

El futuro del transporte de mercancía en la frontera México-Texas. El requerimiento de infraestructura para el desarrollo sostenible

The future of freight transportation across the Mexico-Texas border. Infrastructure's requirement for sustainable development

Edgar Roberto Sandoval García¹

Recibido: 13/06/2023 y Aceptado: 22/09/2023

ENERLAC. Volumen VII. Número 2. Diciembre, 2023

ISSN: 2602-8042 (impreso) / 2631-2522(digital)



67

1.- Tecnológico Nacional de México/TES de Cuautitlán Izcalli, edgar.sg@cuautitlan.tecnm.mx
Profesor de Tiempo Completo
<https://orcid.org/0000-0001-7379-1710>



Resumen

Al 2050 se pronostica que el volumen de comercio que cruzará la frontera México-Texas aumente a más del doble respecto del 2019, incrementándose de 194.3 a 517.4 millones de toneladas, siendo la modalidad autotransporte la que más volumen trasladaría con una participación del 44.26%. El objetivo de investigación es analizar los requerimientos de infraestructura que impulsen el desarrollo sostenible del país a través de: crear condiciones para lograr una mejor calidad de vida (derivado de la creación de fuentes de trabajo), con un crecimiento económico sostenido (impacto económico derivado del movimiento de mercancías en la frontera México-Texas) y un menor daño medioambiental (a través de la descarbonización del transporte de carga). La experiencia internacional indica que, incentivar la inversión en infraestructura sostenible, la estandarización de las tecnologías para la digitalización, innovación pública y planeación estratégica de largo plazo, son las medidas a seguir. En específico, para el sector logístico y transporte de carga, el uso de las tecnologías digitales promovería la disminución del impacto ambiental al limitar el crecimiento de las emisiones de CO₂ al 40% entre 2019 y el 2050, la disminución del consumo energético y el aumento de la seguridad del transporte.

PALABRAS CLAVE: Futuro, transporte transfronterizo, desarrollo sostenible, digitalización, emisiones de carbono.

Abstract

By 2050, it is forecast that the volume of trade that will cross the Mexico-Texas border will be more than double compared to 2019, increasing from 194.3 to 517.4 million tons, with the freight trucking modality being the one that would move the most volume with a 44.26% share. The research objective of this proposal is to analyze the infrastructure requirements that promote the sustainable development of the country through: creating conditions to achieve a better quality of life (derived from the creation of jobs), with sustained economic growth (economic impact derived from the movement of goods on the Mexico-Texas border) and less environmental damage (through the decarbonization of freight transport). International experience shows that encouraging investment in sustainable infrastructure, standardization of technologies for digitization, public innovation and long-term strategic planning are the measures to follow. Specifically for the logistics and freight transport sector, the use of digital technologies would promote a reduction in environmental impact by limiting the growth of CO₂ emissions by 40% between 2019 and 2050, reducing energy consumption and increasing transport safety.

KEYWORDS: Future, cross-border transportation, sustainable development, digitization, carbon emissions.

1. INTRODUCCIÓN

El saldo del intercambio comercial entre México y Estados Unidos de América (EUA), medido por la suma de exportaciones e importaciones, cerró en los primeros siete meses de 2022 en 449 mil 800 millones de dólares, el mayor nivel desde que hay registros, es decir, 1993 (Carbajal, 2022).

México y los EUA comparten 3,144.7 km de frontera común, de los cuales el estado de Texas y México representan 2,018.1 km (64.2% del total).

Al 2050 se espera que el impacto económico del movimiento de mercancías a través de la frontera se triplique al incrementar de \$343 mil millones de dólares en Producto Interno Bruto (PIB) en 2019 a más de \$1.1 billones de dólares en PIB al 2050. El movimiento de mercancías a través de la frontera entre Texas y México se hace presente a través de todos los estados de EUA y México, e incluye carga transportada por Vehículos Motorizados Comerciales (VMC) o autotransporte de carga, carga ferroviaria, aviación, transporte marítimo y oleoductos. El movimiento de mercancías generó 1.6 millones de puestos de trabajo en EUA y 5.3 millones de puestos de trabajo en México en 2019. Se pronostica que el movimiento de mercancías generará casi 6.5 millones de puestos de trabajo en EUA y 16.4 millones de puestos de trabajo en México al 2050, según datos del Texas Department of Transportation (TxDOT, 2021a).

Este artículo, a través de una amplia revisión documental, pretende entender como el crecimiento del comercio en la frontera México-Texas en el periodo 2019-2050 impactará al desarrollo sostenible regional con impacto nacional, así como reconocer los requerimientos de infraestructura que lo sustenten.

Acorde a la institución TxDOT antes citada, la cantidad de VMC en dirección norte que ha cruzado la frontera México-Texas se ha incrementado notablemente de 2.17 millones en 1996 a 4.6 millones en 2019 y se prevé que aumente a 12.35 millones al 2050. También se pronostica que el volumen de comercio que

cruza la frontera México-Texas aumente a más del doble entre 2019 y 2050, incrementándose de 194.3 millones de toneladas (Mton) a 517.4 Mton, siendo la modalidad VMC la que más volumen transportaría con una participación del 44.26%, seguida de la Red Ferroviaria de Mercancías con 23.8% y el Sistema Marítimo con 21.6%.

En la actualidad, del 100% de las exportaciones mexicanas a Estados Unidos, 77% se hacen vía terrestre, y de ese total, poco más de la mitad, 53%, pasan por Nuevo Laredo, Tamaulipas, ciudad colindante con Laredo, Texas (Gutiérrez, 2022),

Durante el 2019 estuvieron en circulación 1.125 millones de vehículos destinados exclusivamente al transporte de carga, los cuales consumieron el 19.6% de los 1,839 Peta Joules (PJ) de energía requerida por el transporte carretero, siendo el diésel el principal combustible utilizado. En el mismo año, el sector de la industria manufacturera requirió 1,473 PJ, según datos disponibles en la Base de Indicadores de Eficiencia Energética (BIEE, 2022).

De todos los vehículos que circulan por el país, los vehículos a diésel son responsables del 40% de las emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx), el 87% de la materia particulada de 2.5 micrómetros de diámetro (PM2.5, por sus siglas en inglés) y el 24% del total nacional de emisiones de partículas de carbono negro, compuestos con alto impacto negativo tanto en la salud de la población como en los ecosistemas y el cambio climático (Trujillo, 2019). Además, en conjunto con las emisiones asociadas de dióxido de carbono (CO2) y metano (CH4), provenientes de la combustión del diésel, el autotransporte de carga es una de las principales fuentes del aporte nacional al calentamiento global.

Al igual que sus economías, los países vecinos poseen un nivel de desarrollo diferenciador de carreteras, puentes, puertos y aduanas en sus fronteras. Estas diferencias marcan las pautas del

comercio, como la rapidez del cruce fronterizo, las medidas de seguridad, los procesos administrativos para el registro de la carga, los espacios para la verificación de la misma, los sistemas electrónicos para su monitoreo, entre otras. Las actividades antes mencionadas inciden directamente en los costos de transacción en las aduanas. Dichos costos son mayores en las aduanas fronterizas de México con EUA, tal como lo demuestran los congestionamientos en los cruces fronterizos, afectando negativamente el flujo de mercancías y el desarrollo sostenible de la región (Corrales y Mendoza, 2021).

Ante el inminente aumento de bienes a ser transportados entre la frontera de México y Texas, la insuficiencia para atender las necesidades actuales y los requerimientos de infraestructura de calidad a ser desarrollada en el corto plazo (Corrales y Mendoza, 2021) así como la necesidad de lograr el desarrollo sostenible atendiendo las vinculaciones entre los aspectos social, ecológico y económico del planeta (Gallopín, 2003), un factor clave a tomar en cuenta es el compromiso que México ha pactado de manera voluntaria de reducir 35% sus emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero al año 2030, acorde a publicación del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2022).

Autoridades del transporte del gobierno de Texas, están anticipando que ante un escenario “Sin cambios” al 2050, el tiempo de cruce en los 28 puentes internacionales incrementara más de 1,259% al pasar de 16.9 millones de horas a 229.7 millones de horas (TxDOT, 2021b).

Partiendo de que el desarrollo sostenible apunta claramente a la idea de cambio, de cambio gradual y direccional, en donde lo que debe hacerse sostenible es el proceso de mejoramiento del sistema socio-ecológico, considerando las vinculaciones entre los aspectos social,

ecológico y económico (Gallopín, 2003), el objetivo de esta investigación es analizar los requerimientos de infraestructura que impulsen el desarrollo sostenible del país a través de: crear condiciones para lograr una mejor calidad de vida (a través de la creación de fuentes de trabajo), con un crecimiento económico sostenido (impacto económico derivado del movimiento de mercancías en la frontera México-Texas) y un menor daño medioambiental (a través de la descarbonización del transporte de carga).

La elaboración de este documento parte de la revisión de las tendencias internacionales en cuanto a medidas de descarbonización para el transporte de carga transfronterizo y la infraestructura requerida, lo que permitiría una traducción más efectiva de las ambiciones de descarbonización en acciones y el logro de los objetivos climáticos. Las medidas de descarbonización son seleccionadas del Directorio de Acción Climática en el Transporte, el cual es una herramienta digital desarrollada por el International Transport Forum (2023) con más de 80 medidas de mitigación documentadas.

Posteriormente, en la sección de resultados, se analiza el grado de implementación a nivel país de la infraestructura identificada previamente y requerida en el corto y mediano plazo, esto con base a información publicada por diferentes instituciones gubernamentales, bancos de desarrollo, entre otros.

Finalmente, considerando la definición de infraestructura sostenible de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico (CESAP, 2007), de infraestructura en armonía con la continuación de la sostenibilidad económica y ambiental, se discute el estatus actual de la infraestructura base para el desarrollo sostenible del transporte de mercancía en la frontera México-Texas.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO

Ante el crecimiento previsto de empleos generados y el impacto económico en la frontera México-Texas en el periodo 2019-2050, es necesario encontrar las vías adecuadas que impulsen la descarbonización de los diferentes modos de transporte de carga y coadyuvar así al desarrollo sostenible al considerar las vinculaciones entre los aspectos social, ecológico y económico.

Esta investigación se centra en los modos de transporte VCM y ferroviario, al visualizarse una participación de ambos modos cercana al 70% del total de mercancías a transportar al 2050 (44% y 24%, respectivamente).

2.1 Medidas de descarbonización para el transporte de carga transfronterizo

Desde un punto de vista del transporte de carga transfronterizo, la experiencia internacional sugiere las siguientes medidas que soportarían el desarrollo sostenible:

A) Implementación de Sistemas de Transporte Inteligente (STI), los cuales tienen como objetivo proporcionar datos de mejor calidad, relevantes, dinámicos y en tiempo real, recopilados automáticamente sobre el rendimiento de los sistemas de transporte, incluidos los parámetros técnicos, operativos y comerciales. Estos datos se pueden procesar y utilizar para mejorar la gestión y el rendimiento general del sistema de transporte y pueden contribuir a los esfuerzos de reducción de emisiones. El proceso de digitalización implica el desarrollo e implementación de varias tecnologías, que se pueden clasificar en cuatro categorías principales: Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) y comunicación inalámbrica, computación en la nube y centralización de datos, análisis de big data y automatización, acorde al International Transport Forum (ITF, 2021b).

B) Mayor participación del ferrocarril para servicios de carga. Los ferrocarriles se encuentran entre los modos de transporte más eficientes y menos intensivos en carbono para mover mercancías, en particular en comparación con las vías navegables interiores y las carreteras. Por lo tanto, cambiar la carga de la carretera

al ferrocarril es potencialmente una de las mejores formas de descarbonizar el transporte de carga, especialmente considerando los principales desafíos técnicos, operativos y comerciales de obtener camiones de cero emisiones. Los ferrocarriles electrificados son una tecnología madura, de uso generalizado, con un siglo de existencia.

1. El uso masivo de contenedores ha dado lugar a nuevos patrones operativos intermodales y segmentos de mercado para los ferrocarriles.

2. Respecto a los costos del equipo rodante:

i. Las locomotoras nuevas tienen un promedio de uno a tres millones de euros, dependiendo de la especificación.

ii. Las micro/nano - locomotoras alternativas para aplicaciones de pequeños trenes rápidos pueden costar menos de un millón de euros y podrían usarse para dar servicio a flujos en los que locomotoras más caras y grandes se convierten en un componente excesivo en la base de costos.

iii. Los vagones de ferrocarril nuevos pueden costar entre 50,000 y 150,000 euros (ITF, 2021 a, c).

C) Las interfaces de carga multimodal son nodos en la cadena logística donde los bienes enviados se transfieren entre diferentes modos de transporte. Mejorar estas interfaces permitirá maximizar la eficiencia de las operaciones; por ejemplo, acelerar la transferencia de contenedores o el intercambio de bienes entre modos reduce el tiempo de tránsito asociado con el transporte intermodal. Mejorar las interfaces también puede ayudar a aumentar la capacidad, reducir los costos, aumentar la confiabilidad, emplear el modo correcto para las tareas correctas y disminuir la huella de carbono del transporte de carga. Facilitar la multimodalidad eliminaría los cuellos de botella en el uso de modos menos intensivos en carbono (ferrocarril, marítimo) cuando se adaptan mejor desde una perspectiva ambiental, de capacidad operativa y económica.

3. Las interfaces multimodales tienen tres componentes básicos: físico, información e institucional.

i. Las instalaciones físicas donde se realizan las transferencias de carga son un elemento crítico, sin el cual no existe la multimodalidad. Tener terminales equipadas y modernas (robots y drones), con acceso a las diferentes redes modales, es una condición necesaria de la multimodalidad.

ii. Otra interfaz crítica implica el intercambio de toda la información (comercial, reglamentaria y operativa) necesaria para gestionar el flujo de mercancías, que no necesariamente tiene que estar ubicada en las terminales físicas. Los avances en las Tecnologías de la Información y Computación (TIC) y el IoT, las ventanillas logísticas únicas y las plataformas de datos integradas pueden contribuir a interfaces más fluidas.

iii. También se requiere alineación institucional, entre diferentes agentes y operadores en la cadena de suministro, pero también a un nivel intergubernamental más alto. Este último factor, que involucra a la fragmentación del mercado y las jurisdicciones de las instituciones, ha sido una de las principales barreras para lograr mejores interfaces multimodales.

iv. Finalmente, la sincromodalidad –coordinar la programación de los diferentes servicios modales para minimizar las demoras– es un concepto relevante para fomentar soluciones multimodales y requiere la existencia de terminales multimodales estratégicamente ubicadas (ITF, 2021d).

73

2.2 Resultados

Uno de los temas en común identificado en las tres medidas, antes presentadas, que soportarían el desarrollo sostenible del transporte de carga transfronterizo es el uso de tecnologías de Producción Digital Avanzada (PDA), que son aquellas que han dado lugar al concepto de Industria 4.0 (I4.0), también conocida como Smart Factory, las cuales aprenden mientras operan, adaptando y optimizando continuamente sus propios procesos en consecuencia (Lavopa y Delera, 2021).

De manera global, el principal efecto del uso de las tecnologías PDA ha sido su capacidad de transformar todos los flujos económicos al reducir los costos de transacción y los costos marginales de producción y distribución. La forma de incidir se origina mediante tres mecanismos: la creación de bienes y servicios digitales; la agregación de valor al incorporar lo digital en bienes y servicios en principio no digitales, y el desarrollo de plataformas de producción, intercambio y consumo. De acuerdo con la Comisión

Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2018), la aplicación y uso combinado de las tecnologías PDA han llevado a la masificación de la computación en la nube, al reconocimiento del potencial de la analítica de los grandes datos y a progresos importantes en áreas decisivas del IoT, tales como la domótica, las ciudades y redes inteligentes, y la manufactura digital.

En específico para el sector transporte y la sugerencia de transitar a Sistemas de Transporte Inteligentes (STI), una de las tecnologías PDA clave para su implementación son los Sistemas Ciberfísicos (CPS, por sus siglas en inglés), los cuales se integran por un sistema físico y sus sistemas cibernéticos correspondientes que están estrechamente integrados en todas las escalas y niveles. Los sistemas cibernéticos se fundamentan en una red de tecnologías de recopilación de datos que forman una imagen dinámica y en tiempo real del flujo vehicular a lo largo de un tiempo determinado. Los STI utilizan sensores, sistemas de control y tráfico, analítica de datos e inteligencia artificial para maximizar la capacidad de eficiencia de la red de carreteras (European Commission, 2019).

Otras tecnologías PDA que tienen aplicación en el contexto del transporte de carga son:

a) Automatización y robótica. Su aplicación en las terminales de transferencia modal, como en la operación de barcos, VMC y otros equipos de forma autónoma, permitirá un mejor rendimiento, seguridad y una mejor reactividad para enfrentar cambios puntuales, permitiendo un manejo operacional mucho más eficiente, una reducción de las fallas operacionales así como una reducción importante en los costos totales una vez amortizada la inversión social.

b) Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés). Representa un abanico de oportunidades para hacer más eficientes y rentables los servicios mediante la captura de información en tiempo real que permiten gestionar los activos de forma flexible e incrementar el valor agregado al cliente,

ya sea el seguimiento de los envíos, la optimización de las rutas, el mejoramiento de la entrega de última milla, como también la adaptación de las configuraciones logísticas acordes a las variaciones dinámicas del mercado.

c) Big data. Complemento que analiza la información proveniente de la IoT que genera grandes volúmenes de datos de diferente naturaleza, y que a través de las técnicas informáticas de minería de datos y big data, es posible gestionar y convertir estos datos en información útil para la planificación estratégica y toma de decisiones.

d) Inteligencia Artificial. Sistema de autoaprendizaje con capacidad de replicar habilidades humanas, siendo usado generalmente para tareas que requieren movimientos repetitivos, reemplazando la labor humana por máquinas que operan solas. En el transporte de carga, las principales aplicaciones son la predicción de demanda que permite optimizar la distribución de los productos con el fin de reducir los costos y tiempos de despachos (CEPAL, 2019).

Al ser un conjunto de soluciones tecnológicas de telecomunicaciones y tecnologías de la información para mejorar la operación y seguridad, acorde a Briso (2022) algunas de las características de los Sistemas de Transporte Inteligentes a ser consideradas para entornos ferroviarios y de automoción son:

A. Entorno Ferroviarios

a. Comunicaciones inalámbricas: fundamentales para la operación

b. Enlace de comunicaciones tren a satélite (T2S)

B. Entornos de automoción

a. Comunicaciones entre vehículos y, entre vehículos y sistemas de tráfico.

b. Tipos de Comunicaciones:

- i. V2V: Vehículo a vehículo
- ii. V2I: vehículo a infraestructura
- iii. V2S: satélite, GNSS
- iv. V2X: vehículo a todo

c. Sistemas de comunicaciones

- 1. Comunicaciones de corto rango < 300m: V2V, V2X
- 2. Comunicaciones de rango medio (<10km) (celulares): V2I,
- 3. Comunicaciones de amplio rango (satélite): V2S

2.2.1 Situación actual de las Telecomunicaciones en México

El tráfico de minutos de servicio móvil de telefonía, según datos de la Secretaría de Infraestructura y Transporte (SICT, 2021), ha crecido más de 9 veces entre 2006 y 2020 (Tabla 1).

Tabla 1. Variación de tráfico de minutos de servicio móvil de telefonía y terminales satelitales, 2006-2020

	2006	2020
Tráfico de minutos (millones)	33,082.5	315,895
Terminales satelitales para servicios móviles	14,738	4,270

Fuente: Elaboración propia con base en SICT (2021)

Como se puede apreciar en la tabla 2, la ocupación satelital para el sector transporte es mínimo. Respecto a la capacidad satelital disponible en el país, al 2021 se cuenta con el 29% de los 6,808.0 Mega Hertz de la capacidad total (SICT, 2021).

Tabla 2. Distribución porcentual de la ocupación satelital por sector. Serie anual 2006, 2016 y 2021

Sector / año	2006	2016	2021
Gobierno	8.5	12.4	8.3
Transporte y turismo	-	-	0.4
Industria y comercio	13.1	22.8	40.9
Telecomunicaciones, educativo, bancos y financiero	28	37.2	21.4
Capacidad disponible	50.4	27.6	29

Fuente: Elaboración propia con base en SICT (2021)

Respecto al servicio de internet, al 2021 se tenían 104 millones de líneas de servicio móvil y 22.6 millones de líneas fijas, un crecimiento aproximado de 2 veces respecto al 2014. Así mismo, en 2021 se contaba con una densidad de 83 líneas por cada 100 habitantes y una penetración de 64 accesos por cada 100 hogares.

Si bien, México ya cuenta con una penetración importante en cuanto al número de dispositivos que se conectan a internet, la cobertura geográfica sigue siendo menor al 80% del territorio nacional. Al cierre de 2021 existían 108.8 millones de aparatos móviles conectados a internet, pero alrededor del 30% de la población sigue sin tener acceso (Rodríguez, 2022a).

Ante los futuros requerimientos de mayor ancho de banda, mayor capacidad de transmisión de datos y menor tiempo de espera o latencia, características clave para el funcionamiento óptimo de los Sistemas Inteligentes de Transporte, resulta de interés reconocer el grado de avance de implementación de los sistemas 5G, los cuales, en su conjunto, crearán nuevas oportunidades de acceso inalámbrico para todo tipo de usuarios y diferentes necesidades de comunicación (Briso, 2022).

Recientemente, América Móvil, principal proveedor de servicios de telecomunicaciones en México, anunció que cuenta con la disponibilidad de redes 5G provenientes de una inversión de \$1,800 millones de dólares. Para hacer uso de esta red, pagará al Estado mexicano poco más de 900 millones de pesos anuales por concepto de pago de derechos. Las redes de 5G permitirán navegar a 10 gigabytes por segundo (Gbps), una velocidad 10 veces más rápida que las principales ofertas de fibra óptica del mercado (Rodríguez, 2022b).

Otro actor clave en el despliegue de redes 5G es Telecomunicaciones e Internet para Todos (CFE-TEIT), división de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) empresa del Estado mexicano, la cual ha anunciado que instalará 2,800 antenas de comunicaciones con las que planea conectar a 6.4 millones de personas en 18,364 poblaciones de México (Rodríguez, 2022a).

Al basarse en ondas de radio en el rango de los milímetros los sistemas 5G requerirán de una infraestructura de red totalmente nueva dado su rango de alcance corto, lo que requerirá más estaciones de lo que se tiene actualmente para poder estar conectado en el rango de las torres de radio, ya que al operar en el rango de señal de 28 GHz ofrece un rango máximo de cerca de 500 metros, lo que significa que se requeriría de 1 torre de radio por kilómetro, conectada con fibra de vidrio y con acceso a una fuente de energía eléctrica, lo que podría significar altos costos de implementación. Un estudio realizado por el proveedor Telefónica en Alemania, sugiere que se necesitarían más de 200,000 antenas de comunicaciones para crear una red nacional 5G con un costo estimado de 76 mil millones de euros (DW Shift, 2019).

Al tener México una extensión 5.5 veces la de Alemania, los costos de implementación podrían ser del orden de los 417.4 mil millones de euros (lo que representa construir 93 aeropuertos como el nuevo Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles-AIFA, a un tipo de cambio de 19.57 pesos por euro (GOB.MX, 2022)), con un número aproximado de 1.1 millones de antenas de comunicaciones.

Acorde a información publicada por el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT, 2020), algunos de los principales desafíos para la implementación de redes 5G en el país son:

- La hiperconectividad que acompaña al 5G y la tecnología desarrollada alrededor de ésta supone un enorme reto para los reguladores, quienes deben encargarse de poner a disposición de operadores y usuarios la mayor cantidad de espectro posible y de una manera más expedita, generar las condiciones propicias para obtener un mercado de espectro más dinámico, hacer trámites más ágiles, entre otros.
- Las empresas de telecomunicaciones deben encontrar casos de negocios que justifiquen el cambio de tecnología en el corto plazo; el alto costo del espectro; la

necesidad de invertir en nuevas redes, y el despliegue de infraestructura. Sobre este último punto, existe una importante barrera en las políticas locales relativas al uso de suelo.

- El enfoque de 5G sigue estando en la banda ancha móvil mejorada, en la que la mayoría de los consumidores no están muy interesados. La razón es que 4G-LTE es perfectamente adecuado para la transmisión de video y otras aplicaciones utilizadas en la actualidad. 5G aún no tiene una aplicación atractiva para los consumidores en general.
- El potencial de esta tecnología reside en las aplicaciones, plataformas y sistemas que desarrollen las empresas, para crear/prestar nuevos productos o servicios, y/o generar eficiencias al interior de sus organizaciones. Por ello, el 5G no debe entenderse tan solo como un servicio de Internet de alta velocidad.
- Interoperabilidad de los dispositivos IoT desarrollados por las empresas, ya que los consumidores no están dispuestos a comprar productos que no puedan controlar desde un solo dispositivo.
- En la actualidad existe una problemática derivada de los altos costos del espectro radioeléctrico, por lo cual resulta necesario reducir los montos de los derechos fijados en la Ley Federal de Derechos (LFD) por el uso de este bien de dominio público. Los montos actuales de los derechos por el uso del espectro son, en promedio, superiores a 60% de la mediana internacional. Además, a nivel internacional, la valoración principal del espectro es resultado de una licitación, mientras que los cobros anuales por uso del espectro representan, en promedio, 30% de su valor; en cambio, en México representan, en promedio, el 80% de su valor.

El despliegue de los STI, y la Industria 4.0 en general, requiere una infraestructura digital bien desarrollada. El desarrollo, la disponibilidad, la seguridad y la gobernanza de la infraestructura

digital deben ser una prioridad clave en las políticas de Smart Mobility. Como la vida útil y los requisitos de los usuarios de la infraestructura digital difieren mucho de la infraestructura física y el desarrollo de las infraestructuras no es congruente, se requieren estrategias específicas (pero integradas) para los distintos niveles de la infraestructura de transporte. Esto exige una estrecha cooperación entre las diferentes partes interesadas, ya que los distintos niveles de infraestructura son gestionados por diferentes partes, con responsabilidades compartidas (Schroten y col., 2020).

Ante una lenta consolidación de la Industria 4.0 en México (Nieblas, 2022), estudios comisionados por el CAF-Banco de Desarrollo de América Latina y el International Transport Forum (CAF, 2022; ITF, 2022), sugieren en específico para el sector logístico y transporte de carga las siguientes medidas para el uso de las tecnologías digitales, las cuales promoverían la disminución del impacto ambiental al limitar el crecimiento de las emisiones de CO2 al 40% entre 2019 y el 2050; la disminución del consumo energético; y el aumento de la seguridad del transporte de carga:

- Promoción de la inversión privada, ya que este tipo de proyectos no requieren de incentivos regulatorios o fiscales específicos para su promoción y desarrollo.
- Estandarización de las tecnologías que integran los STI, tales como telecomunicaciones, la electrónica y las TIC y las interfaces entre los modos de transporte. Uno de los propósitos clave de esta directiva es la adopción de las especificaciones necesarias para garantizar la compatibilidad, interoperabilidad y continuidad de la implantación y explotación operativa de los STI.
- Promover tecnología digital para mejorar la utilización de vehículos en el sector del transporte por carretera a través de un uso más efectivo de la capacidad de carga.
- La combinación de una mejor utilización del ferrocarril con una menor cantidad de tiempo de residencia (tiempo que un

contenedor pasa en una instalación como una terminal o puerto entre el momento en que se descarga de una forma de transporte y se retira de la instalación) mediante el intercambio de activos entre sectores, puede fomentar cambios significativos de otros modos de transporte al uso del ferrocarril, creando así oportunidades para reducir las emisiones de CO2.

- Las mejoras digitales no serán suficientes por sí solas, por lo que se necesitan acciones políticas adicionales. y planes estratégicos de largo plazo.

2.2.2 El rol del sistema ferroviario

Si bien al 2050 el ferrocarril de carga se estima tener una participación similar al 2019 del 24% del total de las toneladas a transportar a través de la frontera México-Texas, en realidad su contribución aumentará respecto a la cantidad de toneladas transportadas (Tabla 3) lo que significará un incremento en el número de vagones de carga que cruzaran la frontera de más de 2.5 veces (TxDOT, 2021a).

Tabla 3.

Proyección estimada de participación del ferrocarril de carga, 2019-2050

	2019	2050
Toneladas transportadas (millones)	46.7	123
Millones de vagones	1.02	2.55

Fuente: Elaboración propia con base en TxDOT (2021a)

Actualmente en el Cruce Fronterizo Laredo se encuentra ubicado el Puente de intercambio más grande de Norte América en volumen y valor de carga por ferrocarril. El Puente actualmente opera con 4 ventanas de intercambio, 2 al Norte y 2 al Sur de 6 horas cada una, encontrándose a un 80% de capacidad de intercambio, siendo el único Puerto de entrada a EUA en donde las autoridades binacionales trabajan de manera conjunta para expedir procesos, logrando reducir el tiempo de revisión en aduanas de hasta 20 a 30 minutos por tren, acorde a información publicada por la Asociación Mexicana de Ferrocarriles, A.C. (AMF, 2020).

Respecto al consumo energético del sistema ferroviario de carga, en comparación con el autotransporte, el ferrocarril es un sistema mucho más eficiente al tener la capacidad de transportar 4 veces más tonelada-kilómetro recorrido por cada litro de combustible, según información de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, n.a.), sólo que al 2021 la edad promedio del equipo tractivo que presta servicio en el país fue de 33.9 años, acorde a información publicada por la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF, 2021), edad muy cercana al final de la vida útil para este tipo de modo de transporte (Rodrigue, 2020).

Otros estudios mencionan que, en promedio, los trenes a diésel son ocho veces más eficientes energéticamente que los camiones por tonelada de carga transportada para recorridos de largas distancias. La intensidad de las emisiones de carbono del transporte ferroviario de mercancías es casi diez veces menor que la de los camiones (en toneladas-kilómetro), lo que lo hace una herramienta ideal del desarrollo sostenible. E inclusive, la tracción eléctrica tiene cero emisiones en el punto de uso y puede ser neutral en carbono utilizando fuentes renovables de energía (TxDOT, 2021 a,c)

Durante el 2022, el presidente en funciones del país anunció que durante su administración se pretende rehabilitar más de 2 mil 500 kilómetros de vía ferroviaria para el transporte de pasajeros y carga, en el sureste, centro y occidente del país, mientras que, para el norte y Bajío tendría que ser un proyecto de la nueva administración, esto es después del 2024 (Olivares y Urrutia, 2022).

Respecto a los proyectos de infraestructura de cruce fronterizo, acorde a información disponible del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (BANOBRAS, 2022) en la administración actual los proyectos en la región México-Texas son

siete, donde sólo dos involucran la construcción de nueva infraestructura y uno se encuentra en estudio de factibilidad. Los cuatro restantes son proyectos de modernización y actualización (Tabla 4).

Tabla 4. Proyectos de infraestructura de cruce transfronterizo considerados en la administración actual

Proyecto	Tipo de participación	Término de vigencia
Modernización, operación, mantenimiento y conservación de los caminos y puentes que integran el paquete noreste, en los estados de Tamaulipas y Nuevo León.	Asociación Público-Privada	21/07/2030
Construcción, operación, mantenimiento, conservación y explotación de la sección mexicana del puente internacional Reynosa-McAllen "Anzaldúas".	APP	26/07/2037
Puente Internacional Río Bravo – Donna. Modernización del puerto fronterizo	Obra Pública	N.D.
Laredo 4/5. Construcción de un nuevo Puente Internacional, para carga y vehículos ligeros	APP	En estudio de factibilidad
Puente Internacional Progreso – Nuevo Progreso	Modernización por parte de los EUA	N.D.
Puente Internacional Ojinaga – Presidio. Construcción de un segundo cuerpo con 2 carriles vehiculares.	Obra Pública	2020
Puente Internacional B&M. Reconversión de puente.	Obra pública	N.D.

Elaboración propia con base a Banobras (2022)

Datos abiertos del presupuesto propuesto por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para 2023 muestran que el gasto en infraestructura crecerá 74.7% en términos reales, es decir, descontada ya la inflación, siendo la mayor partida de recursos para obra pública la asignada a Petróleos Mexicanos (Pemex), con 63.1%; seguida de Turismo, como a través de la que se realizan las asignaciones para el Tren Maya y que tendrá 16.2% del presupuesto directo a infraestructura. Respecto al presupuesto relacionado a la agilización del transporte, su principal coordinador, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, sólo recibirá el 7.1% de los recursos para obra pública (Villanueva, 2022).

Recientemente el gobierno federal anunció que busca que el volumen de mercancías e insumos que se movilizan por ferrocarril en el país pase de 26% al 40%, al ser el medio de transporte más barato para el erario y menos contaminante (Alegría, 2023).

Acorde al equipo editorial de TLW (2020), en la actualidad dos son los principales desafíos que el sector ferroviario enfrenta. A partir del segundo trimestre de 2019, existió un aumento en tarifas de concesionarios (de hasta 10%) ante el retiro del subsidio para acreditar el Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) de diésel consumido, por lo que algunas de las empresas usuarias del sector ferroviario derivaron carga de los vagones del tren, sobre todo la que se mueve entre los 300 y 400 kilómetros, desplazándose hacia las carreteras y camiones. Así mismo, la ola de inseguridad que impacta al servicio ferroviario. En el primer trimestre de 2019 se reportaron mil 57 robos, 10.5% más que en igual lapso de 2018, según cifras de la propia Agencia Reguladora de Transporte Ferroviario (ARTF). Siendo el robo de autopartes y granos, las actividades ilícitas más frecuentes.

2.2.3 Terminales intermodales de carga o Puertos Secos

Tal como los describen Award, González y Camarero (2015), los puertos secos pueden ser considerados como una continuación de los puertos marítimos, optimizando el acceso a los mismos y permitiendo que tengan un mayor hinterland (al interior de un territorio) como consecuencia del aumento en la accesibilidad que producen, utilizando, de manera coordinada, el medio de transporte más sostenible en cada tramo. Su diseño se propone como solución a los problemas de espacio y exigencias logísticas en el funcionamiento de las cadenas de valor integradas, desahogando los puertos marítimos, al permitir los trámites de despacho de aduanas, los controles de seguridad, el mantenimiento de contenedores y las actividades de maniobra en sus instalaciones. Por otro lado, sirven como infraestructura de consolidación de cargas, consiguiendo economías de escala en origen (cross-docking distribution) y también como medida para atenuar los impactos medioambientales frente a la ampliación de los puertos marítimos.

Al ahorrar tiempo de transporte y reducir los costos logísticos, los Puertos Secos se han multiplicado en el país, ya que de haber sólo dos en el año 2000, en 2005 ya existían 15 operando (Iniesta, 2005), siendo en la actualidad los puertos secos de Monterrey, N.L., Tepeji del Río. Hgo.,

Silao, Gto., y San Luis Potosí, S.L.P., los más importantes por su concentración de servicios (Juárez, 2021).

De acuerdo a información disponible en la plataforma de proyectos de infraestructura liderada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y BANOBRAS (<https://www.proyectosmexico.gob.mx>), en la actual administración no se contempla ningún proyecto nuevo o en proceso relacionado a la modernización o construcción de algún puerto seco o terminal intermodal en territorio nacional.

Dada la relevancia que representa el movimiento de mercancías al año 2050 en la frontera México-Texas y su impacto estimado al crecimiento económico del país, es necesario tener una visión de largo plazo respecto a la infraestructura necesaria que permitiría cumplir las metas proyectadas y los lineamientos del desarrollo sostenible, tema que es pobremente abordado en los planes de desarrollo vigentes a nivel nacional y estatal de las entidades que colindan con el estado de Texas (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas).

2.2.4 Nexo Infraestructura y el Desarrollo Sostenible

Acorde a la CEPAL (2022), la región de América Latina y el Caribe (ALC) debe transitar hacia la generación de energías limpias y renovables, que permitan reducir la dependencia de fuentes generadoras de CO₂. Para esto resulta fundamental modernizar los sistemas de transporte de mercancía, hacia sistemas más eficientes en la reducción de emisiones.

Autores, como Bhattacharya y col. (2022), señalan que un aumento importante de la inversión estimula la adopción de los cambios tecnológicos necesarios para incrementar la productividad, al reducir los problemas de coordinación entre empresas que inhiben la incorporación de nuevas

tecnologías. También plantean que el aumento de la inversión debe darse en todas las formas de capital (humano, físico, social y natural) y que se debería aprovechar la actual coyuntura para reconstruir mejor, reemplazando el capital envejecido y contaminante por uno mejor, que permita un desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente.

No obstante, el reto de la inversión no solo atañe a la infraestructura. Acorde al autor antes citado, las economías emergentes, excepto en el caso de China, deben incrementar la inversión promedio anual 6.8 puntos porcentuales en menos de una década para atender necesidades vinculadas

al capital humano (salud y seguridad social), la infraestructura, el uso de la tierra y las estrategias de adaptación y resiliencia.

Tabla 5.

Variación necesaria de la inversión para alcanzar el escenario objetivo a 2030

Capital humano	2.5%
Infraestructura sostenible	2.2%
Uso de la tierra, agricultura, naturaleza	1.3%
Adaptación y resiliencia	0.8%
Total	6.8%

Fuente: Bhattacharya y otros (2022)

Si bien el término de “infraestructura sostenible” se define como: infraestructura en armonía con la continuación de la sostenibilidad económica y ambiental, acorde la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico (CESAP, 2007), conforme a lo mencionado por Suárez-Alemán y Silva (2020), para garantizar que ésta impacte positivamente en el crecimiento económico, es necesaria una transformación sustancial en la manera en que se construyen las ciudades, se produce y se utiliza la energía, se transportan las personas y bienes, y se utilizan los servicios que ofrece la naturaleza.

En los últimos años, inversionistas de todo el mundo han puesto su atención en los activos reales, es decir, físicos y tangibles, como lo

es la infraestructura. Y, dentro de estos, en los proyectos sostenibles, porque existe cada vez mayor evidencia de que los activos que incorporan criterios de sostenibilidad de forma holística pueden ofrecer mejores rendimientos ajustados al riesgo. Al hablar de oportunidades respecto de estos activos sostenibles, según un estudio realizado por el BID, ALC requiere que se realicen inversiones adicionales por cerca de 2.5 % del PIB, lo que supone una diferencia de aproximadamente 150 mil millones de dólares al año.

Esta brecha genera oportunidades para atraer al capital privado; de hecho, datos del BID indican que la cartera de proyectos de infraestructura sostenible en la región de ALC llegará a los 300 mil millones de dólares en el año 2025, lo cual amplía un abanico de opciones para que inversionistas privados puedan participar en el desarrollo de infraestructura de la región.

Pero, así como hay oportunidades, también hay retos. Según una encuesta de 2018 realizada por el BID a distintos inversionistas, la región de ALC presenta desafíos sustanciales en el financiamiento de infraestructura sostenible. Entre ellos, se pueden mencionar la incertidumbre regulatoria y la corrupción; la ausencia de proyectos bien argumentados que puedan ser financiados, también conocida como ausencia de proyectos “bancables”; la falta de experiencia adecuada en la materia por parte de las instituciones financieras; y, finalmente, la carencia de información sistemática y herramientas para realizar un análisis integral.

81

2.2.5 Transición de un gobierno tradicional a Govtech

La innovación pública se refiere a las acciones que toman los gobiernos para dar solución a los problemas públicos que usualmente son complejos y con un alto grado de incertidumbre. En este sentido, la innovación pública genera transformaciones de valor agregado al interior de la gestión pública y de la sociedad. Dada la problemática principal que aborda este documento

y la necesidad de una dinámica implementación de la I4.0 en el país, una vía paralela de solución es la transición de un Gobierno Tradicional al Govtech, el cual es el ecosistema donde los gobiernos colaboran con startups, scale-ups y MiPymes que utilizan inteligencia de datos, tecnologías digitales y metodologías innovadoras para proveer productos y servicios que resuelven

problemáticas públicas, reconociendo de primera mano las ventajas y retos que implica la transición digital (Zapata, 2021).

Dado el impacto ambiental, económico y social que representa el futuro del transporte de mercancía en la frontera México-Texas a nivel país y los temas prioritarios de desarrollo actuales, del cual la agilización del movimiento de mercancía en la frontera norte no es uno de ellos, es necesario realizar estudios que permitan anticipar e informar a los tomadores de decisión al respecto, tal como el Backasting y sus diferentes vertientes las cuales

hacen referencia al enfoque de los estudios sobre el futuro basado en la creación de escenarios normativos, cuyo punto de partida es el estado final esperado, los cuales han sido utilizados ampliamente para analizar problemas complejos durante un período de tiempo abarcando temas sociales y cambios tecnológicos, teniendo como objetivo principal el crear una estrategia de acción y, al mismo tiempo, identificar quién podría liderar este cambio (Wieliczko, 2017).

3. CONCLUSIONES

Ante la gran oportunidad que representa el futuro del comercio de bienes y servicios en la frontera México-Texas, México debe tener claridad en la ruta de un desarrollo sostenible regional que coadyuve al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Un actor clave en el logro de la meta es el transporte de carga de mercancías y su descarbonización en el corto y mediano plazo. La experiencia internacional apunta a que la transición a Sistemas de Transporte Inteligente, la mayor participación del ferrocarril y las interfaces de carga intermodal representan una de las mejores opciones a seguir. Un tema en común entre las tres opciones es el uso de tecnologías posibilitadoras de la Industria 4.0, la cual su grado de implementación en el país ha sido lenta, dado el alto nivel de inversión requerido. Si bien el inicio de transición a sistemas 5G ya es una realidad en el país, aún existen amplias oportunidades de desarrollo de proyectos de infraestructura sostenible, entre ellos la necesidad de ampliar y/o construir nuevos puentes internacionales y cruces transfronterizos, y terminales intermodales de carga más efectivas, además de los desafíos de gobernanza previstos. Infraestructura, que al menos en el corto plazo, acorde a la información presentada en este estudio, no está contemplada, poniendo así en riesgo las condicionantes de desarrollo sostenible. Es recomendable acelerar los procesos de innovación pública a través de la transición de un gobierno tradicional a un Govtech, lo cual le permitiría al gobierno

comprender de primera mano las necesidades de digitalización que el actual desarrollo sostenible requiere. Se recomienda realizar, e informar a los tomadores de decisión, estudios sobre el futuro basado en la creación de escenarios normativos, cuyo punto de partida es el estado final esperado. Al visualizarse la transición hacia la digitalización del país en un horizonte de mediano a largo plazo, en el corto plazo, la descarbonización del transporte de carga debería insistir en la eficiencia energética, la productividad de las operaciones logísticas, cambios de comportamiento en la demanda y las políticas públicas que promuevan la obligatoriedad de dichas estrategias.

4. REFERENCIAS

Alegría, A. (19 de febrero de 2023). Más seguro y menos contaminante, el ferrocarril es la mejor opción de carga. Obtenido de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2023/02/19/economia/015n1eco>

AMF, Asociación Mexicana de Ferrocarriles A.C. (23 de marzo de 2023). Kansas City Southern. Puente internacional Nuevo Laredo. Obtenido de Asociación Mexicana de Ferrocarriles: <https://amf.org.mx/wp-content/uploads/2020/06/Puente%20Internacional%20Nuevo%20Laredo%20-%20KCSM.pdf>.

ARTF, Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (16 de septiembre de 2022). Sistema Nacional de Indicadores Ferroviarios. Obtenido de publicaciones de la SICT: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/702083/Indicadores_Ferrovianos_ARTF_2021_VF.pdf.

Award, S., González, N. y Camarero, A. (15 de septiembre de 2023). Establecimiento de los factores a considerar para determinar la zona de ubicación de un puerto seco y de sus jerarquías a través de un panel DELPHI. Obtenido de la Revista Transporte y Territorio, núm. 13, julio-diciembre, 2015, pp. 100-121.

BANOBRAS, Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (08 de agosto de 2022). Macroproyectos y programas. Cruces fronterizos México-E.U.A. Obtenido de: https://www.proyectosmexico.gob.mx/iniciativas-cruces_fronterizos/.

Bhattacharya, A. y col. (10 de diciembre de 2022). Financing a big investment push in emerging markets and developing economies for sustainable, resilient and inclusive recovery and growth. Obtenido de Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics and Political Science, and Washington, DC Brookings Institution: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2022/05/Financing-the-big-investment-push-in-emerging-markets-and-developing-economies-for-sustainable-resilient-and-inclusive-recovery-and-growth-1.pdf>.

BIEE, Base de Indicadores de Eficiencia Energética (12 de octubre de 2022). Base de Indicadores de Eficiencia Energética, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía. [En línea]. Obtenido de: <https://www.biee-conuee.net/>.

Briso, C. (22 de octubre de 2022). Módulo 1: Introducción, MOOC Comunicaciones 5G: IOT, UAVs y transporte inteligente. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid: <https://miriadax.net/>.

CAF (22 de noviembre de 2022). Hacia el desarrollo de infraestructuras eficientes y sostenibles en América Latina: oportunidades y beneficios de la digitalización para los sectores de la energía eléctrica, la movilidad y la logística. Obtenido de CAF-Banco de Desarrollo de América Latina: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1799>.

Carbajal, B. (08 de septiembre de 2022). Comercio México-Estados Unidos cierra julio en máximos históricos. Obtenido de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2022/09/08/economia/019n2eco>

CESAP, Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (17 de noviembre de 2022). Sustainable infrastructure in Asia: overview and proceedings. Seoul initiative policy forum on sustainable infrastructure. Obtenido de: <https://www.unescap.org/resources/sustainable-infrastructure-asia-overview-and-proceedings-seoul-initiative-policy-forum#>.

CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2018). Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital (LC/CMSI.6/4), Santiago, 2018.

CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (09 de febrero de 2023). Estudio Económico de América Latina y el Caribe. Obtenido de: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48077>.

CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (13 de septiembre de 2023). La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0. Obtenido de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/fcab7fb0-e1cb-4282-8e11-47f124540dd4/content>

CONUEE, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (5 de marzo de 2023). Eficiencia energética en el transporte ferroviario. Obtenido de: <https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/transporte/fichastecnicas/ferroviario.pdf>.

Corrales, S. y Mendoza, J., (15 de abril de 2023). Infraestructura de transporte y exportaciones en la frontera norte de México. Obtenido de Revista de Economía-UADY: <https://doi.org/10.33937/reveco.2021.216>.

DW Shift (15 de enero 2023). What is 5G? 5G Network and 5G Phones explained. Obtenido de TechXplainer: <https://www.youtube.com/watch?v=rV2OEnaF8Fs>.

European Commission (22 de enero de 2023). Sistemas ciber físicos. Introducción a la revolución industrial 4.0. Obtenido de INTRO 4.0.: <https://platform.intro40.eu/>

Gallopín, G. (25 de octubre de 2022). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Obtenido de División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/5763>.

GOB.MX (19 de diciembre de 2022). Presupuesto total del AIFA. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/aifa/es/articulos/presupuesto-total-del-aifa>. Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2022.

Gutiérrez, J. (15 de abril de 2022). Pasan por Nuevo Laredo 53% de las exportaciones terrestres mexicanas. Obtenido de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/notas/2022/04/15/economia/pasan-por-nuevo-laredo-53-de-las-exportaciones-terrestres-mexicanas/>

INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (16 de octubre de 2022). Contribución Determinada a Nivel Nacional. Actualización 2022. Obtenido de: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mexico_NDC_UNFCCC_update2022_FINAL.pdf.

IFT, Instituto Federal de Telecomunicaciones (2020). Visión y prospectiva de la conectividad 5G. Obtenido de Asesores de presidencia IFT: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/otros-documentos/visionyprospectivadelaconectividad5g.pdf>.

ITF, International Transport Forum (2021b). Transport Climate Action Directory – Intelligent Transport Systems (freight) / Capacity increases in rail by automatization and digitalization. Obtenido de: <https://www.itf-oecd.org/policy/intelligent-transport-systems-freight-capacity-increases-rail-automatisation-and>.

ITF, International Transport Forum (2021a, c). Transport Climate Action Directory – Enhanced and expanded rail for freight. Obtenido de: <https://www.itf-oecd.org/policy/enhanced-and-expanded-rail-for-freight>.

ITF, International Transport Forum (2021d). Transport Climate Action Directory – Multimodal freight interfaces. Obtenido de: <https://www.itf-oecd.org/policy/multimodal-freight-interfaces>.

ITF, International Transport Forum (2022). How Digitally driven Operational Improvements Can Reduce Global Freight Emissions. Obtenido de: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/digital-operation-reduce-freight-emissions.pdf>.

ITF, International Transport Forum (2023). Transport Climate Action Directory. Obtenido de: <https://www.itf-oecd.org/transport-climate-action-directory-measures>

Juárez, C. (26 de noviembre de 2022). Puertos secos: ¿Qué son y cuál es su utilidad? Obtenido de The Logistics World, México: <https://thelogisticsworld.com/logistica-y-distribucion/puertos-secos-que-son-y-cual-es-su-utilidad/>.

Lavopa, A. y Delera, M. (18 de marzo de 2023). What is the Fourth Industrial Revolution? Obtenido de Industrial Analytics Platform-UNIDO: <https://iap.unido.org/articles/what-fourth-industrial-revolution>.

Nieblas, M. (15 de diciembre de 2022). Cuando el destino nos alcance... con la industria 4.0. Obtenido de: <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/desarrollo-de-industria-4-0.html>

Olivares, E. y Urrutia, A. (26 de mayo de 2022). AMLO: este será el año con el mayor ingreso de IED. Obtenido de

La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2022/05/26/economia/019n1eco>

Rodrigue, J. (2020). *The Geography of Transport Systems*, Fifth edition, New York: Routledge, 456 pages, doi.org/10.4324/9780429346323.

Rodríguez, D. (2022a). Así es CFE Telecomunicaciones, la empresa estatal que busca competir con Telcel, AT&T y Telefónica. Obtenido de El País: <https://elpais.com/mexico/economia/2022-09-03/asi-es-cfe-telecomunicaciones-la-empresa-estatal-que-busca-competir-con-telcel-att-y-telefonica.html>

Rodríguez, D. (2022b). La red 5G en 18 ciudades de México: ¿quiénes pueden conectarse? Obtenido de El País: <https://elpais.com/mexico/2022-02-24/la-red-5g-en-18-ciudades-de-mexico-quienes-pueden-conectarse.html>

SICT, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (26 de abril de 2023). Principales estadísticas del Sector Infraestructura, Comunicaciones y Transportes 2021. Obtenido de: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGP/estadistica/Principales-Estadisticas/PE_2021.pdf.

Schroten, A., Van Grinsven, A., Tol, E., Leestemaker, L., Schackmann, P.P., Vonk-Noordegraaf, D., Van Meijeren, J., Kalisvaart, S. (2020). Research for TRAN Committee – The impact of emerging technologies on the transport system, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels

Suárez-Alemán y A., Silva, M. (2020). Hacia una infraestructura sostenible mediante asociaciones público-privadas: diagnóstico de la conflictividad ambiental, predial y social, y recomendaciones de actuación para América Latina y Caribe. INERCO Consultoría Colombia.

TLW, The Logistics World (18 de septiembre de 2023). Desafíos del sector ferroviario en México. Obtenido de: <https://thelogisticsworld.com/historico/desafios-del-sector-ferroviario-en-mexico/>

Trujillo, E. (19 de agosto de 2022). Programa Transporte Limpio. Obtenido de SEMARNAT: <https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/transporte/20ForodeEEeT/6.Semarnat.pdf>

TxDOT, Texas Department of Transportation (2021a). Texas-Mexico Border Transportation Master Plan 2021. Rio Grande Valley/Tamaulipas Region Summary. Obtenido de Texas Department of Transportation: <https://www.txdot.gov/government/partnerships/trade-border/btmp.html>.

TxDOT, Texas Department of Transportation (2021b). Texas-Mexico Border Transportation Master Plan 2021. Obtenido de Texas Department of Transportation: <https://www.txdot.gov/government/partnerships/trade-border/btmp.html>

Villanueva, D. (25 de septiembre de 2022). El gasto en obra pública es 62.1% de lo destinado al servicio de la deuda. Obtenido de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2022/09/25/economia/013n2eco>

Wieliczko, B. (2017). Backcasting as an approach to creating long-term development strategies for the agri-food sector. Proceedings of the International Scientific Conference “Strategies for the Agri-Food Sector and Rural Areas – Dilemmas of Development”, 19-21 June 2017, Licheń Stary, Poland, Multi-Annual Programme 2015–2019 “The Polish and the EU Agricultures 2020+. Challenges, Chances, Threats, Proposals” No. 52.1

Zapata, E. (19 de abril de 2023). Guía de preparación para estrategias Govtech. Obtenido de CAF: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1783>.