiento, servicios de soporte a la operación y excelencia operacional
- **Integración física y virtual** como concepto central
- Toma de decisiones con foco en buscar un óptimo global de la operación en tiempo real, integrando mirada táctica

Sistema integrado de planificación, ejecución, control y mejora del negocio:

- Mirada integral **estratégica, táctica y operativa del negocio**, incluyendo planificación, operación, mantenimiento, servicios de soporte a la operación y **procesos de apoyo**
- **Integración física y virtual** como concepto central
- Toma de decisiones con foco en el óptimo global de los resultados de negocio, incorporando también variables financieras y de mercado





1.

Muchos países han comprometido huellas de carbón más bajas para 2040. Esto creará presión por tecnologías más sustentables

2.

Equipos eléctricos serán probablemente el estándar de la industria y serán más pequeños y baratos de mantener

3.

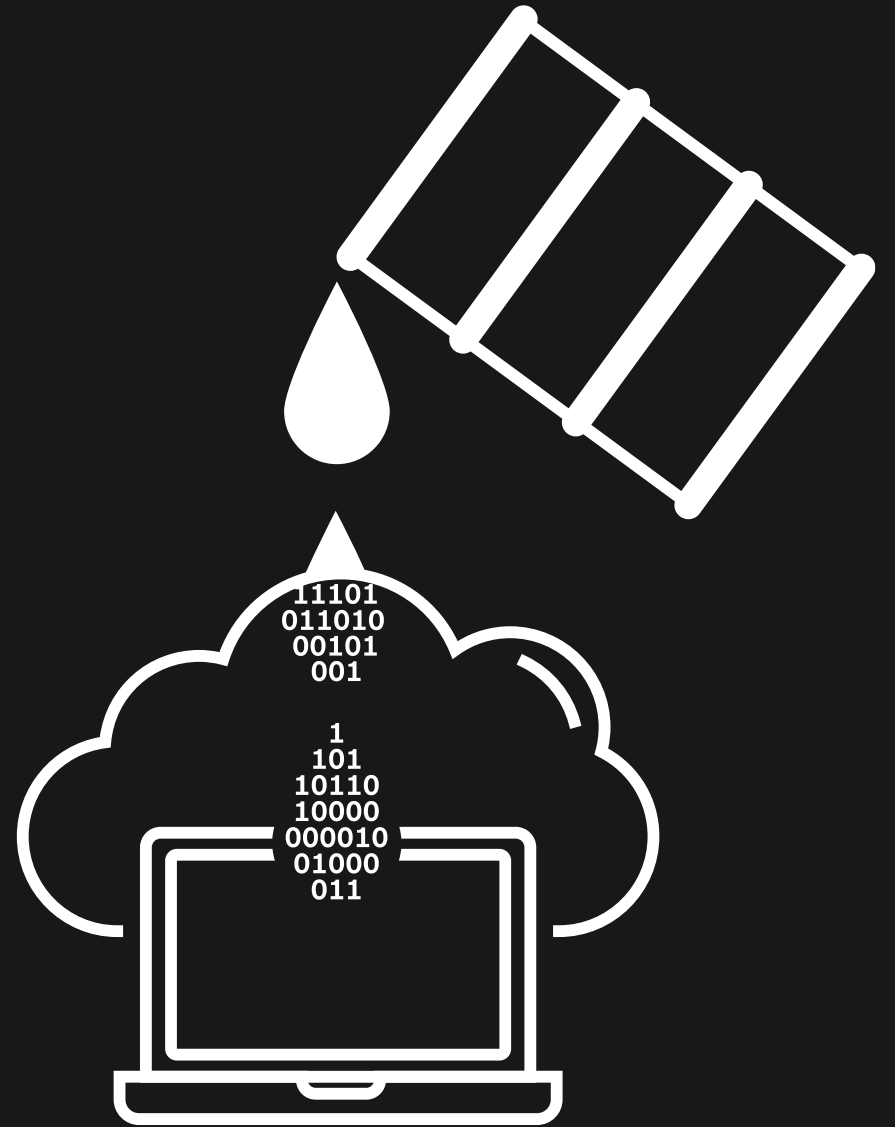
El trabajo con las comunidades será aun más intenso y la LTO será el factor clave en nuevos proyectos de inversión

Esto podrá crear productos diferenciados según impacto y por lo tanto precios diferenciados

SUSTENTABLE

“
Data is the new oil

- Clive Humby

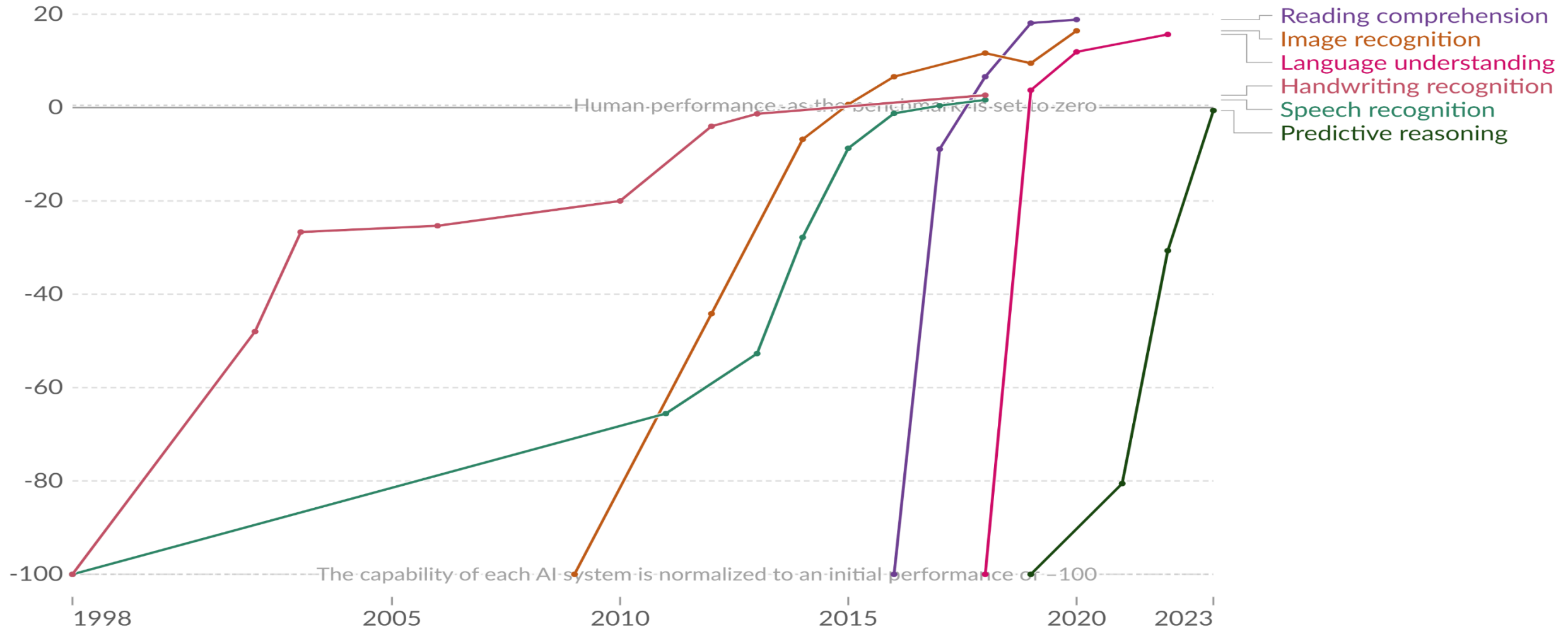


La inteligencia artificial general será el
último gran invento de la humanidad

- Zack Kass. OpenIA

Test scores of AI systems on various capabilities relative to human performance

Within each domain, the initial performance of the AI is set to -100. Human performance is used as a baseline, set to zero. When the AI's performance crosses the zero line, it scored more points than humans.

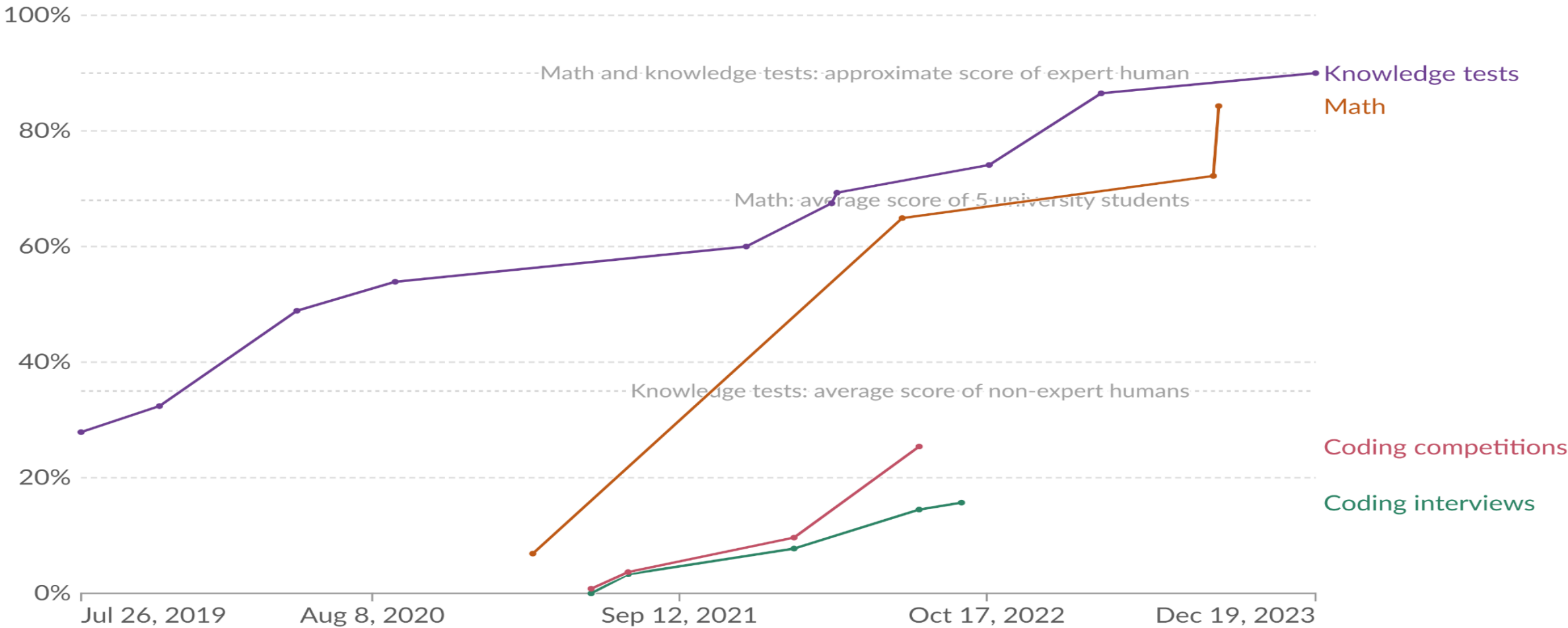


Data source: Kiela et al. (2023)

OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: For each capability, the first year always shows a baseline of -100, even if better performance was recorded later that year.

Coding performance is measured with the APPS benchmark¹; math performance with the MATH benchmark²; and language-based knowledge tests with the MMLU benchmark³.



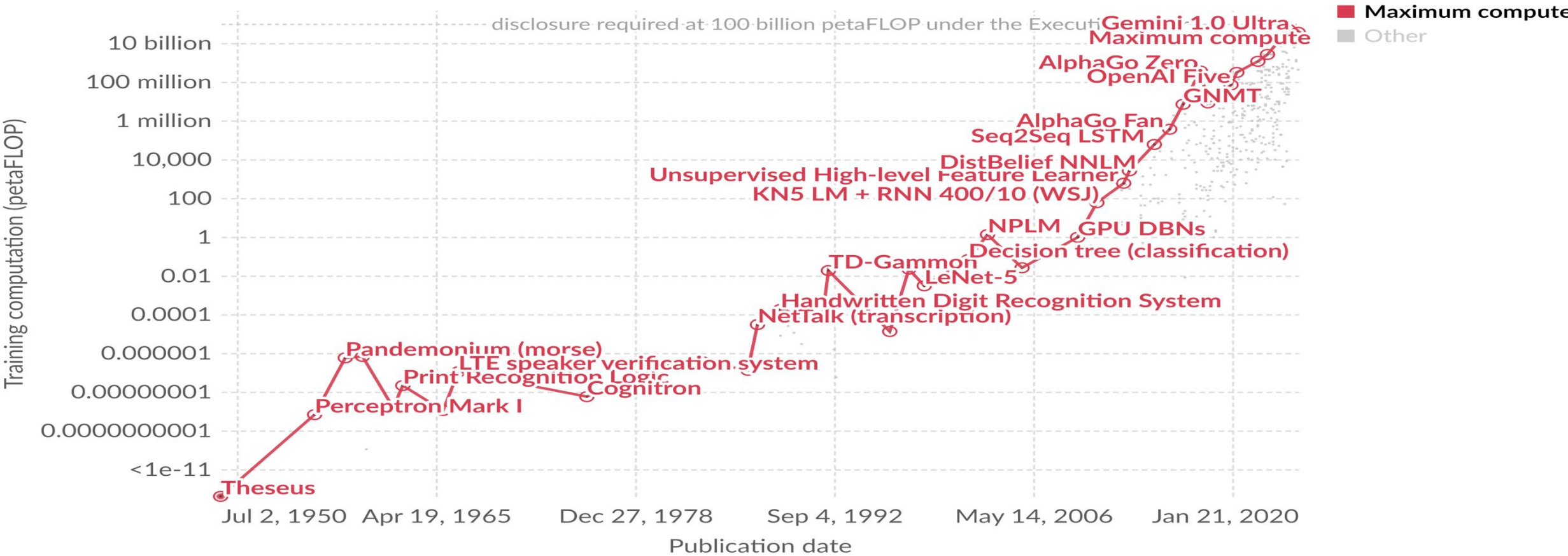
Data source: Papers with Code (2024)

OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: Performance on these benchmarks should not be compared directly as they use different performance metrics and test different skills.

Computation used to train notable artificial intelligence systems

Computation is measured in total petaFLOP, which is 10^{15} floating-point operations¹. Estimated from AI literature, albeit with some uncertainty. Estimates are expected to be accurate within a factor of 2, or a factor of 5 for recent undisclosed models like GPT-4.



Data source: Epoch (2024)

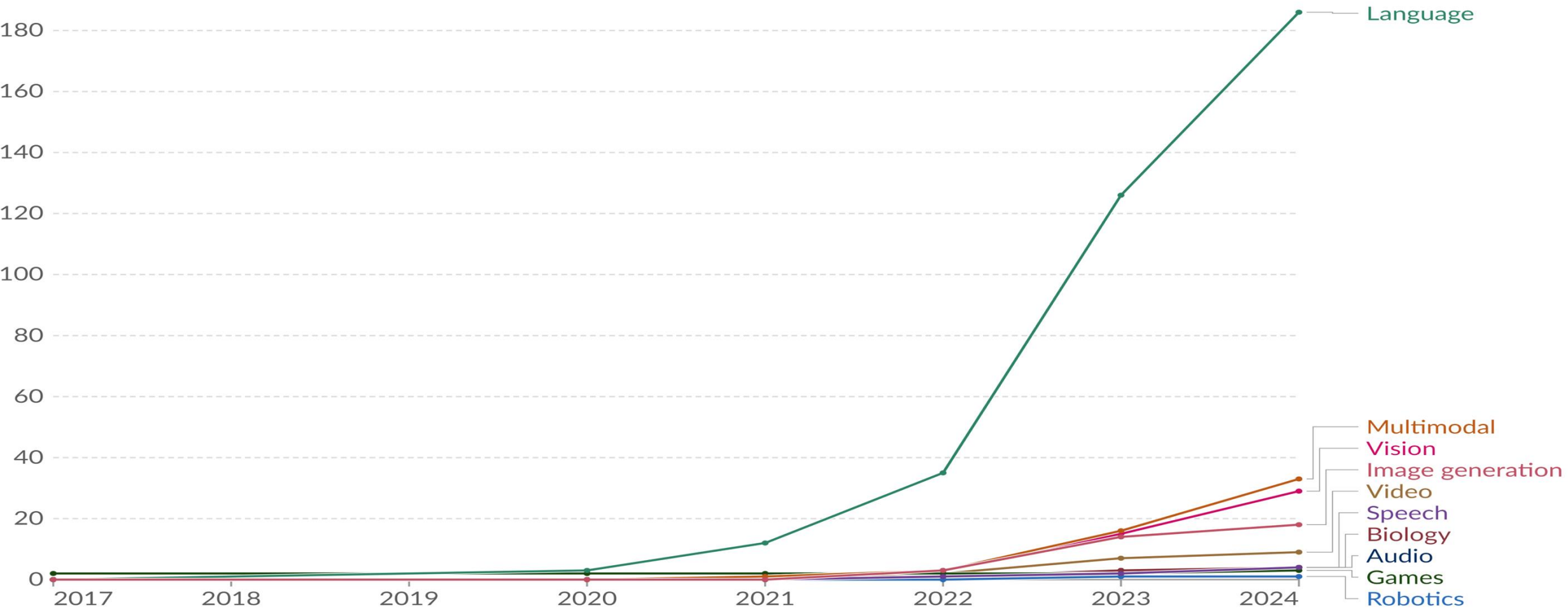
OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: The Executive Order on AI refers to a directive issued by President Biden on October 30, 2023, aimed at establishing guidelines and standards for the responsible development and use of artificial intelligence within the United States.

1. Floating-point operation: A floating-point operation (FLOP) is a type of computer operation. One FLOP represents a single arithmetic operation involving floating-point numbers, such as addition, subtraction, multiplication, or division.

Cumulative number of large-scale AI models by domain since 2017

Describes the specific area, application, or field in which a large-scale AI model is designed to operate. The 2024 data is incomplete and was last updated 16 August 2024.



Data source: Epoch (2024)

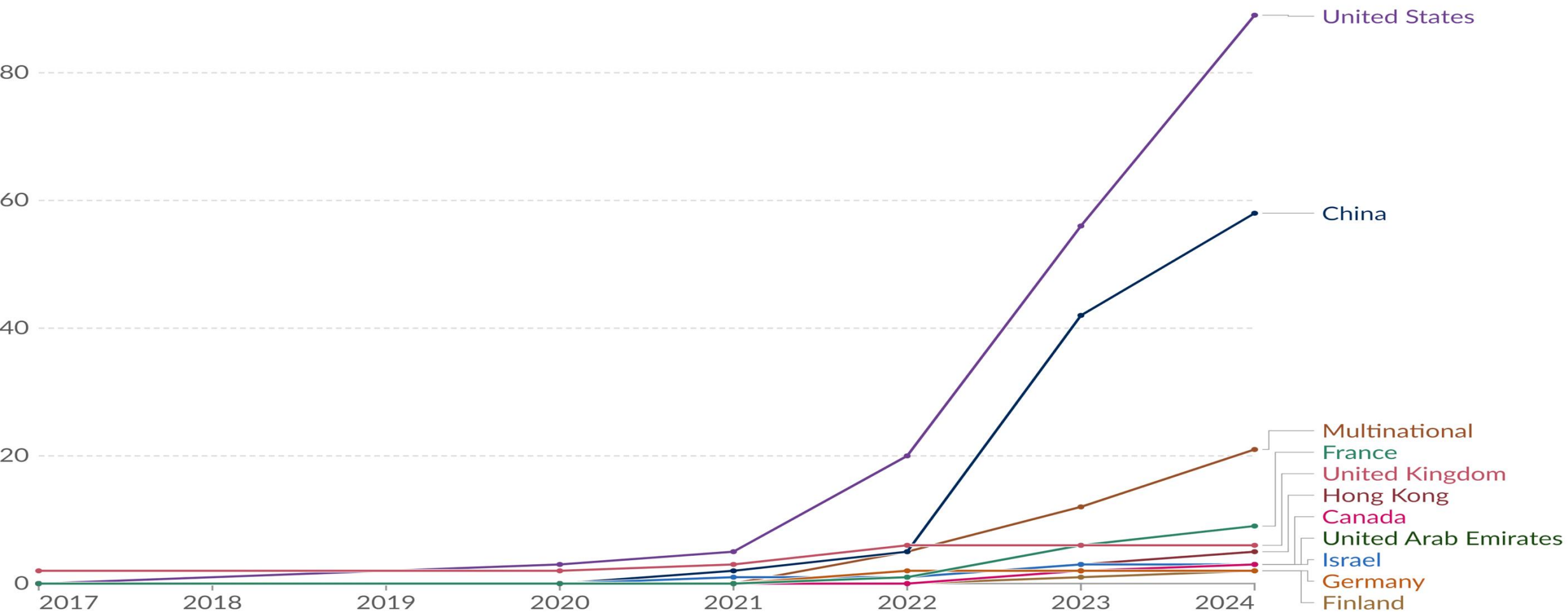
OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: The source defines AI models as "large-scale" when their training compute is confirmed to exceed 10^{23} floating-point operations¹.

1. Floating-point operation: A floating-point operation (FLOP) is a type of computer operation. One FLOP represents a single arithmetic operation involving floating-point numbers, such as addition, subtraction, multiplication, or division.

Cumulative number of large-scale AI systems by country since 2017

Refers to the location of the primary organization with which the authors of a large-scale AI systems are affiliated.
The 2024 data is incomplete and was last updated 16 August 2024.



Data source: Epoch (2024)

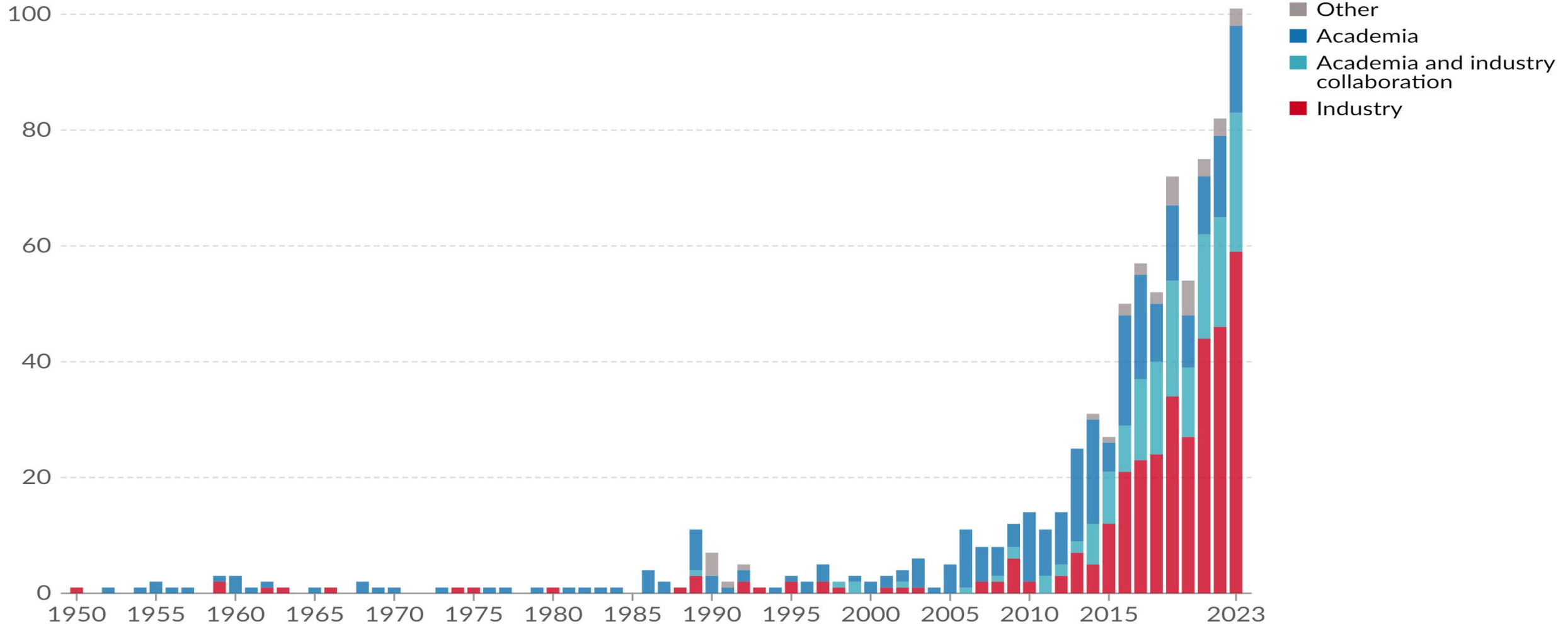
OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: The source defines AI models as "large-scale" when their training compute is confirmed to exceed 10^{23} floating-point operations¹.

1. Floating-point operation: A floating-point operation (FLOP) is a type of computer operation. One FLOP represents a single arithmetic operation involving floating-point numbers, such as addition, subtraction, multiplication, or division.

Affiliation of research teams building notable AI systems, by year of publication

Describes the sector where the authors of a notable AI system have their primary affiliations.



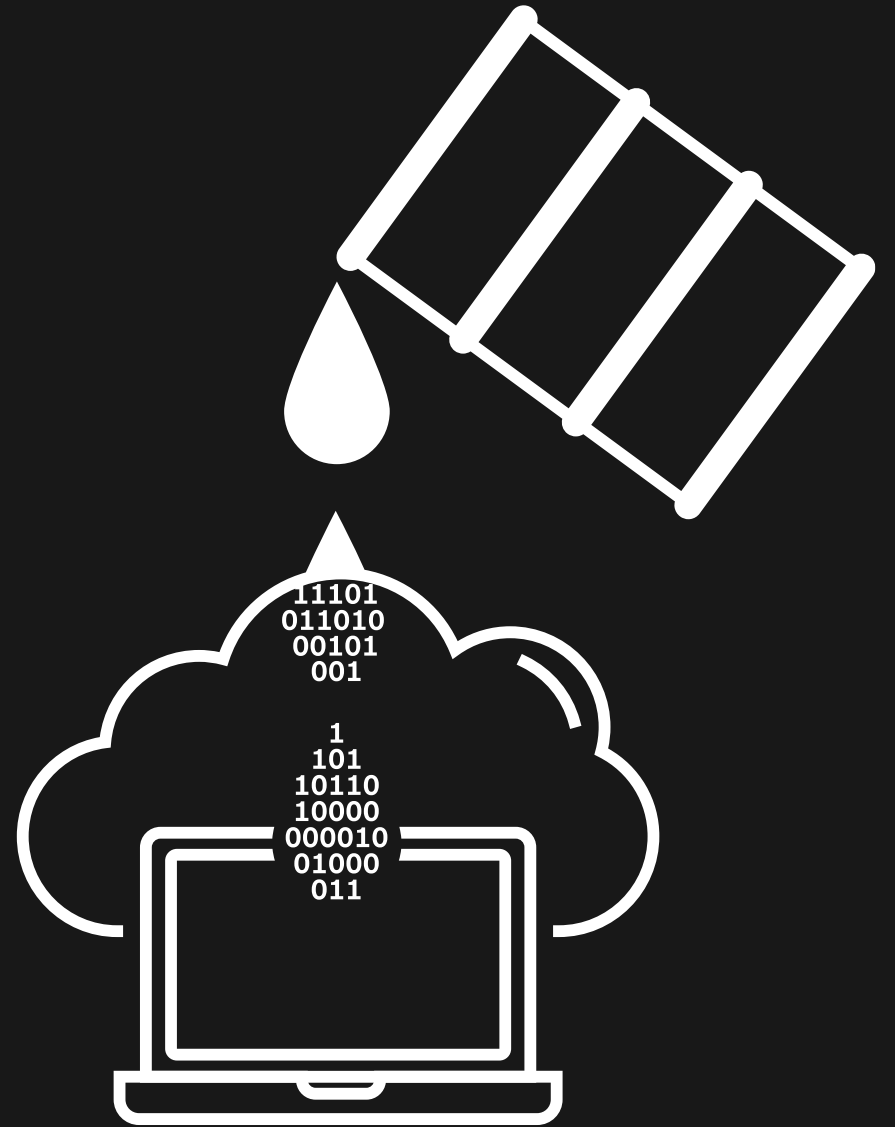
Data source: Epoch (2024)

OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

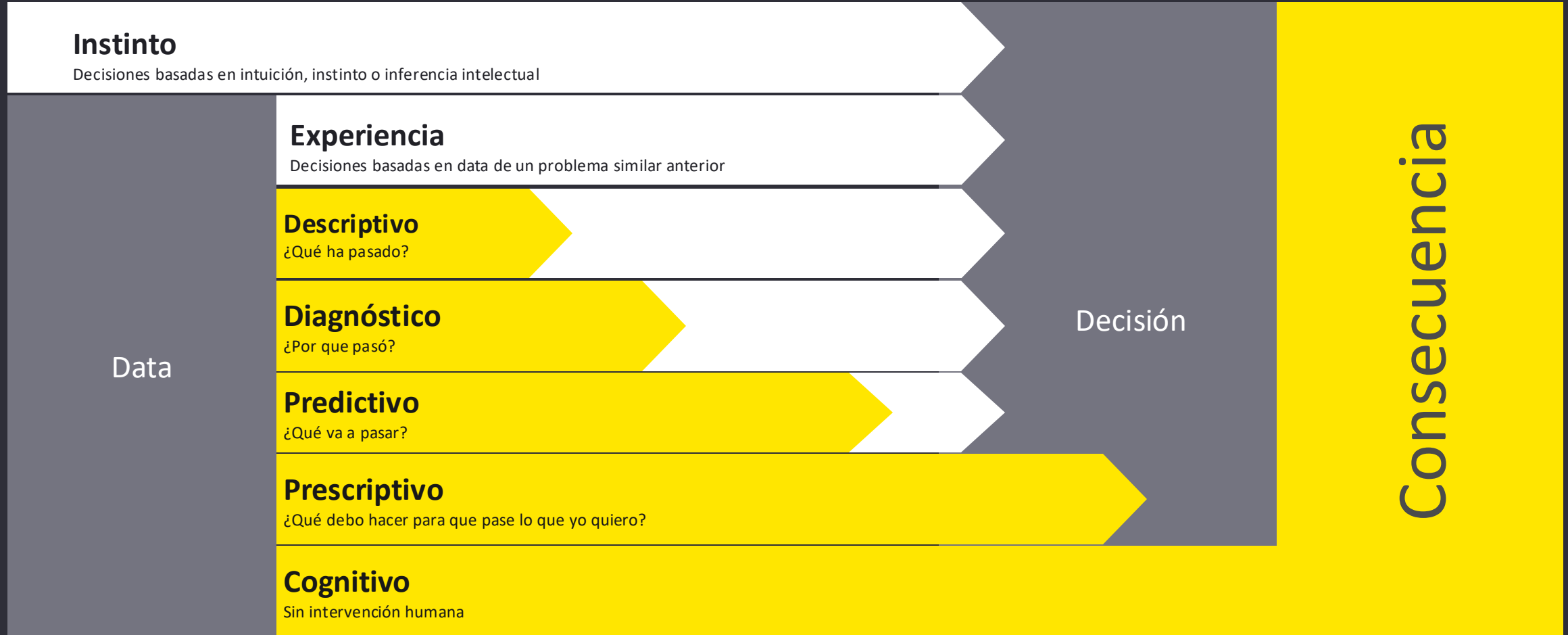
Note: A research collective is a group of AI researchers not organized under an academic or industry affiliation. Systems are defined as "notable" by the authors based on several criteria, such as advancing the state of the art or being of historical importance.

“
Data is the new oil

- Clive Humby



IA = Mejores decisiones de negocio



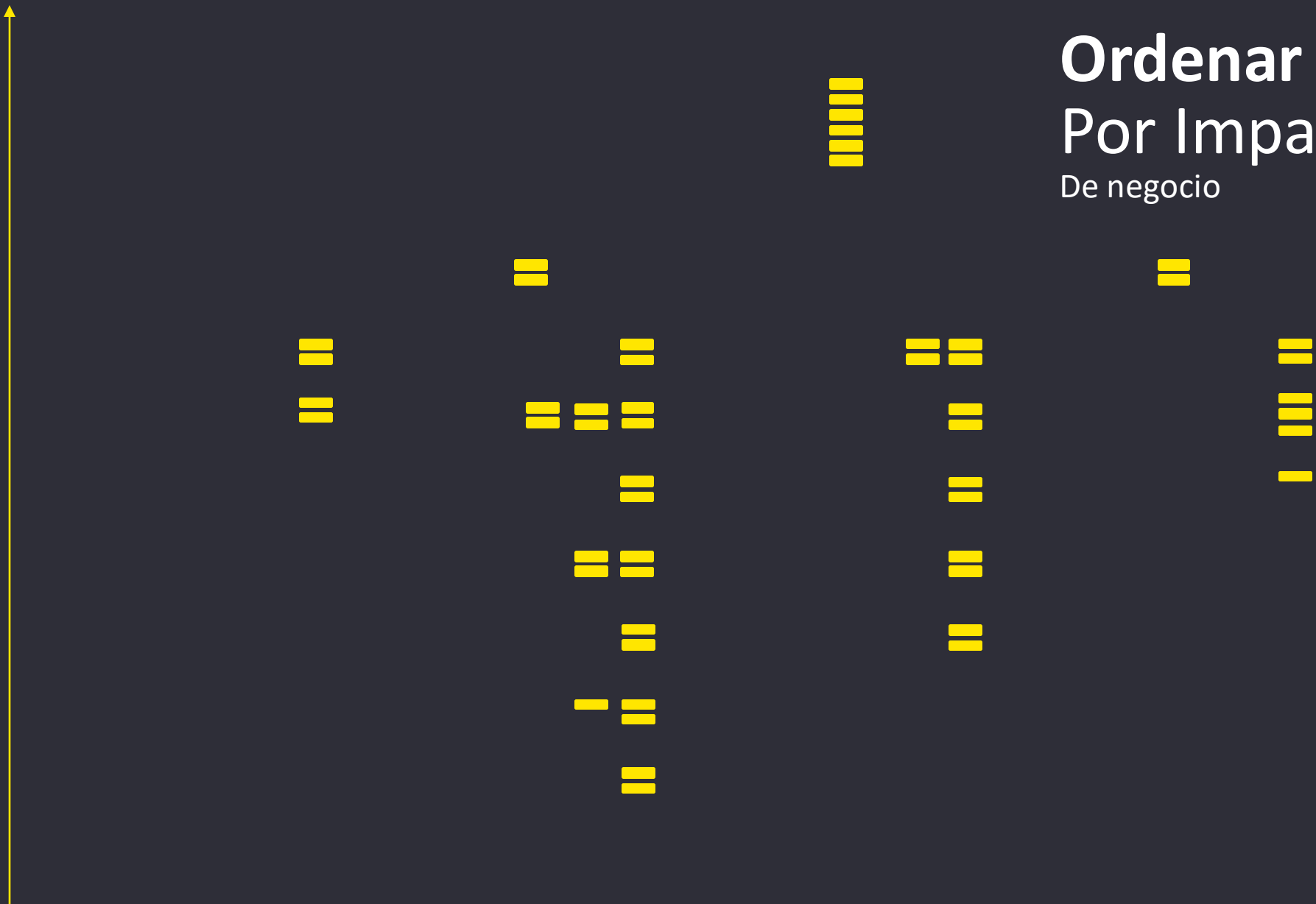
Decisiones Recurrentes

Por área



Ordenar
Por Impacto
De negocio

Impacto Decisión



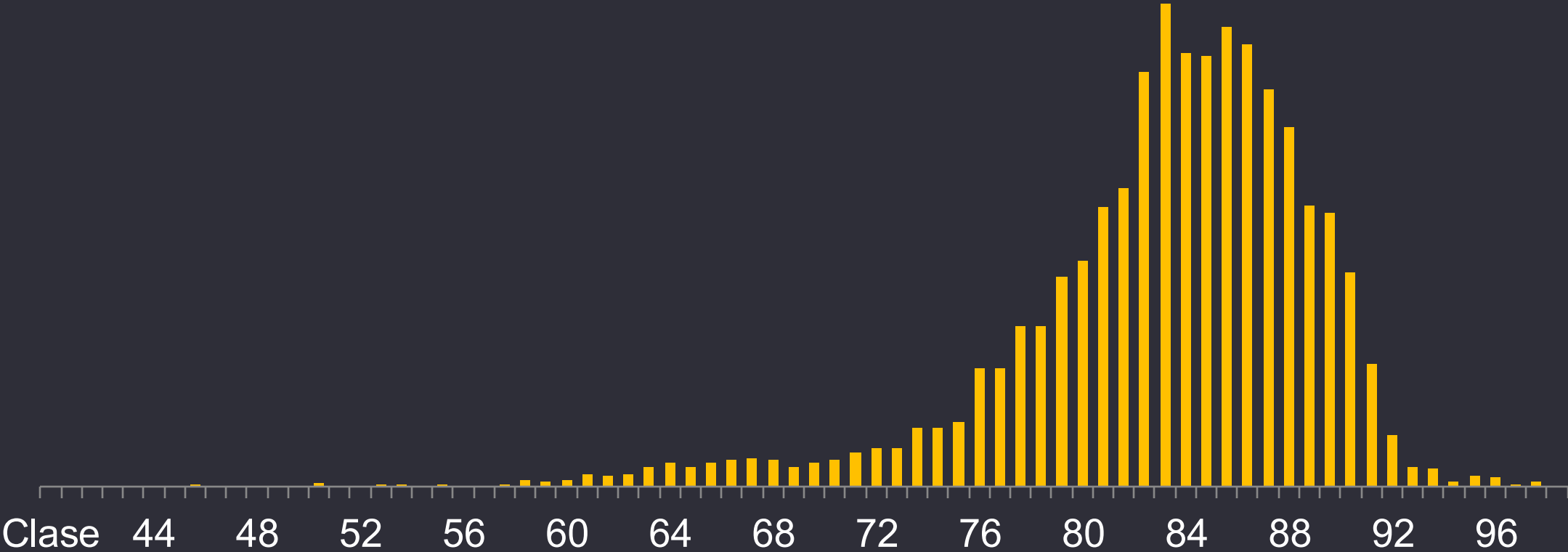




Aumento de recuperación de Cu

Inteligencia Artificial

Recuperación de Cobre (flotación)



Mineral

20

Variables

Ch | Molienda

25

Variables

Flotación

79

Variables

Espesamiento

15

Variables

1

2

3

4

Variables de flotación



Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.1
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.2
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.3
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.4
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.5
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.6
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.7
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.8
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.9
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.10
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.11
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion Primaria.12
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1er Barrido.1
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1er Barrido.2
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1er Barrido.3
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1er Barrido.5
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1er Barrido.6
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1er Barrido.7
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 2do Barrido.9
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 2do Barrido.10
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 2do Barrido.11
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 2do Barrido.12
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 2do Barrido.13
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 2do Barrido.14
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1ra Limpieza.15

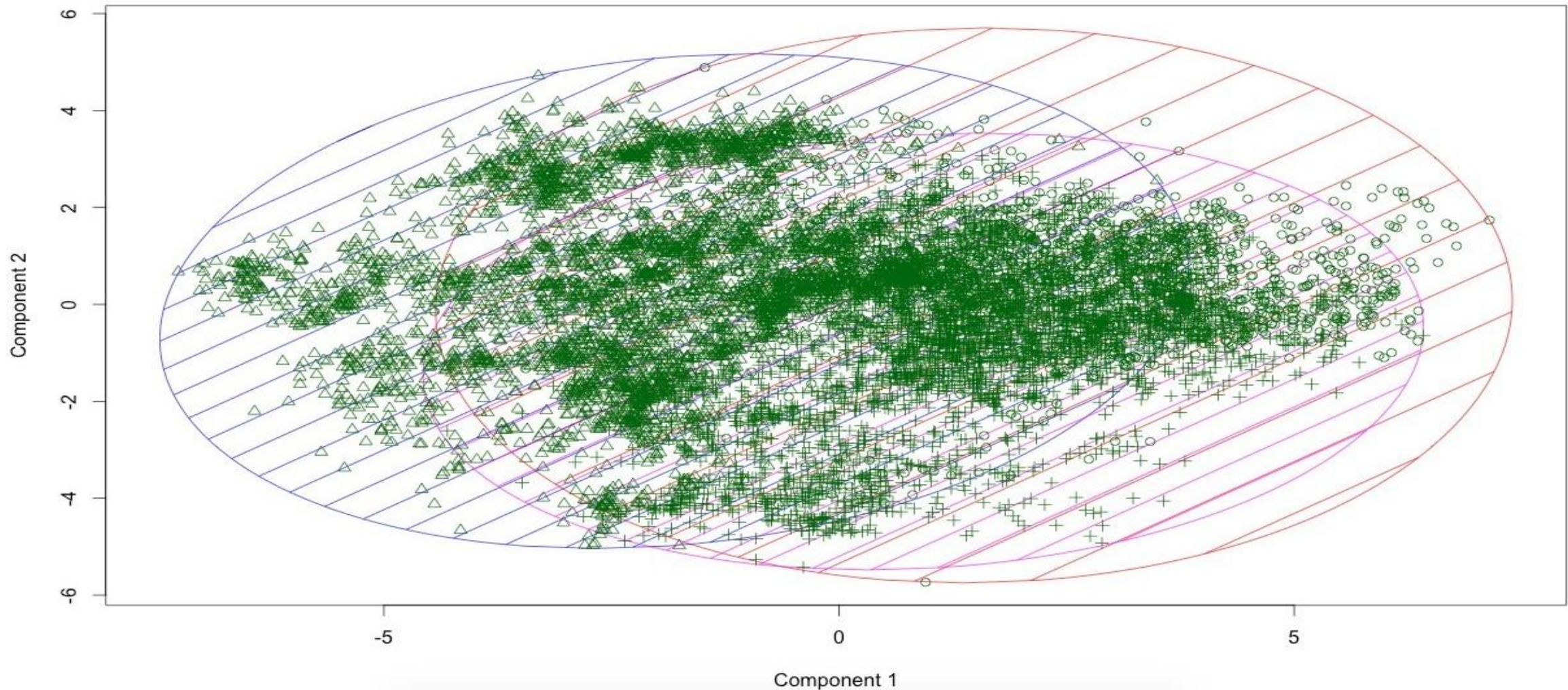
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1ra Limpieza.16
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1ra Limpieza.17
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1ra Limpieza.21
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1ra Limpieza.18
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1ra Limpieza.19
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1ra Limpieza.20
Flotacion.Aire [m3/hr].Flotacion 1ra Limpieza.22
Flotacion.Aire [m3/hr].Columnas.Col 1
Flotacion.Aire [m3/hr].Columnas.Col 2
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.1
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.2
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.3
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.4
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.5
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.6
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.7
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.8
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.9
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.10
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.11
Flotacion.Nivel [%].Flotacion Primaria.12
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1ra Limpieza.1 - 2
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1ra Limpieza.3
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1ra Limpieza.5 - 6
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1ra Limpieza.7

Flotacion.Nivel [%].Flotacion 2do Barrido.9
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 2do Barrido.10
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 2do Barrido.11
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 2do Barrido.12
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 2do Barrido.13
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 2do Barrido.14
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1er Barrido.15
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1er Barrido.16
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1er Barrido.17
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1er Barrido.21
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1er Barrido.18
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1er Barrido.19
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1er Barrido.20
Flotacion.Nivel [%].Flotacion 1er Barrido.22
Flotacion.Nivel [%].Columnas.Col 1
Flotacion.Nivel [%].Columnas.Col 2
Flotacion.Nivel [%].pH [psi] L-1
Flotacion.Nivel [%].pH [psi] L-2
Flotacion.Control de pH cajon 3311-CAJ-001
Flotacion.[ton/hr].Tonelaje
Flotacion.[%].Nivel Cajon Concentrado Remolienda
Flotacion.[%].Nivel Cajon 331-CAJ-001
Flotacion.[%].Nivel Cajon 002
Flotacion.[A].Corriente.3321.MVX_001AI.DACA_IP.PV
Flotacion.[A].Corriente.3321.MVX_002AI.DACA_IP.PV

Ejemplo completo

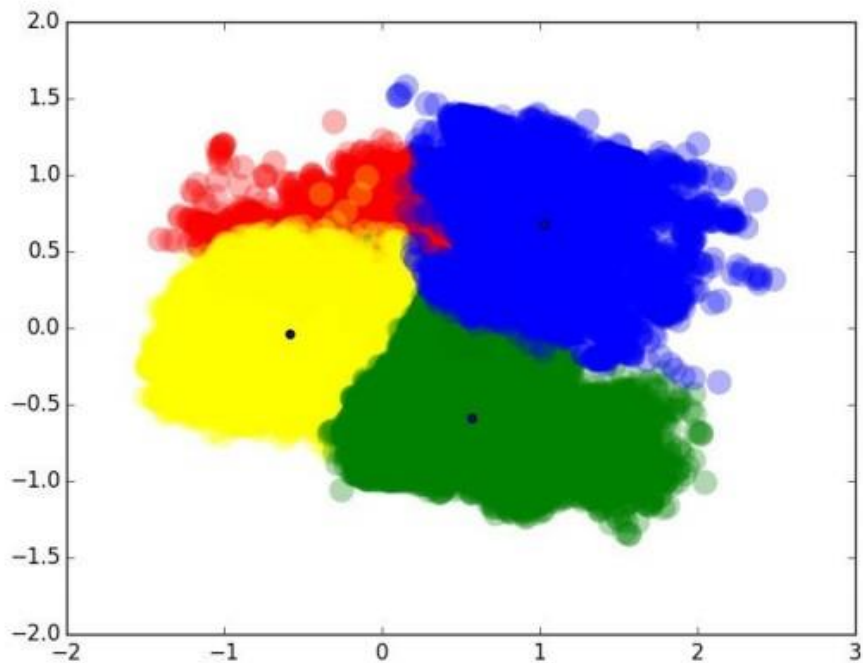
La estrategia – Algoritmos no supervisados

CLUSPLOT(Matriz_reducida)

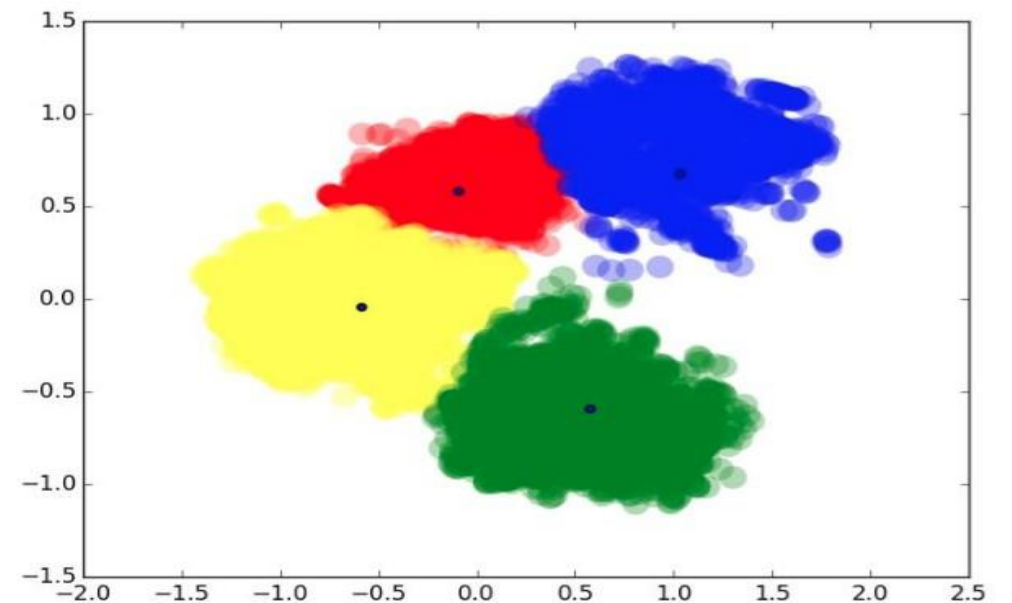


Ejemplo completo

K-means con distancias de mahalanobis



Condiciones Operacionales



Settings Operacionales

Ejemplo completo

Nuevamente cuatro cluster

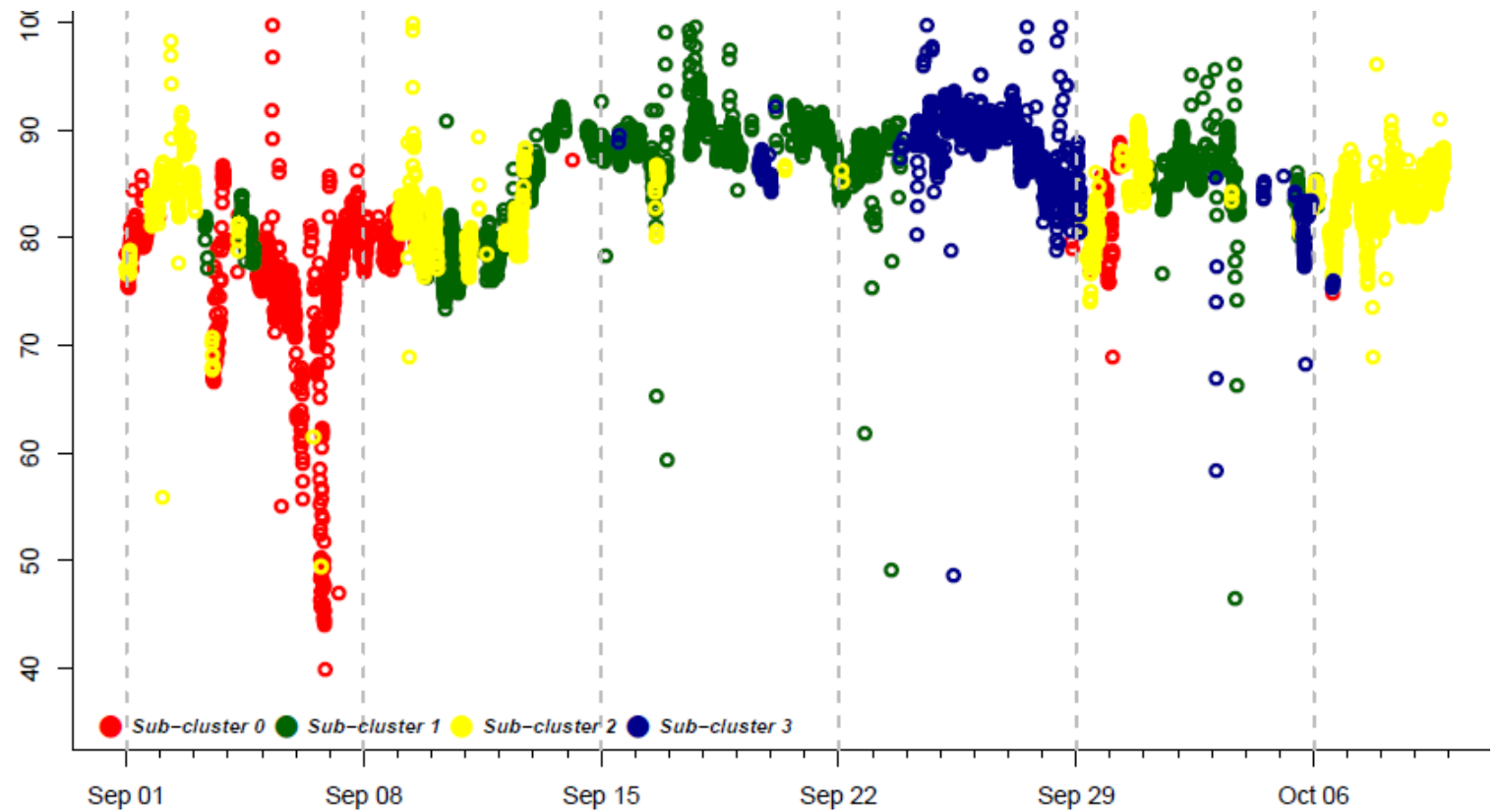
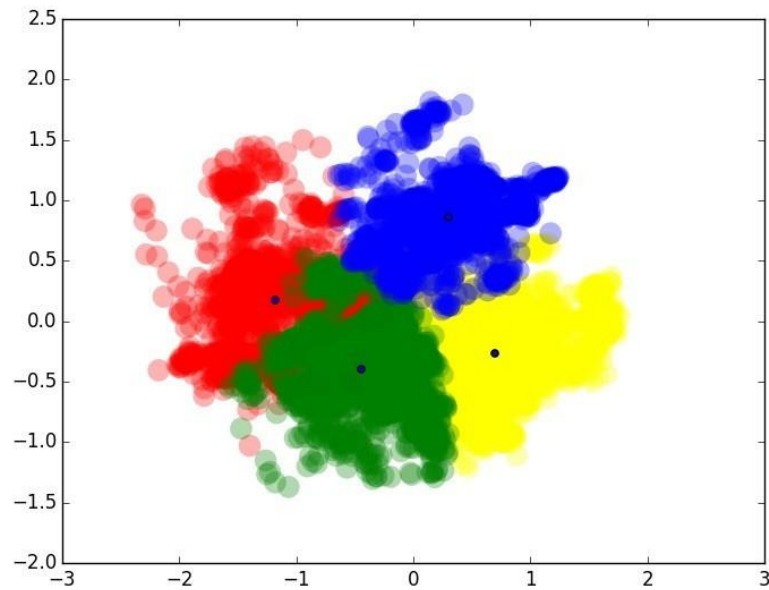


Tabla 1: Frecuencia en que se toma la decisión

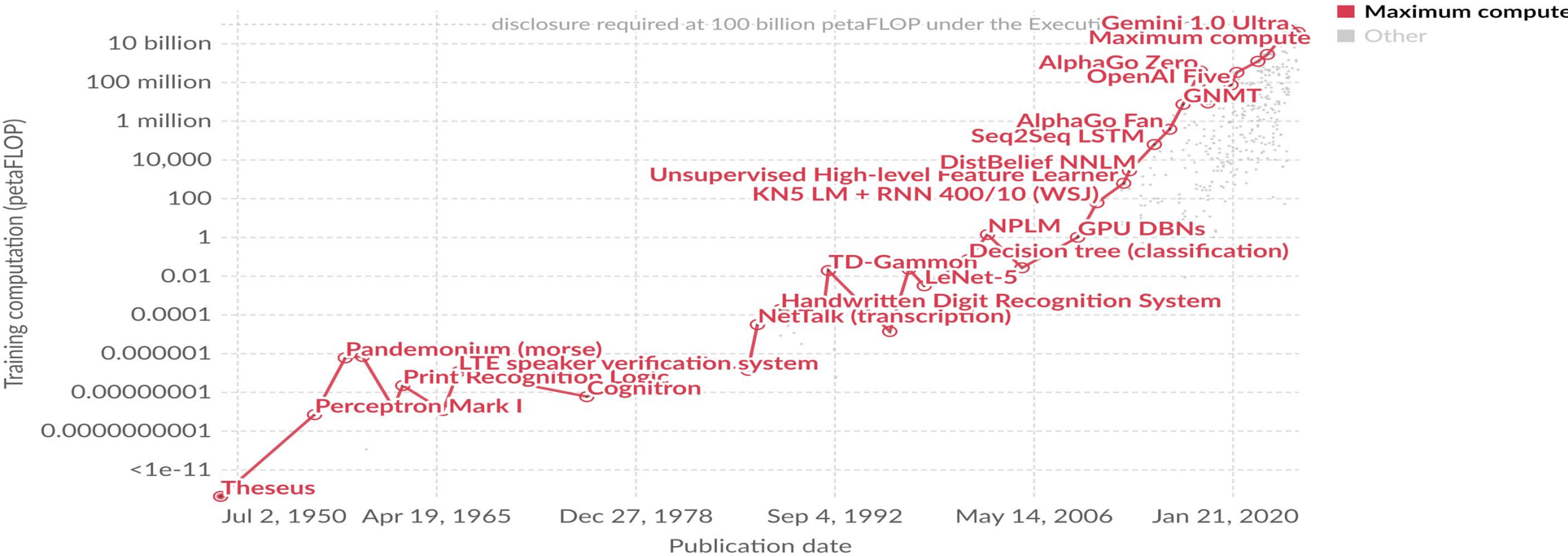
	Setting 1	Setting 2	Setting 3	Setting 4
Condición Operacional 1	75	227	117	794
Condición Operacional 2	614	495	798	108
Condición Operacional 3	334	1.546	556	279
Condición Operacional 4	82	48	94	0

Tabla 2: Consecuencias de la decisión (recuperación promedio)

	Setting 1	Setting 2	Setting 3	Setting 4
Condición Operacional 1	83 %	71 %	86 %	89 %
Condición Operacional 2	76 %	83 %	81 %	83 %
Condición Operacional 3	75 %	87 %	83 %	92 %
Condición Operacional 4	80 %	78 %	81 %	NA

Computation used to train notable artificial intelligence systems

Computation is measured in total petaFLOP, which is 10^{15} floating-point operations¹. Estimated from AI literature, albeit with some uncertainty. Estimates are expected to be accurate within a factor of 2, or a factor of 5 for recent undisclosed models like GPT-4.



Data source: Epoch (2024)

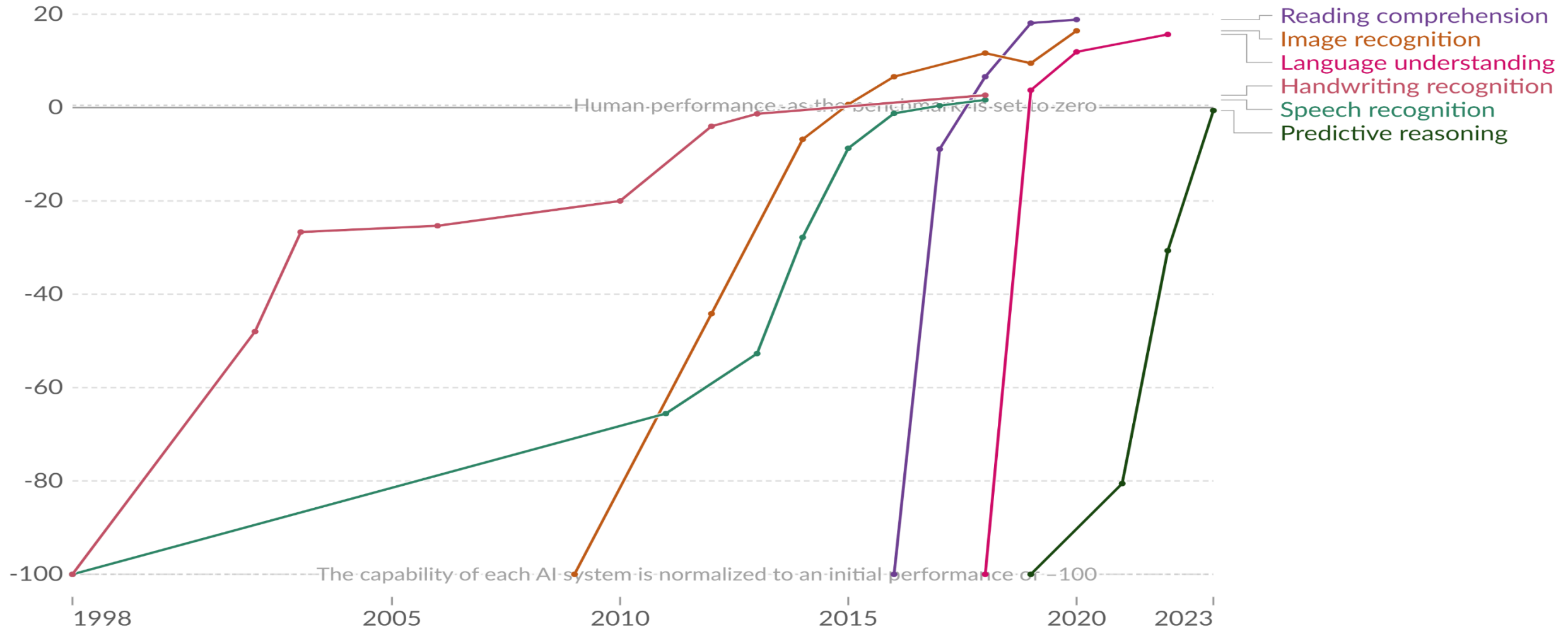
OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: The Executive Order on AI refers to a directive issued by President Biden on October 30, 2023, aimed at establishing guidelines and standards for the responsible development and use of artificial intelligence within the United States.

1. Floating-point operation: A floating-point operation (FLOP) is a type of computer operation. One FLOP represents a single arithmetic operation involving floating-point numbers, such as addition, subtraction, multiplication, or division.

Test scores of AI systems on various capabilities relative to human performance

Within each domain, the initial performance of the AI is set to -100. Human performance is used as a baseline, set to zero. When the AI's performance crosses the zero line, it scored more points than humans.



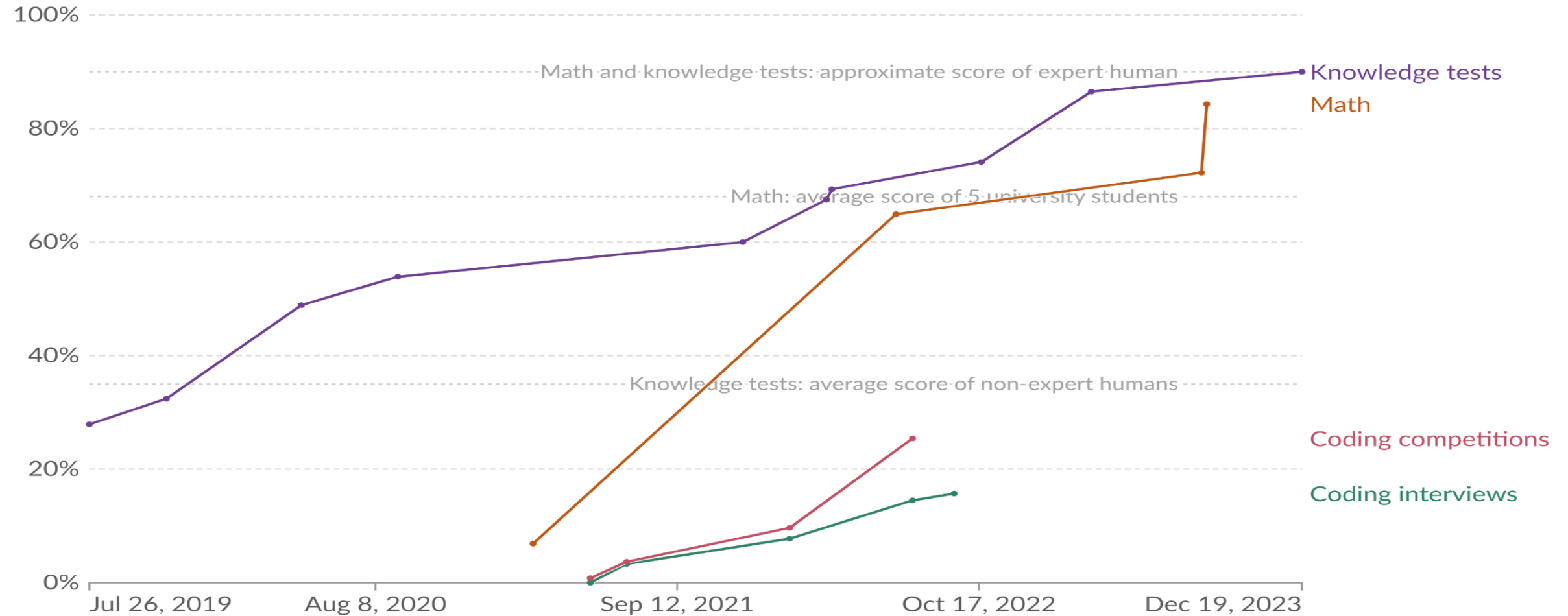
Data source: Kiela et al. (2023)

OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: For each capability, the first year always shows a baseline of -100, even if better performance was recorded later that year.

Top performing AI systems in coding, math, and language-based knowledge tests

Coding performance is measured with the APPS benchmark¹; math performance with the MATH benchmark²; and language-based knowledge tests with the MMLU benchmark³.



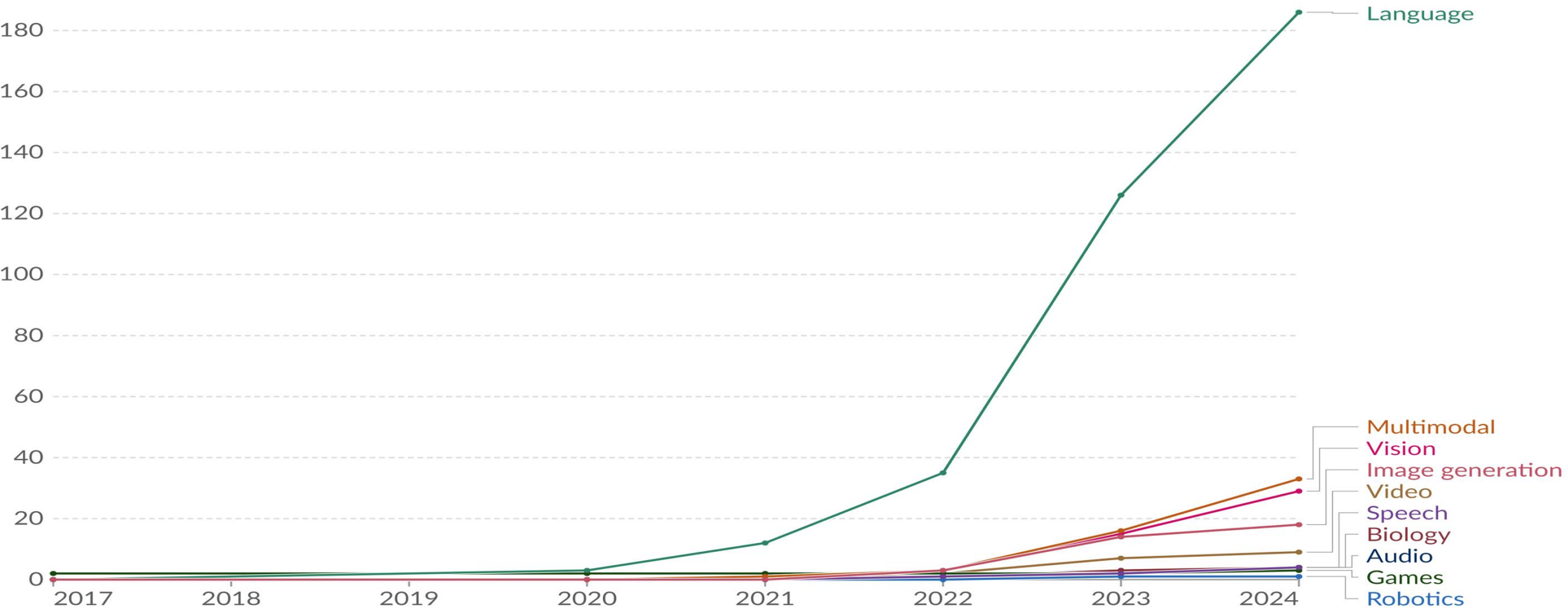
Data source: Papers with Code (2024)

OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: Performance on these benchmarks should not be compared directly as they use different performance metrics and test different skills.

Cumulative number of large-scale AI models by domain since 2017

Describes the specific area, application, or field in which a large-scale AI model is designed to operate. The 2024 data is incomplete and was last updated 16 August 2024.



Data source: Epoch (2024)

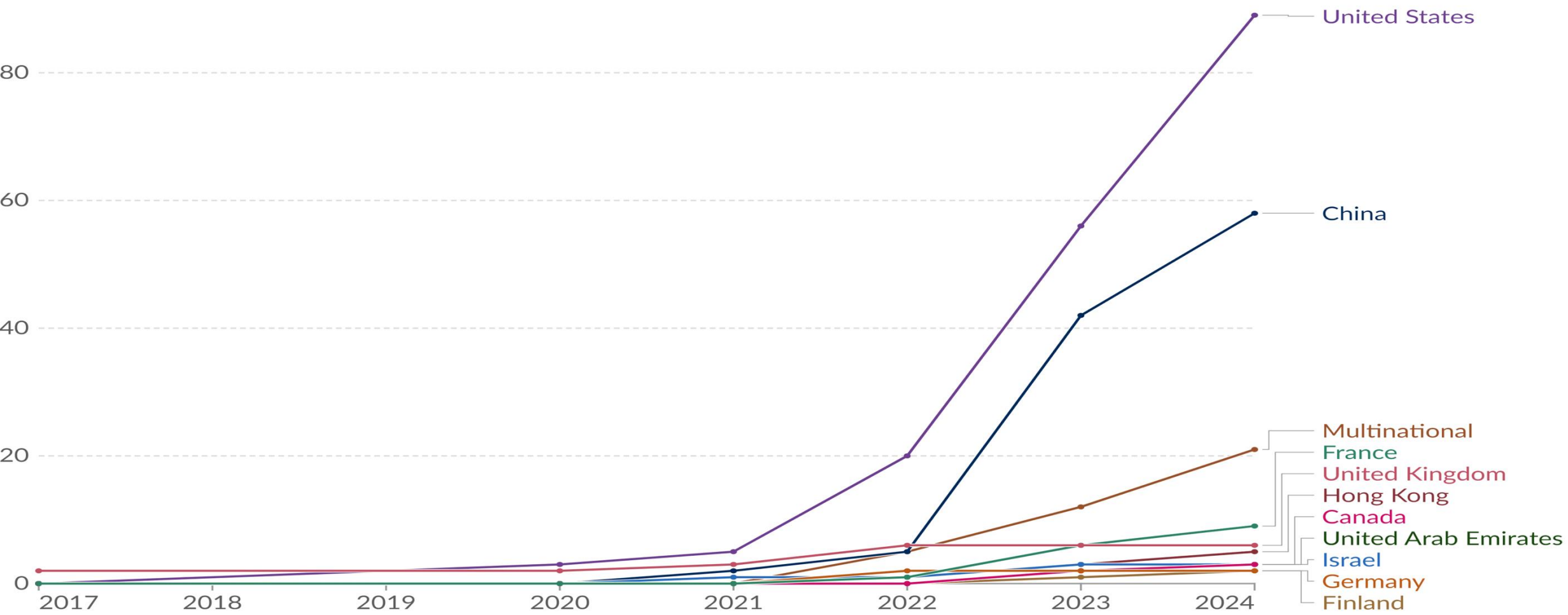
OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: The source defines AI models as "large-scale" when their training compute is confirmed to exceed 10^{23} floating-point operations¹.

1. Floating-point operation: A floating-point operation (FLOP) is a type of computer operation. One FLOP represents a single arithmetic operation involving floating-point numbers, such as addition, subtraction, multiplication, or division.

Cumulative number of large-scale AI systems by country since 2017

Refers to the location of the primary organization with which the authors of a large-scale AI systems are affiliated.
The 2024 data is incomplete and was last updated 16 August 2024.



Data source: Epoch (2024)

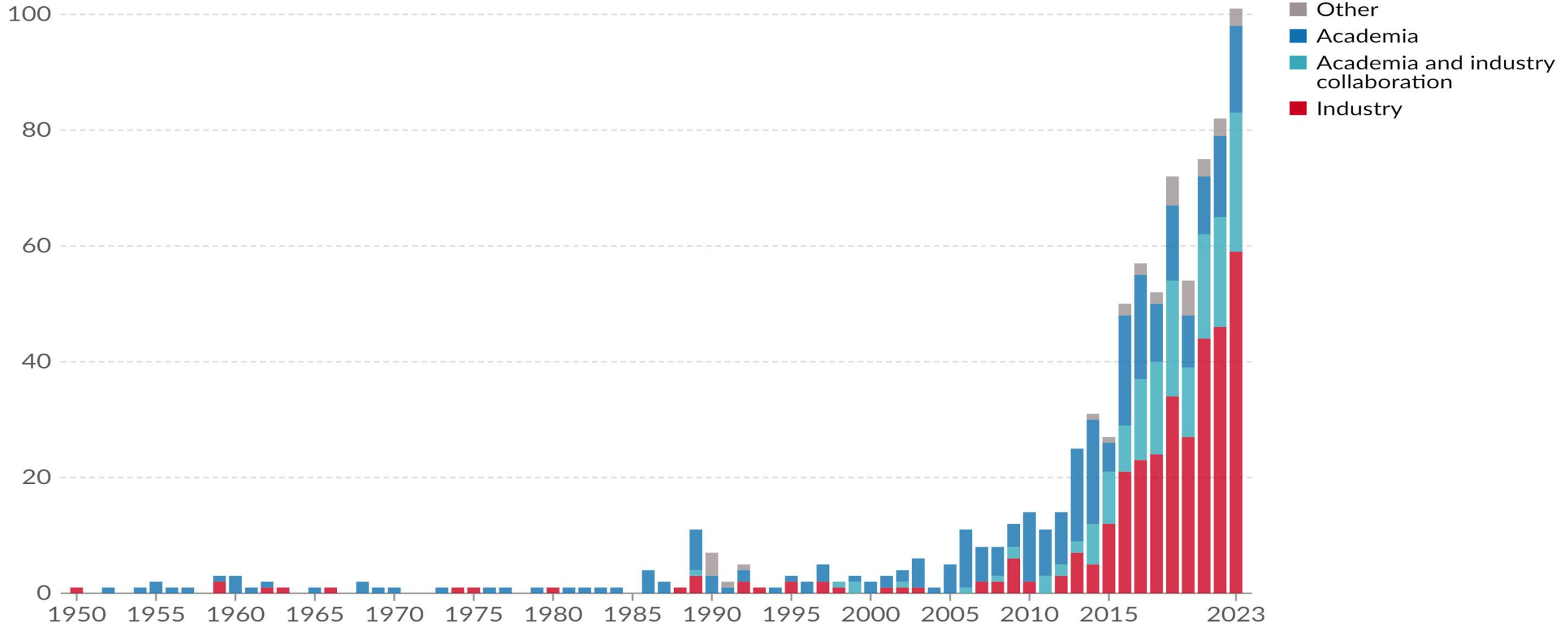
OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

Note: The source defines AI models as "large-scale" when their training compute is confirmed to exceed 10^{23} floating-point operations¹.

1. Floating-point operation: A floating-point operation (FLOP) is a type of computer operation. One FLOP represents a single arithmetic operation involving floating-point numbers, such as addition, subtraction, multiplication, or division.

Affiliation of research teams building notable AI systems, by year of publication

Describes the sector where the authors of a notable AI system have their primary affiliations.



Data source: Epoch (2024)

OurWorldInData.org/artificial-intelligence | CC BY

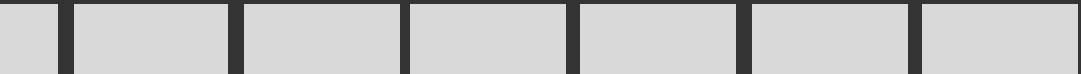
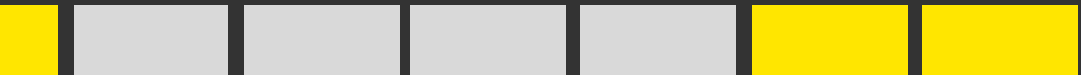
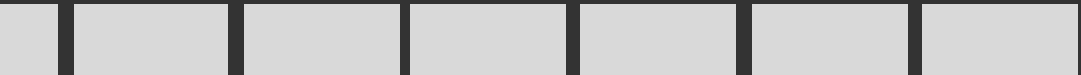
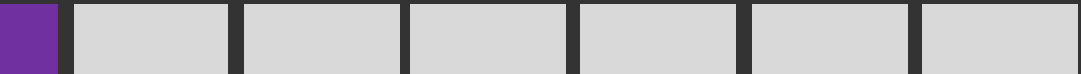
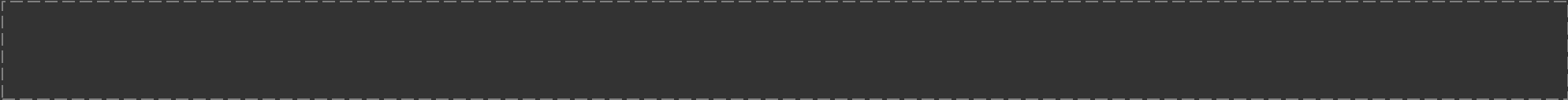
Note: A research collective is a group of AI researchers not organized under an academic or industry affiliation. Systems are defined as "notable" by the authors based on several criteria, such as advancing the state of the art or being of historical importance.



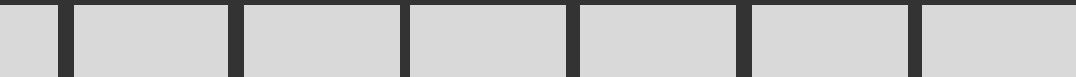
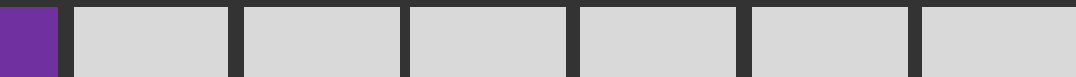
Ejemplo 1

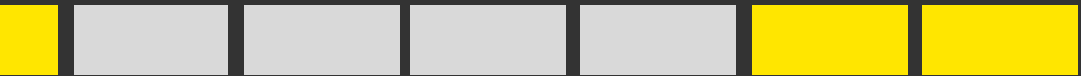
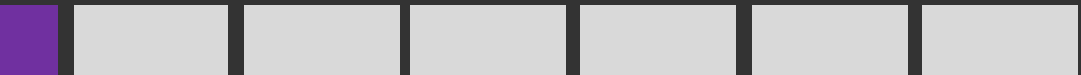
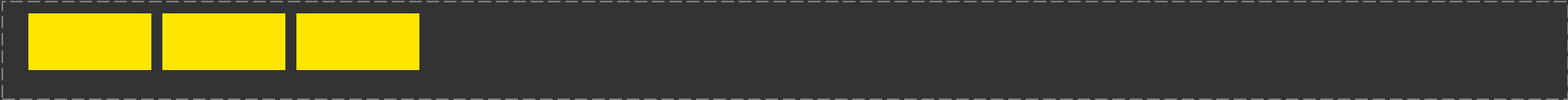
Se debe formar un tren con los carros cargados (amarillos) a la izquierda y los vacíos (morados) a la derecha

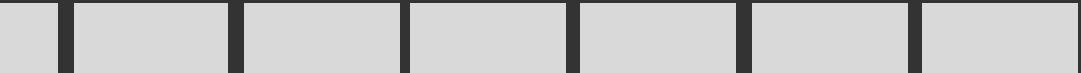
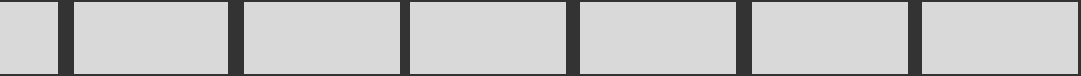
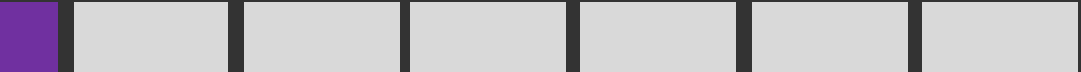
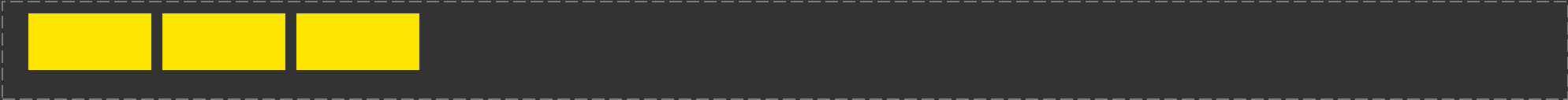


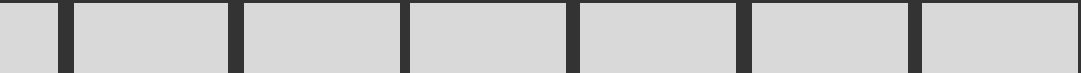
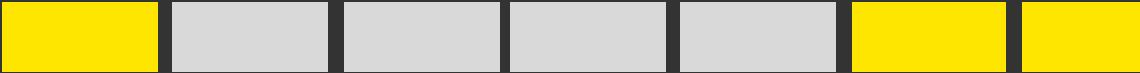
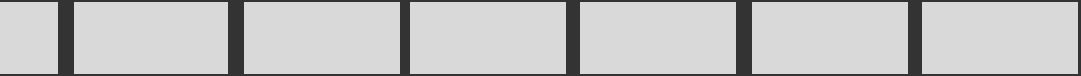
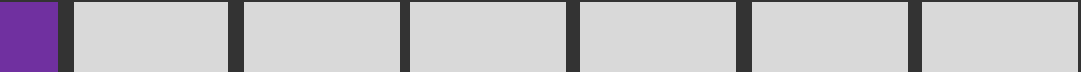
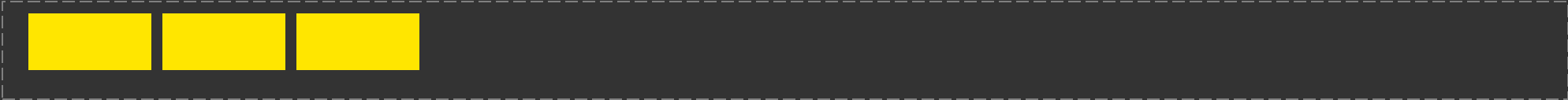


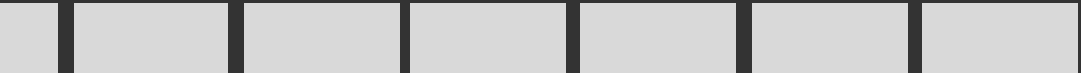
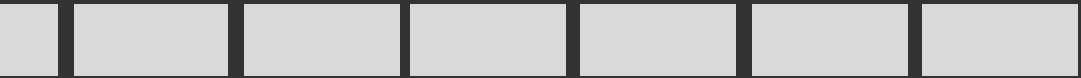
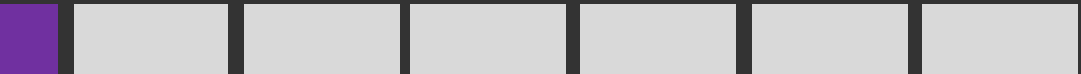
50

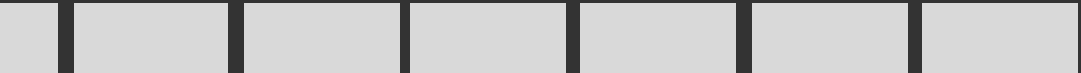
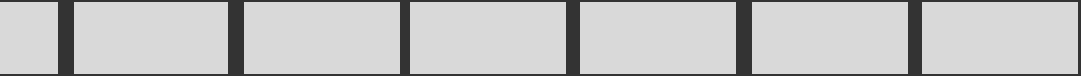
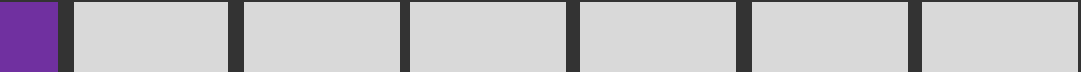
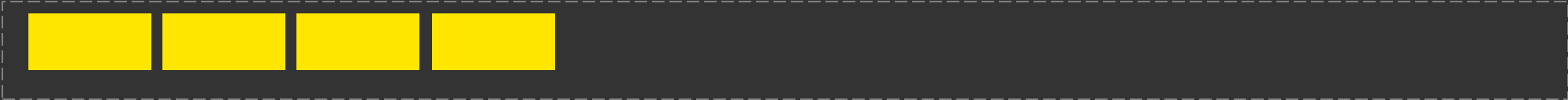


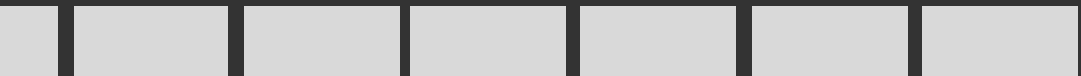
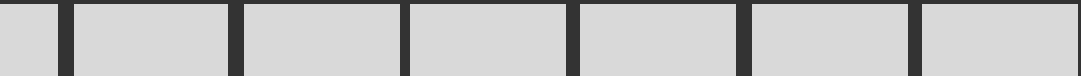
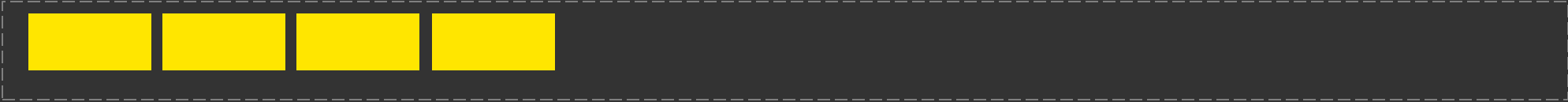


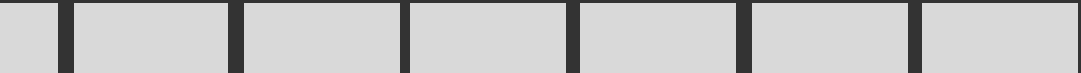
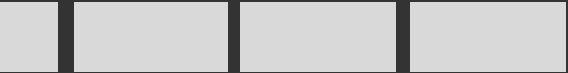
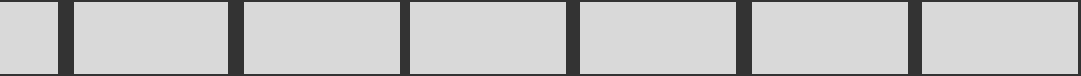
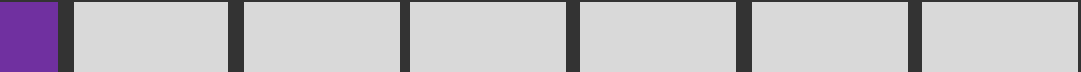
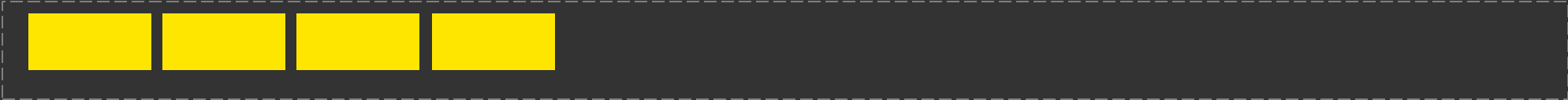


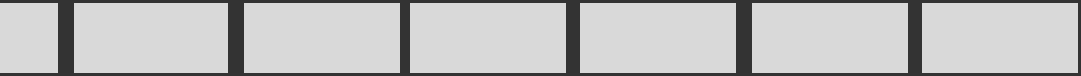
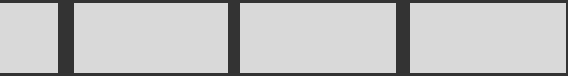
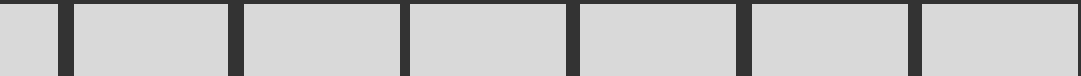
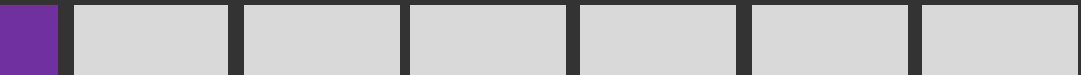


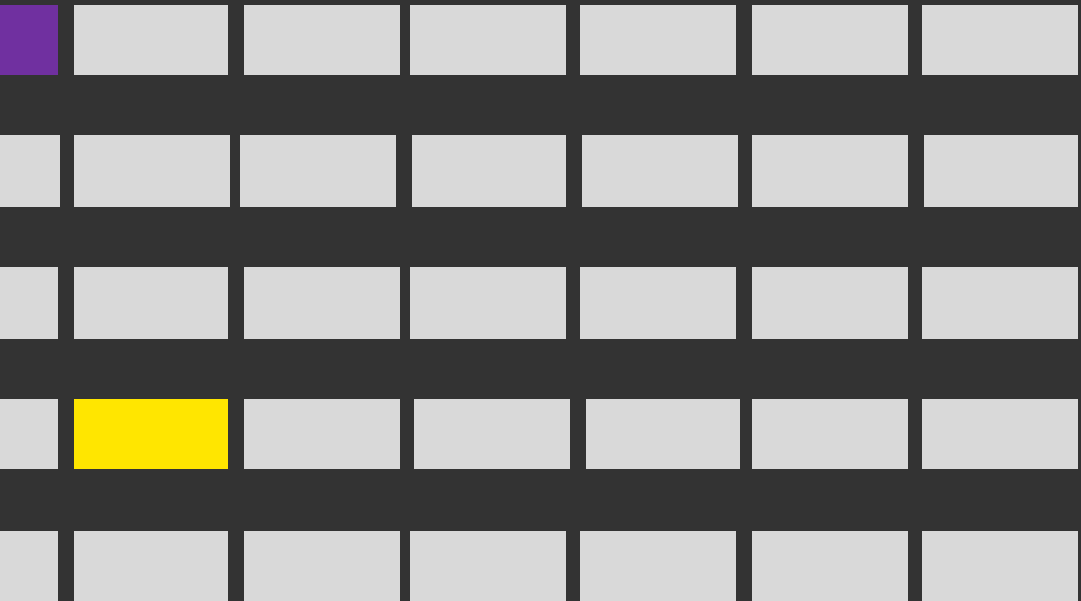












55!





55!

segundos



55!

segundos



55!

segundos



1. Dar un paso
2. Esperar mil millones de años
3. Dar otro paso y repetir paso 2
4. Cuando des la vuelta al mundo, saca una gota de agua del océano
5. Repite hasta que se vacíe el océano
6. Pon una hoja de papel en el suelo y devuelve el agua
7. Repite hasta la pila de papeles llegue al sol
8. Repite 100 veces



Casos de éxito en Analítica Avanzada en Minería

Overview

User: Allan.Xing@d.ey.com

5
Current Scenario

2
Current Operation

3
Recommended Operation

91,69
Recommended Potential

-4,23 %
Change percentage

Aceptar

Rechazar

Scenario cluster			Operational cluster			Recommendation		
Feature	Value	Importance	Feature	Value	Importance	Feature	Min	Max
Corriente Motor Celda 400CF00 - Amp	222,86	0,49	pH Celda 400CF01	9,77	1,00	pH Celda 400CF01	9,53	9,89
Corriente Motor Celda 400CF01 - Amp	202,95	0,40	pH Celda 400CF05	9,77	0,99	pH Celda 400CF05	9,10	9,65
Corriente Motor Celda 400CF02 - Amp	177,40	0,31	pH Celda 400CF23	9,97	0,66	pH Celda 400CF23	9,48	9,99
Corriente Motor Celda 400CF03 - Amp	183,80	0,69	Reactivos - Dosificación Colector Primario a Molino 1 - g/h	96,61	0,11	Reactivos - Dosificación Colector Primario a Molino 1 - g/h	56,56	85,24
Corriente Motor Celda 400CF04 - Amp	178,12	0,18	Reactivos - Dosificación Colector Primario a Molino 2 - g/h	18,06	0,22	Reactivos - Dosificación Colector Primario a Molino 2 - g/h	12,86	17,66
Corriente Motor Celda 400CF05 - Amp	178,61	0,67	Reactivos - Dosificación Colector Primario a Molino 3 - g/h	14,01	0,26	Reactivos - Dosificación Colector Primario a Molino 3 - g/h	14,08	18,80
Corriente Motor Celda 400CF23 - Amp	195,67	0,54	Reactivos - Dosificación Equipamete a Alim. Rougher - g/h	2,84	0,23	Reactivos - Dosificación Equipamete a Alim. Rougher - g/h	3,30	4,88
Cuenter - Porcentaje Cu Alim. Rougher - %	0,52	0,89	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF00 - m3/min	13,00	0,29	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF00 - m3/min	10,67	11,87
Mel - Granulometria Malla 200 Molino 1 (calculo exporto)	80,15	0,52	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF01 - m3/min	13,00	0,36	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF01 - m3/min	9,09	10,30
Mel - Granulometria Malla 200 Molino 2 (calculo exporto)	48,50	0,63	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF02 - m3/min	13,00	0,43	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF02 - m3/min	9,05	10,00
Mel - Granulometria Malla 200 Molino 3 (calculo exporto)	65,50	1,00	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF03 - m3/min	12,00	0,39	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF03 - m3/min	9,35	10,48
Porcentaje Solidos Concentrado Rougher - %	33,24	0,56	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF04 - m3/min	13,00	0,49	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF04 - m3/min	10,44	11,41
TPH	673,94	0,93	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF05 - m3/min	13,00	0,45	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF05 - m3/min	12,01	12,64
			SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF23 - m3/min	13,00	0,45	SetPoint Flajo de Aire Celda 400CF23 - m3/min	9,05	10,63
			SetPoint Nivel Espuma Celda 400CF00 - mm	300,00	0,52	SetPoint Nivel Espuma Celda 400CF00 - mm	196,01	268,90
			SetPoint Nivel Espuma Celda 400CF02 - mm	258,51	0,49	SetPoint Nivel Espuma Celda 400CF02 - mm	200,72	256,27
			SetPoint Nivel Espuma Celda 400CF03 - mm	239,59	0,23	SetPoint Nivel Espuma Celda 400CF03 - mm	222,10	265,55
			SetPoint Nivel Espuma Celda 400CF23 - mm	340,00	0,30	SetPoint Nivel Espuma Celda 400CF23 - mm	192,56	287,41

Analysis

Boxplot for Target Variable in Actual and Recommended scenarios

Clusters

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4

Scatter Plot with Linear Regression



Tendencia – Identificación y predicción de fuentes de demandas energéticas

Identificación y predicción de fuentes de demandas energéticas

Desarrollar modelos de analítica avanzada para poder predecir en el corto o largo plazo consumos energético con el objetivo de poder tomar decisiones estratégicas que disminuyan el consumo y aumentar la eficiencia en equipos y procesos.

Valor

Aumento de la eficiencia

Aumentar eficiencia energética mediante la toma de acciones anticipadas para bajos y altos consumos.



Continuidad Operacional

Planificación para escenarios en los que el consumo de energía en áreas y procesos toman valores críticos.



Reducción de costos

Reducción de costos mediante planificación y gestión de contratos energéticos.



Desafíos vinculados

Mejorar la eficiencia energética a lo largo de la operación



Área

Power Systems

IOC

Tendencia – Analítica para optimizar energía en chancadores y molinos

Analítica para optimizar energía en chancadores y molinos

Desarrollar modelos de analítica avanzada para caracterizar escenarios con los respectivos valores de las variables de control en chancadores y molinos con el objetivo de generar un sistema recomendador que prescriba las acciones a tomar para maximizar el throughput y minimizar el consumo .

Valor

Aumento de eficiencia

Los modelos tienen como objetivo aumentar la eficiencia energética del proceso.



Aumento de Throughput

Se maximiza el throughput, estableciendo un punto óptimo entre consumo y rendimiento.



Mejor toma de decisiones

El modelo prescriptivo genera recomendaciones según reglas operacionales para las variables de control y así tomar mejores decisiones



Desafíos vinculados

Mejorar la eficiencia energética a lo largo de la operación



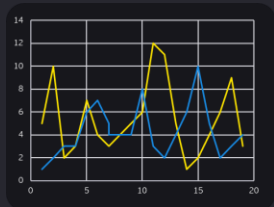
Área

Power Systems

IOC

Procesamiento - Analítica para aumentar la recuperación de agua

Recopilación de información de variables



Variables Objetivo

- Torque del espesador
- % de sólido de descarga

Variables de control

- Dosificación de floculante
- Aperturas de válvula de descarga
- Cantidad de bombas en salas
- Flujo de alimentación

Variables de condiciones

- Otras variables del proceso, pero no son de control

Modelos Analíticos



Modelos analíticos que usan la **información en tiempo real** y caracterizan las condiciones de los espesadores y variables objetivo.

- Caracterización de escenarios operacionales
- Caracterización de ajustes y condiciones operacionales en espesadores

Optimización



$$\min \left[\begin{array}{l} \sum_i \sum_j \sum_c Cost_{ij} \cdot L_{ijc} \\ \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Cost_{F_k} \cdot FF_{ikl} \cdot X_{ijkl} \end{array} \right]$$



Control del torque del espesador



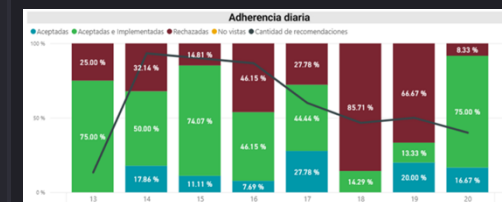
Maximización del % de sólido de descarga

Modelamiento matemático que utiliza como input los resultados de los modelos analíticos, optimiza las variables objetivo y **entrega los valores de las variables de control**



Modelo Prescriptivo

- Recomendaciones respecto a de los niveles de las variables de control basadas en reglas operacionales y del negocio



Caso de éxito – External Mill Maintenance Robot (EMMR)

Tipo de tecnología On Site



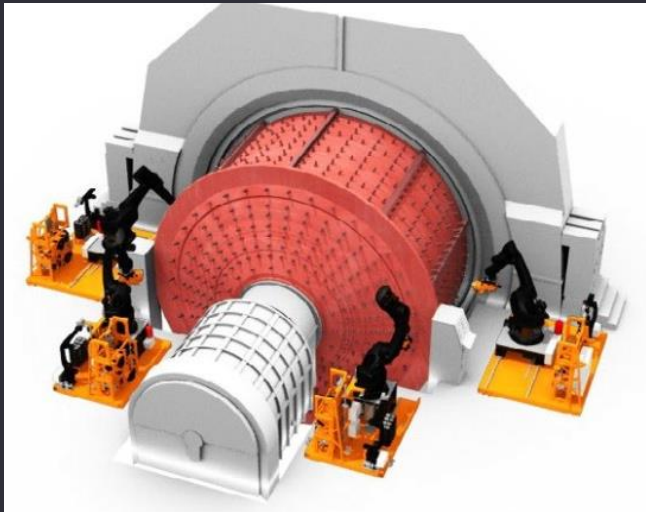
Desafíos vinculados

Recambio seguro de liners



Área

Confiabilidad Planta



Sobre el cliente

País



Chile

Industria



Minería

El reto del cliente

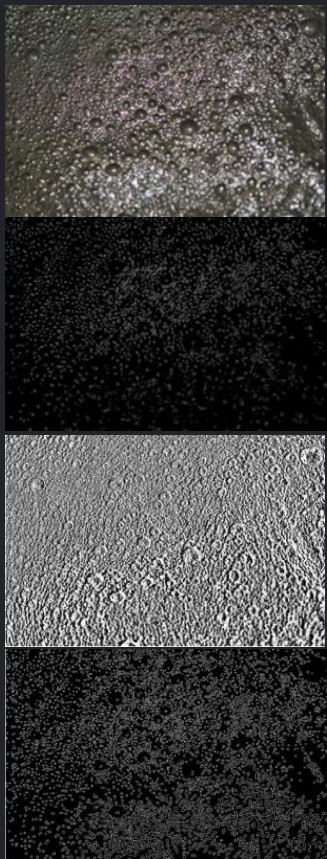
Evitar que personal realice tareas riesgosas o peligrosas durante el mantenimiento de molinos.
Asegurar el cumplimiento del plan de mantenimiento estipulado.

Valor entregado

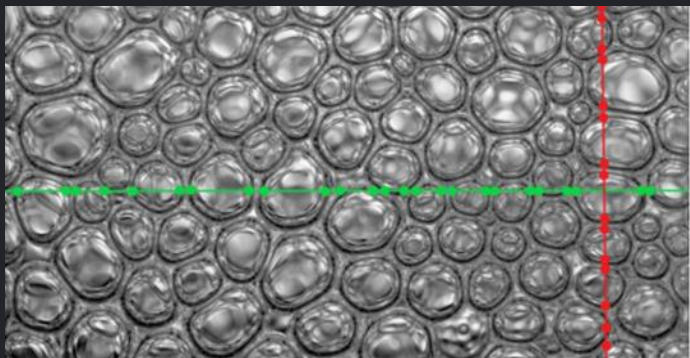
- Riesgo cero de mantenedores al realizar recambios de liners de molinos.
- Reducción de los tiempos estipulados para el mantenimiento entre un 12-20%.
- Mayor confiabilidad en el mantenimiento realizado garantizando el torque adecuado para cada unión apernada.

Planta – Analítica para mejorar la molienda y flotación

Procesamiento y transformación de imágenes



Conteo de **bordes**



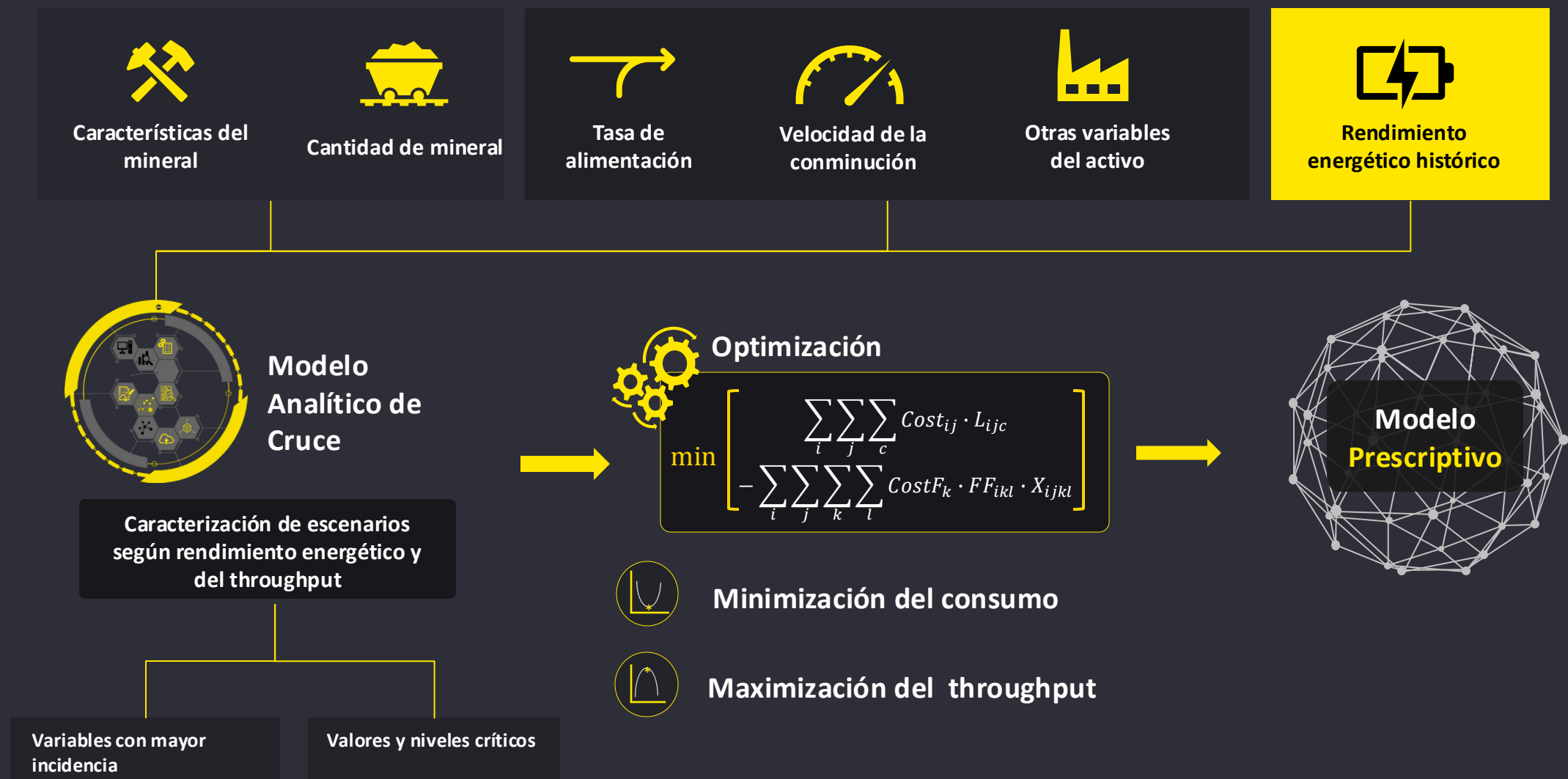
Identificación de **tamaños**



Clasificación de los potenciales tipos de espuma

	Estable	Inestable
Calidad Alta		
Calidad Media		
Calidad Baja		

Planta – Eficiencia Energética en Chancadores y Molinos



Caso de éxito – Sistema automático de detecciones de inchancables

Tipo de tecnología On Site



Desafíos vinculados

Detección de inchancables

Detección de atascos



Área

Procesamiento

IOC

Sobre el cliente

País



Chile

Industria



Minería

El reto del cliente

Asegurar la producción al evitar y/o reducir la detención de chancadores producto de materiales inchancables o eventuales atascos

Valor entregado

- Se evitaron cerca de 75hrs de detención en su primer año de funcionamiento aportando una producción adicional de 768 toneladas métricas de cobre fino.
- Aumento tanto en la disponibilidad como en la utilización del chancador
- Menores costos de mantención correctiva al evitar al menos 3 eventos de inchancables.



Minado - Analítica para el desgaste de neumáticos

Variables de las vías y externas



Rutas recorridas



Diseño y condiciones de las vías

Variables de la flota



Niveles de desgaste en el tiempo



Velocidades, tonelaje y otras variables de la flota



Termografía, Sensorización



Captura de otras potenciales variables

Monitoreo de las variables y alertas de valores críticos



Estudio con Analítica Descriptiva

- Boxplots y distribuciones
- Importancia de variables
- Correlación
- Clusterización
- Modelos de clasificación
- Machine Learning e IA

Identificación de las razones de desgaste

Variables con mayor incidencia

Valores y niveles críticos

Control y acciones para aumentar vida útil

Minado - Analítica para el desgaste de neumáticos

Estudio con Analítica Descriptiva



Con la analítica descriptiva obtenemos variables que causan desgaste y sus niveles críticos

Sistema de Monitoreo



Luego, se procede a generar un sistema que monitorea el desgaste y los valores de las variables causantes y sus niveles críticos

Control y Acciones



Por último, se generan alertas para el control y se toman acciones para mitigar dichas variables

Minado - Optimización del reabastecimiento de combustible

Información de la Flota



Planificación del despacho de la flota



Ubicación de la flota

Información asociada al combustible



Estimación del uso de combustible



Tiempo estimado de reabastecimiento



Niveles críticos de continuidad operacional



Niveles de combustible



Retroalimentación del despacho de la flota



Modelamiento Matemático

$$\min \left[\begin{aligned} &\sum_i \sum_j \sum_c Cost_{ij} \cdot L_{ijc} \\ &- \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l CostF_k \cdot FF_{ikl} \cdot X_{ijkl} \end{aligned} \right]$$



Procesamiento de la información



Reducción de tiempo de reabastecimiento



Aumento del total de viajes de la flota autónoma

Aumento de la producción


Minado - Optimización del reabastecimiento de combustible




Minado - Disminución de ralentizaciones debido a la vía

Mapa de distribución de aceleraciones significativas por vía o variables no identificadas



 Ralentización por condición de vías o variables no identificadas

 Ralentizaciones no controlables por curva o puntos de detenciones predeterminados

Procesamiento de variables respecto al diseño y mantención en vías principales

- Ubicación de curvas
- Ancho
- Pendiente
- Mantención
- Riego
- Otras variables



**Analítica
Descriptiva**



Caracterización de ralentizaciones por variables de diseño y condiciones de las vías

Optimización de la flota auxiliar



Ubicación de la flota en tiempo real

Localización en tiempo real de los camiones CAEX para monitoreo continuo

Planificación despacho flota

Planificación de las rutas de la flota autónoma dentro de la mina en conjunto con los horarios estimados

Flota auxiliar disponible

Cantidad y características de cada tipos de flota auxiliar



Caminos que requieren mantenimiento y servicio

Listado de vías y activos que requieren atención o servicio por parte de la flota auxiliares. Los requerimientos son clasificados por criticidad, lo que es considerado en la optimización y prioridad frente a posibles interacciones.



Optimización

- Asegura atención a mantenimientos críticos
- Maximiza atención de servicios
- Minimiza la interacción con flota autónoma
- Genera una planificación periódica de despacho



Monitoreo en tiempo real*

- Modificaciones según ubicación y desvíos de la planificación inicial de flota CAEX

* Depende de disponibilidad de datos, sistemas y complejidad que se quiera incluir



potenciado por

genera la



Planificación del despacho

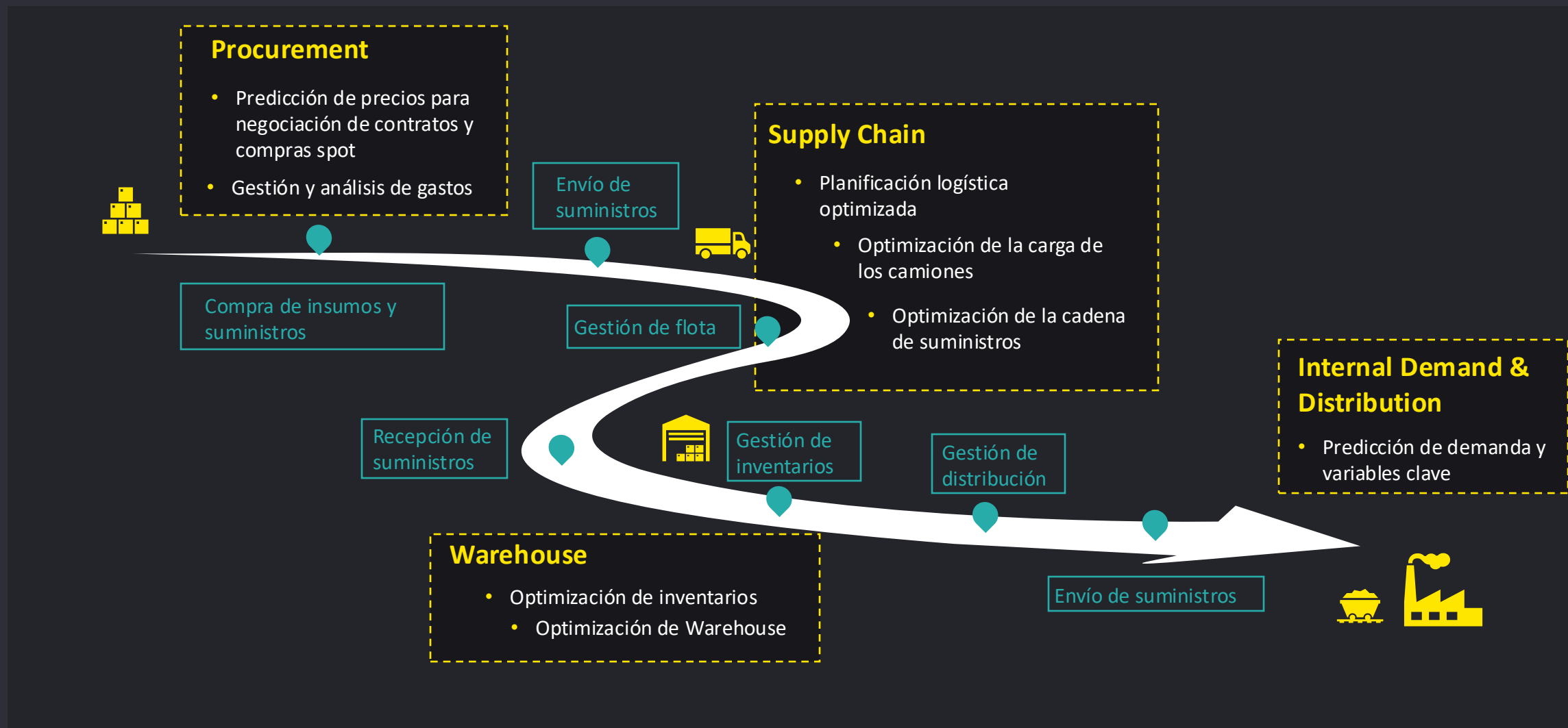
Según criticidad de servicio y ubicación de flota autónoma

- Asignación flota - servicio
- Ruta hacia el servicio
- Horario de servicio

Disminución de Interacciones

con llevando a

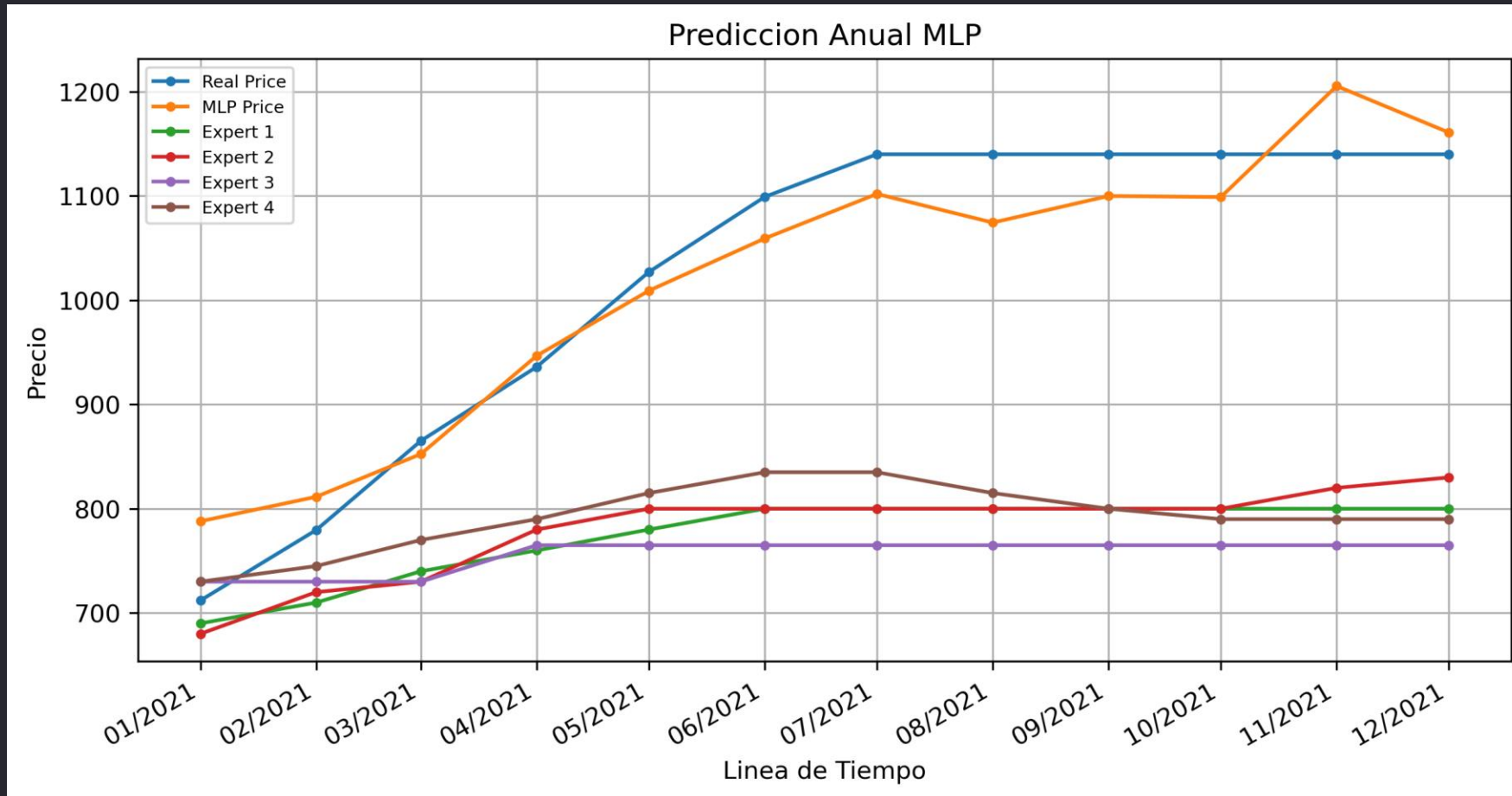
Iniciativas analíticas en la cadena de suministros



Supply Chain y Physical Supply – Predicción de variables clave

Ejemplo de **predicción de precios de materias primas** en la industria petroquímica.

El modelo MLP desarrollado con **inteligencia artificial** presenta **predicciones más acertadas que grupos expertos** del mercado



El modelo contribuyó con:

Planificación de
Presupuestos

Reducción de costos por gestión
estratégica de compras spot

Reducción de costos por gestión
de contratos

Supply Chain y Physical Supply – Optimización de políticas de inventario



Supply Chain y Physical Supply – La integración es más que sus partes



Tendencia – Monitoreo de la infraestructura transporte de agua captación - planta

Monitoreo de la infraestructura transporte de agua

La extensa longitud de la infraestructura que conecta la captación de agua de proceso y la planta considera un gran desafío a para garantizar la continuidad de la producción. Se desea optimizar el monitoreo utilizando instrumentación y analítica evitando viajes innecesarios y la atención oportuna de una eventual atención.

Valor

Garantizar suministro

Garantizar la continuidad del suministro para la operación



Reducir pérdidas

Rápida atención, evitando perdidas del vital recurso



Sostenibilidad

Evitar la pérdida de agua afectando el entorno y la sustentabilidad



Desafíos vinculados

Detección de fugas en tuberías de conducción

Monitoreo de túneles de conducción de agua



Área

Gerencia Técnica

Gerencia Técnica

Detección de fugas en pipeline captación - planta

ATMOS PIPE - El primer sistema de balance de volumen estadístico para detección de fugas

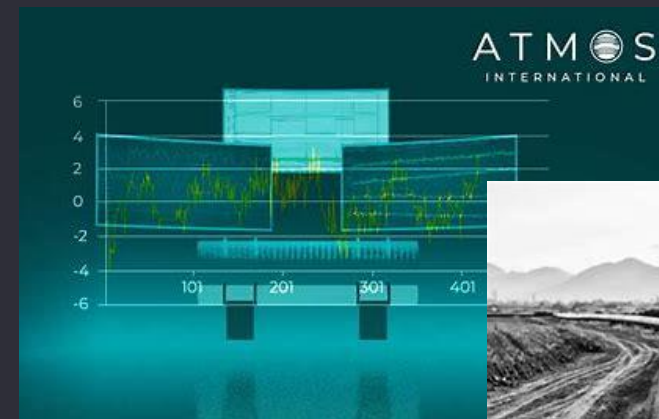
Sobre la tecnología

Es un sistema de detección de fugas estadístico en tiempo real que usa el principio de volumen corregido con el fin que los operadores puedan acceder a un sistema de detección de fugas confiable que les permita detectar fugas rápidamente y que sean ubicadas con precisión. La solución busca evitar generar falsas alarmas, ser fácil de adaptar, funcionar efectivamente en todas las condiciones operativas, permitir el uso de instrumentación de diferentes fabricantes y requerir mínimo mantenimiento.

ATMOS PIPE utiliza el método "Sequential Probability Ratio Test (SPRT)" con análisis de presión y caudal para optimizar la detección de fugas. Esta herramienta es adecuada para líneas de captación monofásicas porque puede detectar fugas en todas las condiciones de funcionamiento y no hay cambios en el tamaño mínimo de la fuga durante los transitorios. El sistema de detección de fugas también puede minimizar el efecto de los cambios en las propiedades de los fluidos, las variaciones en el suministro y la demanda y los fallos de los instrumentos, incluidos los fallos en las telecomunicaciones.

Características principales:

- Probado en el campo durante más de 25 años en más de 1,500 ductos.
- Detecta inicio, apertura lenta y fugas existentes
- Implementado en ductos de 0.24 a 1,180 millas de largo y 0.5 "a 48" de diámetro
- El módulo de drenaje y llenado "reduce" la probabilidad de falsas alarmas durante el llenado de la tubería
- Ayuda en el cumplimiento de: API 1130, API 1175, API 1155, API 1149, CSA Z662, Regulaciones alemanas para la detección de fugas en tuberías (TRFL), Recomendaciones de detección de fugas en tuberías Shell (DEP 31.40.60.11Gen)
- Las alarmas y las salidas de información del sistema son fáciles de analizar e interpretar



Riego inteligente vías en mina

SMARTROAD - Inteligencia en tiempo real para supresión de polvo

Sobre la tecnología

SmartRoad es un sistema integral y continuo que mejora el proceso de supresión de polvo y el mantenimiento de caminos mineros, permitiendo un uso eficiente de recursos al incorporar tecnología en la operación minera. Incorpora tecnología “plug & play” no invasiva en camiones de extracción y de riego, optimizando el riego de supresión mediante la medición en tiempo real y dinámica de polvo desde los mismos camiones de extracción.

Se centraliza la información dentro de la plataforma central EYE3, facilitando decisiones, distribución óptima de equipos y recursos, y permitiendo evaluar estado de emisiones en tiempo real. Se busca automatizar el riego según condición, regando solo donde se requiere según el estado actual de la carpeta, y así mantener de forma efectiva y eficiente un bajo nivel de polución, reduciendo hasta un 40% el agua de supresión, optimizando los camiones regadores, facilitando la operación diaria, y mejorando el proceso mediante análisis histórico y de desempeño.

Características principales:

- Monitoreo de material particulado PM100 y PM10
- Georreferenciación de la información en un mapa de la mina
- Automatismo del riego en función a la analítica del sistema
- Dashboarding de desempeño de la gestión del agua para riego



FUENTE: SMARTROAD - EYE3

Caso de éxito – Control de mineral en tiempo real para mina

Tipo de tecnología On Site



Desafíos vinculados



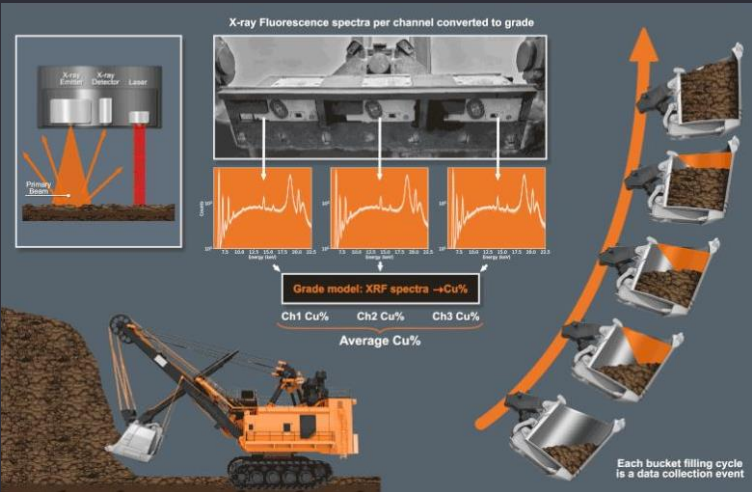
Área

Optimización del blending en mina

Minado

Aumento en la recuperación

Minado



Sobre el cliente

País



Chile

Industria



Minería

El reto del cliente

Se busca controlar la dilución en la mina evitando que esta afecte directamente los resultados del negocio. A su vez, decidir si el mineral debe ser transportando a planta o bien a botadero.

Valor entregado

- Beneficio potencial de 185 KUSD/mes para una mina de 110.000 ton/día de producción. En un caso particular, se obtuvo un beneficio capturado de +800 KUSD/mes.
- Optimización de despacho de flota. La integración entre ShovelSense y el sistema de despacho permite generar una automatización en el proceso.
- La información obtenida de Shovelsense añade mejoras en la caracterización del mineral, actualizando en near reatime el modelo de bloques.

Clasificación de mineral en tiempo real

SHOVELSENSE - Detección de mineral en palas de carguío mediante fluorescencia de rayos X (XRF)

Sobre el proveedor

MineSense es pionera en soluciones de minería digital, suministrando clasificación de mineral en tiempo real basada en sensores para minas. Su solución distintiva es **ShovelSense**, un sensor sólido instalado en equipos de minería para escanear y medir el grado del material en cada pala. La mayor visibilidad en tiempo real de su cuerpo de mineral proporcionada por **ShovelSense**, impulsa mejoras en la eficiencia, rentabilidad y sustentabilidad de su mina.

Minas con tecnología en etapa de operación:

Canadá

- Teck Highland Valley Copper
- Copper Mountain
- Taseko Gibraltar

Chile

- Teck Carmen de Andacollo



Minas con tecnología en etapas de validación industrial:

Perú

- Antapaccay
- Antamina
- Constancia

Chile

- BHP Spence
- BHP Escondida
- Collahuasi
- Teck QB2
- Candelaria
- Los Pelambres



**Valor
de largo**

Plazo

Para todos



Oswaldo Travieso

Socio Analítica Avanzada
Consulting | EY Chile
+56 9 7698 4774
Oswaldo.travieso@cl.ey.com

Oswaldo Travieso

Contacto de WhatsApp



Escanea o sube este código QR con la cámara de
WhatsApp para añadirme a WhatsApp



Acerca de EY

Y existe para construir un mejor mundo de negocios, ayudando a crear valor a largo plazo para los clientes, las personas y la sociedad, y construir confianza en los mercados de capital.

Mediante el uso de los datos y la tecnología, los diversos equipos de EY en más de 150 países brindan confianza a través de la seguridad y ayudan a los clientes a crecer, transformarse y operar.

Trabajando en auditoría, consultoría, leyes, estrategia, impuestos y transacciones, los equipos de EY formulan mejores preguntas para encontrar nuevas respuestas a los complejos problemas que enfrenta nuestro mundo hoy.

EY hace referencia a la organización internacional y podría referirse a una o varias de las empresas de Ernst & Young Global Limited y cada una de ellas es una persona jurídica independiente. Ernst & Young Global Limited es una sociedad británica de responsabilidad limitada (company limited by guarantee) y no presta servicios a clientes. La información sobre cómo EY recopila y utiliza los datos personales y una descripción de los derechos que tienen las personas según la legislación de protección de datos están disponibles en ey.com/privacy. Las firmas miembro de EY no ejercen la abogacía donde lo prohíban las leyes locales. Para obtener más información sobre nuestra organización, visite ey.com.

© 2022 EY Servicios Profesionales de Auditoría y Asesorías SpA.

Todos los derechos reservados.

ED None

Este material se ha preparado únicamente con fines informativos generales y no debe considerarse como asesoramiento contable, fiscal, legal o profesional. Consulte a sus asesores para obtener consejos específicos.