



LOGIRED
DESAFÍOS DE LA LOGÍSTICA PORTUARIA
INNOVACIÓN 5.0



NODO 2
LOS ANDES
27 AGOSTO 2026

Corredores Logísticos para América del Sur

Métricas Logísticas, Infraestructura Crítica e Inteligencia Artificial

Ricardo Raúl Palma

2026-08-26

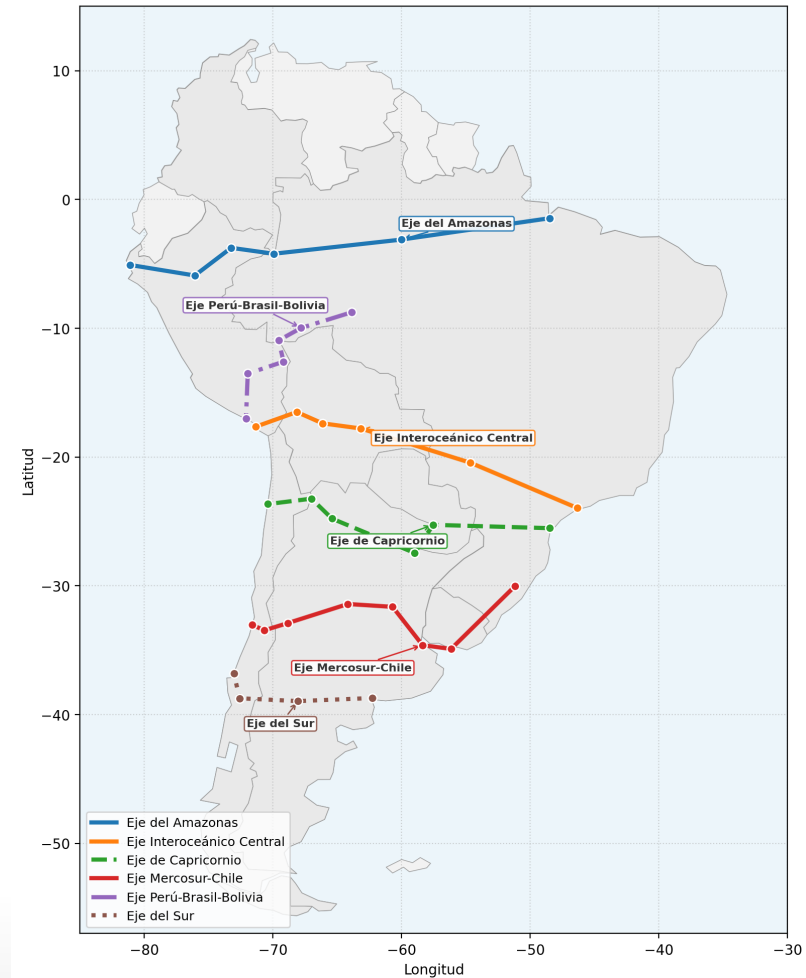
Exploradores de los Corredores

Alberto Rubial Handabaka

Corredores Principales

Exploró “en persona” físicamente todos los corredores

Ejes de Integración y Desarrollo IIRSA - América del Sur



Tipos de métricas

Para poder decidir sobre la conveniencia o prevalencia de un corredor sobre otro los oferentes de carga o los importadores deben construir indicadores (*KPI*) que los permitan decidir.

Tipo de métrica	Fórmula	Fortaleza
Flujo	$\frac{dx}{dt}$	TEU / Año , facil interpretación física, mala interpretación en gestión. Es una velocidad
Tasa de cambio	$\frac{d^2 x}{dt^2}$	Análisis interanual (Tensión Geopolítica) es una aceleración
Jerk	$\frac{d^3 x}{dt^3}$	Resiliencia, tasa de cambio de la variación y la recuperación

Métricas de Rendimiento Logístico

Para evaluar y optimizar las cadenas logísticas modernas se requiere la cuantificación rigurosa de cuatro pilares operativos fundamentales. No siempre podemos medirlas en valores absolutos, pero podemos comparar (**ratios**)

Ratio 1 Productividad (** P)

Puede hacerse adimensional usando como denominador el tiempo o el costo.

Productividad impropia

Mide la eficiencia en el flujo de bienes. Su indicador clave es el costo por tonelada-kilómetro (CT_{tk}) y la tasa de utilización de activos (U_a):

$$CT_{tk} = \frac{\text{Costo Operativo Total (USD)}}{\text{Toneladas Transportadas} \times \text{Kilómetros Recorridos}}$$

Productividad en costo

$$U_a = \frac{\text{Tiempo de Operación Efectivo}}{\text{Tiempo Total Disponible}} \times 100$$

Ratio 2. Ratio de Resiliencia (** R)

Capacidad de absorber perturbaciones geopolíticas o climáticas y recuperarse. Se mide a través del Tiempo Medio de Recuperación ($MTTR$):

$$MTTR = \frac{\sum \text{Duración de Interrupciones}}{\text{Número Total de Eventos Disruptivos}}$$

Inversa de la resiliencia inherente

3. Flexibilidad (F')

Capacidad de adaptación intermodal (carretera, ferroviaria, fluvial). Se cuantifica mediante la velocidad de transferencia modal (V_{tm}):

$$V_{change} = \frac{\text{Volumen de Carga Transferido (TEUs)}}{\text{Tiempo de Transferencia}}$$

Ratio 4 (tentativo) Friendshoring (** FS)

Rarezas geopolítica. Intenta medir cosas que no habíamos medido antes

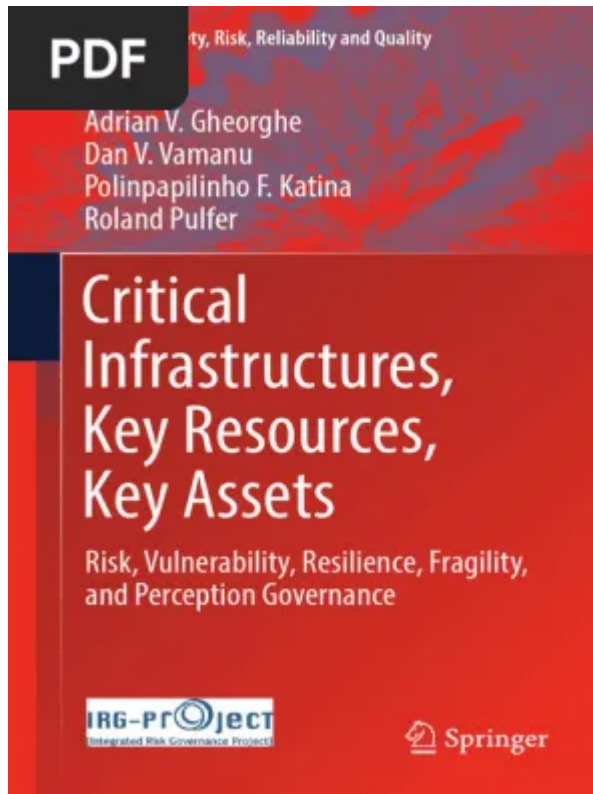
Relocalización de la cadena de suministro en países con afinidad geopolítica. Evaluado mediante el Índice de Desviación Geopolítica (I_{dg}) y el costo incremental de reubicación (ΔC_{FS}):

$$I_{dg} = w_1(\text{Alineación Voto ONU}) + w_2(\text{Acuerdos Comerciales}) - w_3(\text{Nivel de Riesgo})$$

$$\Delta C_{FS} = \text{Costo Operativo Nuevo} - \text{Costo Operativo Original}$$

Infraestructura Crítica y el Freno Geopolítico

- Infraestructura crítica vista como sistema de sistemas.
- Su estudio tiene por finalidad estudiar el riesgo y cómo gestionarlo



Definición de Infraestructura Crítica

No todos los países de la región han declarado (legislativamente) qué entienden por infraestructura crítica.

Comprende los sistemas esenciales y activos físicos que sostienen el funcionamiento de la economía y la sociedad regional:

- * electricidad,

- * telecomunicaciones,

- * puertos,

- * caminos y ferrocarriles.

No es sólo las distancias o las alturas a superar lo que importa. Es relevante la capacidad del territorio para generar valor agregado y compensar cargas.

Cargas compensadas financian por el uso la inversión de la infraestructura.

El Impacto de las Tensiones Geopolíticas en la Inversión

Las fricciones políticas globales y la inestabilidad institucional frenan e inhiben de manera severa la inversión física de largo plazo en los corredores bioceánicos sudamericanos:

- **Elevación de la Percepción de Riesgo:** Las tensiones generan incertidumbre sobre las regulaciones transfronterizas y la soberanía de los datos, aumentando las primas de riesgo de los proyectos de infraestructura.
- **Restricciones de Financiamiento:** La volatilidad macroeconómica y el endurecimiento de las condiciones financieras globales limitan tanto el presupuesto de inversión pública nacional como la atracción de capitales privados e internacionales (bancos multilaterales como la CAF, BID o FONPLATA).
- **Falta de Continuidad de Estado:** La infraestructura transnacional requiere de compromisos multidecadas; no obstante, los constantes cambios en los ciclos políticos nacionales fragmentan las iniciativas, convirtiendo proyectos estratégicos en obras inconclusas o aisladas.

IA y Gobernanza Democrática en Logística

La integración de la Inteligencia Artificial en las redes de transporte terrestre, ferroviario y marítimo redefiniría la eficiencia, pero plantea agudos dilemas de gobernanza:

- **Control Algorítmico y Poder (Visión de Luciano Da Empoli):** Advierte sobre los riesgos de la centralización tecnológica y la asimetría de poder, donde los sistemas automatizados de optimización de rutas y flujos pueden convertirse en mecanismos de control opacos y hegemonía corporativa.
- **Soberanía Digital y Datos Democráticos (Visión de Francesca Bria)**:** Aboga por el control público-común de los datos logísticos y la soberanía tecnológica. Propone que la infraestructura de datos e IA de los corredores logísticos sea de acceso democrático para evitar la dependencia tecnológica de plataformas extranjeras monopólicas.
- **El Hombre en el Loop (Stefan Boss - Universidad de Hamburgo):** Es imperativo estructurar los sistemas inteligentes bajo el principio ético de *human-in-the-loop*. La Inteligencia Artificial debe operar únicamente como una herramienta mediadora, asegurando que la decisión final y la supervisión del sistema residan siempre en los operadores humanos para priorizar y salvaguardar la **dignidad humana** por encima de la pura eficiencia del mercado.

Estrategias de los países que impactan en los corredores

Brasil - Neoindustrialización y Soberanía Digital

Políticas de Uso de IA y Desarrollo Tecnológico

- **Plan Nova Industria Brasil (NIB 2024–2033):** Impulsa la modernización industrial a través de un fuerte sesgo hacia la Industria 4.0, la descarbonización y la soberanía digital.
- **Estrategia Brasileña de Inteligencia Artificial (EBIA):** Promueve proyectos tecnológicos soberanos, priorizando el desarrollo de modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) adaptados al sector agroindustrial y a la preservación de la Amazonía.
- **Infraestructura:** Integra el BNDES y el Ministerio de Planificación en iniciativas multimodales como las “Rutas de Integración Sudamericana”.

Desempeño e Impacto de Brasil en el Comercio Internacional (Índice Agility 2026)

- Puesto Global: 10° lugar con 5.48 puntos.
- Oportunidades Nacionales: 8° lugar (5.39 puntos).
- Oportunidades Internacionales: 7° lugar (5.89 puntos).
- Preparación Digital: 14° lugar (5.64 puntos).
- **Impacto:** Brasil se consolida como el principal polo de manufactura avanzada y agroexportación conectada del bloque, buscando reducir los costos del comercio con Asia mediante los corredores bioceánicos.

Diapositiva 5: México - Nearshoring Integrado

Políticas de Uso de IA y Desarrollo Tecnológico

- **Friendshoring en el T-MEC:** Integración total con la cadena de valor de América del Norte (“Fábrica América del Norte”).
- **Adopción por el Sector Privado:** Fuertemente impulsado por la Inversión Extranjera Directa (IED). La IA se está aplicando de manera puntual en líneas de ensamblaje automotriz, robótica industrial y manufactura avanzada de semiconductores.

Desempeño e Impacto de Mexico en el Comercio Internacional (Índice Agility 2026)

- **Puesto Global:** 8º lugar con 5.78 puntos (liderando América Latina).
- **Oportunidades Nacionales:** 7º lugar (5.45 puntos).
- **Oportunidades Internacionales:** 3º lugar global (6.38 puntos).
- **Fundamentos Empresariales:** 15º lugar (5.83 puntos).
- **Preparación Digital:** 16º lugar (5.40 puntos).
- **Impacto:** Su altísima competitividad internacional le permite absorber la relocalización de fábricas, actuando como el nodo logístico por excelencia para abastecer al mercado estadounidense con eficiencia automatizada.

Colombia - Transición y Reindustrialización Social

Políticas de Uso de IA y Desarrollo Tecnológico

- **Reindustrialización Social:** Articula la transformación tecnológica con la inclusión digital y la transición energética.
- **Estrategia Nacional de IA:** Prioriza el desarrollo ético y sostenible centrado en tres sectores clave: la agroindustria, la protección de la biodiversidad y la optimización de recursos energéticos. El carbón mineral se mantiene como un recurso de peso durante el proceso de transición.

Desempeño e Impacto de Colombia en el Comercio Internacional (Índice Agility 2026)

- **Puesto Global:** 23º lugar con 4.86 puntos.
- **Oportunidades Internacionales:** 14º lugar (5.00 puntos).
- **Fundamentos Empresariales:** 24º lugar (4.84 puntos).
- **Impacto:** La adopción de IA a escala industrial enfrenta importantes barreras de financiamiento físico y conectividad terrestre. Sin embargo, su orientación de IA ética le abre oportunidades en mercados de exportación verdes y de comercio justo.

Argentina - Economía del Conocimiento

Desregulada

Políticas de Uso de IA y Desarrollo Tecnológico

- **Economía de Mercado y Desregulación:** La política estatal prioriza la desregulación, la flexibilización y la atracción de capitales privados en sectores tradicionales de alta productividad (energía, minería de litio/cobre, y agroindustria).
- **Talento Tecnológico Privado:** Posee un ecosistema de software y servicios de conocimiento altamente competitivo y dinámico a nivel internacional, desarrollado predominantemente por el sector privado y sin una directriz rígida de “Estado desarrollador”.

Desempeño e Impacto de Argentina en el Comercio Internacional (Índice Agility 2026)

- **Puesto Global:** 29º lugar con 4.75 puntos.
- **Oportunidades Nacionales:** 21º lugar (4.87 puntos).
- **Impacto:** Un alto potencial exportador en la economía del conocimiento privada. La optimización logística mediante IA privada busca mejorar la competitividad de las cadenas agroexportadoras y los yacimientos de recursos naturales, aunque la inversión en infraestructura vial pública y ferroviaria sigue rezagada.

Chile - Hub Digital y Cadena de Valor Verde

Políticas de Uso de IA y Desarrollo Tecnológico

- **Hub Tecnológico de Supercomputación:** Chile se posiciona como un centro regional de procesamiento de datos de alta capacidad, respaldado por su pionera *Estrategia Nacional de IA* adaptada a los modelos LLM.
- **Sostenibilidad y Minerales Críticos:** Vincula la inteligencia algorítmica con el desarrollo del litio y el hidrógeno verde para la descarbonización del transporte y la logística.

Desempeño e Impacto de Chile en el Comercio Internacional (Índice Agility 2026)

- **Puesto Global:** 13° lugar con 5.42 puntos.
- **Preparación Digital:** 11° lugar (5.84 puntos) (Líder en América Latina).
- **Fundamentos Empresariales:** 7° lugar global (6.86 puntos).
- **Oportunidades Internacionales:** 13° lugar (5.08 puntos).
- **Impacto:** Se consolida como la plataforma logística con mejor gobernanza institucional e informática de Sudamérica, facilitando la salida intermodal eficiente de productos mineros y agrícolas hacia la cuenca del Pacífico.

Uruguay, Perú, Paraguay, Ecuador y Bolivia - Análisis Comparativo

Resultados del Índice Agility 2026

- Uruguay: 17º lugar global (5.13 puntos). Destaca en Fundamentos Empresariales (8º global, 6.84) y Preparación Digital (19º, 5.35).
- Perú: 26º lugar global (4.82 puntos). Buena posición en Oportunidades Internacionales (17º, 4.86) gracias a sus puertos.
- Paraguay: 33º lugar global (4.57 puntos). Preparación Digital: 26º (4.88).
- Ecuador: 34º lugar global (4.56 puntos).
- Bolivia: 49º lugar global (3.94 puntos).

La Urgencia de la IA en Países Mediterráneos sin Litoral

Para las naciones sin litoral marítimo, como **Bolivia** y **Paraguay**, la falta de acceso directo al océano es una desventaja estructural histórica que incrementa significativamente sus costos logísticos:

- **Optimización Multimodal Inteligente:** Deben integrar IA para sincronizar la navegación fluvial, la transferencia puerto-ferrocarril y el transporte carretero, eliminando tiempos muertos aduaneros en las fronteras de tránsito.
- **Corredores Verdes Digitales:** La gestión algorítmica de la hidrovía Paraguay-Paraná y el Corredor Ferroviario Bioceánico Central (CFBC) permite mitigar el impacto de las sequías fluviales y optimizar los flujos ferroviarios sin necesidad de megaobras viales imposibles de financiar a corto plazo.

Diapositiva 10: Estados Unidos - Soberanía y Resiliencia Logística

Políticas de Uso de IA y Desarrollo Tecnológico

- **Soberanía Tecnológica y Seguridad Nacional:** La política gubernamental promueve el control riguroso de la cadena de suministro de semiconductores avanzados, la ciberseguridad industrial y el desarrollo ético de la IA.
- **Estrategia de Relocalización:** Incentiva activamente el *reshoring* y el *friendshoring* para reducir la dependencia de la manufactura asiática, priorizando socios estratégicos dentro del T-MEC (México y Canadá).

Impacto en el Comercio Internacional

- EE.UU. reconfigura la arquitectura del comercio global a través de restricciones arancelarias y controles de exportación de tecnologías de IA avanzada.
- Promueve la digitalización inteligente en sus puertos nacionales y terminales intermodales para garantizar un flujo ininterrumpido y seguro de materias primas críticas para la transición energética regional.

China - “Nuevas Fuerzas Productivas de Calidad”

Políticas de Uso de IA y Desarrollo Tecnológico

- **Made in China 2025:** El marco nacional más agresivo de reindustrialización automatizada y digital.
- **Nuevas Fuerzas Productivas de Calidad:** Enfocadas en lograr la soberanía e independencia absoluta de hardware (chips) y bases de datos.
- **IA Industrial Masiva:** Integración masiva de IA y modelos LLM en los procesos de fabricación industrial profunda, optimización de megapuestos de contenedores completamente automatizados y gestión logística autónoma de la “Ruta de la Seda”.

Desempeño e Impacto de China en el Comercio Internacional (Índice Agility 2026)

- **Puesto Global:** 1º lugar absoluto con un puntaje de 8.44 puntos.
- **Impacto:** China lidera de manera hegemónica los flujos comerciales emergentes. Sus sistemas logísticos impulsados por IA predictiva a gran escala reducen drásticamente los costos de exportación, consolidando su posición como el mayor socio comercial de América del Sur y principal competidor de las manufacturas occidentales.

Corredores Logísticos para América del Sur

DOI: 10.5281/zenodo.22113190

<<https://rpubs.com/ricardorpama/1454129>>

Gracias:

****Preguntas****

Prof. Ricardo R. Palma <ricardo.palma@ingenieria.uncuyo.edu.ar>