UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

La nueva geopolítica de los conflictos tecnológicos: el papel de la IA en defensa y seguridad

Gonzalo León

Catedrático emérito de la UPM

Vicepresidente de la Fundación Círculo de Tecnologías para la Defensa y la Seguridad

Academia de las Ciencias y las Artes Militares

17 de noviembre de 2025

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Contenido

- Relevancia del control de la tecnología en un mundo inestable
- Uso dual (civil y militar) de las tecnologías
- Batalla geopolítica en torno a la inteligencia artificial (IA)
- Adopción de la IA en sistemas de defensa
- El dilema ético del uso de armas inteligentes
- Conclusiones

Hoy, todo se ha convertido en un “arma”

La disrupción del acceso a componentes básicos necesarios para el funcionamiento de la sociedad se ha convertido en un

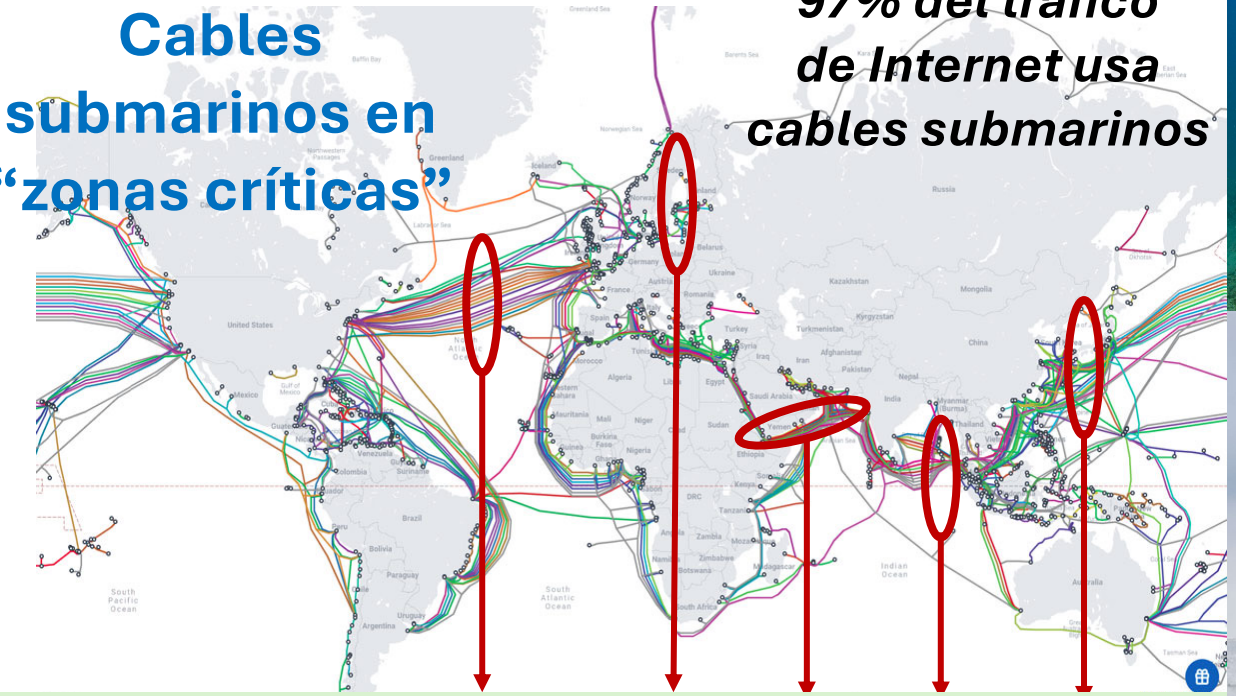
“arma” empleada en los conflictos geopolíticos entre países

Restricciones al flujo de productos y datos

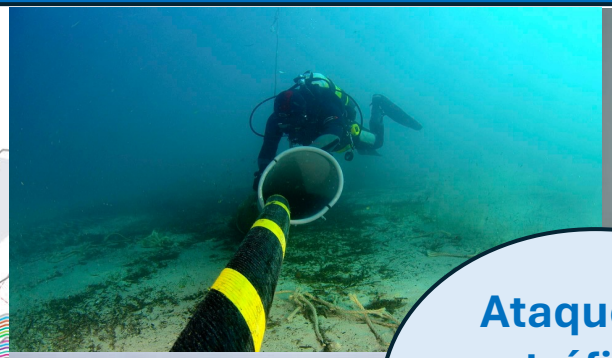
La inseguridad y las restricciones comerciales se han acentuado en paralelo con el incremento de los riesgos geopolíticos

Cables submarinos en "zonas críticas"

97% del tráfico de Internet usa cables submarinos



Rotura simultánea, intencionada o no, de algunos cables internacionales



Ataque de los hutíes en el Mar Rojo con un dron submarino al petrolero Cordelia Moon 2024

Ataques al tráfico comercial y de datos

Petrolero Eagle S en el Golfo de Finlandia 28 de diciembre, 2024

Cierre de aeropuertos por drones no identificados

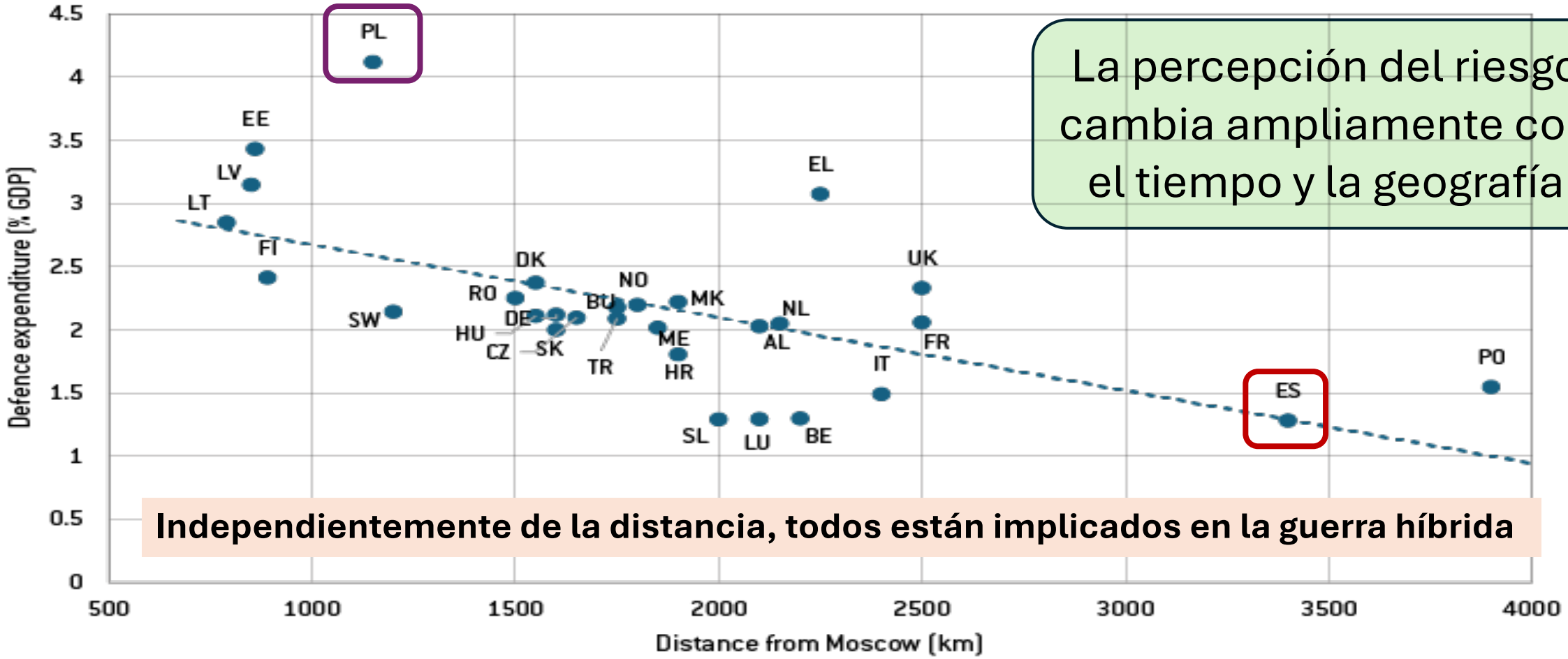
Desvío forzado por rutas más largas y costosas

Impacto en el funcionamiento de los servicios y la economía mundial

Percepción del riesgo en un mundo inestable

Vivimos en un mundo inestable en el que los riesgos geopolíticos han aumentado y el orden internacional preexistente, zarandeado por el cambio tecnológico, ya no es válido

¿Somos suficientemente conscientes de ello?



La percepción del riesgo cambia ampliamente con el tiempo y la geografía

Independientemente de la distancia, todos están implicados en la guerra híbrida

Wolff, G., A. Steinbach and J. Zettelmeyer (2025) 'The governance and funding of European rearmament' Policy Brief 15/2025, Bruegel

Impacto en las cadenas globales

La globalización no ha muerto, pero se está transformando

(no necesariamente con la vuelta de la producción a los países de origen)

Dependencias tecnológicas

La aceleración y complejidad del desarrollo tecnológico impide que un país posea todos los elementos necesarios para dominar completamente una tecnología clave en un momento dado

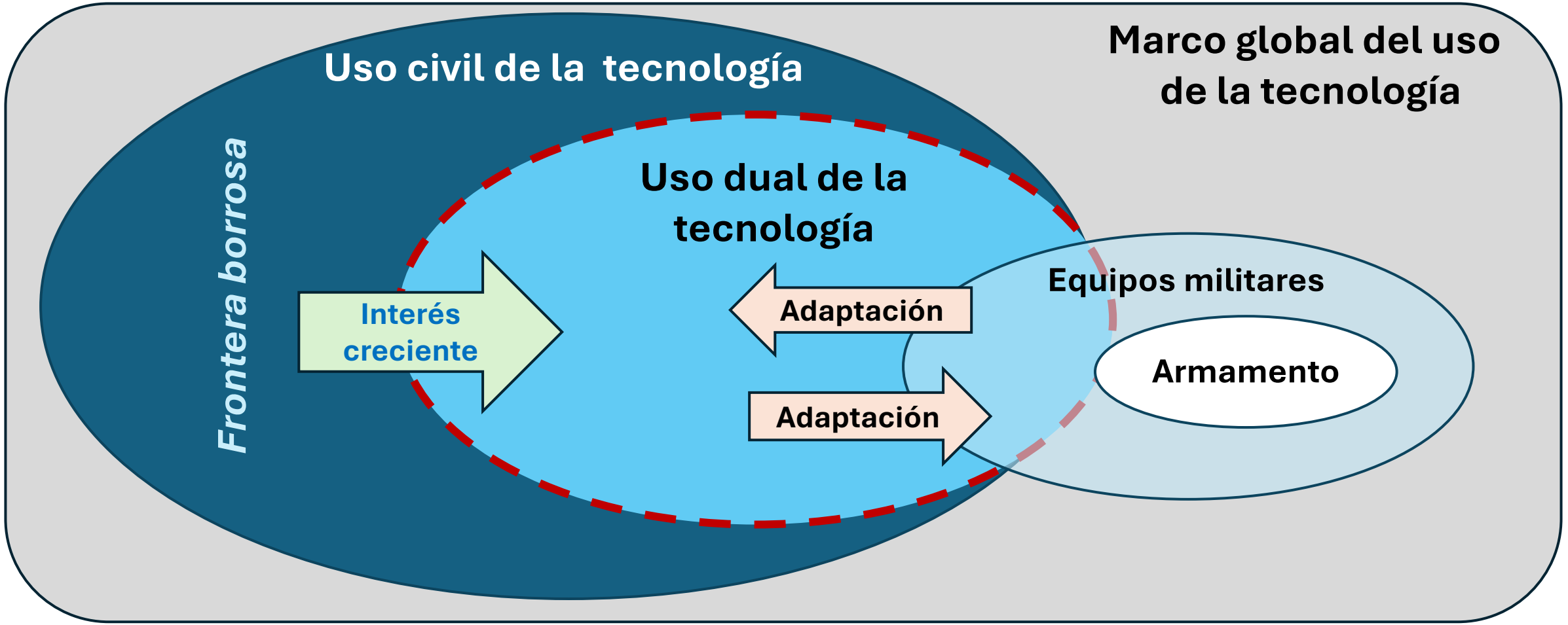
- Disponer del **conocimiento e infraestructuras** para desarrollar productos y servicios tecnológicos avanzados debe plantearse en el contexto de asegurar la **provisión y cooperación en redes internacionales**.
- Reconocer este hecho obliga a los países a:
  - ✓ Gestionar **dependencias tecnológicas** cambiantes en el tiempo.
  - ✓ Aceptar límites a la **capacidad de decisión** en un momento determinado.
  - ✓ **Asegurar aliados** con los que complementar las capacidades propias y asegurar proveedores fiables de productos, datos y servicios.

REDUCIR LAS DEPEDENCIAS TECNOLÓGICAS

OBJETIVO POLÍTICO PARA LOGRAR EL MÁXIMO NIVEL POSIBLE DE DECISIÓN ESTRATÉGICA NO CONDICIONADA

Carácter dual de la tecnología

El uso civil y militar de una tecnología incrementa la complejidad de su gobernanza

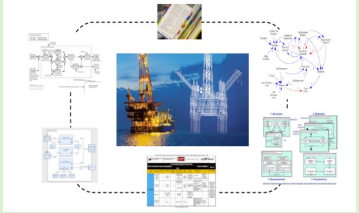


Los **procesos de adaptación de sistemas civil militar y viceversa** son complejos, costosos, y no siempre tienen éxito comercial u operativo.

Tipos de dualidad tecnológica

Procesos duales

Fotolitografía EUV


Gemelos digitales


Fabricación aditiva


Puente de pontones


Ferrocarril militar

Infraestructuras duales

Perspectivas tecnológicas de la dualidad


Conexión internet vía satélite de Starlink


Almacenamiento en la nube

Servicios duales


Satélite


Robot inteligente


Dron de vigilancia

Productos duales

Geopolítica de las constelaciones satelitales

Empleo de redes satelitales para un % pequeño del tráfico, pero muy relevante en términos de seguridad en zonas conflictivas

Financial Times, 30 de noviembre de 2022

Dificultad en separar usos civiles del apoyo militar por ciudadanos

Desacoplamiento de intereses empresariales

Uso militar no autorizado con riesgos de escalada

Aunque sea técnicamente posible:

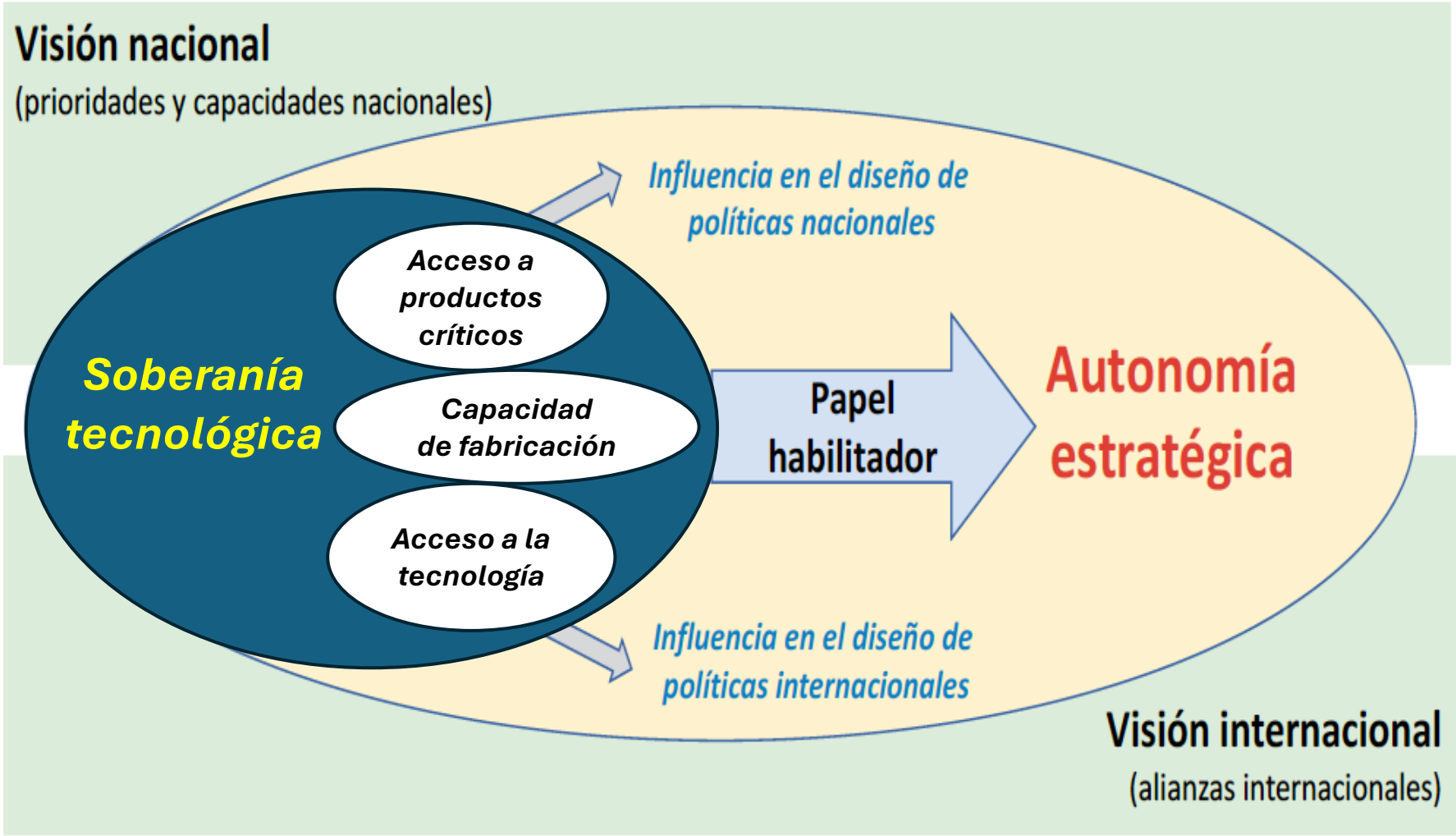
¿Tiene sentido que un elemento clave en la lucha frente a la "*weaponization*" de las infraestructuras de telecomunicación dependa de la voluntad de una empresa?

La UE ha decidido poner en marcha una constelación de 290 satélites LEO/MEO IRIS² (*Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite*) para servicios de seguridad y defensa que estará operativa en 2030

¿Muy tarde?, ¿Qué hacemos mientras tanto?

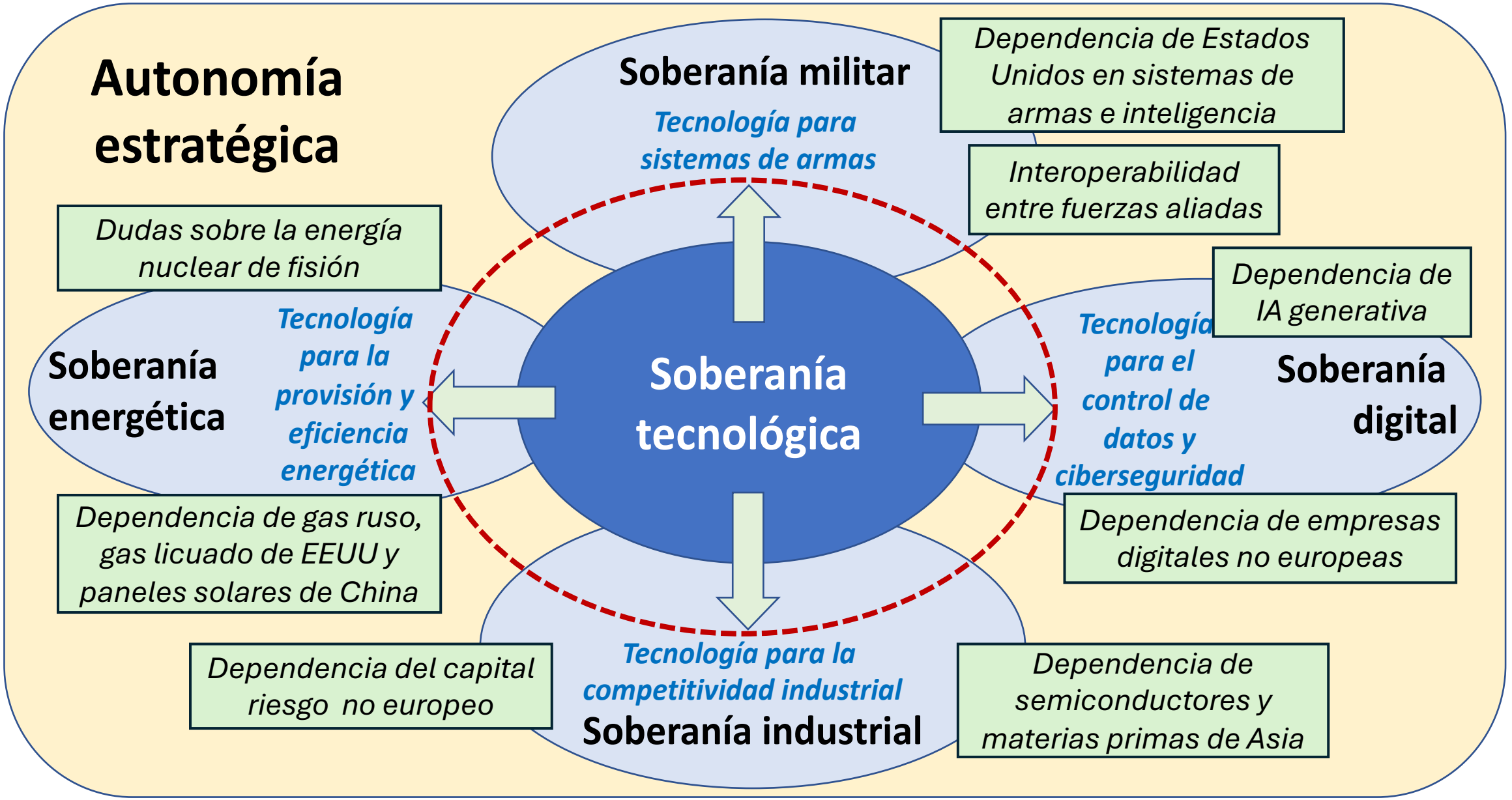
Autonomía estratégica de la UE

¿Disponemos de la autonomía estratégica necesaria para desarrollar los sistemas deseados sin interferencias graves de terceros países?



"Capacidad de actuar de forma autónoma, de confiar en los propios recursos en ámbitos estratégicos clave y de cooperar con los socios cuando sea necesario"
(Servicios de estudios del Parlamento Europeo)

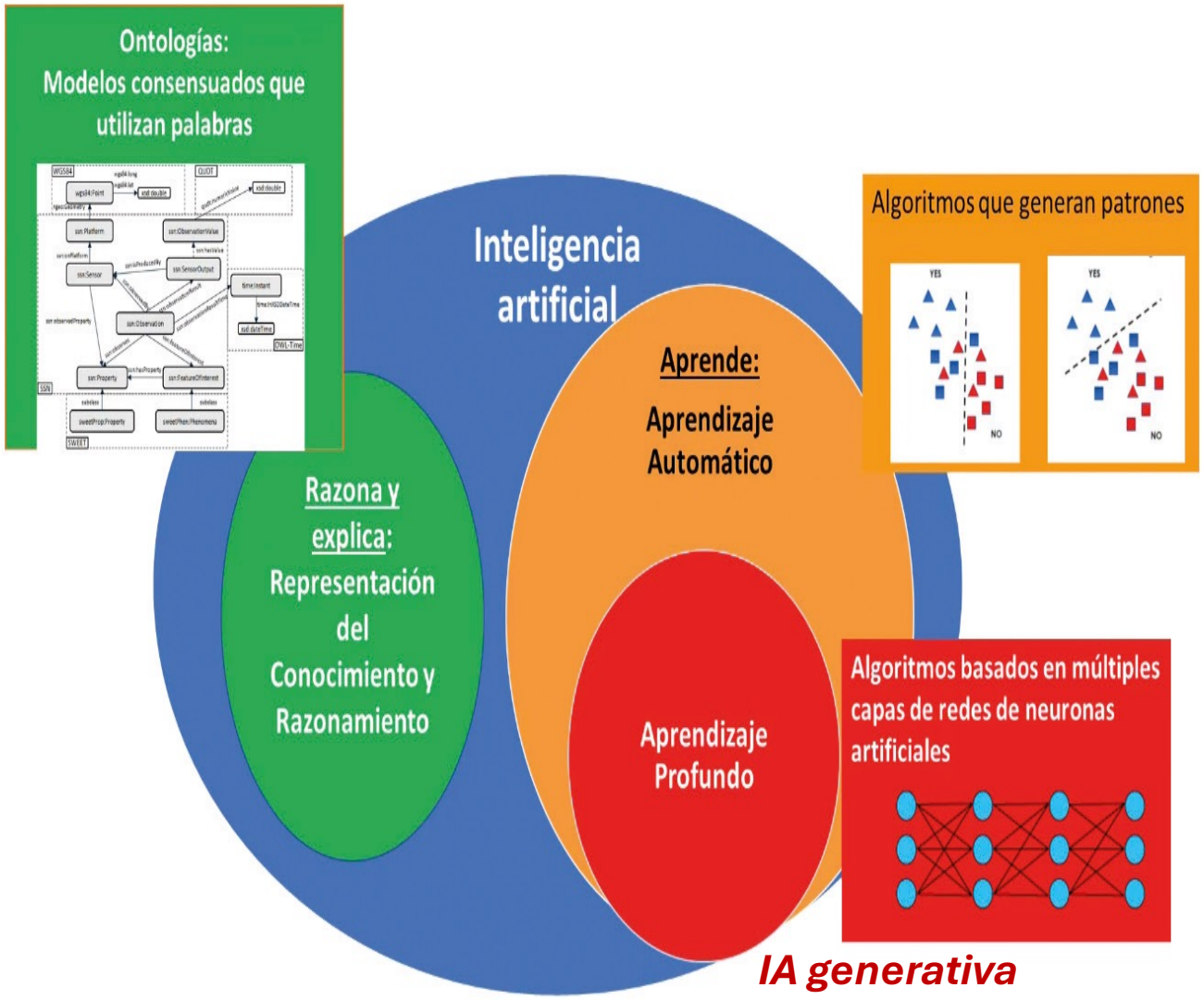
Soberanía tecnológica de la UE



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Evolución de la Inteligencia Artificial

Tecnología en un proceso de rápida evolución científica y tecnológica

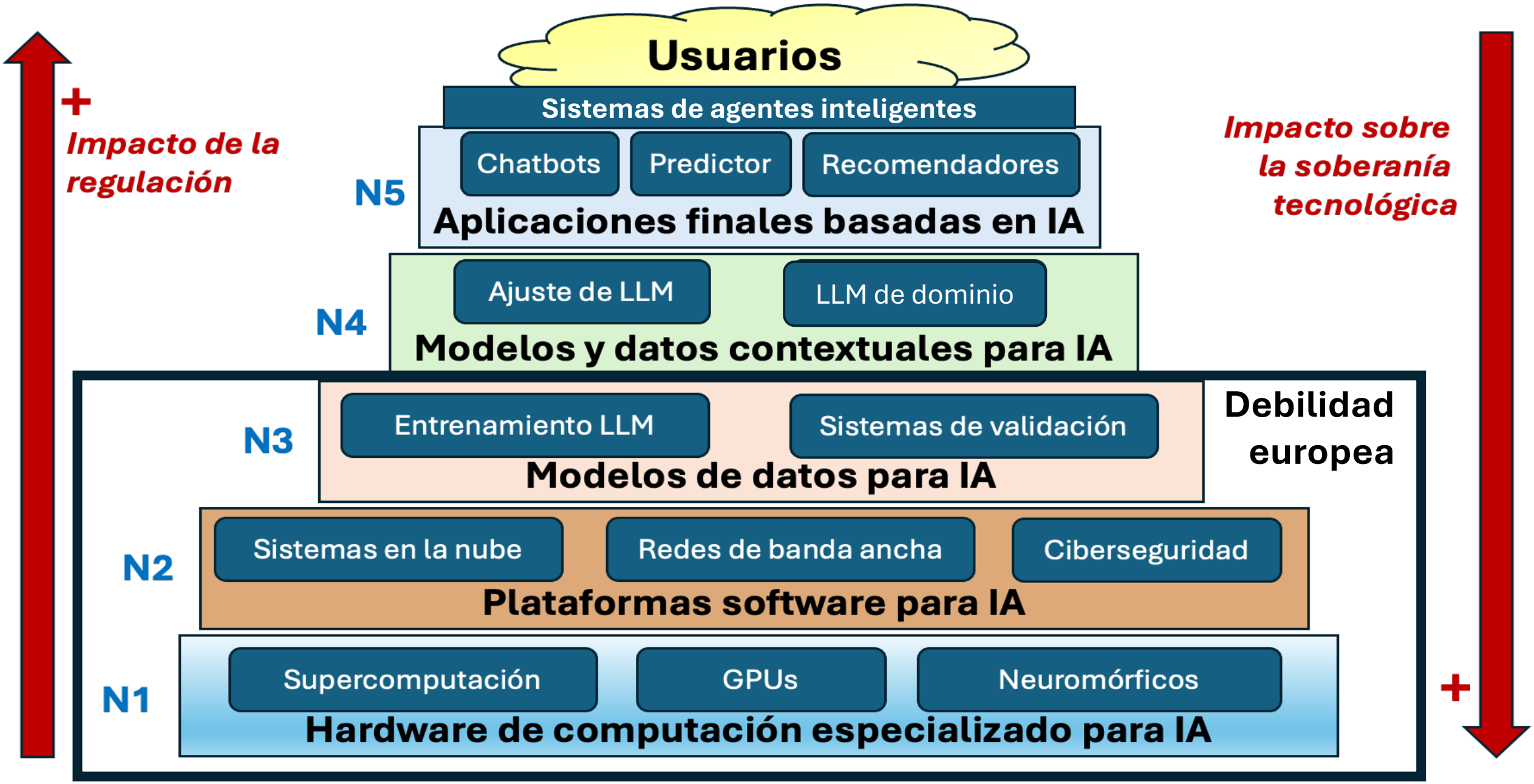


La rápida evolución tecnológica y adopción de la IA comporta profundos cambios en todos los sectores de la sociedad

Relevancia geopolítica creciente por el carácter dual de su uso

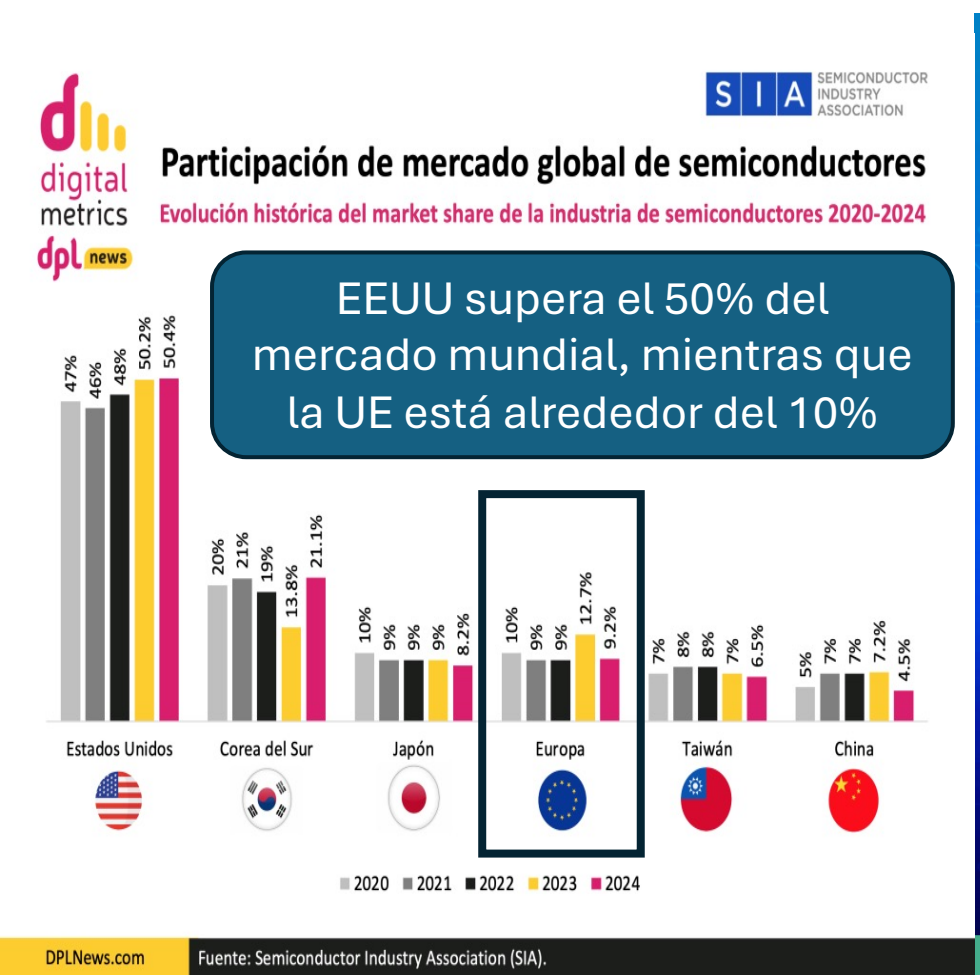
Relación con la supremacía económica y militar

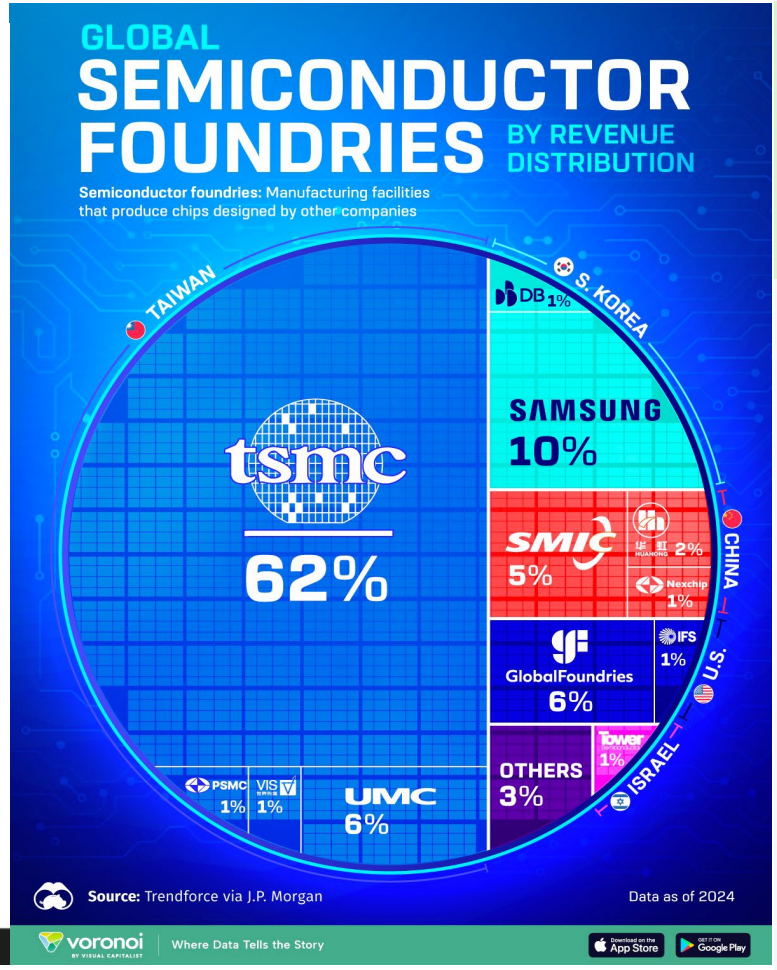
Pila de niveles técnicos de la IA



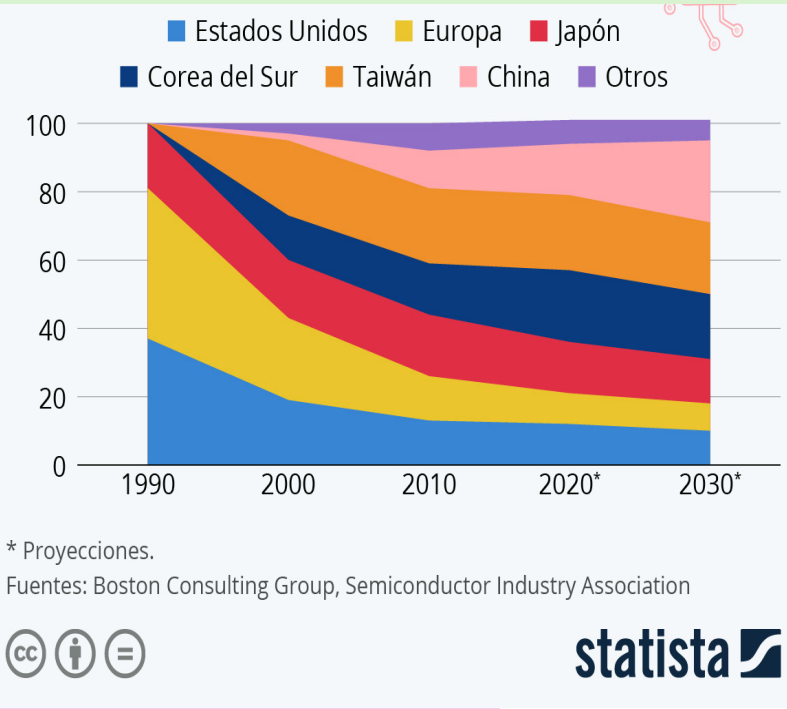
Dependencia en la fabricación de chips

Situación comprometida de la UE al depender de la importación de chips





La provisión de chips para la UE procede de una zona conflictiva con riesgos de bloqueos y sanciones



Preocupación de la UE sobre su escaso peso a nivel mundial

Esfuerzos en atraer “foundries” a la UE (como TSMC en Alemania)

La batalla geopolítica de los chips

¿Es posible aprovechar las oportunidades de liderazgo tecnológico?

No siempre

El caso de los equipos de fabricación de circuitos integrados

ASML posee la tecnología de litografía ultravioleta extrema (EUV) desde 2017 (chips < 3nm)

Coste del equipo superior a 400 millones de euros.

Utiliza cientos de proveedores de muchos países

Batalla entre Estados Unidos y China por la supremacía global de chips

Desde 2019, ASML no puede vender su tecnología EUV a China debido a la política de sanciones de EE. UU. … y puede que tampoco sea el DUV anterior

Riesgo de suministro por conflictos geopolíticos

La “batalla” por los Centros de Datos

https://www.datacentermarket.es/datacenter-infrastructure/microsoft-levantara-en-wisconsin-el-centro-de-datos-de-ia-mas-potente-del-mundo/

Construcción acelerada de **grandes centros de datos** para entrenar algoritmos y ejecutar inferencias de IA complejas

La proliferación de la IA ha acelerado las necesidades de energía de los centros de datos

- ✓ El consumo energético de los centros de datos podría **crecer entre un 10 y un 15% anualmente**
  - ➢ Las **GPU** consumen mucha energía: una consulta de *ChatGPT* consume 10 veces más que una búsqueda en Google.

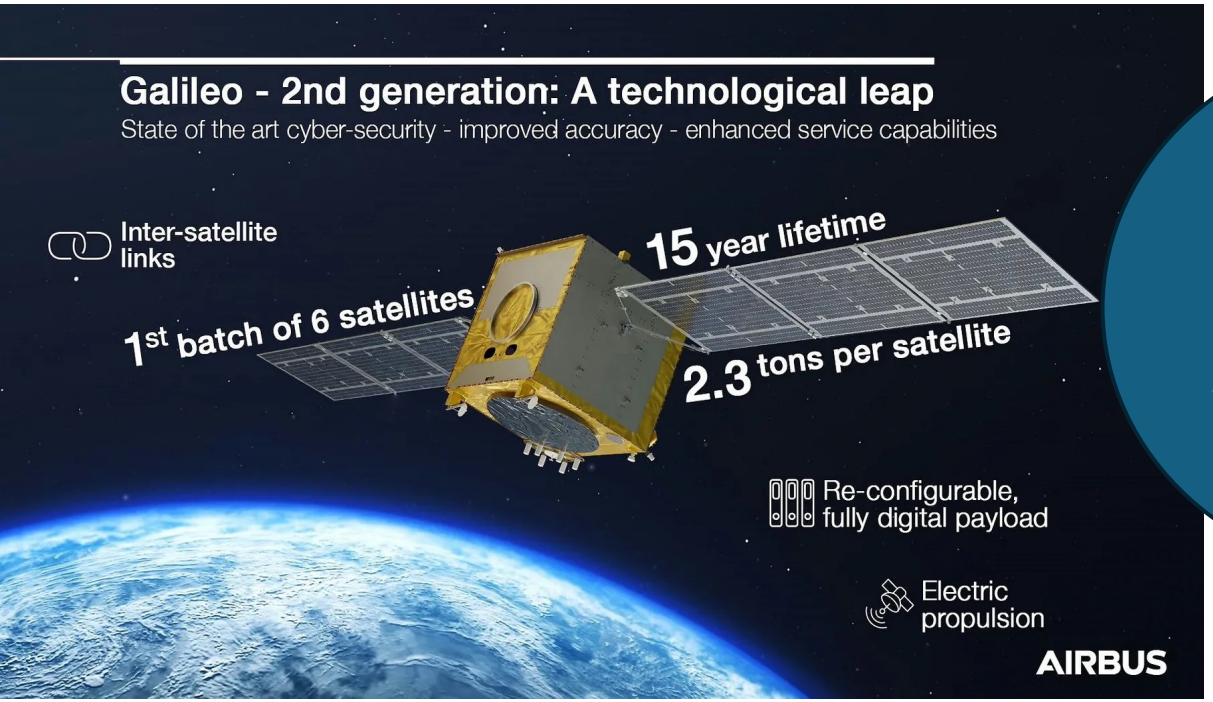
¿Existe capacidad de las redes eléctricas y suministro de agua para satisfacer la demanda?

Necesidad de **reducir el coste de computación** para el entrenamiento de un modelo de lenguaje de IA o para el cálculo de inferencias

Creación por los gobiernos de centros de datos críticos ("soberanos”) para tener un mayor control sobre la información sensible almacenada

Uso de la IA en el espacio

Galileo: Constelación europea de satélites de navegación



2ª generación Galileo pensada para mejorar el uso gubernamental (señal PRS protegida)

Uso de la IA para mejorar su uso en aplicaciones duales

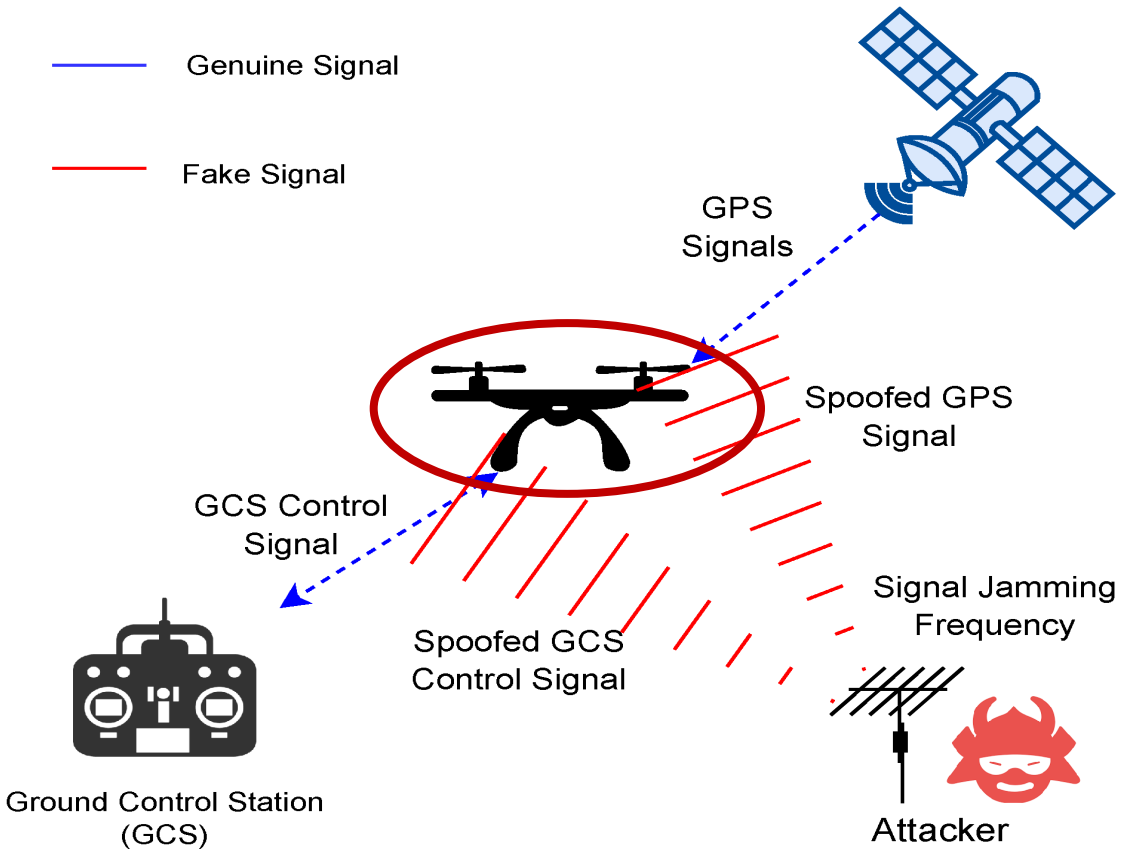
- Mejora de la **interoperabilidad del servicio *PRS*** con otros sistemas de navegación satelital al **permitir fusionar señales GNSS de múltiples constelaciones** (Galileo, GPS, GLONASS).
- Detección de **interferencias y la autenticación de señales**, fortaleciendo la cooperación entre sistemas globales para **aplicaciones críticas** como defensa y transporte.

Guerra electrónica híbrida

Perturbación intencionada de la señal en el espectro electromagnético con el objetivo de impedir o degradar el funcionamiento de un sistema adversario

Ataque a los sistemas de navegación satelital de aviones drones o barcos

- **Ciberataques** basados en **perturbar la señal GPS** utilizada para determinar la posición del objeto.



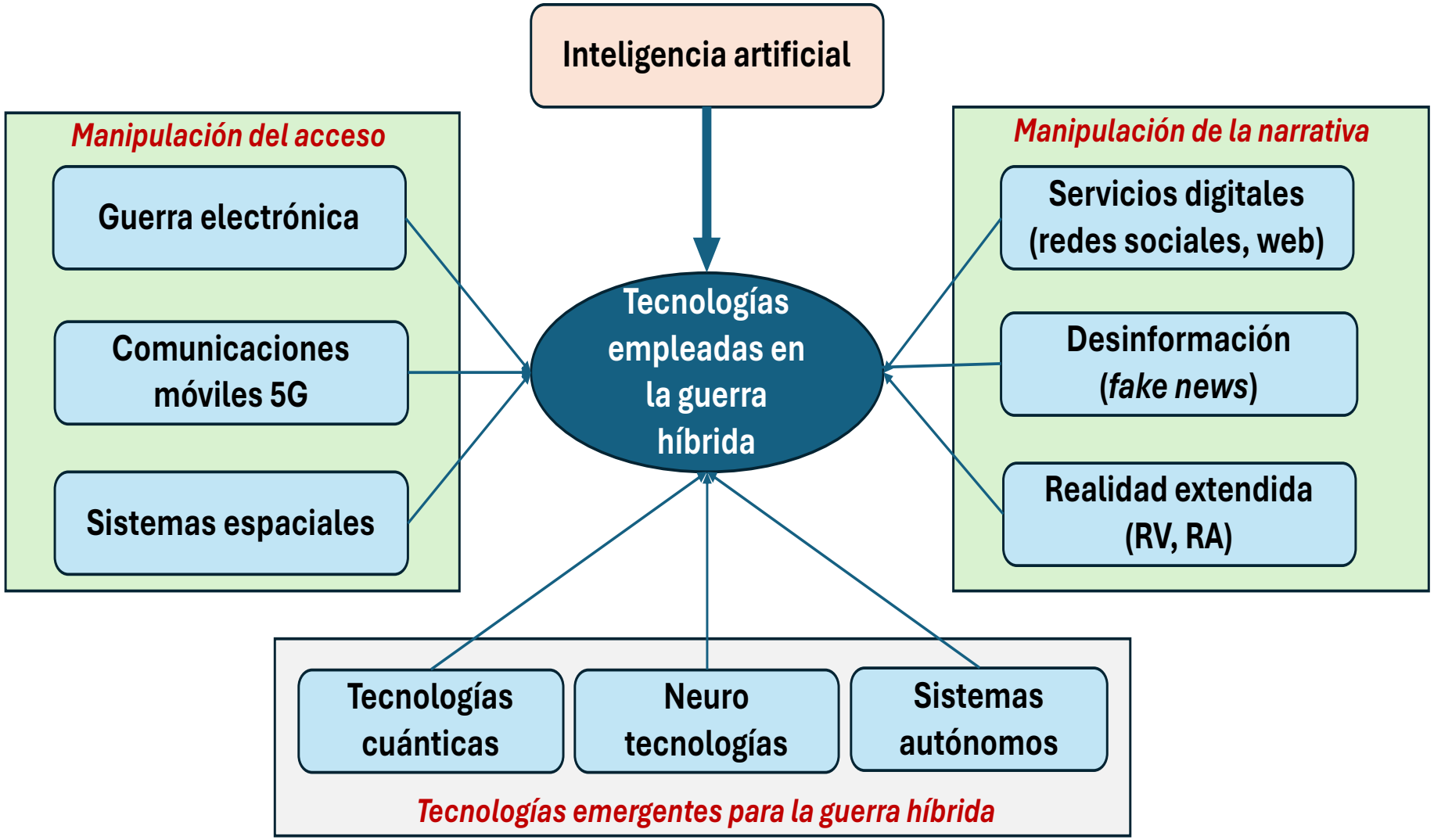
Estos ataques han llevado a la reducción de la navegación GPS en zonas conflictivas

Con más de10.000 satélites en órbita los riesgos crecen

- Perturbación de la señal del satélite a tierra o a otros satélites
- Manipulación de datos transmitidos a o desde satélites (p.ej. imágenes)
- Conseguir el control del satélite y cambiarle de órbita
- Destruir el satélite con otro suicida o con armas laser

Uso de la IA en la guerra híbrida

Profusión de herramientas de IA generativa empleadas en la guerra híbrida que sean desarrollado por diversos países en la guerra de Ucrania y Gaza



El **Servicio europeo de Acción Exterior** (EEAS) elabora informes periódicos sobre "interferencias informativas" generadas por actores estatales externos contra la UE y apoya la propuesta de sanciones a medios de comunicación y redes sociales

La desinformación y sus consecuencias

Manipulación creciente de la "sociedad" impulsada por la IA

El uso de **herramientas de IA** ha permitido crear automáticamente **campañas de desinformación con realidades sintéticas** difíciles de contrarrestar

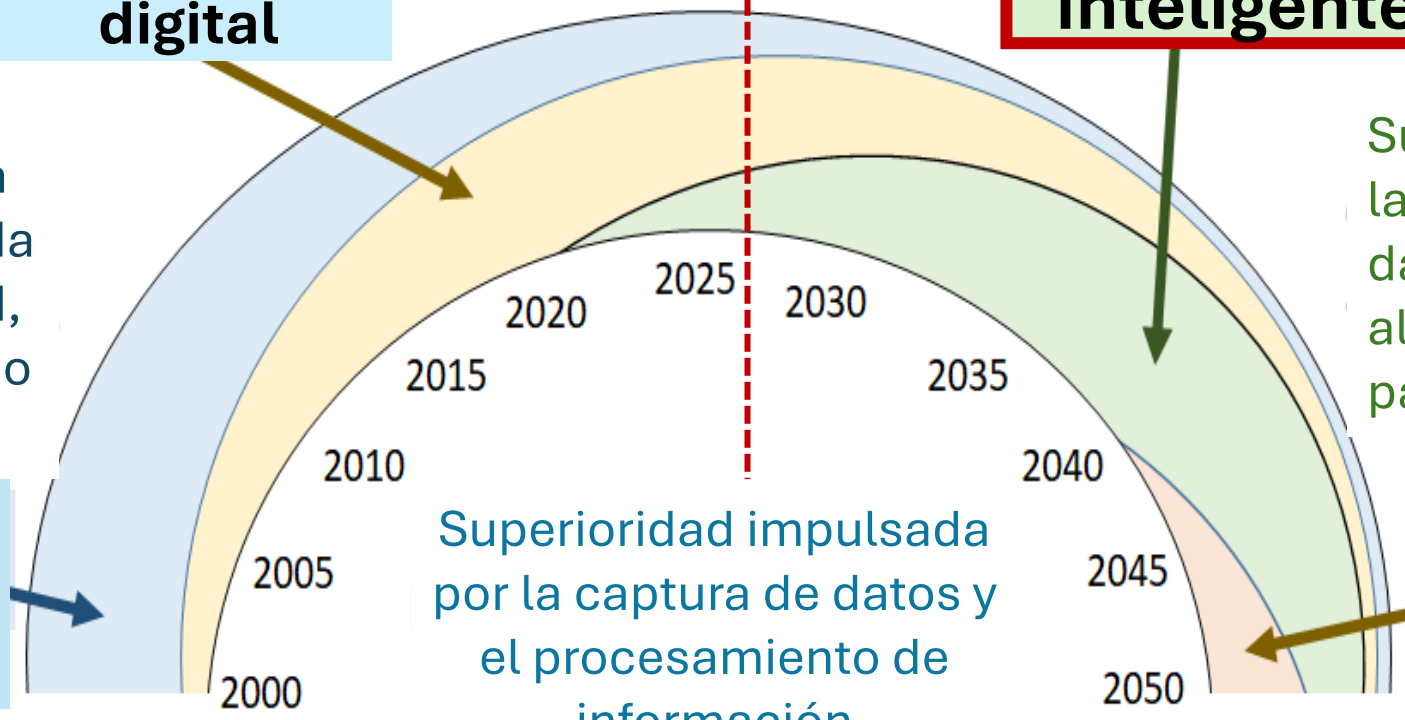
Es difícil conocer si una información (texto, datos, video, imágenes, etc.) es real o sintética y si el mensaje es veraz

https://www.dw.com/en/fake-news-reporters-whats-actually-true/video-74060837

Actuaciones que forman parte de la guerra híbrida

Evolución del campo de batalla

El campo de batalla está cambiando muy rápidamente con el despliegue de sofisticados sistemas tecnológicos para obtener la superioridad



Campo de batalla digital

Superioridad impulsada por la fuerza, impulsada por la capacidad, despliegue rápido y maniobra

Campo de batalla tradicional

Campo de batalla inteligente

Fusión y análisis de ingentes volúmenes de datos de múltiples fuentes en tiempo real

Superioridad impulsada por la generación masiva de datos y la aplicación de algoritmos basados en IA para la toma de decisiones

Superioridad impulsada por la captura de datos y el procesamiento de información

Campo de batalla cognitivo

Fuente: adaptado de F. Pérez (2024)

Apoyo a la toma de decisiones con IA

Rápida introducción operativa de sistemas de ayuda a la decisión para identificar y proponer objetivos a alcanzar basado en la integración y análisis de datos en tiempo real desde múltiples sensores

Plataforma de IA

Interacción tipo ChatGPT con el operador para tomar decisiones en base a sugerencias de la plataforma

https://www.vice.com/en/article/qjvb4x/palantir-demos-ai-to-fight-wars-but-says-it-will-be-totally-ethical-dont-worry-about-it

Lavender System

Empleo por el ejército de Israel en su ataque a *Hamás* en la franja de Gaza

- El sistema impulsado por IA ayudó a identificar a 37.000 personas considerados por Israel como objetivos potenciales por conexiones con *Hamás*
- Un porcentaje (según datos de Israel menor del 10%) de las "conexiones" son débiles, y ha llevado a ataques en domicilios con daños humanos adicionales

https://english.elpais.com/technology/2024-04-17/lavender-israels-artificial-intelligence-system-that-decides-who-to-bomb-in-gaza.html

Desarrollo de armas inteligentes letales

- Los **"sistemas de armas autónomos letales" (LAWS)** son sistemas que utilizan inteligencia artificial para identificar, seleccionar y atacar objetivos sin intervención humana.
- Los ejércitos ya disponen de **sistemas "semiautónomos"** capaces de tener conciencia situacional y proponer decisiones, aunque la decisión final la tome un humano.

Drones FPV en Ucrania
(con visión directa del operador)

En solo 2 años

Enjambre Skynode S en Ucrania
(con visión artificial y guiado automático)

El tiempo para llegar a un acuerdo global para la prohibición de LAWS o establecer limitaciones de uso se está acortando rápidamente

¿Disponemos en la UE de un marco ético y regulatorio que permita controlar su uso?

Robótica inteligente militar

Comienza la experimentación con robots autónomos (armados o no) acompañando a humanos en operaciones militares

Uso real de UGV en Ucrania

Uso experimental por el cuerpo de marines de EEUU

Uso experimental por las Fuerzas Armadas Australianas

¿Cuánto tiempo queda hasta que puedan actuar independientemente en operaciones reales?

Robótica inteligente dual

Uso dual de enjambres de perros robóticos en China

La tecnología empieza a estar madura para su despliegue durante la presente década

Perros-robot bomberos en China

https://www.xataka.com/robotica-e-ia/china-estan-desplegando-bomberos-metal-quiza-sean-utiles-que-robocamareros

Militares chinos con perros robóticos durante un ejercicio de entrenamiento de 2025.

https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2025-11-06/china-robot-militar-drones-guerra-taiwan-invasion_4242828/

Inteligencia de enjambre

Los conflictos militares han acelerado el desarrollo de tecnologías de IA para el uso de enjambres de drones pilotados remotamente o de forma autónoma

La invasión de Ucrania ha acelerado el desarrollo de algoritmos de IA para **controlar la operación de un enjambre de drones aéreos, marítimos y terrestres**

Retos tecnológicos abiertos

1. Mayor autonomía (horas)
2. Inteligencia de sensores
3. Comunicación entre drones
4. Procesamiento a bordo

Evolución de la inteligencia de enjambre

- Control remoto por operadores humanos (un único operador ya puede controlar varios drones).
- Control programado semiautónomo (identificación y selección de objetivos) con comunicación al operador.
- Comportamiento inteligente del enjambre con distribución de tareas, compartición de información y adaptación dinámica a la situación real.
- Uso de enjambres para misiones ISTAR de Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos y Reconocimiento

Defensa europea en el flanco oriental

Protección de fronteras críticas con muros compuestos por enjambres de drones

Los drones ejecutan detonación de proximidad

Cada dron está equipado con explosivos y puede operar de forma autónoma o bajo el control de un solo operador que gestiona hasta 100 drones a la vez.

El sistema DWS-1 consta de 200 drones interceptores de tipo FPV conectados a un sistema de comando impulsado por IA que puede coordinar el enjambre sin depender del GPS.

Detección y seguimiento de amenazas:

1. El conjunto de sensores basados en **contenedores** (sistema láser, cámara de profundidad y detectores ultrasónicos) escanea continuamente el espacio aéreo en busca de bombas planeadoras entrantes.
2. La **unidad de procesamiento de IA** dentro del contenedor clasifica rápidamente la amenaza y calcula la trayectoria óptima de interceptación.
3. Tras la detección, **200 drones FPV se lanzan de forma autónoma** y forman una barrera aérea dinámica en el camino de la bomba de planeo.
4. Usando el **sistema de guía ultrasónico**, los drones navegan de manera eficiente, coordinando su formación de ataque.

https://united24media.com/latest-news/one-operator-100-drones-ukraine-first-to-deploy-ai-controlled-drone-wall-in-combat-13373
https://atreyd.com/atreyd-drone-wall-system-dws-intercepting-glide-bombs-with-precision/

El papel del humano en el bucle de decisión

1	*El humano toma todas las decisiones sin asistencia de computadora*
2	*La computadora proporciona un conjunto completo de alternativas para elección humana*
3	*La computadora presenta un rango seleccionado de alternativas*
4	*La computadora sugiere una alternativa*
5	*La computadora ejecuta una decisión **si el humano la aprueba***
6	*La computadora ejecuta una decisión permitiendo el **veto humano** en un tiempo restringido*
7	*La computadora ejecuta una acción e **informa de su decisión a un humano***
8	*La computadora ejecuta una acción e informa de ella si es requerida*
9	*La computadora ejecuta una acción e informa a un humano si lo considera apropiado*
10	*La computadora ejecuta sus acciones ignorando al humano*

Grado de automatización provocado por la IA

COMPLEJIDAD

Requisitos de funcionamiento en tiempo real

Niveles de automatización controlados por el ser humano

Zona gris

Niveles de automatización controlados por la máquina

Aspectos éticos y regulatorios

*La rápida evolución de los **sistemas de armas autónomos** potenciados por la IA plantea problemas para asegurar que la decisión final esté en manos de un operador humano*

Discusión sobre el mantenimiento del "humano en el bucle de decisión"

Búsqueda de directrices de uso consensuadas a nivel internacional.

Uso responsable de la IA militar (REAIM)

Futura batalla tecnológica y geopolítica

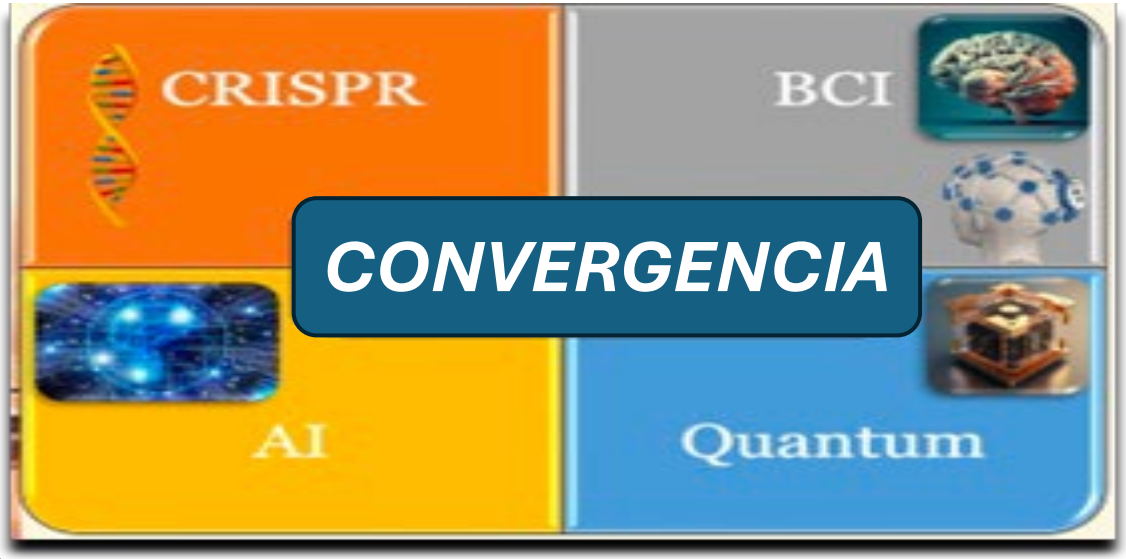
Las tecnologías emergentes alimentarán los conflictos geopolíticos en el futuro con gran impacto en defensa

Impacto en el dominio civil

Sociedad inteligente

Aumento de capacidades humanas

Economía IA-cuántica



INTERACCIÓN DUAL

Impacto en dominio militar

Revolución militar

Dominio cognitivo

Operación híbrida multi-dominio

2025 → **2035**

Conclusiones

- El **control de la tecnología** se ha convertido en un arma estratégica en la batalla geopolítica entre grandes potencias y ha impulsado sanciones y restricciones de importación/exportación con impacto en las cadenas globales de provisión.
- Ningún país puede desarrollarse de modo autárquico lo que implica **aceptar dependencias tecnológicas** poniendo en marcha estrategias de reducción de dependencias críticas.
- La UE presenta **débil soberanía tecnológica comparadas con otras potencias** en tecnologías habilitadoras como la IA o semiconductores.
- Aceleración de la **adopción de IA en sistemas militares** impulsada por conflictos militares de alta intensidad.
- Estrategia de la UE en **regular el uso de la tecnología digital** sin acuerdos a nivel internacional y con debilidad tecnológica y comercial.