

## Capítulo 1

### Infraestructura digital: cimiento para la soberanía algorítmica en México

Javier Juárez Mojica<sup>1</sup>

En el contexto global de transformación digital, la inteligencia artificial (IA) se ha posicionado como la tecnología más disruptiva de nuestro tiempo, con un potencial comparable o superior al de inventos como el fuego o la electricidad, como señaló Sundar Pichai, CEO de Google, en el Foro Económico Mundial de Davos en 2018. La IA no solo impacta sectores como la salud, el transporte, y la agricultura, sino que también está influyendo de manera profunda en la educación, el desarrollo económico y la gobernanza.

Para que México aproveche plenamente las oportunidades que ofrece esta tecnología, no basta con ser un consumidor de algoritmos desarrollados en otros contextos: es necesario convertirse en un creador de soluciones propias. Esto exige construir las condiciones materiales que lo hagan posible. A lo largo de este texto se sostiene que la soberanía algorítmica no se logra únicamente con marcos éticos o jurídicos, sino que depende –de forma muy concreta– de una infraestructura digital robusta, accesible y sostenible. Sin redes, sin sensores, sin espectro radioeléctrico suficiente y asequible, sin datos propios ni capacidad de cómputo, cualquier aspiración de autonomía tecnológica se vuelve retórica.

---

<sup>1</sup> Instituto Federal de Telecomunicaciones.

## Diagnóstico

### La soberanía algorítmica comienza con los datos como materia prima.

La IA moderna se basa en el procesamiento de grandes volúmenes de datos. A diferencia de los algoritmos tradicionales basados en código determinista (estructuras clásicas de programación del tipo IF, THEN, ELSE –véase *Mi vecino es un robot*; Huesca, Juárez & Cicero, 2022), los sistemas de IA actuales utilizan modelos que aprenden de los datos. Este enfoque implica que el acceso a datos de calidad es esencial para el entrenamiento de algoritmos eficientes y precisos.

Un ejemplo claro de la importancia de contar con datos específicos para el contexto es el caso de un algoritmo que, al ser entrenado con datos de perros y lobos en un entorno nevado, terminó clasificando erróneamente cualquier imagen con nieve como “lobo” (Ribeiro, *et al.*, 2016). Si un lobo mexicano no hubiera aparecido en un escenario nevado, este algoritmo, diseñado sin considerar la diversidad geográfica de los animales, siempre lo hubiera confundido con perro, por eso requerimos sistemas apegados a nuestra realidad y contexto. Este ejemplo ilustra que los datos deben ser locales y representativos del contexto en el que se van a aplicar las soluciones de IA.

A lo mejor ese ejemplo pueda parecer trivial o poco relevante, pero México enfrenta el desafío de generar datos nacionales, no solo en sectores como la biodiversidad, sino también en áreas clave como la agricultura, la salud y la educación, para desarrollar soluciones que respondan a los problemas locales. Por ejemplo, un algoritmo diseñado para predecir la deserción escolar en comunidades rurales debe entrenarse con datos específicos de las escuelas mexicanas, no con datos obtenidos de otros países con contextos diferentes.

Es importante que los datos sean mexicanos (si se me permite usar la expresión), que den cuenta de nuestras necesidades y realidades. Esta afirmación cobra especial relevancia en un momento histórico en el que la IA está permeando todos los sectores, incluyendo el educativo. Esto viene pues a confirmar que el desarrollo de algoritmos “mexicanos” no va a depender solamente de generar leyes y establecer marcos éticos que es en donde se han centrado la mayoría de los debates, sino también, y como prerrequisito, de la existencia de una infraestruc-

tura digital que permita la generación, transporte y procesamiento de datos que son la materia prima para la generación de algoritmos de inteligencia artificial.

México tiene ante sí la posibilidad de dar un salto cualitativo en materia de IA, pero aún no ha trazado con claridad la ruta. El *Readiness Assessment*, elaborado por la UNESCO<sup>2</sup>, (2024), subraya algunos pilares ya consolidados: un marco legal que reconoce derechos digitales, una producción académica vigorosa en ciencias de la computación y una inserción nada menor en las cadenas de exportación tecnológica. Pero junto a estas fortalezas conviven limitaciones estructurales que no pueden ignorarse. La infraestructura digital sigue marcada por la desigualdad –veinte entidades federativas no cuentan con una política digital propia–; la inversión en ciencia y tecnología permanece por debajo de lo necesario (0.28% del PIB en 2021); y el país carece aún de una estrategia nacional de IA que articule capacidades, principios éticos y objetivos de largo plazo. Aunque el 93.3% de la población tiene acceso a redes móviles de al menos 3G, México se ubica en el lugar 52 de 100 en el Índice de Internet Inclusivo, lo que refleja brechas persistentes en cobertura y asequibilidad.

## La columna vertebral de la infraestructura digital

La conectividad es la base fundamental para la creación de una infraestructura digital sólida. Sin una red que permita la recolección y transmisión de datos, no es posible generar información útil ni desarrollar soluciones tecnológicas avanzadas. En México, aunque la cobertura de redes móviles 3G alcanza el 93.3% de la población (UNESCO, 2024), persisten desigualdades significativas en términos de velocidad de conexión, calidad y acceso en las zonas rurales y marginadas. Según Ookla (2023), la velocidad promedio de descarga de banda ancha fija es de 60.7 Mbps, por debajo del promedio de la OCDE (119 Mbps).

La Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH 2023) permite dimensionar los avances –y retos– de la conectividad en México durante la última década. En 2013, apenas el 30.7% de los hogares contaba con acceso a internet; para 2023, la cifra ascendió al 71.7%. El uso individual de internet creció de 39.8% a 81.2% en el

---

<sup>2</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

mismo periodo, lo que representa a más de 97 millones de personas. Sin embargo, las brechas persisten: mientras en zonas urbanas la penetración alcanza el 85.5%, en las zonas rurales apenas llega al 66.0%. La tenencia de computadora en los hogares, por su parte, pasó de 35.8% en 2013 a 43.8% en 2023. Solo uno de cada cinco hogares cuenta con dispositivos inteligentes -como bocinas, sistemas de vigilancia, dispositivos de entretenimiento, etc.- conectados a internet, lo que limita el acceso a servicios digitales más sofisticados.

Estos datos muestran una expansión sostenida, pero desigual, marcada por factores geográficos, económicos y tecnológicos que aún condicionan el despliegue de una infraestructura digital verdaderamente incluyente y que, a su vez, limitan el acceso equitativo a datos y a herramientas basadas en IA, lo que refuerza un ciclo de desigualdad en el acceso a los beneficios de la tecnología. Además, la velocidad de internet y la calidad de la conexión determinan el tiempo de respuesta de los sistemas basados en IA. Esto es crucial en aplicaciones como la medicina de precisión, la educación personalizada y la gestión agrícola inteligente o agricultura 4.0, donde los modelos de IA deben procesar y actuar sobre datos en tiempo real.

## La infraestructura digital como palanca para la educación

El sector educativo es uno de los grandes beneficiarios de la infraestructura digital. De acuerdo con el *Readiness Assessment* (UNESCO, 2024) destaca que el acceso a internet en las escuelas secundarias y preparatorias en México es limitado, alcanzando apenas el 54% y el 44% respectivamente. Sin una infraestructura básica de conectividad, es casi imposible integrar aplicaciones basadas en IA que puedan transformar el sistema educativo. Además, la generación de datos educativos anonimizados, la interoperabilidad de plataformas, y la existencia de centros de investigación en IA educativa son elementos que deben fortalecer el ecosistema educativo para aprovechar la IA. La infraestructura digital no es un lujo, sino una condición habilitante para que la educación superior pueda aprovechar y desarrollar sistemas de IA.

En el índice de *Government AI Readiness* (Oxford Insights, 2023), México obtuvo una puntuación de 50.37 (lugar 68 de 193 países). En el pilar de infraestructura y datos, se ubicó por debajo de países como Uruguay, Chile y

Colombia. La UNESCO (2024) confirma que no existe una estrategia nacional de infraestructura digital para IA, ni un marco que articule inversiones en fibra óptica, centros de datos y plataformas abiertas.

## Propuestas de mejora

### Internet de las Cosas (IoT) como red sensorial para la IA

El IoT juega un papel esencial en la captura de datos. Con sensores distribuidos por todo el territorio mexicano, se podrían recolectar datos de los diversos contextos en los que se desarrolla la vida cotidiana, desde la temperatura del aire en zonas rurales hasta las condiciones del suelo en los cultivos. El despliegue de redes de IoT en sectores clave como la agricultura, la educación o la salud permitirá alimentar sistemas de IA con datos que reflejan las particularidades locales.

El espectro radioeléctrico, en particular las bandas para IoT de baja potencia y gran cobertura, debe entenderse como un recurso estratégico (GSMA, 2023). La UIT<sup>3</sup> lo ha definido con claridad: “el espectro es el oxígeno de la conectividad”. Desde su creación, el IFT<sup>4</sup> triplicó el espectro asignado para servicios móviles: de 222 MHz en 2013 a 660 MHz. Sin embargo, el alto costo por su uso, fijado en la Ley Federal de Derechos, sigue limitando su aprovechamiento. En paralelo, el IFT ha clasificado bandas como la de 64-71 GHz como espectro libre, útiles para aplicaciones de corto alcance y alta capacidad, como redes WiGig (*wireless Gigabit*), sensores de movimiento y dispositivos de realidad aumentada.

Pero el espectro, por sí solo, no basta. Sin infraestructura de radio que lo utilice, es como si no existiera. La problemática para desplegar esa infraestructura –torres, antenas, estaciones base y fibra óptica para conectarlas– está sobre diagnosticada: al recaer en regulaciones municipales, puede implicar hasta 2,500 marcos normativos distintos, con trámites opacos o inexistentes, donde no es imposible que se aplique el reglamento de construcción de una vivienda

---

<sup>3</sup> Unión Internacional de Telecomunicaciones.

<sup>4</sup> Instituto Federal de Telecomunicaciones

a una instalación de telecomunicaciones. Esta fragmentación limita seriamente la cobertura y calidad de las redes. La arquitectura IoT es la materialización práctica de la definición de la OCDE: “los sistemas de IA como aquellos que perciben su entorno (sensores), lo procesan (modelo) y actúan sobre ese entorno (actuadores) con diversos grados de autonomía” (OECD, 2021). Pero para que ese ciclo ocurra, debe haber redes disponibles que conecten los elementos.

### **Capacidades de cómputo: el cerebro de la IA**

El entrenamiento de modelos de IA requiere capacidades de cómputo que operen a niveles muy elevados, alcanzando los petaflops (un millón de billones de operaciones por segundo). México no cuenta actualmente con supercomputadoras competitivas a nivel internacional, lo que limita su capacidad para desarrollar soluciones avanzadas de IA. La OCDE (2023) señala que México carece de una estrategia nacional para la infraestructura de cómputo en IA, lo que aumenta la dependencia de servicios de almacenamiento y procesamiento en el extranjero.

Esta dependencia es un obstáculo para la soberanía algorítmica, ya que el acceso a los datos y la capacidad de procesarlos en el país es fundamental para garantizar que las soluciones sean verdaderamente nacionales y no dependan de infraestructuras extranjeras.

### **Sostenibilidad en los centros de datos**

El desarrollo de centros de datos sostenibles es una prioridad para la infraestructura digital de México. Los centros de datos requieren grandes cantidades de energía y agua para operar, lo que genera una huella ambiental significativa. Un modelo de IA como GPT-3, por ejemplo, puede consumir millones de litros de agua y generar enormes emisiones de carbono (Strubell *et al.*, 2019). Afortunadamente, el marco legislativo mexicano ha comenzado a incorporar regulaciones para evaluar el impacto ambiental de las tecnologías y promover centros de datos ecológicos (Proyecto de Ley sobre IA, 2023). Este enfoque permitirá que México se convierta en un líder en IA verde, minimizando el impacto ambiental de sus desarrollos tecnológicos.

## Hacia un índice nacional de infraestructura digital para IA

Para avanzar en la construcción de una infraestructura digital adecuada para la IA, es fundamental monitorear los avances del país mediante un índice nacional de infraestructura digital para IA. Este índice debería incluir métricas clave como:

- Kilómetros de fibra óptica desplegada.
- Espectro asignado para sistemas móviles e IoT.
- Capacidad instalada de centros de datos.
- Capacidad de cómputo disponible en teraflops.
- Número de conexiones IoT.
- Velocidad promedio y latencia de conexión.

Como reza el clásico, lo que no se mide no se puede mejorar, por lo que este índice permitirá identificar las áreas que requieren mayor inversión y recursos, ayudando a formular políticas públicas que promuevan un desarrollo equilibrado y sostenible.

## Propuestas de política pública

### Infraestructura digital para IA: una agenda de política pública impostergable

Como se ha venido exponiendo en este texto, la IA es una tecnología de propósito general con el potencial de impactar en todos los sectores de la sociedad. La educación, salud, agricultura, transporte, seguridad, justicia y defensa ya están siendo reconfigurados por algoritmos que procesan datos y toman decisiones en tiempo real.

Ante este fenómeno, los países que han tomado la delantera han trazado estrategias nacionales de IA alineadas con prioridades nacionales, Francia, por ejemplo, lanzó en 2018 un plan nacional que definió como áreas prioritarias la educación, la agricultura, la salud, el transporte y la seguridad nacional (Juárez

Mojica, 2024), con el objetivo de situar la IA al servicio del interés público y las prioridades de aquel país.

México, en cambio, carece todavía de una estrategia nacional de inteligencia artificial que articule capacidades, principios éticos, objetivos de desarrollo y, sobre todo, la infraestructura digital habilitante. Como se ha argumentado a lo largo de este texto, la soberanía algorítmica requiere algo más que marcos éticos o jurídicos: necesita condiciones materiales (“los fierros” por decirlo coloquialmente). Esta ausencia estratégica representa un riesgo: sin planeación, México puede quedar atrapado como un simple consumidor de algoritmos diseñados con lógicas ajenas a nuestra realidad (Juárez Mojica, 2024).

Frente a ello, se vuelve urgente construir una agenda de política pública para IA e infraestructura digital con visión de largo plazo y coordinación interinstitucional. Entre sus elementos clave deberían contemplarse:

- La revisión del costo del espectro radioeléctrico: las tarifas actuales, fijadas en la Ley Federal de Derechos, encarecen el acceso a un recurso esencial para las comunicaciones inalámbricas y, con ello, para el despliegue de IoT, redes móviles y generación de datos.
- La facilidad para desplegar infraestructura: deberían implementarse políticas o incentivos para facilitar el despliegue de servicios básicos digitales a nivel municipal, reconociendo el papel de la infraestructura digital como elemento clave dentro de los sistemas críticos nacionales, fomentando trámites ágiles y homogéneos en todo el país.
- El gobierno de datos como buena práctica: partiendo del hecho de que son la materia prima para la IA, sería deseable que a nivel empresarial y gubernamental se fomentaran buenas prácticas para su gobierno.
- Esquemas de inversión público-privada en infraestructura IA: fondos de innovación, fideicomisos sectoriales, incentivos fiscales y colaboraciones estratégicas pueden acelerar el despliegue de fibra óptica, centros de datos y redes de sensores en sectores como agricultura, salud o gestión hídrica.
- La creación de un índice nacional de infraestructura para IA: como se ha propuesto en este texto, será fundamental medir de manera sistemática métricas clave de infraestructura digital que incide en la IA.

Solo desde una visión integral de política pública, que contemple espectro, redes, datos, cómputo, sostenibilidad, además de las capacidades humanas, será posible que México se consolide como un generador de soluciones propias de IA, aplicables a nuestra realidad y prioridades nacionales.

## Conclusiones

El desarrollo de la inteligencia artificial en México, como en cualquier otro país, no puede basarse únicamente en la adopción pasiva de tecnologías desde el extranjero. Para lograr una verdadera soberanía algorítmica, México necesita crear y consolidar una infraestructura digital nacional que permita la generación y procesamiento de datos locales, representativos de su contexto cultural, social y geográfico. Este proceso es un desafío a múltiples niveles: desde la conectividad en zonas rurales hasta la creación de centros de datos sostenibles y la disponibilidad de capacidades de cómputo de alto rendimiento.

Es importante concebir la infraestructura digital no solo como prerrequisito para la creación de algoritmos, sino como base esencial para generar bienestar mediante el impacto en sectores claves como la educación, la salud, la agricultura, la seguridad, el transporte, etc. Las universidades y centros de investigación deben jugar un papel central en este proceso, evolucionando de ser consumidores de tecnología a creadores activos de soluciones tecnológicas.

Finalmente, la infraestructura digital debe verse como una inversión estratégica a largo plazo. No solo será la base de la IA nacional, sino también un motor para el desarrollo económico, la inclusión social y la mejora de la calidad de vida de la población.

## Referencias

Congreso de la Unión. (2023). *Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la Ley Federal de Inteligencia Artificial*. Recuperado de [https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/65/3/2024-04-02/1/assets/documentos/Inic\\_Morena\\_Sen\\_Monreal\\_Ley\\_Fed\\_Inteligencia\\_Artificial\\_02042024.pdf](https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/65/3/2024-04-02/1/assets/documentos/Inic_Morena_Sen_Monreal_Ley_Fed_Inteligencia_Artificial_02042024.pdf)

- Foro Económico Mundial. (2018). *In conversation with Sundar Pichai, CEO of Google*. Recuperado de <https://www.weforum.org/agenda/2018/01/google-ceo-sundar-pichai-ai-is-more-profound-than-fire-electricity/>
- GSMA. (2023). *Spectrum Navigator: Unlocking 5G and IoT Value*. GSMA Intelligence. <https://www.gsma.com/spectrum/>
- Huesca, E., Juárez, J., & Cicero, P. (Coords.). (2022). *Mi vecino es un robot. Los retos de convivir con la inteligencia artificial*. México: Ed. Debate.
- INEGI. (2023). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH)*. <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/>
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). (2023). *Datos sobre espectro y conectividad en México*. <https://www.ift.org.mx>
- MIT Technology Review. (2023). *The Hidden Environmental Cost of AI*. <https://www.technologyreview.com/>
- OECD. (2021). *Recommendation of the Council on Artificial Intelligence*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/going-digital/ai/>
- OECD. (2023). *Measuring AI compute capacity across countries*. <https://www.oecd.org/publications/measuring-ai-compute.pdf>
- Ookla. (2023). *Speedtest Global Index*. <https://www.speedtest.net/global-index>
- Oxford Insights. (2023). *Government AI Readiness Index 2023*. <https://www.oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index-2023>
- Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). “*Why should I trust you?*” *Explaining the predictions of any classifier*. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 1135–1144). ACM. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939778>
- Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). *Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*. arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/1906.02243>
- UNESCO. (2024). *Readiness Assessment sobre Inteligencia Artificial en México: Resultados y recomendaciones*. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390568>
- Juárez Mojica, Javier. (2024, junio 24). Trazando el futuro: hacia un ecosistema de Inteligencia Artificial confiable en México. *El Economista*, <https://www.economista.com.mx/opinion/Trazando-el-futuro-hacia-un-ecosistema-de-Inteligencia-Artificial-confiable-en-Mexico-20240624-0133.html>