

Impactos de la IA en la sostenibilidad

Nikola Milojevic-Dupont

Escuela de verano Climate Change AI 2026

Imagen: Adrien Ob

Agradecimientos

¡Gracias a Priya Donti y Shaolei Ren por sus aportaciones y comentarios sobre esta clase, y a Lynn Kaack por los materiales previos incluidos!

Recordatorio: una relación con múltiples facetas entre AA y clima

Impactos del cómputo y el hardware del AA

Aplicaciones del AA para la mitigación del cambio climático

Aplicaciones del AA que aumentan las emisiones

Impactos sistémicos del AA

Encuesta n.º 1

¿Cuál de las cuatro categorías de impacto cree que puede tener actualmente el impacto más importante en el clima?

Impactos del cómputo y el hardware del AA

Aplicaciones del AA para la mitigación del cambio climático

Aplicaciones del AA que aumentan las emisiones

Impactos sistémicos del AA

Análisis del ciclo de vida

Toda la cadena de valor, desde la **cuna** (extracción de materias primas), pasando por la fase de uso, hasta la **tumba** (eliminación)

Evaluar los **múltiples** impactos ambientales

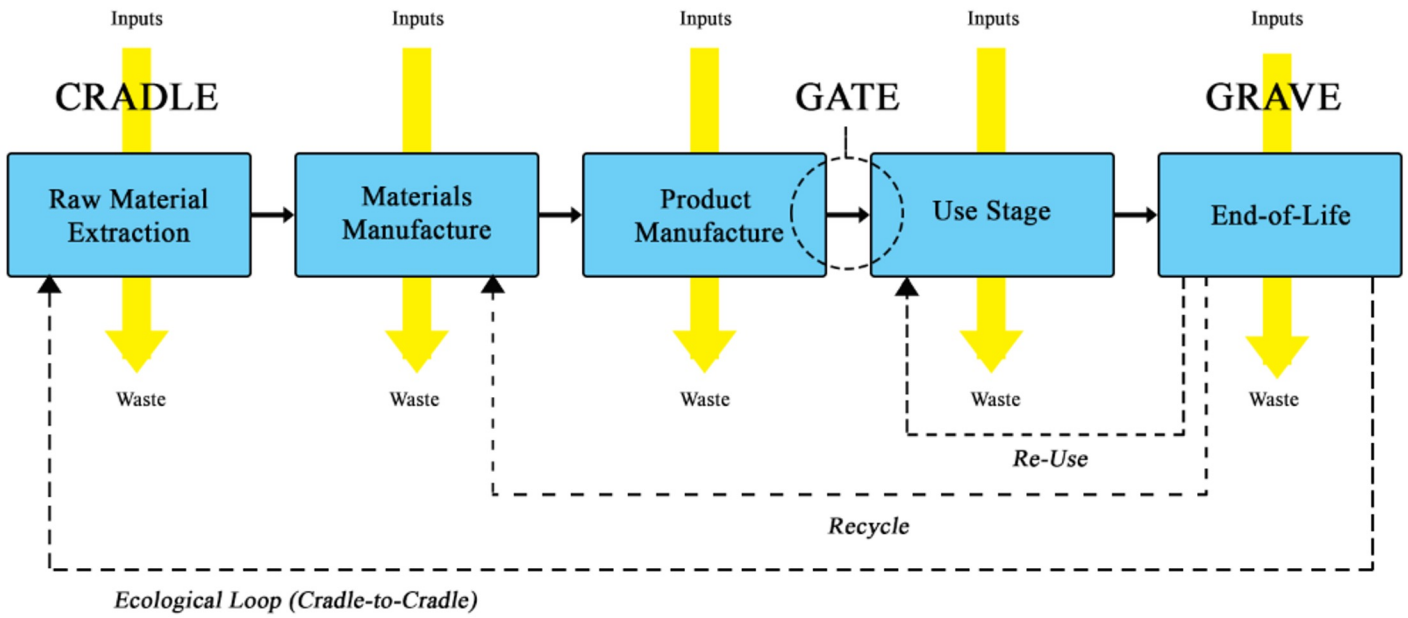


Imagen: Wikipedia

Análisis de inventario: GHG Protocol

- Marcos normalizados mundiales para medir las emisiones de GEI de las actividades de los sectores público y privado, las cadenas de valor y las acciones de mitigación
- **Alcance 1:** emisiones del uso directo de combustibles fósiles, p. ej. para calefacción o flotas de vehículos
- **Alcance 2:** emisiones de la electricidad y el calor adquiridos
- **Alcance 3:** emisiones de las cadenas de valor, incluidos los clientes
- Ampliado también al agua

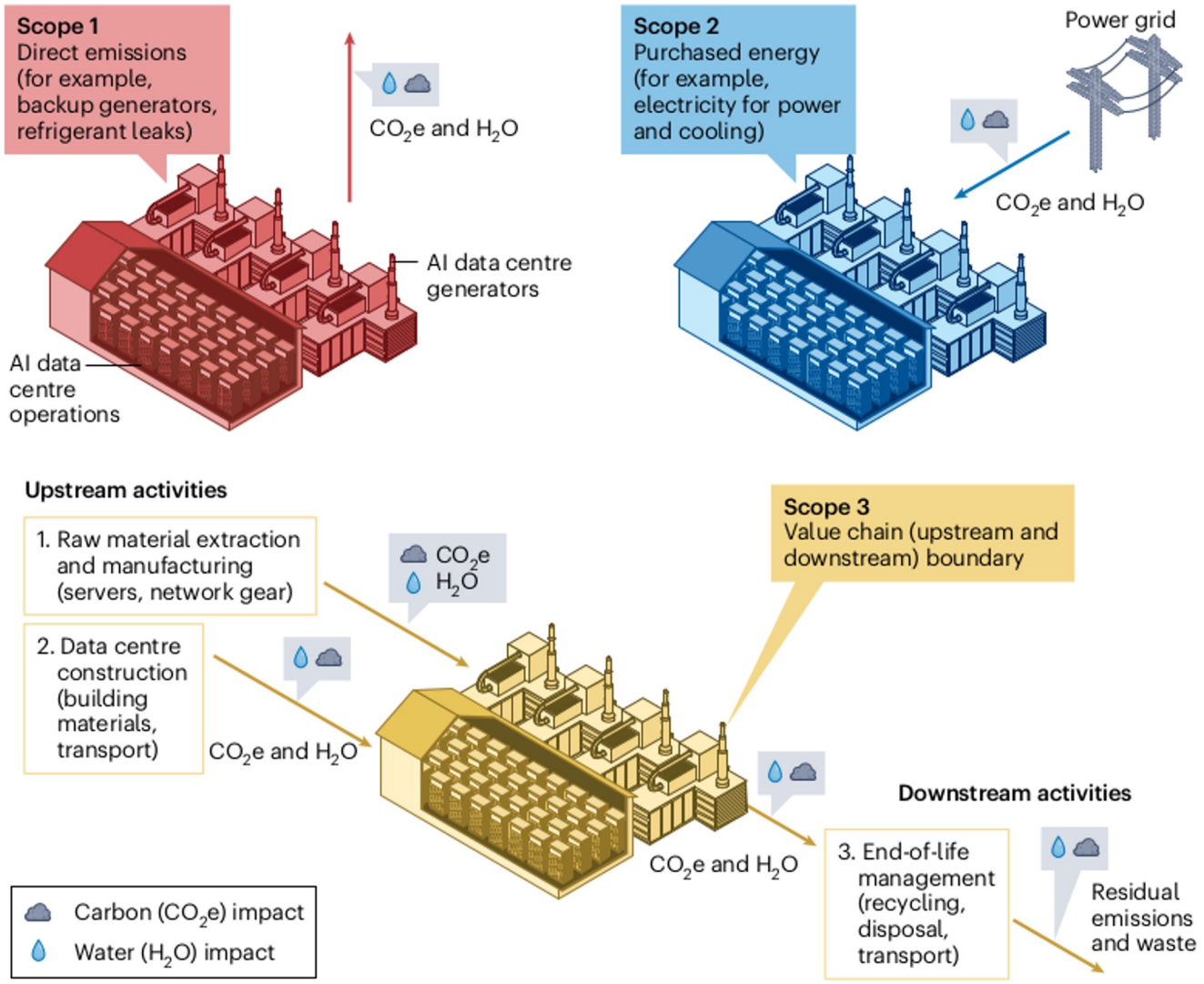
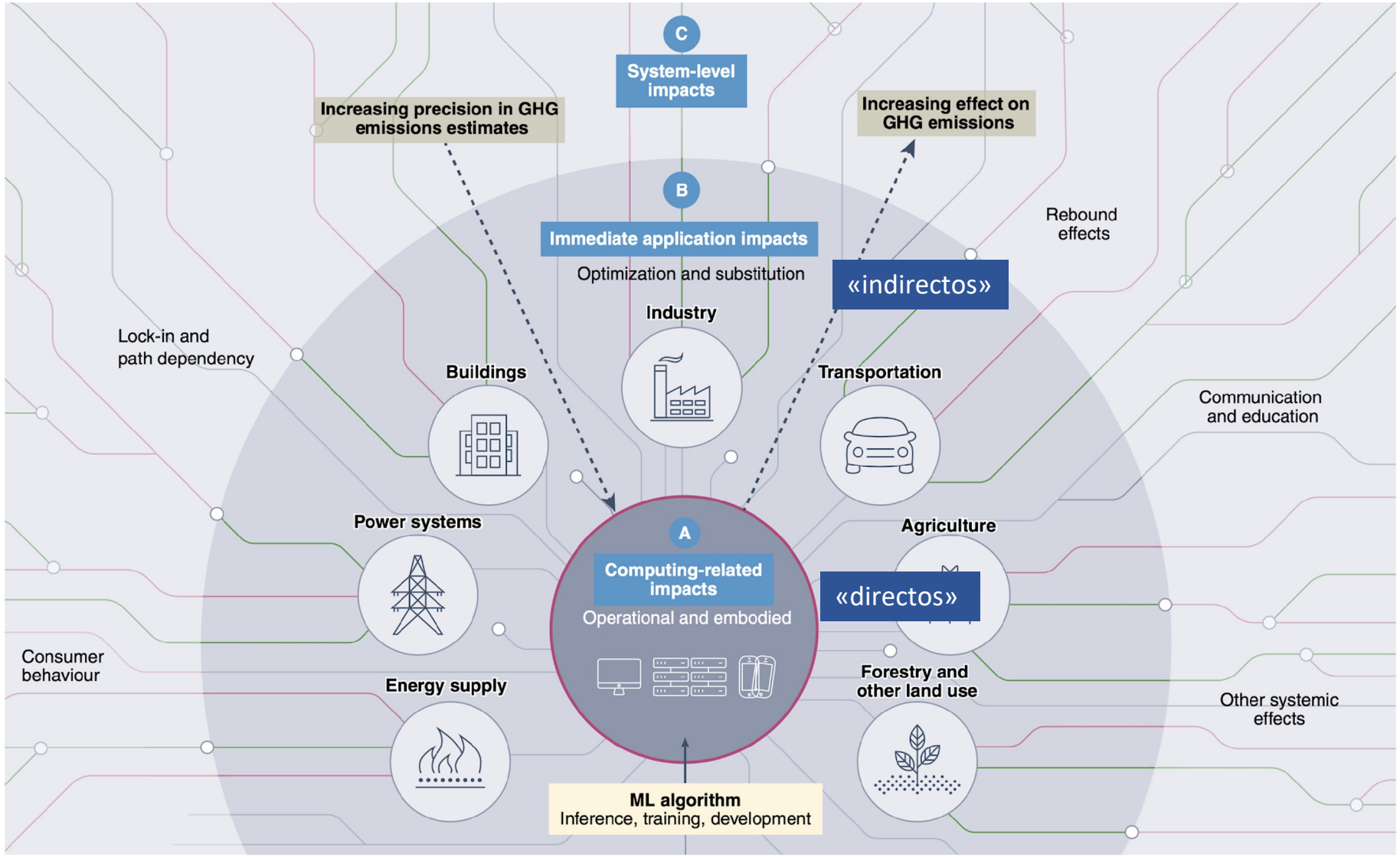


Imagen: Chien et al, 2026, Nature Reviews Clean Technology

Cómo afecta la IA a las emisiones de gases de efecto invernadero



Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Kamiya, G., Creutzig, F., & Rolnick, D. (2022). Nature Climate Change, 1-10.

Índice

Impactos del cómputo

Impactos de las aplicaciones

Impactos sistémicos

Consideraciones transversales

Regular el uso de energía y recursos de la IA

Índice

Impactos del cómputo

Impactos de las aplicaciones

Impactos sistémicos

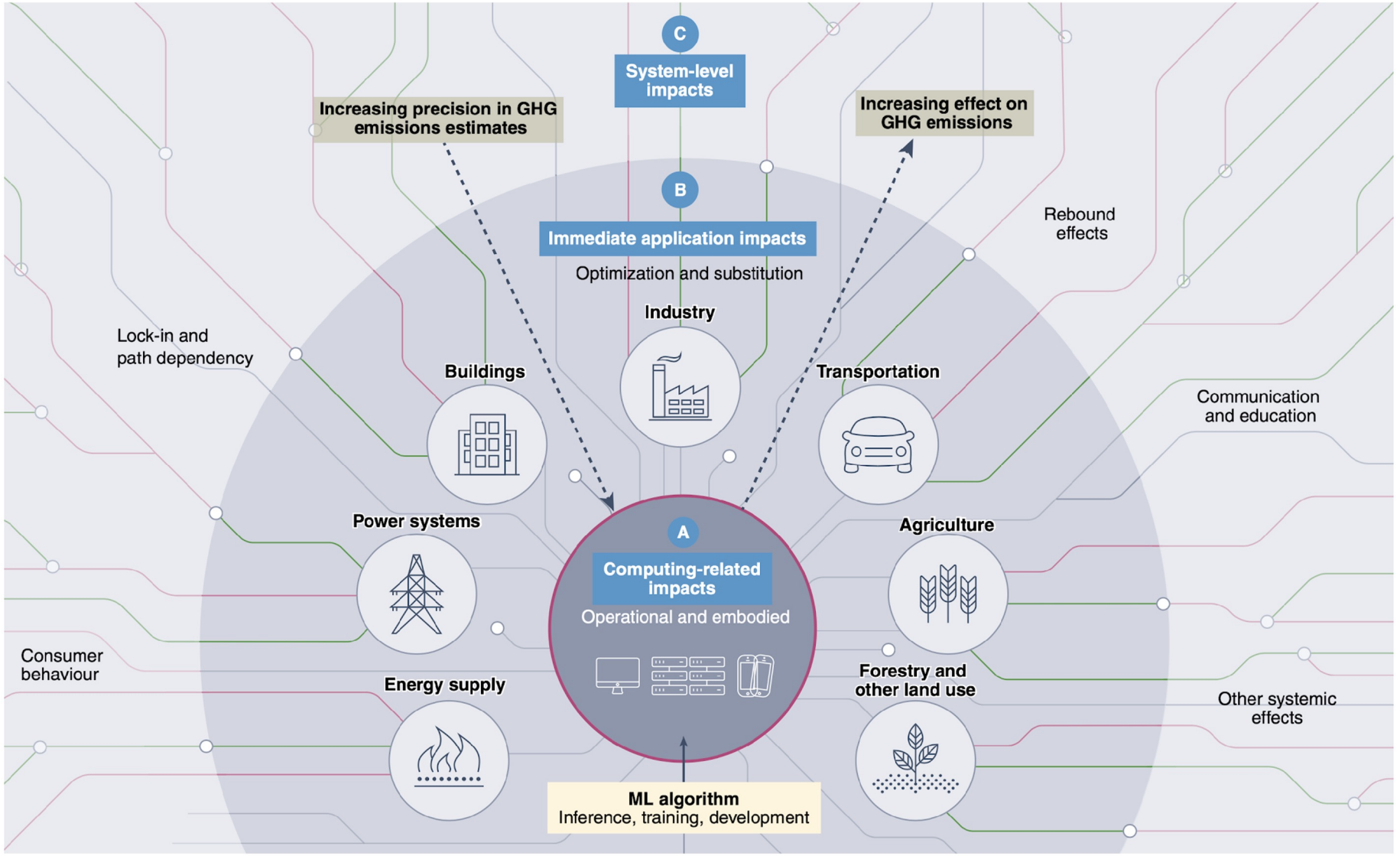
Consideraciones transversales

Regular el uso de energía y recursos de la IA

Entrenamiento, inferencia

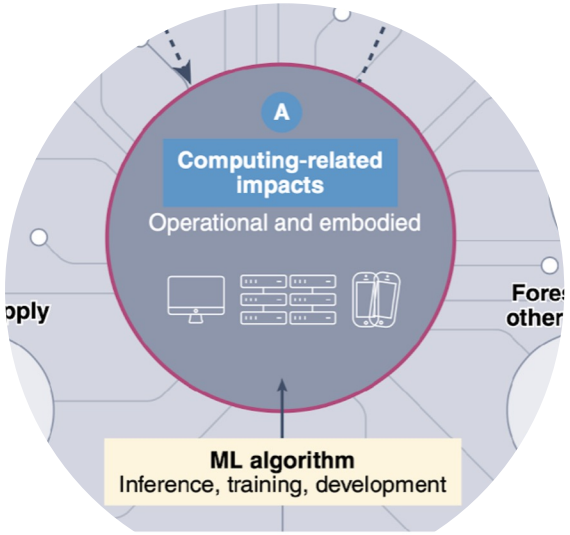
Impactos diferenciados según tareas y modelos

Cómo afecta la IA a las emisiones de gases de efecto invernadero



Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Kamiya, G., Creutzig, F., & Rolnick, D. (2022). Nature Climate Change, 1-10.

Cómo afecta la IA a las emisiones de gases de efecto invernadero



Impactos del cómputo y el hardware del AA

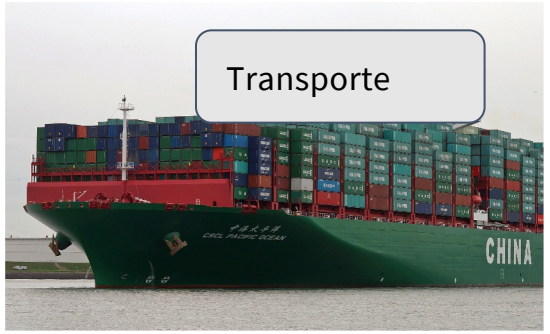
Emisiones operativas de la energía consumida durante el cómputo





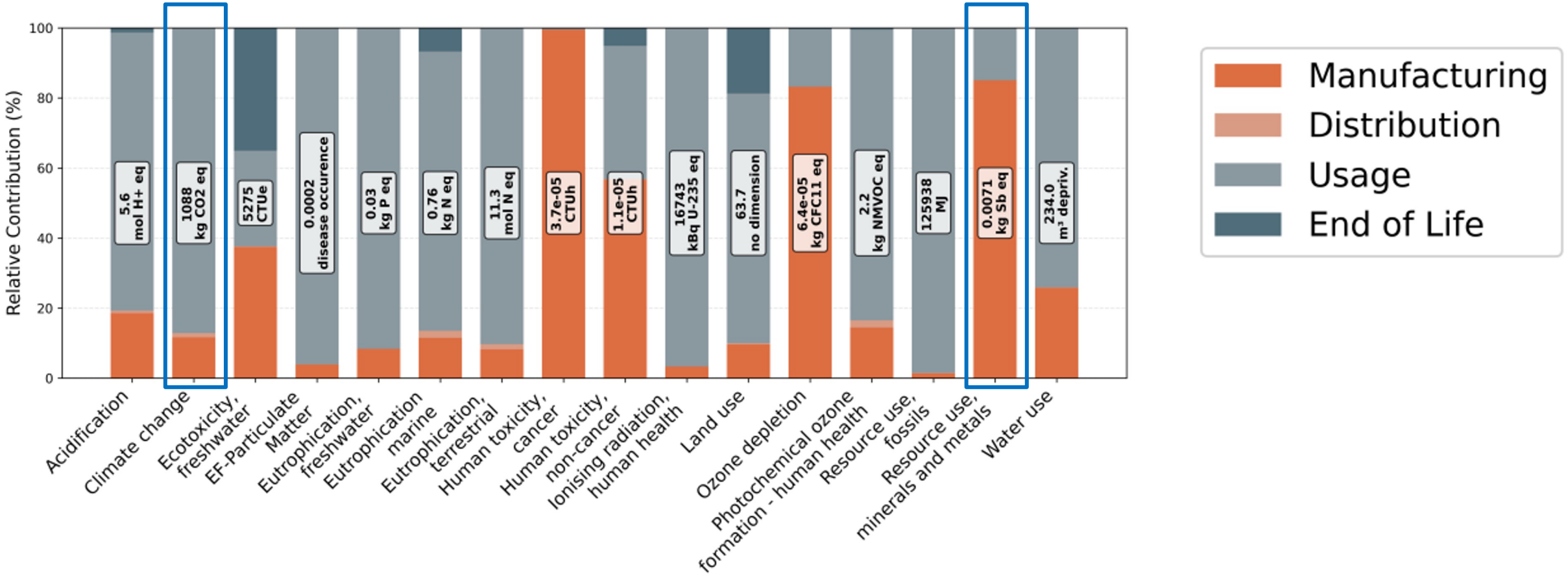
Emisiones incorporadas de la producción y el fin de vida del hardware







Impactos de una tarjeta GPU en la sostenibilidad

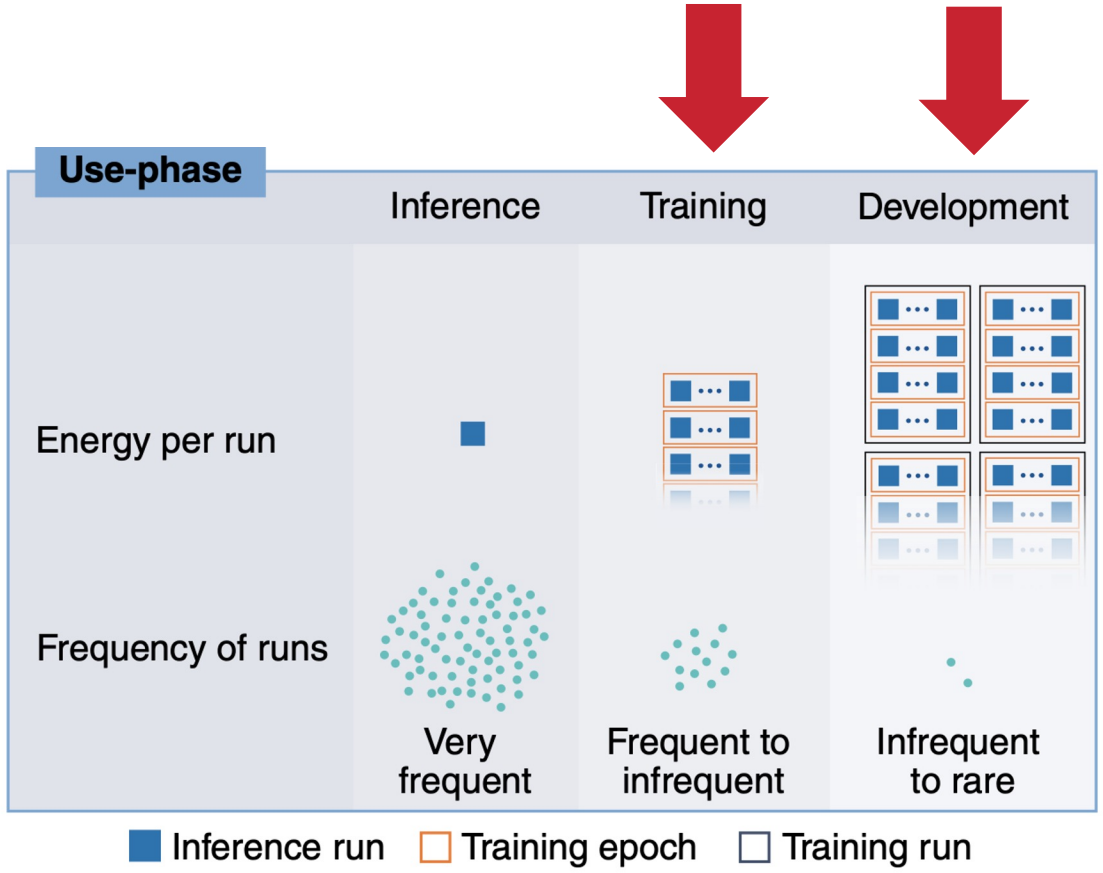


- Emisiones operativas >> emisiones incorporadas
- Importancia de la minería

Fuente: arxiv.org/abs/2509.00093

Emisiones del AA relacionadas con el cómputo:

Desarrollo y entrenamiento



Recordatorio:

La IA no es «una sola cosa»

Los modelos tienen tamaños distintos



El tamaño del modelo influye en la demanda de energía para el **entrenamiento**

~ 2 días de suministro eléctrico de Berlín

Parameters and electricity consumption evaluations for several leading LLMs.

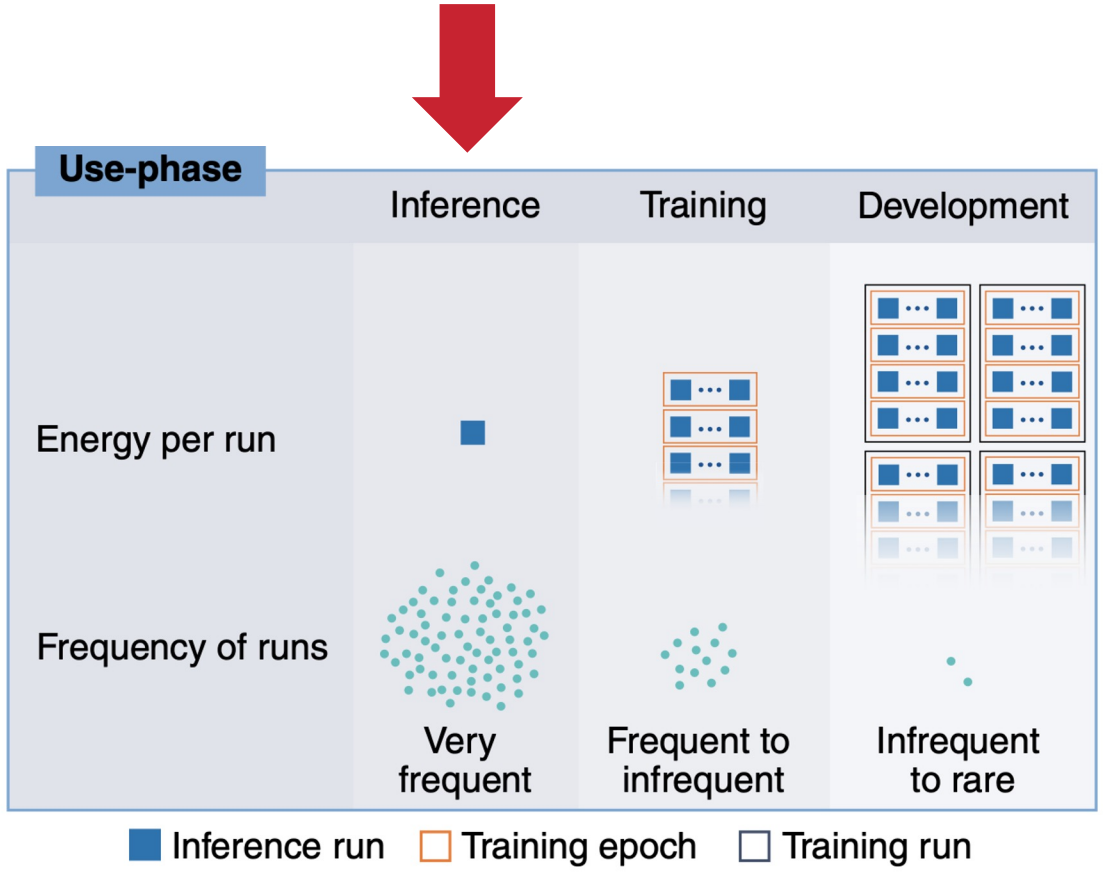
Developer	Model	Released year	Number of parameters (billion)	Accelerator type	Electricity consumption (MWh)	CO_2 emissions (ton)	Literature
Google	BERT	2018	0.1	GPU V100	1.5	0.7	[13,14]
	GLaM	2021	1162	TPU v4	456	40	[19]
	PaLM	2022	540	TPU v4	3436	271.4	[38]
OpenAI	GPT-2	2019	1.5	TPU v3	1.7	0.7	[14,39]
	GPT-3	2020	175	GPU V100	1287	552	[32,40]
	GPT-4	2023	1800	GPU A100	51,772 to 62,318	12,456 to 14,994	[41,42]
Meta	OPT	2022	175	GPU A100	324	75	[43]
	LLaMA 2	2023	7	GPU A100	74	31.2	[44]
			13		147	62.4	[44]
			70		688	291.4	[44]
	LLaMA 3	2024	1	GPU H100	/	107	[45,46]
			3		/	133	[45,46]
			8		/	390 to 420	[45,46]
			70		/	1900 to 2040	[45,46]
			405		/	8930	[45,46]
BigScience	BLOOM	2022	1	GPU A100	159	9.1	[18]
			104		267	15.2	[18]
			176		433	24.7	[18]
DeepMind	Gopher	2021	280	TPU v3	1151	380	[13,47]
				/	1066	352	[4]
TII	Falcon	2023	40	GPU A100	163[b]	8 to 90[b]	[48–50]
			180		2,940[b]	147 to 1,617[b]	[48–50]
Mistral AI	Mixtral 8 × 7B	2024	47[a]	GPU A100	232[b]	6.3[b]	[51–53]
DeepSeek	DeepSeek-V3	2024	671[a]	GPU H800	1,025[b]	550[b]	[54,55]

[a] These values denote the total number of parameters, with different quantities activated depending on the model architecture.

[b] The electricity consumption data of some LLMs lack direct values from open-published literature. Thus, these data are estimated, and the estimation process is provided in Appendix Table A1.

Fuente: Zhenya Ji y Ming Jiang 2026, https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116159.

Emisiones del AA relacionadas con el cómputo: Inferencia



Las emisiones de la inferencia están creciendo

- Tanto Meta como Google indican que las emisiones de la inferencia superan a las del entrenamiento
- Según el uso, puede dominar el entrenamiento o la inferencia
- Los consumidores necesitan transparencia para comparar modelos



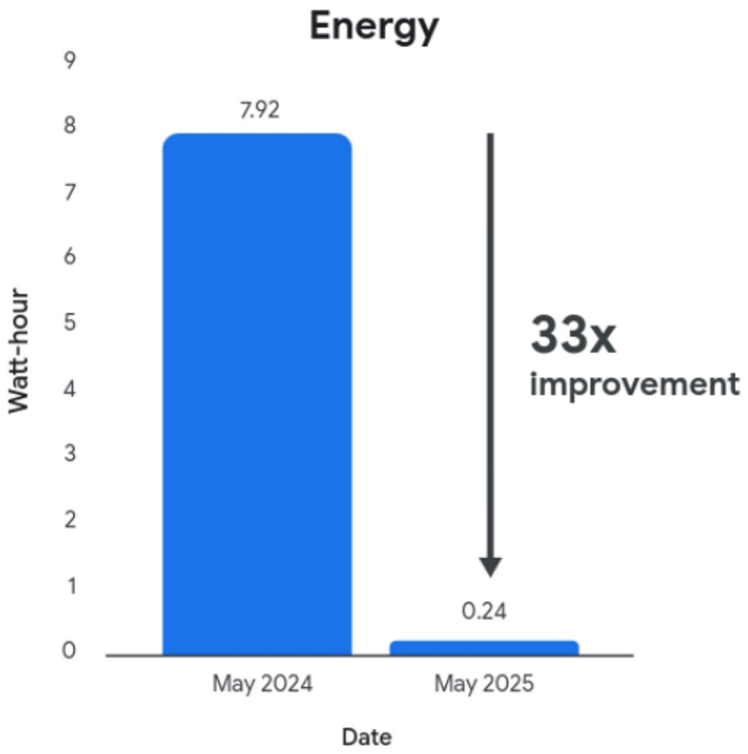
Model		Request freq.	Energy (kWh)	# inf. to equal training
Llama 3.1	8B	∞	0.011	276B
		8	0.051	59.5B
		1	0.333	9.12B
OLMo 2	7B	∞	0.018	20.9B
		8	0.049	7.68B
		1	0.348	1.05B
OLMo 2	13B	∞	0.033	22.1B
		8	0.057	12.8B
		1	0.386	1.89B

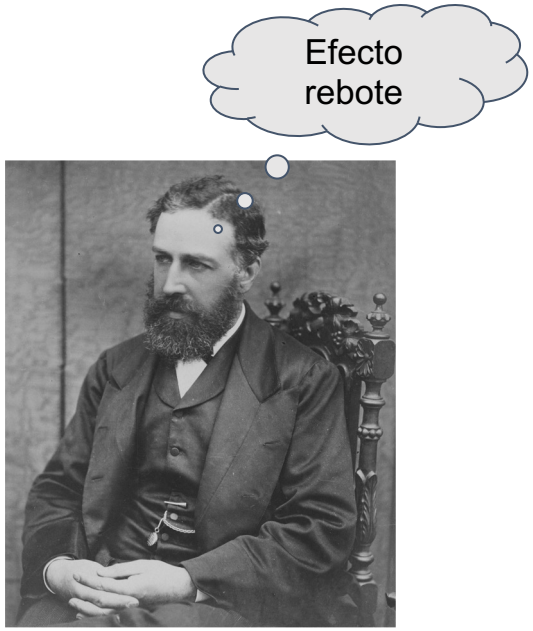
Jacob Morrison, Clara Na, Jared Fernandez, Tim Dettmers, Emma Strubell, Jesse Dodge. Holistically Evaluating the Environmental Impact of Creating Language Models. ICLR 2025 (Spotlight).

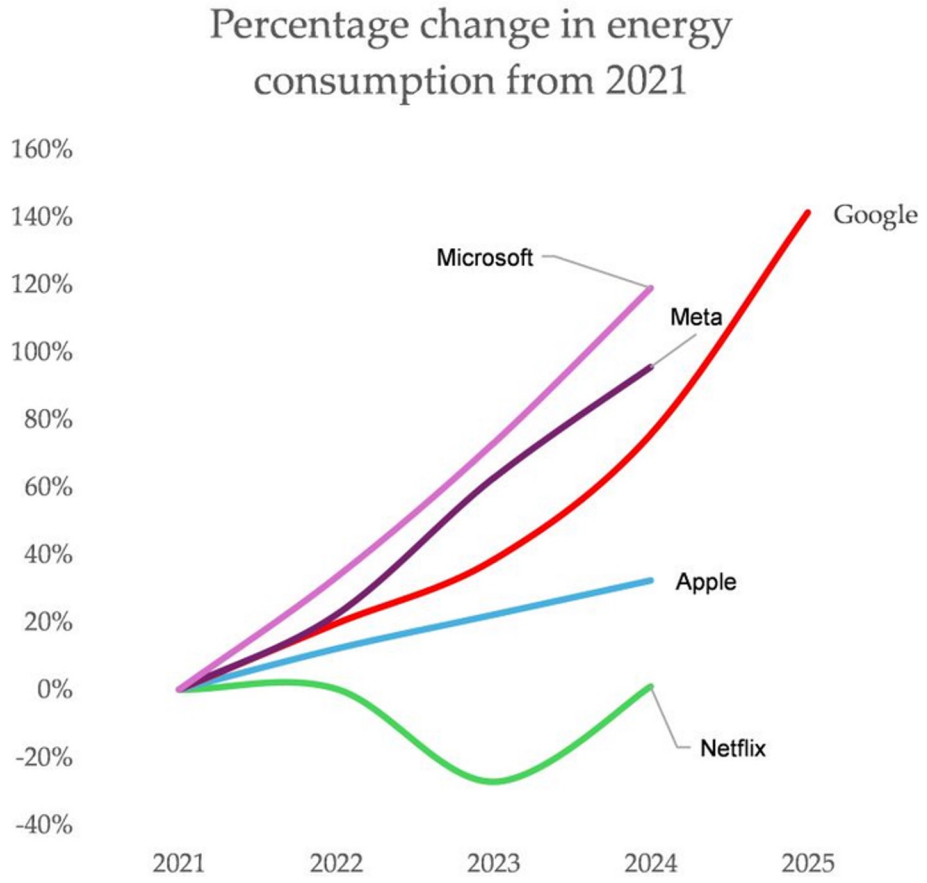
Mayor eficiencia... en gran parte anulada por el crecimiento del uso

Gemini efficiency improvements

Energy and carbon efficiency improvements per median Gemini Apps text prompt from May 2024 to May 2025.

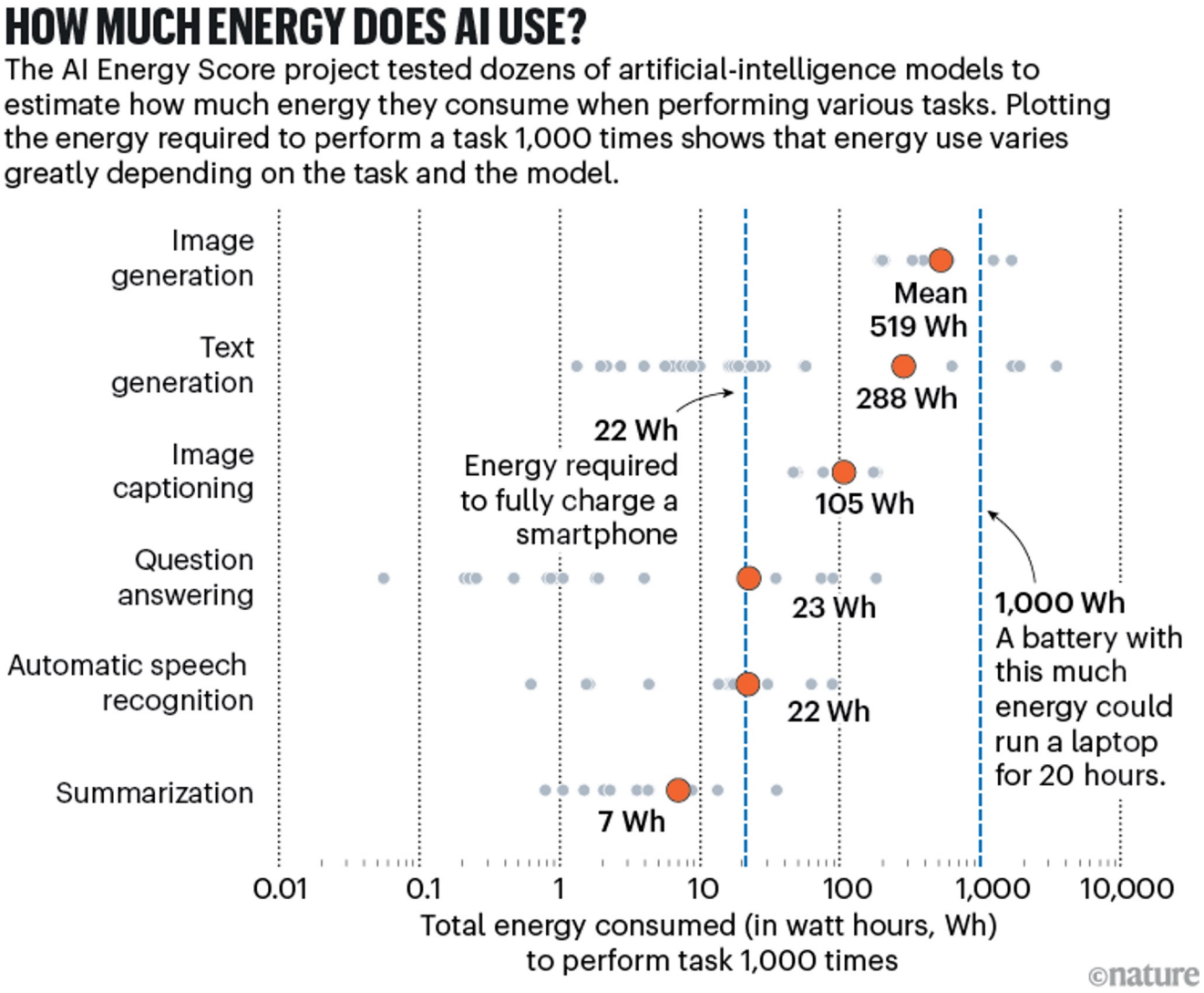






Fuentes: Google, Ketan Joshi

Grandes diferencias de energía de inferencia según la tarea



Fuentes: https://www.nature.com/articles/d41586-025-00616-z basado en Luccioni et al., Hugging Face Energy Score

Encuesta n.º 2

¿Cuál es el orden de magnitud entre

un **prompt**

y un **vídeo de 8 segundos en definición media**?

a) x 10, b) x 100, c) x 1000, d) x 10 000

Sustainable AI Group

Lights, Camera, Carbon: Architectural Scaling Laws for Video Generation Energy Consumption

Nidhal Jegham, Boris Gamazaychikov, Sasha Luccioni

Sora 2.0 Pro is gone.
Here's what it cost to run.

OpenAI discontinued Sora in March 2026. We estimated its energy footprint from architecture and API timing alone, with no access to model weights required.

Per 8-second, 720p video generated

418.5 Wh

≈ 1,700× the energy of one Gemini text prompt (0.24Wh)

602.6 GWh

estimated if 4M users generated 2 videos/day for 6 months

~113,000

US households' electricity use during the same period, equivalent

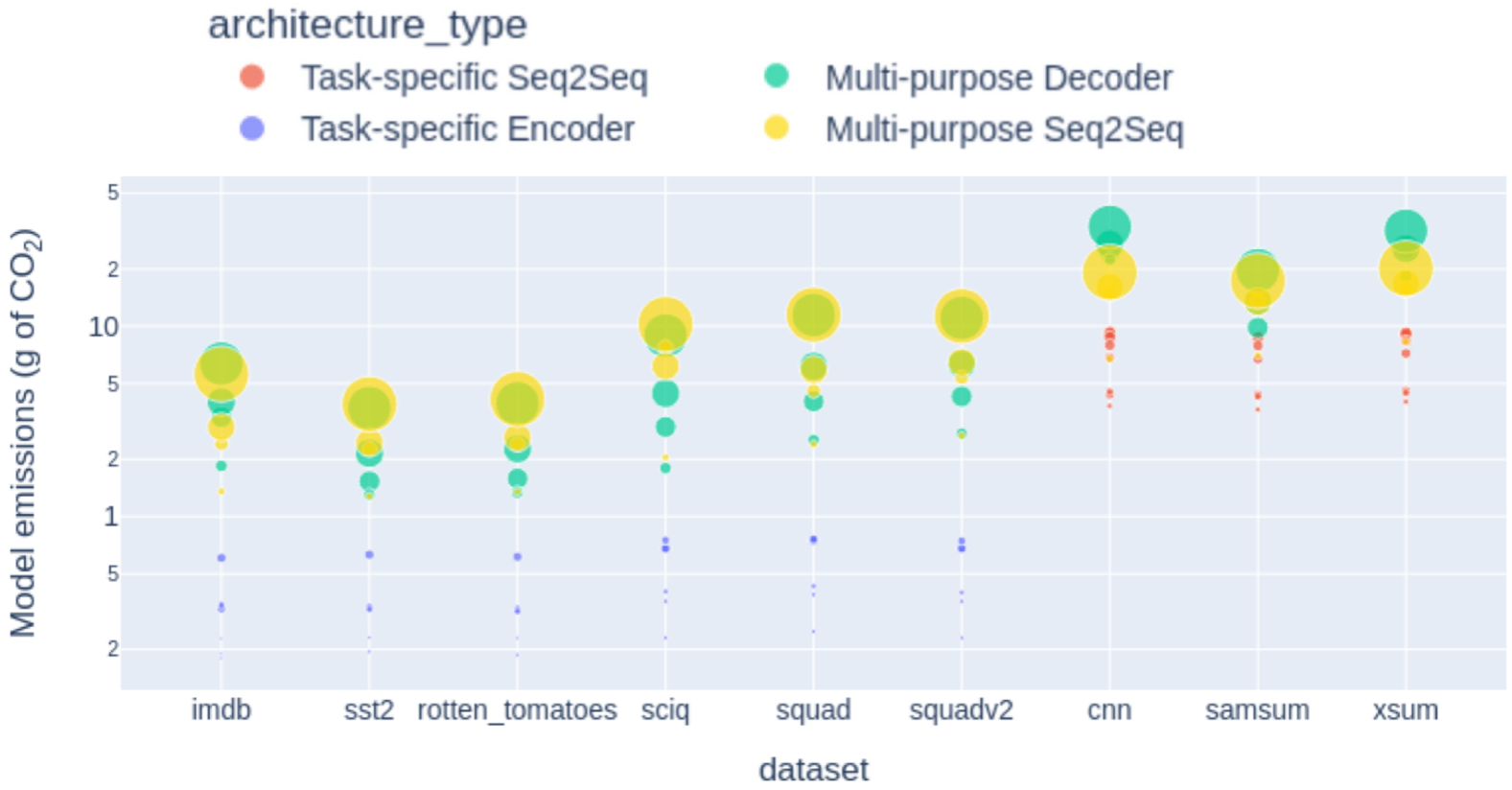
La IA con poco consumo de energía es habitual y posible

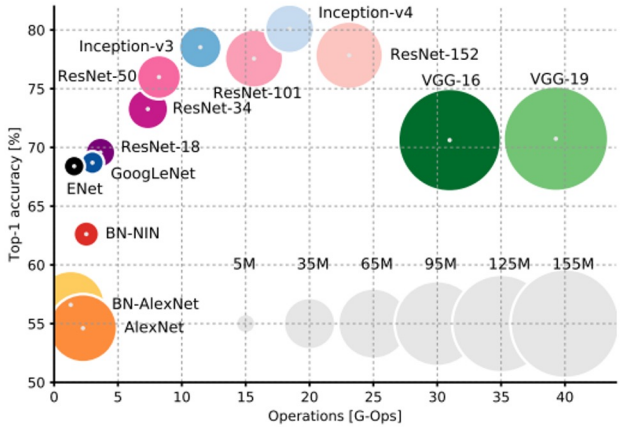
→ IA FRUGAL

Common Myth	Strategic Reality	Takeaways
Frugal AI = Cheap, Low Quality	Frugal AI prioritizes efficient, high-impact solutions, not cutting corners.	Reframe cost-saving as value-maximization through smarter, leaner AI investments.
Low-tech can't scale	Simple tools (WhatsApp, SMS, low-code AI) power platforms used by millions globally.	Embrace context-appropriate scaling – not every solution needs enterprise-grade infrastructure.
Only big tech can do AI	AI is increasingly democratized; startups and small teams build effective, lean models.	Tap into ecosystem partnerships and pilot frugal solutions for niche or underserved markets.
Frugal = Outdated Tech	Frugal AI leverages modern techniques (edge AI, model compression, efficient models).	Integrate Frugal AI metrics (TCO, energy score) into procurement and solution architecture.

Libro blanco «Frugal AI: Driving Sustainable, Inclusive, and Scalable Innovation», 2025

Usar modelos **de propósito general** para la inferencia es **a menudo ineficiente** frente a los **modelos específicos**





Más parámetros

→ más energía

Luccioni, Alexandra Sasha, Jernite, Yacine, and Strubell, Emma. "Power Hungry Processing: ⚡Watts ⚡ Driving the Cost of AI Deployment?" *arXiv preprint arXiv:2311.16863 (2023)*

Más datos ≠ siempre mejor rendimiento

Table 6.1
Overall test set performance of local and global models (the best prediction performance on each local test set is highlighted in bold font).

Model	Trained on	Training epochs	Training samples	Training effort	Test RMSE (↓) on		
					Stanford	SIRTA	DEWA
SUNSET	Stanford	21.2 ± 6.1	125,876	2.67 ± 0.77M	2.68	136.96	155.82
	SIRTA	9.6 ± 1.8	438,172	4.21 ± 0.81M	6.53	96.42	219.79
	DEWA	11.8 ± 2.2	85,278	1.01 ± 0.19M	4.65	160.28	**89.49**
	Stanford+SIRTA	28.6 ± 5.6	564,048	16.13 ± 3.15M	**2.61**	**96.34**	129.21
ConvLSTM	Stanford	11.7 ± 2.7	125,876	1.47 ± 0.34M	2.62	113.05	N/A
	SIRTA	5.6 ± 2.6	438,172	2.49 ± 1.13M	4.39	96.46	N/A
	Stanford+SIRTA	6.0 ± 1.7	564,048	3.36 ± 0.99M	**2.62**	**95.53**	N/A

El artículo también muestra que **ajustar un modelo global con datos de DEWA** (todos o un subconjunto suficiente) logra **un rendimiento similar** para DEWA en comparación con el **modelo local de DEWA** (pero con mayor esfuerzo total de entrenamiento)

Nie, Yuhao, et al. "Sky image-based solar forecasting using deep learning with heterogeneous multi-location data: Dataset fusion versus transfer learning." *Applied Energy* 369 (2024): 123467.

Stanford = Stanford University (Stanford, California, EE. UU.)
SIRTA = Observatorio atmosférico SIRTA (Palaiseau, Francia)
DEWA = Dubai Electricity and Water Authority (Dubái, EAU)

Hacia modelos locales

Julien Chaumond • 2nd
CTO at Hugging Face
2mo •

Connect

This is where we are right now. And it feels pretty magical 🧚

Qwen3.6 27B running inside of Pi coding agent via Llama.cpp on the MacBook Pro

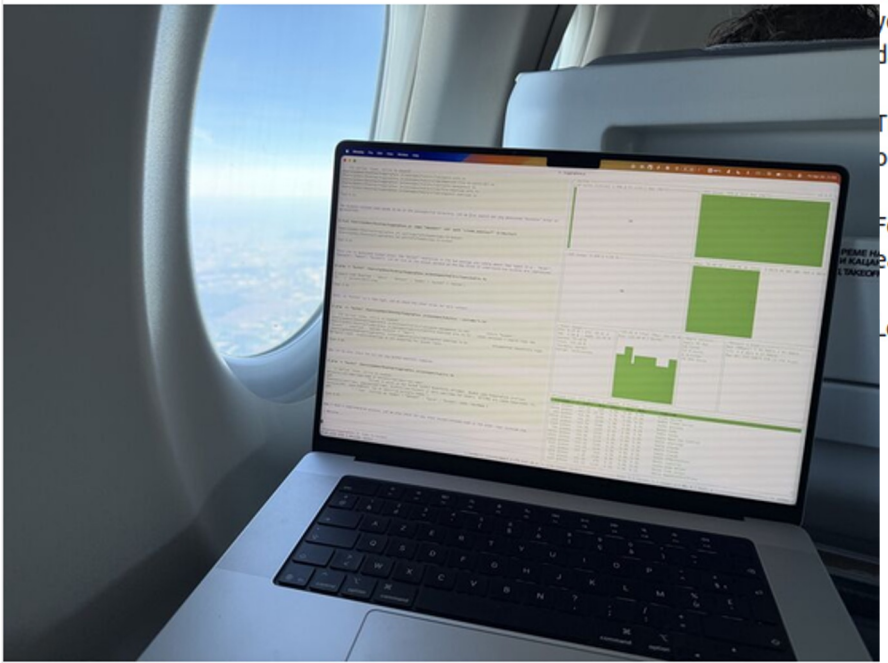
For non-trivial tasks on the **Hugging Face** codebases, this feels very, very close to hitting the latest Opus in Claude Code, or whatever shiny monopolistic closed source API of the day is.

In full airplane mode.

Most people haven't realized this yet.

If you have, it means you have a huge headstart to what I call the second revolution of AI.

Powerful local models for efficiency, security, privacy, sovereignty 🔥



Clem Delangue 🤗 • Following
Co-founder & CEO at Hugging Face
1w •

A study from **Stanford University** showed that 71.3% of chatgpt queries could be accurately answered by a local model. I suspect a major part of enterprise AI workloads could be run locally too for free (compared to the massive costs of frontier API cost).

Also, it reduces the risk of these workloads being taken away from you because you own the models instead of renting them - which sounds like a good idea these days haha.

That's why we're introducing the ability for everyone to filter AI models on **Hugging Face** based on your local hardware.

For me, there are 800k+ public models that fit on my M5 24GB and that I can use easily thanks to llamacpp.

Let's go local AI!

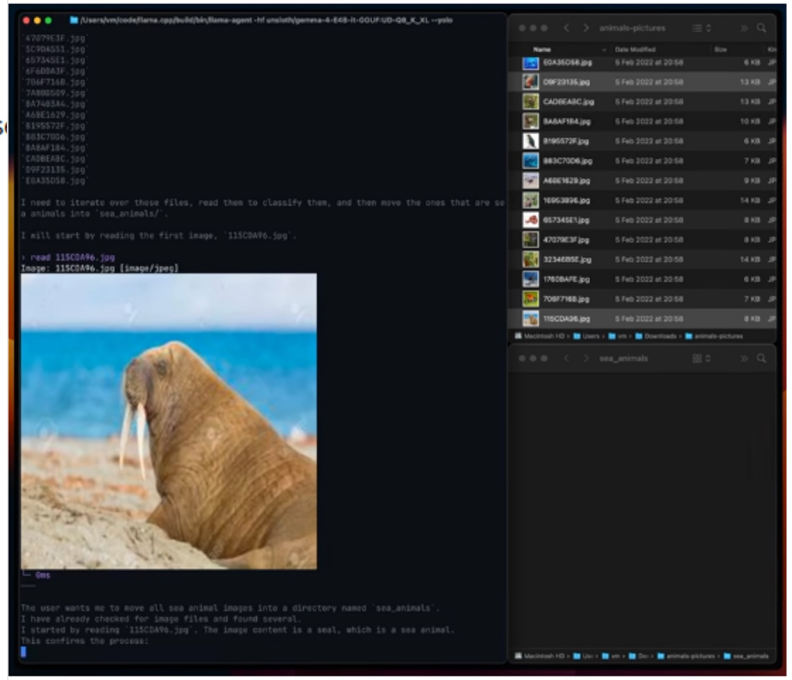
Victor Mustar • 2nd
Head of Product at Hugging Face
3mo •

+ Follow

I just watched the latest Google Gemma 4 open model work on my laptop. No cloud. No API key. No catch.

I pointed Gemma 4 E4B at a folder of mixed photos and asked it to sort the sea animals into their own directory. It opened each image, identified what it saw, and moved the files. All locally, in one agentic session, on a model small enough to fit in 5GB of RAM.

Three years ago this needed a data center. Today it runs while you're offline on a plane.

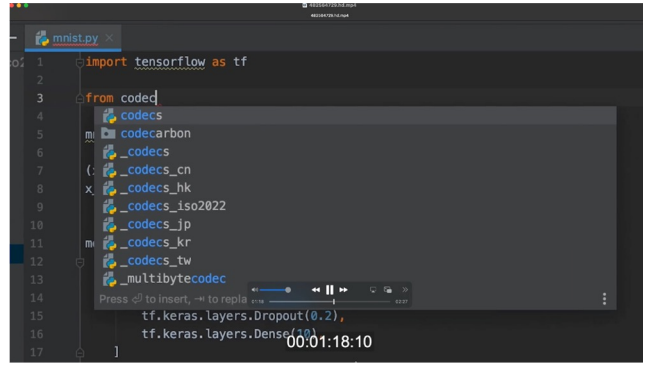


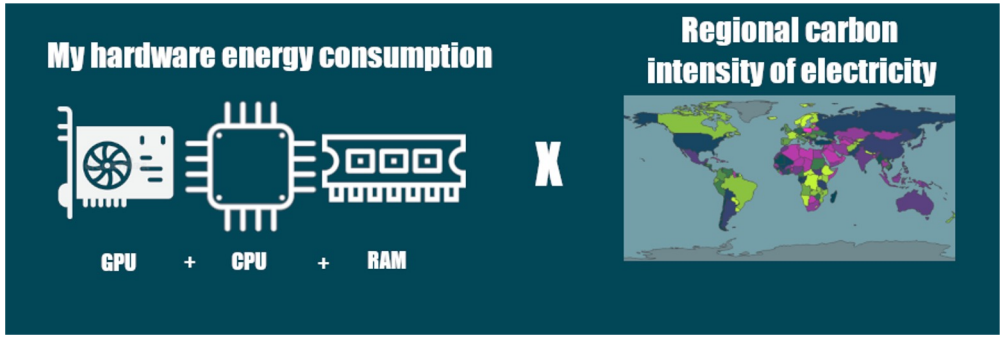
Frugalidad en el desarrollo de la IA

- Frugal AI Challenge: animar a actores académicos e industriales a tener presente la eficiencia al desplegar modelos de IA
- Seguimiento del consumo de energía **y del** rendimiento
- Incentivar la frugalidad en el despliegue de la IA abordando a la vez retos reales.
- Tareas:
  - Detectar desinformación climática
  - Clasificar zonas con riesgo de incendios forestales,
  - Detectar deforestación ilegal.



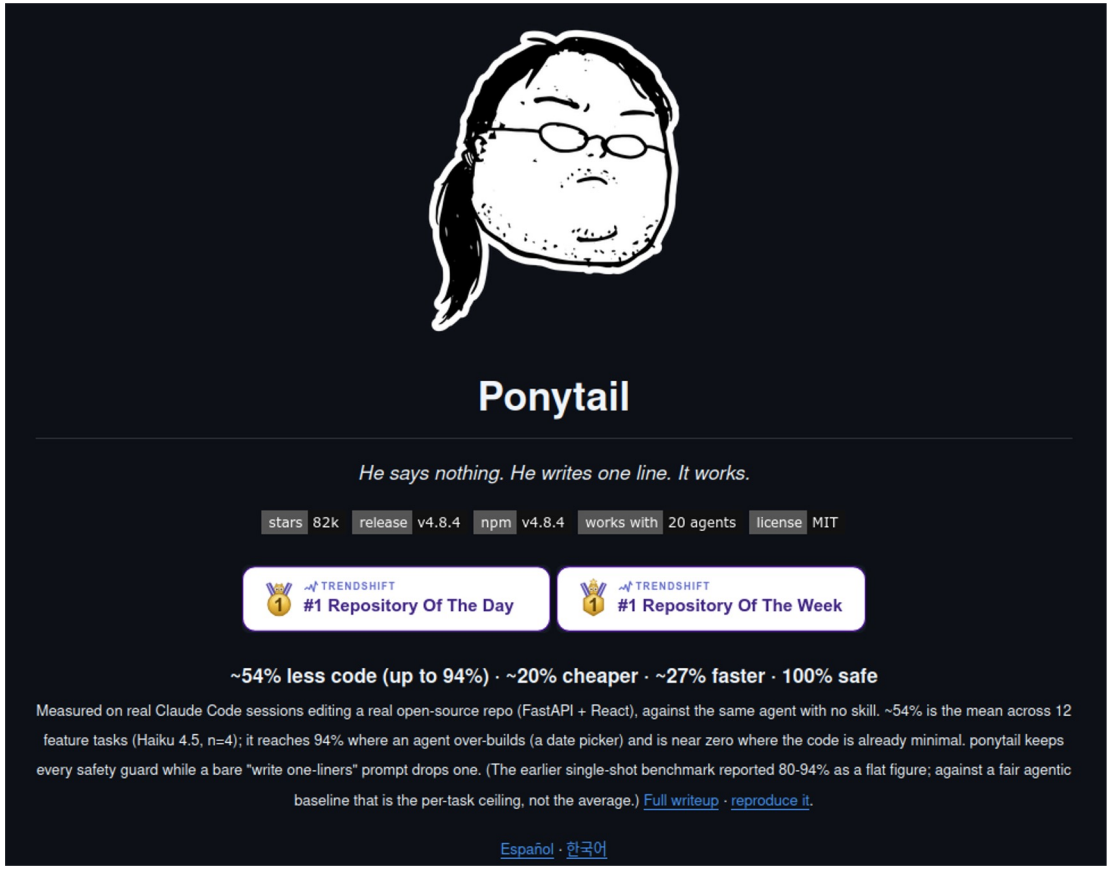
Code Carbon

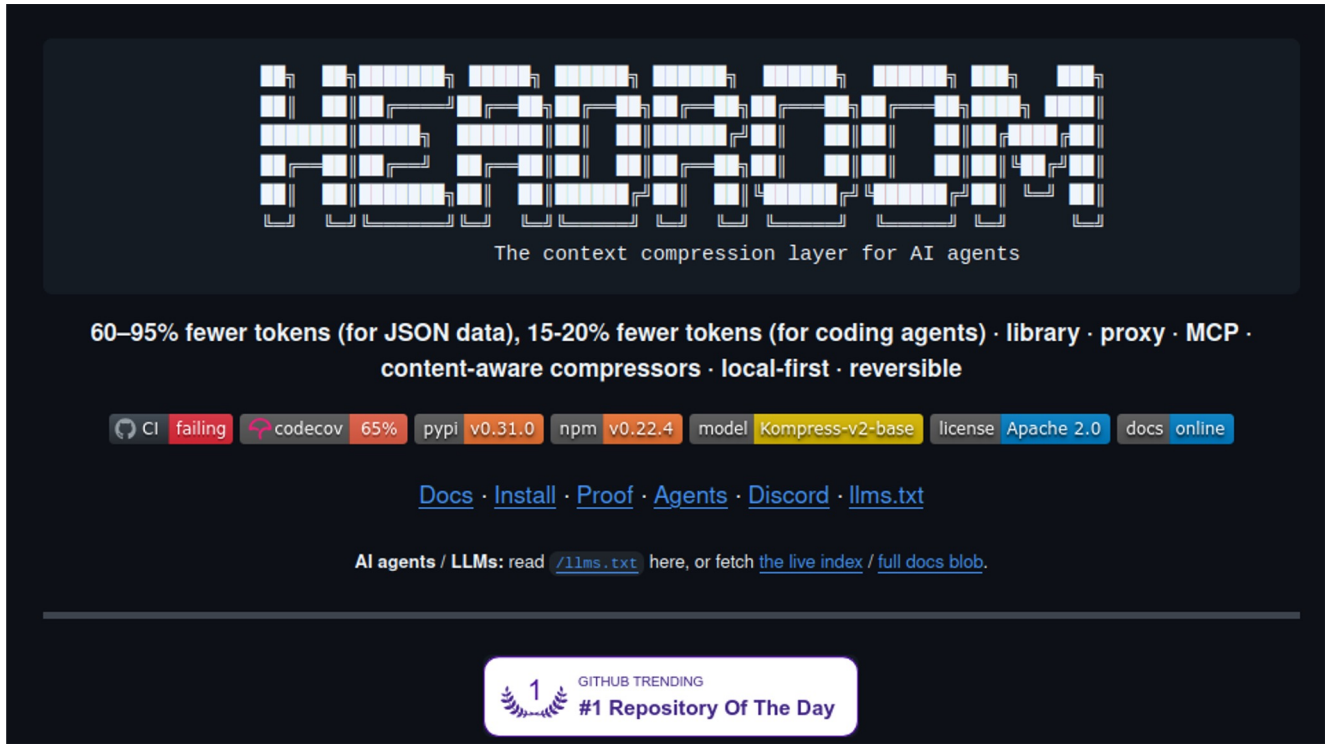




Las capas **alrededor del modelo** también importan

→ Escapar del «**token maxxing**» mediante skills, etc.





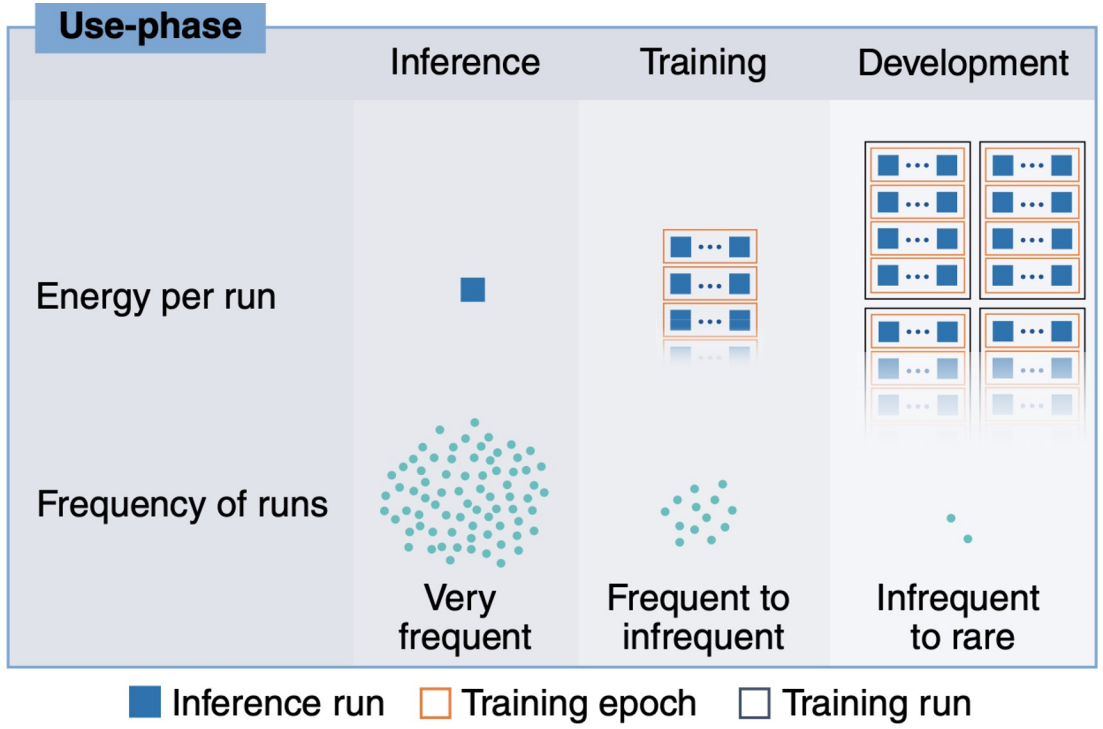
TinyML: ejecutar IA en microcontroladores

	Cloud AI (NVIDIA V100)		Mobile AI (iPhone 11)		Tiny AI (STM32F746)		ResNet-50	MobileNetV2	MobileNetV2 (int8)
Memory	16 GB	4× →	4 GB	3100× →	**320 kB**	← gap →	7.2 MB	6.8 MB	1.7 MB
Storage	TB~PB	1000× →	>64 GB	64000× →	**1 MB**	← gap →	102MB	13.6 MB	3.4 MB

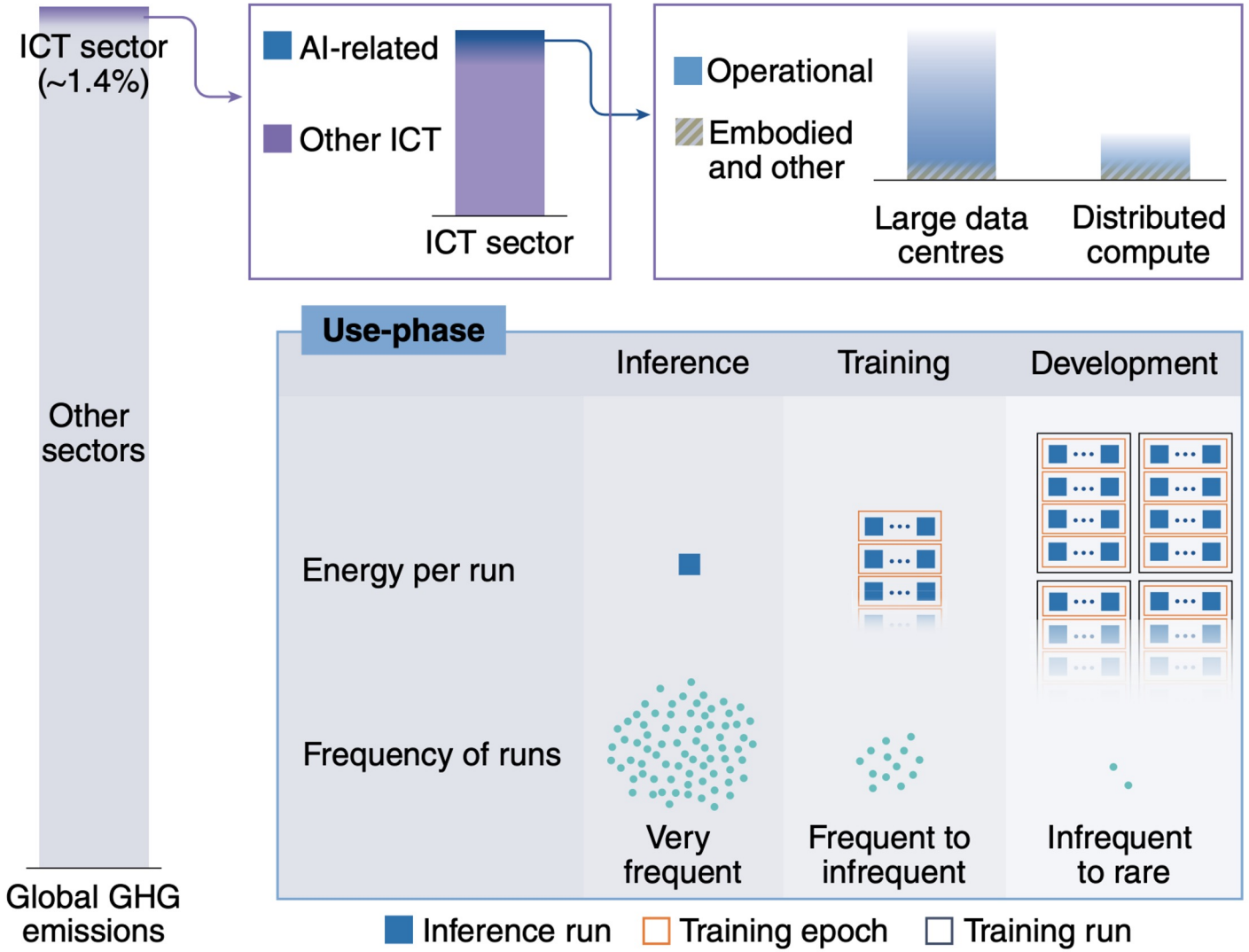


Lin et al 2024 Tiny Machine Learning: Progress and Futures; seedstudio.com

Pasar de una **visión ascendente**...

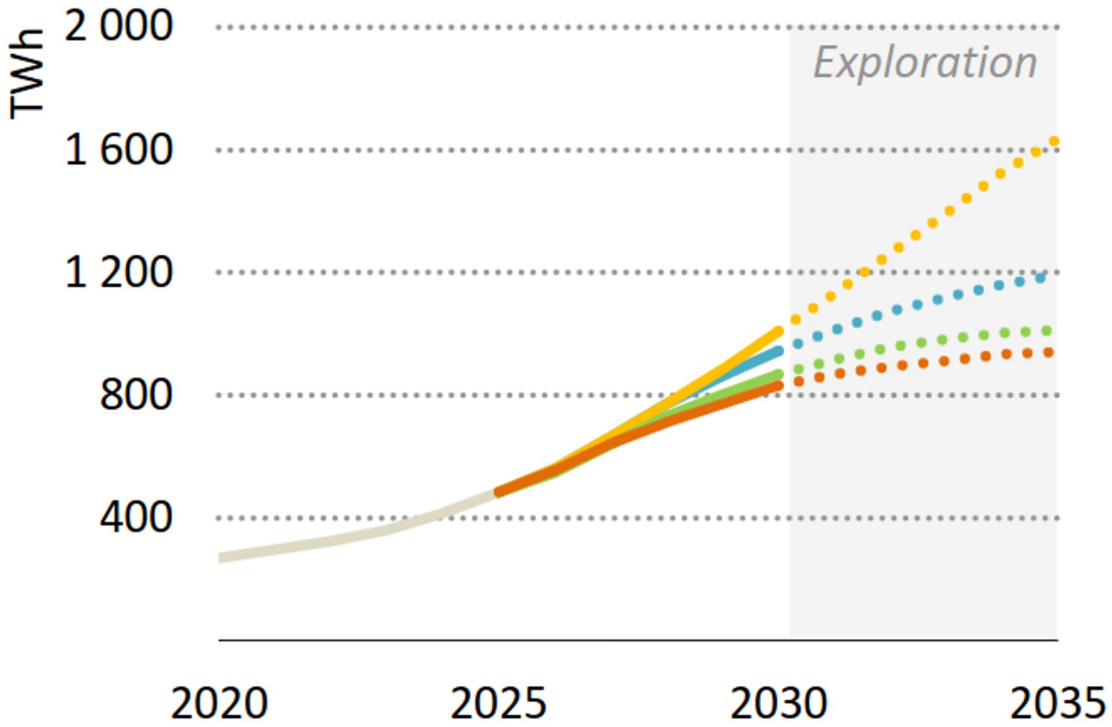


...A UNA **PERSPECTIVA** DESCENDENTE



La demanda de electricidad crece rápidamente





Aumento del 6 %

entre 2010 y 2018

(pese a multiplicarse por 5,5 las instancias de cómputo)

Aumento del 250–500 %

entre 2020 y 2035

Estimaciones aproximadas, basadas en:
Masanet, Eric, et al. "Recalibrating global data center energy-use estimates." Science (2020)

Fuente: AIE, «Energy and AI» 2026

Encuesta n.º 3

¿Qué **fuente de energía** se espera que **más se despliegue** para **cubrir el aumento de la demanda** de electricidad de la IA?

a) renovables, b) carbón, c) gas, d) nuclear

Suministro eléctrico adicional:

¿Intensidad de carbono?

¿Usos en competencia?

¿Impactos asociados?

ENERGY

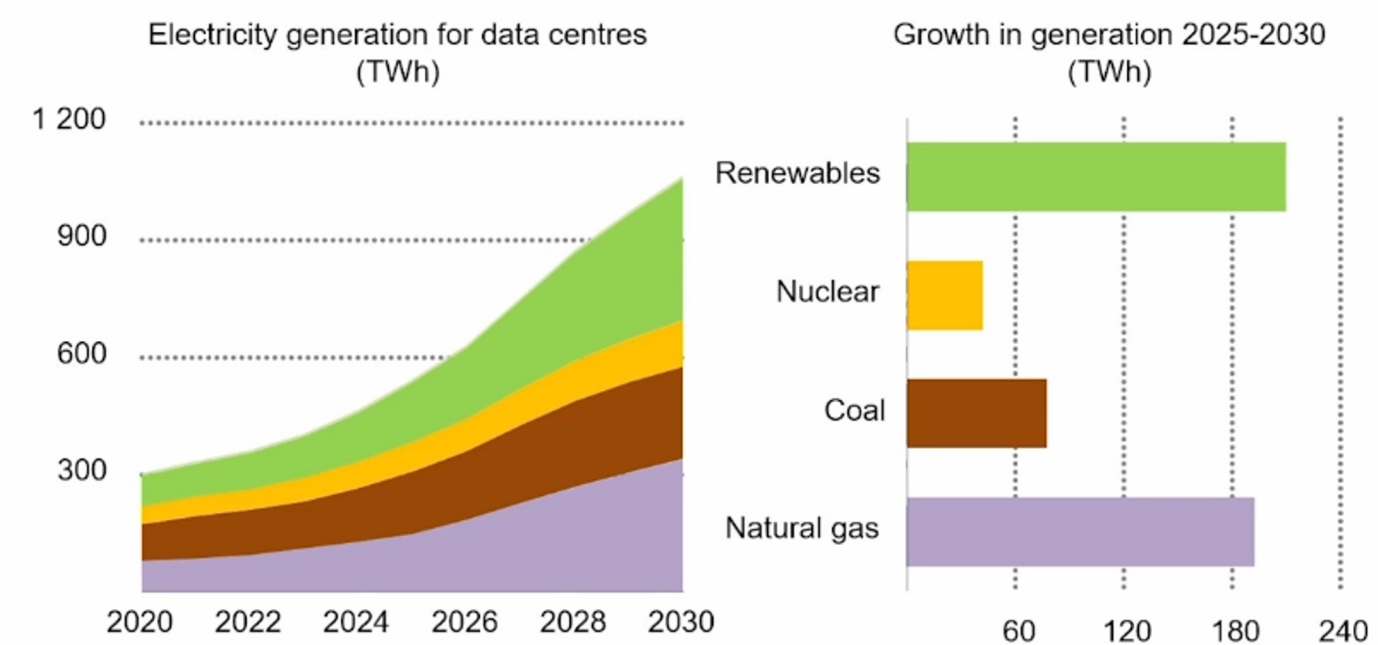
Chevron to fuel massive Microsoft data center in Texas using natural gas

PUBLISHED MON, JUN 22 2026•7:59 AM EDT | UPDATED MON, JUN 22 2026•3:19 PM EDT



COMPANIES / ENVIRONMENT

Frontier Raises Over $900 Million for Carbon Removal Investments from Google, Anthropic and Others



Fuente: AIE, «Energy and AI» 2026

Integración en la red de los centros de datos: consumo con picos

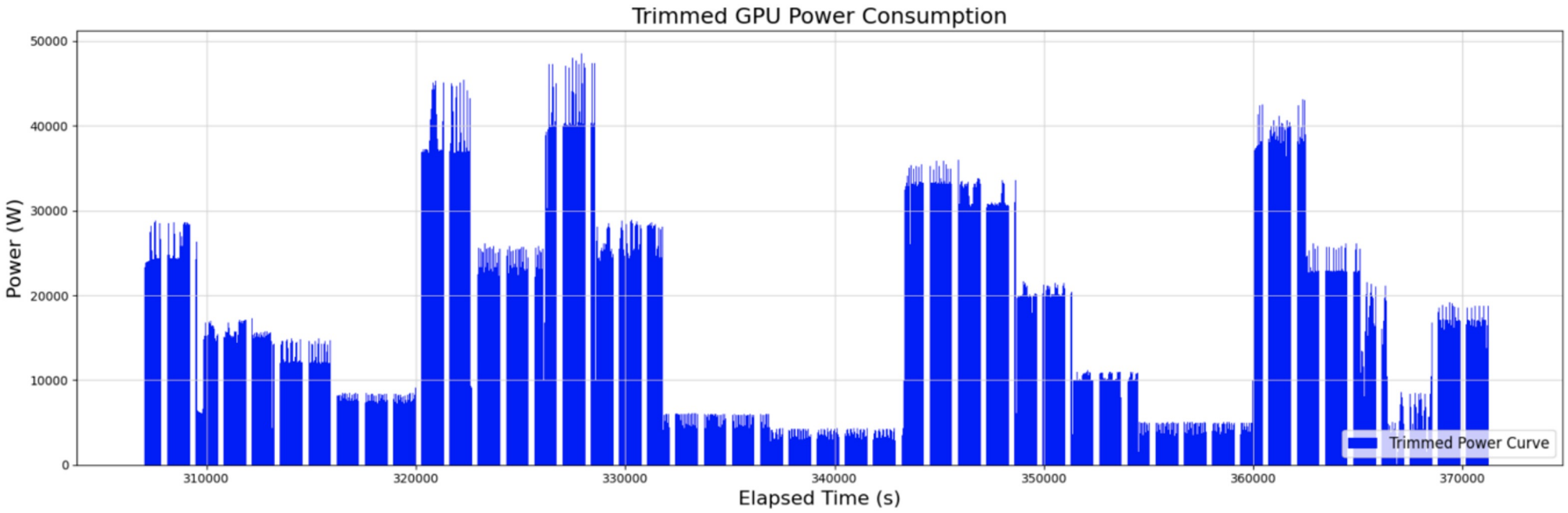


Fig. 6. Power Consumption of BERT in MIT Supercloud Dataset (Peak power consumption of approximately 48.70 kW, with an average consumption of 17.80 kW and a standard deviation of 12.39 kW. The job ran for an extended period of 4 days).

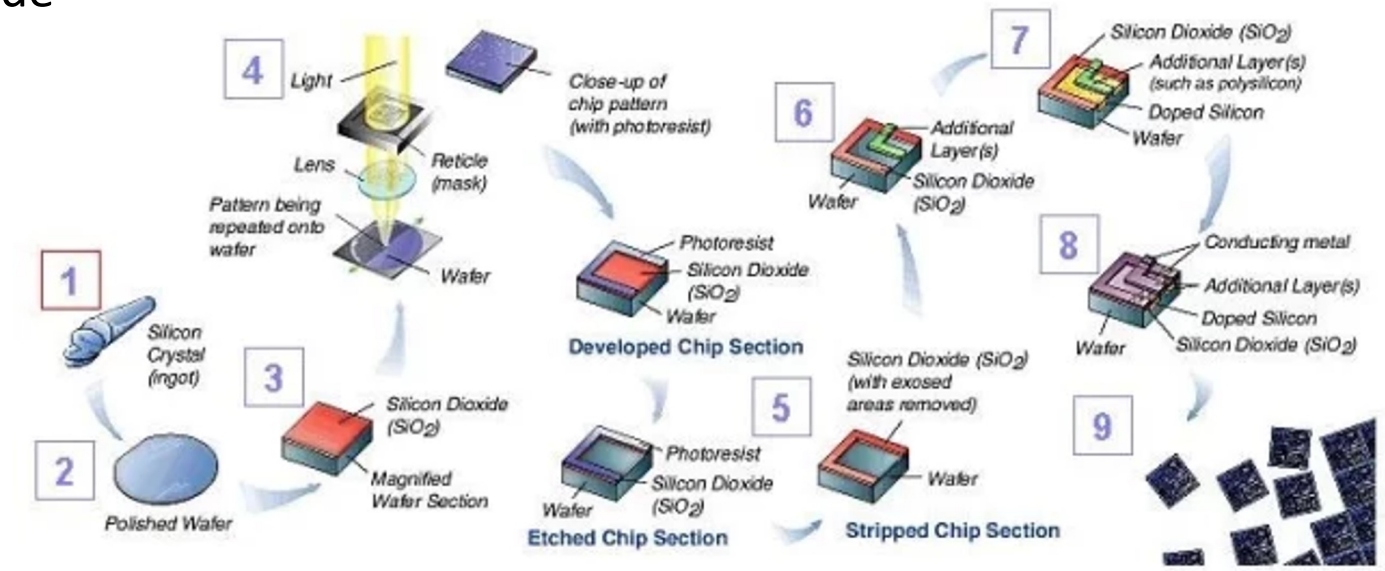
Li, Yuzhuo, et al. "The unseen AI disruptions for power grids: LLM-induced transients." *arXiv preprint arXiv:2409.11416* (2024).

Conclusiones prácticas (energía)

- Es importante pensar en las necesidades energéticas de los modelos
- ¡No todos los modelos consumen mucha energía! Grandes vs. pequeños 
- El consumo de los mayores modelos no desacredita la IA para el clima en su conjunto
- Intente usar un modelo pequeño / específico cuando sea posible: grandes ganancias de eficiencia
- Piense en qué tareas aportan más y cuáles pueden ser un despilfarro
- Hay herramientas para calcular los impactos energéticos/de GEI de su proyecto, p. ej. Code Carbon

Impactos en la sostenibilidad no relacionados con GEI: materias primas

Las materias primas usadas para fabricar chips proceden de 50 de los 90 elementos naturales de la Tierra. Las reservas de algunos se agotan rápidamente.



Impactos en la sostenibilidad no relacionados con GEI: agua

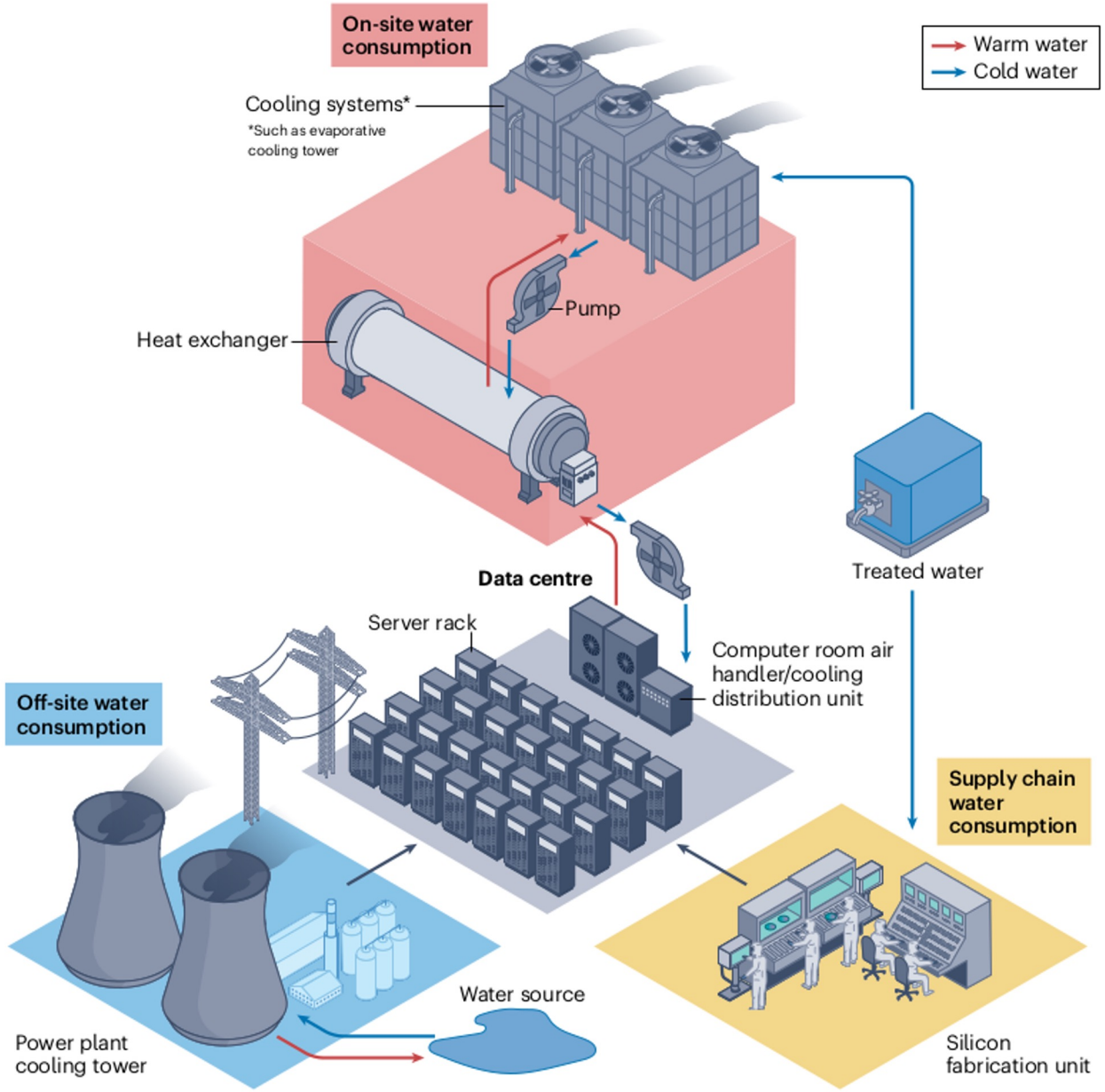


Imagen: Chien et al, 2026, Nature Reviews Clean Technology

Encuesta n.º 4

¿Es mayor el uso **directo** o **indirecto** de agua de los centros de datos?

a) directo, b) indirecto, c) similar

Agua: impactos diferenciados

- **Extracción de agua** vs. **consumo de agua** vs. **vertido de agua**
- Cerca del 50 % es consumo; el uso directo es hoy menos del 0,5 % del consumo de agua de EE. UU.

- **Uso indirecto >>> uso directo** (hasta el 80 %)
- Extracción mundial de agua proyectada (alcances 1 + 2) en 2027:
  - 4200–6600 millones de metros cúbicos (más de 4–6 veces Dinamarca o la mitad del Reino Unido)

- **Impacto/estrés local:** el problema suele estar más en los **picos** que en los totales anuales;
- Bloomberg News informa de que unos dos tercios de los centros de datos de EE. UU. construidos desde 2022 están en zonas de alto estrés hídrico.



The Bottle: Annual Use. National totals seem modest and manageable on paper.



The Pipe: Peak Demand. Massive withdrawals on hot days strain local infrastructure.

Imagen: Shaolei Ren

Agua: ¿soluciones para reducir la demanda?

- La refrigeración líquida «**en circuito cerrado**» (sin evaporación) reduce el uso de agua casi a cero, pero requiere más energía (y puede crear más picos)

- Cada vez es más posible **programar** o **alternar** mejor entre distintos métodos de refrigeración, aunque no necesariamente en todas las partes del centro de datos

- **El consumo indirecto** es más difícil de reducir. Depende de la tecnología de generación eléctrica (p. ej. gas/nuclear >> solar) y del clima local





Imagen: The Guardian, Wikimedia

Cuando los impactos son peores... a la vez: **olas de calor**

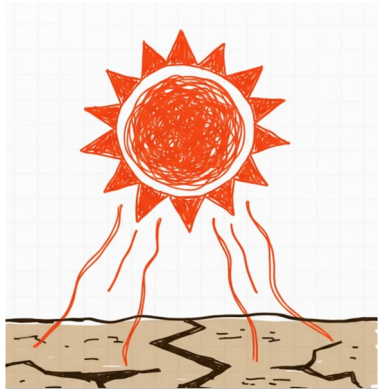
- **Cuándo** se consume/extrae el agua importa: es peor en la estación seca o con estrés térmico

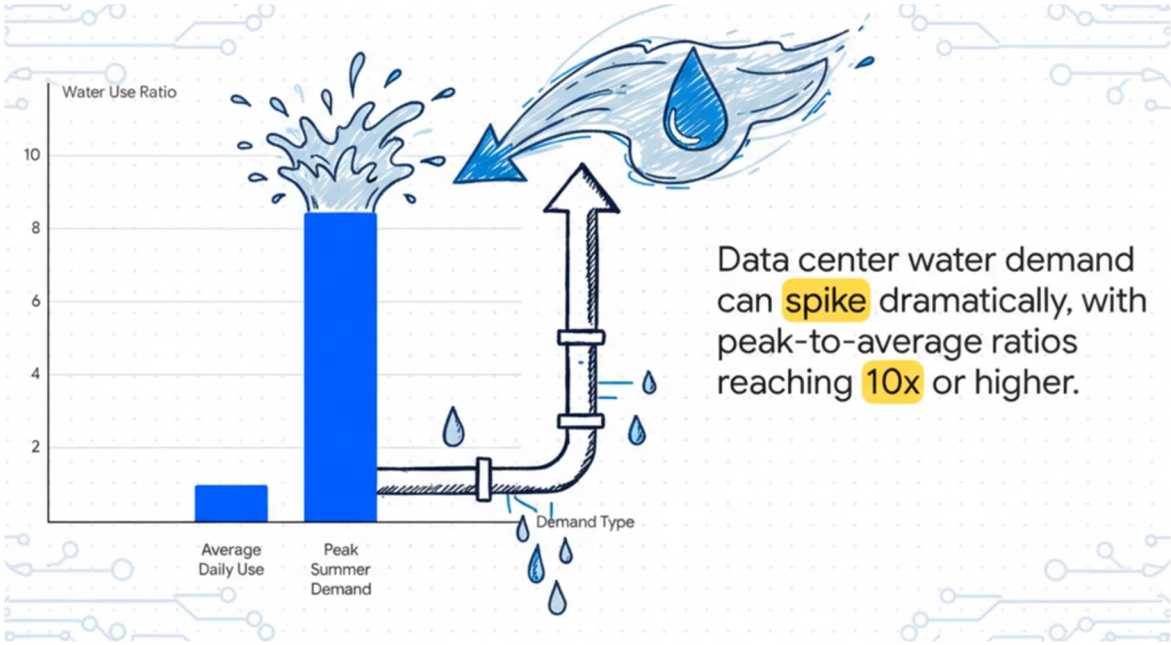
- Lo mismo con el consumo de energía: durante las olas de calor, el aire acondicionado tensiona la red

- **Dilema**: para refrigerar los centros de datos se puede sustituir refrigeración intensiva en agua por refrigeración intensiva en energía, pero ambas pueden estar bajo presión

- El agua puede recortar los picos de carga, pero la asignación de recursos es un problema: muchas comunidades no tienen excedentes de agua
  → **hace falta planificar la resiliencia**







Imágenes: Shaolei Ren, Wikimedia

Estudio de caso situado: la expansión de los centros de datos en Brasil

Una enorme ola de inversiones en infraestructura impulsada por la IA, de más de 25 000 millones de R$

El 89 % de la matriz eléctrica de Brasil es **renovable**, casi la mitad hidroeléctrica → **¿ideal para centros de datos?**

Las sequías crecientes presionan el agua necesaria tanto para la hidroeléctrica como para la refrigeración, mientras el **acceso al agua ya es un problema** para las comunidades

Persiste la **pobreza energética**: más de 1,3 millones de personas siguen sin electricidad fiable



Ejemplo: nuevos centros de datos en Ceará y Rio Grande do Sul amenazan el acceso al agua de las comunidades locales

Índice

Impactos del cómputo

Impactos de las aplicaciones

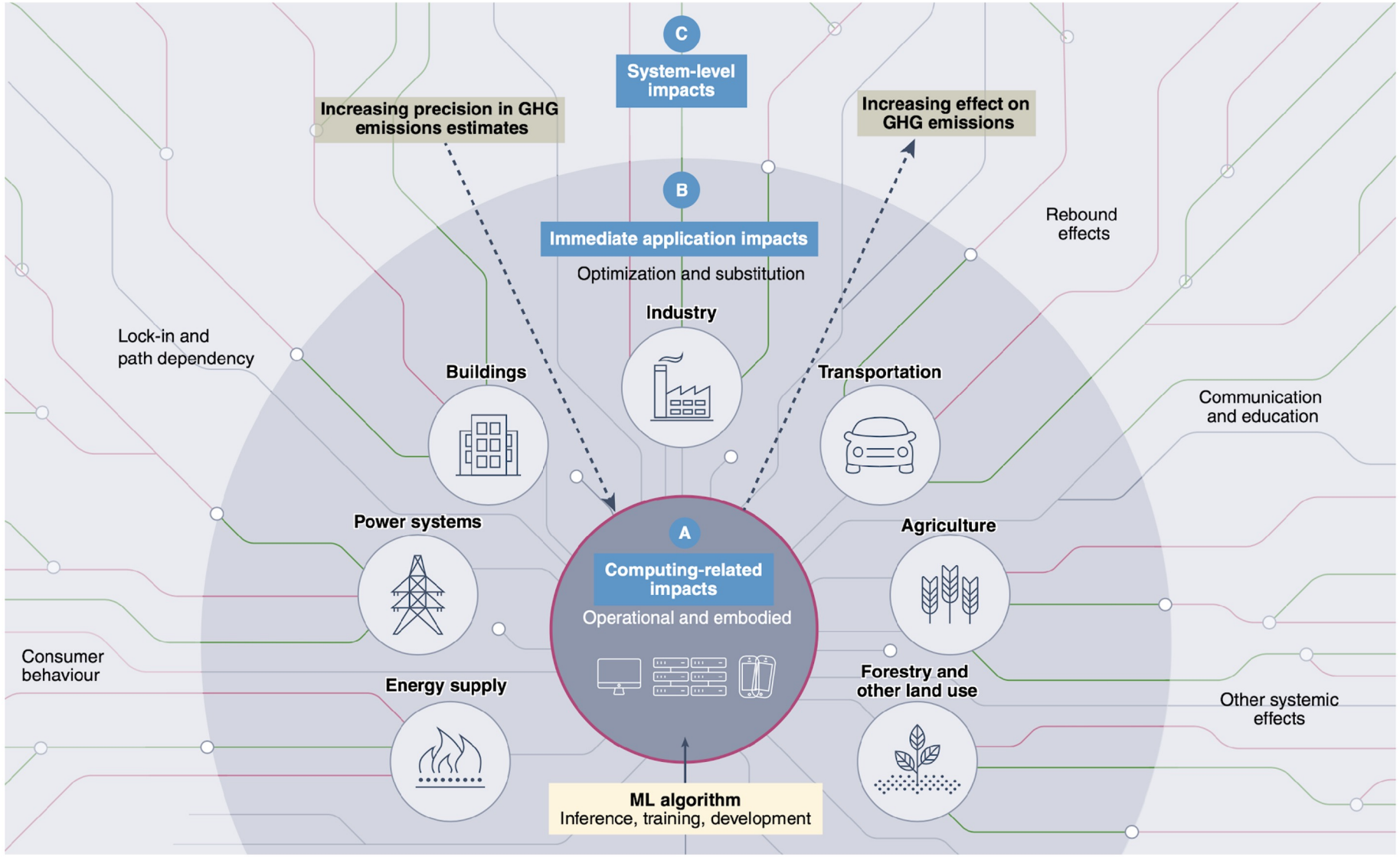
- Impactos positivos
- Impactos negativos

Impactos sistémicos

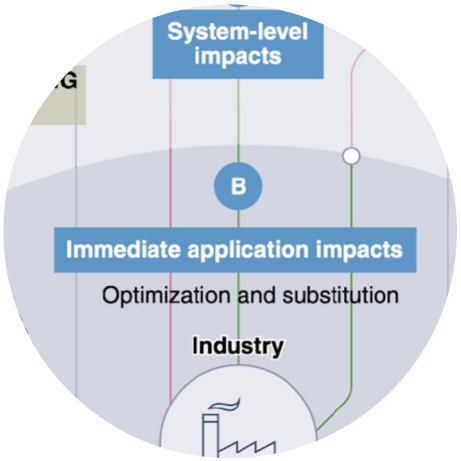
Consideraciones transversales

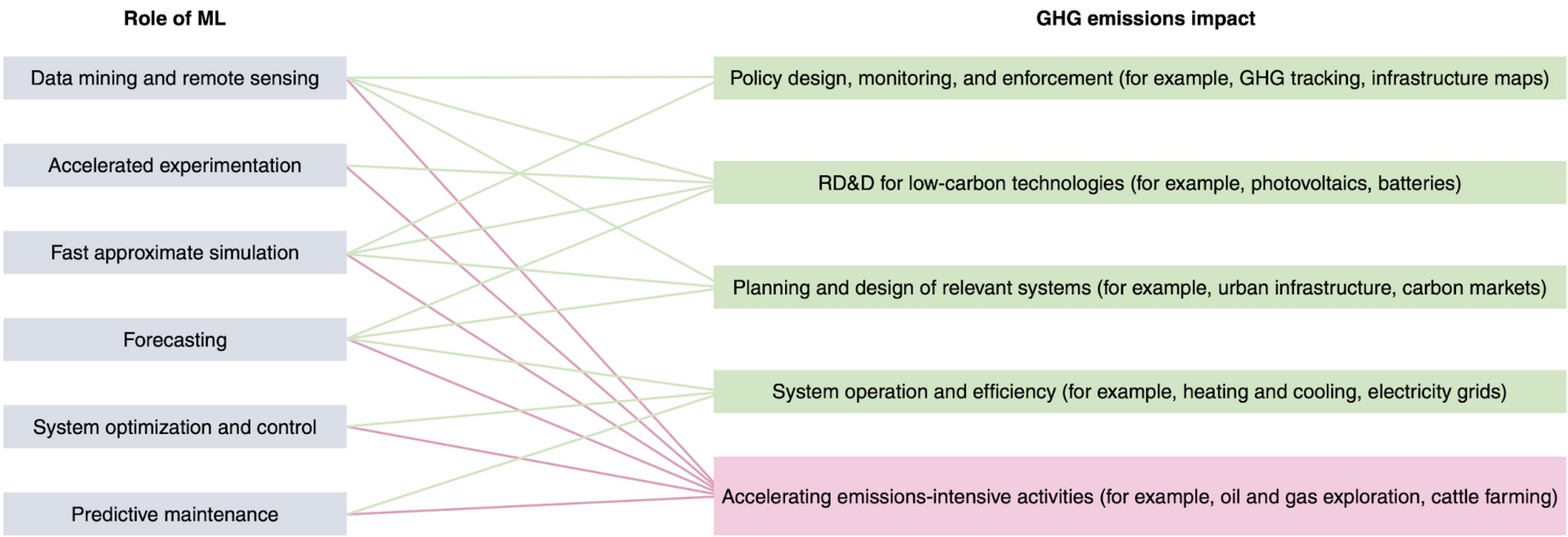
Regular el uso de energía y recursos de la IA

Cómo afecta la IA a las emisiones de gases de efecto invernadero



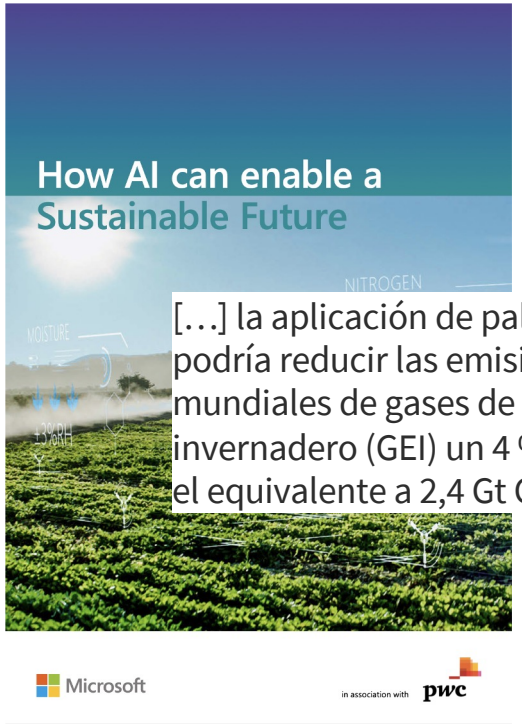
Cómo afecta la IA a las emisiones de gases de efecto invernadero





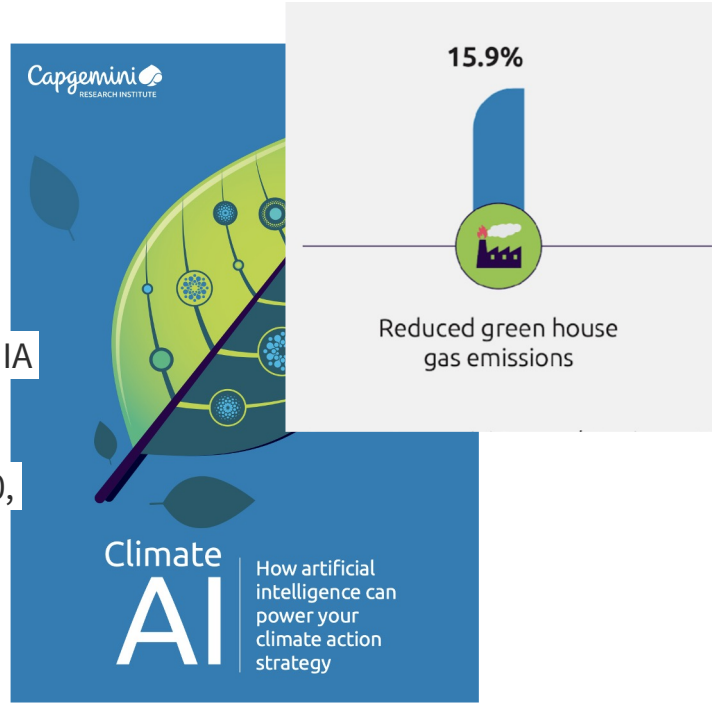
Kaack, L. H., Donti, P. L., Strubell, E., Kamiya, G., Creutzig, F., & Rolnick, D. (2022). *Nature Climate Change*, 1-10.

Las estimaciones del **potencial de ahorro de emisiones de GEI** son poco fiables

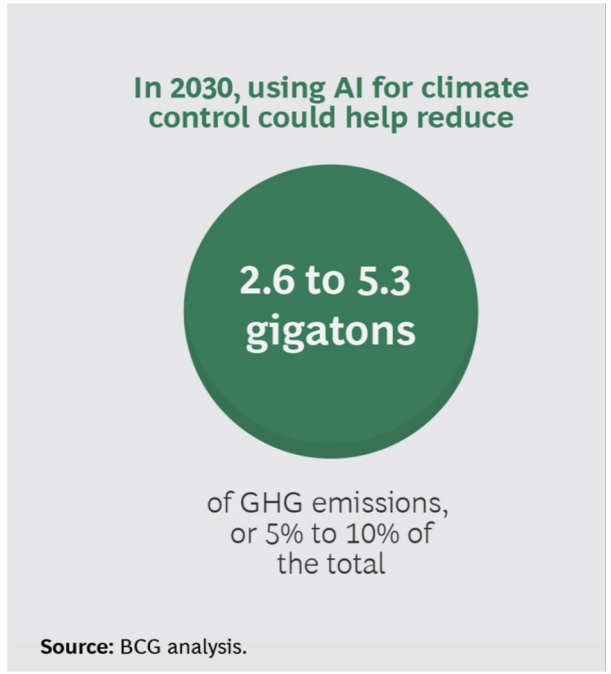


[…] la aplicación de palancas de IA podría reducir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) un 4 % en 2030, el equivalente a 2,4 Gt CO2e […]

2019



2020



2021

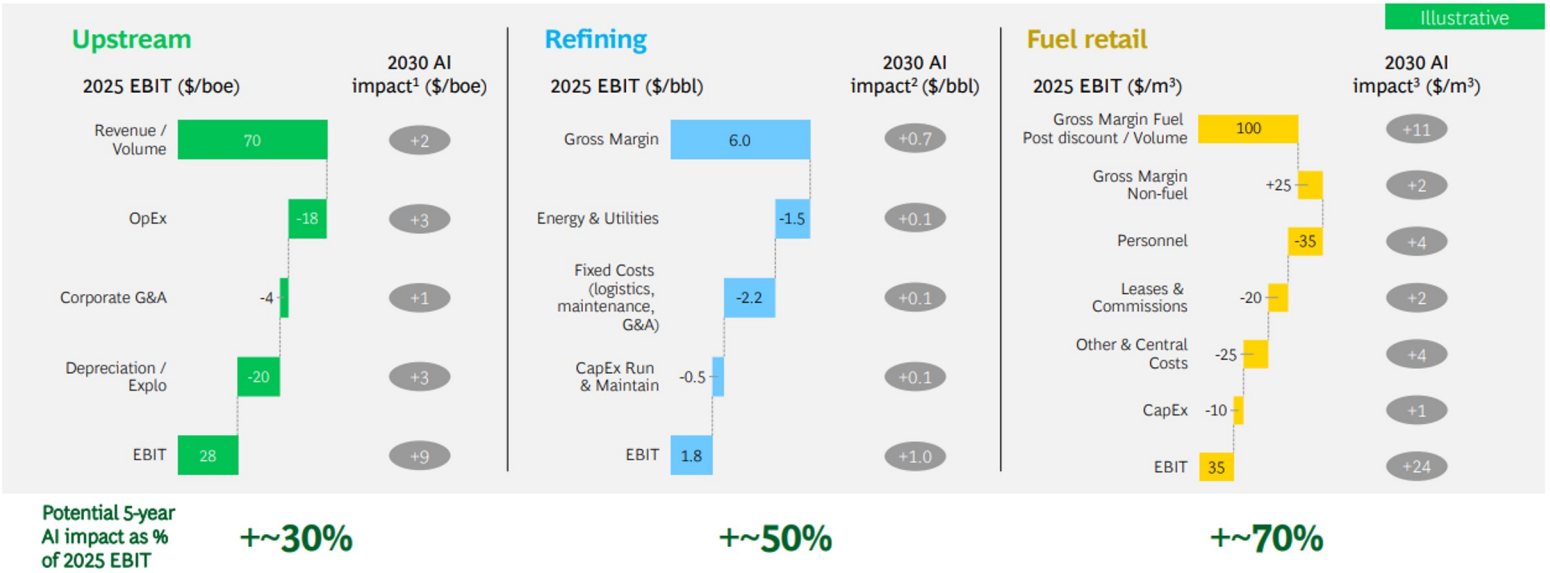
Las estimaciones de consultoras y tecnológicas suelen basarse en modelos no divulgados o en extrapolar entrevistas con partes interesadas → **intereses creados que probablemente sobrestiman los impactos positivos**

Aplicaciones de IA que aumentan las emisiones



Uso de la IA para acelerar **industrias intensivas en emisiones**

Ejemplo: aplicaciones en petróleo y gas



La IA que aumenta los impactos y las emisiones (y más allá): **perforación petrolera**

Upstream

Case study | A real-time prescriptive tool provides drilling field personnel with continuous AI guidance

Instructions' compliance from rig

RT sensor data from rig



Architecture and models

Customized screen



1

The **office** sets up the AI system and configures key technical inputs

2

- Rig sensor data is contextualized with planning information, DDRs, and any third-party software available
- AI adaptive models are executed and retrained in RT

Superior analytical performance with high adaptability

Real-time AI and physical models for one truth recommendations

Bespoke solution, not a black box

Fully tailored to client rules, org, and data

3

The **tool** assists at all moments by sending a recommendation of optimal parameters and time targets for each field activity

Simplified information

Easy-to-use interface showing only relevant data – no field engineer needed to interpret complex inputs

4

Field personnel follow recommendations, saving minutes from each activity

They also send any feedback as part of the continuous improvement process

End-to-end process taking < 5s to allow for immediate action from the field

Existing platform with total rig integration

10-20%

Capex reduction potential

Focus on optimizing ILT (invisible lost time)

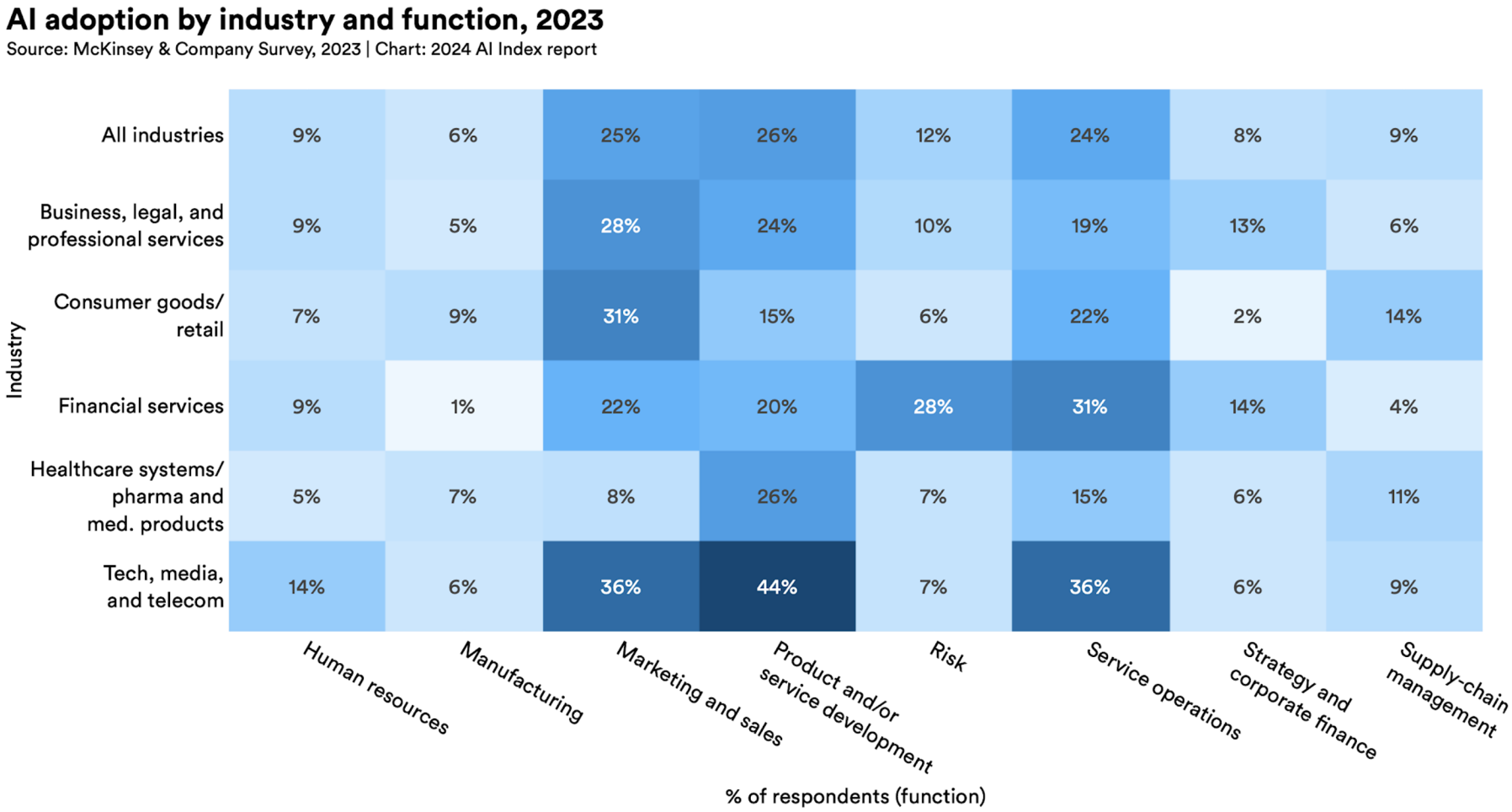
ILT represents +35% of the drilling time

Real-time prescriptive solution that connecting to any field service software

13

Copyright © 2025 by Boston Consulting Group. All rights reserved.

La mayor parte del uso de la IA en la sociedad se da en aplicaciones no climáticas



Hasta ahora, la IA para el clima es más bien IA tradicional

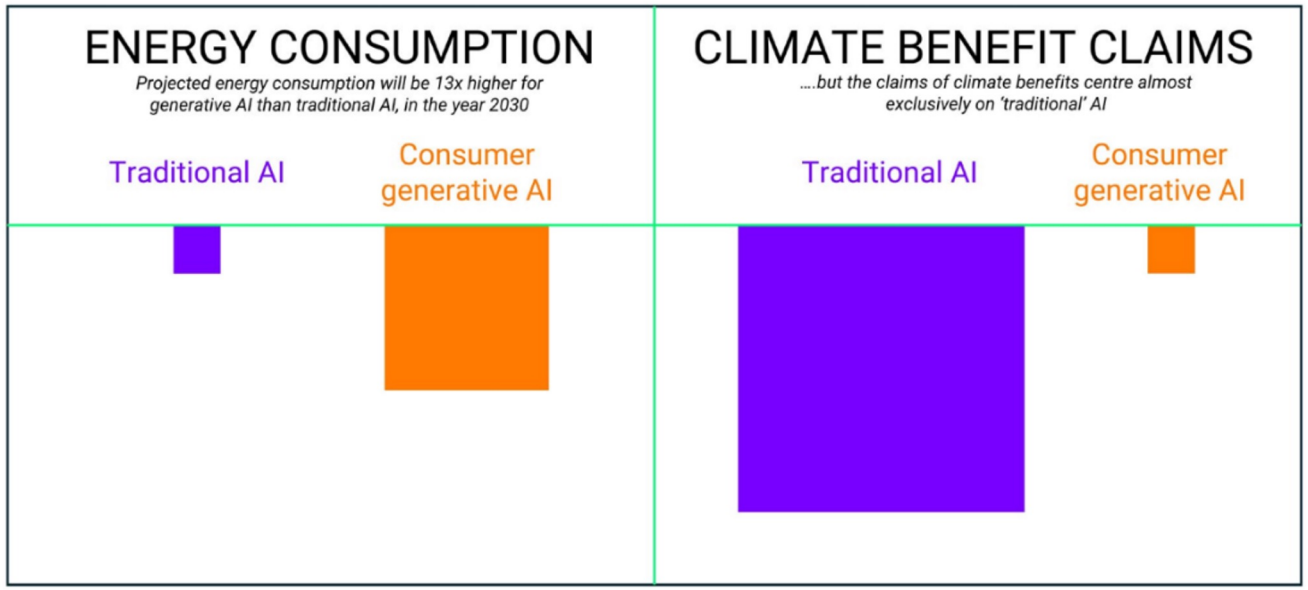


FIGURE 1 - CLIMATE BENEFIT versus DAMAGE
This graphic illustrates how most climate benefit claims relate to traditional AI, whereas most harm will relate to consumer generative AI. The first compares the projected electricity consumption in a central 2030 scenario, also represented by the area of each square. The second comparison shows the number of claims by AI type, represented by the area of each square.

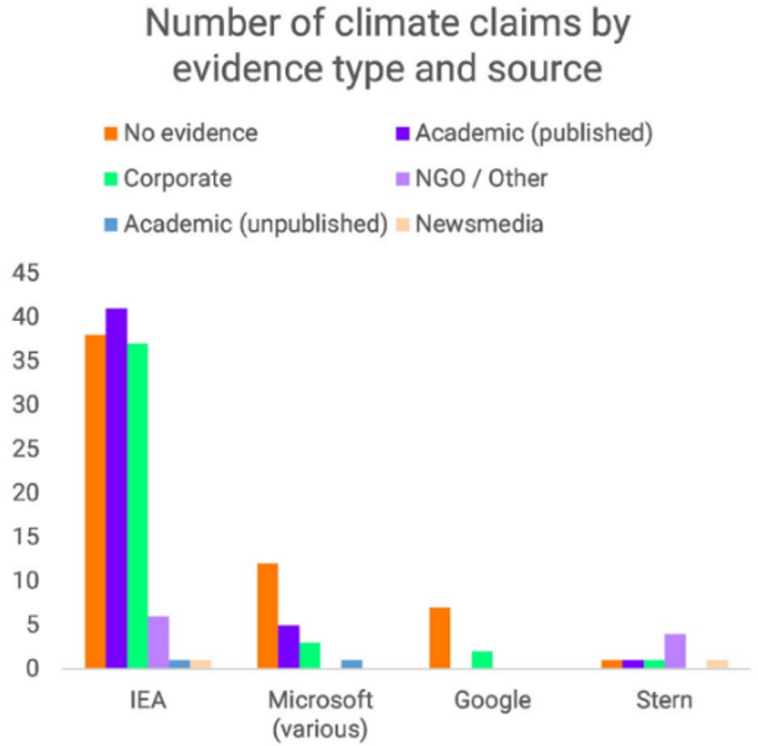


FIGURE 7 - TYPES OF EVIDENCE FOR CLIMATE CLAIMS
This graphic shows the distribution of evidence types by source. Corporate sources tended to rely on no evidence or corporate sites. The IEA's claims drew from a mix of academic, corporate and no evidence.

Imágenes: Ketan Joshi, The AI Climate Hoax: Behind the Curtain of How Big Tech Greenwashes Impacts, 2026

Índice

Impactos del cómputo

Impactos de las aplicaciones

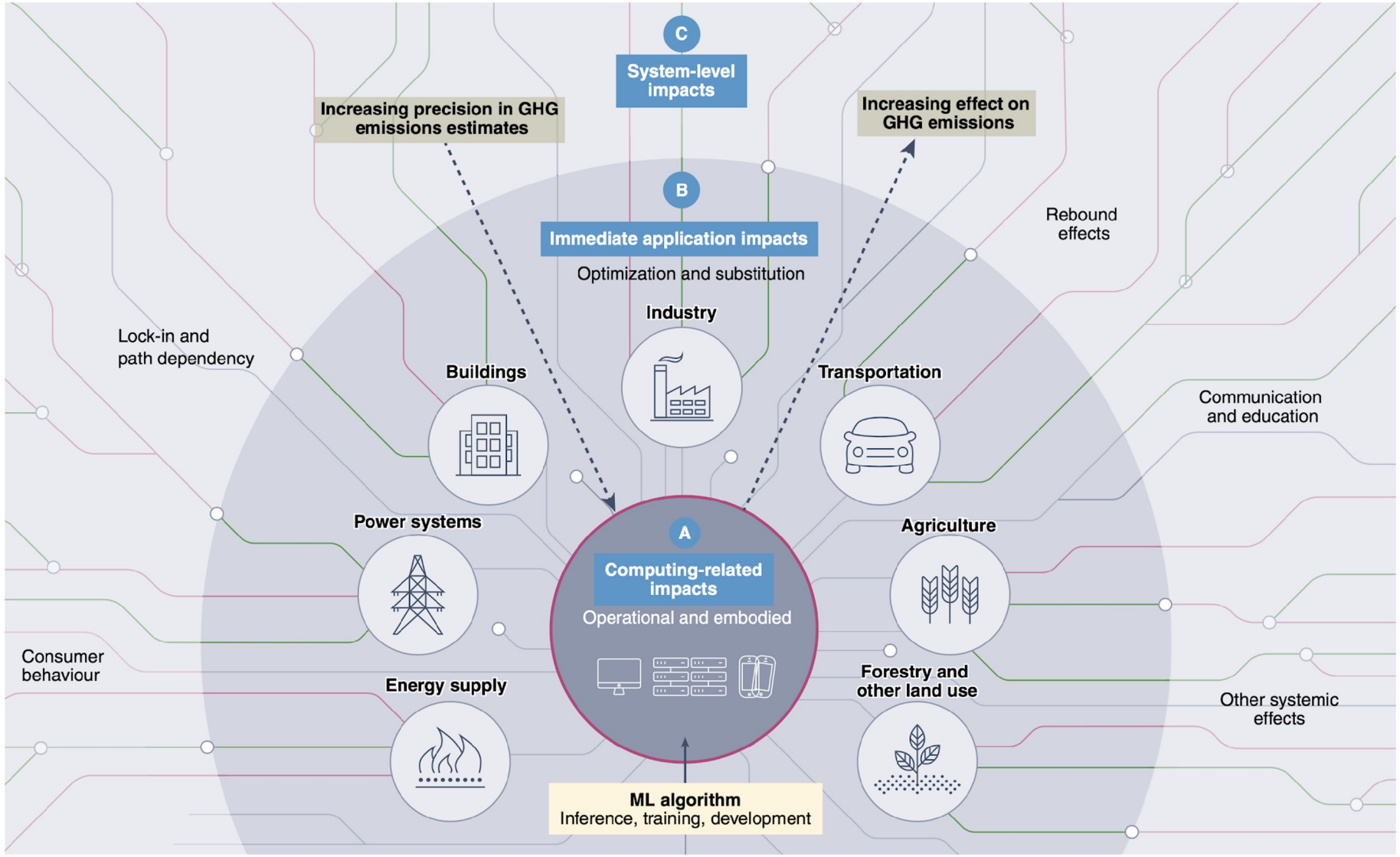
Impactos sistémicos

- Efectos rebote
- Cambios de poder en la sociedad

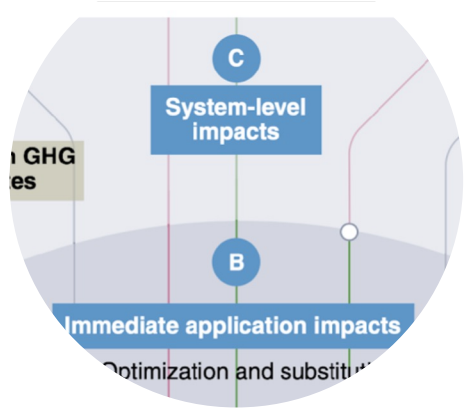
Consideraciones transversales

Regular el uso de energía y recursos de la IA

Cómo afecta la IA a las emisiones de gases de efecto invernadero



Cómo afecta la IA a las emisiones de gases de efecto invernadero

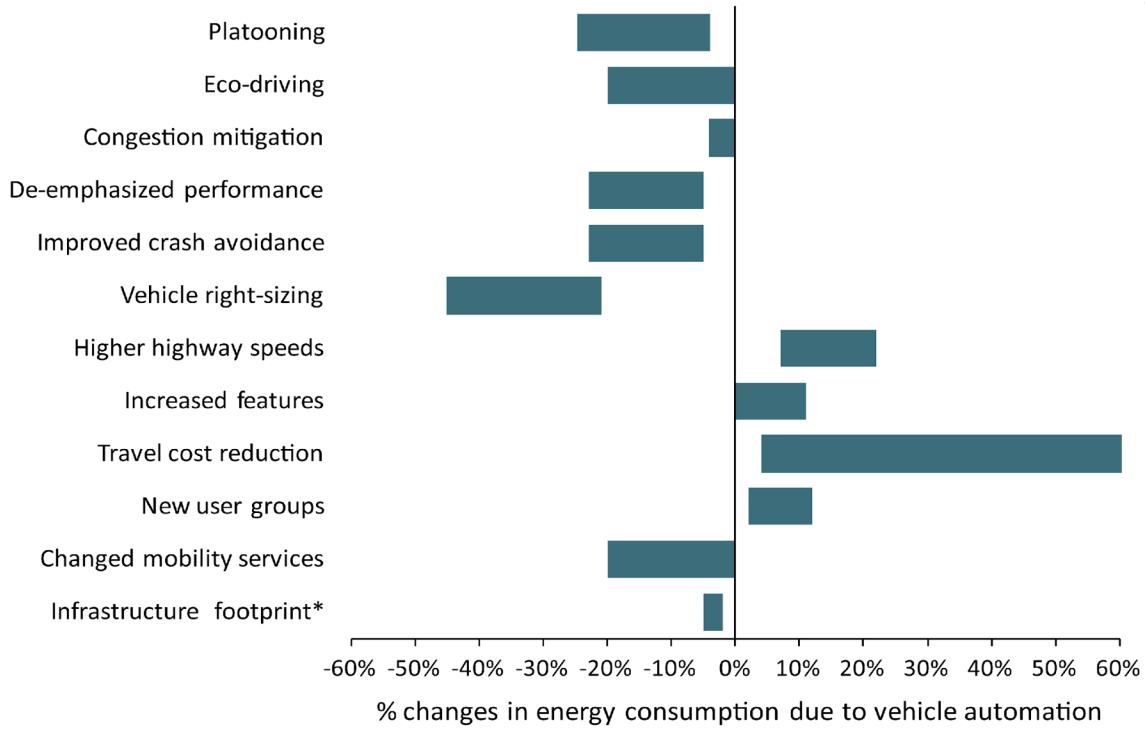


Impactos sistémicos de las aplicaciones de IA

Posibles efectos **rebote** y de **bloqueo**

- Vehículos autónomos, viajes compartidos





Fuente de la imagen: Wadud et al. 2016

Impactos sistémicos de las aplicaciones de IA

Posibles efectos **rebote** y de **bloqueo**

- Vehículos autónomos, viajes compartidos

Aumento del **consumo en la sociedad**

- Anuncios personalizados, entrega a demanda



Crédito de imagen: Megan_Rexazin_Conde / Pixabay.com

Impactos sistémicos de las aplicaciones de IA

Posibles efectos **rebote** y de **bloqueo**

- Vehículos autónomos, viajes compartidos

Aumento del **consumo en la sociedad**

- Anuncios personalizados, entrega a demanda

(Des)información y **polarización**

- Personalización/amplificación de contenidos



Crédito de imagen: Rose Wong / para NBC News

Impactos sistémicos de las aplicaciones de IA

Posibles efectos **rebote** y de **bloqueo**

- Vehículos autónomos, viajes compartidos

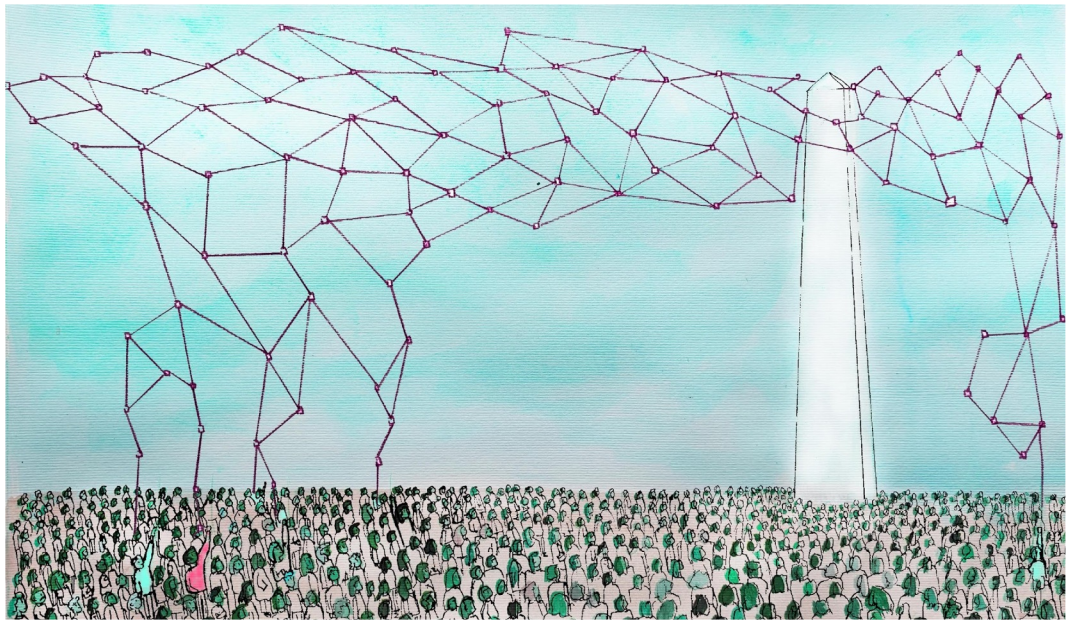
Aumento del **consumo en la sociedad**

- Anuncios personalizados, entrega a demanda

(Des)información y **polarización**

- Personalización/amplificación de contenidos

Inducir **cambios de poder en la sociedad** por el acceso y la capacidad de actuar



Crédito de imagen: Jamillah Knowles & We and AI / Better Images of AI / People and Ivory Tower AI / CC-BY 4.0

Encuesta n.º 5

Comparta un ejemplo de impacto sistémico de la IA que, en su opinión, tiene o tendrá un impacto importante en el clima, para una de las categorías:

a) efecto rebote, b) aumento del consumo,
c) desinformación y polarización, d) cambios de poder en la

Índice

Impactos del cómputo

Impactos de las aplicaciones

Impactos sistémicos

Consideraciones transversales

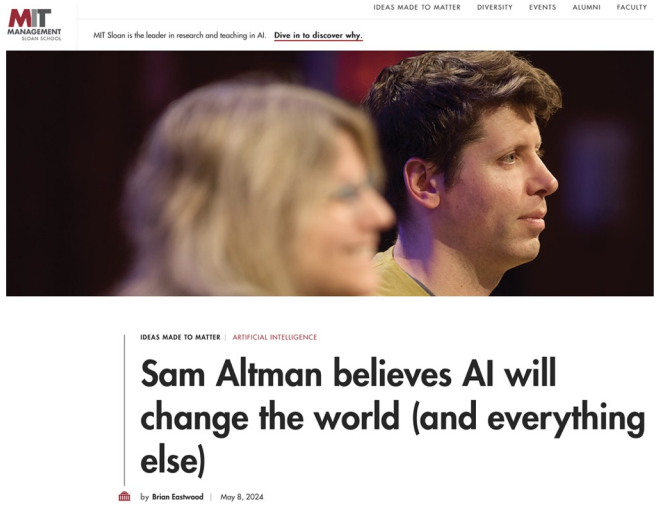
Regular el uso de energía y recursos de la IA

Narrativas

Estimaciones

La «falacia de la IA generativa»: usar la IA para el clima como justificación de los grandes modelos

- Para justificar el consumo energético de los centros de datos para grandes modelos como los LLM, las aplicaciones de IA para el clima son una **narrativa conveniente** para las tecnológicas
- Pero la mayor parte de la IA aplicada en sectores relevantes para el clima no son grandes modelos
- Se puede avanzar en IA para el clima **sin** grandes costes energéticos de cómputo



«Aunque tuviéramos que gastar el 1 % de la electricidad mundial en entrenar una IA potente, si esa IA nos ayuda a pasar a energías sin carbono o a capturar mejor el carbono, sería una victoria enorme»

Afirmación engañosa de Sam Altman

«Potencialitis crónica»

- Concepto de Vlad Coroamă: mucho debate sobre el potencial…
- Pero hay barreras importantes para desplegar la IA en ámbitos relacionados con el clima
- Los actores presentan el potencial de ahorro de la IA construyendo **escenarios de adopción optimistas**
- Las visualizaciones y los resúmenes transmiten un **exceso de confianza** en alcanzar estimaciones hi

Mensajes clave de los Energy Security Scenarios 2025 de Shell



1. In a world where artificial intelligence (AI) brings societal change and catalyses economic growth, demand for energy increases and the transition to low-carbon energy accelerates.

Fuente: https://www.shell.com/news-and-insights/scenarios/the-2025-energy-security-scenarios.html

¿Estimaciones integrales?

Fuente	Tipo	Cómputo	Aplicaciones (reducciones)	Aplicaciones (aumentos)	Sisté-mico
Stern et al. 2025	Artículo de revista	Aumento total de los centros de datos	Electricidad, carne y lácteos, vehículos ligeros de carretera	No	No
AIE 2025	Informe técnico	Total de centros de datos	Algunas aplicaciones energéticas	No	Solo rebote
PWC 2025	Informe de consultoría	Aumento total de los centros de datos	Toda la economía	No	No
Schneider Electric 2024	Informe técnico	IA	No	No	No
de Vries 2023	Artículo de revista	IA	No	No	No

No se evalúan aumentos por aplicaciones ni efectos sistémicos

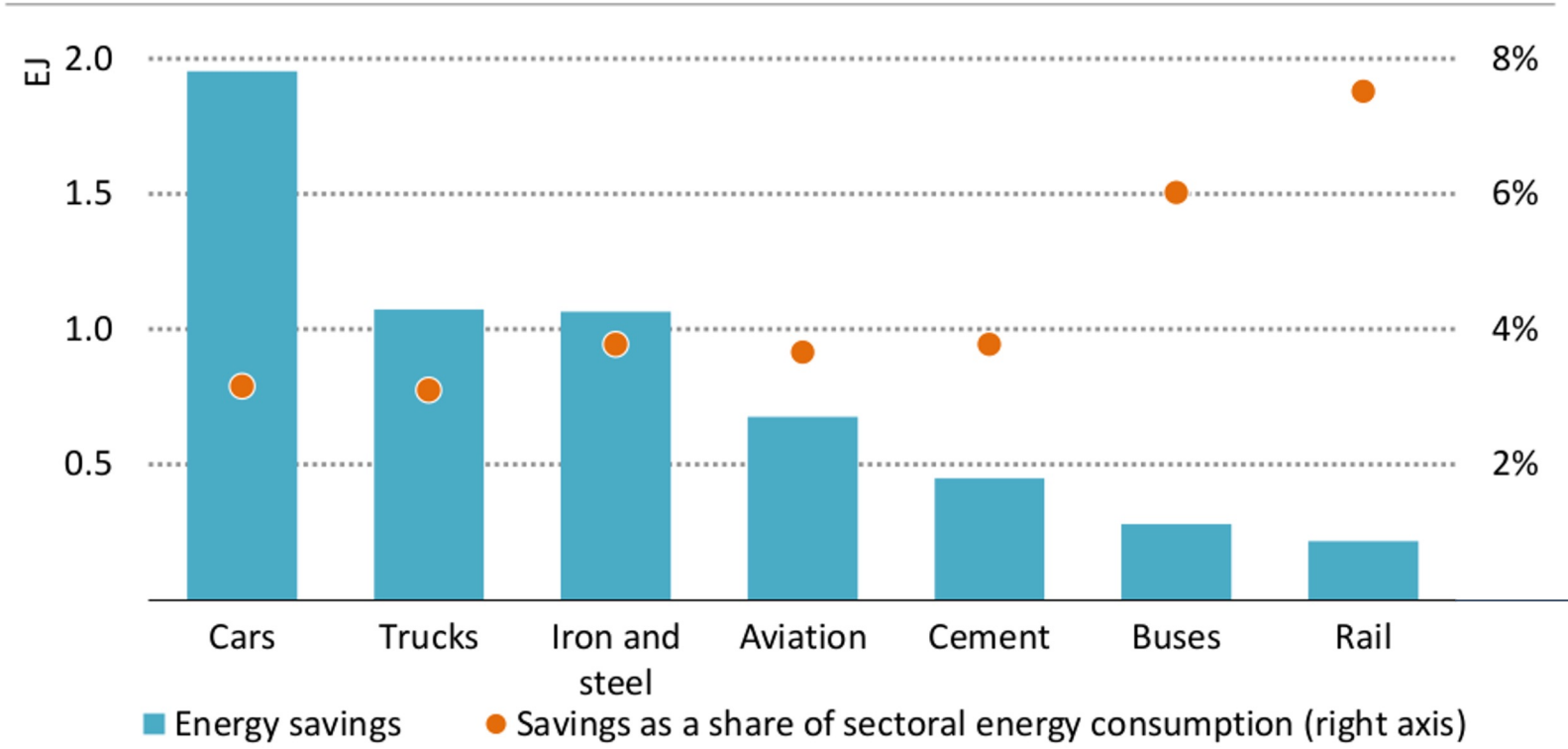
El peligro de las falacias en (la falta de) comparaciones
Entre impactos **positivos** y **negativos** de la IA

«*¿Compensan los beneficios climáticos el consumo de energía de la IA*?»
es una pregunta **mal planteada**

ahorros potenciales de energía en ciertos sectores

≠ beneficio climático neto

≠ un gran acelerador mundial para alcanzar los objetivos climáticos.



Widespread adoption of known AI applications has the potential to save 13.5 EJ across all end-use sectors in 2035, greater than Indonesia's annual energy consumption today

Note: This energy savings potential is estimated using existing AI applications only and does not factor in solutions that might emerge in the future. A detailed discussion of this approach is available in IEA (2025a).

Adopción generalizada de la IA en todas las industrias

Fuente: AIE 2026, Energy and AI

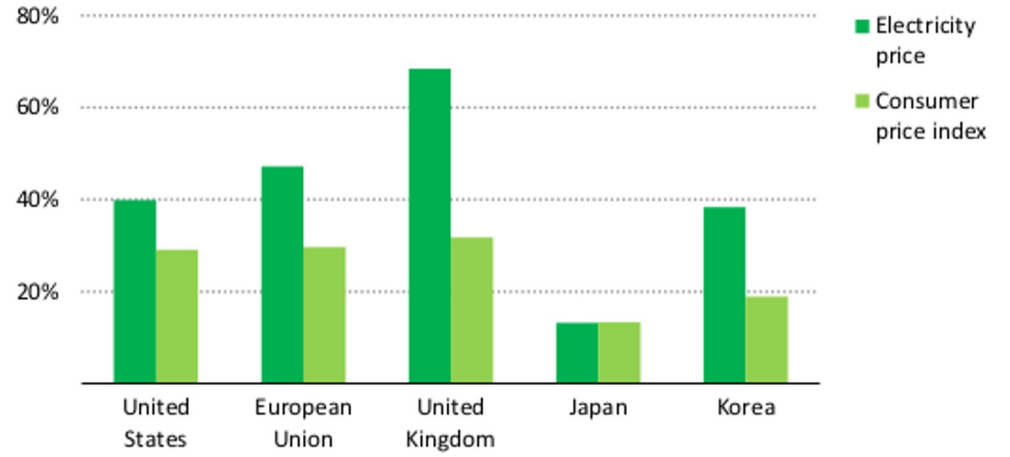
Hacer más verde la red no basta

- El planeta no puede soportar un crecimiento desenfrenado de la IA
- ya tiene impactos sociales

El camino hacia las cero emisiones netas es estrecho: mantenerse en él exige desplegar de inmediato y masivamente todas las tecnologías energéticas limpias y eficientes disponibles. En la trayectoria de cero emisiones netas de este informe, la economía mundial en 2030 es un 40 % mayor que hoy pero usa un 7 % menos de energía. Un gran impulso mundial a la eficiencia energética es parte esencial de estos esfuerzos, con una mejora anual media de la intensidad energética del 4 % hasta 2030, unas tres veces el ritmo medio de las dos últimas décadas.

Fuente: AIE, «Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector» (2021)

Figure 8.1 ▷ Change in nominal residential electricity price and consumer price index by country or region, January 2019-December 2025



IEA. CC BY 4.0.

Residential electricity prices have risen faster than headline inflation in several markets in recent years

Fuente: AIE, «Energy and AI» 2026

Índice

Impactos del cómputo

Impactos de las aplicaciones

Impactos sistémicos

Consideraciones transversales

Regular el uso de energía y recursos de la IA

Fomentar la IA para el clima

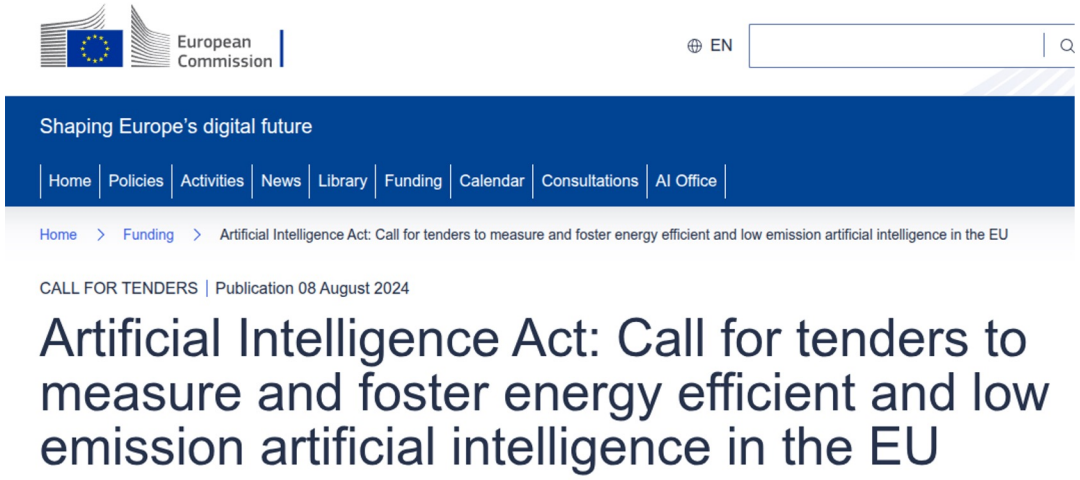
Exigir transparencia

Recordatorio: clases sobre políticas y regulación de IA y clima

PENDIENTE: añadir diapositivas de resumen si consigo acceso a las otras presentaciones

Iniciativas existentes para **fomentar aplicaciones**

- Financiación pública dedicada a investigación y desarrollo (UE, Alemania, Austria, Suecia, EE. UU., etc.)
- Grandes programas de investigación y seguimiento (Copernicus, Nasa Harvest, etc.)
- Algunas estrategias de IA y el Reglamento de IA de la UE (2024) destacan el cambio climático como ámbito de aplicación



INCENTIVAR

APLICACIONES FRUGALES

afnor NORMALISATION

General framework for frugal AI

Measuring and reducing the environmental impact of AI

IA et environnement : 12 territoires sélectionnés pour concevoir l'IA frugale au service de la transition écologique

Publié le 13 septembre 2024 , par Olivier Devillers, pour Localtis

Environnement, Numérique

La Banque des Territoires a accueilli le 10 septembre 2024 les 8 nouveaux lauréats de l'appel à projets démonstrateur d'IA frugale pour la transition écologique des territoires, rejoignant les 4 territoires déjà labellisés. L'occasion de découvrir, avec des exemples variés et concrets, la notion de frugalité appliquée à l'intelligence artificielle.



Iniciativas existentes que exigen transparencia

- El Reglamento de IA de la UE (2024)

  Notificar los recursos de cómputo y el consumo de energía de los sistemas de alto riesgo y los grandes modelos

- Proyecto de ley de EE. UU. Artificial Intelligence Environmental Impacts Act (2024)

  Exigir evaluaciones de impacto ambiental (por la EPA y el NIST)

  Impactos de aplicaciones y de cómputo



Official Journal of the European Union — EN, L series

2024/1689 — 12.7.2024

REGULATION (EU) 2024/1689 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

of 13 June 2024

laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act)

(Text with EEA relevance)

Annex IV: Technical Documentation
[for high-risk AI systems]
(c) […] the computational resources used to develop, train, test and validate the AI system;

Annex XI: Section 1 – Information to be provided by all providers of general-purpose AI models
(d) the computational resources used to train the model (e.g. number of floating point operations), training time, and other relevant details related to the training;
(e) known or estimated energy consumption of the model. With regard to point (e), where the energy consumption of the model is unknown, the energy consumption may be based on information about computational resources used.

Encuesta n.º 6

El Reglamento de IA de la UE exige divulgar públicamente el consumo de energía de la IA de uso general para:

a) el entrenamiento, b) la inferencia, c) ambos, d)

Las omisiones importan



Ejemplo en el **Reglamento de IA de la UE**:

- Para la **IA de uso general**: laguna importante, ya que solo cubre la energía usada en la fase de desarrollo del modelo y **deja fuera la fase de inferencia**
- Cuando el Reglamento sí obliga a divulgar el consumo de energía, esta **información se limita a las autoridades y no es accesible a los proveedores posteriores →** reduce mucho la transparencia y la rendición de cuentas, debilitando el control público y las respuestas del mercado.
- El Reglamento de IA no aborda las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas **por** las aplicaciones de IA
- No aborda el consumo de agua
- En teoría, el medio ambiente podría considerarse un criterio para los sistemas de alto riesgo, pero no se explicita.

Regular los centros de datos

- Directiva de eficiencia energética UE/2023/1791 («DEE») y Reglamento Delegado de la Comisión UE/2024/1364

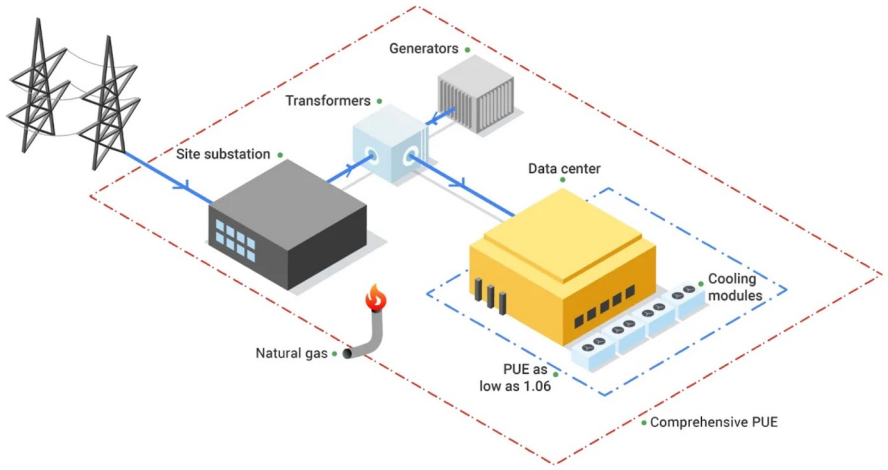
  se aplica a todos los centros de datos de la UE con una demanda de potencia de al menos 500 kW, incluidos los pequeños.

  Los operadores deben recopilar, publicar y notificar a una base de datos de la UE información con periodicidad anual.

  Los datos exigidos incluyen consumo de energía, uso de potencia, temperaturas de consigna, aprovechamiento del calor residual, uso de agua y uso de energías renovables

- Ley alemana de eficiencia energética de 2023

  obliga a los operadores de centros de datos a informar anualmente a sus clientes del consumo de energía directamente atribuible a ellos



Eficacia del uso de la energía, PUE (imagen: Google)

Necesidad de supervisión integrada de la ubicación de los centros de datos

- Transformar la gobernanza de la infraestructura de datos, más allá de un reto de energía y agua, en una palanca de ordenación territorial equitativa y una visión política centrada en las personas.

- Interacción con el uso del suelo: la ubicación tiene diversas implicaciones por su interacción con la zonificación local, el valor inmobiliario y las prioridades de restauración de ecosistemas

- Debate en curso sobre mecanismos de compensación; se necesitan marcos de beneficios para las comunidades

- **→ Necesidad de supervisión integrada en energía, medio ambiente y economía digital.**





Resumen

📝 Los impactos de la IA en la sostenibilidad abarcan todo su ciclo de vida e incluyen diversas categorías de impacto

→ Analizar el cómputo, las aplicaciones y los impactos sistémicos

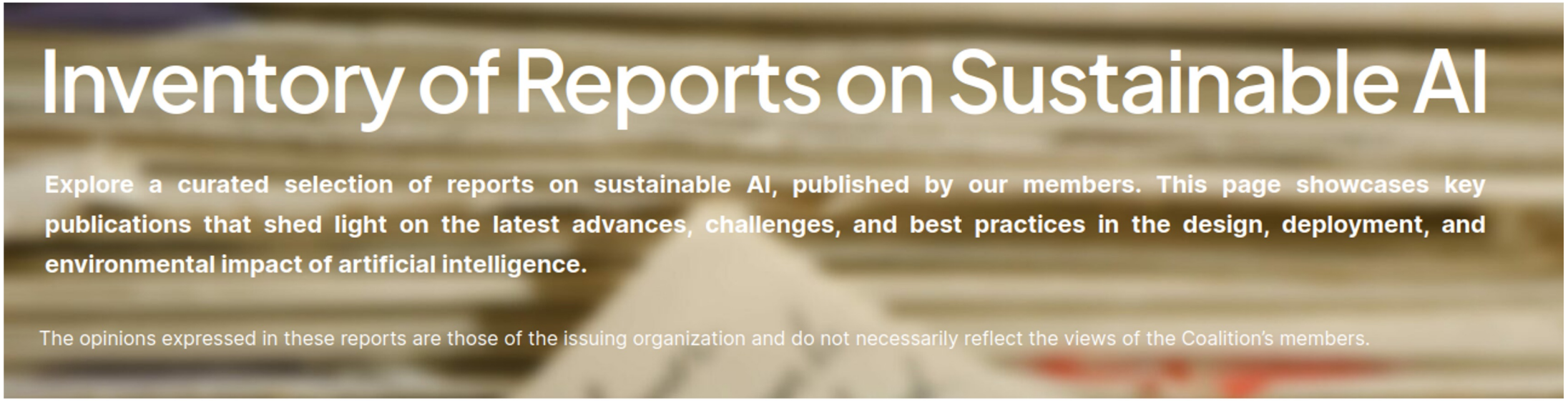
📝 Los impactos de los grandes modelos deben abordarse mejor con acciones basadas en evidencia

📝 ¡Sí a las aplicaciones frugales de IA para el clima!

📝Las estimaciones siguen siendo inciertas; las perspectivas y narrativas deben ser prudentes

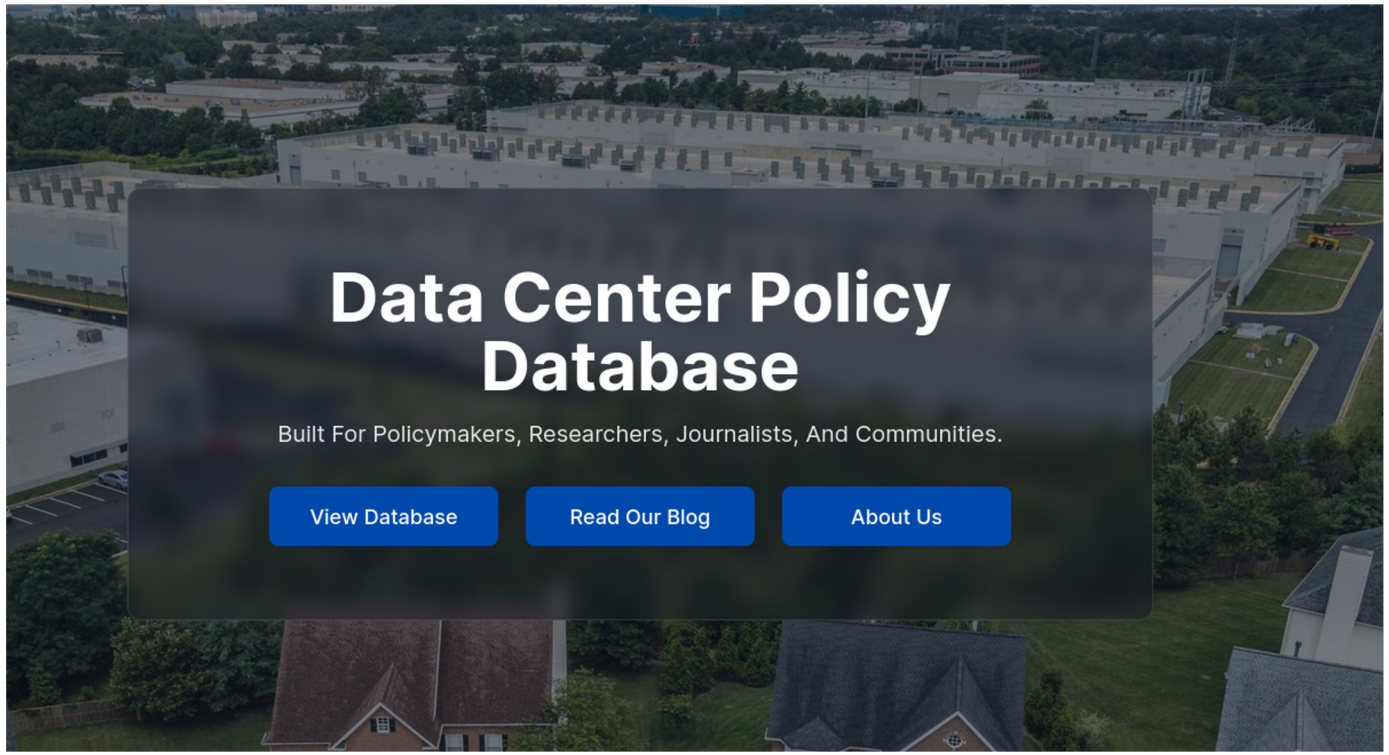
📝 Regular la IA, más allá de los incentivos de mercado, puede aumentar la

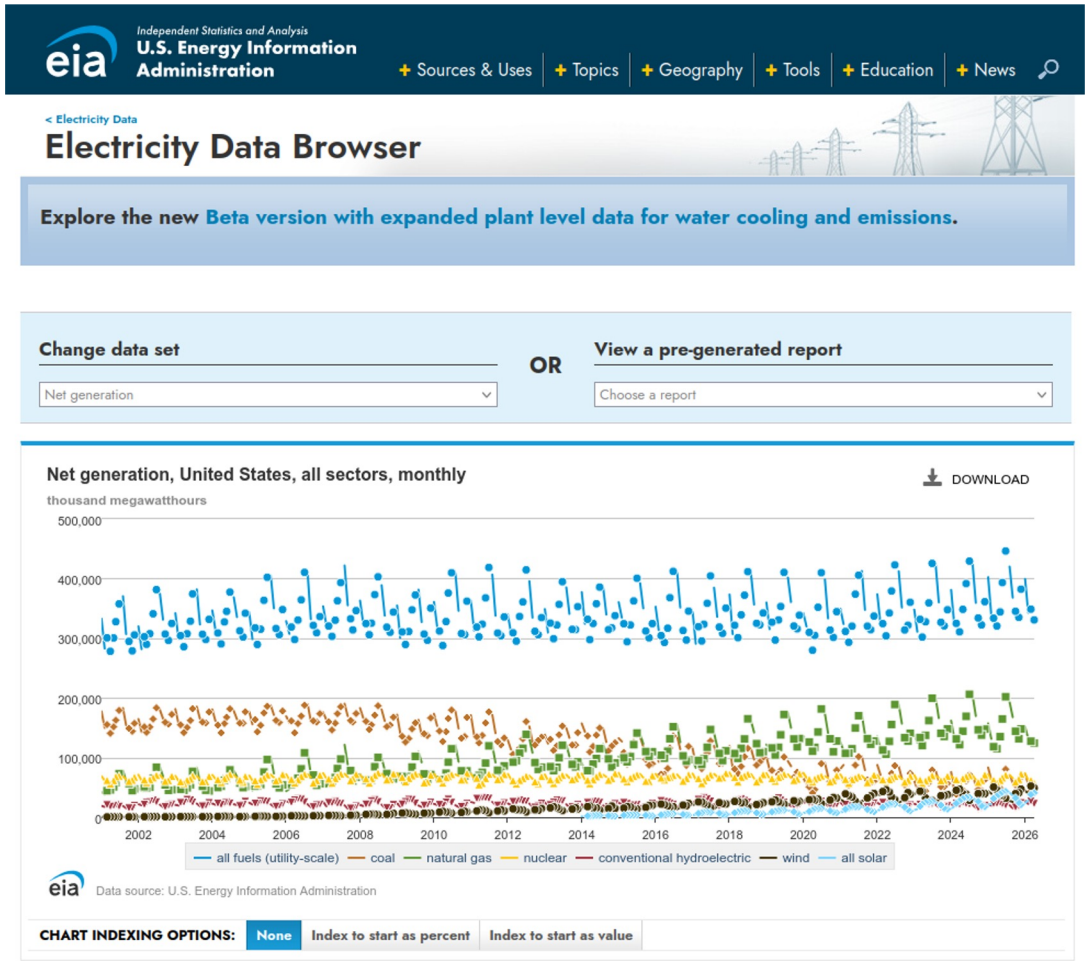
Más recursos



https://www.sustainableaicoalition.org/inventory-of-key-reports-on-sustainable-ai/

Datos


Data Center Policy Database
Built For Policymakers, Researchers, Journalists, And Communities.
View Database
Read Our Blog
About Us


eia
Independent Statistics and Analysis
U.S. Energy Information Administration
+ Sources & Uses
+ Topics
+ Geography
+ Tools
+ Education
+ News
< Electricity Data
Electricity Data Browser
Explore the new Beta version with expanded plant level data for water cooling and emissions.
Change data set
Net generation
OR
View a pre-generated report
Choose a report
Net generation, United States, all sectors, monthly
DOWNLOAD
thousand megawatthours
500,000
400,000
300,000
200,000
100,000
2002
2004
2006
2008
2010
2012
2014
2016
2018
2020
2022
2024
2026
all fuels (utility-scale)
coal
natural gas
nuclear
conventional hydroelectric
wind
all solar
Data source: U.S. Energy Information Administration
CHART INDEXING OPTIONS:
None
Index to start as percent
Index to start as value

Preguntas y respuestas

Test n.º 1

En los principales grandes modelos de lenguaje comerciales, ¿qué consumo de energía es más importante:

a) el entrenamiento, b) la inferencia?

Test n.º 2

¿Los modelos más grandes siempre obtienen mejores resultados que los pequeños en tareas relacionadas con el clima?

a) Verdadero, b) Falso

Test n.º 3

¿Tenemos estimaciones científicas sólidas sobre el *impacto* neto futuro de la IA en el clima?

a) Verdadero, b) Falso

Test n.º 4

Cualitativamente,

¿el impacto neto *actual* de la IA en el clima es:

a) negativo, b) positivo?

Test n.º 5

¿Usar más energías renovables es la solución al aumento de la demanda de electricidad de la IA?

a) Verdadero, b) Falso

Lecturas previas

- Aligning artificial intelligence with climate change mitigation, Kaack et al 2022 https://www.nature.com/articles/s41558-022-01377-7
- The AI Climate Hoax: Behind the Curtain of How Big Tech Greenwashes Impacts, Ketan Joshi, 2026 https://drive.google.com/file/d/12l1W4W25b-_ff6yFNJABkfal9_9oevxe/view
- The Real Story on AI's Water Use–and How to Tackle It, Shaolei Ren & Amy Luers, 2025 https://spectrum.ieee.org/ai-water-usage