



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Inventario de emisiones en los corredores de transporte carretero en México 2023

Juan Fernando Mendoza Sánchez
José Belisario Aburto Barrera
Luz Angélica Gradilla Hernández

Publicación Técnica No. 767
Querétaro, México
2023

ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Infraestructura de Vías Terrestres por el M. en C. Juan Fernando Mendoza Sánchez y el Ing. José Belisario Aburto Barrera, y la Dra. Luz Angélica Gradilla Hernández de la División de Transporte Sostenible y Cambio Climático, investigadores del Instituto Mexicano del Transporte.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna CI 01/23: Inventario de emisiones en corredores de transporte en México.

Se agradece la colaboración del Ing. Alonso García Roa excolaborador del IMT quien coadyuvó a los trabajos realizados en esta investigación.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores (as) y no necesariamente reflejan los puntos de vista del Instituto Mexicano del Transporte.

Tabla de Contenido

	Página
Sinopsis.....	v
Abstract.....	vii
Introducción.....	1
1. Antecedentes.....	3
2. Metodología para estimación de emisiones en los corredores de transporte.....	23
3. Desarrollo del inventario de emisiones del transporte de carga en los corredores de transporte carretero	45
4. Modelado de inventario de emisiones de CO ₂ del transporte de carga 123	
Conclusiones.....	145
Bibliografía	147

Sinopsis

En el presente estudio se realizó un análisis de impacto del transporte de carga al medio ambiente, de manera específica su contribución en la generación de emisiones.

La metodología utilizada se basa en el modelo HDM-4, por lo que el método es una estimación de emisiones de abajo hacia arriba (Bottom-Up), el cual incluye las variables del camino, del tránsito, del medio ambiente, entre otras.

Se estimaron las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en 16 corredores carreteros y otros contaminantes. La estimación de emisiones se realizó del total de vehículos que circulan por las carreteras que integran cada corredor, así como aquellas unidades destinadas al transporte de mercancías.

Se construyeron indicadores de presión ambiental, tales como las “emisiones de CO₂ por kilómetro” y las “toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro”.

Los resultados permitieron actualizar la línea base de las emisiones para estimar las emisiones futuras para este subsector, así como desarrollar mapas georreferenciados para visualizar el impacto del transporte de mercancías por carretera.

Esta modelación será de gran utilidad para analizar las diferentes estrategias que se deseen implementar para la reducción de emisiones de GEI en el transporte de carga y poder evaluar el impacto que tendrán en la mitigación del cambio climático.

Abstract

In this study, we conducted an analysis of the impact of freight transportation on the environment, specifically its contribution to the generation of emissions.

The methodology used is based on the HDM-4 model, so the method is a “Bottom-Up” emissions estimation, which includes road, traffic and environmental variables, among others.

CO₂ emissions were estimated for 16 road corridors and other pollutants. Emissions were estimated for the total number of vehicles circulating on the highways that make up each corridor, as well as those units used for freight transportation.

Environmental pressure indicators were constructed, such as "CO₂ emissions per kilometer" and "tons of CO₂ per million ton-kilometers".

The results made it possible to update the emissions baseline to estimate future emissions for this subsector, as well as to develop geo-referenced maps to visualize the impact of road freight transport.

This modeling will be very useful to analyze the different strategies to be implemented to reduce GHG emissions in freight transportation and to evaluate the impact they will have on climate change mitigation.

Introducción

El impacto ambiental del transporte carretero es un tema de gran preocupación en la sociedad actual, ya que es el principal responsable de las emisiones de CO₂ en el sector transportes.

Los análisis realizados en el presente estudio sugieren que las emisiones del transporte de carga pueden tener un impacto significativo en las reducciones de gases de efecto invernadero (GEI) y con ello contribuir a las metas globales para mitigar el cambio climático.

En el contexto de México, un país con una extensa red de carreteras y una economía en constante crecimiento resulta imperativo conocer cuantas emisiones son emitidas a la atmosfera por el transporte de mercancías, en donde se concentra la mayor generación de gases, para poder mitigar las emisiones generadas por esta actividad clave para la economía nacional.

Para atender esta necesidad se desarrolló el presente "Inventario de emisiones en los corredores de transporte carretero en México 2023" del transporte de carga, el cual es un exhaustivo análisis sobre las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del transporte de carga en los principales corredores viales del país, y que permitirá tomar las mejores decisiones para reducir el impacto en este subsector.

En el capítulo 1 se presentan los antecedentes de este estudio, donde se caracteriza el transporte de carga, se analiza el impacto ambiental del transporte de carga (emisiones, ruido, contaminación del agua, etc.), se estudian las emisiones de GEI en el país, y se sientan las bases de conocimiento para la construcción de indicadores ambientales para este estudio, así como el tipo de metodologías disponibles para la estimación de emisiones para el transporte de mercancías.

El desarrollo del inventario de emisiones del transporte de carga en los corredores de transporte carretero es un aspecto central de este estudio. Se examina la composición de la flota vehicular, las características del transporte de carga, los patrones de tráfico y otros factores relevantes para determinar las emisiones asociadas a esta actividad en diferentes tramos de los corredores.

La metodología utilizada para estimar las emisiones en los corredores de transporte se basa en enfoques científicos y técnicos rigurosos. Se aborda en detalle la recopilación de datos, los modelos de estimación y las fuentes de información utilizadas, asegurando la confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos. La metodología es presentada y descrita en el capítulo 2, además de ir identificando las fuentes de información para cada uno de los datos requeridos en el análisis e ir delimitando el alcance del estudio (longitud de corredores y su caracterización) y la definición de los indicadores ambientales.

En el Capítulo 3 se describen los corredores de transporte que son estudiados y analizados, y se presenta los resultados de las emisiones generadas por los vehículos totales y los destinados para el transporte de mercancías. Las principales emisiones determinadas son: hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos nitrosos, partículas suspendidas y dióxidos de azufre. En el mismo capítulo se presentan los resultados de los indicadores “toneladas de CO₂ por kilómetro”, “gramos de CO₂ por vehículo por kilómetro”, y “toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro” para cada corredor.

Los resultados obtenidos permitieron hacer una comparativa con los resultados obtenidos en un estudio previo publicado en 2013, y con ello comparar la evolución y comportamiento de algunos de los indicadores. Esta comparativa forma parte también del Capítulo 3. También se incluye una verificación de calidad de los resultados obtenidos.

Con los resultados se modeló a través de sistemas de información geoespacial los indicadores obtenidos para cada corredor, y cuya visualización permite identificar los tramos carreteros que conforman los corredores donde se presentan la mayor cantidad de emisiones. Estos mapas se incluyeron en el capítulo 4, así como un análisis de las tasas de crecimiento del transporte de carga (vehículos y mercancía) para proyectar el crecimiento del transporte y de la generación de emisiones para los años 2030 y 2050, de tal manera que se contara con una línea base.

Esta publicación técnica tiene como objetivo proporcionar a los investigadores, profesionales del transporte, autoridades gubernamentales y otros actores interesados una visión integral y actualizada sobre las emisiones generadas por el transporte de carga en los corredores de transporte carretero en México. Los resultados y conclusiones presentados aquí constituyen una base sólida para la toma de decisiones informada y la implementación de políticas ambientales efectivas en el sector del transporte.

1. Antecedentes

El transporte de carga por carretera (autotransporte) en México, es el modo más utilizado para el movimiento doméstico de la carga. Este contribuye con 3.96% del Producto Interno Bruto (PIB) y genera 2.73% del empleo a nivel nacional (Berrones, 2021).

El mercado mexicano de transporte de carga por carretera se valoró en 81,990 millones de dólares en 2021, y se espera que alcance un valor de 131,610 millones de dólares en 2027, registrando una tasa compuesta de crecimiento anual del 9.91% durante el periodo de previsión (Mordor Intelligence LLP, 2022).

1.1 Características del transporte de carga

El costo del transporte es el factor más importante para considerar en el transporte de carga, el cual se define por múltiples variables tales como:

Capacidad. Este factor se refiere a las características de la carga en términos físicos, asociados directamente al peso y al volumen.

Accesibilidad. Este factor asocia el nivel de conectividad entre los orígenes y destinos, donde se incluye principalmente a la infraestructura necesaria y también a las políticas operacionales entre los proveedores de los servicios de transporte.

Confiabilidad. Se refiere a la consistencia en el servicio de transporte y la capacidad para cumplir con el horario de recolección y entrega.

Seguridad. Es la capacidad de entregar las mercancías en las condiciones en que son esperadas. El efecto de pérdida o daño de los bienes influye en los costos del servicio.

Las medidas cuantitativas de transporte de carga general son variables que incluyen el valor y el peso de la carga, la distancia recorrida, el costo y la velocidad de transporte.

En algunos países se incluyen las externalidades del transporte como una variable, ya que cada modo de transporte representa impactos diferenciados.

La Tabla 1.1 caracteriza las principales variables que se utilizan para comparar los diferentes modos de transporte.

Tabla 1.1 Variables de los modos de transporte de carga

Variable	Modo de transporte			
	Autotransporte	Ferroviario	Aéreo	Marítimo
Capacidad (ton/veh)	25	90	100	1 500 o más
Velocidad (km/h)	75	33	730	12
Tiempo de carga (min/ton)	4	2	4	10
Participación modal* (%)	74.59%	18.13%	0.02%	7.27%

Nota: Valores estimados para México basados en la estadística del Sector de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, de acuerdo con las cifras reportadas para el año 2021.

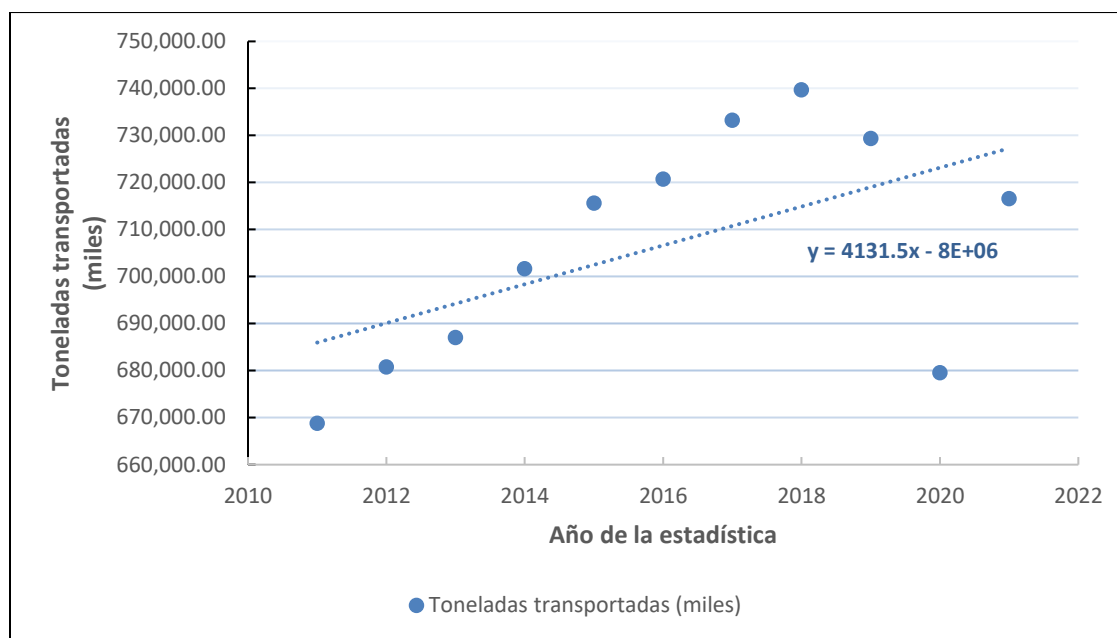
Fuente: Elaboración propia con información de Coyle, John J.; Bardi Edward J., and Novack, Robert A., *Transportation*, 4th ed. (St. Paul: West Publishing Company, 1994) y del Anuario Estadístico 2021, SICT (2021).

Por otra parte, el servicio del transporte de carga por carretera está compuesto por diferentes fases, que incluye la recepción de la orden de pedido por parte del cliente; la planeación de la operación, mediante la asignación de la ruta, el tipo de unidad/vehículo y operador, entre otros; los documentos de servicios, tales como las carta porte, documentos de la unidad y del producto y los peajes; el control del viaje mediante el cual se monitorea la operación de la unidad desde la salida hasta la entrega, midiendo la eficacia del viaje y administrando las incidencias del mismo.

1.2 Crecimiento de transporte de carga en México

El transporte de carga en México ha tenido un significativo crecimiento desde la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), ahora denominado T-MEC.

Durante el año 2021 se transportaron por los diferentes modos de transporte más de 716.5 millones de toneladas. En el periodo de 2011-2021 se experimentó un crecimiento del transporte de carga de más del 0.6% anual. La Figura 1.1 muestra la tendencia del crecimiento de la carga en México y la Tabla 1.2 detalla el valor por modo de transporte y año de registro.



Fuente: Anuario Estadístico 2021, SICT, 2022.

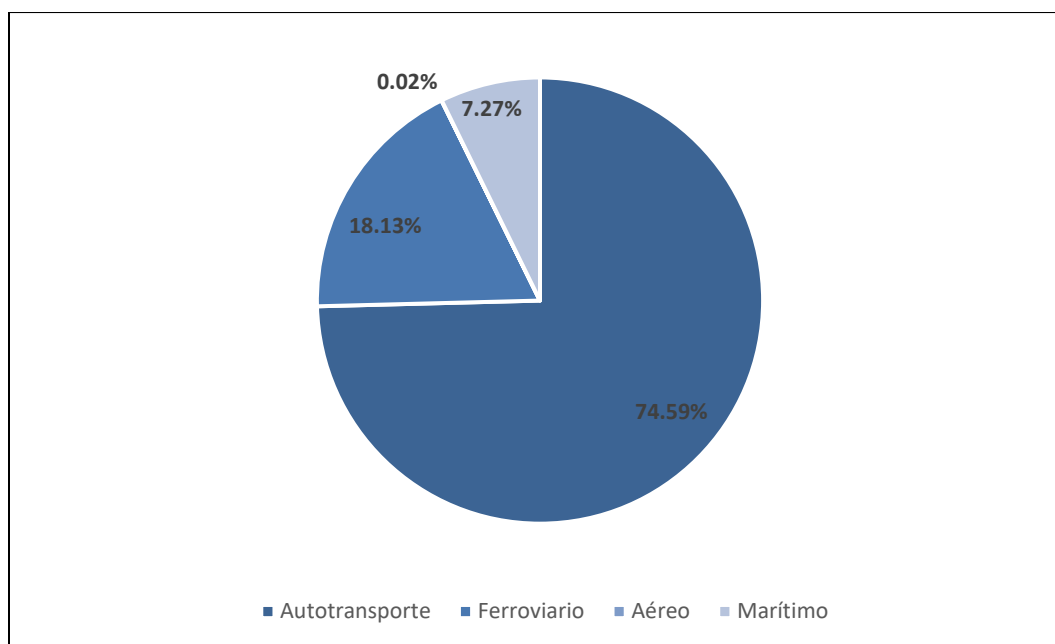
Figura 1.1 Crecimiento del transporte de carga en México 2011-2021

Tabla 1.2 Crecimiento del transporte de carga en México por modo de transporte 2011-2021 (miles de toneladas)

Año	Autotransporte	Ferrovionario	Aéreo	Marítimo	Total
2011	485,502	108,433	106	74,742.94	668,783.94
2012	498,147	111,607	112	70,888.35	680,754.35
2013	502,150	111,933	101	72,822.94	687,006.94
2014	511,340	115,501	119	74,712.65	701,672.65
2015	522,990	118,450	130	74,001.25	715,571.25
2016	535,548	121,969	127	63,050.06	720,694.06
2017	546,588	126,875	112	59,681.11	733,256.11
2018	556,411	128,034	130	55,087.72	739,662.72
2019	552,318	125,185	125	51,699.39	729,327.39
2020	512,726	120,381	94	46,325.96	679,526.96
2021	534,469	129,889	114	52,061.90	716,533.90

Fuente: Anuario Estadístico 2021, SICT, 2022.

Para el año 2021, el transporte de carga carretero representó una participación de un poco más del 74%, lo cual se muestra en la Figura 1.2.



Fuente: Elaboración propia con información del Anuario Estadístico 2021, SICT, 2022.

Figura 1.2 Participación por modo de transporte de carga en México 2021

Debido a que el transporte de carga por carretera tiene una mayor participación en la movilidad de mercancías, es por lo que en este estudio se enfoca a dicho modo de transporte.

En México, de acuerdo con cifras de la Secretaría de Energía, el sector autotransporte es el mayor consumidor de energía para su operación, esto incluye gasolinas, diésel, combustóleo, naftas, gas licuado, gas seco, electricidad y querosenos básicamente. La Tabla 1.3 muestra el consumo final para cada uno de los modos de transporte para el año 2021.

Con la información del consumo nacional de energía, México reporta al IPCC la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por sector de acuerdo con las metodologías establecidas para estimar dichas emisiones. Estas metodologías no son exactas y se denominan metodologías de arriba hacia abajo (*Top-Down*), mientras que la elaboración de inventarios o la medición directa en campo son metodologías de abajo hacia arriba (*Bottom-Up*), las cuales serán discutidas con mayor amplitud en la sección 1.7.

Tabla 1.3 Balance Nacional de Energía, Consumo de energía en el sector transporte, 2021

Modo de transporte	Consumo (petajoules)
Autotransporte	2598.05
Aéreo	134.17
Marítimo	21.57
Ferrovionario	25.45
Eléctrico	5.40
Total, sector transporte	2784.64

Fuente: SENER, 2022.

La importancia de estudiar las emisiones de GEI generadas por el transporte es a partir de la preocupación mundial por reducir este tipo de emisiones, debido al gran impacto que estas generan a la atmósfera en el calentamiento global, cuyo principal efecto en el planeta es el cambio climático, el cual está teniendo impactos negativos al medio ambiente, y en los diferentes sectores y para la población.

En México la mayor parte de la carga en los corredores se transporta por camión, los cuales actualmente son la fuente generadora del mayor número de emisiones contaminantes. Se estima en el país que un tercio de la carga es transporte internacional y el resto es carga doméstica.

1.3 Impacto ambiental del transporte de carga

El impacto ambiental es un efecto negativo o positivo que una actividad provoca en el ecosistema. La operación del transporte de carga por carretera provoca efectos negativos en el medio ambiente, y positivos en el sector socioeconómico.

Cada tonelada de mercancía transportada genera presión sobre el medio ambiente, por lo que sus efectos pueden ser medidos en función de las toneladas movilizadas. La magnitud del impacto depende de la cantidad de mercancía transportada, del número de vehículos movilizados y las distancias recorridas.

El segundo componente de la presión sobre el medio ambiente implica el patrón espacial de las mercancías transportadas, incluyendo el modo de transporte utilizado.

El impacto se determinará sobre el medio afectado, tales como el ecosistema físico, la población, etc., y puede ser considerado crítico cuando éste incluye especies en peligro de extinción o ecosistemas vulnerables o protegidos.

A continuación, se describirán los principales impactos que el transporte de carga tiene sobre el medio ambiente.

1.3.1 Contaminación del aire

La contaminación del aire está considerada como la principal amenaza ambiental que se plantea por la operación del transporte. La Tabla 1.4 muestra los principales contaminantes emitidos a la atmósfera y el efecto que éstos tienen en la salud humana, en los ecosistemas, en el clima y en las estructuras.

Tabla 1.4 Efectos ambientales de la contaminación del aire

Contaminante	Fuente	Efecto sobre			
		Salud humana	Vegetación	Clima	Estructuras
Monóxido de carbono (CO)	Combustión incompleta	Inadecuada oxigenación, sistema nervioso, circulación, afecciones cardíacas.	-	De forma indirecta a través de la formación de ozono.	-
Dióxido de carbono (CO ₂)	Combustión	-	-	Gas de efecto invernadero, precursor del cambio climático.	-
Hidrocarburos (incluye: metano, isopentano, pentano, tolueno, etc.) (HC)	Combustión incompleta y carburación	Algunos son cancerígenos, precursor del ozono.	Acumulado en el suelo daña semillas, alimentos y cultivos.	El metano es un GEI con alto potencial de calentamiento, conduce a la formación de ozono	-
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	Oxidación de N ₂ y N-compuestos en los combustibles	Problemas respiratorios y otros problemas.	Acidificación del suelo y agua, sobrefertilización.	El NO ₂ es un GEI con alto potencial de calentamiento, conduce a la formación de ozono	Desgaste, erosión.
Partículas (PM)	Combustión incompleta y polvo del camino	Daños al aparato respiratorio, varios de contenido tóxico	Asimilación reducida.	-	Suciedad, mugre.
Carbón negro (hollín)	Combustión incompleta	Cancerígeno	-	-	Suciedad, mugre.
Ozono (O ₃)	Oxidación fotoquímica con el NO _x y los HC	Problemas respiratorios, envejecimiento de los pulmones	El riesgo de hojas y daño de la raíz, bajo rendimiento de los cultivos.	GEI con alto potencial.	Descomposición de polímeros

Fuente: Kürer, 1993

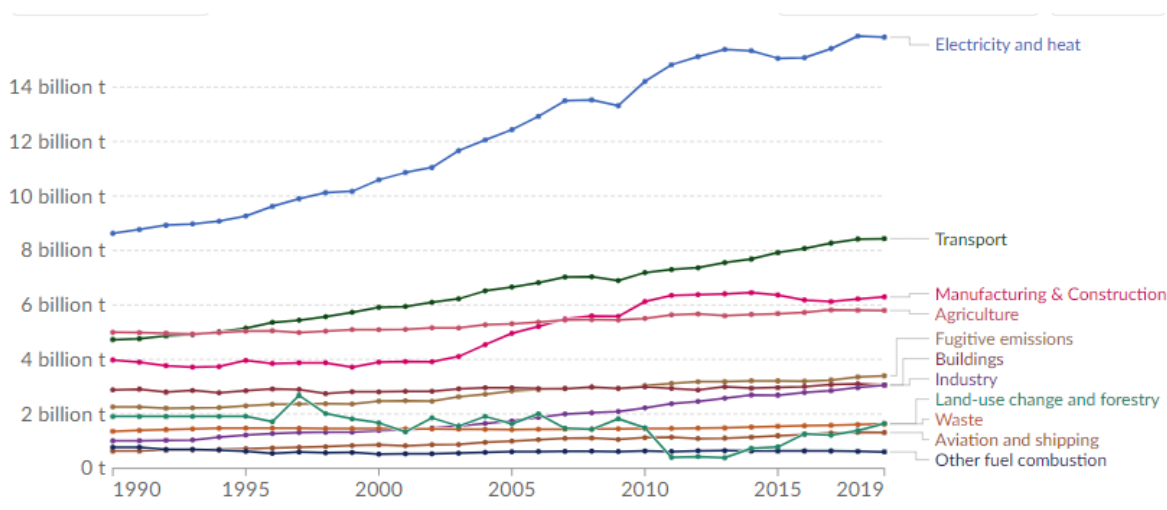
Los efectos comentados en la tabla anterior son primarios y derivados del contaminante de forma individual; sin embargo, al combinarse pueden generar efectos más severos o mostrarse como otro impacto.

Existen otros contaminantes generados por el transporte, pero, su investigación e impacto han sido poco estudiados aún, por lo que no se cuenta con evidencia científica para demostrar su amenaza ambiental.

1.3.2 Cambio climático

El cambio climático de acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es el cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) por cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un periodo prolongado, normalmente décadas o más.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) define al cambio climático como un efecto derivado directa o indirectamente de la actividad humana que ha alterado la composición de la atmósfera a nivel global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada. La Figura 3 muestra el crecimiento de las emisiones de GEI y las fuentes de origen por sector.



Fuente: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> (consultada el 25 de octubre del 2023)

Figura 1.3 Emisiones globales de GEI por sector

El cambio climático es el resultado de una externalidad asociada a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) debido a las actividades humanas desde inicios de la era industrial. El conjunto de GEI está integrado por el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), los óxidos de nitrógeno (N_2O), el Ozono (O_3) y los clorofluorocarbonos (CFC) principalmente. Las altas concentraciones de GEI en la atmósfera alteran el proceso de la radiación solar, causando efecto en el clima.

Las emisiones de GEI provenientes del sector transporte representan una cantidad importante de éstas en los diferentes países y va estrechamente ligado al grado de desarrollo de su economía. El crecimiento de los vehículos automotores ha traído consigo un aumento considerable en la generación de emisiones y en la tasa de crecimiento de estas, ya que su operación requiere, principalmente, el uso de energía fósil en sus diferentes modalidades.

El sector del transporte contribuye con pequeñas cantidades de emisiones de CH_4 y N_2O de la combustión de combustibles y gases-F del aire acondicionado de los vehículos. Las emisiones de CH_4 oscilan entre 0.1–0.3% del total de las emisiones de GEI del transporte, las de N_2O entre 2.0 y 2.8%. Mientras que las emisiones de CO_2 del sector del transporte (6.2 Gt CO_2 -eq en el año 2004) aumentaron aproximadamente un 27% a partir de 1990 y su tasa de crecimiento es la mayor entre los sectores de usuarios finales. En la actualidad, el transporte por carretera asciende al 47% del total de las emisiones de CO_2 relativas al transporte (IPCC, 2007).

1.3.3 Ruido

La operación del transporte es una fuente importante de ruido, especialmente en las zonas urbanas o suburbanas. El ruido, además de ser desagradable cuando sobrepasa ciertos niveles permitidos, puede contribuir a problemas de salud como la pérdida de audición o enfermedades cardiovasculares, además de causar estrés, trastornos de sueño, pérdida de la concentración, entre otros.

Los resultados de algunas encuestas sugieren que las personas se sienten más directamente afectados por el ruido del transporte carretero que por otro tipo de contaminaciones generadas por el mismo transporte.

La medición de ruido puede resultar compleja, ya que es difícil aislar la fuente que lo genera, por lo que es mayormente común medir el ruido ambiental, donde se suman tanto fuentes de generación de ruido artificiales como naturales.

La unidad de medida para el ruido del transporte es el decibel con ponderación de A, y se abrevia como dB(A).

El problema radica cuando los niveles de ruido para ciertos lugares rebasan los límites permisibles. La OCDE, por ejemplo, ha establecido en carreteras niveles máximos de hasta 65+/-5 dB(A) para una carretera existente durante el día y 55-60 dB(A) para la noche.

1.3.4 Contaminación del agua

La operación normal de los vehículos de transporte no genera contaminación del agua en la forma en que se genera la contaminación del aire. Sin embargo, el transporte tiene impactos directos e indirectos sobre la calidad del agua.

El transporte marítimo, en particular, afecta el medio ambiente de diversas maneras, como la contaminación del agua por hidrocarburos durante la operación de este. Este transporte es una fuente de derrames de petróleo y sustancias químicas en el puerto, en las aguas costeras, y más raramente en el mar.

El efecto que pudiera producir el transporte carretero sobre la calidad del agua es menos directo. La operación de los vehículos emite sustancias químicas productos de la combustión los cuales son vertidos directamente sobre la superficie de la carretera y posteriormente son removidos durante las lluvias a los escurrimientos superficiales o infiltrados en aguas subterráneas.

Los caminos, estacionamientos y calzadas, así como otras superficies empedradas conducen a un aumento de superficies impermeables, especialmente en las zonas urbanas. Las superficies impermeables interrumpen la filtración de la lluvia en el agua subterránea. Un aumento de superficies impermeables, por lo tanto, puede agravar el riesgo de inundaciones y conducir a una mayor escorrentía de contaminantes en las aguas superficiales.

Un incremento del tránsito se traduce en más carreteras lo cual representa más superficies impermeables, así como una mayor generación de sustancias contaminantes y un creciente transporte de materiales y residuos peligrosos.

1.3.5 Uso del suelo y fragmentación del hábitat

La construcción de sistemas de transporte terrestre causa fragmentación de los hábitats, alterando los ecosistemas y la vida silvestre.

La fragmentación del hábitat tiene cuatro componentes. En primer lugar, las líneas de transporte causan la destrucción directa del entorno sustituyéndolo por carreteras, vías férreas, u otras infraestructuras. En segundo lugar, la carretera perturba el ecosistema adyacente a través de la contaminación química, ruido, luz, y otros impactos. En tercer lugar, el derecho de vía crea una barrera que separa las áreas funcionales dentro de una región. Muchas plantas o animales no cruzarán, por lo que una carretera puede tener el efecto de reducir su ecosistema en dos. La diversidad de especies de los ecosistemas es una función del tamaño total de la zona de interrupción del hábitat, no sólo por el área real utilizada por la carretera. En cuarto lugar, el transporte carretero puede conducir a choques directos entre animales y los vehículos en movimiento.

La magnitud de la fragmentación, derivada de las infraestructuras del transporte, está directamente relacionada con su longitud y ancho, de esta manera la pérdida de hábitat se verá afectada por los volúmenes de tránsito, las velocidades y las distancias para cruzar.

Existen actualmente muchas medidas de mitigación que pueden ser implementadas en las carreteras para minimizar y reducir el impacto sobre la morbilidad de las especies, tales como barreras junto al camino, la construcción de pasos de fauna, cercas, etc.

Un análisis riguroso del impacto de los diferentes modos de transporte en el uso del suelo y la fragmentación del hábitat requeriría un detallado conocimiento de los patrones de la ecología y el uso del suelo. Incluso con tal información, sobre el ambiente en particular y las condiciones existentes, sería difícil establecer una correlación directa con el transporte.

La OCDE ha sugerido que el uso del suelo para los diferentes modos de transporte es muy significativo, ya que representan grandes superficies. Sin embargo, mientras los problemas de uso de la tierra y la fragmentación del hábitat son un componente importante de los impactos ambientales de la carretera y el transporte por ferrocarril, analizar adecuadamente puede no ser posible en el contexto de un modelo de aumento de la demanda para el transporte de mercancías.

1.4 Emisiones GEI del transporte en México

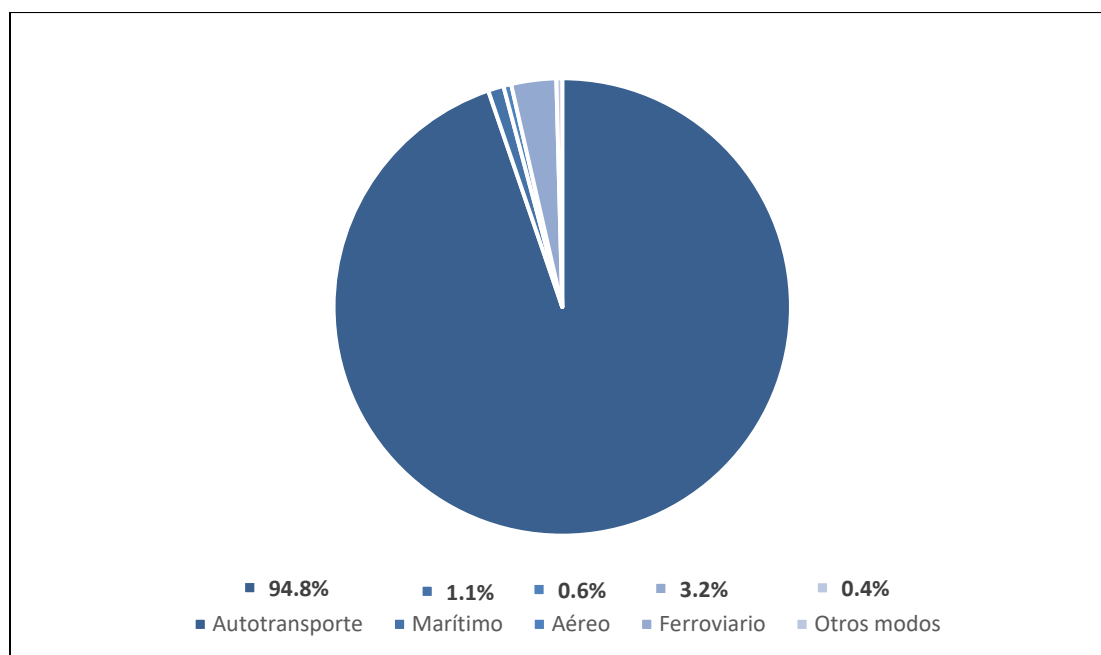
El sector Transporte es reconocido como el mayor contribuyente de emisiones antropogénicas de Gases de Efecto Invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2). Según datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE), en 2020, el sector transporte fue responsable de aproximadamente el 24% de las emisiones globales de CO_2 relacionadas con la energía (AIE, 2021).

El reto del transporte en los próximos años es mitigar el impacto que genera durante su operación. La mayor parte de las emisiones emitidas a la atmósfera se genera por el transporte urbano mediante los automóviles, camionetas y vehículos utilitarios, y el resto de las emisiones son provenientes del transporte interurbano o carretero.

En cuanto al transporte interurbano, que incluye el transporte de pasajeros y mercancías entre los diferentes orígenes y destinos nacionales e internacionales, se estima que en América del Norte la economía crecerá entre un 70% y un 130% en los próximos años. Según la Comisión de Cooperación Ambiental (CCA), en 2018, el transporte de carga por carretera representaba el 88% de las emisiones totales de CO_2 generadas por el transporte de carga en América del Norte (CCA, 2018).

En México, el sector transporte es una de las fuentes con mayor contribución de GEI, representando aproximadamente el 29% del total nacional en 2019, según el Tercer Informe de Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de México (INECC, 2021). Las emisiones de GEI por modalidad de transporte en 2019 fueron: autotransporte (137.2 MtCO_2eq), marítimo (1.6 MtCO_2eq), ferroviario (0.8 MtCO_2eq), aéreo (4.6 MtCO_2eq) y otros modos (0.6 MtCO_2eq).

La Figura 4 muestra las emisiones de GEI emitidas en México por modo de transporte.



Fuente: Elaboración propia con base en Tercer Informe de Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de México 1990-2019, (INECC, 2021).

Figura 1.2. Emisiones GEI en México por modo de transporte, 2019.

Las tendencias globales que se replican en México muestran que el consumo de energía y las emisiones de GEI del sector transporte continuarán incrementándose en función del crecimiento económico. Según el Tercer Informe de Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de México, se proyecta que las emisiones de GEI del sector transporte en México alcancen aproximadamente 233.1 MtCO₂eq en 2030 y 269.8 MtCO₂eq en 2050 (INECC, 2021).

Es importante implementar medidas de mitigación en este sector sin frenar el desarrollo y el intercambio comercial.

Actualmente, existen acciones implementadas en México para la reducción de los GEI cuya efectividad a nivel nacional ha sido probada y que, de acuerdo con las buenas prácticas internacionales, vale la pena continuar implementando, replicando, extendiendo y potencializando por los beneficios que estas acciones han traído al medio ambiente. Algunas de estas acciones incluyen: la verificación vehicular; la normatividad para regular las emisiones provenientes del escape de las unidades de transporte; el programa de modernización de la flota vehicular a través de la chatarrización; la construcción de libramientos; el mejoramiento del estado de las carreteras; el incremento del uso óptimo del transporte ferroviario en el transporte de carga; programas de transporte limpio que promueven la optimización del consumo energético de las unidades de

transporte de carga; programas de financiamiento para el transporte masivo en ciudades, entre otros.

Adicionalmente se debe impulsar la promoción de vehículos eléctricos, el mejoramiento de la eficiencia energética en los medios de transporte y la implementación de políticas de transporte sostenible.

Cada una de las estrategias descritas, ya implementadas en México y las que son susceptibles de implementarse en el futuro, tienen potencial para reducir las emisiones de GEI. Sin embargo, es importante documentar estas reducciones utilizando metodologías que permitan medir, verificar y reportar los resultados a nivel internacional. El enfoque de la presente investigación será documentar cada una de las estrategias analizadas utilizando metodologías de abajo hacia arriba, con datos medibles, verificables y reportables (MRV).

1.5 Indicadores

Según información publicada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), un sistema de indicadores se diseña con el objetivo fundamental de apoyar el proceso de planificación, formulación, seguimiento y evaluación de planes, programas y proyectos a mediano y largo plazos (CEPAL, 2020).

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), un indicador es “un parámetro, o el valor resultante de un conjunto de parámetros, que ofrece información sobre un fenómeno, y que posee un significado más amplio que el estrictamente asociado a la configuración del parámetro”.

Los indicadores son útiles en el proceso de toma de decisiones, al permitir a los tomadores de decisiones contar con información oportuna y confiable.

Existen varios modelos para organizar los conjuntos de indicadores. Uno de los más conocidos —y quizá el más utilizado en nuestro país— es el denominado Presión-Estado-Respuesta (PER), propuesto por el Ministerio de Medio Ambiente de Canadá (*Environment Canada*) y la OCDE (OCDE, 1993).

El esquema PER se basa en la siguiente lógica: las actividades humanas ejercen presiones sobre el medio ambiente (indicador de presión), con lo cual cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales (indicador de estado), motivo por el cual la sociedad responde a estos cambios mediante

cambios en las políticas ambientales o sectoriales (indicador de respuesta). El siguiente esquema muestra claramente el enfoque PER.



Fuente: SEMARNAT, 2008.

Figura 1.3. Esquema Presión-Estado-Respuesta (PER)

A efecto de generar la línea base, son de especial interés los indicadores denominados de presión, producto de las diferentes actividades humanas, en este caso, la transportación de personas y mercancías por medio de vehículos motores.

Entre los indicadores de presión se cuentan los llamados directos o indirectos: los primeros consideran aquellos impactos que actúan de forma directa sobre el ambiente (como los residuos sólidos o las emisiones contaminantes), y los segundos toman en cuenta las actividades humanas en sí mismas, es decir las actividades productivas responsables de la problemática (como las características del parque vehicular).

Los indicadores se organizan por problemas según el área de que se trate; las más comunes son: atmósfera, residuos y recursos naturales, entre otros. Para el presente trabajo los indicadores que interesan son aquellos asociados al cambio climático.

La Tabla 1.5 muestra los indicadores climáticos utilizados en España, y que sirven de referencia para el diseño de los que se utilizan en el presente trabajo.

Tabla 1.5 Indicadores climáticos

Impacto ambiental	Indicador de presión	Indicador de estado	Indicador de respuesta
Destrucción de la capa de ozono	Producción/consumo de CFCs y halones	Espesor de la capa de O₃	Recuperación de CFCs y halones
Calentamiento global	- Emisiones de CO₂ - Emisiones de CH₄ - Índice de potencial de calentamiento global	- Concentración de GEI - Cambio de la temperatura media	- Intensidad energética % de participación de energías renovables en energía primaria
Contaminación atmosférica	- Emisiones de SO₂ - Emisiones de NO₂ - Emisiones por habitante	- Inmisiones de SO₂ respecto a valores legislados - Inmisiones de NO₂ respecto a valores legislados - Inmisiones de partículas respecto a valores legislados	- Gastos per cápita en medio ambiente - Gastos para protección de la salud humana

Fuente: Elaboración propia con información de la Junta de Andalucía España.

En el ámbito mundial, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) se encarga de dar seguimiento a indicadores de cambio climático, tales como las emisiones de CO₂. Para ello se cuenta con las “Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”, cuya última versión fue revisada en 2006.

El IPCC establece dentro de sus indicadores a las emisiones de dióxido de carbono que se generan por la quema de combustibles que contienen carbono, y las emisiones nacionales se determinan en función de la cantidad de combustible utilizado.

El método del IPCC es muy práctico de utilizar por los diferentes países, ya que solo se requieren las estadísticas sobre la energía suministrada a la economía por sector/subsector y esta es convertida a emisiones de CO₂. Este procedimiento será explicado en el apartado 1.4.

1.6 Gases de Efecto Invernadero

El último reporte sobre cambio climático del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), “La base de la ciencia física” (AR6), manifiesta que de manera inequívoca la influencia humana ha calentado la atmósfera, el océano y la tierra (IPCC, 2021). Desde el año 2011, las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) han seguido aumentando en la atmósfera, alcanzando promedios anuales de 410 partes por millón (PPM) de dióxido de carbono (CO₂), 1866 partes por billón (PPB) de metano (CH₄) y 332 PPB de óxido nitroso (N₂O) en 2019.

Los gases de efecto invernadero (GEI) son la principal causa del cambio climático que se ha observado desde el siglo XX, y son producto del estilo de vida y las actividades humanas. Por lo que resulta importante su monitoreo, para conocer a través de indicadores cómo es que se acumulan y calientan el clima, y cómo repercuten en la atmosfera terrestre, en los océanos, etcétera.

Estos cambios tienen efectos tanto positivos como negativos sobre las personas y el medio ambiente, incluidos plantas y animales. Debido a que muchos de los principales gases de efecto invernadero permanecen en la atmósfera durante décadas o incluso siglos enteros desde que fueron generados, sus efectos de calentamiento en el clima persisten durante mucho tiempo y, por lo tanto, pueden afectar a las generaciones presentes y futuras. Es por lo que resulta importante monitorear la cantidad de emisiones liberadas al medio ambiente y la duración que tendrá en el tiempo en la atmósfera; de esta manera, cada gas tendrá un potencial de calentamiento diferente.

Un indicador comúnmente utilizado es la estimación de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq), en el cual cada gas se compara con su potencial de calentamiento y se convierte a solo dióxido de carbono, mismo que tiene un supuesto potencial de calentamiento de 1, por lo que la equivalencia se obtendrá, entonces, al multiplicar las masas con su potencial de calentamiento. La Tabla 1.6 muestra una idea más clara sobre el potencial de calentamiento, la duración de los GEI y en la Tabla 1.7 se presentan los denominados contaminantes climáticos de vida corta (CCVC).

Los seis principales gases de efecto invernadero, adoptados por consenso en el Protocolo de Kioto son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC's), perfluorocarbonos (PFC's) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Tabla 1.6 GEI, características, vida y potencial de calentamiento

GEI	Origen del GEI	Tiempo de vida	Potencial de calentamiento
Dióxido de carbono	Se emite principalmente a partir de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), residuos sólidos, árboles y productos de madera. Los cambios en el uso del suelo también influyen. La deforestación y la degradación de los suelos agregan dióxido de carbono a la atmósfera, mientras que el nuevo crecimiento del bosque lo extrae de la atmósfera.	Si no es absorbido, puede durar cientos de años.	1
Metano	Se emite durante la producción y el transporte de carbón, gas natural y petróleo. Las emisiones de metano también resultan de la ganadería, así como de prácticas agrícolas y de la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos en los vertederos de desechos sólidos urbanos.	12	28
Óxidos nitrosos	Se emiten durante las actividades agrícolas e industriales, así como durante la combustión de combustibles fósiles y residuos sólidos.	121	265

Fuente: Elaboración propia con información de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) de Estados Unidos <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-greenhouse-gases> (Consultada el 14-julio-23)

Tabla 1.7 CCVC, características, vida y potencial de calentamiento

CCVC	Origen del CCVC	Tiempo de vida	Potencial de calentamiento
Carbono negro	Se produce como resultado de la combustión incompleta de los combustibles fósiles y de la biomasa en motores diésel; por la quema residencial de combustibles sólidos, como carbón, madera y estiércol, y en algunas instalaciones industriales, como los hornos ladrilleros tradicionales.	Días	0.64
Ozono troposférico	El ozono (O ₃) se conoce como un gas secundario porque no se emite directamente, sino que se forma por la oxidación, producida por la luz solar, de	Semanas	0.40

	“gases precursores”, como el metano (CH ₄), el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles que no provienen del metano (COVNM) y los óxidos de nitrógeno (NO _x). En la parte inferior de la atmósfera (troposfera), el O ₃ es un potente gas de efecto invernadero dañino y un contaminante del aire que afecta la salud humana y el rendimiento de los cultivos.		
--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia con información del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Otro aspecto para identificar en un indicador es la fuente de generación de las emisiones (por ejemplo, el sector transporte, que en México y Estados Unidos es la segunda fuente de generación de GEI).

De esta manera la línea base a diseñarse buscará medir la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que genera el transporte carretero.

1.7 Metodologías para la estimación de emisiones

La estimación de emisiones debe realizarse de manera específica, debido principalmente a que la cantidad y la diversidad de las fuentes de emisión es muy variada, por lo que en cada caso deben usarse técnicas distintas para calcular la cantidad de emisiones que un sector económico genera.

Existen básicamente dos estrategias: las denominadas *Top-Down*, es decir metodologías de arriba hacia abajo, y las *Bottom-Up*, que son metodologías de abajo hacia arriba.

La dirección indica el sentido en que se realiza la estimación de emisiones, que puede ser una forma puntual hasta llegar a lo general, o viceversa. La selección de cada herramienta depende en gran medida de la disponibilidad de información, pero también del objetivo que persigue el inventario de emisiones que se desea producir.

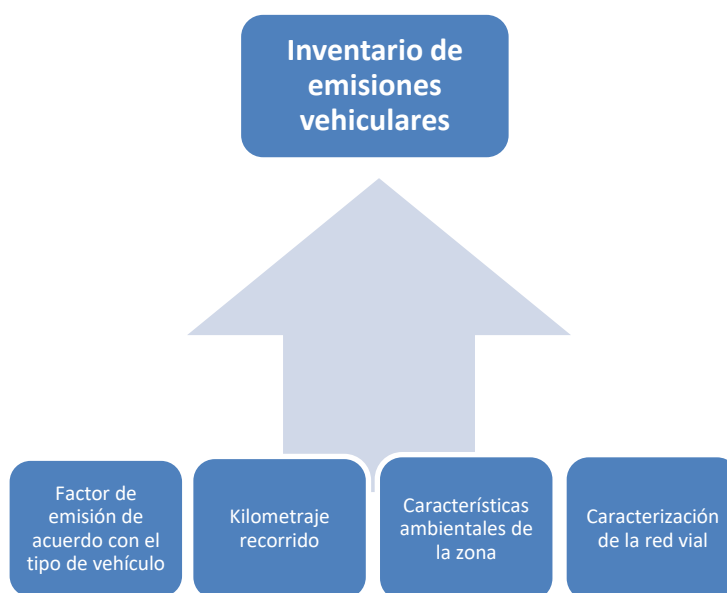
1.7.1 Metodologías *Bottom-Up*

Con base en el concepto *Bottom-Up* es posible estimar las emisiones totales para un área o región, mediante la suma de las emisiones de todas las actividades individuales. Esta metodología requiere el uso de información detallada de cada una de las fuentes de emisión individuales

para integrar el inventario, por ejemplo, el factor de emisión vehicular de cada unidad automotora.

Para conocer las emisiones con detalle de cada una de las fuentes, es necesario un número importante de información y efectuar una gran cantidad de cálculos para realizar las estimaciones.

Para la realización de un inventario de emisiones vehiculares basado en la metodología *Bottom-Up*, se requiere información relativa a los siguientes elementos: un factor de emisión de acuerdo con el número de vehículos, edad de los vehículos y el tipo de vehículo; las distancias recorridas por cada tipo de vehículo; datos para caracterizar ambientalmente la zona de estudio, tales como altitud y temperatura, entre otros, y el estado de la red vial, que comprende elementos como la superficie del pavimento, las velocidades de operación, etc. El esquema de la Figura 6 representa la metodología *Bottom-Up* y los elementos que la integran en la dirección de análisis.



Fuente: Elaboración propia

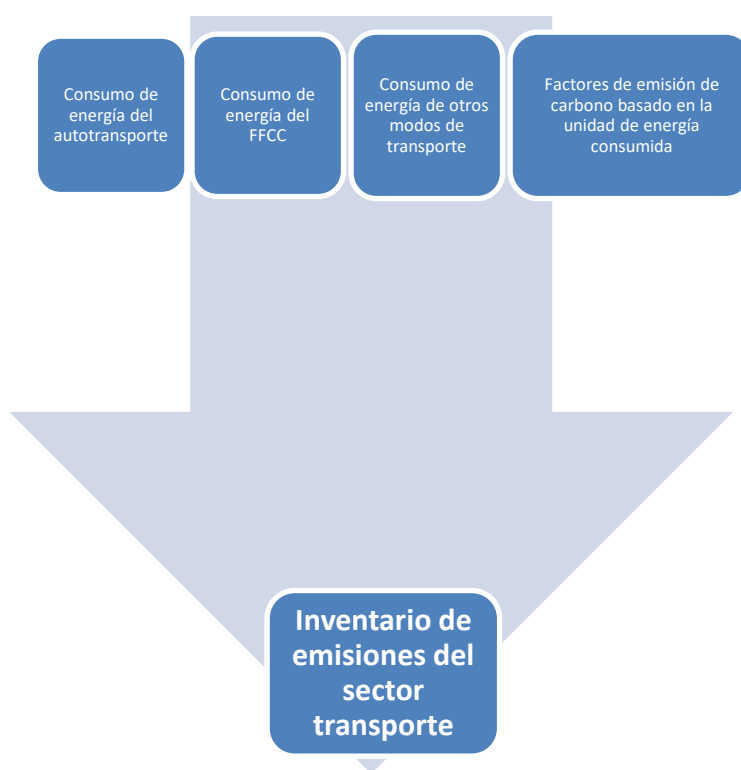
Figura 4. Esquema *Bottom-Up*

Este tipo de análisis será el utilizado en la presente investigación, y el detalle de la metodología *Bottom-Up* utilizada se describirá en el Capítulo 2.

1.7.2 Metodologías *Top-Down*

La metodología *Top-Down* permite estimar las emisiones totales de un área, región o país, mediante la obtención de información estadística para cada una de las actividades; su desarrollo requiere menos información. La Figura 6 representa la metodología *Top-Down* y la dirección de la información.

El IPCC utiliza este tipo de metodologías, donde cada país reporta el consumo de energía para cada uno de los sectores y subsectores, y de acuerdo con los factores de emisión de carbono para cada uno de ellos, se calcula el total de emisiones.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Esquema Top-Down

2. Metodología para estimación de emisiones en los corredores de transporte

La metodología utilizada emplea el submodelo de Emisiones Ambientales (SEA), del *Highway Development and Management System* conocido como HDM, por sus siglas en inglés, en su versión 4.0 (HDM-4).

Dependiendo el propósito del inventario, se deben determinar los contaminantes criterio que lo integran, normalmente se presentan de dos tipos:

- Los inventarios que buscan conocer la calidad de aire en zonas urbanas o el impacto generado por un sector en específico incluyen parámetros criterios como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), partículas (PM), compuestos orgánicos volátiles (COV) e hidrocarburos (HC).
- En cambio, si se busca conocer las emisiones que contribuyen al cambio climático global desde sus diferentes fuentes, entonces se realiza un inventario de gases de efecto invernadero (GEI), cuyas emisiones más importantes son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso, entre otros.

La utilización del HDM-4 es útil debido a que este desarrollo informático está concebido para carreteras, y es precisamente el objeto de este estudio estimar las emisiones del transporte carretero en los principales corredores de transporte de carga en el país.

Los ejercicios comparativos permitirán entonces conocer la efectividad de las medidas y así poder elegir cuáles podrían tener un potencial mayor de mitigación de GEI para el transporte de carga. Este punto continuará con la base para investigaciones futuras a partir de este inventario de emisiones.

La metodología utilizada, se fundamenta en tres etapas: la primera comprende la planeación del inventario de emisiones para identificar el alcance de éste; la segunda, la selección de la información y, por último, el establecimiento de los indicadores que se utilizarán.

2.1 Planificación

La planificación debe contemplar el objetivo que esta persigue y los escenarios que se pretende desarrollar, atendiendo a los requerimientos del proyecto.

De esta manera y de acuerdo con la metodología que se describirá más adelante, la planificación girará en torno a la actividad del transporte de mercancías en los corredores para el transporte carretero en México, identificando el inventario de emisiones generadas por esta actividad económica. La cuantificación de referencia permitirá identificar el impacto del transporte de carga en particular, y con ello, establecer escenarios en el mediano y largo plazos, de tal manera que a futuro se puedan identificar las mejores estrategias de mitigación y evaluar el impacto que tendrá sobre esta línea base.

La variación en el tiempo estará asociada particularmente con dos aspectos que influyen significativamente en las emisiones; estos son el número de vehículos y su crecimiento, y el estado superficial del camino.

De esta manera, se tendrá un punto de partida que proporcionará conocimiento sobre la naturaleza de las emisiones y la cantidad generada.

2.1.1 Objetivo

El objetivo es “Contar con información de las emisiones de CO₂ que se generan en los corredores carreteros para el transporte en México, particularmente para el transporte de carga”.

Las emisiones se reportan como un inventario de emisiones, donde se identifica el total de las emisiones por tipo de vehículos que circulan en las carreteras, de acuerdo con la clasificación manejada por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

Basados en la información generada y los datos estadísticos obtenidos, se desarrollarán tres indicadores. El detalle de los indicadores se explica más adelante en la sección 2.3.

2.1.2 Alcance

El inventario de emisiones está integrado por los 16 corredores carreteros del país, conformados por carreteras federales y estatales, libres o de cuota, según sea el caso, por los cuales transita el mayor número de vehículos destinados al transporte de carga, mismos que se detallan en la Tabla 2.1.

Aunque se estimarán emisiones de seis contaminantes —hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas suspendidas (PM) y dióxido de carbono—, el inventario solo se desarrollará y actualizará para las emisiones de CO₂.

El inventario de emisiones desarrollado buscará únicamente servir como base para identificar el impacto del autotransporte de carga en términos de generación de CO₂, para que, a partir de diagnósticos emanados de futuros trabajos, se puedan evaluar los efectos que diversas medidas de mitigación podrían tener en esta actividad económica.

El pronóstico de crecimiento se obtendrá mediante un crecimiento lineal, sobre el número de unidades destinadas al autotransporte federal de carga, a efecto de establecer los escenarios posibles para el año 2030 y 2050.

Tabla 2.1 Corredores del transporte carretero en México

Número identificador del corredor	Nombre del corredor
1	México-Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras
2	México – Ciudad Juárez
3	México – Nogales con ramal a Tijuana
4	Manzanillo-Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas
5	México – Veracruz
6	Veracruz – Monterrey con ramal a Matamoros
7	Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo
8	México-Puebla-Progreso
9	Peninsular de Yucatán
10	Corredor del Pacífico
11	Mazatlán-Matamoros
12	Transpeninsular de Baja California
13	Altiplano
14	Acapulco-Tuxpan
15	Acapulco-Veracruz
16	Círculo Transistmico

Dentro de los planes de sectoriales de comunicaciones y transportes, en México se definieron originalmente 14 ejes carreteros que conectan los principales puertos y cruces fronterizos del país; sin embargo, se ampliaron posteriormente a 16. La Figura 2.1 muestra el mapa con la identificación de los ejes carreteros.



Fuente: SCT (2017), documento interno no publicado.

Figura 2.1. Corredores troncales para transporte carretero en México

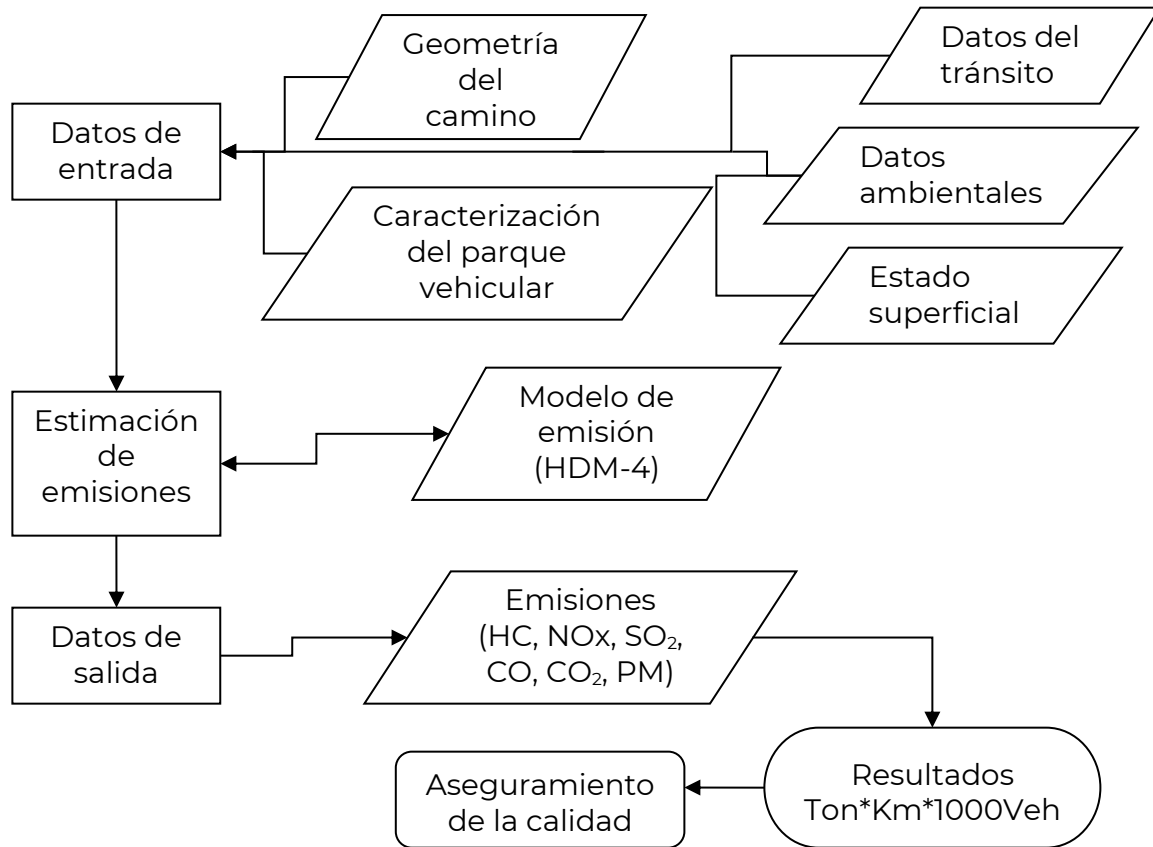
2.2 Requerimientos de información

La información necesaria realizar un inventario de emisiones, está asociada tanto a la metodología como al cumplimiento de demandas normativas dentro de los marcos regulatorios comentados en el capítulo de antecedentes, donde se explica que el sector transporte de carga debe contar con datos pertinentes sobre el impacto que éste genera el sector en términos de contaminación ambiental, específicamente en cuanto a emisiones de GEI.

A continuación, se describe la metodología utilizada y la información requerida para nutrirla, y se detallan las fuentes de donde se obtuvo.

2.2.1 Metodología para la estimación de emisiones

La metodología utilizada fue planteada por Mendoza *et al* (2010), mediante la cual se realiza la estimación de emisiones en carreteras, y se compone de tres etapas, tal como se muestra en la Figura 2.2.



Fuente: Mendoza et al, 2010.

Figura 2.2. Metodología para el inventario de emisiones en carreteras

El trabajo principal se centra en la primera etapa, en la cual es necesario recopilar la información de los datos del tránsito de los corredores de transporte, así como obtener la información de la geometría del camino, caracterizar la flota vehicular que circula en él, y reunir la información ambiental de la zona donde se ubica cada tramo del camino y el estado superficial del mismo.

La etapa 2 consiste en alimentar el modelo HDM-4 para realizar los análisis necesarios.

Por último, en la etapa 3 se obtienen los resultados de las emisiones derivados del análisis del modelo. En el presente trabajo se estiman emisiones de los siguientes contaminantes: hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono y partículas suspendidas.

Como procesos alternativos, se maneja el aseguramiento de la calidad, de acuerdo con estándares establecidos y, finalmente, se definen los resultados del inventario.

2.2.2 Datos de entrada

Para la aplicación de la metodología, se requiere recopilar información de diversas fuentes, tanto de bancos de información, como de estudios realizados previamente. A continuación, se detallan los elementos que integran la información de entrada de la metodología aplicada.

2.2.2.1 Geometría del camino

La geometría de la carretera se relaciona con los cambios angulares del alineamiento vertical y horizontal (curvas [izquierdas y derechas]) del camino, y está estrechamente relacionada con la topografía en donde se ubica la carretera. También la integra la geometría de la sección transversal: ancho de calzada, anchos de acotamientos izquierdo y derecho, número de cuerpos (uno o dos), número y ancho de carriles.

Los datos requeridos sobre la geometría vertical para el modelo son la elevación (en metros) sobre el nivel del mar, para cada tramo, así como a las pendientes verticales correspondientes, en este caso por kilómetro, las cuales se ingresan en porcentaje, en proporción con el ángulo de la pendiente y respecto a la horizontal, del punto inicial al punto final del tramo, (los cuales se estimaron a través de los modelos de elevación de *Google Earth*). Si bien éstos pudieran arrojar datos no muy precisos, sí logran una buena aproximación a las condiciones reales de los tramos y generan información de utilidad para la implementación del SEA y la estimación de emisiones. De esta manera, se generan datos de las elevaciones y pendientes verticales por kilómetro de cada tramo de los corredores de transporte analizados.

Sobre la geometría horizontal la información requerida abarca la deflexión promedio de las tangentes que se observa en el tramo, y de la misma manera que el dato anterior es determinado por kilómetro para su utilización. Esta información se obtuvo de las bases de datos proporcionadas por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

2.2.2.2 Datos del tránsito

Los datos del tránsito requeridos es el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de cada ruta/corredor en los diferentes tramos que lo integran.

La Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes ha instalado y opera un sistema de aforos, lo que permite mantener información actualizada anualmente de las variables macroscópicas del tránsito, tales como volúmenes y velocidades.

Los datos del tránsito permiten conocer también la clasificación vehicular que se puede obtener, de acuerdo con los porcentajes que son extraídos de los aforos carreteros de la SICT, mismos que permiten realizar la clasificación vehicular correspondiente para el modelo. La Tabla 2.2 muestra la clasificación vehicular que se utilizará para la estimación de emisiones.

Tabla 2.2 Clasificación del tránsito vehicular en carreteras en México

Tipo de vehículo	Clasificación del vehículo
Vehículo ligero	A
Autobús	B
Camión mediano	C2
Camión pesado	C3
Camión articulado	T3-S2
Camión articulado	T3-S3
Camión articulado	T3-S2-R4

Fuente: Datos Viales, SICT (2022).

La publicación de “Datos Viales” de la Dirección General de Servicios Técnicos contiene los datos de los aforos identificados para los corredores de transporte analizados. Esto incluye las carreteras que conforman la red federal de cuota y la red federal libre de peaje. El TDPA toma en cuenta el sentido de la circulación en que crece o decrece el cadenamiento del camino, o el correspondiente de acuerdo con el tramo (para ambos sentidos), por lo que es necesario localizar la estación correcta de aforo en cada ruta. En tramos carreteros con más de un aforo se utilizaron promedios. Los aforos utilizados corresponden al año 2020.

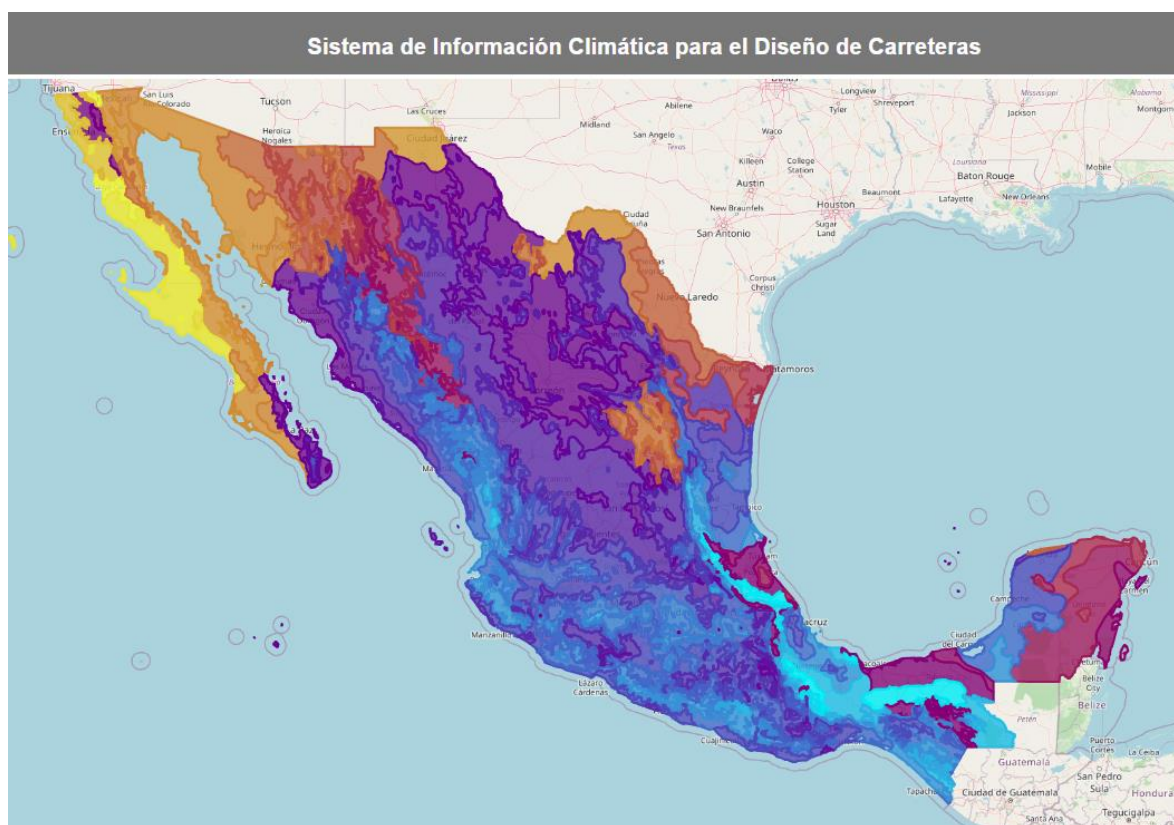
2.2.2.3 Datos ambientales

Para la alimentación del modelo se requiere información climatológica, entre la que destaca la precipitación, la humedad, la temperatura promedio y los rangos de variación de esta.

Las emisiones de vehículos automotores (gases orgánicos totales [GOT], CO y NOx) dependen en gran medida de la temperatura del aire circundante; por ello es importante ajustar los factores ambientales para este estudio.

Para caracterizar las regiones ambientales en el país se utilizó la clasificación climática de Köppen. Esta escala consiste en una clasificación climática mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan dicho tipo de clima.

En el recorrido de los ejes de transporte en estudio se identificaron ocho climas de acuerdo con la escala comentada, esto son: Tropical con lluvias todo el año (Af); Tropical con lluvias de monzón (Am); Tropical con invierno seco (Aw); Seco estepario o Semiárido (BS); Seco desértico o Árido (BW); Templado con precipitaciones constantes (Cf); Templado con lluvias en invierno (Cs), y Templado con lluvias en verano (Cw). Para la aplicación en el HDM-4, se generaron los archivos correspondientes con el propósito de ligarlo a cada tramo, según corresponda, conforme a la carta climática para México elaborada por la SEMARNAT (García, 1998). La Figura 2.3 muestra el mapa de climas de García (1998) en la plataforma Sistema de Información Climática para el Diseño de Carreteras del IMT.



Fuente: Obtenido de Sistema de Información Climática para el Diseño de Carreteras (SICLIC) <http://siclic.imt.mx/SICLIC/> (Consultada el 26 septiembre 2023).

Figura 2.3. Mapa de climas de la República Mexicana

2.2.2.4 Caracterización del parque vehicular

Las características de los vehículos que operan en cada corredor de transporte son claves para el desarrollo de la modelación en el HDM-4.

Los datos del parque vehicular aportan la información detallada para el cálculo y la estimación de velocidades, costos de operación, tiempo de viaje y otros efectos. Se debe contar con la clasificación, número de pasajeros, número de ruedas y ejes, kilómetros anuales, vida media del vehículo, horas de trabajo y peso en marcha, entre otros datos.

La caracterización se realizó conforme a los estudios de origen-destino que se aplican en las carreteras del país, donde se identifican, además, los pesos y dimensiones de los vehículos encuestados, obteniendo así la edad promedio de los vehículos que transitan por las carreteras. Dado que las estaciones para la aplicación de las encuestas se van localizando en diferentes puntos cada año, no es posible utilizar un único estudio, por lo que para el presente trabajo se decidió utilizar los resultados de la estación de monitoreo ubicada en cada eje de transporte más reciente.

La tabla 2.3 muestra la caracterización vehicular obtenida para cada tipo de unidad motora descrita en la misma tabla.

Tabla 2.3 Edad promedio de las flotas vehiculares

No. Estación	Nombre	Tramo carretero	Año del aforo	Corredor	Edad promedio / Tipo de vehículo				
					C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
358	Sabinas	Monclova-Piedras Negras	2016	1	10.1	12.6	12.3	13.3	12.0
354	Ocampo	Chihuahua-El Sueco	2016	2*	12.4	13.4	12.4	12.9	12.6
359	Estrada	Zacatecas-Durango	2016	2*	10.5	13.9	10.9	11.7	10.2
360	Pc Contepec	Atlacomulco-Maravatío	2016	3	10.6	13.5	9.2	11.2	7.2
348	Tamos	Ciudad Valles-Tampico	2016	4	10.6	16.9	12.1	12.3	9.1
352	Pc La Antigua	Poza Rica-Veracruz	2016	5	9.2	18.0	11.0	9.8	7.7
347	Villa Cuauhtémoc	Tampico-Ciudad Mante	2016	6	11.7	19.2	10.5	10.4	7.2
357	Pc Tehuacán	Cuacnopalan-Oaxaca	2016	7	10.6	15.8	11.4	11.8	6.2
349	Francisco Kobén	Campeche-Mérida	2016	8	9.4	12.0	10.4	11.5	7.0
283	Bacalar	Reforma Agraria-Puerto Juárez	2011	9	9.0	9.0	13.2	10.3	14.4
228	San Felipe	Playa Azul-Manzanillo	2009	10	10.0	10.3	18.4	11.0	12.4

205	La Rosa	Saltillo-Torreón	2006	11	8.3	8.3	12.1	10.1	10.5
245	Popotla	Tijuana-Ensenada	2010	12	14.5	12.5	13.0	16.3	15.0
237	Cuapixtla	Amozoc-Perote	2009	13	8.5	10.5	15.6	8.3	10.8
353	Pc Tejocotal	Entronque Tulancingo-Venta Grande	2016	14	13.6	16.7	11.4	11.9	7.0
355	Pc Cuitláhuac	Córdoba-Veracruz	2016	15	7.9	13.3	8.8	8.9	6.3
351	Crucero Lagunas	Coatzacoalcos-Salina Cruz	2016	16	11.2	19.9	12.8	14.5	8.3

Nota: Para el corredor 2 se utilizó un promedio de ambas estaciones.

Fuente: Estudio estadístico de campo del autotransporte nacional; análisis estadístico de la información recopilada en las estaciones instaladas en 2016 y 2011. Documentos técnicos del IMT.

Considerando los resultados por estación, la menor edad promedio (9.0 años) corresponde a la estación 355, Pc Cuitláhuac (Córdoba-Veracruz) y la mayor (14.3 años) a la estación 245, Popotla (Tijuana-Ensenada).

Para los vehículos más representativos, los resultados fueron:

- Los C2, con la edad promedio más baja (7.9 años), corresponden a la estación Pc Cuitláhuac (Córdoba-Veracruz); y el más alto (14.5 años) en la estación 245 Popotla (Tijuana-Ensenada).
- Para los C3, el promedio más bajo (8.3 años) fue obtenido en la estación 205 La Rosa (Saltillo-Torreón); y el más alto (19.9 años) en la estación 351 Crucero Lagunas (Coatzacoalcos-Salina Cruz).
- Para los tractores de la configuración T3-S2, el promedio más bajo (8.8 años) resultó en la estación Pc Cuitláhuac (Córdoba-Veracruz); y el más alto 18.4 años) en la estación 228 San Felipe (Playa Azul-Manzanillo).
- Para los tractores de la configuración T3-S3, el promedio más bajo (8,9 años) fue obtenido en la estación Pc Cuitláhuac (Córdoba-Veracruz); y el más alto (15,4 años) en la estación San Alejo.
- Para los T3S2R4, el más bajo (6.2 años) estuvo en la estación 357 PC Tehuacán (Cuacnopalan-Oaxaca); y el más alto (15.0 años), en la estación 245 Popotla (Tijuana-Ensenada).

Incluidos todos los tipos de vehículos, la edad promedio más baja corresponde a los T3-S2-R4, con 9.6 años, seguidos de los C2, con 10.5 y los T3S3, con 11,5. La edad promedio más alta fue para los C3, con 13.9 años.

2.2.2.5 Estado superficial

El indicador del estado que guardan las carreteras, en términos de la calidad de su capa superficial para el rodamiento de los vehículos, es el

Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que constituye una medida de irregularidad de la superficie del pavimento.

El IRI es comprendido como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana: aquellas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el IRI puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre su longitud; la unidad de medida es m/km.

La escala del IRI varía desde cero, para una superficie totalmente plana, hasta 20, para caminos sin pavimentar extremadamente deteriorados. Los pavimentos en buen estado suelen asociarse valores de IRI entre 1 y 2, mientras que los niveles máximos de daño en un camino pavimentado están representados por un rango de IRI de 8 a 12.

Por otro lado, la correlación entre el IRI, la velocidad y los costos de operación vehicular representa una de las premisas más importantes en las que se fundamenta la metodología de análisis del HDM-4; parámetros que están directamente relacionados con el consumo de combustible, mediante el cual el modelo predice la cantidad de emisiones generadas por los vehículos.

El estado superficial de las carreteras se puede clasificar en ciertos rangos mediante los cuales son clasificados los tramos de la red carretera del país, y se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Intervalos de IRI para la clasificación de los tramos

Condición del camino	IRI (m/km)	
	Autopistas de cuota y corredores carreteros	Red básica libre y red secundaria
Bueno	<1.8	<2.5
Aceptable	1.8-2.5	2.5-3.5
No satisfactorio	>2.5	>3.5

Fuente: Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). (2016)

La información del estado superficial se obtiene a través de levantamientos de campo realizados con diferentes equipos en toda la red de carreteras federales del país, tanto la red de carreteras libre de peaje, como la red federal de cuota. Dicha información es recabada por la Dirección General de Desarrollo Carretero, a través de Caminos y Puentes Federales y empresas concesionarias y por la Dirección General de Servicios Técnicos, las cuales fueron facilitadas al IMT para la realización de

este estudio y otros relacionados con la gestión de infraestructura carretera para su conservación.

Los IRI's utilizados para cada tramo carretero y cada corredor se promedian para obtener tramos homogéneos, de acuerdo con las secciones de carretera que son acotadas principalmente por el TDPA.

2.3 Selección de indicadores

La selección de indicadores se basa en los resultados que se obtendrán del HDM-4, por lo que primeramente se deben analizar los resultados de dicho modelo, es decir, que se obtendrán con la metodología utilizada.

2.3.1 Estimación de emisiones

El modelo HDM-4 para el cálculo de emisiones está diseñado para realizar estimaciones comparativas de las cantidades de emisiones generadas por diferentes opciones de mejora y mantenimiento.

Dependiendo del grado de sofisticación y de agregación de datos, el modelo contenido en el HDM-4 puede predecir la cantidad de emisiones generadas por la operación del transporte y suele considerarse como un modelo a escala meso-macroscópica.

Este modelo forma parte de los modelos mecanísticos, debido a su planteamiento matemático ya que utiliza ecuaciones que han sido desarrolladas utilizando fundamentos fisicoquímicos que permiten describir la tasa de emisión de un tipo de fuente en particular, y con base en análisis de variables previos. Se considera una herramienta que permite conocer las implicaciones ambientales del deterioro de las condiciones de la red carretera, con requerimientos relativamente bajos de datos de entrada adicionales en comparación con los que se requieren para un análisis de proyecto dentro del mismo programa.

El HDM-4 es un modelo computacional que simula condiciones económicas y físicas a lo largo de un periodo, para una serie de especificaciones y escenarios definidos. El Subsistema de Efectos Ambientales y Sociales (SEA) es parte de uno de los tres submodelos con los cuales el HDM-4 funciona como herramienta de análisis de proyectos, programas de inversión y de estrategias en la gestión de carreteras. Este submodelo consta, a su vez, de tres partes para la estimación de contaminantes ambientales: emisiones de vehículos, balance energético y ruido. Para fines de esta investigación son importantes los resultados de la primera parte.

Los datos de entrada para el subsistema arrojan como salida en el modelo los niveles de emisiones y, en los casos para los que pudiera aplicar, el consumo de energía utilizada.

El análisis realizado en este modelo es con base en una flota de vehículos representativos, los cuales muestran características que pueden ser consideradas como representativas del total de vehículos.

El HDM-4 permite calcular la cantidad de emisiones contaminantes en forma de sustancias químicas y ruido, generadas por la operación del transporte sobre una red carretera o segmento de esta, así como el balance energético del ciclo de vida de estrategias de conservación. El modelo de emisiones se basa en el propuesto por Hammarstrom (1995), y predice las emisiones del escape de los vehículos en función del consumo de combustible y de la velocidad. Las relaciones y los coeficientes del modelo fueron ajustados en términos de gramos por kilómetro, de acuerdo con Bennett (1996).

Cada contaminante es calculado usando las ecuaciones del HDM-4, como ejemplo se muestra la ecuación para estimar las emisiones de CO₂:

$$E_{CO_2} = \frac{3,6 \text{ Ke}_{CO_2} a_0 \text{ IFC } 10^3}{\text{velocidad}}$$

Donde:

ECO₂ = Emisiones de CO₂, en g/vehículo-km

IFC = Consumo instantáneo de combustible, en ml/s

a₀ = Parámetros del modelo

Ke CO₂ = Factor de calibración

El consumo de combustible está en función de la velocidad del vehículo que, a su vez, depende de las características del camino y de la propia unidad. De esta manera se puede conocer las emisiones que resultan a partir de los diferentes niveles de mejora que se instrumentarán en el camino.

Los coeficientes y constantes mencionados en las fórmulas provienen de diversos estudios con condiciones controladas que han permitido la elaboración de tablas con valores recomendados para su uso en el modelo.

Estas tablas se proporcionan en la documentación del HDM-4, por lo que se omite su reproducción en este documento.

En términos generales, las fórmulas estiman las emisiones con base en el consumo instantáneo de combustible, la edad del vehículo y la velocidad, y las variables asociadas de emisión a cada tipo de contaminante. Este valor se multiplica por la longitud del tramo, el volumen de tránsito por tipo de vehículo y el resultado se expresa en gramos por kilómetro para cada mil vehículos.

2.3.2 Resultados de la estimación de emisiones

Los contaminantes estimados para el presente trabajo son seis: hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, partículas suspendidas (PM) y dióxido de carbono. Como descripción general en relevancia a cada contaminante, se presenta la siguiente información que incluye características particulares, para acentuar la importancia de su estimación.

2.3.2.1 Óxidos de carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro que resulta de la combustión incompleta de combustibles fósiles. La mayor proporción del CO emitido en áreas urbanas proviene de los vehículos automotores. La exposición de individuos no fumadores a niveles de CO menores que 15 a 20 partes por millón (ppm) aparentemente no produce efectos adversos en la salud. En niveles superiores a estos, la composición (carboxihemoglobina) en la sangre se eleva, ocasionando alteraciones en los sistemas nervioso y cardiovascular.

2.3.2.2 Óxidos de nitrógeno

El término óxidos de nitrógeno (NOx) es un concepto amplio que incluye el monóxido de nitrógeno (NO), el bióxido de nitrógeno (NO₂) y otros óxidos de nitrógeno menos comunes. En general, estos compuestos se forman durante los procesos de combustión de los combustibles, son precursores del ozono y normalmente son eliminados de la atmósfera por procesos de deposición seca y húmeda. No se considera que el monóxido de nitrógeno cause efectos adversos sobre la salud en concentraciones ambientales; sin embargo, la exposición al NO₂ puede ocasionar irritación del tracto respiratorio y, si la exposición se prolonga, puede provocar disminución en la función pulmonar.

La formación del NOx depende del contenido de nitrógeno en el combustible, y puede constituir hasta el 50% de las emisiones de NOx en combustibles con alto contenido de nitrógeno, principalmente el carbón y los combustibles pesados, como el diésel.

2.3.2.3 Óxidos de azufre

El término óxidos de azufre (SOx) se refiere al bióxido de azufre (SO₂) y a otros óxidos de este elemento. El SO₂ es un gas incoloro de fuerte olor, que se forma por la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre. Estos compuestos son irritantes respiratorios y pueden ocasionar una reacción similar al asma; o bien, agravar una condición asmática previa. Los síntomas de una exposición a elevadas concentraciones ambientales incluyen: tos, flujo nasal y falta de aliento, y pueden ser más severos en fumadores. Las plantas de generación de energía eléctrica que usan carbón o combustóleo con elevado contenido de azufre pueden ser fuentes importantes de SO₂. Algunas veces, el SO₂ emitido se oxida para formar trióxido de azufre (SO₃) y posteriormente ácido sulfúrico (H₂SO₄) o aerosoles sulfatados (SO₄²⁻). La magnitud de las emisiones de SOx de las fuentes de combustión depende del contenido de azufre en el combustible utilizado, que principalmente es el diésel.

Ambientalmente, los SOx intensifican el problema de la deposición ácida, ya sea a través de la lluvia, niebla o nieve; también puede ser por la deposición seca de partículas ácidas (aerosoles). La precipitación neutral debería tener un pH natural entre 7 y 5.6 [Seinfeld, 1986]; sin embargo, la combinación de óxidos de nitrógeno y de azufre con el vapor de agua en la atmósfera producen ácido sulfúrico y nítrico que bajan el pH acidificando su deposición en la superficie, lo que modifica de forma significativa el medio. Adicionalmente, el tamaño de las partículas de sulfato también tiende a ser pequeño (diámetros de 0.2-0.9 µm); en consecuencia, pueden ser un componente significativo de las partículas finas y afectar adversamente la visibilidad.

2.3.2.4 Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los compuestos orgánicos son emitidos a la atmósfera por diversas fuentes. Sin embargo, existe la consideración general de que los compuestos orgánicos son emitidos, principalmente, por fuentes de combustión o de evaporación. En conjunto, los gases considerados en las emisiones de hidrocarburos son conocidos como compuestos orgánicos totales (COT). Para el contexto de la calidad del aire, éstos se manejan como hidrocarburos (HC) emitidos por la quema incompleta del combustible. Este concepto incluye todos los compuestos carbonados,

excepto los carbonatos, carburos metálicos, monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO₂) y ácido carbónico.

Los COV son gases fotoquímicamente reactivos formados por hidrocarburos que pueden participar en la formación de smog. Algunos de los compuestos en esta categoría de contaminantes incluyen aldehídos tales como el formaldehído y acetaldehído, además de compuestos aromáticos como el benceno. La exposición de corto plazo a estas sustancias puede ocasionar la irritación del tracto respiratorio. En el largo plazo, la exposición a ciertas especies de compuestos orgánicos puede incrementar los casos de cáncer. Varias de las especies de COV son, de hecho, consideradas como contaminantes tóxicos del aire.

2.3.2.5 Partículas suspendidas (PM)

El término partículas suspendidas o material particulado (PM) se refiere a cualquier partícula sólida o líquida de hollín, polvo, aerosoles, humos y nieblas. Algunas clasificaciones de PM incluyen partículas totales, partículas primarias y secundarias, partículas suspendidas totales (PST), partículas suspendidas (PS), partículas con diámetro aerodinámico menor que 10 micras (PM₁₀), partículas con diámetro aerodinámico menor que 2.5 micras (PM_{2.5}), así como partículas filtrables y condensables. Las partículas primarias incluyen materiales sólidos, líquidos o gaseosos emitidos directamente por las fuentes de emisión y que pueden mantenerse en la atmósfera como partículas en condiciones ambientales de temperatura y presión. Las partículas secundarias son aerosoles formados a partir de material gaseoso a través de reacciones químicas atmosféricas.

Los factores de emisión están referidos a las partículas primarias; por lo tanto, el término PM, en este caso, es utilizado para describir las emisiones que solo representan el material particulado primario total y conjuntan tanto a las PM₁₀ como PM_{2.5}. El tamaño de las partículas PM₁₀ o PM_{2.5} les permite entrar fácilmente en los espacios alveolares de los pulmones humanos, donde pueden depositarse y causar efectos adversos sobre la salud. Las partículas que logran penetrar el tracto respiratorio pueden causar: tos, dificultad para respirar, alteraciones en la función respiratoria, e incluso cambios fisiológicos en el pulmón. Estudios consideran que el aumento en los niveles ambientales de partículas es responsable del incremento en la mortalidad y morbilidad de individuos con condiciones cardiovasculares o respiratorias previas. Sin embargo, ha sido difícil establecer los niveles en los que aparecen los efectos adversos, debido a la presencia de otras sustancias tóxicas que también podrían ser responsables de los efectos detectados. Adicionalmente, las emisiones de PM_{2.5} también causan problemas de visibilidad por la presencia de aerosoles.

2.3.3 Tipos de resultados

Con el uso del módulo ambiental para estimar la cantidad de emisiones integrado en el HDM-4, se tiene la posibilidad de conocer la cantidad de emisiones generadas en una red carretera o segmento/tramos carreteros, por la operación del transporte que circula sobre ella.

Además de las emisiones anuales totales y por vehículo, la variación anual neta de las emisiones como consecuencia de las distintas obras y alternativas de construcción con un caso base (sin proyecto o mínimo), que normalmente representa el estándar mínimo de conservación rutinario, puede también analizarse con el HDM-4.

Una vez realizado el análisis, el modelo permite generar tres tipos de reportes:

- Emisiones anuales por vehículo
- Resumen de emisiones anuales
- Variación anual neta de las emisiones de los vehículos

Con los reportes que arroja el modelo se puede utilizar la información para presentarla en gráficas o tablas, así como el desarrollo de indicadores.

2.3.4 Definición de indicadores

El objetivo de un indicador ambiental es proveer información sustancial para dar una representación clara y completa sobre el estado actual del fenómeno, aunado a el efecto descriptivo para caracterizarlo como la estimación de la magnitud en términos absolutos.

Los indicadores de impacto ambiental que se desarrollarán son de presión, para establecer el diagnóstico de la línea base desarrollada, de tal manera que se puedan tomar acciones que reviertan los impactos negativos que el transporte de carga está ejerciendo en el medio ambiente.

Para la construcción de los indicadores de emisiones se extrajeron únicamente las emisiones de CO₂ generadas por los vehículos destinados al transporte de carga, con el propósito de modelar un indicador ambiental en función de la longitud de cada corredor. Los indicadores de este apartado se formularon a partir de esta información, aunque se pueden definir otros tantos asociados al transporte de sustancias peligrosas, residuos sólidos, ruido, etc. Sin embargo, en esta investigación no son abordados por no contar con la información necesaria para construir otro tipo de indicadores ambientales a fin de evaluar de manera integral el impacto del transporte de carga por carretera.

2.3.4.1 Toneladas de CO₂ por kilómetro

Del total de emisiones que se generan en los 16 corredores de transporte de carga en México, se extrajeron aquellas generadas por vehículos utilitarios destinados al transporte de mercancías, particularmente las emisiones de CO₂. De esta manera, se suma el total de emisiones de CO₂ generadas por los vehículos para el transporte de mercancías. Las emisiones son diarias, ya que se utiliza el tránsito promedio diario, pero también se pueden obtener también las emisiones anuales totales.

Se determinan las longitudes efectivas de los corredores de transporte de carga, tanto de forma individual, como para el total de los 16 corredores.

Finalmente, el indicador se obtiene para cada corredor como sigue:

$$E_{CO_2} = \frac{\sum \text{emisiones de CO}_2 \text{ de todo el corredor}}{\text{longitud efectiva del corredor}}$$

Las unidades se expresan en toneladas para la cantidad de CO₂ generada; la longitud efectiva del corredor, en kilómetros, y el resultado directo se expresa en toneladas diarias de CO₂ por kilómetro.

La Tabla 2.5 presenta la descripción de las características del indicador.

Tabla 2.5 Descripción del indicador Emisiones Ton de CO₂ por km

Característica	Descripción
Indicador:	Emisiones de CO ₂ por kilómetro
Periodo:	Anuales / Diarias
Unidad:	Toneladas
Qué mide:	La cantidad de emisiones de CO ₂ generadas por kilómetro recorrido de los vehículos de carga
Tipo de indicador:	Presión
Cobertura geográfica:	Nacional

2.3.4.2 Gramos de CO₂ por vehículo por kilómetro

En los inventarios de emisiones, se asigna a cada vehículo un factor de emisión, de acuerdo con el tipo de tecnología de la unidad. Este indicador busca validar los resultados obtenidos, pero también proveer un factor de emisión del parque vehicular que circula en los corredores de transporte de carga en las carreteras en México.

De esta manera, el cálculo se basa en los resultados del indicador anterior. Para cada tramo carretero se obtuvo el total de emisiones en toneladas de CO₂ diarias por kilómetro recorrido de la longitud de análisis (ambos sentidos de circulación cuando la carretera cuenta con más de un cuerpo). Se procede a obtener el cociente entre el total de unidades que están circulando en el tramo carretero y se convierten las unidades a gramos por vehículo de CO₂ emitidos por cada kilómetro recorrido.

El resultado se puede expresar en cada tramo, pero nos interesa particularmente el promedio total de cada corredor.

La expresión siguiente nos permite obtener el indicador:

$$F_{emisión} = \frac{E_{CO_2} * 1 \times 10^6}{TDP A_{vehículos pesados}}$$

La Tabla 2.6 presenta la descripción de las características del indicador.

Tabla 2.6 Descripción del indicador del factor de emisión de CO₂ por km

Característica	Descripción
Indicador:	Factor de emisión promedio del parque vehicular para el transporte de carga
Periodo:	Diarias
Unidad:	Gramos por kilómetro
Qué mide:	La cantidad de emisiones de CO ₂ generadas en promedio por los vehículos de carga en las carreteras federales de México
Tipo de indicador:	Presión
Cobertura geográfica:	Nacional

2.3.4.3 Toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro

Para determinar este indicador de las emisiones de CO₂ que generan los vehículos de carga de acuerdo con cada tonelada transportada por kilómetro, se requiere información adicional de las estaciones de los estudios origen-destino, a fin de determinar la carga efectiva en las carreteras.

Las emisiones por kilómetro se determinaron con el indicador primero establecido. La carga ponderada se determina con información sobre peso bruto vehicular de los vehículos cargados y vacíos, porcentaje de vehículos cargados y vacíos, y el peso de la carga promedio de los vehículos cargados.

$$Carga_{ponderada} = \frac{Carga \text{ promedio del vehículo} * Porcentaje \text{ de vehículos cargados}}{100}$$

Posteriormente se estiman las toneladas diarias transportadas mediante la siguiente ecuación.

$$Toneladas_{carga \text{ diaria estimada}} = TDPA_{Vehículos \text{ pesados}} * Carga_{ponderada}$$

Finalmente, el indicador quedaría expresado como:

$$T_{CO_2 * Ton-km} = \frac{Toneladas \text{ de emisiones de } CO_2 * 1x10^6}{Longitud \text{ efectiva} * Toneladas_{carga \text{ diaria estimada}}}$$

La tabla 2.7 presenta la descripción de las características del indicador.

Tabla 2.7 Descripción del indicador de toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro

Característica	Descripción
Indicador:	Toneladas de CO ₂ por millón de toneladas-kilómetro para el transporte de carga
Periodo:	Diarias
Unidad:	Toneladas
Qué mide:	La cantidad de emisiones de CO ₂ generadas en promedio por los vehículos de carga en las carreteras federales de México por cada millón de toneladas transportadas por kilómetro recorrido
Tipo de indicador:	Presión
Cobertura geográfica:	Nacional

2.3.5 Aseguramiento de la calidad

El paso final para una estimación exacta y útil de emisiones de consiste en evaluar su precisión, en lo general.

El desarrollo de evaluaciones independientes de la precisión de las estimaciones de las emisiones de vehículos automotores ha sido un proceso difícil debido a la gran cantidad de fuentes, el alcance geográfico de su operación y la diversidad de sus emisiones. A pesar de esta dificultad, las estimaciones deben someterse a un proceso de aseguramiento y control de la calidad adecuado.

Una verificación de calidad adecuada para un inventario de emisiones consiste en la comparación de las emisiones de los vehículos automotores

con las emisiones de todas las fuentes antropogénicas. La fracción de las emisiones totales representada por los vehículos automotores va a variar por contaminante y localidad. No existe una sola fracción que se aplique globalmente. De manera ideal, los resultados del inventario pueden compararse con los resultados históricos de la misma área, o con los resultados de otras áreas que tengan fuentes de emisión, móviles y estacionarias, similares. Esta revisión solo arrojará una estimación aproximada de la racionalidad de las estimaciones de las emisiones. Por lo que será preciso llevar a cabo una investigación más minuciosa para determinar si los resultados de las fracciones de vehículos automotores difieren notablemente de los de otras regiones similares. Las discrepancias pueden deberse a errores en el inventario o a diferencias desconocidas en las características de las regiones.

Para el aseguramiento de la calidad se compararán las emisiones obtenidas por vehículo por kilómetro con la metodología utilizada, que se basa en el modelo del HDM-4, con los resultados del modelo propuesto por el Laboratorio de Investigaciones en Transporte (TRL, por sus siglas en inglés).

3. Desarrollo del inventario de emisiones del transporte de carga en los corredores de transporte carretero

En este capítulo se presentará el desarrollo del inventario de emisiones, de acuerdo con la metodología seleccionada y los indicadores propuestos. Este inventario representará el contexto de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generada por la operación del transporte de carga en los 16 corredores carreteros y sus ramales, según corresponda.

En el inventario de emisiones elaborado se estimó la cantidad de gases emitidos a la atmósfera por la operación de vehículos, extrayendo las emitidas por transporte de mercancías (vehículos destinados a la carga) en los corredores de interés.

Cada corredor se subdividió en rutas, tramos carreteros y tramos homogéneos, con base en el estado superficial del camino y del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), con el objetivo de simplificar el análisis y la interpretación de los resultados, aunado a buscar una mayor precisión, para permitir su modelización y seguimiento en el futuro.

La codificación de cada tramo carretero se realizó de acuerdo con el tipo de camino que lo conforma, el cual se clasifica según lo indicado en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Clasificación de la red de carreteras

Siglas	Tipo de carretera
RFL	Red Federal Libre
RFC	Red Federal Cuota
RFL/C	Red Federal Integrada por Tramos Libres y de Cuota
REL	Red Estatal Libre
REC	Red Estatal Cuota

Fuente: Elaboración propia

Los contaminantes estimados son seis: hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas suspendidas o en suspensión (PM) y dióxido de carbono.

Las emisiones se evaluaron por tipo de vehículo, por lo que, del total de emisiones, se seleccionan las correspondientes a los vehículos de transporte de carga, por ser los de interés para este estudio, con el fin de poder desarrollar medidas de mitigación encaminadas a la reducción de estos contaminantes, principalmente CO₂.

A continuación, los resultados obtenidos de las emisiones se presentarán por eje carretero.

3.1 Corredores de transporte en México

En principio, se detallará la composición de cada eje carretero, con el fin de identificar las carreteras que los conforman, las longitudes y el tipo de carretera según la clasificación presentada en la tabla 3.1.

3.1.1 Corredor México – Nuevo Laredo

El corredor México – Nuevo Laredo, conecta al centro del país con la frontera al noreste, desde la Ciudad de México hasta Nuevo Laredo, Tamaulipas y Piedras Negras, Coahuila. El corredor une importantes ciudades como Querétaro, San Luis Potosí, Saltillo, Monterrey y Monclova.

Está integrado por 16 carreteras que suman un total de 1,155.61 kilómetros. La Tabla 3.2 muestra la estructura del corredor.

Tabla 3.2 Sección del corredor México – Nuevo Laredo

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
México-Querétaro	MEX 57 D	1.01	150.90	RFL/C
Libramiento Norponiente de Querétaro	MEX 57 D	1.02	37.50	RFC
Querétaro-San Luis Potosí	MEX 57	1.03	156.27	RFL
Libramiento Oriente de San Luis Potosí	MEX 57 D	1.04	33.76	RFC
San Luis Potosí-Matehuala	MEX 57	1.05	157.00	RFL
Libramiento de Matehuala	MEX 57 D	1.06	14.20	RFC
Matehuala-Ent. Puerto México	MEX 57 D	1.07	193.53	RFL
Puerto México-La Carbonera	MEX 57 D	1.08	37.06	RFC
Libramiento Oriente de Saltillo	MEX 57 D	1.09	21.00	RFC
Saltillo-Monterrey	MEX 40	1.10	35.00	RFL
Saltillo-Monterrey Cuota	MEX 40 D	1.11	35.79	RFC

Libramiento Noroeste de Monterrey	N.L. S/N	1.12	35.40	RFL
Anillo Periférico de Monterrey	N.L. S/N	1.13	38.40	REC
Monterrey-Nuevo Laredo	MEX 85	1.14	57.10	RFL
Monterrey-Nuevo Laredo	MEX 85 D	1.15	120.50	RFC
Libramiento de Nuevo Laredo II	MEX 2	1.16	32.20	REL
TOTAL			1155.61	

3.1.1.1 Ramal a Piedras Negras

El ramal a Piedras Negras inicia en Coahuila y está compuesto por 3 carreteras, que suman un total de 316.41 kilómetros, aproximadamente. La tabla 3.3 muestra la composición del ramal.

Tabla 3.3 Secciones del ramal a Piedras Negras

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Ojo Caliente - Santa Cruz	MEX-057	4.05.01	34.00	RFL
Saltillo – Monclova	MEX-057	4.05.02	45.21	RFL
Monclova - Piedras Negras	MEX-057	4.05.03	237.20	RFL
TOTAL			316.41	

3.1.2 Corredor México – Ciudad Juárez

El corredor México – Ciudad Juárez está compuesto por 28 carreteras que suman un total de 2,003.14 kilómetros, aproximadamente. La Tabla 3.4 muestra la estructura del corredor.

El corredor conecta al centro del país con la frontera centro-norte, desde la Ciudad de México hasta Ciudad Juárez, Chihuahua. El corredor une importantes ciudades como León, Aguascalientes, Zacatecas, Jiménez, Delicias y Chihuahua.

Tabla 3.4 Sección del corredor México – Ciudad Juárez

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Mexico-Querétaro	MEX 57 D	2.01	168.50	RFL/C
Querétaro-Irapuato Libre	MEX 45	2.02	113.70	RFL
Querétaro-Irapuato Cuota	MEX 45 D	2.03	96.30	RFC
Nuevo Libramiento de Irapuato	MEX 45 D	2.04	11.20	RFL
Irapuato-León	MEX 45	2.05	61.10	RFL
León-Aguascalientes Libre	MEX 45	2.06	18.38	RFL
León-Aguascalientes Cuota	MEX 45 D	2.07	103.70	RFC
Aguascalientes-Zacatecas	MEX 45	2.08	40.00	RFL
Libramiento Rincón de Romos	MEX 45	2.09	10.00	RFL

Libramiento Noroeste de Zacatecas	ZAC D	2.10	21.00	REC
Guadalupe-Cosío	MEX 45 D	2.11	12.96	RFL/C
Cuauhtémoc-Osiris	MEX 45 D	2.12	32.00	RFC
Zacatecas-Durango	MEX 45	2.13	35.70	RFL
Libramiento de Víctor Rosales	MEX 45	2.14	12.20	RFC
Libramiento de Fresnillo	MEX 45 D	2.15	20.05	RFC
La chicharrona-Cuencamé	MEX 49	2.16	199.15	RFL
Yerbanís-Gómez Palacio	MEX 49 D	2.17	102.00	RFC
Gómez Palacio-Jiménez	MEX 49	2.18	212.04	RFL
Gómez Palacio-Coralitos	MEX 49 D	2.19	155.38	RFC
Libramiento de Jiménez	MEX 49	2.20	3.40	RFL
Jiménez-Camargo	MEX 45	2.21	68.98	RFC
Camargo-Delicias	MEX 45 D	2.22	69.02	RFC
Libramiento Delicias-Meoqui	MEX 45	2.23	13.60	RFL
Delicias-Chihuahua	MEX 45	2.24	84.56	RFL
Chihuahua-Sacramento	MEX 45	2.25	13.00	RFC
Chihuahua-El Sueco	MEX 45	2.26	123.87	RFL
El Sueco-Villa Ahumada	MEX 45	2.27	83.63	RFC
Villa Ahumada-Cd. Juárez	MEX 45	2.28	117.72	RFL
TOTAL			2003.14	

3.1.3 Corredor México – Nogales

El corredor México – Nogales, está integrado por 22 carreteras que suman un total de 2,567.36 kilómetros, aproximadamente.

Es el corredor troncal más largo. Comunica al centro del país con la frontera al noroeste, desde la Ciudad de México hasta Nogales, Sonora, Tijuana y Mexicali, en Baja California. El corredor une ciudades importantes como Toluca, Guadalajara, Tepic, Mazatlán, Culiacán y Hermosillo.

La Tabla 3.5 muestra la estructura del corredor descrito.

Tabla 3.5 Sección del corredor México – Nogales

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
México-Toluca L	MEX 15	3.01	27.75	RFL
México-Toluca C	MEX 15 D	3.02	19.20	RFC
Libramiento Toluca	EM D	3.03	31.00	REC
Toluca-Palmillas	MEX 55 D	3.04	54.79	RFL/C
Atlacomulco-Maravatío	MEX 15 D	3.05	63.62	RFC
Maravatío-Zapotlanejo	MEX 15 D	3.06	311.40	RFC

Zapotlanejo-Guadalajara	MEX 90 D	3.07	9.73	RFC
Zona Urbana Gdl.	JAL	3.08	53.00	REL
Guadalajara-Tepic	MEX 15	3.09	12.20	RFL
Guadalajara-Tepic Cuota	MEX 15 D	3.10	168.62	RFC
Libramiento de Tepic	MEX 15	3.11	18.80	RFL
Tepic-Mazatlán	MEX 15	3.12	286.31	RFL
Tepic-Villa Unión	MEX 15 D	3.13	240.90	RFC
Libramiento de Mazatlán	MEX 15	3.14	5.40	RFL
Mazatlán-Culiacán	MEX 15 D	3.15	190.26	RFC
Culiacán-Las Brisas	SIN 001D	3.16	125.70	REC
Culiacán-Los Mochis	MEX 15	3.17	84.01	RFL
Los Mochis - Est. Don	MEX 15	3.18	129.90	RFC
Est. Don-Nogales	MEX 15 D	3.19	694.20	RFL/C
Libramiento de Empalme	MEX 15 D	3.20	21.50	RFC
Libramiento de Magdalena de Kino	MEX 15 D	3.21	6.57	RFC
Libramiento de Nogales	MEX 15 D	3.22	12.50	RFC
TOTAL			2567.36	

3.1.3.1 Ramal a Tijuana

El ramal a Tijuana parte del corredor a Nogales y está compuesto por 7 carreteras que suman un total de 761.13 kilómetros, aproximadamente. La Tabla 3.6 muestra la composición del ramal.

Tabla 3.6 Secciones del ramal a Tijuana

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Santa Ana - Sonita	MEX-002D	3.05.01	253.70	RFC
Sonoita - Mexicali	MEX-002	3.05.02	256.47	RFL
Libramiento de Mexicali	MEX-002D	3.05.03	41.00	RFC
El Centinela - La Rumorosa	MEX-002D	3.05.04	62.90	RFC
La Rumorosa - Tecate	MEX-002D	3.05.05	30.56	RFC
Libramiento de Tecate	MEX-002D	3.05.06	99.40	RFC
Tecate - Tijuana	MEX-002D	3.05.07	17.10	RFC
TOTAL			761.13	

3.1.4 Corredor Manzanillo – Tampico

El corredor Manzanillo-Tampico está integrado por 20 carreteras que suman un total de aproximadamente 1,364.27 kilómetros. La Tabla 3.7 muestra la composición del corredor.

El corredor une al Pacífico con el Golfo de México, desde los puertos de Manzanillo, Colima, y Lázaro Cárdenas, Michoacán hasta Tampico en Tamaulipas.

Tabla 3.7 Sección del corredor Manzanillo – Tampico

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Armería-Manzanillo Cuota	MEX 200 D	4.01	46.00	RFC
Colima-Ent. Tecomán	MEX 110	4.02	48.10	RFL/C
Libramiento Colima	MEX 54	4.03	9.00	RFL/C
Cd. Guzmán-Colima	MEX 54	4.04	4.10	RFL/C
Guadalajara-Colima Cuota	MEX 54 D	4.05	148.00	RFC
Jiquilpan-Guadalajara	MEX 15	4.06	21.04	RFL
Zapotlanejo - Guadalajara Cuota	MEX-090D	4.07	37.70	RFC
Lagos de Moreno - Guadalajara	MEX-080	4.08	200.95	RFL
Zapotlanejo - Lagos de Moreno Cuota	MEX-080D	4.09	118.91	RFC
San Luis Potosí - Lagos de Moreno	MEX-070-080	4.10	150.00	RFL
Lagos de Moreno - Villa de Arriaga	MEX-070-080	4.11	76.93	RFL
Libramiento Villa de Arriaga	MEX-080	4.12	5.00	RFL
San Luis Potosí - Villa de Arriaga Cuota	SLP-D	4.13	80.50	REC
Cd. Valles - San Luis Potosí	MEX-070	4.14	6.94	REL
Libramiento Oriente de San Luis Potosí Cuota	MEX-057D	4.15	33.76	RFC
San Luis Potosí – Matehuala	MEX-057	4.16	31.80	RFL
Cerritos - Rioverde Cuota	SLP-D	4.17	103.00	REC
Cd. Valles - San Luis Potosí	MEX-070	4.18	93.00	RFL
Libramiento de Cd. Valles	MEX-070	4.19	11.54	RFL
Cd. Valles – Tampico	MEX-070	4.20	138.00	RFL
TOTAL			2003.14	

3.1.4.1 Ramal a Lázaro Cárdenas

El ramal a Lázaro Cárdenas parte del corredor a Tampico y está integrado por 10 carreteras que suman un total de aproximadamente 609.69 kilómetros. La Tabla 3.8 muestra la composición del corredor.

Tabla 3.8 Secciones del ramal a Lázaro Cárdenas

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
León - Aguascalientes Cuota	MEX-045D	4.06.01	61	RFC
Irapuato – León	MEX-045	4.06.02	68.99	RFL

Nuevo Libramiento de Irapuato	MEX-045	4.06.03	15.20	RFL
Querétaro - Irapuato Cuota	MEX-045D	4.06.04	42.90	RFC
Morelia - Salamanca Cuota	MEX-090D	4.06.05	84.90	RFC
Morelia - Salamanca	MEX-090	4.06.06	25.00	RFL
Morelia - Pátzcuaro	MEX-014	4.06.07	53.00	RFL
Pátzcuaro - Uruapan Cuota	MEX-14D	4.06.08	46.70	RFC
Uruapan - Nueva Italia Cuota	MEX-14D	4.06.09	59.40	RFC
Nueva Italia - Lázaro Cárdenas Cuota	MEX-14D	4.06.10	152.60	RFC
TOTAL			609.69	

3.1.5 Corredor México – Veracruz

El corredor México-Veracruz está integrado por 6 carreteras que suman un total de aproximadamente 389.16 kilómetros. La Tabla 3.9 muestra la composición del corredor.

Tabla 3.9 Secciones del corredor Ciudad de México - Veracruz

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
México-Puebla Cuota	MEX 150D	5.01	107.19	RFC
Puebla-Acatzingo Cuota	MEX 150D	5.02	47.00	RFC
Acatzingo-Cd. Mendoza Cuota	MEX 150D	5.03	95.30	RFC
Cd. Mendoza-Córdoba Cuota	MEX 150D	5.04	32.47	RFC
Lib. de Córdoba	MEX 150D	5.05	9.20	RFC
Córdoba-Veracruz Cuota	MEX 150D	5.06	98.00	RFC
TOTAL			389.16	

3.1.6 Corredor Veracruz – Monterrey (incluye ramal a Matamoros)

El corredor de Veracruz-Monterrey está integrado por 10 carreteras que suman un total de aproximadamente 1,291.32 kilómetros. La Tabla 3.10 muestra la composición del corredor.

El corredor conecta al puerto de Veracruz, Veracruz con la ciudad de Monterrey, Nuevo León, y con la frontera al noreste, en Matamoros, Tamaulipas. El corredor une importantes ciudades como, Poza Rica, Tuxpan, Tampico Ciudad Mante, Ciudad Victoria y San Fernando, Tamaulipas.

Tabla 3.10 Secciones del corredor Veracruz – Monterrey

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Ciudad Victoria - Monterrey	MEX-085	6.01	263.95	RFL
Ignacio Zaragoza - T. C. (Ciudad Victoria -Monterrey)	MEX-083	6.02	94.30	RFL
González - Llera de Canales	MEX-081	6.03	61.80	RFL
Libramiento Estación Manuel - González	MEX-085	6.04	27.80	RFL
Tampico - Cd. Mante	MEX-080	6.05	56.00	RFL
Túxpam - Tampico	MEX-180	6.06	221.30	RFL
Tihuatlán - Túxpam	MEX-130D	6.07	37.50	RFC
Gutiérrez Zamora - Tihuatlán Cuota	MEX-130D	6.08	28.20	RFC
Poza Rica - Veracruz	MEX-180-180D	6.09	193.47	RFL/C
Cd. Victoria - Matamoros	MEX-101-180	6.10	307.00	RFL
TOTAL			1291.32	

3.1.7 Corredor Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo

El corredor Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo está integrado por 10 carreteras que suman un total de aproximadamente 1,053.89 kilómetros. La Tabla 3.11 muestra la estructura del corredor.

El corredor conecta la región centro del país con la frontera sur, desde Puebla hasta Ciudad Hidalgo, Chiapas. En su desarrollo une ciudades importantes como Tehuacán, Oaxaca, Tehuantepec, Salina Cruz, Arriaga y Tapachula.

Tabla 3.11 Secciones del corredor Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Puebla - Acatzingo	MEX-150D	7.01	47.00	REC
Acatzingo - Cd. Mendoza	MEX-150D	7.02	36.75	RFC
Cuacnopalan - Oaxaca	MEX-135D	7.03	242.69	REC
Huajuapán de León - Oaxaca	MEX 190	7.04	8.80	REL
Oaxaca - Tehuantepec	MEX 190	7.05	251.70	REL
Lib. Salina Cruz	MEX-185	7.06	19.40	RFL
La Ventosa - San Pedro Tanapatepec	MEX-190	7.07	91.80	REL
Tapanatepec - Talismán	MEX-200	7.08	292.25	RFL
Tapachula - Puerto Madero	MEX-225	7.09	14.50	REL
Ent. Jaritas - Ciudad Hidalgo	MEX-225	7.10	49.00	RFL
TOTAL			1053.89	

3.1.8 Corredor Ciudad de México – Puebla – Progreso

El corredor México-Puebla-Progreso está integrado por 13 carreteras que suman un total de aproximadamente 1,302.35 kilómetros. La Tabla 3.12 muestra la composición del corredor.

El corredor comunica al centro del país con el sureste y con la Península de Yucatán, desde la Ciudad de México hasta Puerto Progreso en Yucatán, pasando por Puebla y otras ciudades intermedias como Orizaba, Córdoba, Coatzacoalcos, Cárdenas, Villahermosa, Ciudad del Carmen y Mérida.

Tabla 3.12 Secciones del corredor Cd. México – Puebla – Progreso

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
México - Puebla	MEX-150D	8.01	107.19	RFC
Puebla - Acatzingo	MEX-150D	8.02	47.00	RFC
Acatzingo - Cd. Mendoza	MEX-150D	8.03	95.30	RFC
Libramiento de Córdoba	MEX-150D	8.04	9.20	RFC
Córdoba - Veracruz	MEX-150D	8.05	60.00	RFC
La Tinaja - Cosoleacaque	MEX-145D	8.06	225.60	RFC
Nuevo Teapa - Cosoleacaque	MEX-180D	8.07	34.00	RFC
Coatzacoalcos - Villahermosa	MEX-180	8.08	156.55	RFL
Villahermosa - Cd. del Carmen	MEX-180	8.09	158.87	RFL
Cd. del Carmen - Campeche	MEX-180	8.10	199.51	RFL
Libramiento de Campeche	MEX-180	8.11	26.00	RFL
Campeche - Mérida	MEX-180	8.12	153.49	RFL
Mérida - Progreso	MEX-261	8.13	29.64	RFL
TOTAL			1302.35	

3.1.9 Corredor Peninsular de Yucatán

El corredor Peninsular de Yucatán está integrado por 5 carreteras que suman un total de aproximadamente 1,203.24 kilómetros. La Tabla 3.13 muestra la composición del corredor.

El corredor conecta las principales ciudades del sureste y la península de Yucatán, desde Villahermosa, Tabasco hasta Mérida, Yucatán, entre las que destacan Valladolid, Cancún, Tulum, Playa del Carmen, Chetumal, Francisco Escárcega y Palenque.

Tabla 3.13 Secciones del corredor Peninsular de Yucatán

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Villahermosa - Francisco Escárcega	MEX-186	9.01	284.14	RFL

Francisco Escárcega - Chetumal	MEX-186	9.02	261.50	RFL
Reforma Agraria - Puerto Juárez	MEX-307	9.03	357.48	RFL
Mérida - Cancún	MEX-180D	9.04	257.10	RFC
Mérida - Puerto Juárez	MEX-180	9.05	43.02	RFL
TOTAL			1203.24	

3.1.10 Corredor del Pacífico

El corredor del Pacífico está integrado por 11 carreteras que suman un total de aproximadamente 2,045.48 kilómetros. La Tabla 3.14 muestra la composición del corredor.

El recorrido de este corredor es a lo largo de la costa del Pacífico, desde Tepic, Nayarit hasta Salina Cruz, Oaxaca, uniendo importantes ciudades y destinos turísticos como Puerto Vallarta, Manzanillo, Zihuatanejo, Acapulco, Pinotepa Nacional, Puerto Escondido y Huatulco.

Tabla 3.14 Secciones del corredor del Pacífico

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Tepic - Ixtapan de La Concepción	MEX-015	10.01	77.42	RFL
Ramal a Ixtapan de La Concepción	NAY	10.02	20.00	REL
Tepic - Puerto Vallarta	MEX-200	10.03	89.37	RFL
Manzanillo - Puerto Vallarta	MEX-200	10.04	285.97	RFL
Libramiento de Manzanillo Norte	MEX-200	10.05	16.00	RFL
Armería - Manzanillo	MEX-200D	10.06	230.72	RFC
Playa Azul - Manzanillo	MEX-200	10.07	311.40	RFL
Zihuatanejo - La Mira	MEX-200	10.08	125.30	RFL
Acapulco - Zihuatanejo	MEX-200	10.09	238.83	RFL
Las Cruces - Pinotepa Nacional	MEX-200	10.10	261.47	RFL
Santiago Pinotepa Nacional - Salina Cruz	MEX-200	10.11	389.00	RFL
TOTAL			2045.48	

3.1.11 Corredor Mazatlán – Matamoros

El corredor Mazatlán-Matamoros está integrado por 10 carreteras que suman un total de aproximadamente 1,348.29 kilómetros. La Tabla 3.15 muestra la composición del corredor.

El corredor conecta al puerto de Mazatlán, en la costa del Pacífico, con Matamoros, Tamaulipas, en la costa del Golfo de México. El corredor une

importantes ciudades intermedias como Durango, Torreón, Saltillo, Monterrey y Reynosa.

Tabla 3.15 Secciones del corredor Mazatlán – Matamoros

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Durango - Mazatlán	MEX-040D	11.01	227.70	RFC
Libramiento de Durango	MEX-040D	11.02	23.60	RFC
Durango - Yerbánis	MEX-040D	11.03	255.85	RFC
Saltillo - Torreón	MEX-040	11.04	443.00	RFL
Libramiento Norponiente de Saltillo	MEX-040D	11.05	42.00	RFC
Saltillo - Monterrey Libre	MEX-040	11.06	35.00	RFL
Saltillo - Monterrey Cuota	MEX-040D	11.07	35.79	RFC
Monterrey - Reynosa	MEX-040	11.08	205.90	RFL
Libramiento de Reynosa	MEX-040	11.09	20.00	RFL
Matamoros - Reynosa	MEX-002	11.10	59.45	RFL
TOTAL			1348.29	

3.1.12 Corredor Transpeninsular de Baja California

El corredor Transpeninsular de Baja California está integrado por 10 carreteras que suman un total de aproximadamente 1,878.61 kilómetros. La Tabla 3.16 muestra la composición del corredor. En su recorrido permite la conexión a lo largo de la Península de Baja California, desde Tijuana hasta Los Cabos, pasando por Ensenada, Guerrero Negro, Santa Rosalía, Mulegé, Loreto, Ciudad Insurgentes y La Paz.

Tabla 3.16 Secciones del corredor Transpeninsular de Baja California

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Tijuana - Ensenada	MEX-001D	12.01	94.49	RFL
Ensenada - Lázaro Cárdenas	MEX-001	12.02	208.00	RFC
Lázaro Cárdenas - Ent. Punta Prieta	MEX-001	12.03	297.82	REC
Ent. Punta Prieta - Guerrero Negro	MEX-001	12.04	131.00	RFC
Santa Rosalía - Guerrero Negro	MEX-001	12.05	214.00	RFC
Loreto - Santa Rosalía	MEX-001	12.06	203.00	RFC
Cd. Insurgentes - Loreto	MEX-001	12.07	125.00	RFC
La Paz - Cd. Insurgentes	MEX-001	12.08	242.00	RFL
Cabo San Lucas - La Paz	MEX-001	12.09	223.30	RFL
San Pedro - Cabo San Lucas	MEX-001	12.10	140.00	RFC
TOTAL			1878.61	

3.1.13 Corredor del Altiplano

El corredor del Altiplano está integrado por 7 carreteras que suman un total de aproximadamente 628 kilómetros. La Tabla 3.17 muestra la composición del corredor.

Este corredor rodea la Zona Metropolitana de la Ciudad de México al conectar los corredores hacia Nogales, Nuevo Laredo y Ciudad Juárez con los corredores que van hacia Veracruz, Puebla, Oaxaca y Chiapas. En su trayecto atiende ciudades importantes como Pachuca, Tulancingo, Tlaxcala, Perote y Xalapa.

Tabla 3.17 Secciones del corredor del Altiplano

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Libramiento Norte de la Ciudad de México	MEX-040D	13.01	222.00	RFC
Texcoco - Calpulalpan	MEX-136	13.02	48.74	RFL
Calpulalpan - Huamantla	MEX-136	13.03	97.18	RFL
Huamantla - Cuapiaxtla	MEX-136	13.04	16.38	RFL
Amozoc - Perote	MEX-140D	13.05	105.00	RFC
Libramiento Perote	MEX-140D	13.06	103.50	RFC
San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El molinito	MEX-117D	13.07	35.20	RFC
TOTAL			628	

3.1.14 Corredor Acapulco - Tuxpan

El corredor Acapulco-Tuxpan está integrado por 12 carreteras que suman un total de aproximadamente 604.57 kilómetros. La Tabla 3.18 muestra la composición del corredor.

Este corredor conecta al océano Pacífico con el Golfo de México, desde Acapulco, Guerrero hasta Tuxpán, Veracruz. En su desarrollo atiende ciudades importantes como Chilpancingo, Cuernavaca, Ciudad de México, Tulancingo y Tihuatlán.

Tabla 3.18 Secciones del corredor Acapulco - Tuxpan

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Cuernavaca - Acapulco	MEX-095D	14.01	277.16	RFC
Libramiento de Cuernavaca	MEX-095D	14.02	16.54	RFC
México - Cuernavaca	MEX-095D	14.03	21.76	RFC
La Pera - Cuautla	MEX-095D	14.04	34.34	RFC
La Venta - Chamapa	EM-D	14.05	11.10	REC

Chamapa - Ent. Lechería	MEX-057D	14.06	27.11	RFC
Ecatepec - Pirámides	MEX-132D	14.07	22.20	RFC
Lib. S.M de las Pirámides	MEX-132	14.08	13.80	RFL
Ent. Lib. Pirámides - Ent. Lib. Tulancingo	MEX-132D	14.09	39.60	RFC
Tejocotal - Nuevo Necaxa	MEX-132D	14.10	18.70	RFC
Nuevo Necaxa - Tihuatlán	MEX-132D	14.11	84.76	RFC
Tihuatlán - Tuxpan	MEX-130D	14.12	37.50	RFC
TOTAL			604.57	

3.1.15 Corredor Acapulco - Veracruz

El corredor Acapulco-Veracruz está integrado por 11 carreteras que suman un total de aproximadamente 872.01 kilómetros. La Tabla 3.19 muestra la composición del corredor.

El corredor conecta el océano Pacífico con el Golfo de México, desde Acapulco, Guerrero hasta Veracruz, en el estado del mismo nombre. En su recorrido une ciudades importantes como Chilpancingo, Cuernavaca, Cuautla, Puebla, Orizaba y Córdoba.

Tabla 3.19 Secciones del corredor Acapulco - Veracruz

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Cuernavaca - Acapulco	MEX-095D	15.01	277.16	RFC
Libramiento de Cuernavaca	MEX-095D	15.02	16.54	RFC
México - Cuernavaca	MEX-095D	15.03	21.76	RFC
La Pera - Cuautla	MEX-095D	15.04	34.34	RFC
Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros	MEX-115-160	15.05	24.31	RFL
Atlixco - Jantetelco	PUE-D	15.06	58.90	REC
Puebla - Atlixco	PUE-D	15.07	29.30	REC
Puebla - Acatzingo	MEX-150D	15.08	47.00	RFC
Acatzingo - Cd. Mendoza	MEX-150D	15.09	95.30	RFC
Libramiento de Córdoba	MEX-150D	15.10	49.20	RFC
Córdoba - Veracruz	MEX-150D	15.11	113.00	RFC
TOTAL			766.81	

3.1.16 Corredor Circuito Transístmico

El corredor Circuito Transístmico está integrado por 6 carreteras que suman un total de aproximadamente 690.49 kilómetros. La Tabla 3.20 muestra la composición del corredor.

Es un circuito que conecta al Golfo de México con el Océano Pacífico en el Istmo de Tehuantepec. Atiende ciudades como Minatitlán, Acayucan, La Ventosa, Arriaga, Tuxtla Gutiérrez y Las Choapas, en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas.

Tabla 3.20 Secciones del corredor Acapulco - Veracruz

Carretera	Ruta	Clave ID	Longitud (km)	Clasificación
Coatzacoalcos - Ent. La Ventosa	MEX-185	16.01	236.00	RFL
Ent. La Ventosa - San Pedro Tapanatepec	MEX-190	16.02	91.80	RFL
Tapanatepec - Arriaga	MEX-200	16.03	45.00	RFL
Arriaga - Ocozocoautla	MEX-200D	16.04	94.00	RFC
Las Choapas - Ocozocoautla	MEX-187D	16.05	223.69	RFC
TOTAL			690.49	

3.2 Emisiones vehiculares en los corredores de transporte en México

Como primera parte del análisis se realiza un inventario de emisiones de todos los corredores, el cual incluye la cuantificación de seis contaminantes de todos los vehículos que transitan diariamente en las diferentes carreteras que integran los corredores.

La estimación en todos los casos es diaria y se realiza una estimación anual en el texto. El año de referencia para la línea base es 2020.

3.2.1 Corredor México – Nuevo Laredo

La Tabla 3.21 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 23,072.02 toneladas diarias emitidas o 8.4 megatoneladas anuales, convirtiéndose en el mayor gas emitido, seguido por el monóxido de carbono con 373.37 toneladas diarias.

Tabla 3.21 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor México-Nuevo Laredo

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Querétaro	1.01	24.63	162.38	85.32	2.03	5985.59	0.96
Libramiento Norponiente de Querétaro	1.02	1.62	6.17	9.50	0.27	556.53	0.10
Querétaro-San Luis Potosí	1.03	9.41	56.93	50.02	1.14	3493.05	0.61
Libramiento Oriente de San Luis Potosí	1.04	0.94	3.52	8.11	0.21	536.72	0.10

3. Desarrollo de inventario de emisiones del transporte de carga en los corredores de transporte carretero

San Luis Potosí-Matehuala	1.05	6.39	25.09	48.00	1.26	3095.20	0.58
Libramiento de Matehuala	1.06	0.29	1.19	2.64	0.06	181.28	0.03
Matehuala-Ent. Puerto México	1.07	5.93	24.33	40.35	1.07	2555.04	0.47
Puerto México-La Carbonera	1.08	1.11	5.69	7.50	0.18	514.55	0.09
Libramiento Oriente de Saltillo	1.09	0.59	2.84	4.68	0.11	324.28	0.06
Saltillo-Monterrey	1.10	2.72	16.25	13.30	0.32	910.90	0.16
Saltillo-Monterrey Cuota	1.11	0.82	4.97	3.96	0.10	279.96	0.05
Libramiento Noroeste de Monterrey	1.12	3.24	18.83	16.78	0.40	1145.65	0.20
Anillo Periférico de Monterrey	1.13	0.82	5.03	3.90	0.09	268.60	0.05
Monterrey-Nuevo Laredo	1.14	2.58	13.95	14.90	0.37	1017.83	0.18
Monterrey-Nuevo Laredo	1.15	4.48	24.73	28.97	0.65	1999.07	0.36
Libramiento de Nuevo Laredo II	1.16	0.42	1.48	3.29	0.09	207.76	0.04
TOTAL		66.00	373.37	341.22	8.36	23072.02	4.05

Las emisiones de CO₂ representan el 96.68% de las emisiones generadas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones de CO₂ genera en el corredor, es la carretera México-Querétaro, con una participación de 5,985.59 toneladas diarias. Esto representa el 25.94% del total de emisiones generadas en el corredor diariamente. Los tramos que le siguen en cuanto a generación de emisiones son la carretera Querétaro-San Luis Potosí, San Luis Potosí-Matehuala y Matehuala-Entronque Puerto México.

La Tabla 3.22 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.22 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor México-Nuevo Laredo

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Querétaro	1.01	0.39%	2.59%	1.36%	0.03%	95.60%	0.02%
Libramiento Norponiente de Querétaro	1.02	0.28%	1.07%	1.65%	0.05%	96.92%	0.02%
Querétaro-San Luis Potosí	1.03	0.26%	1.58%	1.39%	0.03%	96.73%	0.02%
Libramiento Oriente de San Luis Potosí	1.04	0.17%	0.64%	1.48%	0.04%	97.65%	0.02%
San Luis Potosí-Matehuala	1.05	0.20%	0.79%	1.51%	0.04%	97.44%	0.02%
Libramiento de Matehuala	1.06	0.16%	0.64%	1.42%	0.03%	97.72%	0.02%

Matehuala-Ent. Puerto México	1.07	0.23%	0.93%	1.54%	0.04%	97.25%	0.02%
Puerto México-La Carbonera	1.08	0.21%	1.08%	1.42%	0.03%	97.25%	0.02%
Libramiento Oriente de Saltillo	1.09	0.18%	0.85%	1.41%	0.03%	97.51%	0.02%
Saltillo-Monterrey	1.10	0.29%	1.72%	1.41%	0.03%	96.53%	0.02%
Saltillo-Monterrey Cuota	1.11	0.28%	1.71%	1.37%	0.04%	96.59%	0.02%
Libramiento Noroeste de Monterrey	1.12	0.27%	1.59%	1.42%	0.03%	96.67%	0.02%
Anillo Periférico de Monterrey	1.13	0.30%	1.80%	1.40%	0.03%	96.45%	0.02%
Monterrey-Nuevo Laredo	1.14	0.25%	1.33%	1.42%	0.04%	96.95%	0.02%
Monterrey-Nuevo Laredo	1.15	0.22%	1.20%	1.41%	0.03%	97.12%	0.02%
Libramiento de Nuevo Laredo II	1.16	0.20%	0.70%	1.55%	0.04%	97.50%	0.02%
TOTAL		0.28%	1.56%	1.43%	0.04%	96.68%	0.02%

3.2.1.1 Ramal a Piedras Negras

La Tabla 3.23 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 1,650.25 toneladas diarias emitidas o 0.6 megatoneladas anuales, convirtiéndose en el mayor gas emitido, seguido por el monóxido de carbono con 60.36 toneladas diarias.

Tabla 3.23 Toneladas diarias por tipo de emisión, ramal a Piedras Negras

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Ojo Caliente - Santa Cruz	4.05.01	0.41	2.76	1.54	0.03	105.76	0.02
Saltillo – Monclova	4.05.02	3.04	23.07	6.15	0.13	499.72	0.07
Monclova - Piedras Negras	4.05.03	4.89	34.53	14.69	0.31	1044.77	0.16
TOTAL		8.33	60.36	22.38	0.48	1650.25	0.25

Las emisiones de CO₂ representan el 94.73% de las emisiones generadas en el ramal.

El tramo carretero que mayores emisiones de CO₂ genera en el ramal, es la carretera Monclova-Piedras Negras, con una participación de 1,044.77 toneladas diarias. Esto representa el 63.31% del total de emisiones producidas en el ramal diariamente.

La Tabla 3.24 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.24 Porcentajes por componente del total de emisiones, ramal a Piedras Negras

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Ojo Caliente - Santa Cruz	4.05.01	0.37%	2.50%	1.39%	0.03%	95.70%	0.02%
Saltillo – Monclova	4.05.02	0.57%	4.33%	1.16%	0.03%	93.90%	0.01%
Monclova - Piedras Negras	4.05.03	0.44%	3.14%	1.34%	0.03%	95.04%	0.01%
TOTAL		0.48%	3.46%	1.28%	0.03%	94.73%	0.01%

3.2.2 Corredor México - Cd. Juárez

La Tabla 3.25 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 21,599.23 toneladas diarias emitidas o 7.8 megatoneladas anuales, convirtiéndose en el mayor gas emitido, seguido por el monóxido de carbono con 647.13 toneladas diarias.

Tabla 3.25 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor México-Cd. Juárez

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Mexico-Querétaro	2.01	31.10	209.75	101.29	2.54	7184.54	1.15
Querétaro-Irapuato Libre	2.02	9.87	72.64	24.23	0.47	1699.70	0.24
Querétaro-Irapuato Cuota	2.03	5.29	36.66	17.59	0.37	1202.77	0.19
Nuevo Libramiento de Irapuato	2.04	0.89	6.10	2.62	0.07	192.42	0.03
Irapuato-León	2.05	10.00	75.04	22.64	0.41	1579.55	0.22
León-Aguascalientes Libre	2.06	2.10	15.76	4.64	0.08	324.78	0.04
León-Aguascalientes Cuota	2.07	2.84	18.03	12.97	0.30	899.35	0.16
Aguascalientes-Zacatecas	2.08	2.62	19.75	5.83	0.11	430.34	0.06
Libramiento Rincón de Romos	2.09	0.27	1.74	1.07	0.02	73.41	0.01
Libramiento Noroeste de Zacatecas	2.10	0.24	1.34	1.46	0.04	101.54	0.02
Guadalupe-Cosío	2.11	0.26	1.64	1.16	0.03	80.86	0.01
Cuauhtémoc-Osiris	2.12	0.60	3.73	2.78	0.06	190.01	0.03
Zacatecas-Durango	2.13	1.62	11.78	4.26	0.08	294.06	0.04
Libramiento de Víctor Rosales	2.14	0.44	3.07	1.47	0.03	101.96	0.02
Libramiento de Fresnillo	2.15	0.26	1.61	1.34	0.03	92.09	0.02
La chicharrona-Cuencamé	2.16	2.42	14.40	12.22	0.30	845.97	0.15
Yerbanís-Gómez Palacio	2.17	1.04	6.51	4.97	0.12	345.22	0.06
Gómez Palacio-Jiménez	2.18	1.85	10.41	9.58	0.24	647.73	0.11
Gómez Palacio-Coralitos	2.19	1.04	5.25	7.79	0.19	545.49	0.10

Libramiento de Jiménez	2.20	0.06	0.39	0.27	0.01	18.23	0.00
Jiménez-Camargo	2.21	0.80	4.46	5.01	0.12	350.62	0.06
Camargo-Delicias	2.22	1.43	9.21	6.24	0.14	429.48	0.07
Libramiento Delicias-Meoqui	2.23	0.57	4.06	1.68	0.04	118.05	0.02
Delicias-Chihuahua	2.24	9.98	69.85	31.40	0.67	2180.38	0.34
Chihuahua-Sacramento	2.25	0.41	2.98	1.01	0.02	70.21	0.01
Chihuahua-El Sueco	2.26	2.29	15.23	8.77	0.20	606.64	0.10
El Sueco-Villa Ahumada	2.27	1.27	8.44	5.06	0.11	348.87	0.06
Villa Ahumada-Cd. Juárez	2.28	2.57	17.31	9.27	0.21	644.97	0.11
TOTAL		94.14	647.13	308.64	6.99	21599.23	3.45

Las emisiones de CO₂ representan el 95.32% de las emisiones generadas en el corredor.

El tramo carretero con mayores emisiones de CO₂ emitidas en el corredor es la carretera México-Querétaro, con una participación de 7,184.54 toneladas diarias. Esto representa el 33.26% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Delicias-Chihuahua, Querétaro-Irapuato Libre e Irapuato-León.

La Tabla 3.26 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.26 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor México-Cd. Juárez

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Mexico-Querétaro	2.01	0.41%	2.79%	1.35%	0.03%	95.41%	0.02%
Querétaro-Irapuato Libre	2.02	0.55%	4.02%	1.34%	0.03%	94.05%	0.01%
Querétaro-Irapuato Cuota	2.03	0.42%	2.90%	1.39%	0.03%	95.24%	0.02%
Nuevo Libramiento de Irapuato	2.04	0.44%	3.02%	1.30%	0.03%	95.20%	0.01%
Irapuato-León	2.05	0.59%	4.45%	1.34%	0.02%	93.58%	0.01%
León-Aguascalientes Libre	2.06	0.60%	4.54%	1.34%	0.02%	93.49%	0.01%
León-Aguascalientes Cuota	2.07	0.30%	1.93%	1.39%	0.03%	96.33%	0.02%
Aguascalientes-Zacatecas	2.08	0.57%	4.31%	1.27%	0.02%	93.82%	0.01%
Libramiento Rincón de Romos	2.09	0.35%	2.27%	1.40%	0.03%	95.93%	0.02%
Libramiento Noroeste de Zacatecas	2.10	0.23%	1.28%	1.40%	0.03%	97.04%	0.02%
Guadalupe-Cosío	2.11	0.31%	1.95%	1.38%	0.03%	96.31%	0.02%

3. Desarrollo de inventario de emisiones del transporte de carga en los corredores de transporte carretero

Cuauhtémoc-Osiris	2.12	0.30%	1.89%	1.41%	0.03%	96.35%	0.02%
Zacatecas-Durango	2.13	0.52%	3.78%	1.37%	0.03%	94.30%	0.01%
Libramiento de Víctor Rosales	2.14	0.41%	2.87%	1.38%	0.03%	95.30%	0.02%
Libramiento de Fresnillo	2.15	0.28%	1.68%	1.40%	0.03%	96.59%	0.02%
La chicharrona-Cuencamé	2.16	0.28%	1.64%	1.40%	0.03%	96.63%	0.02%
Yerbanís-Gómez Palacio	2.17	0.29%	1.82%	1.39%	0.03%	96.45%	0.02%
Gómez Palacio-Jiménez	2.18	0.28%	1.55%	1.43%	0.04%	96.69%	0.02%
Gómez Palacio-Coralitos	2.19	0.19%	0.94%	1.39%	0.03%	97.43%	0.02%
Libramiento de Jiménez	2.20	0.34%	2.05%	1.41%	0.04%	96.14%	0.02%
Jiménez-Camargo	2.21	0.22%	1.24%	1.39%	0.03%	97.10%	0.02%
Camargo-Delicias	2.22	0.32%	2.06%	1.40%	0.03%	96.17%	0.02%
Libramiento Delicias-Meoqui	2.23	0.46%	3.26%	1.35%	0.03%	94.88%	0.01%
Delicias-Chihuahua	2.24	0.44%	3.05%	1.37%	0.03%	95.10%	0.02%
Chihuahua-Sacramento	2.25	0.54%	3.99%	1.35%	0.03%	94.08%	0.01%
Chihuahua-El Sueco	2.26	0.36%	2.41%	1.39%	0.03%	95.80%	0.02%
El Sueco-Villa Ahumada	2.27	0.35%	2.32%	1.39%	0.03%	95.89%	0.02%
Villa Ahumada-Cd. Juárez	2.28	0.38%	2.57%	1.37%	0.03%	95.63%	0.02%
TOTAL		0.42%	2.86%	1.36%	0.03%	95.32%	0.02%

3.2.3 Corredor México – Nogales

La Tabla 3.27 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 18,841.69 toneladas diarias o 6.8 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido, seguido por el monóxido de carbono con 562.66 toneladas diarias.

Tabla 3.27 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor México-Nogales

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Toluca Libre	3.01	3.48	26.34	7.66	0.14	580.61	0.08
México-Toluca Cuota	3.02	2.35	18.14	4.47	0.06	303.24	0.04
Libramiento Toluca	3.03	3.74	28.04	8.63	0.15	611.35	0.08
Toluca-Palmillas	3.04	5.15	38.34	12.67	0.22	888.44	0.12
Atacomulco-Maravatío	3.05	1.54	10.68	5.12	0.11	352.42	0.06
Maravatío-Zapotlanejo	3.06	6.93	46.71	26.16	0.57	1808.06	0.30
Zapotlanejo-Guadalajara	3.07	0.69	4.85	2.18	0.04	149.17	0.02
Zona Urbana Gdl.	3.08	5.83	42.38	15.66	0.34	1144.14	0.17
Guadalajara-Tepic	3.09	1.43	10.69	3.13	0.07	249.35	0.03
Guadalajara-Tepic Cuota	3.10	4.00	25.84	17.00	0.39	1176.86	0.20
Libramiento de Tepic	3.11	1.63	12.49	3.45	0.07	278.89	0.04

Tepic-Mazatlán	3.12	4.15	29.65	11.21	0.25	809.07	0.12
Tepic-Villa Unión	3.13	3.20	18.41	19.27	0.47	1360.46	0.25
Libramiento de Mazatlán	3.14	0.63	4.96	1.07	0.02	91.75	0.01
Mazatlán-Culiacán	3.15	3.13	17.84	19.26	0.46	1348.71	0.24
Culiacán-Las Brisas	3.16	2.07	12.74	10.55	0.24	735.14	0.13
Culiacán-Los Mochis	3.17	3.79	26.87	11.76	0.24	823.66	0.13
Los Mochis - Est. Don	3.18	2.80	17.53	11.61	0.28	805.43	0.14
Est. Don-Nogales	3.19	23.57	167.00	73.92	1.44	5130.50	0.79
Libramiento de Empalme	3.20	0.36	2.15	1.93	0.04	134.90	0.02
Libramiento de Magdalena de Kino	3.21	0.10	0.59	0.56	0.01	39.36	0.01
Libramiento de Nogales	3.22	0.07	0.41	0.31	0.01	20.17	0.00
TOTAL		80.61	562.66	267.59	5.62	18841.69	2.97

Las emisiones de CO₂ representan el 95.35% de las emisiones generadas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Est. Don-Nogales, con una participación de 5,130.50 toneladas diarias. Esto representa el 27.23% del total de emisiones generadas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Maravatío-Zapotlanejo, Tepic-Villa Unión y Mazatlán-Culiacán.

La Tabla 3.28 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.28 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor México-Nogales

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Toluca Libre	3.01	0.56%	4.26%	1.24%	0.02%	93.90%	0.01%
México-Toluca Cuota	3.02	0.72%	5.53%	1.36%	0.02%	92.37%	0.01%
Libramiento Toluca	3.03	0.57%	4.30%	1.32%	0.02%	93.77%	0.01%
Toluca-Palmillas	3.04	0.55%	4.06%	1.34%	0.02%	94.02%	0.01%
Atacomulco-Maravatío	3.05	0.42%	2.89%	1.38%	0.03%	95.27%	0.02%
Maravatío-Zapotlanejo	3.06	0.37%	2.47%	1.38%	0.03%	95.73%	0.02%
Zapotlanejo-Guadalajara	3.07	0.44%	3.09%	1.39%	0.03%	95.04%	0.01%
Zona Urbana Gdj.	3.08	0.48%	3.51%	1.30%	0.03%	94.67%	0.01%
Guadalajara-Tepic	3.09	0.54%	4.04%	1.18%	0.03%	94.20%	0.01%
Guadalajara-Tepic Cuota	3.10	0.33%	2.11%	1.39%	0.03%	96.13%	0.02%
Libramiento de Tepic	3.11	0.55%	4.21%	1.16%	0.02%	94.04%	0.01%
Tepic-Mazatlán	3.12	0.49%	3.47%	1.31%	0.03%	94.69%	0.01%

Tepic-Villa Unión	3.13	0.23%	1.31%	1.37%	0.03%	97.03%	0.02%
Libramiento de Mazatlán	3.14	0.64%	5.04%	1.09%	0.02%	93.20%	0.01%
Mazatlán-Culiacán	3.15	0.23%	1.28%	1.39%	0.03%	97.05%	0.02%
Culiacán-Las Brisas	3.16	0.27%	1.67%	1.39%	0.03%	96.62%	0.02%
Culiacán-Los Mochis	3.17	0.44%	3.10%	1.36%	0.03%	95.06%	0.01%
Los Mochis - Est. Don	3.18	0.33%	2.09%	1.39%	0.03%	96.14%	0.02%
Est. Don-Nogales	3.19	0.44%	3.09%	1.37%	0.03%	95.06%	0.01%
Libramiento de Empalme	3.20	0.25%	1.54%	1.39%	0.03%	96.77%	0.02%
Libramiento de Magdalena de Kino	3.21	0.25%	1.46%	1.39%	0.03%	96.85%	0.02%
Libramiento de Nogales	3.22	0.33%	1.97%	1.46%	0.04%	96.19%	0.02%
TOTAL	0.41%	2.85%	1.35%	0.03%	95.35%	0.02%	0.41%

3.2.3.1 Ramal a Tijuana

La Tabla 3.29 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 3,074.86 toneladas diarias o 1.1 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido, seguido por el monóxido de carbono con 105.38 toneladas diarias.

Tabla 3.29 Toneladas diarias por tipo de emisión, ramal a Tijuana

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Santa Ana - Sonita	3.05.01	3.06	22.85	6.89	0.15	544.64	0.08
Sonoita - Mexicali	3.05.02	5.82	42.82	15.76	0.28	1089.70	0.16
Libramiento de Mexicali	3.05.03	0.25	1.42	1.43	0.03	98.34	0.02
El Centinela - La Rumorosa	3.05.04	0.55	3.87	1.85	0.04	129.38	0.02
La Rumorosa - Tecate	3.05.05	0.28	1.89	1.01	0.02	69.06	0.01
Libramiento de Tecate	3.05.06	4.24	28.96	15.35	0.31	1052.24	0.17
Tecate - Tijuana	3.05.07	0.49	3.56	1.37	0.02	91.51	0.01
TOTAL		14.70	105.38	43.66	0.86	3074.86	0.47

Las emisiones de CO₂ representan el 94.91% de las emisiones generadas en el ramal.

El tramo carretero que mayores emisiones de CO₂ genera en el ramal es el Sonoita – Mexicali, con una participación 1,089.70 toneladas diarias. Esto representa el 35.44% del total de emisiones generadas en el ramal diariamente.

La Tabla 3.30 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.30 Porcentajes por componente del total de emisiones, ramal a Tijuana

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Santa Ana - Sonita	3.05.01	0.53%	3.96%	1.19%	0.03%	94.28%	0.01%
Sonoita - Mexicali	3.05.02	0.50%	3.71%	1.36%	0.02%	94.38%	0.01%
Libramiento de Mexicali	3.05.03	0.25%	1.40%	1.41%	0.03%	96.89%	0.02%
El Centinela - La Rumorosa	3.05.04	0.41%	2.85%	1.36%	0.03%	95.34%	0.02%
La Rumorosa - Tecate	3.05.05	0.38%	2.62%	1.40%	0.03%	95.56%	0.02%
Libramiento de Tecate	3.05.06	0.39%	2.63%	1.39%	0.03%	95.55%	0.02%
Tecate - Tijuana	3.05.07	0.51%	3.67%	1.42%	0.02%	94.37%	0.01%
TOTAL		0.45%	3.25%	1.35%	0.03%	94.91%	0.01%

3.2.4 Corredor Manzanillo – Tampico

La Tabla 3.31 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 10,396.75 toneladas diarias o 3.7 megatoneladas anuales emitidas convirtiéndose en el mayor gas emitido, seguido por el monóxido de carbono con 349.77 toneladas diarias.

Tabla 3.31 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Manzanillo – Tampico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Armería-Manzanillo Cuota	4.01	1.02	6.91	4.02	0.08	278.14	0.05
Colima-Ent. Tecomán	4.02	2.42	17.34	7.10	0.15	508.81	0.08
Libramiento Colima	4.03	0.52	3.77	1.39	0.03	97.14	0.01
Cd. Guzmán-Colima	4.04	0.32	2.31	0.97	0.02	66.60	0.01
Guadalajara-Colima Cuota	4.05	5.02	34.60	18.12	0.37	1247.84	0.20
Jiquilpan-Guadalajara	4.06	2.98	23.39	5.13	0.06	373.01	0.04
Zapotlanejo - Guadalajara Cuota	4.07	2.64	18.36	8.60	0.18	587.02	0.09
Lagos de Moreno - Guadalajara	4.08	15.03	112.38	35.13	0.68	2533.41	0.36
Zapotlanejo - Lagos de Moreno Cuota	4.09	4.44	28.51	19.62	0.44	1351.87	0.23
San Luis Potosí - Lagos de Moreno	4.10	2.56	18.05	7.68	0.17	554.87	0.09
Lagos de Moreno - Villa de Arriaga	4.11	2.60	21.53	3.23	0.06	345.26	0.04
Libramiento Villa de Arriaga	4.12	0.09	0.57	0.34	0.01	23.56	0.00
San Luis Potosí - Villa de Arriaga Cuota	4.13	1.86	12.47	7.05	0.16	487.80	0.08
Cd. Valles - San Luis Potosí	4.14	1.18	8.52	3.29	0.06	230.13	0.03
Libramiento Oriente de San Luis Potosí Cuota	4.15	0.98	3.84	8.25	0.21	547.52	0.10

3. Desarrollo de inventario de emisiones del transporte de carga en los corredores de transporte carretero

San Luis Potosí – Matehuala	4.16	1.60	6.97	12.79	0.33	870.56	0.16
Cerritos - Rioverde Cuota	4.17	1.07	7.42	3.62	0.08	251.68	0.04
Cd. Valles - San Luis Potosí	4.18	0.49	3.72	0.97	0.02	68.07	0.01
Libramiento de Cd. Valles	4.19	0.13	0.96	0.36	0.01	26.15	0.00
Cd. Valles – Tampico	4.20	2.48	18.15	6.51	0.13	465.90	0.07
TOTAL		49.42	349.77	154.19	3.26	10915.32	1.71

Las emisiones de CO₂ representan el 95.13% de las emisiones generadas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Lagos de Moreno-Guadalajara, con una participación de 2,533.41 toneladas diarias. Esto representa el 24.37% del total de emisiones emitidas en el corredor anualmente. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Zapotlanejo-Lagos de Moreno (Cuota), Guadalajara-Colima Cuota y San Luis Potosí-Matehuala.

La Tabla 3.32 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.32 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Manzanillo – Tampico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Armería-Manzanillo Cuota	4.01	0.35%	2.38%	1.39%	0.03%	95.84%	0.02%
Colima-Ent. Tecomán	4.02	0.45%	3.24%	1.33%	0.03%	94.95%	0.01%
Libramiento Colima	4.03	0.50%	3.67%	1.35%	0.03%	94.44%	0.01%
Cd. Guzmán-Colima	4.04	0.46%	3.28%	1.39%	0.03%	94.83%	0.01%
Guadalajara-Colima Cuota	4.05	0.38%	2.65%	1.39%	0.03%	95.54%	0.02%
Jiquilpan-Guadalajara	4.06	0.74%	5.78%	1.27%	0.02%	92.19%	0.01%
Zapotlanejo - Guadalajara Cuota	4.07	0.43%	2.98%	1.39%	0.03%	95.16%	0.02%
Lagos de Moreno - Guadalajara	4.08	0.56%	4.17%	1.30%	0.03%	93.93%	0.01%
Zapotlanejo - Lagos de Moreno Cuota	4.09	0.32%	2.03%	1.40%	0.03%	96.21%	0.02%
San Luis Potosí - Lagos de Moreno	4.10	0.44%	3.09%	1.32%	0.03%	95.11%	0.01%
Lagos de Moreno - Villa de Arriaga	4.11	0.70%	5.78%	0.87%	0.02%	92.63%	0.01%
Libramiento Villa de Arriaga	4.12	0.35%	2.32%	1.40%	0.03%	95.88%	0.02%
San Luis Potosí - Villa de Arriaga Cuota	4.13	0.36%	2.45%	1.38%	0.03%	95.76%	0.02%
Cd. Valles - San Luis Potosí	4.14	0.48%	3.50%	1.35%	0.03%	94.62%	0.01%

Libramiento Oriente de San Luis Potosí Cuota	4.15	0.17%	0.68%	1.47%	0.04%	97.61%	0.02%
San Luis Potosí – Matehuala	4.16	0.18%	0.78%	1.43%	0.04%	97.55%	0.02%
Cerritos - Rioverde Cuota	4.17	0.41%	2.81%	1.37%	0.03%	95.36%	0.02%
Cd. Valles - San Luis Potosí	4.18	0.67%	5.08%	1.33%	0.02%	92.89%	0.01%
Libramiento de Cd. Valles	4.19	0.48%	3.46%	1.30%	0.03%	94.71%	0.01%
Cd. Valles – Tampico	4.20	0.50%	3.68%	1.32%	0.03%	94.46%	0.01%
TOTAL		0.43%	3.05%	1.34%	0.03%	95.13%	0.01%

3.2.4.1 Ramal a Lázaro Cárdenas

La Tabla 3.33 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 5,377.13 toneladas diarias o 1.9 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 229.12 toneladas diarias.

Tabla 3.33 Toneladas diarias por tipo de emisión, ramal a Lázaro Cárdenas

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
León - Aguascalientes Cuota	4.06.01	1.85	11.88	8.16	0.19	564.65	0.10
Irapuato - León	4.06.02	13.56	101.88	29.25	0.51	2075.55	0.28
Nuevo Libramiento de Irapuato	4.06.03	1.17	8.07	3.25	0.08	238.99	0.04
Querétaro - Irapuato Cuota	4.06.04	1.31	8.82	4.88	0.11	336.63	0.06
Morelia - Salamanca Cuota	4.06.05	1.15	8.13	3.47	0.06	232.95	0.04
Morelia - Salamanca	4.06.06	3.97	30.62	7.63	0.12	553.35	0.07
Morelia - Pátzcuaro	4.06.07	4.55	34.59	8.21	0.09	524.82	0.06
Pátzcuaro - Uruapan Cuota	4.06.08	1.03	7.34	2.95	0.05	197.98	0.03
Uruapan - Nueva Italia Cuota	4.06.09	0.93	6.51	2.94	0.06	199.93	0.03
Nueva Italia - Lázaro Cárdenas Cuota	4.06.10	1.68	11.29	6.59	0.14	452.28	0.08
TOTAL		31.20	229.12	77.32	1.42	5377.13	0.77

Las emisiones de CO₂ representan el 94.06% de las emisiones emitidas en el ramal.

El tramo carretero que mayores emisiones de CO₂ emitidas en el ramal es la carretera Irapuato-León con una participación 2,075.55 toneladas diarias. Esto representa el 39.60% del total de emisiones emitidas en el ramal diariamente.

La Tabla 3.34 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.34 Porcentajes por componente del total de emisiones, ramal a Lázaro Cárdenas

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
León - Aguascalientes Cuota	4.06.01	0.32%	2.02%	1.39%	0.03%	96.22%	0.02%
Irapuato - León	4.06.02	0.61%	4.59%	1.32%	0.02%	93.45%	0.01%
Nuevo Libramiento de Irapuato	4.06.03	0.46%	3.21%	1.29%	0.03%	94.99%	0.01%
Querétaro - Irapuato Cuota	4.06.04	0.37%	2.51%	1.39%	0.03%	95.69%	0.02%
Morelia - Salamanca Cuota	4.06.05	0.47%	3.31%	1.41%	0.03%	94.77%	0.01%
Morelia - Salamanca	4.06.06	0.67%	5.14%	1.28%	0.02%	92.88%	0.01%
Morelia - Pátzcuaro	4.06.07	0.79%	6.04%	1.43%	0.02%	91.70%	0.01%
Pátzcuaro - Uruapan Cuota	4.06.08	0.49%	3.51%	1.41%	0.03%	94.55%	0.01%
Uruapan - Nueva Italia Cuota	4.06.09	0.44%	3.09%	1.40%	0.03%	95.02%	0.01%
Nueva Italia - Lázaro Cárdenas Cuota	4.06.10	0.36%	2.39%	1.40%	0.03%	95.81%	0.02%
TOTAL		0.55%	4.01%	1.35%	0.02%	94.06%	0.01%

3.2.5 Corredor México – Veracruz

La Tabla 3.35 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 8,556.60 toneladas diarias o 3.1 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 174.41 toneladas diarias.

Tabla 3.35 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor México – Veracruz

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Puebla Cuota	5.01	10.69	79.72	27.67	0.59	2020.24	0.30
Puebla-Acatzingo Cuota	5.02	5.30	37.98	15.09	0.30	1029.39	0.16
Acatzingo-Cd. Mendoza Cuota	5.03	3.87	24.12	17.72	0.44	1229.23	0.21
Cd. Mendoza-Córdoba Cuota	5.04	1.94	12.16	8.51	0.22	596.01	0.10
Lib. de Córdoba	5.05	0.58	3.79	2.15	0.05	153.51	0.03
Córdoba-Veracruz Cuota	5.06	4.67	16.65	50.63	1.18	3528.23	0.68
TOTAL		27.06	174.41	121.76	2.78	8556.60	1.47

Las emisiones de CO₂ representan el 96.31% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Córdoba-Veracruz Cuota, con una participación de 3,528.23 toneladas diarias. Esto representa el 41.23% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera México-Puebla Cuota, Acatzingo-Cd. Mendoza Cuota y Puebla-Acatzingo Cuota.

La Tabla 3.36 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.36 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor México – Veracruz

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Puebla Cuota	5.01	0.50%	3.73%	1.29%	0.03%	94.44%	0.01%
Puebla-Acatzingo Cuota	5.02	0.49%	3.49%	1.39%	0.03%	94.59%	0.01%
Acatzingo-Cd. Mendoza Cuota	5.03	0.30%	1.89%	1.39%	0.03%	96.37%	0.02%
Cd. Mendoza-Córdoba Cuota	5.04	0.31%	1.96%	1.37%	0.03%	96.30%	0.02%
Lib. de Córdoba	5.05	0.36%	2.37%	1.34%	0.03%	95.87%	0.02%
Córdoba-Veracruz Cuota	5.06	0.13%	0.46%	1.41%	0.03%	97.95%	0.02%
TOTAL		0.30%	1.96%	1.37%	0.03%	96.31%	0.02%

3.2.6 Corredor Veracruz – Monterrey (incluye ramal a Matamoros)

La Tabla 3.37 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 6,150.07 toneladas diarias o 2.2 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido, le sigue el monóxido de carbono con 184.07 toneladas diarias.

Tabla 3.37 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Veracruz – Monterrey (incluye ramal a Matamoros)

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Ciudad Victoria - Monterrey	6.01	11.98	90.51	29.57	0.61	2245.60	0.33
Ignacio Zaragoza - T. C. (Ciudad Victoria -Monterrey)	6.02	0.63	3.17	4.97	0.13	356.43	0.07
González - Llera de Canales	6.03	0.55	2.84	3.31	0.09	224.01	0.04
Libramiento Estación Manuel - González	6.04	0.26	1.45	1.68	0.04	119.12	0.02
Tampico - Cd. Mante	6.05	1.26	7.99	6.35	0.15	454.95	0.08
Tuxpan - Tampico	6.06	2.61	17.56	9.21	0.24	687.28	0.11
Tihuatlán - Tuxpan	6.07	0.70	4.89	2.35	0.06	175.88	0.03

Gutiérrez Zamora - Tihuatlán Cuota	6.08	0.30	2.17	1.00	0.02	71.73	0.01
Poza Rica - Veracruz	6.09	3.09	22.10	9.42	0.22	694.46	0.11
Cd. Victoria - Matamoros	6.10	4.47	31.39	15.24	0.35	1120.61	0.18
TOTAL		25.85	184.07	83.10	1.91	6150.07	0.98

Las emisiones de CO₂ representan el 95.41% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor, es la carretera Ciudad Victoria-Monterrey, con una participación de 2,245.60 toneladas diarias. Esto representa el 36.51% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Cd. Victoria-Matamoros, Poza Rica-Veracruz y Tuxpan-Tampico.

La Tabla 3.38 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.38 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Veracruz – Monterrey (incluye ramal a Matamoros)

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Ciudad Victoria - Monterrey	6.01	0.50%	3.81%	1.24%	0.03%	94.41%	0.01%
Ignacio Zaragoza - T. C. (Ciudad Victoria - Monterrey)	6.02	0.17%	0.87%	1.36%	0.04%	97.55%	0.02%
González - Llera de Canales	6.03	0.24%	1.23%	1.43%	0.04%	97.04%	0.02%
Libramiento Estación Manuel - González	6.04	0.21%	1.18%	1.37%	0.03%	97.19%	0.02%
Tampico - Cd. Mante	6.05	0.27%	1.70%	1.35%	0.03%	96.64%	0.02%
Túxpam - Tampico	6.06	0.36%	2.45%	1.29%	0.03%	95.85%	0.02%
Tihuatlán - Túxpam	6.07	0.38%	2.66%	1.28%	0.03%	95.63%	0.02%
Gutiérrez Zamora - Tihuatlán Cuota	6.08	0.40%	2.88%	1.33%	0.03%	95.34%	0.02%
Poza Rica - Veracruz	6.09	0.42%	3.03%	1.29%	0.03%	95.21%	0.01%
Cd. Victoria - Matamoros	6.10	0.38%	2.68%	1.30%	0.03%	95.60%	0.02%
TOTAL		0.40%	2.86%	1.29%	0.03%	95.41%	0.02%

3.2.7 Corredor Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo

La Tabla 3.39 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 4,764.16 toneladas diarias o 1.7 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 245.86 toneladas diarias emitidas.

Tabla 3.39 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Puebla - Acatzingo	7.01	8.88	56.34	16.36	0.29	999.26	0.20
Acatzingo - Cd. Mendoza	7.02	2.75	16.16	7.65	0.18	492.04	0.10
Cuacnopalan - Oaxaca	7.03	6.01	37.83	12.85	0.26	821.67	0.16
Huajuapán de León - Oaxaca	7.04	1.47	9.67	2.29	0.03	152.32	0.03
Oaxaca - Tehuantepec	7.05	4.96	32.21	8.28	0.12	535.69	0.11
Lib. Salina Cruz	7.06	1.30	8.48	2.13	0.03	138.04	0.03
La Ventosa - San Pedro Tanapatepec	7.07	1.46	9.04	3.48	0.07	224.91	0.04
Tapanatepec - Talismán	7.08	10.41	65.87	20.26	0.35	1253.30	0.25
Tapachula - Puerto Madero	7.09	0.97	6.30	1.35	0.02	76.65	0.02
Ent. Jaritas - Ciudad Hidalgo	7.10	0.62	3.95	1.13	0.02	70.28	0.01
TOTAL		38.82	245.86	75.77	1.36	4764.16	0.94

Las emisiones de CO₂ representan el 92.92% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Tapanatepec-Talismán, con una participación de 1,253.30 toneladas diarias. Esto representa el 26.31% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Puebla-Acatzingo, Cuacnopalan-Oaxaca y Oaxaca-Tehuantepec.

La Tabla 3.40 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.40 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Puebla - Acatzingo	7.01	0.82%	5.21%	1.51%	0.03%	92.41%	0.02%
Acatzingo - Cd. Mendoza	7.02	0.53%	3.11%	1.47%	0.03%	94.83%	0.02%
Cuacnopalan - Oaxaca	7.03	0.68%	4.31%	1.46%	0.03%	93.50%	0.02%
Huajuapán de León - Oaxaca	7.04	0.89%	5.83%	1.38%	0.02%	91.87%	0.02%
Oaxaca - Tehuantepec	7.05	0.85%	5.54%	1.42%	0.02%	92.14%	0.02%
Lib. Salina Cruz	7.06	0.87%	5.65%	1.42%	0.02%	92.03%	0.02%
La Ventosa - San Pedro Tanapatepec	7.07	0.61%	3.78%	1.45%	0.03%	94.10%	0.02%
Tapanatepec - Talismán	7.08	0.77%	4.88%	1.50%	0.03%	92.81%	0.02%

Tapachula - Puerto Madero	7.09	1.13%	7.39%	1.59%	0.02%	89.85%	0.02%
Ent. Jaritas - Ciudad Hidalgo	7.10	0.81%	5.20%	1.48%	0.03%	92.46%	0.02%
TOTAL		0.76%	4.80%	1.48%	0.03%	92.92%	0.02%

3.2.8 Corredor México – Puebla – Progreso

La Tabla 3.41 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 12,927.17 toneladas diarias o 4.7 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le siguen los nitratos con 354.99 toneladas diarias.

Tabla 3.41 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor México – Puebla – Progreso

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México - Puebla	8.01	9.99	74.66	28.09	0.68	2117.82	0.32
Puebla - Acatzingo	8.02	4.59	32.78	13.85	0.31	975.51	0.15
Acatzingo - Cd. Mendoza	8.03	3.67	22.77	18.31	0.50	1303.81	0.23
Libramiento de Córdoba	8.04	0.54	3.59	2.38	0.07	177.82	0.03
Córdoba - Veracruz	8.05	1.52	8.99	9.16	0.23	653.38	0.12
La Tinaja - Cosoleacaque	8.06	5.29	30.61	33.54	0.85	2394.23	0.44
Nuevo Teapa - Cosoleacaque	8.07	0.89	5.43	5.04	0.12	358.17	0.06
Coatzacoalcos - Villahermosa	8.08	10.86	77.25	34.89	0.75	2439.87	0.39
Villahermosa - Cd. del Carmen	8.09	3.18	23.86	8.13	0.17	601.56	0.09
Cd. del Carmen - Campeche	8.10	3.03	21.68	9.82	0.22	717.01	0.11
Libramiento de Campeche	8.11	0.25	1.82	0.65	0.01	45.22	0.01
Campeche - Mérida	8.12	3.91	28.41	11.07	0.21	763.57	0.12
Mérida - Progreso	8.13	2.96	23.14	5.32	0.07	379.19	0.05
TOTAL		50.67	354.99	180.24	4.20	12927.17	2.11

Las emisiones de CO₂ representan el 95.62% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa, con una participación de 2,439.87 toneladas diarias. Esto representa el 18.87% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera, La Tinaja-Cosoleacaque, México-Puebla y Acatzingo-Cd. Mendoza.

La Tabla 3.42 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.42 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor México – Puebla – Progreso

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México - Puebla	8.01	0.45%	3.35%	1.26%	0.03%	94.90%	0.01%
Puebla - Acatzingo	8.02	0.45%	3.19%	1.35%	0.03%	94.97%	0.01%
Acatzingo - Cd. Mendoza	8.03	0.27%	1.69%	1.36%	0.04%	96.63%	0.02%
Libramiento de Córdoba	8.04	0.29%	1.95%	1.29%	0.04%	96.42%	0.02%
Córdoba - Veracruz	8.05	0.23%	1.34%	1.36%	0.03%	97.03%	0.02%
La Tinaja - Cosoleacaque	8.06	0.21%	1.24%	1.36%	0.03%	97.13%	0.02%
Nuevo Teapa - Cosoleacaque	8.07	0.24%	1.47%	1.36%	0.03%	96.87%	0.02%
Coatzacoalcos - Villahermosa	8.08	0.42%	3.01%	1.36%	0.03%	95.16%	0.02%
Villahermosa - Cd. del Carmen	8.09	0.50%	3.75%	1.28%	0.03%	94.44%	0.01%
Cd. del Carmen - Campeche	8.10	0.40%	2.88%	1.31%	0.03%	95.36%	0.02%
Libramiento de Campeche	8.11	0.51%	3.80%	1.35%	0.03%	94.30%	0.01%
Campeche - Mérida	8.12	0.48%	3.52%	1.37%	0.03%	94.58%	0.01%
Mérida - Progreso	8.13	0.72%	5.63%	1.30%	0.02%	92.32%	0.01%
TOTAL		0.37%	2.63%	1.33%	0.03%	95.62%	0.02%

3.2.9 Corredor Peninsular de Yucatán

La Tabla 3.43 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 4,316.78 toneladas diarias o 1.5 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 194.28 toneladas diarias.

Tabla 3.43 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Peninsular de Yucatán

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Villahermosa - Francisco Escárcega	9.01	4.80	33.14	17.24	0.37	1222.07	0.20
Francisco Escárcega - Chetumal	9.02	1.49	10.39	4.75	0.10	340.55	0.05
Reforma Agraria - Puerto Juárez	9.03	15.78	121.53	28.89	0.45	2068.53	0.26
Mérida - Cancún	9.04	2.58	18.87	6.81	0.13	469.25	0.07
Mérida - Puerto Juárez	9.05	1.37	10.36	2.98	0.05	216.39	0.03
TOTAL		26.01	194.28	60.66	1.11	4316.78	0.61

Las emisiones de CO₂ representan el 93.85% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Reforma Agraria-Puerto Juárez, con una participación de 2,068.53 toneladas diarias. Esto representa el 47.92% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Villahermosa-Francisco Escárcega, Mérida-Cancún y Francisco Escárcega-Chetumal.

La Tabla 3.44 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.44 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Peninsular de Yucatán

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Villahermosa - Francisco Escárcega	9.01	0.38%	2.59%	1.35%	0.03%	95.64%	0.02%
Francisco Escárcega - Chetumal	9.02	0.42%	2.91%	1.33%	0.03%	95.30%	0.02%
Reforma Agraria - Puerto Juárez	9.03	0.71%	5.44%	1.29%	0.02%	92.53%	0.01%
Mérida - Cancún	9.04	0.52%	3.79%	1.37%	0.03%	94.28%	0.01%
Mérida - Puerto Juárez	9.05	0.59%	4.48%	1.29%	0.02%	93.60%	0.01%
TOTAL		0.57%	4.22%	1.32%	0.02%	93.85%	0.01%

3.2.10 Corredor del Pacífico

La Tabla 3.45 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 4,150.81 toneladas diarias o 1.5 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 219.10 toneladas diarias.

Tabla 3.45 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor del Pacífico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Tepic - Ixtapan de La Concepción	10.01	0.52	4.12	0.91	0.02	70.51	0.01
Ramal a Ixtapan de La Concepción	10.02	0.12	0.93	0.22	0.00	17.49	0.00
Tepic - Puerto Vallarta	10.03	5.75	44.67	11.08	0.21	824.35	0.11
Manzanillo - Puerto Vallarta	10.04	3.55	28.05	6.58	0.13	515.37	0.07
Libramiento de Manzanillo Norte	10.05	0.50	3.76	1.25	0.03	93.54	0.01
Armería - Manzanillo	10.06	2.23	17.14	4.48	0.08	313.54	0.04

Playa Azul - Manzanillo	10.07	1.96	14.73	4.82	0.10	346.60	0.05
Zihuatanejo - La Mira	10.08	1.43	11.30	2.57	0.05	195.79	0.02
Acapulco - Zihuatanejo	10.09	3.95	30.87	7.64	0.15	573.03	0.07
Las Cruces - Pinotepa Nacional	10.10	4.32	34.51	7.80	0.15	629.59	0.08
Santiago Pinotepa Nacional - Salina Cruz	10.11	3.71	29.03	7.50	0.14	571.00	0.08
TOTAL		28.03	219.10	54.85	1.03	4150.81	0.54

Las emisiones de CO₂ representan el 93.19% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor, es la carretera Tepic-Puerto Vallarta, con una participación de 824.35 toneladas diarias. Esto representa el 19.86% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Las Cruces-Pinotepa Nacional, Acapulco-Zihuatanejo y Santiago Pinotepa Nacional-Salina Cruz.

La Tabla 3.46 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.46 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor del Pacífico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Tepic - Ixtapan de La Concepción	10.01	0.68%	5.41%	1.19%	0.02%	92.68%	0.01%
Ramal a Ixtapan de La Concepción	10.02	0.63%	4.97%	1.19%	0.03%	93.17%	0.01%
Tepic - Puerto Vallarta	10.03	0.65%	5.04%	1.25%	0.02%	93.03%	0.01%
Manzanillo - Puerto Vallarta	10.04	0.64%	5.07%	1.19%	0.02%	93.07%	0.01%
Libramiento de Manzanillo Norte	10.05	0.50%	3.79%	1.27%	0.03%	94.40%	0.01%
Armería - Manzanillo	10.06	0.66%	5.08%	1.33%	0.02%	92.90%	0.01%
Playa Azul - Manzanillo	10.07	0.53%	4.00%	1.31%	0.03%	94.12%	0.01%
Zihuatanejo - La Mira	10.08	0.68%	5.35%	1.22%	0.02%	92.72%	0.01%
Acapulco - Zihuatanejo	10.09	0.64%	5.01%	1.24%	0.02%	93.07%	0.01%
Las Cruces - Pinotepa Nacional	10.10	0.64%	5.10%	1.15%	0.02%	93.07%	0.01%
Santiago Pinotepa Nacional - Salina Cruz	10.11	0.61%	4.75%	1.23%	0.02%	93.38%	0.01%
TOTAL		0.63%	4.92%	1.23%	0.02%	93.19%	0.01%

3.2.11 Corredor Mazatlán – Matamoros

La Tabla 3.47 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 7,848.94 toneladas diarias o 2.8 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 204.89 toneladas diarias.

Tabla 3.47 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Mazatlán – Matamoros

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Durango - Mazatlán	11.01	1.53	11.02	4.66	0.11	350.74	0.06
Libramiento de Durango	11.02	0.21	1.48	0.73	0.02	52.03	0.01
Durango - Yerbanís	11.03	2.62	17.88	10.02	0.22	717.04	0.12
Saltillo - Torreón	11.04	12.21	80.91	50.81	1.08	3539.86	0.60
Libramiento Norponiente de Saltillo	11.05	0.71	3.80	4.96	0.12	348.92	0.06
Saltillo - Monterrey Libre	11.06	1.72	9.71	9.31	0.23	635.43	0.11
Saltillo - Monterrey Cuota	11.07	0.93	6.18	3.65	0.08	248.62	0.04
Monterrey - Reynosa	11.08	5.39	37.91	17.76	0.37	1239.87	0.20
Libramiento de Reynosa	11.09	2.68	21.82	4.26	0.08	378.04	0.05
Matamoros - Reynosa	11.10	1.87	14.18	4.33	0.09	338.39	0.05
TOTAL		29.87	204.89	110.48	2.40	7848.94	1.29

Las emisiones de CO₂ representan el 95.74% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Saltillo-Torreón, con una participación de 3,539.86 toneladas diarias. Esto representa el 45.10% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Monterrey-Reynosa, Durango-Yerbanís y Saltillo-Monterrey libre.

La Tabla 3.48 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.48 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Mazatlán – Matamoros

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Durango - Mazatlán	11.01	0.42%	2.99%	1.27%	0.03%	95.28%	0.02%
Libramiento de Durango	11.02	0.39%	2.73%	1.34%	0.03%	95.50%	0.02%
Durango - Yerbanís	11.03	0.35%	2.39%	1.34%	0.03%	95.87%	0.02%
Saltillo - Torreón	11.04	0.33%	2.20%	1.38%	0.03%	96.05%	0.02%
Libramiento Norponiente de Saltillo	11.05	0.20%	1.06%	1.38%	0.03%	97.31%	0.02%

Saltillo - Monterrey Libre	11.06	0.26%	1.48%	1.42%	0.03%	96.79%	0.02%
Saltillo - Monterrey Cuota	11.07	0.36%	2.38%	1.41%	0.03%	95.81%	0.02%
Monterrey - Reynosa	11.08	0.41%	2.91%	1.36%	0.03%	95.26%	0.02%
Libramiento de Reynosa	11.09	0.66%	5.36%	1.05%	0.02%	92.90%	0.01%
Matamoros - Reynosa	11.10	0.52%	3.95%	1.21%	0.03%	94.28%	0.01%
TOTAL		0.36%	2.50%	1.35%	0.03%	95.74%	0.02%

3.2.12 Corredor Transpeninsular de Baja California

La Tabla 3.49 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 4,044.37 toneladas diarias o 1.4 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 208.57 toneladas diarias.

Tabla 3.49 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Transpeninsular de Baja California

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Tijuana - Ensenada	12.01	5.01	38.29	9.78	0.14	669.27	0.08
Ensenada - Lázaro Cárdenas	12.02	7.38	58.79	11.84	0.29	1165.50	0.15
Lázaro Cárdenas - Ent. Punta Prieta	12.03	1.37	9.54	4.59	0.11	329.89	0.05
Ent. Punta Prieta - Guerrero Negro	12.04	0.25	1.68	1.05	0.03	75.43	0.01
Santa Rosalía - Guerrero Negro	12.05	0.61	4.37	1.79	0.04	132.81	0.02
Loreto - Santa Rosalía	12.06	0.65	4.72	1.67	0.04	129.68	0.02
Cd. Insurgentes - Loreto	12.07	0.44	3.18	1.20	0.03	89.36	0.01
La Paz - Cd. Insurgentes	12.08	2.41	18.72	4.39	0.06	304.29	0.04
Cabo San Lucas - La Paz	12.09	6.26	48.34	11.12	0.17	768.25	0.09
San Pedro - Cabo San Lucas	12.10	2.76	20.95	5.61	0.09	379.90	0.05
TOTAL		27.14	208.57	53.03	1.00	4044.37	0.53

Las emisiones de CO₂ representan el 93.30% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Ensenada-Lázaro Cárdenas, con una participación de 1,165.50 toneladas diarias. Esto representa el 28.82% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Cabo San Lucas-La Paz, Tijuana-Ensenada y San Pedro-Cabo San Lucas.

La Tabla 3.50 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.50 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Transpeninsular de Baja California

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Tijuana - Ensenada	12.01	0.69%	5.30%	1.35%	0.02%	92.62%	0.01%
Ensenada - Lázaro Cárdenas	12.02	0.59%	4.73%	0.95%	0.02%	93.69%	0.01%
Lázaro Cárdenas - Ent. Punta Prieta	12.03	0.40%	2.76%	1.33%	0.03%	95.47%	0.02%
Ent. Punta Prieta - Guerrero Negro	12.04	0.32%	2.14%	1.34%	0.03%	96.15%	0.02%
Santa Rosalía - Guerrero Negro	12.05	0.44%	3.13%	1.28%	0.03%	95.11%	0.01%
Loreto - Santa Rosalía	12.06	0.47%	3.45%	1.22%	0.03%	94.81%	0.01%
Cd. Insurgentes - Loreto	12.07	0.46%	3.38%	1.27%	0.03%	94.84%	0.01%
La Paz - Cd. Insurgentes	12.08	0.73%	5.67%	1.33%	0.02%	92.24%	0.01%
Cabo San Lucas - La Paz	12.09	0.75%	5.79%	1.33%	0.02%	92.09%	0.01%
San Pedro - Cabo San Lucas	12.10	0.67%	5.12%	1.37%	0.02%	92.80%	0.01%
TOTAL		0.63%	4.81%	1.22%	0.02%	93.30%	0.01%

3.2.13 Corredor del Altiplano

La Tabla 3.51 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 5,485.12 toneladas diarias o 2.0 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido, le sigue el monóxido de carbono con 139.24 toneladas diarias.

Tabla 3.51 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor del Altiplano

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Libramiento Norte de la Ciudad de México	13.01	7.74	48.41	39.42	0.92	2784.38	0.49
Texcoco - Calpulalpan	13.02	2.23	16.22	6.71	0.14	486.32	0.08
Calpulalpan - Huamantla	13.03	4.64	33.27	14.50	0.30	1017.14	0.16
Huamantla - Cuapiaxtla	13.04	0.68	4.68	2.36	0.05	165.29	0.03
Amozoc - Perote	13.05	3.10	22.25	9.12	0.20	642.29	0.10
Libramiento Perote	13.06	0.27	1.29	2.19	0.06	157.35	0.03
San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El molinito	13.07	1.66	13.11	3.00	0.05	232.35	0.03
TOTAL		20.32	139.24	77.29	1.73	5485.12	0.91

Las emisiones de CO₂ representan el 95.82% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Libramiento Norte de la Ciudad de México, con una participación de 2,784.38 toneladas diarias. Esto representa el 50.76% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Calpulalpan-Huamantla, Amozoc-Perote y Texcoco-Calpulalpan.

La Tabla 3.52 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.52 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor del Altiplano

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Libramiento Norte de la Ciudad de México	13.01	0.27%	1.68%	1.37%	0.03%	96.63%	0.02%
Texcoco - Calpulalpan	13.02	0.44%	3.17%	1.31%	0.03%	95.04%	0.01%
Calpulalpan - Huamantla	13.03	0.43%	3.11%	1.35%	0.03%	95.06%	0.01%
Huamantla - Cuapiaxtla	13.04	0.39%	2.70%	1.36%	0.03%	95.50%	0.02%
Amozoc - Perote	13.05	0.46%	3.29%	1.35%	0.03%	94.86%	0.01%
Libramiento Perote	13.06	0.17%	0.80%	1.36%	0.04%	97.62%	0.02%
San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El molinito	13.07	0.66%	5.24%	1.20%	0.02%	92.86%	0.01%
TOTAL		0.36%	2.43%	1.35%	0.03%	95.82%	0.02%

3.2.14 Corredor Acapulco – Tuxpan

La Tabla 3.53 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 4,694.98 toneladas diarias o 1.7 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 201.65 toneladas diarias.

Tabla 3.53 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Acapulco – Tuxpan

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Cuernavaca - Acapulco	14.01	7.99	62.77	14.73	0.34	1298.33	0.17
Libramiento de Cuernavaca	14.02	0.92	7.69	1.13	0.03	139.77	0.02
México - Cuernavaca	14.03	2.04	16.67	2.89	0.08	330.65	0.04
La Pera - Cuautla	14.04	0.91	7.00	1.79	0.03	124.83	0.02
La Venta - Chamapa	14.05	0.74	5.62	1.56	0.03	112.59	0.02
Chamapa - Ent. Lechería	14.06	3.77	29.48	6.84	0.20	672.18	0.09
Ecatepec - Pirámides	14.07	1.51	11.50	2.93	0.09	279.98	0.04
Lib. S.M de las Pirámides	14.08	1.52	11.26	3.28	0.10	295.65	0.04

3. Desarrollo de inventario de emisiones del transporte de carga en los corredores de transporte carretero

Ent. Lib. Pirámides - Ent. Lib. Tulancingo	14.09	2.51	18.00	5.76	0.17	506.69	0.08
Tejocotal - Nuevo Necaxa	14.10	1.22	9.08	2.62	0.08	238.33	0.03
Nuevo Necaxa - Tihuatlán	14.11	2.04	13.63	5.78	0.17	459.54	0.06
Tihuatlán - Tuxpan	14.12	1.20	8.94	2.62	0.08	236.46	0.03
TOTAL		26.37	201.65	51.93	1.40	4694.98	0.64

Las emisiones de CO₂ representan el 94.33% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor, es la carretera Cuernavaca-Acapulco con una participación de 1,298.33 toneladas diarias. Esto representa el 27.65% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Chamapa-Ent. Lechería, Ent. Lib. Pirámides-Ent. Lib. Tulancingo y Nuevo Necaxa-Tihuatlán.

La Tabla 3.54 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.54 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Acapulco – Tuxpan

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Cuernavaca - Acapulco	14.01	0.58%	4.53%	1.06%	0.02%	93.79%	0.01%
Libramiento de Cuernavaca	14.02	0.61%	5.14%	0.75%	0.02%	93.46%	0.01%
México - Cuernavaca	14.03	0.58%	4.73%	0.82%	0.02%	93.83%	0.01%
La Pera - Cuautla	14.04	0.68%	5.20%	1.33%	0.02%	92.76%	0.01%
La Venta - Chamapa	14.05	0.61%	4.66%	1.29%	0.02%	93.40%	0.01%
Chamapa - Ent. Lechería	14.06	0.53%	4.14%	0.96%	0.03%	94.33%	0.01%
Ecatepec - Pirámides	14.07	0.51%	3.89%	0.99%	0.03%	94.57%	0.01%
Lib. S.M de las Pirámides	14.08	0.49%	3.61%	1.05%	0.03%	94.81%	0.01%
Ent. Lib. Pirámides - Ent. Lib. Tulancingo	14.09	0.47%	3.38%	1.08%	0.03%	95.03%	0.01%
Tejocotal - Nuevo Necaxa	14.10	0.49%	3.61%	1.04%	0.03%	94.81%	0.01%
Nuevo Necaxa - Tihuatlán	14.11	0.42%	2.83%	1.20%	0.04%	95.49%	0.01%
Tihuatlán - Tuxpan	14.12	0.48%	3.58%	1.05%	0.03%	94.84%	0.01%
TOTAL		0.53%	4.05%	1.04%	0.03%	94.33%	0.01%

3.2.15 Corredor Acapulco – Veracruz

La Tabla 3.55 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 6,935.34 toneladas diarias o 2.5

megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 255.18 toneladas diarias.

Tabla 3.55 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Acapulco – Veracruz

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Cuernavaca - Acapulco	15.01	8.84	70.71	13.46	0.38	1440.95	0.19
Libramiento de Cuernavaca	15.02	3.94	30.98	6.83	0.10	501.50	0.06
México - Cuernavaca	15.03	2.19	16.89	4.46	0.08	322.95	0.04
La Pera - Cuautla	15.04	1.96	14.95	3.85	0.06	260.18	0.03
Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros	15.05	1.69	12.88	3.40	0.06	232.38	0.03
Atlixco - Jantetelco	15.06	0.66	5.19	1.13	0.03	115.24	0.02
Puebla - Atlixco	15.07	1.19	10.48	1.13	0.03	165.66	0.02
Puebla - Acatzingo	15.08	4.83	34.57	14.07	0.31	984.85	0.15
Acatzingo - Cd. Mendoza	15.09	3.66	22.59	17.66	0.46	1246.67	0.22
Libramiento de Córdoba	15.10	2.88	18.93	11.09	0.31	823.88	0.14
Córdoba - Veracruz	15.11	2.61	17.01	11.89	0.28	841.08	0.15
TOTAL		34.47	255.18	88.96	2.08	6935.34	1.04

Las emisiones de CO₂ representan el 94.78% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Cuernavaca-Acapulco, con una participación de 1,440.95 toneladas diarias. Esto representa el 20.78% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Acatzingo-Cd. Mendoza, Puebla-Acatzingo y Córdoba-Veracruz.

La Tabla 3.56 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones.

Tabla 3.56 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Acapulco – Veracruz

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Cuernavaca - Acapulco	15.01	0.58%	4.61%	0.88%	0.02%	93.90%	0.01%
Libramiento de Cuernavaca	15.02	0.72%	5.70%	1.26%	0.02%	92.29%	0.01%
México - Cuernavaca	15.03	0.63%	4.87%	1.29%	0.02%	93.17%	0.01%
La Pera - Cuautla	15.04	0.70%	5.32%	1.37%	0.02%	92.58%	0.01%
Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros	15.05	0.68%	5.14%	1.36%	0.02%	92.79%	0.01%

Atlixco - Jantetelco	15.06	0.54%	4.25%	0.93%	0.03%	94.25%	0.01%
Puebla - Atlixco	15.07	0.67%	5.87%	0.63%	0.02%	92.81%	0.01%
Puebla - Acatzingo	15.08	0.46%	3.33%	1.35%	0.03%	94.81%	0.01%
Acatzingo - Cd. Mendoza	15.09	0.28%	1.75%	1.37%	0.04%	96.55%	0.02%
Libramiento de Córdoba	15.10	0.34%	2.21%	1.29%	0.04%	96.11%	0.02%
Córdoba - Veracruz	15.11	0.30%	1.95%	1.36%	0.03%	96.34%	0.02%
TOTAL		0.47%	3.49%	1.22%	0.03%	94.78%	0.01%

3.2.16 Corredor Circuito Transístico

La Tabla 3.57 muestra el total de emisiones por tipo de contaminante, donde el dióxido de carbono representa 2,310.60 toneladas diarias o 0.8 megatoneladas anuales emitidas, convirtiéndose en el mayor gas emitido; le sigue el monóxido de carbono con 71.44 toneladas diarias.

Tabla 3.57 Toneladas diarias por tipo de emisión, corredor Circuito Transístico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Coatzacoalcos - Ent. La Ventosa	16.01	6.07	45.47	15.41	0.30	1126.90	0.16
Ent. La Ventosa - San Pedro Tapanatepec	16.02	0.77	5.41	2.72	0.06	198.30	0.03
Tapanatepec - Arriaga	16.03	0.54	3.84	1.71	0.04	123.20	0.02
Arriaga - Ocozocoautla	16.04	0.82	5.83	2.64	0.06	193.17	0.03
Las Choapas - Ocozocoautla	16.05	1.75	10.89	9.15	0.24	669.02	0.12
TOTAL		9.94	71.44	31.63	0.71	2310.60	0.37

Las emisiones de CO₂ representan el 95.29% de las emisiones emitidas en el corredor.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Coatzacoalcos-Ent. La Ventosa, con una participación de 1,126.90 toneladas diarias. Esto representa el 48.77% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Las Choapas-Ocozocoautla, Ent. La Ventosa-San Pedro Tanapatepec y Arriaga-Ocozautla.

La Tabla 3.58 muestra en porcentaje las emisiones emitidas en el corredor por componente del total de emisiones

Tabla 3.58 Porcentajes por componente del total de emisiones, corredor Circuito Transístico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Coatzacoalcos - Ent. La Ventosa	16.01	0.51%	3.81%	1.29%	0.03%	94.35%	0.01%

Ent. La Ventosa - San Pedro Tapanatepec	16.02	0.37%	2.61%	1.31%	0.03%	95.66%	0.02%
Tapanatepec - Arriaga	16.03	0.41%	2.97%	1.32%	0.03%	95.26%	0.02%
Arriaga - Ocozocoautla	16.04	0.40%	2.88%	1.30%	0.03%	95.37%	0.02%
Las Choapas - Ocozocoautla	16.05	0.25%	1.58%	1.32%	0.03%	96.80%	0.02%
TOTAL		0.41%	2.95%	1.30%	0.03%	95.29%	0.02%

3.3 Emisiones de los vehículos del transporte de carga en los corredores de transporte en México

De las emisiones totales emitidas fue necesario extraer únicamente aquellas generadas por los vehículos para el transporte de carga. Los vehículos utilizados para la carga y que circulan mayormente en las carreteras en México se muestran en la Tabla 3.59. Estos vehículos son los representativos para el inventario de emisiones para los vehículos de carga o mercancías.

Tabla 3.59 Clasificación del tránsito vehicular pesado en carreteras en México

Tipo de vehículo	Clasificación del vehículo
Camión mediano	C2
Camión pesado	C3
Camión articulado	T3-S2
Camión articulado	T3-S3
Camión articulado	T3-S2-R4

Fuente: Datos Viales, SICT (2022).

En este apartado se mostrarán los resultados de dicho inventario, correspondientes a las emisiones producidas por la operación en carreteras de los vehículos de carga.

3.3.1 Corredor México – Nuevo Laredo

Los resultados se pueden observar en la tabla 3.60, donde los vehículos de carga emiten un total de 17,897.68 toneladas diarias de CO₂.

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 3.60, la carretera con mayores emisiones de CO₂, producto de la operación del transporte de carga es la México – Querétaro, dentro del corredor.

El porcentaje que representan las emisiones de CO₂ de los vehículos de carga con respecto al total de vehículos equivale a 77.57%. Por ello, se pone

de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor México-Nuevo Laredo son los vehículos destinados al transporte de carga.

En cuanto al resto de las emisiones contaminantes, los vehículos de carga son también los mayores emisores, excepto para el monóxido de carbono e hidrocarburos, donde la mayor participación en la generación de emisiones son los vehículos ligeros.

Tabla 3.60 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor México-Nuevo Laredo

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Querétaro	1.01	5.71	4.53	60.90	1.77	3790.31	0.75
Libramiento Norponiente de Querétaro	1.02	0.95	0.38	8.83	0.26	469.11	0.09
Querétaro-San Luis Potosí	1.03	2.45	2.23	38.58	1.03	2726.13	0.54
Libramiento Oriente de San Luis Potosí	1.04	0.54	0.25	7.45	0.20	485.62	0.10
San Luis Potosí-Matehuala	1.05	3.47	1.53	43.38	1.19	2708.26	0.53
Libramiento de Matehuala	1.06	0.15	0.08	2.40	0.06	165.19	0.03
Matehuala-Ent. Puerto México	1.07	3.05	1.45	35.73	0.99	2169.11	0.43
Puerto México-La Carbonera	1.08	0.42	0.25	6.35	0.16	433.51	0.09
Libramiento Oriente de Saltillo	1.09	0.24	0.14	4.05	0.10	283.41	0.06
Saltillo-Monterrey	1.10	0.79	0.61	10.45	0.29	695.52	0.14
Saltillo-Monterrey Cuota	1.11	0.16	0.16	2.42	0.07	170.87	0.03
Libramiento Noroeste de Monterrey	1.12	1.05	0.77	13.85	0.38	917.44	0.18
Anillo Periférico de Monterrey	1.13	0.23	0.18	3.04	0.08	204.18	0.04
Monterrey-Nuevo Laredo	1.14	0.98	0.63	12.70	0.35	828.05	0.16
Monterrey-Nuevo Laredo	1.15	1.40	0.84	23.71	0.59	1661.24	0.33
Libramiento de Nuevo Laredo II	1.16	0.26	0.13	3.07	0.09	189.73	0.04
TOTAL		21.85	14.17	276.92	7.61	17897.68	3.53

Las emisiones de CO₂ representan el 98.22% de las emisiones generadas en el corredor por parte de los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones de CO₂ genera en el corredor, es la carretera México – Querétaro, con una participación de 3,790.31 toneladas diarias. Los tramos que le siguen en cuanto a generación de emisiones son la carretera Querétaro-San Luis Potosí, Matehuala-Entronque Puerto México y San Luis Potosí-Matehuala.

La Tabla 3.61 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.61 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor México-Nuevo Laredo

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Querétaro	1.01	23.16%	2.79%	71.39%	87.31%	63.32%	78.23%
Libramiento Norponiente de Querétaro	1.02	58.80%	6.21%	92.99%	95.78%	84.29%	91.45%
Querétaro-San Luis Potosí	1.03	26.02%	3.92%	77.12%	90.12%	78.04%	87.45%
Libramiento Oriente de San Luis Potosí	1.04	56.86%	7.21%	91.86%	95.31%	90.48%	94.50%
San Luis Potosí-Matehuala	1.05	54.33%	6.10%	90.36%	93.73%	87.50%	92.46%
Libramiento de Matehuala	1.06	50.81%	6.76%	90.63%	95.77%	91.13%	95.08%
Matehuala-Ent. Puerto México	1.07	51.36%	5.96%	88.57%	92.42%	84.90%	90.60%
Puerto México-La Carbonera	1.08	37.70%	4.42%	84.67%	92.09%	84.25%	90.87%
Libramiento Oriente de Saltillo	1.09	41.02%	5.07%	86.70%	92.92%	87.40%	92.61%
Saltillo-Monterrey	1.10	29.13%	3.74%	78.59%	91.31%	76.35%	86.86%
Saltillo-Monterrey Cuota	1.11	19.71%	3.30%	61.13%	63.83%	61.03%	68.68%
Libramiento Noroeste de Monterrey	1.12	32.44%	4.09%	82.53%	95.61%	80.08%	90.21%
Anillo Periférico de Monterrey	1.13	27.69%	3.64%	78.00%	92.27%	76.02%	87.09%
Monterrey-Nuevo Laredo	1.14	37.96%	4.51%	85.21%	93.07%	81.36%	89.78%
Monterrey-Nuevo Laredo	1.15	31.37%	3.39%	81.85%	91.85%	83.10%	90.45%
Libramiento de Nuevo Laredo II	1.16	61.09%	8.72%	93.26%	97.90%	91.32%	95.78%
TOTAL		33.10%	3.80%	81.16%	91.07%	77.57%	87.19%

3.3.1.1 Ramal a Piedras Negras

La Tabla 3.62 muestra los resultados del ramal, donde los vehículos de carga emiten un total de 961.82 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 58.28% del total de emisiones de CO₂ del ramal. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el ramal son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.62 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, ramal a Piedras Negras

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Ojo Caliente - Santa Cruz	4.05.01	0.07	0.07	1.05	0.03	74.78	0.01
Saltillo – Monclova	4.05.02	0.44	0.46	3.72	0.12	231.94	0.05
Monclova - Piedras Negras	4.05.03	0.72	1.03	9.21	0.28	655.09	0.13
TOTAL		1.23	1.58	13.98	0.42	961.82	0.19

Las emisiones de CO₂ representan el 98.22% de las emisiones generadas en el ramal por parte de los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones de CO₂ genera en el ramal, es la carretera Monclova-Piedras Negras, con una participación de 655.09 toneladas diarias. Esto representa el 68.11% del total de emisiones producidas en el ramal diariamente.

La Tabla 3.63 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.63 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, ramal a Piedras Negras

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Ojo Caliente - Santa Cruz	4.05.01	16.27%	2.64%	68.08%	91.50%	70.71%	84.33%
Saltillo – Monclova	4.05.02	14.51%	2.08%	60.49%	87.09%	46.41%	67.26%
Monclova - Piedras Negras	4.05.03	14.78%	2.98%	62.72%	89.78%	62.70%	79.17%
TOTAL		14.75%	2.62%	62.47%	89.14%	58.28%	76.28%

3.3.2 Corredor México - Cd. Juárez

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.64, donde los vehículos de carga emiten un total de 13,687.80 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 63.37% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.64 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor México-Cd. Juárez

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Mexico-Querétaro	2.01	6.75	6.24	73.26	2.24	4581.56	0.90
Querétaro-Irapuato Libre	2.02	0.94	1.55	11.83	0.39	844.21	0.17

Querétaro-Irapuato Cuota	2.03	0.67	0.96	10.40	0.31	753.35	0.15
Nuevo Libramiento de Irapuato	2.04	0.19	0.22	1.86	0.06	119.35	0.02
Irapuato-León	2.05	0.74	1.31	9.84	0.32	710.52	0.14
León-Aguascalientes Libre	2.06	0.15	0.29	1.93	0.07	140.65	0.03
León-Aguascalientes Cuota	2.07	0.58	0.65	9.26	0.26	662.26	0.13
Aguascalientes-Zacatecas	2.08	0.26	0.36	2.97	0.09	204.60	0.04
Libramiento Rincón de Romos	2.09	0.05	0.04	0.74	0.02	50.37	0.01
Libramiento Noroeste de Zacatecas	2.10	0.08	0.07	1.19	0.03	83.78	0.02
Guadalupe-Cosío	2.11	0.06	0.06	0.85	0.02	59.36	0.01
Cuauhtémoc-Osiris	2.12	0.13	0.12	2.01	0.05	141.30	0.03
Zacatecas-Durango	2.13	0.16	0.24	2.21	0.07	158.51	0.03
Libramiento de Víctor Rosales	2.14	0.06	0.08	0.90	0.03	64.43	0.01
Libramiento de Fresnillo	2.15	0.06	0.05	1.02	0.03	72.35	0.01
La chicharrona-Cuencamé	2.16	0.69	0.63	9.57	0.27	653.91	0.13
Yerbanís-Gómez Palacio	2.17	0.22	0.21	3.54	0.09	251.99	0.05
Gómez Palacio-Jiménez	2.18	0.62	0.49	7.89	0.23	516.59	0.10
Gómez Palacio-Coralitos	2.19	0.37	0.21	6.39	0.16	448.93	0.09
Libramiento de Jiménez	2.20	0.02	0.01	0.21	0.01	13.21	0.00
Jiménez-Camargo	2.21	0.25	0.21	4.10	0.11	290.20	0.06
Camargo-Delicias	2.22	0.27	0.29	4.42	0.12	315.18	0.06
Libramiento Delicias-Meoqui	2.23	0.08	0.10	1.03	0.03	70.47	0.01
Delicias-Chihuahua	2.24	1.39	1.80	19.19	0.57	1351.53	0.27
Chihuahua-Sacramento	2.25	0.04	0.07	0.50	0.02	35.78	0.01
Chihuahua-El Sueco	2.26	0.42	0.41	5.99	0.17	415.01	0.08
El Sueco-Villa Ahumada	2.27	0.21	0.20	3.41	0.09	243.00	0.05
Villa Ahumada-Cd. Juárez	2.28	0.45	0.58	6.19	0.18	435.38	0.09
TOTAL		15.89	17.45	202.68	6.04	13687.80	2.70

Las emisiones de CO₂ representan el 98.24% de las emisiones generadas en el corredor por parte de los vehículos de carga.

El tramo carretero con mayores emisiones de CO₂ emitidas en el corredor es la carretera México-Querétaro, con una participación de 4,581.56 toneladas diarias. Esto representa el 33.47% del total de emisiones de CO₂ emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Delicias-Chihuahua, Querétaro-Irapuato Libre y Querétaro-Irapuato Cuota.

La Tabla 3.65 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.65 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor México-Cd. Juárez

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Mexico-Querétaro	2.01	21.71%	2.97%	72.33%	88.41%	63.77%	78.71%
Querétaro-Irapuato Libre	2.02	9.50%	2.13%	48.84%	81.25%	49.67%	67.97%
Querétaro-Irapuato Cuota	2.03	12.65%	2.62%	59.10%	83.28%	62.63%	77.00%
Nuevo Libramiento de Irapuato	2.04	21.92%	3.64%	71.15%	89.39%	62.03%	78.12%
Irapuato-León	2.05	7.42%	1.75%	43.45%	79.85%	44.98%	64.28%
León-Aguascalientes Libre	2.06	7.28%	1.84%	41.59%	78.18%	43.30%	62.40%
León-Aguascalientes Cuota	2.07	20.27%	3.61%	71.36%	85.97%	73.64%	83.76%
Aguascalientes-Zacatecas	2.08	9.88%	1.80%	50.93%	84.80%	47.54%	67.63%
Libramiento Rincón de Romos	2.09	19.04%	2.35%	69.11%	84.15%	68.62%	80.48%
Libramiento Noroeste de Zacatecas	2.10	31.41%	5.59%	81.14%	90.57%	82.51%	89.44%
Guadalupe-Cosío	2.11	22.13%	3.50%	73.42%	86.77%	73.41%	83.86%
Cuauhtémoc-Osiris	2.12	21.15%	3.08%	72.43%	86.81%	74.36%	84.42%
Zacatecas-Durango	2.13	9.77%	2.00%	51.75%	84.16%	53.90%	71.99%
Libramiento de Víctor Rosales	2.14	13.10%	2.46%	60.76%	83.92%	63.19%	77.63%
Libramiento de Fresnillo	2.15	23.71%	3.41%	76.48%	90.59%	78.56%	87.85%
La chicharrona-Cuencamé	2.16	28.27%	4.40%	78.34%	88.70%	77.30%	86.29%
Yerbanís-Gómez Palacio	2.17	20.67%	3.16%	71.12%	82.45%	72.99%	82.33%
Gómez Palacio-Jiménez	2.18	33.52%	4.71%	82.32%	92.19%	79.75%	88.58%
Gómez Palacio-Coralitos	2.19	35.24%	4.05%	81.95%	83.80%	82.30%	87.18%
Libramiento de Jiménez	2.20	30.77%	3.68%	80.01%	90.21%	72.49%	84.07%
Jiménez-Camargo	2.21	31.08%	4.77%	81.83%	90.17%	82.77%	89.58%
Camargo-Delicias	2.22	19.13%	3.15%	70.71%	87.80%	73.38%	84.38%
Libramiento Delicias-Meoqui	2.23	14.31%	2.37%	61.33%	86.93%	59.70%	76.37%
Delicias-Chihuahua	2.24	13.96%	2.58%	61.11%	85.99%	61.99%	77.49%
Chihuahua-Sacramento	2.25	9.65%	2.24%	49.39%	83.01%	50.96%	69.44%

Chihuahua-El Sueco	2.26	18.13%	2.70%	68.24%	85.87%	68.41%	81.06%
El Sueco-Villa Ahumada	2.27	16.46%	2.40%	67.44%	85.49%	69.65%	81.84%
Villa Ahumada-Cd. Juárez	2.28	17.63%	3.37%	66.78%	87.28%	67.50%	80.93%
TOTAL		16.88%	2.70%	65.67%	86.33%	63.37%	78.18%

3.3.3 Corredor México – Nogales

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.66, donde los vehículos de carga emiten un total de 11,407.76 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 60.54% del total de emisiones del corredor. Por lo que se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.66 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor México-Nogales

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Toluca L	3.01	0.37	0.50	3.64	0.11	248.12	0.05
México-Toluca C	3.02	0.09	0.19	1.16	0.04	86.36	0.02
Libramiento Toluca	3.03	0.30	0.48	3.58	0.11	254.73	0.05
Toluca-Palmillas	3.04	0.45	0.59	5.88	0.18	413.11	0.08
Atacomulco-Maravatío	3.05	0.19	0.23	2.80	0.08	200.98	0.04
Maravatío-Zapotlanejo	3.06	1.05	1.22	15.86	0.44	1134.16	0.22
Zapotlanejo-Guadalajara	3.07	0.08	0.11	1.15	0.03	83.21	0.02
Zona Urbana Gdl.	3.08	0.77	1.28	8.44	0.28	598.49	0.12
Guadalajara-Tepic	3.09	0.21	0.25	1.77	0.06	113.50	0.02
Guadalajara-Tepic Cuota	3.10	0.75	0.71	11.24	0.31	786.71	0.16
Libramiento de Tepic	3.11	0.20	0.27	1.82	0.06	121.06	0.02
Tepic-Mazatlán	3.12	0.62	0.88	6.31	0.21	428.29	0.08
Tepic-Villa Unión	3.13	0.91	0.82	14.91	0.39	1060.33	0.21
Libramiento de Mazatlán	3.14	0.06	0.11	0.44	0.02	30.55	0.01
Mazatlán-Culiacán	3.15	0.90	0.72	14.95	0.39	1060.58	0.21
Culiacán-Las Brisas	3.16	0.47	0.45	7.68	0.20	548.29	0.11
Culiacán-Los Mochis	3.17	0.51	0.63	6.77	0.20	474.77	0.09
Los Mochis - Est. Don	3.18	0.71	0.58	8.54	0.24	557.20	0.11
Est. Don-Nogales	3.19	3.01	3.71	42.93	1.23	3053.12	0.60
Libramiento de Empalme	3.20	0.09	0.08	1.51	0.04	107.20	0.02
Libramiento de Magdalena de Kino	3.21	0.03	0.02	0.45	0.01	32.03	0.01
Libramiento de Nogales	3.22	0.02	0.01	0.25	0.01	14.99	0.00

TOTAL		11.79	13.85	162.07	4.65	11407.76	2.25
--------------	--	--------------	--------------	---------------	-------------	-----------------	-------------

Las emisiones de CO₂ representan el 98.32% de las emisiones generadas en el corredor por parte de los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Est. Don-Nogales, con una participación de 3,053.12 toneladas diarias. Esto representa el 27.76% del total de emisiones generadas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Maravatío-Zapotlanejo, Mazatlán-Culiacán y Tepic-Villa Unión.

La Tabla 3.67 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.67 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor México-Nogales

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO₂	SO₂
México-Toluca L	3.01	10.50%	1.89%	47.48%	79.38%	42.73%	62.42%
México-Toluca C	3.02	3.98%	1.07%	25.89%	72.08%	28.48%	47.96%
Libramiento Toluca	3.03	8.08%	1.70%	41.51%	75.41%	41.67%	60.51%
Toluca-Palmillas	3.04	8.79%	1.53%	46.44%	80.47%	46.50%	65.85%
Atacomulco-Maravatío	3.05	12.25%	2.20%	54.72%	75.35%	57.03%	71.21%
Maravatío-Zapotlanejo	3.06	15.08%	2.62%	60.63%	78.21%	62.73%	75.45%
Zapotlanejo-Guadalajara	3.07	11.53%	2.36%	52.92%	77.16%	55.78%	70.93%
Zona Urbana Gdl.	3.08	13.21%	3.02%	53.91%	81.79%	52.31%	69.79%
Guadalajara-Tepic	3.09	14.51%	2.34%	56.39%	83.40%	45.52%	65.37%
Guadalajara-Tepic Cuota	3.10	18.72%	2.73%	66.09%	79.44%	66.85%	78.03%
Libramiento de Tepic	3.11	12.18%	2.17%	52.62%	82.27%	43.41%	63.53%
Tepic-Mazatlán	3.12	14.99%	2.97%	56.30%	83.19%	52.94%	70.50%
Tepic-Villa Unión	3.13	28.61%	4.45%	77.39%	84.11%	77.94%	85.28%
Libramiento de Mazatlán	3.14	9.98%	2.24%	40.74%	79.20%	33.30%	53.91%
Mazatlán-Culiacán	3.15	28.64%	4.02%	77.60%	84.60%	78.64%	85.85%
Culiacán-Las Brisas	3.16	22.88%	3.54%	72.84%	84.64%	74.58%	83.95%
Culiacán-Los Mochis	3.17	13.33%	2.36%	57.52%	82.50%	57.64%	73.81%
Los Mochis - Est. Don	3.18	25.47%	3.32%	73.53%	86.02%	69.18%	81.11%
Est. Don-Nogales	3.19	12.79%	2.22%	58.07%	85.63%	59.51%	76.12%
Libramiento de Empalme	3.20	25.65%	3.58%	78.01%	91.57%	79.46%	88.71%
Libramiento de Magdalena de Kino	3.21	27.76%	4.18%	80.00%	93.75%	81.38%	90.29%

Libramiento de Nogales	3.22	33.15%	2.73%	82.70%	94.49%	74.30%	86.85%
TOTAL		14.63%	2.46%	60.57%	82.70%	60.55%	75.70%

3.3.3.1 Ramal a Tijuana

La Tabla 3.68 muestra los resultados del ramal, donde los vehículos de carga emiten un total de 1,770.27 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 57.57% del total de emisiones del ramal. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el ramal son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.68 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, ramal a Tijuana

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Santa Ana - Sonita	3.05.01	0.46	0.57	4.07	0.13	263.41	0.05
Sonoita - Mexicali	3.05.02	0.54	0.95	7.89	0.25	583.62	0.12
Libramiento de Mexicali	3.05.03	0.08	0.06	1.18	0.03	80.21	0.02
El Centinela - La Rumorosa	3.05.04	0.09	0.11	1.18	0.03	82.96	0.02
La Rumorosa - Tecate	3.05.05	0.04	0.05	0.62	0.02	44.32	0.01
Libramiento de Tecate	3.05.06	0.61	0.69	9.33	0.26	666.18	0.13
Tecate - Tijuana	3.05.07	0.05	0.05	0.70	0.02	49.57	0.01
TOTAL		1.87	2.47	24.96	0.74	1770.27	0.35

Las emisiones de CO₂ representan el 98.31% de las emisiones generadas en el ramal por parte de los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones de CO₂ genera en el ramal es el Libramiento de Tecate, con una participación 666.18 toneladas diarias. Esto representa el 38.63% del total de emisiones generadas en el ramal diariamente.

La Tabla 3.69 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.69 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, ramal a Tijuana

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Santa Ana - Sonita	3.05.01	15.18%	2.47%	59.03%	87.46%	48.36%	68.83%
Sonoita - Mexicali	3.05.02	9.32%	2.22%	50.08%	86.92%	53.56%	72.66%
Libramiento de Mexicali	3.05.03	32.58%	4.42%	82.19%	93.54%	81.56%	90.15%
El Centinela - La Rumorosa	3.05.04	15.58%	2.72%	63.76%	90.36%	64.12%	80.27%

La Rumorosa - Tecate	3.05.05	14.75%	2.41%	61.67%	84.09%	64.18%	78.35%
Libramiento de Tecate	3.05.06	14.37%	2.38%	60.77%	82.45%	63.31%	77.31%
Tecate - Tijuana	3.05.07	9.37%	1.49%	50.64%	87.05%	54.17%	73.25%
TOTAL		12.73%	2.35%	57.17%	85.73%	57.57%	74.88%

3.3.4 Corredor Manzanillo – Tampico

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.70, donde los vehículos de carga emiten un total de 6,804.20 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 62.33% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.70 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Manzanillo – Tampico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Armería-Manzanillo Cuota	4.01	0.16	0.15	2.71	0.07	194.29	0.04
Colima-Ent. Tecomán	4.02	0.34	0.33	4.34	0.13	292.26	0.06
Libramiento Colima	4.03	0.06	0.07	0.78	0.02	52.71	0.01
Cd. Guzmán-Colima	4.04	0.03	0.04	0.55	0.02	39.86	0.01
Guadalajara-Colima Cuota	4.05	0.71	0.79	11.59	0.32	826.45	0.16
Jiquilpan-Guadalajara	4.06	0.15	0.25	1.58	0.05	110.29	0.02
Zapotlanejo - Guadalajara Cuota	4.07	0.32	0.46	4.95	0.15	358.06	0.07
Lagos de Moreno - Guadalajara	4.08	1.49	2.47	18.09	0.60	1281.73	0.25
Zapotlanejo - Lagos de Moreno Cuota	4.09	0.85	0.85	13.82	0.38	984.90	0.19
San Luis Potosí - Lagos de Moreno	4.10	0.45	0.49	5.20	0.16	347.19	0.07
Lagos de Moreno - Villa de Arriaga	4.11	0.29	0.28	1.72	0.05	95.16	0.02
Libramiento Villa de Arriaga	4.12	0.01	0.02	0.24	0.01	16.93	0.00
San Luis Potosí - Villa de Arriaga Cuota	4.13	0.31	0.51	4.69	0.14	341.55	0.07
Cd. Valles - San Luis Potosí	4.14	0.15	0.14	1.99	0.06	135.14	0.03
Libramiento Oriente de San Luis Potosí (Cuota)	4.15	0.53	0.29	7.57	0.20	496.42	0.10
San Luis Potosí – Matehuala	4.16	0.78	0.50	11.46	0.31	770.35	0.15
Cerritos - Rioverde Cuota	4.17	0.14	0.19	2.18	0.06	157.46	0.03
Cd. Valles - San Luis Potosí	4.18	0.03	0.07	0.37	0.01	27.70	0.01
Libramiento de Cd. Valles	4.19	0.02	0.03	0.20	0.01	14.79	0.00
Cd. Valles – Tampico	4.20	0.29	0.49	3.64	0.12	260.97	0.05

TOTAL		7.13	8.41	97.68	2.87	6804.20	1.34
--------------	--	-------------	-------------	--------------	-------------	----------------	-------------

Las emisiones de CO₂ representan el 98.30% de las emisiones generadas en el corredor por parte de los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Lagos de Moreno-Guadalajara, con una participación de 1,281.73 toneladas diarias. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Zapotlanejo-Lagos de Moreno (Cuota), Guadalajara-Colima Cuota y San Luis Potosí-Matehuala.

La Tabla 3.71 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.71 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor Manzanillo – Tampico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO₂	SO₂
Armería-Manzanillo Cuota	4.01	15.50%	2.11%	67.38%	89.02%	69.85%	83.23%
Colima-Ent. Tecomán	4.02	14.00%	1.90%	61.16%	85.00%	57.44%	74.43%
Libramiento Colima	4.03	11.83%	1.77%	56.16%	87.62%	54.26%	73.22%
Cd. Guzmán-Colima	4.04	10.62%	1.93%	56.62%	88.46%	59.85%	77.26%
Guadalajara-Colima Cuota	4.05	14.23%	2.28%	63.93%	87.77%	66.23%	80.70%
Jiquilpan-Guadalajara	4.06	4.99%	1.05%	30.79%	83.97%	29.57%	51.32%
Zapotlanejo - Guadalajara Cuota	4.07	12.19%	2.49%	57.53%	81.43%	61.00%	75.44%
Lagos de Moreno - Guadalajara	4.08	9.94%	2.20%	51.47%	87.71%	50.59%	70.60%
Zapotlanejo - Lagos de Moreno Cuota	4.09	19.06%	2.98%	70.46%	86.17%	72.85%	83.56%
San Luis Potosí - Lagos de Moreno	4.10	17.52%	2.73%	67.78%	90.51%	62.57%	79.22%
Lagos de Moreno - Villa de Arriaga	4.11	11.20%	1.31%	53.30%	82.52%	27.56%	48.87%
Libramiento Villa de Arriaga	4.12	16.93%	2.73%	68.81%	90.06%	71.88%	84.42%
San Luis Potosí - Villa de Arriaga Cuota	4.13	16.85%	4.05%	66.57%	89.07%	70.02%	82.81%
Cd. Valles - San Luis Potosí	4.14	12.36%	1.60%	60.52%	90.29%	58.72%	77.06%
Libramiento Oriente de San Luis Potosí (Cuota)	4.15	54.52%	7.49%	91.80%	95.46%	90.67%	94.62%
San Luis Potosí – Matehuala	4.16	48.77%	7.24%	89.61%	93.17%	88.49%	92.89%

Cerritos - Rioverde Cuota	4.17	13.30%	2.60%	60.12%	81.45%	62.56%	76.42%
Cd. Valles - San Luis Potosí	4.18	6.79%	1.95%	38.32%	85.86%	40.69%	62.23%
Libramiento de Cd. Valles	4.19	12.62%	3.65%	56.11%	84.69%	56.57%	73.27%
Cd. Valles - Tampico	4.20	11.69%	2.67%	55.81%	87.67%	56.01%	74.29%
TOTAL		14.42%	2.40%	63.35%	88.07%	62.34%	78.44%

3.3.4.1 Ramal a Lázaro Cárdenas

La Tabla 3.72 muestra los resultados del ramal, donde los vehículos de carga emiten un total de 2,733.26 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 50.83% del total de emisiones del ramal. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el ramal son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.72 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, ramal a Lázaro Cárdenas

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
León - Aguascalientes Cuota	4.06.01	0.36	0.42	5.75	0.16	411.36	0.08
Irapuato - León	4.06.02	1.09	1.68	12.78	0.41	898.99	0.18
Nuevo Libramiento de Irapuato	4.06.03	0.24	0.27	2.25	0.07	142.77	0.03
Querétaro - Irapuato Cuota	4.06.04	0.21	0.31	3.22	0.10	233.52	0.05
Morelia - Salamanca Cuota	4.06.05	0.12	0.13	1.90	0.05	136.22	0.03
Morelia - Salamanca	4.06.06	0.25	0.43	2.91	0.10	208.47	0.04
Morelia - Pátzcuaro	4.06.07	0.17	0.40	2.04	0.08	155.04	0.03
Pátzcuaro - Uruapan Cuota	4.06.08	0.10	0.14	1.55	0.05	111.66	0.02
Uruapan - Nueva Italia Cuota	4.06.09	0.11	0.14	1.71	0.05	121.82	0.02
Nueva Italia - Lázaro Cárdenas Cuota	4.06.10	0.26	0.27	4.35	0.12	313.44	0.06
TOTAL		2.91	4.20	38.46	1.18	2733.26	0.54

Las emisiones de CO₂ representan el 98.30% de las emisiones emitidas en el ramal.

El tramo carretero que mayores emisiones de CO₂ emitidas en el ramal es la carretera Irapuato-León con una participación 898.99 toneladas diarias. Esto representa el 32.89% del total de emisiones emitidas en el ramal diariamente.

La Tabla 3.73 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.73 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, ramal a Lázaro Cárdenas

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
León - Aguascalientes Cuota	4.06.01	19.55%	3.56%	70.47%	86.31%	72.85%	83.45%
Irapuato - León	4.06.02	8.06%	1.65%	43.68%	80.21%	43.31%	63.06%
Nuevo Libramiento de Irapuato	4.06.03	20.97%	3.39%	69.20%	88.91%	59.74%	76.58%
Querétaro - Irapuato Cuota	4.06.04	15.84%	3.53%	65.83%	88.89%	69.37%	82.50%
Morelia - Salamanca Cuota	4.06.05	10.25%	1.58%	54.85%	82.34%	58.48%	74.63%
Morelia - Salamanca	4.06.06	6.28%	1.41%	38.19%	80.27%	37.67%	58.50%
Morelia - Pátzcuaro	4.06.07	3.67%	1.15%	24.92%	79.99%	29.54%	50.36%
Pátzcuaro - Uruapan Cuota	4.06.08	10.00%	1.90%	52.73%	82.78%	56.40%	73.22%
Uruapan - Nueva Italia Cuota	4.06.09	12.19%	2.18%	58.10%	84.04%	60.93%	76.28%
Nueva Italia - Lázaro Cárdenas Cuota	4.06.10	15.16%	2.41%	65.98%	85.90%	69.30%	81.80%
TOTAL		9.33%	1.83%	49.74%	83.07%	50.83%	69.55%

3.3.5 Corredor México – Veracruz

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.74, donde los vehículos de carga emiten un total de 6,224.61 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 72.74% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.74 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor México – Veracruz

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Puebla Cuota	5.01	0.95	1.68	12.99	0.42	944.77	0.19
Puebla-Acatzingo Cuota	5.02	0.53	0.95	7.53	0.24	551.21	0.11
Acatzingo-Cd. Mendoza Cuota	5.03	0.92	1.00	12.83	0.37	885.77	0.17
Cd. Mendoza-Córdoba Cuota	5.04	0.49	0.47	6.39	0.19	427.34	0.08
Lib. de Córdoba	5.05	0.15	0.13	1.62	0.05	102.90	0.02
Córdoba-Veracruz Cuota	5.06	2.66	1.17	47.24	1.15	3312.61	0.65
TOTAL		5.70	5.40	88.60	2.42	6224.61	1.23

Las emisiones de CO₂ representan el 98.37% de las emisiones emitidas en el corredor por parte de los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Córdoba-Veracruz Cuota, con una participación de 3,312.61 toneladas diarias. Esto representa el 53.22% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera México-Puebla Cuota, Acatzingo-Cd. Mendoza Cuota y Puebla-Acatzingo Cuota.

La Tabla 3.75 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.75 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor México – Veracruz

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México-Puebla Cuota	5.01	8.92%	2.11%	46.94%	71.93%	46.77%	63.12%
Puebla-Acatzingo Cuota	5.02	10.08%	2.49%	49.89%	79.76%	53.55%	70.11%
Acatzingo-Cd. Mendoza Cuota	5.03	23.67%	4.16%	72.43%	85.08%	72.06%	82.27%
Cd. Mendoza-Córdoba Cuota	5.04	25.25%	3.85%	75.08%	86.96%	71.70%	82.69%
Lib. de Córdoba	5.05	25.15%	3.40%	75.17%	87.95%	67.03%	80.44%
Córdoba-Veracruz Cuota	5.06	57.04%	7.02%	93.32%	96.91%	93.89%	96.65%
TOTAL		21.08%	3.09%	72.76%	86.96%	72.75%	83.76%

3.3.6 Corredor Veracruz – Monterrey (incluye ramal a Matamoros)

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.76, donde los vehículos de carga emiten un total de 3,920.84 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 63.75% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.76 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Veracruz – Monterrey (incluye ramal a Matamoros)

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Ciudad Victoria - Monterrey	6.01	1.30	1.92	16.94	0.53	1203.44	0.24
Ignacio Zaragoza - T. C. (Ciudad Victoria -Monterrey)	6.02	0.24	0.20	4.18	0.11	296.93	0.06
González - Llera de Canales	6.03	0.23	0.14	2.96	0.08	187.65	0.04
Libramiento Estación Manuel - González	6.04	0.09	0.07	1.41	0.04	98.70	0.02

Tampico - Cd. Mante	6.05	0.30	0.33	4.94	0.14	354.93	0.07
Tuxpan - Tampico	6.06	0.60	0.73	6.88	0.21	462.83	0.09
Tihuatlán - Tuxpan	6.07	0.11	0.14	1.56	0.05	108.04	0.02
Gutiérrez Zamora - Tihuatlán Cuota	6.08	0.04	0.06	0.63	0.02	45.71	0.01
Poza Rica - Veracruz	6.09	0.47	0.63	6.12	0.19	424.33	0.08
Cd. Victoria - Matamoros	6.10	0.74	0.91	10.45	0.30	738.27	0.15
TOTAL		4.13	5.13	56.07	1.67	3920.84	0.77

Las emisiones de CO₂ representan el 98.30% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor, es la carretera Ciudad Victoria-Monterrey, con una participación de 1,203.44 toneladas diarias. Esto representa el 30.69% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Cd. Victoria-Matamoros, Tuxpan-Tampico y Poza Rica-Veracruz.

La Tabla 3.77 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.77 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor Veracruz – Monterrey (incluye ramal a Matamoros)

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Ciudad Victoria - Monterrey	6.01	10.83%	2.12%	57.30%	86.58%	53.59%	72.57%
Ignacio Zaragoza - T. C. (Ciudad Victoria - Monterrey)	6.02	38.48%	6.38%	84.12%	84.90%	83.31%	87.83%
González - Llera de Canales	6.03	42.32%	4.76%	89.38%	94.54%	83.77%	91.23%
Libramiento Estación Manuel - González	6.04	33.85%	5.02%	84.33%	90.11%	82.85%	89.52%
Tampico - Cd. Mante	6.05	23.50%	4.15%	77.80%	90.24%	78.02%	87.47%
Tuxpan - Tampico	6.06	23.17%	4.17%	74.61%	87.64%	67.34%	80.59%
Tihuatlán - Tuxpan	6.07	16.42%	2.83%	66.50%	79.93%	61.43%	74.73%
Gutiérrez Zamora - Tihuatlán Cuota	6.08	12.70%	2.62%	62.95%	86.15%	63.73%	78.63%
Poza Rica - Veracruz	6.09	15.29%	2.84%	64.98%	85.99%	61.10%	76.74%
Cd. Victoria - Matamoros	6.10	16.66%	2.91%	68.57%	87.22%	65.88%	80.21%
TOTAL		15.99%	2.79%	67.48%	87.18%	63.75%	78.91%

3.3.7 Corredor Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo

Los resultados se pueden observar en la tabla 3.78, donde los vehículos de carga emiten un total de 2,248.44 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 47.20% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.78 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Puebla - Acatzingo	7.01	0.40	0.81	6.00	0.20	445.08	0.09
Acatzingo - Cd. Mendoza	7.02	0.36	0.47	4.51	0.14	306.93	0.06
Cuacnopalan - Oaxaca	7.03	0.36	0.82	5.80	0.20	436.10	0.09
Huajuapán de León - Oaxaca	7.04	0.06	0.10	0.50	0.02	34.86	0.01
Oaxaca - Tehuantepec	7.05	0.22	0.48	2.34	0.09	170.07	0.03
Lib. Salina Cruz	7.06	0.06	0.08	0.56	0.02	37.47	0.01
La Ventosa - San Pedro Tanapatepec	7.07	0.12	0.19	1.83	0.06	133.33	0.03
Tapanatepec - Talismán	7.08	0.55	1.02	8.54	0.27	631.54	0.12
Tapachula - Puerto Madero	7.09	0.02	0.06	0.27	0.01	21.24	0.00
Ent. Jaritas - Ciudad Hidalgo	7.10	0.03	0.07	0.44	0.02	32.20	0.01
TOTAL		2.17	4.09	30.79	1.02	2248.84	0.44

Las emisiones de CO₂ representan el 98.32% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Tapanatepec-Talismán, con una participación de 631.54 toneladas diarias. Esto representa el 28.1% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Puebla-Acatzingo, Cuacnopalan-Oaxaca y Acatzingo-Cd. Mendoza.

La Tabla 3.79 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.79 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Puebla - Acatzingo	7.01	4.50%	1.44%	36.71%	69.87%	44.54%	44.54%

Acatzingo - Cd. Mendoza	7.02	12.93%	2.88%	58.96%	82.03%	62.38%	62.38%
Cuacnopalan - Oaxaca	7.03	5.97%	2.16%	45.13%	75.21%	53.07%	53.07%
Huajuapán de León - Oaxaca	7.04	3.97%	1.07%	21.91%	68.80%	22.89%	22.89%
Oaxaca - Tehuantepec	7.05	4.52%	1.48%	28.21%	71.20%	31.75%	31.75%
Lib. Salina Cruz	7.06	4.29%	0.90%	26.40%	70.68%	27.15%	27.14%
La Ventosa - San Pedro Tanapatepec	7.07	8.07%	2.12%	52.53%	81.34%	59.28%	59.27%
Tapanatepec - Talismán	7.08	5.29%	1.55%	42.15%	77.43%	50.39%	50.39%
Tapachula - Puerto Madero	7.09	2.03%	0.90%	20.27%	68.65%	27.71%	27.71%
Ent. Jaritas - Ciudad Hidalgo	7.10	5.15%	1.75%	38.79%	81.59%	45.82%	45.82%
TOTAL		5.59%	1.66%	40.63%	75.29%	47.20%	47.20%

3.3.8 Corredor México – Puebla – Progreso

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.80, donde los vehículos de carga emiten un total de 8,482.65 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 65.62% del total de emisiones del corredor. Por lo que se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.80 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor México – Puebla – Progreso

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México - Puebla	8.01	1.02	2.12	15.39	0.52	1138.51	0.22
Puebla - Acatzingo	8.02	0.51	1.02	7.66	0.25	567.20	0.11
Acatzingo - Cd. Mendoza	8.03	0.93	1.29	13.98	0.43	985.68	0.19
Libramiento de Córdoba	8.04	0.14	0.21	1.93	0.07	131.55	0.03
Córdoba - Veracruz	8.05	0.42	0.50	7.29	0.20	526.83	0.10
La Tinaja - Cosoleacaque	8.06	1.55	1.79	27.03	0.75	1952.51	0.38
Nuevo Teapa - Cosoleacaque	8.07	0.23	0.28	3.99	0.11	288.62	0.06
Coatzacoalcos - Villahermosa	8.08	1.29	2.24	20.77	0.64	1531.83	0.30
Villahermosa - Cd. del Carmen	8.09	0.31	0.51	4.40	0.14	316.24	0.06
Cd. del Carmen - Campeche	8.10	0.43	0.57	6.33	0.19	449.49	0.09
Libramiento de Campeche	8.11	0.02	0.04	0.33	0.01	24.49	0.00
Campeche - Mérida	8.12	0.37	0.60	5.95	0.18	437.42	0.09
Mérida - Progreso	8.13	0.13	0.24	1.83	0.06	132.29	0.03
TOTAL		7.36	11.39	116.87	3.56	8482.65	1.67

Las emisiones de CO₂ representan el 98.36% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera La Tinaja-Cosoleacaque, con una participación de 1,952.51 toneladas diarias. Esto representa el 23.02% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa, México-Puebla y Acatzingo-Cd. Mendoza.

La Tabla 3.81 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.81 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor México – Puebla – Progreso

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
México - Puebla	8.01	10.19%	2.83%	54.78%	77.04%	53.76%	69.14%
Puebla - Acatzingo	8.02	11.21%	3.10%	55.31%	81.22%	58.14%	73.26%
Acatzingo - Cd. Mendoza	8.03	25.49%	5.65%	76.35%	86.81%	75.60%	84.48%
Libramiento de Córdoba	8.04	26.68%	5.94%	81.45%	90.91%	73.98%	84.92%
Córdoba - Veracruz	8.05	27.63%	5.52%	79.54%	88.08%	80.63%	87.78%
La Tinaja - Cosoleacaque	8.06	29.31%	5.84%	80.59%	88.06%	81.55%	88.18%
Nuevo Teapa - Cosoleacaque	8.07	25.66%	5.07%	79.10%	90.41%	80.58%	88.63%
Coatzacoalcos - Villahermosa	8.08	11.86%	2.90%	59.52%	86.16%	62.78%	78.01%
Villahermosa - Cd. del Carmen	8.09	9.81%	2.15%	54.13%	82.33%	52.57%	70.44%
Cd. del Carmen - Campeche	8.10	14.13%	2.63%	64.44%	84.85%	62.69%	77.58%
Libramiento de Campeche	8.11	8.46%	2.13%	51.21%	85.18%	54.15%	72.45%
Campeche - Mérida	8.12	9.45%	2.11%	53.80%	85.22%	57.29%	74.56%
Mérida - Progreso	8.13	4.44%	1.03%	34.31%	87.25%	34.89%	57.56%
TOTAL		14.52%	3.21%	64.84%	84.84%	65.62%	79.09%

3.3.9 Corredor Peninsular de Yucatán

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.82, donde los vehículos de carga emiten un total de 2,068.97 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 47.93% del total de emisiones del corredor. Por lo que se pone de manifiesto que el

mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.82 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Peninsular de Yucatán

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Villahermosa - Francisco Escárcega	9.01	0.75	0.89	11.48	0.32	821.23	0.16
Francisco Escárcega - Chetumal	9.02	0.23	0.25	3.03	0.09	209.87	0.04
Reforma Agraria - Puerto Juárez	9.03	0.89	2.07	9.25	0.35	699.57	0.14
Mérida - Cancún	9.04	0.21	0.31	3.28	0.10	239.23	0.05
Mérida - Puerto Juárez	9.05	0.11	0.20	1.37	0.05	99.06	0.02
TOTAL		2.19	3.72	28.41	0.90	2068.97	0.41

Las emisiones de CO₂ representan el 98.30% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Villahermosa-Francisco Escárcega, con una participación de 821.23 toneladas diarias. Esto representa el 39.69% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Reforma Agraria-Puerto Juárez, Mérida-Cancún y Francisco Escárcega-Chetumal.

La Tabla 3.83 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.83 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor Peninsular de Yucatán

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Villahermosa - Francisco Escárcega	9.01	15.57%	2.67%	66.62%	86.89%	67.20%	80.93%
Francisco Escárcega - Chetumal	9.02	15.34%	2.41%	63.88%	83.45%	61.63%	76.42%
Reforma Agraria - Puerto Juárez	9.03	5.61%	1.71%	32.03%	77.51%	33.82%	54.02%
Mérida - Cancún	9.04	8.22%	1.64%	48.13%	76.88%	50.98%	68.08%
Mérida - Puerto Juárez	9.05	8.22%	1.96%	45.88%	83.59%	45.78%	65.94%
TOTAL		8.40%	1.92%	46.84%	81.45%	47.93%	67.04%

3.3.10 Corredor del Pacífico

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.84, donde los vehículos de carga emiten un total de 1,668.17 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 40.19% del total de emisiones del corredor. Por lo que se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.84 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor del Pacífico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Tepic - Ixtapan de La Concepción	10.01	0.03	0.10	0.34	0.01	26.53	0.01
Ramal a Ixtapan de La Concepción	10.02	0.01	0.03	0.09	0.00	7.56	0.00
Tepic - Puerto Vallarta	10.03	0.32	0.83	3.87	0.15	294.21	0.06
Manzanillo - Puerto Vallarta	10.04	0.22	0.63	2.64	0.11	203.69	0.04
Libramiento de Manzanillo Norte	10.05	0.05	0.10	0.71	0.02	52.48	0.01
Armería - Manzanillo	10.06	0.12	0.38	1.64	0.07	128.66	0.03
Playa Azul - Manzanillo	10.07	0.17	0.39	2.48	0.09	186.80	0.04
Zihuatanejo - La Mira	10.08	0.08	0.24	0.95	0.04	73.67	0.01
Acapulco - Zihuatanejo	10.09	0.22	0.65	2.80	0.11	216.69	0.04
Las Cruces - Pinotepa Nacional	10.10	0.27	0.65	3.20	0.12	239.68	0.05
Santiago Pinotepa Nacional - Salina Cruz	10.11	0.24	0.53	3.20	0.11	238.20	0.05
TOTAL		1.73	4.52	21.92	0.85	1668.17	0.33

Las emisiones de CO₂ representan el 98.27% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor, es la carretera Tepic-Puerto Vallarta, con una participación de 294.21 toneladas diarias. Esto representa el 17.64% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Las Cruces-Pinotepa Nacional, Santiago Pinotepa Nacional-Salina Cruz y Acapulco-Zihuatanejo.

La Tabla 3.85 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.85 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor del Pacífico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Tepic - Ixtapan de La Concepción	10.01	6.15%	2.38%	37.23%	89.80%	37.63%	60.33%
Ramal a Ixtapan de La Concepción	10.02	7.49%	3.42%	41.49%	91.14%	43.24%	65.42%
Tepic - Puerto Vallarta	10.03	5.64%	1.87%	34.96%	73.53%	35.69%	54.55%
Manzanillo - Puerto Vallarta	10.04	6.31%	2.26%	40.07%	85.01%	39.52%	60.92%
Libramiento de Manzanillo Norte	10.05	9.71%	2.53%	56.67%	91.22%	56.10%	75.54%
Armería - Manzanillo	10.06	5.41%	2.20%	36.58%	86.46%	41.04%	62.50%
Playa Azul - Manzanillo	10.07	8.66%	2.68%	51.48%	90.15%	53.89%	73.58%
Zihuatanejo - La Mira	10.08	5.56%	2.09%	36.87%	87.52%	37.63%	59.84%
Acapulco - Zihuatanejo	10.09	5.67%	2.09%	36.67%	78.41%	37.82%	57.63%
Las Cruces - Pinotepa Nacional	10.10	6.17%	1.89%	41.05%	83.08%	38.07%	59.32%
Santiago Pinotepa Nacional - Salina Cruz	10.11	6.36%	1.81%	42.66%	81.30%	41.72%	62.09%
TOTAL		6.19%	2.06%	39.96%	81.99%	40.19%	60.77%

3.3.11 Corredor Mazatlán – Matamoros

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.86, donde los vehículos de carga emiten un total de 5,376.85 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 68.50% del total de emisiones del corredor. Por lo que se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.86 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Mazatlán – Matamoros

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Durango - Mazatlán	11.01	0.23	0.38	2.98	0.09	214.19	0.04
Libramiento de Durango	11.02	0.03	0.07	0.46	0.02	34.91	0.01
Durango - Yerbánis	11.03	0.43	0.49	6.82	0.19	488.55	0.10
Saltillo - Torreón	11.04	2.12	1.96	35.68	0.95	2544.30	0.50
Libramiento Norponiente de Saltillo	11.05	0.25	0.20	4.22	0.11	300.09	0.06
Saltillo - Monterrey Libre	11.06	0.57	0.42	7.55	0.21	501.94	0.10
Saltillo - Monterrey Cuota	11.07	0.16	0.15	2.39	0.06	168.01	0.03
Monterrey - Reynosa	11.08	0.73	1.05	11.30	0.33	819.30	0.16
Libramiento de Reynosa	11.09	0.20	0.26	1.98	0.07	130.30	0.03

Matamoros - Reynosa	11.10	0.22	0.34	2.51	0.08	175.26	0.03
TOTAL		4.94	5.32	75.88	2.11	5376.85	1.06

Las emisiones de CO₂ representan el 98.36% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Saltillo-Torreón, con una participación de 2,544.30 toneladas diarias. Esto representa el 47.32% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Monterrey-Reynosa, Saltillo-Monterrey libre y Durango-Yerbanís.

La Tabla 3.87 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.87 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor Mazatlán – Matamoros

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Durango - Mazatlán	11.01	15.13%	3.43%	63.94%	84.63%	61.07%	76.28%
Libramiento de Durango	11.02	15.35%	5.01%	63.76%	89.36%	67.10%	81.07%
Durango - Yerbanís	11.03	16.32%	2.72%	68.07%	84.76%	68.14%	80.70%
Saltillo - Torreón	11.04	17.39%	2.42%	70.23%	87.68%	71.88%	83.73%
Libramiento Norponiente de Saltillo	11.05	34.60%	5.27%	85.15%	92.93%	86.01%	92.00%
Saltillo - Monterrey Libre	11.06	33.09%	4.36%	81.10%	91.18%	78.99%	88.02%
Saltillo - Monterrey Cuota	11.07	16.93%	2.46%	65.32%	86.55%	67.57%	80.99%
Monterrey - Reynosa	11.08	13.50%	2.77%	63.60%	91.12%	66.08%	81.61%
Libramiento de Reynosa	11.09	7.50%	1.19%	46.50%	84.48%	34.47%	56.58%
Matamoros - Reynosa	11.10	11.87%	2.38%	57.85%	87.10%	51.79%	71.33%
TOTAL		16.53%	2.59%	68.68%	88.24%	68.50%	82.07%

3.3.12 Corredor Transpeninsular de Baja California

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.88, donde los vehículos de carga emiten un total de 1,727.22 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 42.71% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.88 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Transpeninsular de Baja California

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Tijuana - Ensenada	12.01	0.26	0.58	3.46	0.12	258.87	0.05
Ensenada - Lázaro Cárdenas	12.02	1.13	1.53	7.50	0.25	475.98	0.09
Lázaro Cárdenas - Ent. Punta Prieta	12.03	0.22	0.35	2.99	0.09	214.58	0.04
Ent. Punta Prieta - Guerrero Negro	12.04	0.06	0.08	0.80	0.02	56.09	0.01
Santa Rosalía - Guerrero Negro	12.05	0.10	0.16	1.18	0.04	82.40	0.02
Loreto - Santa Rosalía	12.06	0.11	0.18	1.07	0.04	73.46	0.01
Cd. Insurgentes - Loreto	12.07	0.06	0.11	0.73	0.03	52.78	0.01
La Paz - Cd. Insurgentes	12.08	0.10	0.21	1.36	0.05	100.95	0.02
Cabo San Lucas - La Paz	12.09	0.30	1.02	3.16	0.15	255.43	0.05
San Pedro - Cabo San Lucas	12.10	0.15	0.41	2.04	0.08	156.68	0.03
TOTAL		2.49	4.63	24.27	0.87	1727.22	0.34

Las emisiones de CO₂ representan el 98.14% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Ensenada-Lázaro Cárdenas, con una participación de 475.98 toneladas diarias. Esto representa el 27.56% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Tijuana-Ensenada, Cabo San Lucas-La Paz y Lázaro Cárdenas-Ent. Punta Prieta.

La Tabla 3.89 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.89 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor Transpeninsular de Baja California

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Tijuana - Ensenada	12.01	5.23%	1.51%	35.35%	85.96%	38.68%	60.65%
Ensenada - Lázaro Cárdenas	12.02	15.29%	2.60%	63.35%	86.08%	40.84%	62.56%
Lázaro Cárdenas - Ent. Punta Prieta	12.03	15.93%	3.67%	65.00%	86.77%	65.05%	79.31%
Ent. Punta Prieta - Guerrero Negro	12.04	22.95%	4.89%	75.80%	92.63%	74.36%	86.30%
Santa Rosalía - Guerrero Negro	12.05	16.35%	3.60%	65.84%	89.75%	62.04%	78.53%
Loreto - Santa Rosalía	12.06	16.89%	3.76%	64.00%	87.16%	56.65%	74.08%

Cd. Insurgentes - Loreto	12.07	14.26%	3.61%	61.17%	88.51%	59.06%	76.29%
La Paz - Cd. Insurgentes	12.08	4.04%	1.11%	30.93%	81.71%	33.18%	54.65%
Cabo San Lucas - La Paz	12.09	4.76%	2.11%	28.40%	86.22%	33.25%	55.02%
San Pedro - Cabo San Lucas	12.10	5.53%	1.96%	36.31%	87.32%	41.24%	63.02%
TOTAL		9.16%	2.22%	45.76%	86.47%	42.71%	64.11%

3.3.13 Corredor del Altiplano

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.90, donde los vehículos de carga emiten un total de 3,799.31 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 69.27% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.90 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor del Altiplano

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Libramiento Norte de la Ciudad de México	13.01	1.80	2.04	30.51	0.84	2199.83	0.43
Texcoco - Calpulalpan	13.02	0.27	0.44	4.10	0.13	299.00	0.06
Calpulalpan - Huamantla	13.03	0.52	0.86	8.54	0.26	630.76	0.12
Huamantla - Cuapiaxtla	13.04	0.10	0.15	1.52	0.05	110.81	0.02
Amozoc - Perote	13.05	0.30	0.52	4.63	0.14	341.47	0.07
Libramiento Perote	13.06	0.13	0.18	1.97	0.06	140.05	0.03
San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El molinito	13.07	0.09	0.20	1.04	0.04	77.39	0.02
TOTAL		3.21	4.38	52.32	1.52	3799.31	0.75

Las emisiones de CO₂ representan el 98.38% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Libramiento Norte de la Ciudad de México, con una participación de 2,199.83 toneladas diarias. Esto representa el 57.90% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Calpulalpan-Huamantla, Amozoc-Perote y Texcoco-Calpulalpan.

La Tabla 3.91 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.91 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor del Altiplano

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Libramiento Norte de la Ciudad de México	13.01	23.27%	4.20%	77.41%	91.54%	79.01%	88.34%
Texcoco - Calpulalpan	13.02	12.19%	2.74%	61.21%	88.00%	61.48%	77.89%
Calpulalpan - Huamantla	13.03	11.20%	2.58%	58.92%	86.52%	62.01%	77.81%
Huamantla - Cuapixtla	13.04	14.52%	3.12%	64.62%	88.99%	67.04%	81.36%
Amozoc - Perote	13.05	9.64%	2.35%	50.75%	72.67%	53.16%	67.57%
Libramiento Perote	13.06	48.40%	13.99%	90.12%	93.97%	89.01%	93.26%
San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El molinito	13.07	5.24%	1.49%	34.65%	72.76%	33.31%	52.51%
TOTAL		15.78%	3.15%	67.70%	87.66%	69.27%	82.17%

3.3.14 Corredor Acapulco – Tuxpan

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.92, donde los vehículos de carga emiten un total de 2,107.04 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 44.88% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.92 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Acapulco – Tuxpan

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Cuernavaca - Acapulco	14.01	0.80	1.17	7.32	0.25	488.54	0.10
Libramiento de Cuernavaca	14.02	0.11	0.14	0.69	0.02	42.23	0.01
México - Cuernavaca	14.03	0.26	0.25	1.86	0.06	104.83	0.02
La Pera - Cuautla	14.04	0.04	0.10	0.58	0.02	43.78	0.01
La Venta - Chamapa	14.05	0.06	0.12	0.68	0.02	50.17	0.01
Chamapa - Ent. Lechería	14.06	0.74	0.84	5.30	0.17	313.38	0.06
Ecatepec - Pirámides	14.07	0.29	0.33	2.15	0.07	130.04	0.03
Lib. S.M de las Pirámides	14.08	0.34	0.37	2.56	0.08	152.14	0.03
Ent. Lib. Pirámides - Ent. Lib. Tulancingo	14.09	0.60	0.67	4.48	0.15	266.58	0.05
Tejocotal - Nuevo Necaxa	14.10	0.27	0.30	2.01	0.07	121.11	0.02
Nuevo Necaxa - Tihuatlán	14.11	0.59	0.55	4.73	0.15	273.58	0.05
Tihuatlán - Tuxpan	14.12	0.26	0.28	2.01	0.07	120.64	0.02
TOTAL		4.35	5.11	34.37	1.14	2107.04	0.41

Las emisiones de CO₂ representan el 97.89% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor, es la carretera Cuernavaca-Acapulco con una participación de 488.54 toneladas diarias. Esto representa el 23.19% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Chamapa-Ent. Lechería, Nuevo Necaxa-Tihuatlán y Ent. Lib. Pirámides-Ent. Lib. Tulancingo.

La Tabla 3.93 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.93 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor Acapulco – Tuxpan

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Cuernavaca - Acapulco	14.01	10.07%	1.86%	49.70%	72.38%	37.63%	55.65%
Libramiento de Cuernavaca	14.02	12.15%	1.80%	61.60%	74.26%	30.22%	49.53%
México - Cuernavaca	14.03	12.69%	1.48%	64.13%	71.12%	31.71%	49.41%
La Pera - Cuautla	14.04	4.64%	1.42%	32.48%	73.52%	35.07%	54.35%
La Venta - Chamapa	14.05	7.46%	2.05%	43.85%	85.54%	44.56%	65.35%
Chamapa - Ent. Lechería	14.06	19.64%	2.85%	77.45%	87.81%	46.62%	67.36%
Ecatepec - Pirámides	14.07	19.10%	2.88%	73.45%	82.35%	46.45%	65.03%
Lib. S.M de las Pirámides	14.08	22.35%	3.29%	77.99%	86.20%	51.46%	69.94%
Ent. Lib. Pirámides - Ent. Lib. Tulancingo	14.09	24.01%	3.71%	77.78%	84.10%	52.61%	69.64%
Tejocotal - Nuevo Necaxa	14.10	21.81%	3.34%	76.52%	84.89%	50.82%	68.98%
Nuevo Necaxa - Tihuatlán	14.11	28.76%	4.00%	81.90%	86.43%	59.53%	74.65%
Tihuatlán - Tuxpan	14.12	21.50%	3.13%	76.71%	84.87%	51.02%	69.12%
TOTAL		16.51%	2.53%	66.19%	80.99%	44.88%	63.37%

3.3.15 Corredor Acapulco – Veracruz

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.94, donde los vehículos de carga emiten un total de 3,715.08 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 53.57% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.94 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Acapulco – Veracruz

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Cuernavaca - Acapulco	15.01	1.20	1.27	8.36	0.27	490.05	0.10
Libramiento de Cuernavaca	15.02	0.17	0.37	2.12	0.08	157.93	0.03
México - Cuernavaca	15.03	0.12	0.24	1.63	0.06	121.26	0.02
La Pera - Cuautla	15.04	0.08	0.21	1.16	0.04	88.65	0.02
Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros	15.05	0.09	0.25	1.16	0.05	89.92	0.02
Atlixco - Jantetelco	15.06	0.12	0.13	0.82	0.03	48.75	0.01
Puebla - Atlixco	15.07	0.10	0.13	0.60	0.02	36.96	0.01
Puebla - Acatzingo	15.08	0.53	1.00	7.62	0.25	561.76	0.11
Acatzingo - Cd. Mendoza	15.09	0.93	1.13	13.39	0.40	934.14	0.18
Libramiento de Córdoba	15.10	0.74	0.83	8.66	0.27	571.54	0.11
Córdoba - Veracruz	15.11	0.50	0.61	8.47	0.24	614.11	0.12
TOTAL		4.57	6.17	54.01	1.70	3715.08	0.73

Las emisiones de CO₂ representan el 98.22% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Acatzingo-Cd. Mendoza, con una participación de 934.14 toneladas diarias. Esto representa el 25.14% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Córdoba-Veracruz, Libramiento de Córdoba y Puebla-Acatzingo.

La Tabla 3.95 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.95 Porcentajes que representan las emisiones de vehículos de carga del total de emisiones, corredor Acapulco – Veracruz

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Cuernavaca - Acapulco	15.01	13.57%	1.80%	62.14%	72.24%	34.01%	51.86%
Libramiento de Cuernavaca	15.02	4.27%	1.19%	31.07%	79.08%	31.49%	52.39%
México - Cuernavaca	15.03	5.27%	1.41%	36.60%	72.26%	37.55%	56.34%
La Pera - Cuautla	15.04	4.19%	1.38%	30.20%	73.10%	34.07%	53.31%
Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros	15.05	5.20%	1.95%	34.12%	81.69%	38.70%	59.26%
Atlixco - Jantetelco	15.06	18.10%	2.59%	72.81%	82.04%	42.30%	61.86%
Puebla - Atlixco	15.07	8.73%	1.28%	53.50%	71.28%	22.31%	40.73%

Puebla - Acatzingo	15.08	10.90%	2.88%	54.17%	81.62%	57.04%	72.79%
Acatzingo - Cd. Mendoza	15.09	25.44%	5.00%	75.83%	86.67%	74.93%	84.18%
Libramiento de Córdoba	15.10	25.57%	4.38%	78.15%	87.88%	69.37%	81.49%
Córdoba - Veracruz	15.11	19.02%	3.59%	71.23%	85.15%	73.01%	83.22%
TOTAL		13.26%	2.42%	60.72%	81.61%	53.57%	70.50%

3.3.16 Corredor Circuito Transístico

Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.96, donde los vehículos de carga emiten un total de 1,442.54 toneladas diarias de CO₂. Esta cantidad de emisiones de CO₂ del transporte de carga representa un 62.43% del total de emisiones del corredor. Por ello, se pone de manifiesto que el mayor generador de emisiones del transporte en el corredor son los vehículos destinados al transporte de carga.

Tabla 3.96 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Circuito Transístico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Coatzacoalcos - Ent. La Ventosa	16.01	0.58	0.88	8.34	0.26	599.46	0.12
Ent. La Ventosa - San Pedro Tapanatepec	16.02	0.12	0.18	1.82	0.05	132.43	0.03
Tapanatepec - Arriaga	16.03	0.07	0.12	1.07	0.03	78.78	0.02
Arriaga - Ocozocoautla	16.04	0.12	0.18	1.67	0.05	119.94	0.02
Las Choapas - Ocozocoautla	16.05	0.46	0.59	7.14	0.21	511.93	0.10
TOTAL		1.35	1.95	20.05	0.60	1442.54	0.28

Las emisiones de CO₂ representan el 98.34% de las emisiones emitidas en el corredor por los vehículos de carga.

El tramo carretero que mayores emisiones generó de CO₂ en el corredor es la carretera Coatzacoalcos-Ent. La Ventosa, con una participación de 599.46 toneladas diarias. Esto representa el 41.56% del total de emisiones emitidas en el corredor. Los tramos que le siguen en generación de emisiones son la carretera Las Choapas-Ocozocoautla, Ent. La Ventosa-San Pedro Tapanatepec y Arriaga-Ocozautla.

La Tabla 3.97 muestra en porcentaje las emisiones emitidas por vehículos de carga con respecto al total analizadas en el corredor.

Tabla 3.97 Toneladas diarias emitidas por vehículos de carga, corredor Circuito Transístmico

Carretera	Clave ID	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
Coatzacoalcos - Ent. La Ventosa	16.01	9.57%	1.94%	54.15%	84.66%	53.20%	71.73%
Ent. La Ventosa - San Pedro Tapanatepec	16.02	15.35%	3.31%	66.77%	86.87%	66.78%	80.53%
Tapanatepec - Arriaga	16.03	13.09%	3.03%	62.84%	88.24%	63.95%	79.42%
Arriaga - Ocozocoautla	16.04	14.34%	3.07%	63.41%	83.69%	62.09%	76.66%
Las Choapas - Ocozocoautla	16.05	26.26%	5.41%	78.09%	85.96%	76.52%	84.95%
TOTAL		13.53%	2.73%	63.40%	85.40%	62.43%	77.62%

3.4 Desarrollo de indicadores de las emisiones de CO₂ para el transporte de carga en los corredores carreteros en México

De acuerdo con los indicadores propuestos, se desarrollarán los correspondientes para cada corredor analizado, y los resultados se comentan en los apartados siguientes.

3.4.1 Toneladas de CO₂ por kilómetro

La Tabla 3.98 muestra los resultados de las toneladas de CO₂ por kilómetro en cada corredor carretero analizado. La tabla incluye también las variables principales con las que se construyó el indicador, tales como emisiones totales y las longitudes de cada corredor.

Tabla 3.98 Indicador toneladas de CO₂ por kilómetro de corredor

Número identificador del corredor	Nombre del corredor	Longitud del corredor (kilómetros)	Emisiones de CO ₂ (toneladas)	Indicador 1 "Toneladas de CO ₂ por kilómetro"
1	México-Nuevo Laredo	1155.61	17897.68	15.49
1.1	▪ Ramal a Piedras negras	316.41	961.82	3.04
2	México-Cd Juárez	2003.14	13687.80	6.83
3	México-Nogales	2437.46	11407.76	4.68
3.1	▪ Ramal a Tijuana	761.13	1770.27	2.33

3. Desarrollo de inventario de emisiones del transporte de carga en los corredores de transporte carretero

4	Manzanillo-Tampico	1364.27	6804.20	4.99
4.1	▪ Ramal a Lázaro Cárdenas	609.69	2733.26	4.48
5	México-Veracruz	389.16	6224.61	15.99
6	Veracruz-Monterrey con ramal a Matamoros	1291.32	3920.84	3.04
7	Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo	1095.14	2248.84	2.05
8	México-Puebla-Progreso	1302.35	8482.65	6.51
9	Peninsular de Yucatán	1203.24	2068.97	1.72
10	Corredor del Pacífico	2045.48	1668.17	0.82
11	Mazatlán-Matamoros	1348.29	5376.85	3.99
12	Transpeninsular de Baja California	1878.61	1727.22	0.92
13	Altiplano	587.15	3799.31	6.47
14	Acapulco-Tuxpan	1022.84	2107.04	2.06
15	Acapulco-Veracruz	766.81	3715.08	4.84
16	Circuito Transistmico	799.57	1442.54	1.80
Promedio				4.85

El corredor que presenta mayores emisiones de CO₂ por kilómetro producidas por el transporte de carga es el México – Veracruz.

3.4.2 Gramos de CO₂ por vehículo por kilómetro

La Tabla 3.99 muestra los resultados de las toneladas de gramos de CO₂ por vehículo por kilómetro en cada corredor carretero analizado, es importante recordar las variables principales con las que se construyó el indicador, tales como emisiones totales y las longitudes de análisis de cada corredor y el TDPA correspondiente a los vehículos pesados.

Tabla 3.99 Indicador gramos de CO₂ por vehículo por kilómetro en cada corredor

Número identificador del corredor	Nombre del corredor	Longitud de análisis del corredor (kilómetros)	Emisiones de CO ₂ (toneladas)	TDPA (vehículos pesados) *	Indicador 2 "Gramos de CO ₂ por vehículo por kilómetro"
1	México-Nuevo Laredo	2279.02	17897.68	5332	1472.85
1.1	▪ Ramal a Piedras negras	543.12	961.82	2127	832.59
2	México-Cd Juárez	3656.52	13687.80	2981	1255.75
3	México-Nogales	4484.11	11407.76	2800	908.59
3.1	▪ Ramal a Tijuana	1057.24	1770.27	1630	1027.26

4	Manzanillo-Tampico	2050.25	6804.20	3084	1076.11
4.1	▪ Ramal a Lázaro Cárdenas	836.29	2733.26	3010	1085.82
5	México-Veracruz	778.32	6224.61	5381	1486.25
6	Veracruz-Monterrey con ramal a Matamoros	1758.48	3920.84	1942	1148.13
7	Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo	1581.65	2248.84	1630	872.29
8	México-Puebla-Progreso	2408.43	8482.65	2839	1240.60
9	Peninsular de Yucatán	1757.18	2068.97	1202	979.57
10	Corredor del Pacífico	2387.46	1668.17	835	836.79
11	Mazatlán-Matamoros	2423.63	5376.85	2456	903.30
12	Transpeninsular de Baja California	2296.00	1727.22	861	873.72
13	Altiplano	1109.20	3799.31	1821	1880.98
14	Acapulco-Tuxpan	1833.13	2107.04	948	1212.47
15	Acapulco-Veracruz	1453.51	3715.08	2762	925.39
16	Circuito Transísmico	953.25	1442.54	1266	1195.33
Promedio					1116.52

Nota: El TDPA es el promedio ponderado en todo el corredor.

El indicador de gramos por kilómetro de CO₂ que resulta mayor en los corredores analizados es el Altiplano con un factor de emisión de 1,880.98 gramos por vehículo de carga de CO₂ por kilómetro recorrido.

3.4.3 Toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro

La Tabla 3.100 muestra los resultados de las toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro en cada corredor carretero analizado. La tabla incluye también las variables principales con las que se construyó el indicador, tales como emisiones totales de CO₂, la longitud de análisis y la carga estimada diaria.

Tabla 3.100 Indicador toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro

Número identificador del corredor	Nombre del corredor	Longitud de análisis del corredor (kilómetros)	Emisiones de CO ₂ (toneladas)	Carga estimada diaria (toneladas)	Indicador 3 "Toneladas de CO ₂ por millón de toneladas-kilómetro"
1	México-Nuevo Laredo	2279.02	17897.68	64933	120.94
1.1	▪ Ramal a Piedras negras	543.12	961.82	19320	91.66
2	México-Cd Juárez	3656.52	13687.80	26912	139.10
3	México-Nogales	4484.11	11407.76	20037	126.97
3.1	▪ Ramal a Tijuana	1057.24	1770.27	16001	104.65
4	Manzanillo-Tampico	2050.25	6804.20	61085	54.33
4.1	▪ Ramal a Lázaro Cárdenas	836.29	2733.26	31478	103.83
5	México-Veracruz	778.32	6224.61	47055	169.96
6	Veracruz-Monterrey con ramal a Matamoros	1758.48	3920.84	22400	99.54
7	Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo	1581.65	2248.84	7231	196.63
8	México-Puebla-Progreso	2408.43	8482.65	18831	187.04
9	Peninsular de Yucatán	1757.18	2068.97	9966	118.15
10	Corredor del Pacífico	2387.46	1668.17	5213	134.03
11	Mazatlán-Matamoros	2423.63	5376.85	7205	307.91
12	Transpeninsular de Baja California	2296.00	1727.22	7571	99.36
13	Altiplano	1109.20	3799.31	15604	219.51
14	Acapulco-Tuxpan	1833.13	2107.04	15343	74.92
15	Acapulco-Veracruz	1453.51	3715.08	15419	165.77
16	Circuito Transísmico	953.25	1442.54	11218	134.90
Promedio					139.43

El corredor que más emisiones emite a la atmósfera de CO₂ por tonelada transportada por kilómetro es el Mazatlán – Matamoros.

La primera conclusión de este indicador es que existe en dicho corredor un mayor número de vehículos que viajan vacíos.

3.5 Resumen de resultados

Para la realización de una comparativa de los resultados y con ellos poder realizar el aseguramiento de la calidad, a través de los indicadores se extrajeron a manera de resumen los siguientes resultados de los 16 corredores de transporte analizados que se presentan en la Tabla 3.101.

Tabla 3.101 Orden de corredores analizados con sus características de extensión

Número identificador del corredor	Nombre del corredor	Longitud del corredor (kilómetros)	Longitud de análisis del corredor (kilómetros)
1	México-Nuevo Laredo	1155.61	2279.02
1.1	▪ Ramal a Piedras negras	316.41	543.12
2	México-Cd Juárez	2003.14	3656.52
3	México-Nogales	2437.46	4484.11
3.1	▪ Ramal a Tijuana	761.13	1057.24
4	Manzanillo-Tampico	1364.27	2050.25
4.1	▪ Ramal a Lázaro Cárdenas	609.69	836.29
5	México-Veracruz	389.16	778.32
6	Veracruz-Monterrey con ramal a Matamoros	1291.32	1758.48
7	Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo	1095.14	1581.65
8	México-Puebla-Progreso	1302.35	2408.43
9	Peninsular de Yucatán	1203.24	1757.18
10	Corredor del Pacífico	2045.48	2387.46
11	Mazatlán-Matamoros	1348.29	2423.63
12	Transpeninsular de Baja California	1878.61	2296.00
13	Altiplano	587.15	1109.20
14	Acapulco-Tuxpan	1022.84	1833.13
15	Acapulco-Veracruz	766.81	1453.51
16	Circuito Transistmico	799.57	953.25

En el orden presentado en la tabla 3.101, se desarrolló la Tabla 1.102 que presenta los resultados que correspondientes a los indicadores 1 y 3, obtenidos del inventario de emisiones realizado:

Tabla 3.102 Resumen de indicadores 1 y 3 para el inventario de emisiones del 2020

Emisiones de CO₂ (ton)	Indicador 1 “Toneladas de CO₂ por kilómetro”	Carga Diaria (ton)	Indicador 3 “Toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro”
17897.68	15.49	64933.00	120.94
961.82	3.04	19320.00	91.66
13687.80	6.83	26912.00	139.10
11407.76	4.68	20037.00	126.97
1770.27	2.33	16001.00	104.65
6804.20	4.99	61085.00	54.33
2733.26	4.48	31478.00	103.83
6224.61	15.99	47055.00	169.96
3920.84	3.04	22400.00	99.54
2248.84	2.05	7231.00	196.63
8482.65	6.51	18831.00	187.04
2068.97	1.72	9966.00	118.15
1668.17	0.82	5213.00	134.03
5376.85	3.99	7205.00	307.91
1727.22	0.92	7571.00	99.36
3799.31	6.47	15604.00	219.51
2107.04	2.06	15343.00	74.92
3715.08	4.84	15419.00	165.77
1442.54	1.80	11218.00	134.90

Un estudio previo, realizado en el Instituto Mexicano del Transporte por Mendoza *et al* (2015) con datos del 2012, donde se construyeron por primera vez los indicadores 1 y 3, permite tener una base de referencia para conocer el crecimiento de las emisiones. La Tabla 3.103 muestra el resumen de resultados obtenidos en el estudio previo.

Tabla 3.103 Resumen de indicadores 1 y 3 para el inventario de emisiones del 2012

Emisiones de CO₂ (ton)	Indicador 1 “Toneladas de CO₂ por kilómetro”	Carga diaria (ton)	Indicador 3 “Toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro”
11562.65	10.01	64933.00	78.1
683.30	2.16	19320.00	65.1
9261.34	4.62	26912.00	94.1
7819.74	3.21	20037.00	87.0
1492.05	1.96	16001.00	88.2

5763.98	4.22	61085.00	46.0
1931.41	3.17	31478.00	73.4
2851.22	7.33	47055.00	77.9
3529.80	2.73	22400.00	89.6
2426.00	2.22	7231.00	212.1
6583.62	5.06	18831.00	145.2
1479.01	1.23	9966.00	84.5
1798.29	0.88	5213.00	144.5
4051.93	3.01	7205.00	232.0
1821.57	0.97	7571.00	104.8
2435.22	4.15	15604.00	140.7
3583.23	3.50	15343.00	127.4
2974.23	3.88	15419.00	132.7
1862.87	2.33	11218.00	174.2

Con el objetivo de realizar una comparación de con la situación base que se presentó en el 2012 y observar el posible impacto de las medidas de mitigación de emisiones GEI implementadas en el país, así como visualizar la posibilidad de la implementación de nuevas medidas se realizó un gráfico comparando los resultados del estudio previo con el estudio actual, la cual se muestra en la Figura 3.1.

En la gráfica de la Figura 3.1 se muestra la comparación de las emisiones totales de CO₂ de los años 2012 y 2020, de la cual se destaca que en los siguientes corredores se registra un decremento de estas emisiones:

- Corredor 7: Puebla – Oaxaca – Cd. Hidalgo
- Corredor 10: Corredor del Pacífico
- Corredor 12: Transpeninsular de Baja California
- Corredor 14: Acapulco – Tuxpan
- Corredor 16: Circuito Transísmico

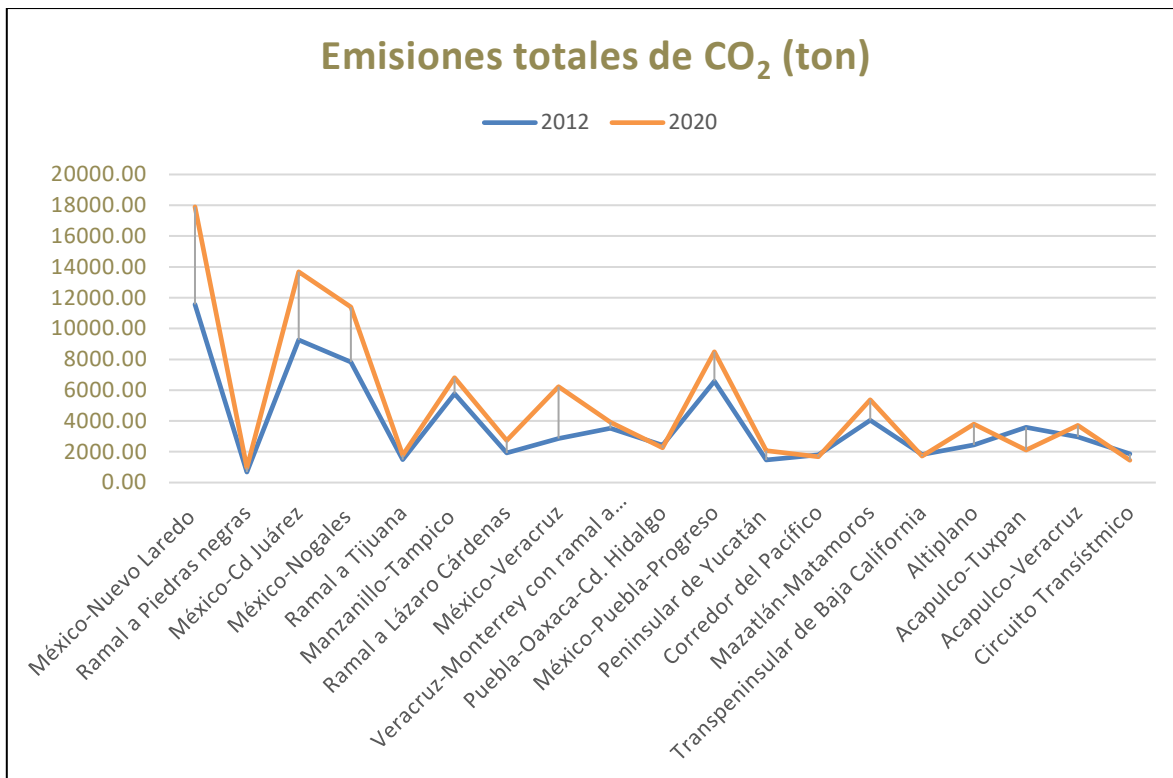


Figura 3.1 Comparación 2012 vs 2020 de emisiones totales de CO₂ en los corredores de autotransporte en México

En la Tabla 3.104 se presenta una comparación completa de los resultados destacados e indicadores entre el año 2012 y 2020, de la cual en la relación a la primera columna "*Emisiones de CO₂*" se registra un aumento de 1,270.18 toneladas de CO₂ en el promedio por corredor con respecto al 2012, lo cual supone un incremento promedio del 32.7% por corredor.

Los tres corredores con mayor incremento porcentual son los siguientes:

- Corredor 5: México – Veracruz, **118.3%**
- Corredor 13: Altiplano, **56.0%**
- Corredor 1: México – Nuevo Laredo, **54.8%**

Además, como se mencionó anteriormente también se observan corredores con decremento en sus emisiones, porcentualmente el corredor 14, Acapulco – Tuxpan, es el que presenta un mayor decremento, con menos **41.2%**

Tabla 3.104 Comparación de resumen de resultados de 2012 vs 2020.

Comparación								
Emisiones de CO ₂ (ton) ↓ ↑ %			Indicador 1 "Toneladas de CO ₂ por km" ↓ ↑ %			Indicador 3 "Toneladas de CO ₂ por millón de toneladas-km" ↓ ↑ %		
6335.03	↑	54.8%	5.48	↑	54.8%	42.81	↑	54.8%
278.52	↑	40.8%	0.88	↑	40.8%	26.54	↑	40.8%
4426.46	↑	47.8%	2.21	↑	47.8%	44.98	↑	47.8%
3588.02	↑	45.9%	1.47	↑	45.9%	39.93	↑	45.9%
278.22	↑	18.6%	0.37	↑	18.6%	16.45	↑	18.6%
1040.22	↑	18.0%	0.76	↑	18.0%	8.31	↑	18.0%
801.85	↑	41.5%	1.32	↑	41.5%	30.46	↑	41.5%
3373.39	↑	118.3%	8.67	↑	118.3%	92.11	↑	118.3%
391.04	↑	11.1%	0.30	↑	11.1%	9.93	↑	11.1%
-177.16	↓	-7.3%	-0.16	↓	-7.3%	-15.49	↓	-7.3%
1899.03	↑	28.8%	1.46	↑	28.8%	41.87	↑	28.8%
589.96	↑	39.9%	0.49	↑	39.9%	33.69	↑	39.9%
-130.12	↓	-7.2%	-0.06	↓	-7.2%	-10.45	↓	-7.2%
1324.92	↑	32.7%	0.98	↑	32.7%	75.87	↑	32.7%
-94.35	↓	-5.2%	-0.05	↓	-5.2%	-5.43	↓	-5.2%
1364.09	↑	56.0%	2.32	↑	56.0%	78.81	↑	56.0%
-1476.19	↓	-41.2%	-1.44	↓	-41.2%	-52.49	↓	-41.2%
740.85	↑	24.9%	0.97	↑	24.9%	33.06	↑	24.9%
-420.33	↓	-22.6%	-0.53	↓	-22.6%	-39.31	↓	-22.6%
1270.18	↑	32.7%	1.34	↑	38.2%	23.77	↑	20.6%

En lo que respecta al indicador 1 “Toneladas de CO₂ por kilómetro” se registra un aumento de 1.34 toneladas de CO₂ por kilómetro en el promedio por corredor con respecto al 2012, lo cual supone un incremento promedio del 38.2% por corredor y el indicador 3 “Toneladas de CO₂ por millón de toneladas-kilómetro”, registra un aumento de 23.77 de unidades correspondientes, lo cual porcentualmente es un incremento promedio del 38.2% por corredor.

3.6 Calidad de los resultados

Como se mencionó en el apartado 2.3.5 “Aseguramiento de la calidad de los resultados”, se compararán las emisiones obtenidas por vehículo por kilómetro, con los resultados del modelo propuesto por el Laboratorio de investigación en transporte (TRL, por sus siglas en inglés).

La Tabla 3.105 muestra las emisiones por tipo de vehículo de acuerdo con el peso correspondiente y el promedio de ellas, obtenidas para una velocidad de 110Km/h.

Tabla 3.105 Emisiones de vehículos de carga por modelo TRL

Tipo de vehículo (peso en toneladas)	Emisiones CO₂ Gramos x Veh. / Kilómetro
3.5-7.5	688.23
7.5-16	843.94
16-32	907.55
32-40	1200.25
Promedio	909.99

Fuente: Elaboración propia.

La comparativa de emisiones de CO₂ se muestra en la tabla.

Tabla 3.106 Comparativa de emisiones de CO₂

Promedio de emisiones CO₂ Gramos x Veh. / Kilómetro (Indicador 2)	Promedio de emisiones CO₂ Gramos x Veh. / Kilómetro (Modelo TRL)
1,116.52	909.99

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados pueden variar dependiendo de las condiciones de la flota vehicular y las consideraciones de la geometría de la carretera. El cálculo de TRL supone pendientes verticales del 0%.

De esta manera se puede considerar que las emisiones obtenidas en los corredores de transporte en México son representativas y reflejan con certeza las emisiones estimadas durante la operación del transporte en las carreteras.

4. Modelado de inventario de emisiones de CO₂ del transporte de carga

Para la modelización de la línea base fue desarrollada mediante los indicadores del capítulo anterior y la estimación de las tendencias de crecimiento que tendrán para el futuro dichos indicadores, por lo que se determinaron primeramente dichas tasas de crecimiento.

4.1 Estimaciones de las tasas de crecimiento

Los indicadores de emisiones parten de dos variables importantes para su determinación: el vehículo y la carga. Partiendo de estas variables fue necesario estimar las tasas de crecimiento de ambas, con base en cifras de la estadística de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.

De esta manera, la Tabla 4.1 muestra la estadística básica del crecimiento del parque vehicular (solo de las unidades de tracción registradas por la SICT del año 2013 al 2022).

Tabla 4.1 Estadística del parque vehicular registrado por SICT

Vehículo	Clase	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Unidades motrices	-	632,252	606,090	580,035	561,061	496,057	463,016	443,058	414,790	395,552	381,250
Camión de dos ejes	C2	126,917	121,897	117,589	115,058	90,038	84,226	87,197	82,036	78,111	75,293
Camión de tres ejes	C3	97,041	93,754	91,078	89,294	78,844	73,909	70,526	67,048	65,173	64,582
Tractocamión de dos ejes	T2	3,913	3,747	3,632	3,524	3,149	2,968	2,840	2,576	2,427	2,276
Tractocamión de tres ejes	T3	402,792	385,250	366,461	351,959	322,979	301,088	281,509	262,222	249,029	238,390
Otros	-	1589	1442	1275	1226	1047	825	986	908	812	709
	Tasa anual	4.14%	4.30%	3.27%	11.59%	6.66%	4.31%	6.38%	4.64%	3.62%	0.24%

Fuente: Estadística Básica del Autotransporte Federal. SICT (2013 – 2022)

Con los datos de la Tabla 4.1, se estimó el crecimiento anual del parque vehicular y el correspondiente al periodo analizado, teniendo así un crecimiento promedio del 4.91% anual.

En relación con la carga, también se obtuvieron los datos estadísticos para el mismo periodo, los cuales se muestran en la tabla 4.2.

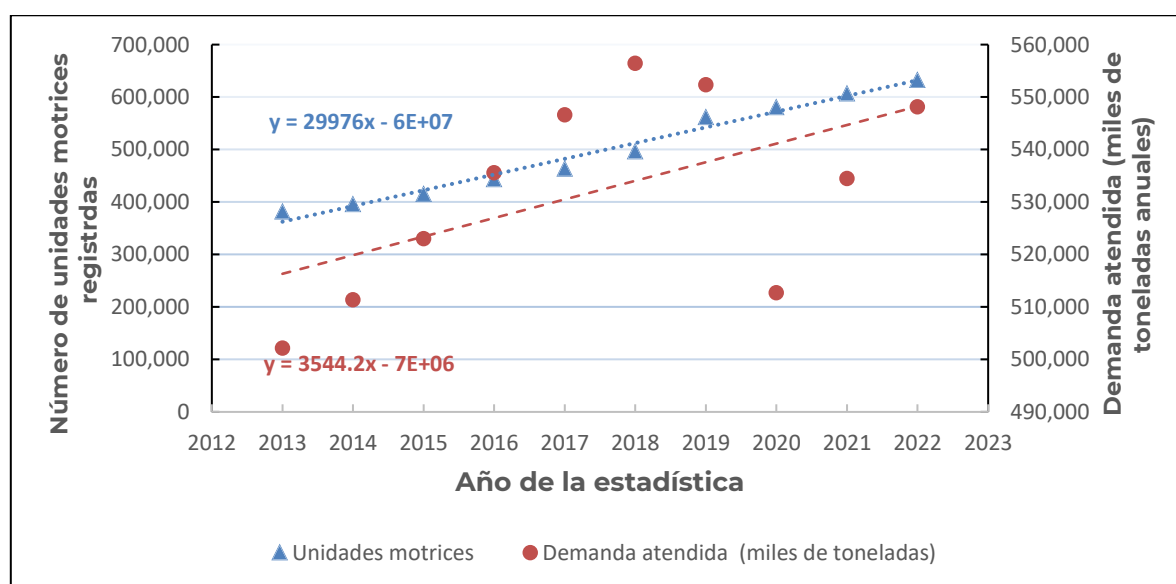
Tabla 4.2 Estadística de la carga estimada transportada

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Demanda atendida (miles de toneladas)	548,159	534,469	512,726	552,318	556,411	546,588	535,548	522,990	511,340	502,150
Tráfico (miles de ton-km)	256,388,000	250,350,000	240,394,000	258,684,000	260,642,000	256,136,000	251,122,000	245,136,000	239,710,000	235,427,000
Tasa anual	2.50%	4.07%	-7.72%	-0.74%	1.77%	2.02%	2.34%	2.23%	1.80%	0.80%

Fuente: Estadística Básica del Autotransporte Federal. SICT (2013 – 2022)

La estimación del crecimiento para la carga se realizó también en términos anuales y se muestran en la Tabla 4.2, así como el promedio de la tasa de crecimiento que representó un 0.91% en todo el periodo analizado.

Los datos de la Tabla 4.1 del parque vehicular total y de la carga anual estimada transportada de la Tabla 4.2 se graficaron y se ilustran en la Figura 4.1. Los gráficos permitieron además modelar las líneas de tendencia de ambas variables.



Fuente: Elaboración propia con información de la Estadística Básica del Autotransporte Federal. SICT (2013 – 2022)

Figura 6. Modelación de la estadística básica del autotransporte de carga en México

Ambas líneas de tendencia lineal registran diferentes tasas de crecimiento, por lo que para realizar las proyecciones se decidió utilizar un promedio de ambas. Esta justificación la basamos principalmente al suponer que el crecimiento de unidades debe ir directamente relacionado

con la carga a transportar, de esta manera el promedio de crecimiento a utilizar será del 2.92%.

4.2 Proyecciones para el 2030 y 2050 de las emisiones del transporte de carga

El pronóstico de crecimiento vehicular para los años 2030 y 2050 con una tasa del 4.91% será el siguiente:

Tabla 4.3 Pronóstico de crecimiento vehicular para los años 2030 y 2050

	2030	2050
Pronóstico	872,018	1,471,540

Para la carga el pronóstico con un 0.91% anual de crecimiento será:

Tabla 4.4 Pronóstico de crecimiento de carga para los años 2030 y 2050

	2030	2050
Pronóstico	576,573	647,457

El inventario de las emisiones totales para el año 2022 correspondiente a los 16 corredores analizados se presenta en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Emisiones totales de los 16 corredores para el transporte de carga

No. corredor	Nombre del corredor	Longitud (kilómetros)	HC	CO	NOx	PM	CO ₂	SO ₂
1	México-Nuevo Laredo	1155.61	21.85	14.17	276.92	7.61	17897.68	3.53
1.1	Ramal a Piedras negras	316.41	1.23	1.58	13.98	0.42	961.82	0.19
2	México-Cd Juárez	2003.14	15.89	17.45	202.68	6.04	13687.80	2.70
3	México-Nogales	2437.46	11.79	13.85	162.07	4.65	11407.76	2.25
3.1	Ramal a Tijuana	761.13	1.87	2.47	24.96	0.74	1770.27	0.35
4	Manzanillo-Tampico	1364.27	7.13	8.41	97.68	2.87	6804.20	1.34
4.1	Ramal a Lázaro Cárdenas	609.69	2.91	4.20	38.46	1.18	2733.26	0.54
5	México-Veracruz	389.16	5.70	5.40	88.60	2.42	6224.61	1.23
6	Veracruz-Monterrey con ramal a Matamoros	1291.32	4.13	5.13	56.07	1.67	3920.84	0.77
7	Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo	1095.14	2.17	4.09	30.79	1.02	2248.84	0.44
8	México-Puebla-Progreso	1302.35	7.36	11.39	116.87	3.56	8482.65	1.67

9	Peninsular de Yucatán	1203.24	2.19	3.72	28.41	0.90	2068.97	0.41
10	Corredor del Pacífico	2045.48	1.73	4.52	21.92	0.85	1668.17	0.33
11	Mazatlán-Matamoros	1348.29	4.94	5.32	75.88	2.11	5376.85	1.06
12	Transpeninsular de Baja California	1878.61	2.49	4.63	24.27	0.87	1727.22	0.34
13	Altiplano	587.15	3.21	4.38	52.32	1.52	3799.31	0.75
14	Acapulco-Tuxpan	1022.84	4.35	5.11	34.37	1.14	2107.04	0.41
15	Acapulco-Veracruz	766.81	4.57	6.17	54.01	1.70	3715.08	0.73
16	Circuito Transistmico	799.57	1.35	1.95	20.05	0.60	1442.54	0.28
Total (toneladas diarias)			106.86	123.94	1420.31	41.87	98044.91	19.32

En algunos corredores existen tramos carreteros que se duplican al traslaparse las rutas, por lo que la sumatoria de los 16 corredores no es correcta; es decir de los 22,482.9 kilómetros únicamente quedarán 21,261.4 kilómetros. Al eliminar los tramos comunes se tiene entonces un total de 91,329.5 toneladas diarias o 33.33 megatoneladas anuales de CO₂.

Se pueden obtener los totales para los otros contaminantes, pero para las proyecciones utilizaremos únicamente las emisiones de CO₂ del transporte de carga.

En la Tabla 4.6 se muestra el resultado de las proyecciones para el año base 2020, junto con los pronósticos para los años 2030 y 2050 con base en una tasa de crecimiento del 2.91 por ciento.

Tabla 4.6 Pronóstico de emisiones de CO₂ para el transporte de carga en los corredores de transporte

	Año base	Pronóstico	
	2020	2030	2050
Emisiones de CO ₂ (megatoneladas anuales)	33.33	44.36	78.74

La Figura 4.2 muestra la línea base de las emisiones y su pronóstico de crecimiento. Con dicha línea se pueden entonces definir las acciones de mitigación correspondientes a fin de identificar aquellas que pudieran tener un mayor impacto en la reducción del CO₂.

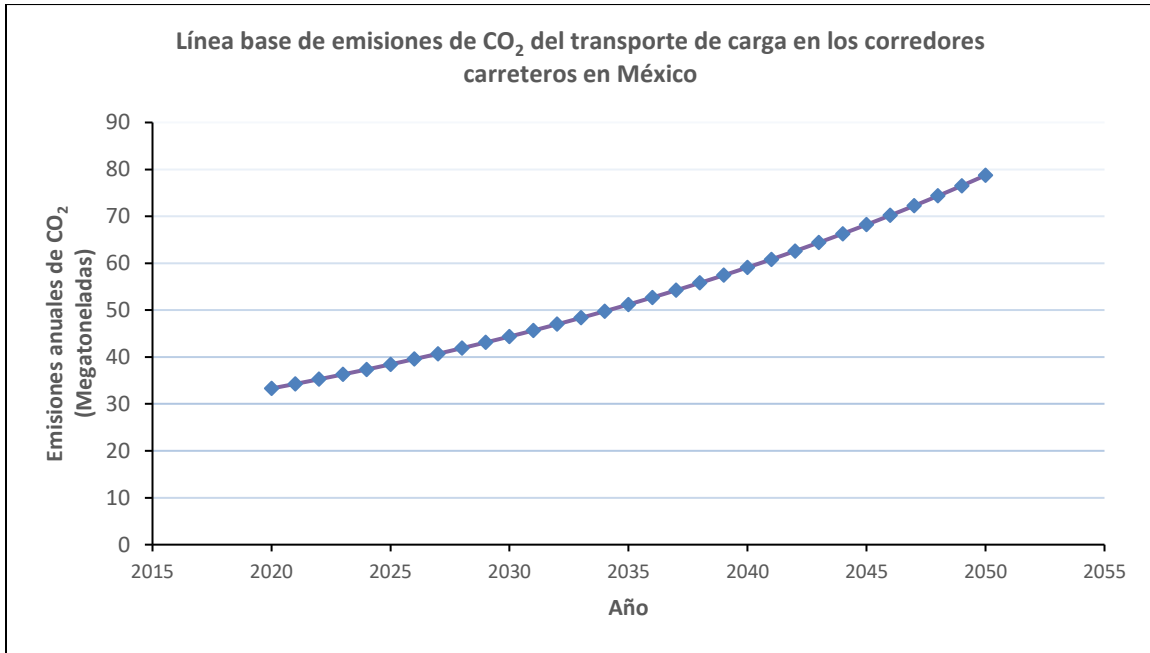


Figura 7 Modelación de la línea base de las emisiones de CO₂ generadas por el transporte de carga en los corredores de transporte en México

4.3 Modelado de inventario de las emisiones de CO₂ del transporte de carga mediante SIG

La modelación del inventario de emisiones a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se basó en los 16 corredores presentados, para poder identificar visualmente las carreteras donde existe una mayor concentración de emisiones de CO₂ producidas por kilómetro recorrido del transporte de carga.

La Figura 4.3 muestra la modelación sobre un mapa de la República Mexicana, en la que se representan las emisiones anuales por kilómetro en los corredores ilustrados a modo resumen de los 16 corredores troncales. El mapa incluye las capitales de los estados, división estatal y las principales carreteras.

La escala de emisiones se presenta con verde las de menos emisiones que van desde 0.11 a 0.89, posteriormente al color amarillo que se convierte en naranja en una escala de 0.90 a 4.25, para concluir con tono rojo donde se registraron mayores emisiones 6.38 - 12.34.

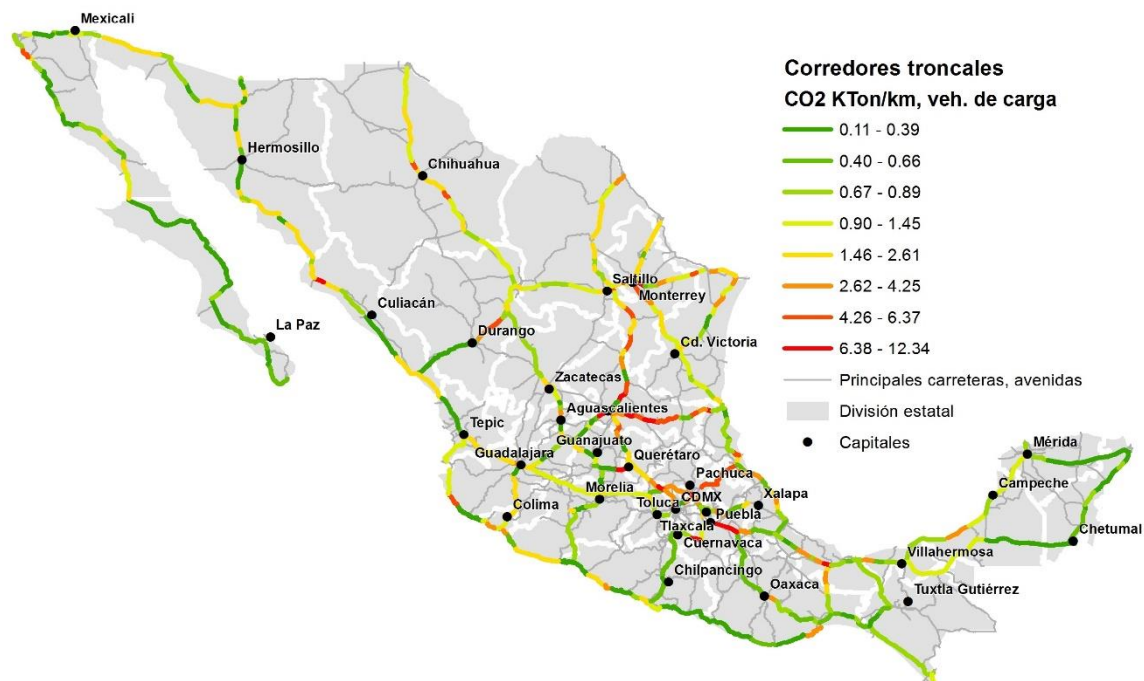


Figura 8. Mapa de modelación del inventario de emisiones mediante SIG de los corredores de autotransporte de carga en México

A continuación, se presentan por separado la representación de las emisiones de cada corredor carretero.

4.3.1 México – Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras

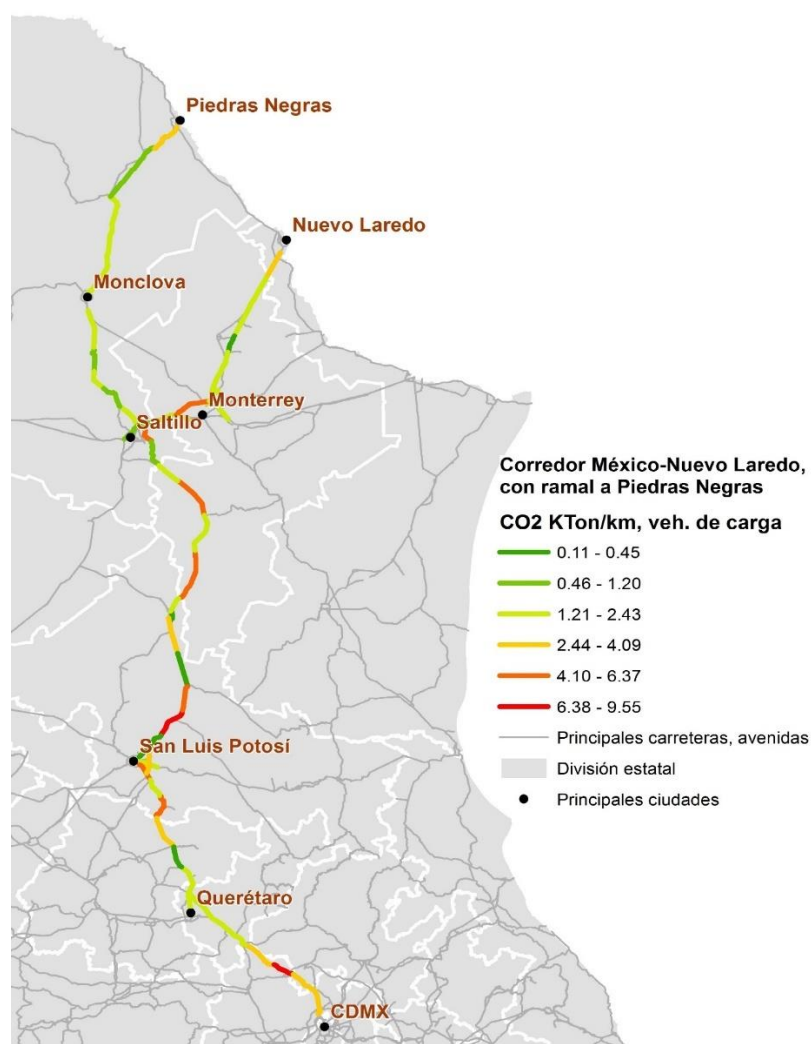


Figura 4.4 Mapa de emisiones del Corredor México-Nuevo Laredo

4.3.2 México – Cd. Juárez

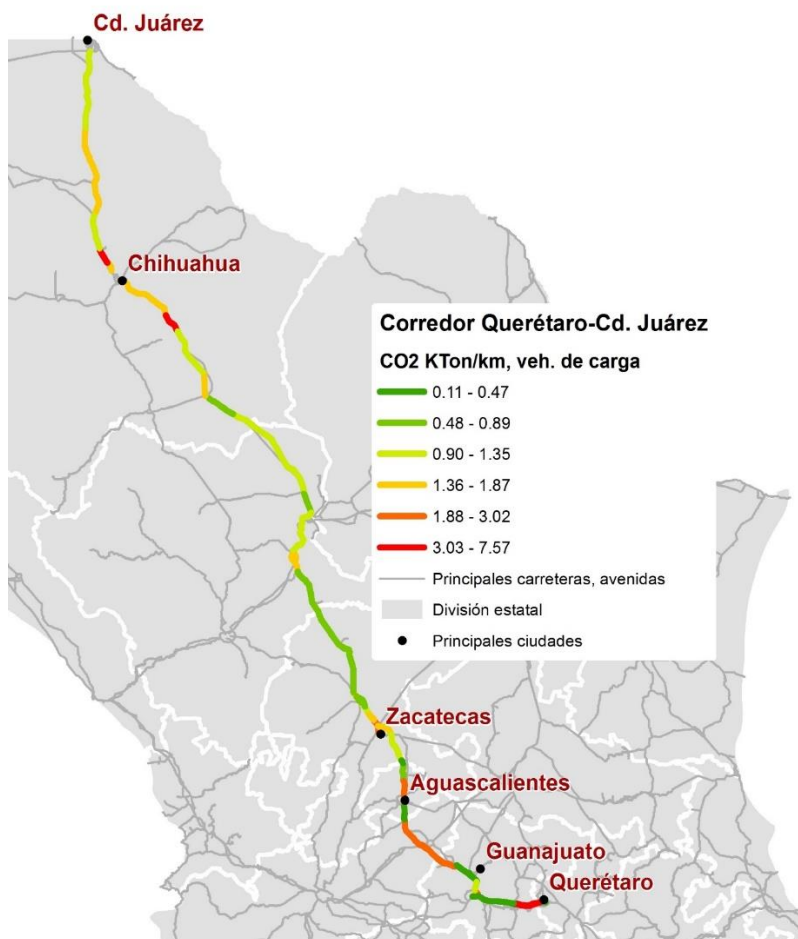


Figura 4.5 Mapa de emisiones del Corredor Querétaro-Cd. Juárez

4.3.3 México – Nogales con ramal a Tijuana

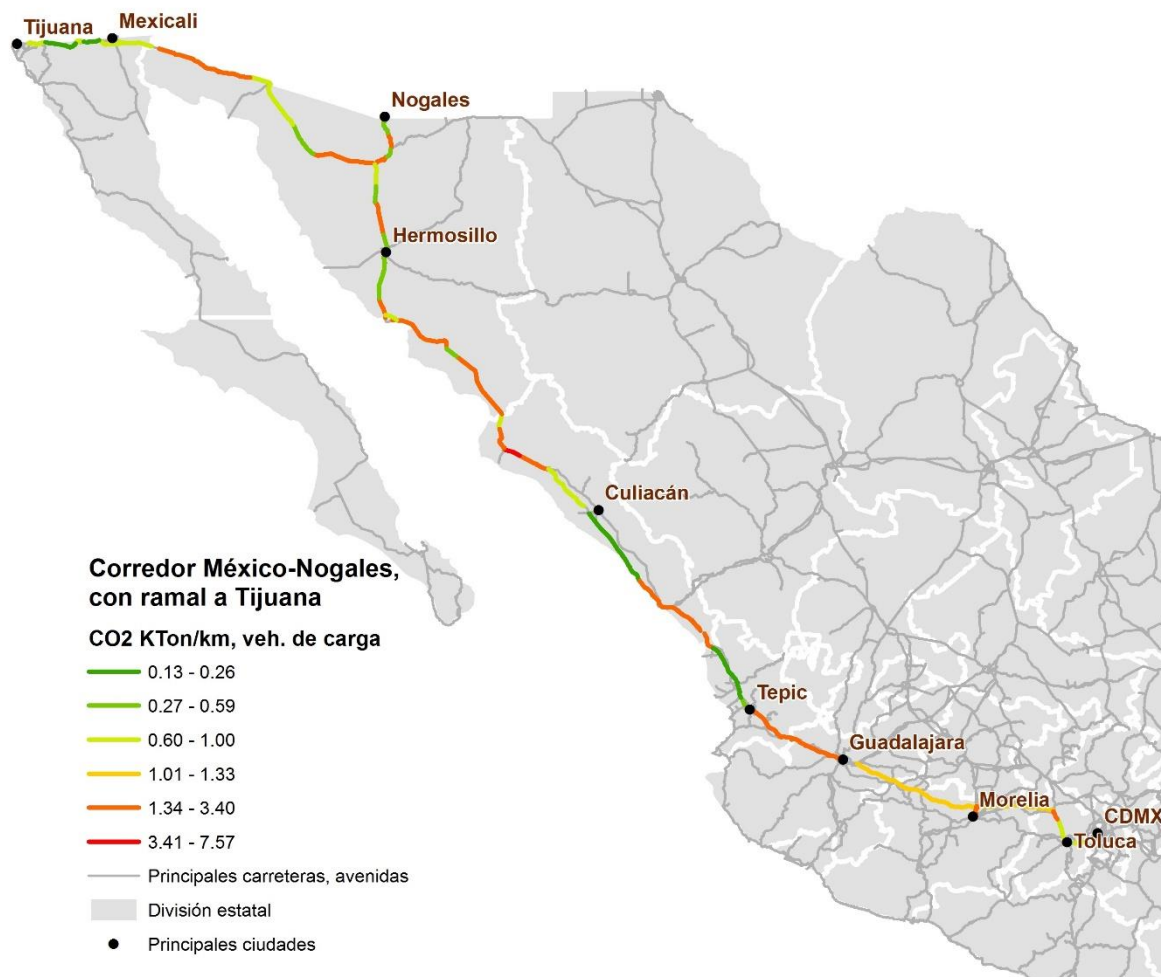


Figura 4.6 Mapa de emisiones del Corredor México-Nogales con ramal a Tijuana

4.3.4 Manzanillo – Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas

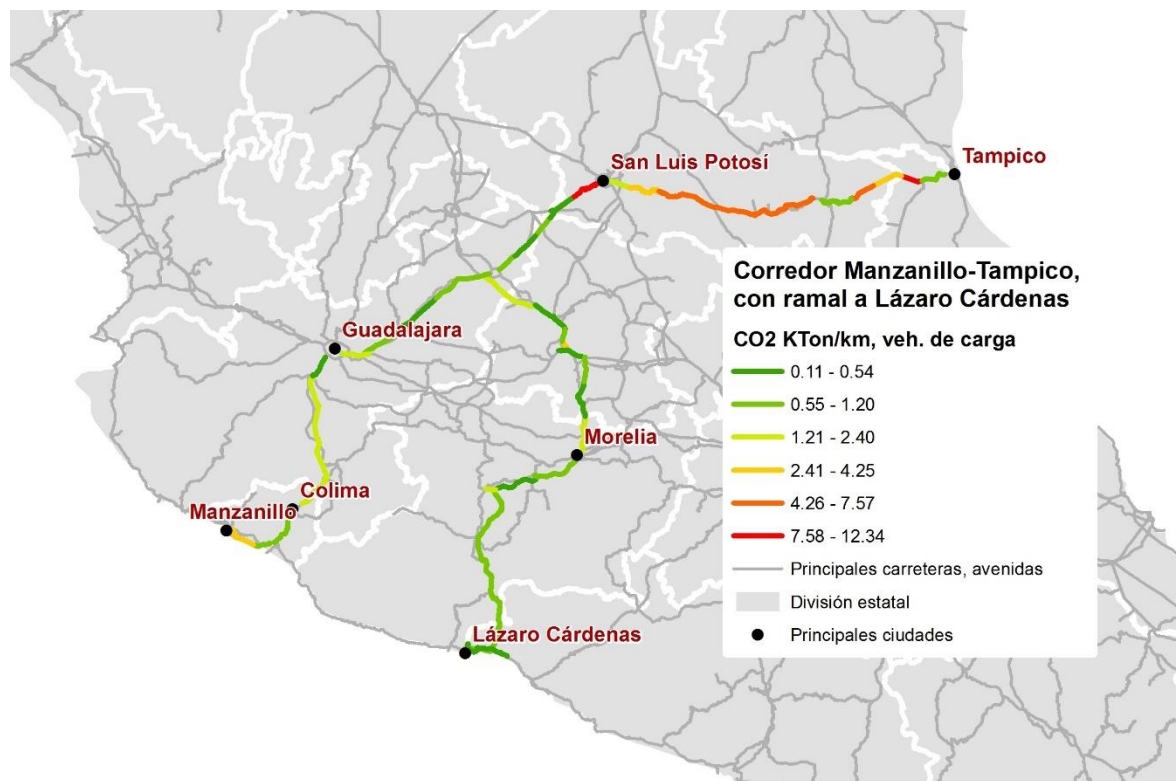


Figura 4.7 Mapa de emisiones del Corredor México-Nogales con ramal a Tijuana

4.3.5 Veracruz – Monterrey con ramal a Matamoros

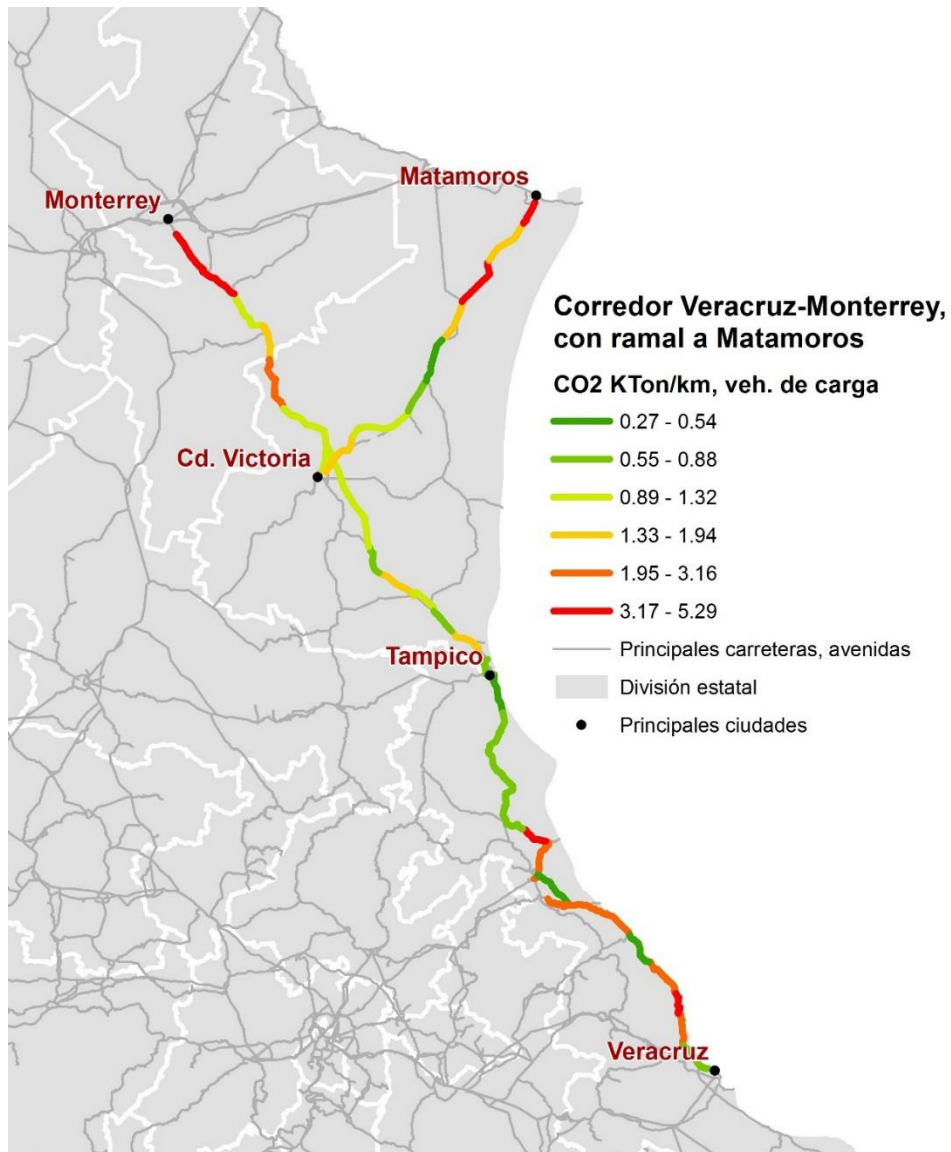


Figura 4.8 Mapa de emisiones del Corredor Veracruz-Monterrey con ramal a Matamoros

4.3.6 Puebla – Oaxaca – Cd. Hidalgo

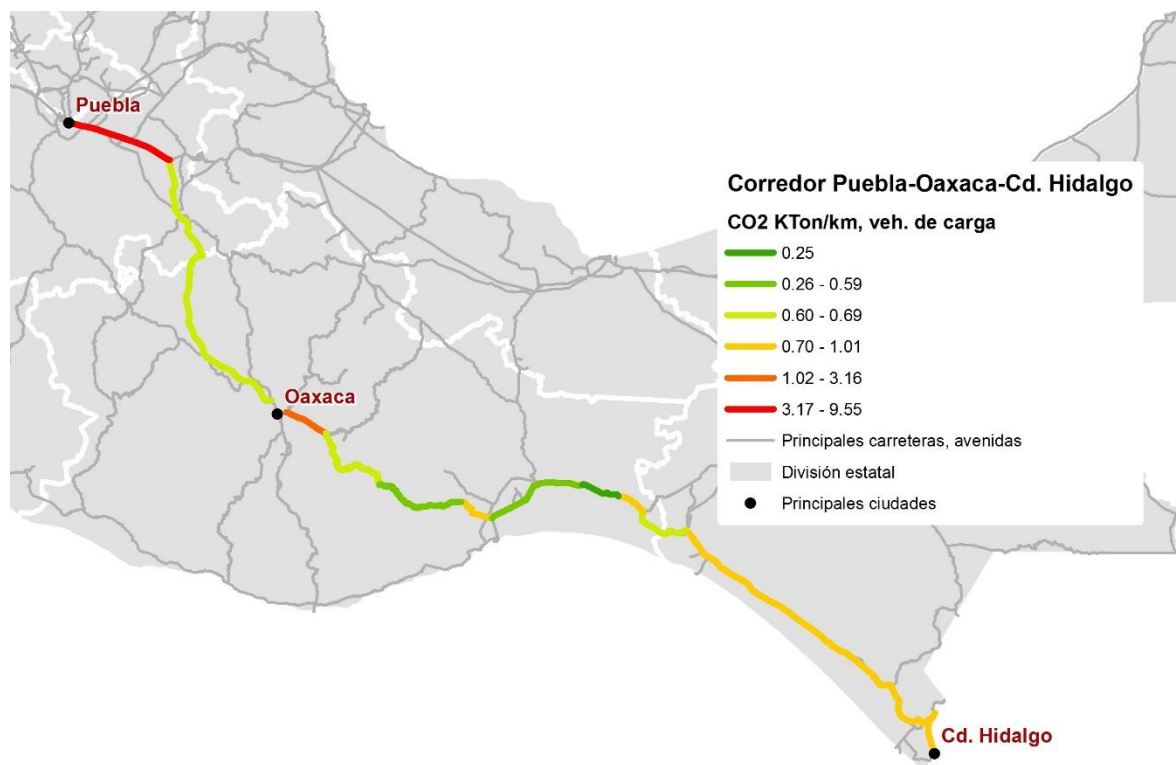


Figura 4.9 Mapa de emisiones del Corredor Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo

4.3.7 México – Puebla – Progreso

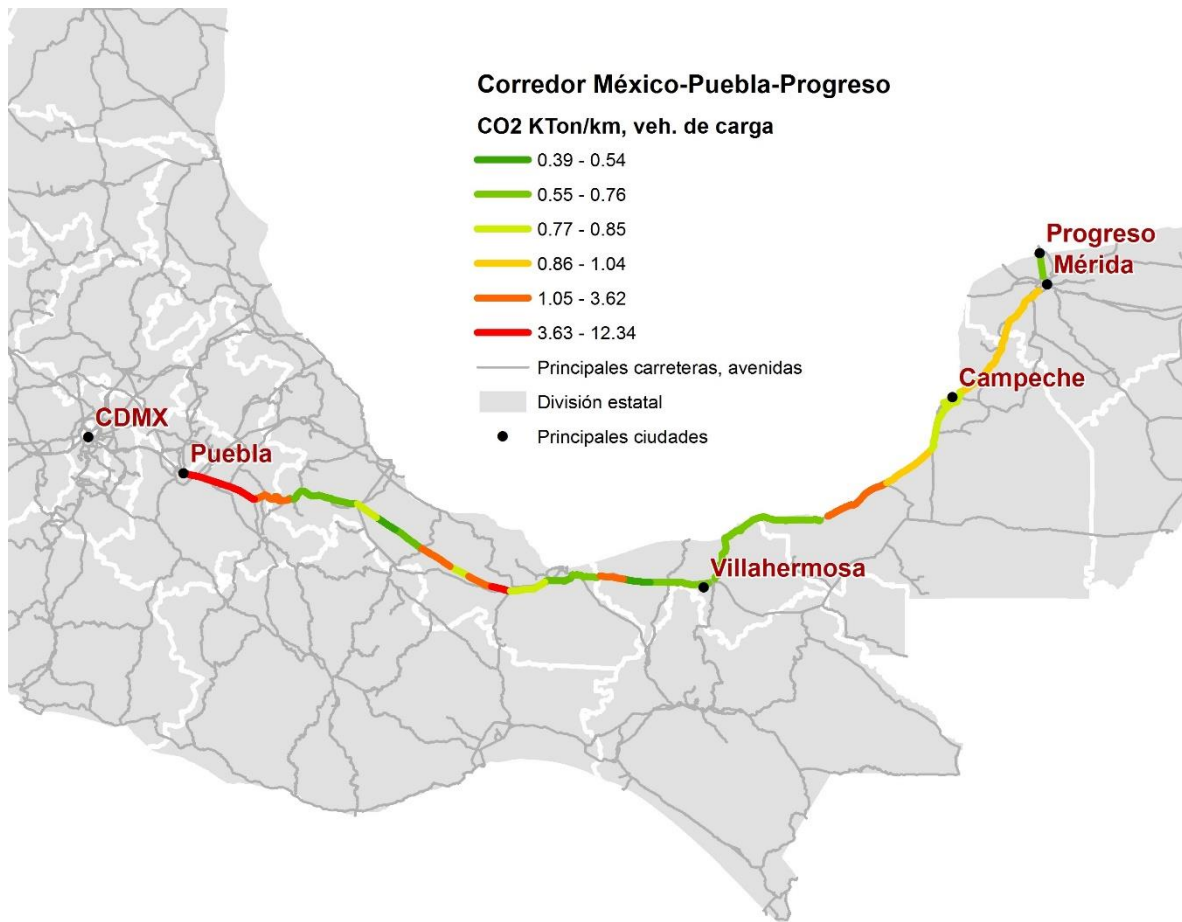


Figura 4.10 Mapa de emisiones del Corredor México-Puebla-Puerto Progreso

4.3.8 Peninsular de Yucatán

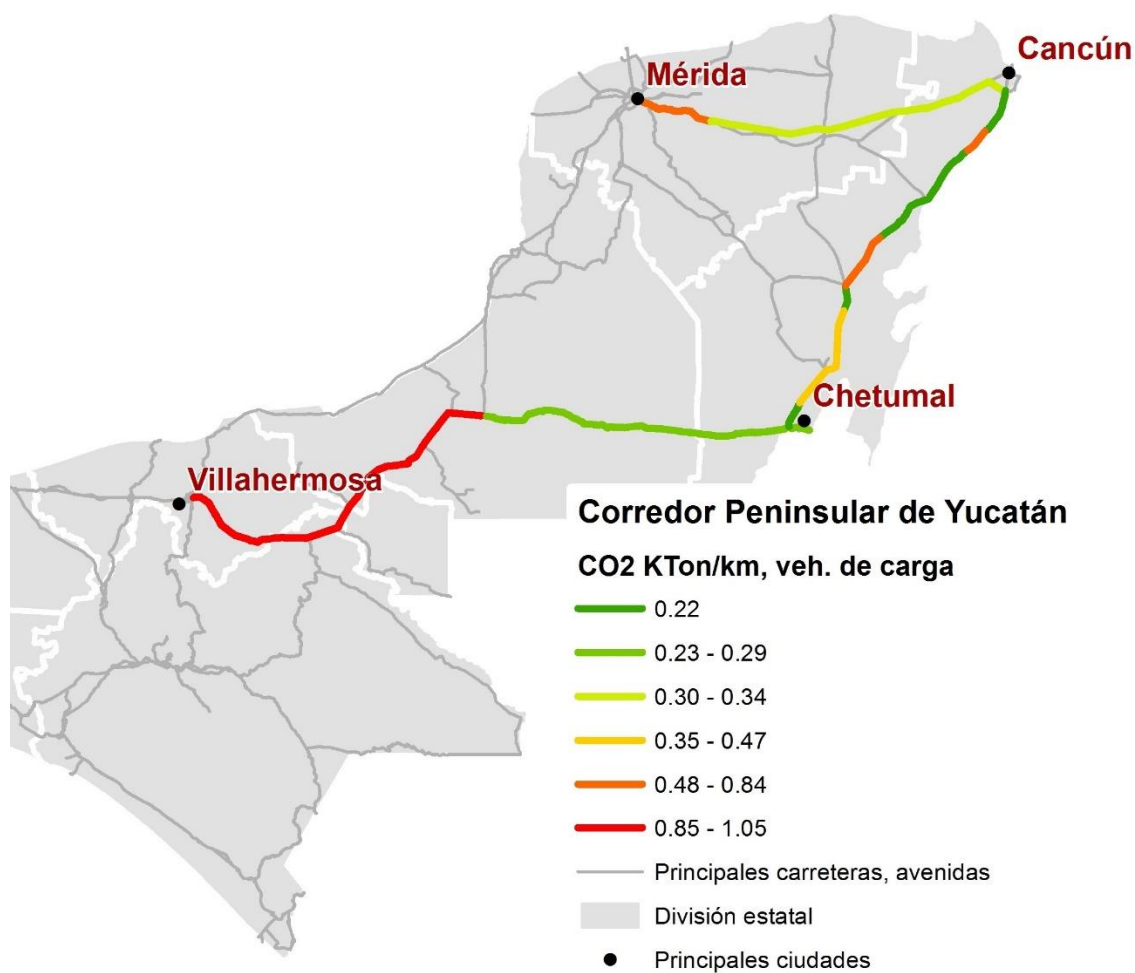


Figura 4.11 Mapa de emisiones del Corredor peninsular de Yucatán

4.3.9 Corredor del Pacífico

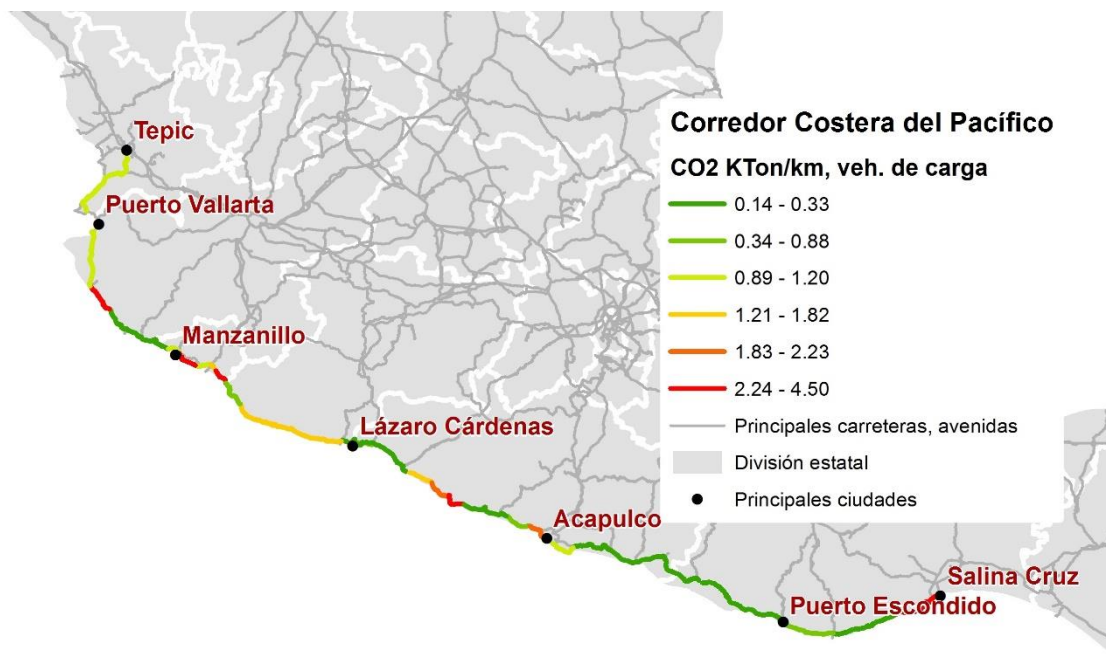


Figura 4.12 Mapa de emisiones del Corredor del Pacífico

4.3.10 Mazatlán – Matamoros

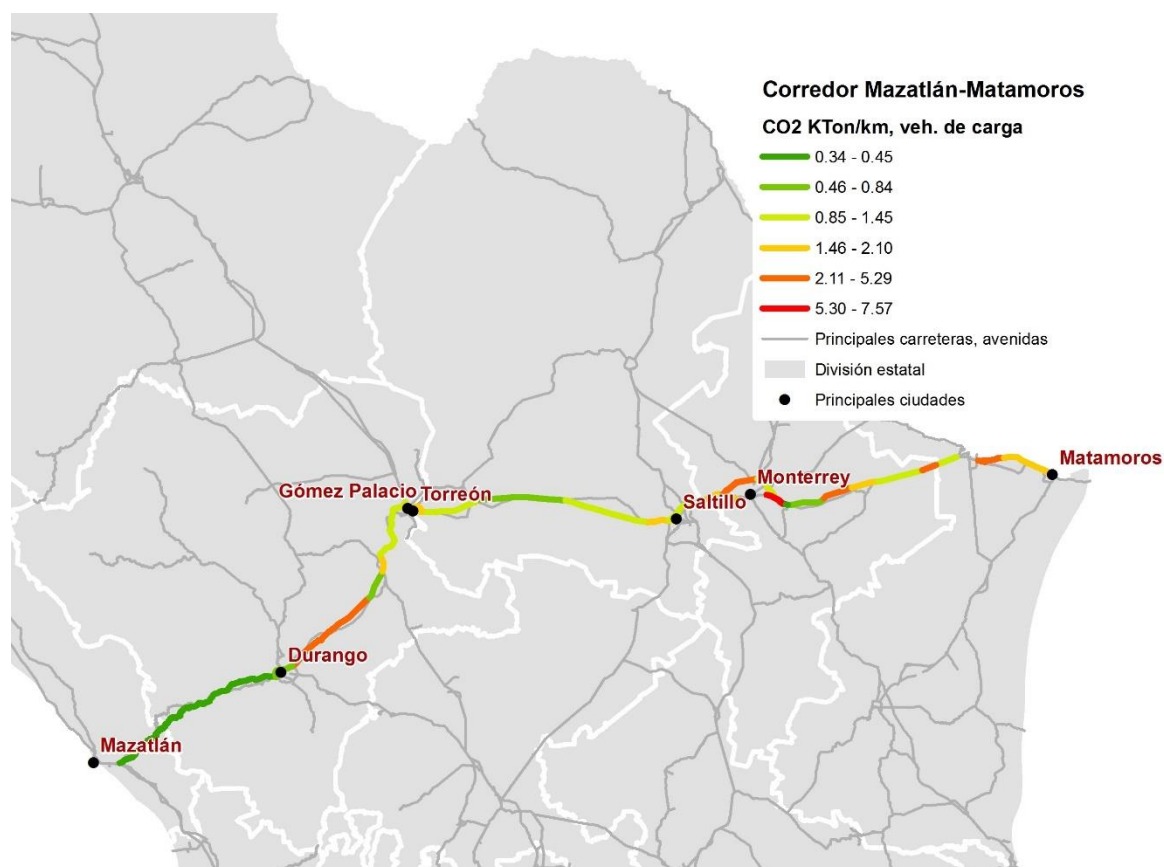


Figura 4.13 Mapa de emisiones del Corredor Mazatlán-Matamoros

4.3.11 Transpeninsular de Baja California

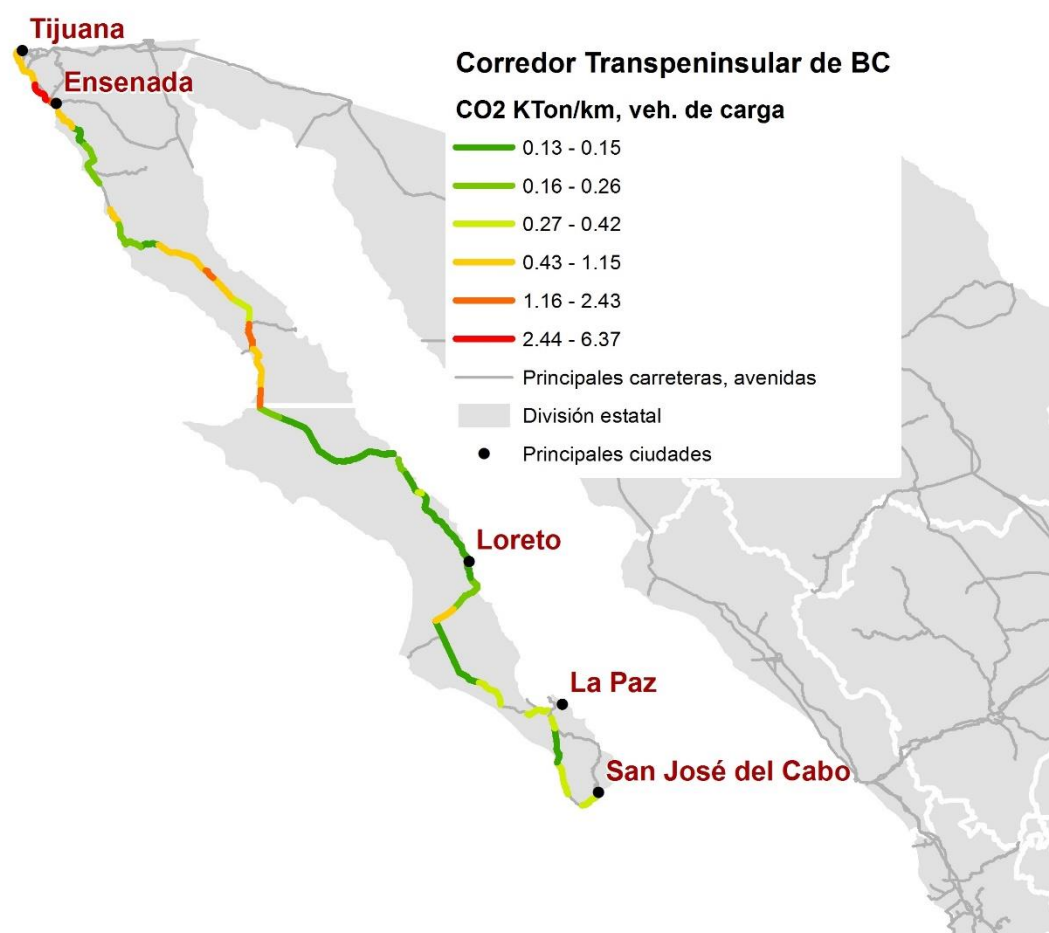


Figura 4.14 Mapa de emisiones del Corredor Transpeninsular de Baja California

4.3.12 Altiplano

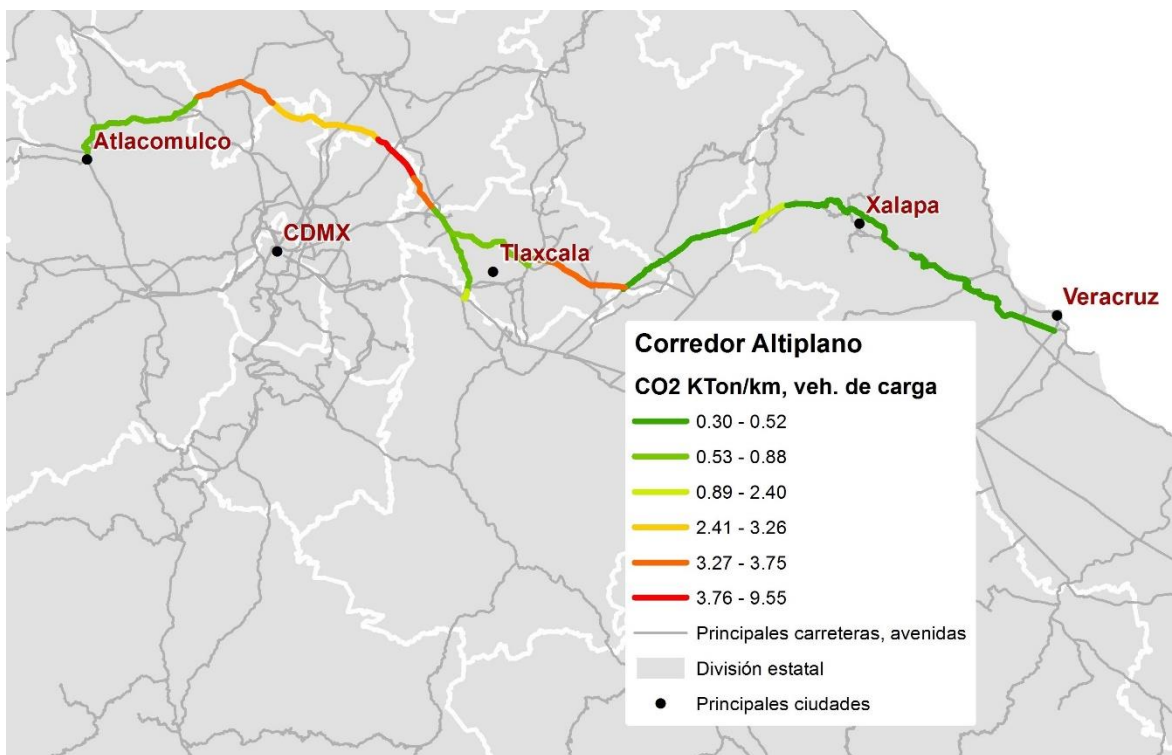


Figura 4.15 Mapa de emisiones del Corredor del Altiplano

4.3.13 Acapulco – Tuxpan

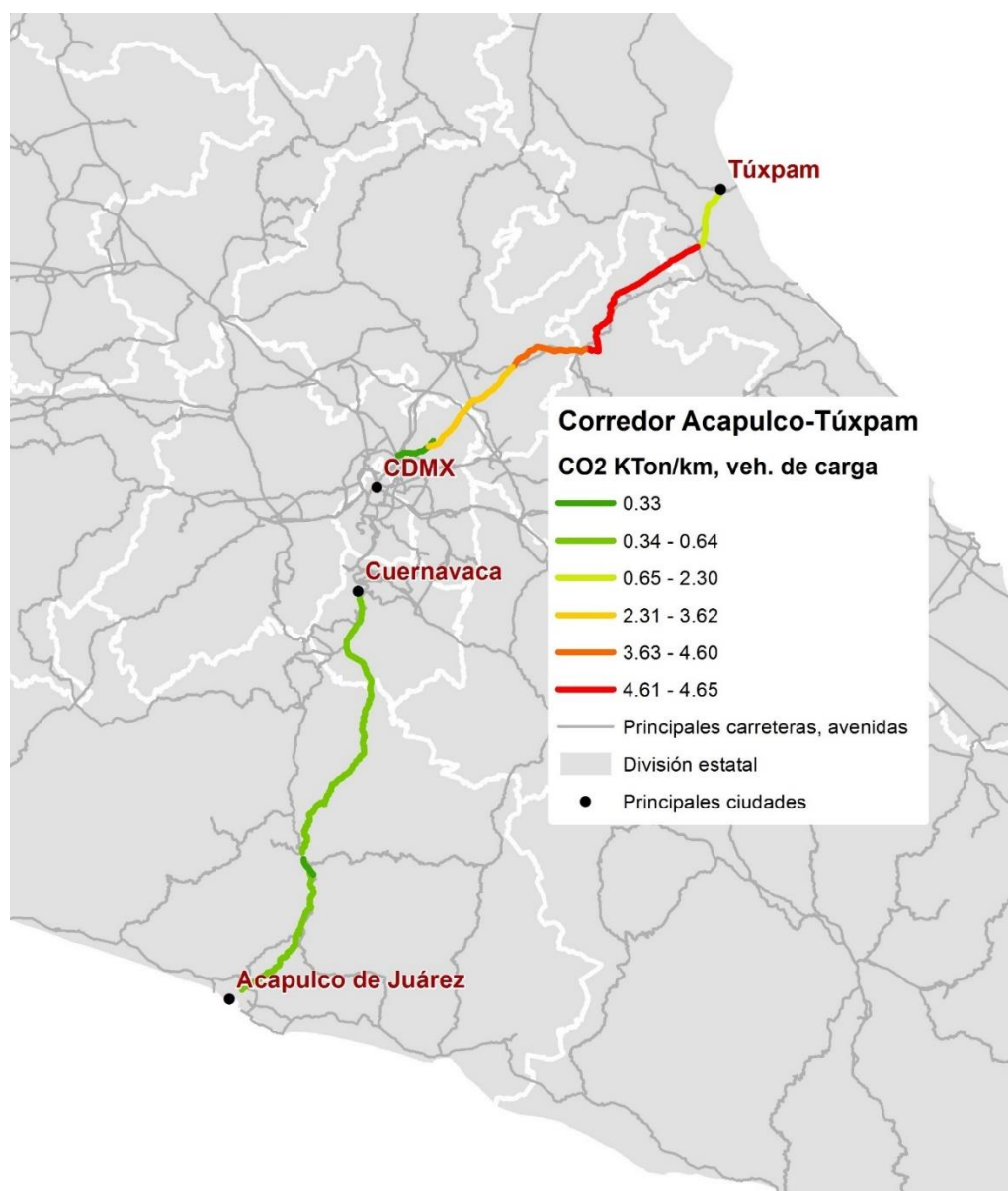


Figura 4.16 Mapa de emisiones del Corredor Acapulco-Tuxpan

4.3.14 Acapulco – Veracruz

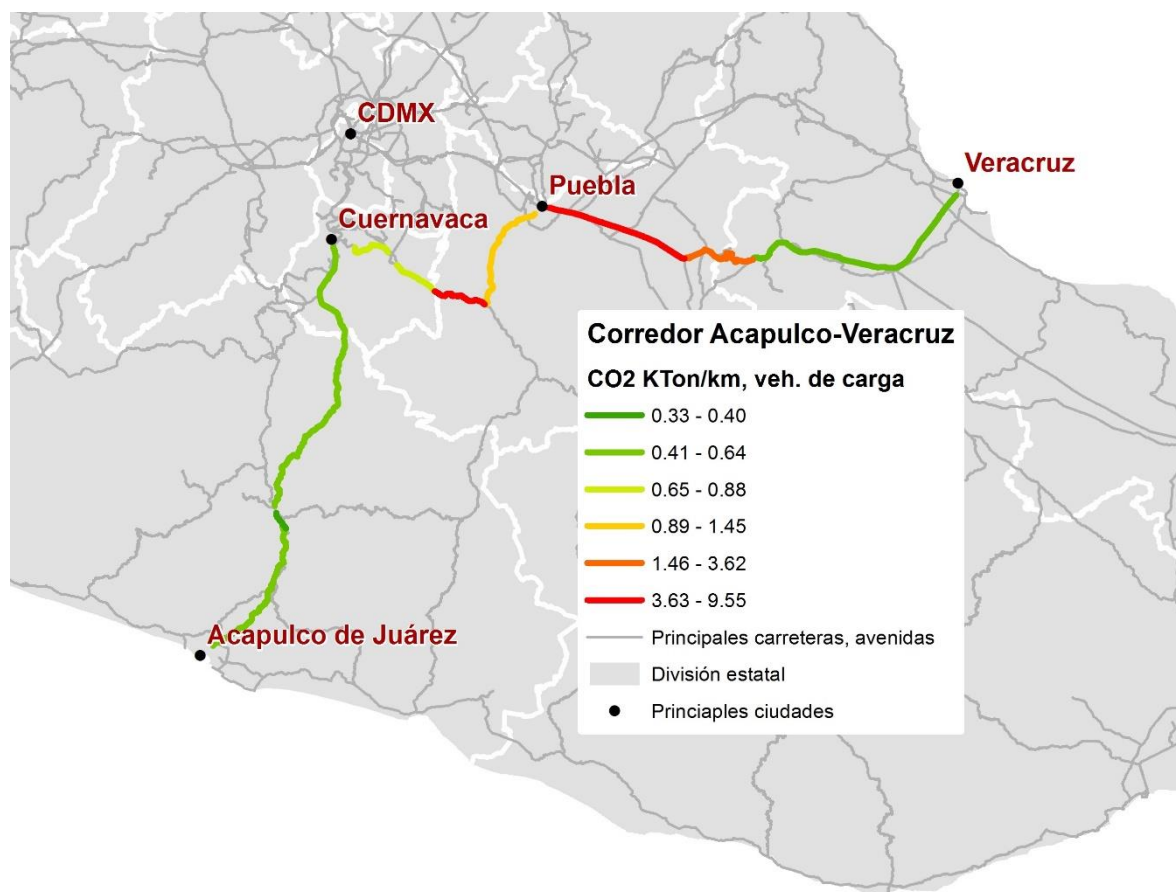


Figura 4.17 Mapa de emisiones del Corredor Acapulco-Veracruz

4.3.15 Circuito Transístico

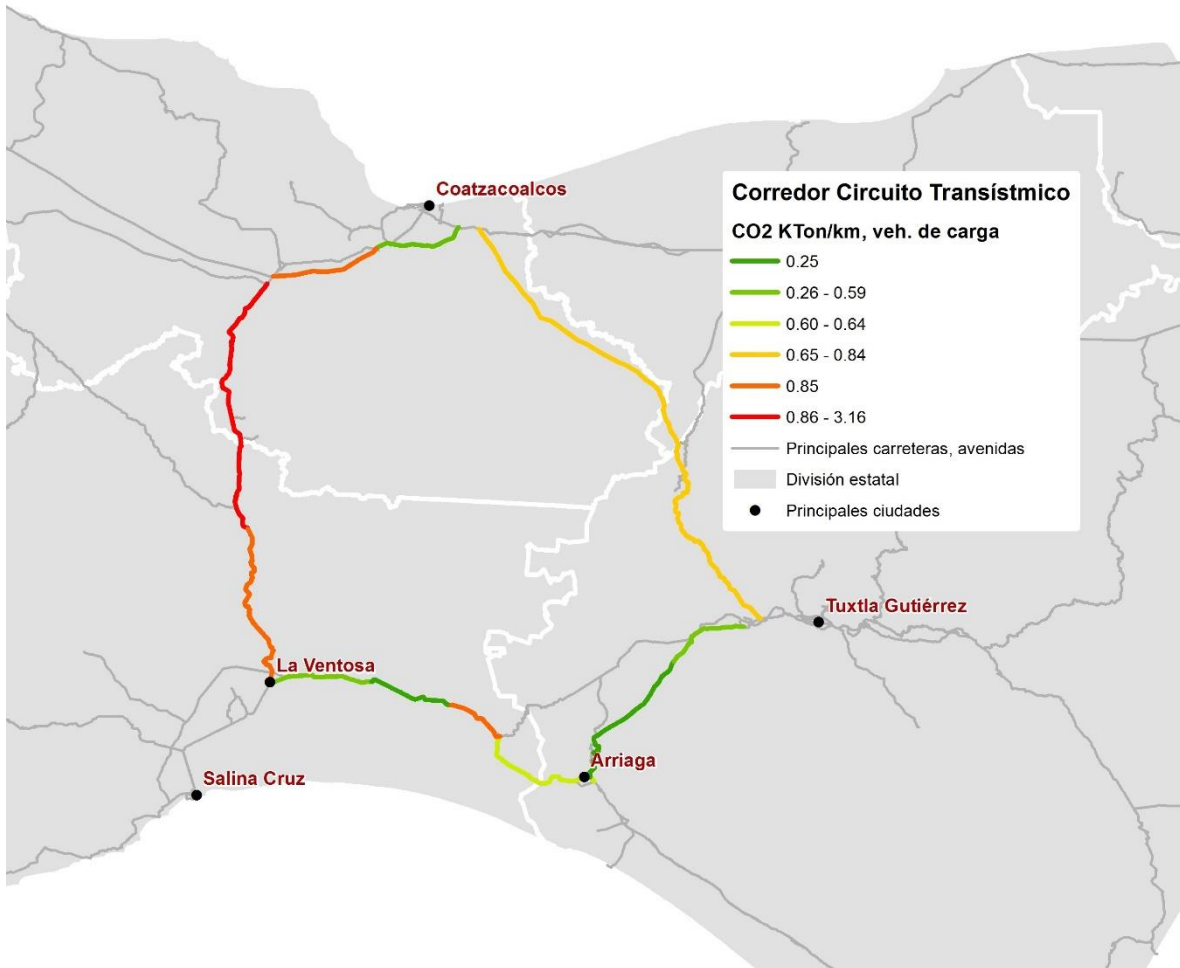


Figura 4.18 Mapa de emisiones del Corredor Transístico

Conclusiones

El transporte de mercancías desempeña un rol importante en la economía global, por regiones, tales como la de América del Norte y al interior de los países.

Este transporte representa un importante porcentaje en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo de manera significativa en el calentamiento global.

En el estudio se pudo observar que, en los corredores de transporte, los vehículos destinados a la carga son los que mayor aportación tienen en la generación de emisiones.

Las tendencias indican que las emisiones del transporte de mercancías continuaran creciendo, y para las economías en crecimiento como México se espera que para el año 2050 las emisiones se tripliquen, de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio.

El transporte de mercancías por carretera emite más emisiones que otros modos (ferroviario y marítimo), por lo que, si no se implementan medidas efectivas para la descarbonización del transporte para la movilización de la carga, este sector será el que mayores emisiones emita a la atmósfera.

Las estrategias para descarbonizar el transporte se enfocan tanto en la mitigación de gases de efecto invernadero, como en la reducción del carbono negro (este tiene un impacto severo en la salud humana y contribuye al descongelamiento en regiones congeladas).

Los indicadores permiten evaluar el impacto del transporte de mercancías y con ello evidenciar la efectividad de las medidas de mitigación, las cuales pueden incorporarse en los corredores de transporte que mayores contribuciones tienen en la generación de emisiones.

Algunas estrategias para reducir el impacto en los corredores de transportes son:

- Vehículos de carga con motores mas modernos y eficientes. Las unidades viejas que circulan actualmente tienen potenciales de contaminación muy altos y rebasan el tiempo de vida útil permitido para el transporte de carga federal.

- Combustibles bajos en carbono. Es importante asegurar la calidad de los combustibles en los corredores de transporte, tales como los de Ultra bajo azufre, el uso de urea automotriz para la reducción de NOx, etc.
- Electrificación. Es importante incorporar vehículos con eléctricos para la última milla en el transporte de mercancías, así como desarrollar proyectos de electrificación de carreteras, particularmente en aquellas donde existe una mayor concentración de emisiones.
- Eficiencia logística. Esto implica en optimizar los espacios y los viajes de los vehículos de mercancías, así como reducir los viajes en vacío.

Para que se produzca un cambio significativo en las emisiones del transporte de mercancías, debemos sustituir más rápidamente los equipos antiguos (chatarización y modernización) y, al mismo tiempo, aplicar nuevas tecnologías, combustibles (eficientes o alternos) y medidas de eficiencia energética. Estas últimas deben ser aprobadas, implementadas y cumplirlas correctamente para obtener beneficios significativos en el ahorro de consumo de combustibles.

Dentro del sistema carreteros del país, es importante conservar rutas que estén diseñadas para el transporte de mercancías, de tal manera, que el proyecto geométrico de estas vías permita un adecuado desempeño de los vehículos destinados a la carga.

Es importante diseñar políticas nacionales para el transporte de carga que permitan un sistema integrado, considerando infraestructura, vehículos, personal, equipos, mobiliario, centros logísticos, etc. El enfoque debe considerar como ejes la sostenibilidad y la resiliencia del sistema de transporte carretero.

Se espera que el presente proyecto sea un insumo para la toma de decisiones en el sector transporte de mercancías por carretera en el país para implementar estrategias para reducir el impacto de este sector al cambio climático.

Bibliografía

- Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, [EPA]) de Estados Unidos. (s.f.). Climate Change Indicators in the United States: Greenhouse Gases. [Consulta en línea]. <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-greenhouse-gases>
- Agencia Internacional de Energía [AIE]. (2021). CO2 emissions from fuel combustion 2021: Highlights. [Consulta en línea]. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-2021>
- Bennett, C. (1996). *HDM-4 Emissions model – draft specifications: International study of highway development and management tools*. Reino Unido: University of Birmingham.
- Berrones-Sanz, L. (2021). *Road freight transport in Mexico: production and employment*. Ciudad de México: ISSN 2448-6655
- Camacho, R. (2005). *El proceso global como transformador espacial, en caso de la carretera TLCAN en México*. México, DF.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2020). Sistema de indicadores para el seguimiento y la evaluación de los planes nacionales de desarrollo. [Consulta en línea]. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44909-sistema-indicadores-seguimiento-la-evaluacion-los-planes-nacionales-desarrollo>
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático [CICC]. (2009). *Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, DF.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático [CICC]. (2009). *Programa especial de cambio climático 2009-2012*. México, DF.
- Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte [CCA]. (2011). *Un solo destino: la sustentabilidad*. Montreal, Canadá.
- Comisión para la Cooperación Ambiental [CCA]. (2018). Transporte de carga en América del Norte: Informe sobre el estado del comercio y el

- medio ambiente. [Consulta en línea]. <http://www3.cec.org/islandora/es/item/11832-transporte-de-carga-en-america-del-norte-informe-sobre-el-estado-del-comercio-y-el-medio.pdf>
- Coyle, J., Bardi, E. y Novack, R. (1994). *Transportation*. St. Paul: West Publishing Company.
- Diario Oficial de la Federación. (2012). *Ley General de Cambio Climático*. México, DF.
- Dios Noceda, M. (2013). *Estimación, análisis y evaluación de inventarios de emisiones atmosféricas antropogénicas a escala local, regional y continental*. España: Universidad de Santiago de Compostela.
- Environment Canada y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (1994). El modelo Presión-Estado-Respuesta para el desarrollo de indicadores ambientales. [Consulta en línea]. https://www.oecd.org/env/indicators-modelling_outlooks/33976581.pdf
- García, E. (1998). *Climas. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Cd. de México.
- Junta de Andalucía. (s.f.). Sistema de Indicadores Climáticos Ambientales. [Consulta en línea]. www.pnuma.org
- Kürer, R. (1993). *Environment, Global and Local Effects*. ECMT.
- Hammarström, U. (1996). *Exhaust Emissions from Road Traffic - Description of Driving Patterns by Means of Simulation Models. In Estimation of pollutant emissions from transport*. Belgica.
- Hammarström, U. (1998). *Air resistance coefficients for estimation of exhaust emissions from road traffic, a literature survey*. Suecia.
- Homero, D., Gazca, J., Gonzales, U. y Guzmán, F. (2004). *Cambio Climático: Una visión desde México. "Opciones para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte"*. México, DF.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. (2021). Tercer Informe de Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de México 1990-2019. [Consulta en línea]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/628949/Tercer_Inf

[orme de Actualización del Inventario Nacional de Emisiones de México 1990-2019.pdf](#)

Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité [INRETS]. (1999). *Methods of estimations of emissions from transport: European scientist network and scientific state of the art*. Francia.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2000). *Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. Working Group III*. New York.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Mitigation of Climate Change*. Cambridge, Reino Unido y New York.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Joumard, R. (1999). *Methods of estimation of atmospheric emissions from transport: European scientist network and scientific state-of-the art*. Francia: INRETS.

Mendoza, J., López, M., González, J. y Téllez, R. (2010). *Inventario de emisiones en carreteras federales del Estado de Querétaro*. [Publicación técnica No. 339]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt339.pdf>

Mendoza, J., Romero, L. y Cuevas, A. (2012). *Vulnerabilidad de las carreteras por el transporte de materiales y residuos peligrosos*. [Publicación técnica No. 364]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt364.pdf>

Mendoza, J. y Salazar, A. (2014). *Inventario de emisiones en los principales corredores de transporte carretero en México*. [Publicación técnica No. 400]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt400.pdf>

Mendoza, J. y Trejo, A. (2015). *Construcción de la línea base de emisiones de CO₂ del transporte de carga en México*. [Publicación técnica No. 425]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF].
<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt425.pdf>

- Mordor Intelligence LLP. (2022). *Mexico Road Freight Transport Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2022 - 2027)*.
- Odoki, J.B.; Kerali, Henry. (1991). *Analytical framework and model descriptions. Volumen Four, Highway development and Management (HDM-4)*. Francia.
- Organization for economic co-operation and development [OCDE]. (1993). Indicadores ambientales básicos. [Consulta en línea]. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/indicadores-ambientales-basicos_9789264034196-es
- Organization for economic co-operation and development [OCDE]. (1997). *The environmental effects of freight*. Francia.
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático [IPCC]. (2006). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. [Consulta en línea]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wgi_vol3_full_es.pdf
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2014). *Hora de actuar para reducir los contaminantes climáticos de vida corta*.
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2010). *Anuario Estadístico 2009*. México, DF.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2012). *Anuario Estadístico 2011*. México, DF.
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2013). *Anuario Estadístico 2012*. México, DF.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2014). *Anuario Estadístico 2013*. México, DF.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2015). *Anuario Estadístico 2014*. México, DF.
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes [SCT]. (2016). *Anuario Estadístico 2015*. México, DF.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2016). *N-CSV-CAR-1-03-0004/16 Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*. Ciudad de México.

- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2017). *Anuario Estadístico 2016*. Ciudad de México.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2018). *Anuario Estadístico 2017*. Ciudad de México.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2019). *Anuario Estadístico 2018*. Ciudad de México.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2020). *Anuario Estadístico 2019*. Ciudad de México.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2021). *Anuario Estadístico 2020*. Ciudad de México.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2022). *Anuario Estadístico 2021*. Ciudad de México.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2023). *Anuario Estadístico 2022*. Ciudad de México.
- Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes [SICT]. (2022). *Datos Viales, 2013*. Ciudad de México.
- Secretaría de Energía [SENER]. *Sistema de Información Energética*. (2022). Cd. México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. Indicadores básicos del desempeño ambiental en México. [Consulta en línea]. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_2008/00_conjunto/marco_conceptual2.html
- Seinfeld, J. (1986). *Atmospheric chemistry and physics of air pollution*. Editorial Wiley. Estados Unidos.
- Transportation Research Laboratory [TRL]. (1999). *Methodology for calculating transport emissions and energy consumption*. Reino Unido.
- Unión Europea. (s.f.). *Medio ambiente, energía y transporte*. Portal Material didáctico de transporte.
- World Road Association [PIARC]. (2000). *Highway Development and Management Handbook. Versión 1.0*. Paris, Francia: International study of highway development and management tools



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado-Galindo"
San Fandila, Pedro Escobedo
C.P. 76703
Querétaro, México
Tel: +52 442 216 97 77 ext. 2610

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>