

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E
INGENIERÍA



“Modelo de reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero causados por el transporte terrestre en la ciudad de Mexicali, B. C.”

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

Argelia Melero Hernández

DIRECTOR:

Dr. Moisés Galindo Duarte

Agradecimientos

A Dios

por darme la vida y ser mi motivación.

A David Osuna,

por ser mi compañero, mi amigo
y mi apoyo en todo este tiempo.

A mis padres

por siempre estar conmigo y
fomentar mi deseo de aprender.

A mi director de tesis Dr. Moisés Galindo

por su paciencia, entusiasmo al enseñar
y promover la mejora de mis trabajos.

A CONACYT,

por su apoyo.

A los docentes

que impartieron clases a lo
largo del programa.

A mis amigos y familiares,

que me apoyaron y estuvieron
pendientes de mi progreso.

CONTENIDO:

Lista de tablas	v
Lista de figuras	vi
Resumen	1

Capítulo 1

Introducción

1.1 Introducción	3
1.2 Justificación	6
1.3 Hipótesis	8
1.4 Objetivos	
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
1.5 Limitaciones del estudio	8

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Teoría sobre Cambio Climático	9
2.2 Impactos del Transporte en el Cambio Climático	12
2.3 Emisiones evaporativas	14
2.4 Emisiones por el tubo de escape	15
2.5 Estrategias de Mitigación	15
2.6 Marco Normativo	18
2.6.1 Ley General de Cambio Climático	22
2.6.2 Ley de Prevención, Mitigación y Adaptación del Cambio Climático para el Estado de Baja California.	24
2.6.3 Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático.	24
2.7 El uso del Automóvil particular en la Ciudad de Mexicali.	25
2.8 Modelación	26
2.8.1 Teoría de Modelación	26

2.8.2 Escenarios	28
------------------	----

Capítulo 3

Metodología

3.1 Alcances de la Investigación	29
3.2 Obtención de datos	31
3.3 Modelo de reducción de emisiones de gases efecto invernadero	38
3.4 Instrumentos tecnológicos para la realización del modelo	45

Capítulo 4

Resultados

4.1 Diagnóstico	46
4.1.1 Generalidades del Diagnóstico	46
4.1.2 Diagnóstico por variables	46
4.2 Elaboración de escenarios futuros	52
4.2.1 Descripción de escenarios futuros	52
4.2.2 Escenario 0: Situación sin aplicación de acciones.	53
4.2.3 Escenario 1: No incremento de la demanda.	58
4.2.4 Escenario 2: Medidas leves sobre demanda y tipo de vehículo	60
4.2.5 Escenario 3: Medidas fuertes sobre demanda y tipo de vehículo.	63
4.2.6 Escenario 4: Medidas severas sobre demanda y tipo de vehículo	65
4.2.7 Escenario 5: Sólo vehículos de energías limpias.	67

Capítulo 5

Discusión de Resultados	70
--------------------------------	-----------

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones	74
6.2 Recomendaciones	74
6.2.1 Obtención de información	75
6.2.2 Aplicación de medidas	75
Referencias	76
Anexos	81

Lista de Tablas

Tabla 1. Los seis gases efecto invernadero considerados por el protocolo de Kyoto	11
Tabla 2. Principales datos de la obtención de la información	31
Tabla 3. Indicadores del Escenario 0. Evolución de variables sin propiedades de cambios.	58
Tabla 4. Indicadores del Escenario 1: No incremento de la demanda y ocupación	60
Tabla 5. Indicadores del Escenario 2: Medidas leves sobre demanda y tipo de vehículo.	62
Tabla 6. Indicadores del Escenario 3: Medidas fuertes sobre demanda y tipo de vehículo.	65
Tabla 7. Indicadores del Escenario 4: Medidas severas sobre demanda y tipo de vehículo.	67
Tabla 8. Indicadores del Escenario 5: Sólo vehículos de energías limpias.	69
Tabla 9. Emisiones producidas por escenario	73

Lista de Figuras

Figura 1. Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores	14
Figura 2. Instrumentos disponibles para la reducción de emisiones en el sector transporte.	17
Figura 3. Plano D-AE Delimitación Área de Estudio.	29
Figura 4. Población en el periodo 1992-2032 en la ciudad de Mexicali y el Municipio.	32
Figura 5. Vehículos en operación en el periodo 1992-2012	33
Figura 6. Vehículos de energías limpias en el periodo 1992-2012	34
Figura 7. Ocupación vehicular en el periodo 1992-2012	35
Figura 8. Demanda de viajes por usuario/año en el periodo 1992-2012	35
Figura 9. Recorridos por vehículo (km) en el periodo 1992-2012	36
Figura 10. Potencia de vehículos en el periodo 1992-2012	37
Figura 11. Edad de vehículos en el periodo 1992-2012	38
Figura 12. Modelo de emisiones del transporte elaborado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California	39
Figura 13. Índice de motorización para el periodo 1992-2012	47
Figura 14. Longitud de viajes en el periodo 1992-2012	47
Figura 15. Recorridos en el periodo 1992-2012	48
Figura 16. Rendimiento de vehículos en el periodo 1992-2012	49
Figura 17. Consumo de combustible en el periodo 1992-2012	50
Figura 18. Proporción de vehículos contaminantes en el periodo 1992-2012	50
Figura 19. Factor de condiciones mecánicas en el periodo 1992-2012	51
Figura 20. Emisiones de CO ₂ eq del sector transporte en el periodo 1992-2012	52
Figura 21. Proyección de los vehículos en operación en el periodo 1992-2032	54
Figura 22. Proyección de emisiones de CO ₂ en el periodo 1992-2032	57
Figura 23. Emisiones CO ₂ eq del sector transporte en Mexicali bajo diferentes escenarios	72

Resumen

El estudio de temas relacionados con el Cambio Climático (CC) se ha incrementado por la necesidad de enfrentar los problemas de contaminación recientes. Dentro de los sectores con mayores emisiones de gases efecto invernadero (GEI), se encuentra el transporte, por las necesidades de movilidad y el desarrollo requerido para las nuevas formas de vida. Por la situación económica y fronteriza de la ciudad de Mexicali, la obtención de vehículos particulares es una práctica común, por lo que se justifica la necesidad de un estudio que proponga medidas de mitigación en este sector. El objetivo de la investigación es operar un modelo para proponer y evaluar acciones que ayuden a disminuir las emisiones de GEI generadas por el transporte terrestre en la ciudad de Mexicali.

Para utilizar el modelo de reducción de emisiones del sector transporte en la ciudad de Mexicali, se realizó el proceso de obtención de datos, donde se buscó recopilar la información de las variables fundamentales que influyen en las emisiones de GEI, provocadas por el sector transporte, tomando en cuenta los últimos 20 años (1992-2012). Con el acopio de dichos datos, se pudo tener una base para la realización de un modelo, en el cual se establecieron 22 variables. Con la aplicación del modelo, se obtuvieron, resultados a mediano (5 años: 2012-2017) y largo plazo (20 años: 2012-2032).

Con el modelo se establecieron 5 Escenarios propositivos y uno tendencial (Escenario 0), para el 2032, son de 3,632,371 Toneladas de CO₂ equivalente (TonCO₂eq), en el Escenario 1 con la propuesta de no incrementar la demanda se obtuvieron 3,690,286 TonCO₂eq, en el Escenario 2 con medidas leves sobre demanda y tipo de vehículo se obtuvieron 3,086,730 TonCO₂eq, en el Escenario 3 con medidas fuertes sobre demanda y tipo de vehículo se obtuvieron 2,027,242 TonCO₂eq, en el Escenario 4 con medidas severas sobre demanda y tipo de vehículo se obtuvieron 1,330,648 TonCO₂eq, y en el Escenario 5, con la propuesta de prohibición de combustibles fósiles y el uso exclusivo de vehículos de energías limpias se obtienen 0 TonCO₂eq. Se encuentra que al aplicar medidas de mitigación y la disminución de

autos contaminantes disminuye los niveles de CO₂eq provocando que disminuyan los impactos del sector transporte.

Capítulo 1

Introducción

1.1 Introducción

La contaminación ambiental en áreas urbanas es uno de los problemas más importantes que enfrenta la población mundial, y en este asunto el tráfico vehicular juega un papel primordial, ya que es la principal fuente de emisiones de GEI en las ciudades (Lozano et al, 2003).

Los sistemas de transporte son determinantes en el desarrollo económico y social de cualquier ciudad, región o país, y al mismo tiempo son fuentes generadoras de emisiones contaminantes cuyos efectos nocivos afectan la calidad del medio ambiente y la salud de la población, debido a la quema de grandes cantidades de combustibles fósiles que producen GEI, los cuales inciden ampliamente en la aceleración del CC (Martínez et al, 2004).

Las condiciones que han impactado la salud ambiental en la ciudad son: la rápida urbanización sin el adecuado desarrollo de la infraestructura de salud y medio ambiente, el incremento de las actividades manufactureras e industriales, el incremento del tránsito vehicular interfronterizo que ha dado como resultado un incremento de la contaminación del aire proveniente de fuentes móviles, ocasionado por el congestionamiento que se presenta para cruzar la frontera y calles sin pavimentar (INE, 1999). Los GEI generan un gran impacto en la salud de la comunidad, y producen efectos que provocan la aceleración del CC (Reyna, 2008). Para la región fronteriza, sería beneficioso llegar a un acuerdo binacional que permitiera obtener datos y programas para ambos lados de la frontera y facilitar los estudios e investigaciones como la que se presenta. Esta es la única forma en que será posible obtener un ámbito de aplicación de la magnitud de cómo la contaminación producida en la frontera sobre todo la emitida por el sector transporte, afecta a la salud humana, lo que lleva a la posibilidad de desarrollar mejores políticas para mitigar los problemas de contaminación.

El sector transporte enfrenta retos hacia el futuro en dos ámbitos principales: la necesidad de reducir la dependencia energética, ya que se sigue haciendo uso de combustibles derivados del petróleo como fuente principal de energía, y la necesidad de reducir drásticamente los GEI mundiales y las emisiones de contaminantes locales. Se han realizado acciones para reducir las emisiones con el progreso técnico el cual conduce a una mayor eficiencia energética, pero no lo suficiente para compensar los crecientes volúmenes de tráfico (EEA, 2010).

Los niveles de contaminación siguen siendo superiores a los límites legales en muchas áreas urbanas lo que significa que deben establecerse nuevas medidas para mejorar la calidad del aire. Por estas razones, se espera que el sector del transporte enfrente cambios considerables en el futuro próximo en los ámbitos de la tecnología de los vehículos, fuentes de energía y la gestión de la movilidad (Baptista et al, 2012).

En la ciudad de Mexicali, por su situación fronteriza, se tiene la facilidad de obtener vehículos baratos provenientes de Estados Unidos de América (TSTES, 2008). La consecuencia directa de esta situación es que el número de autos particulares por cada ciento de habitantes es de 34.3 en Baja California ocupando el tercer lugar nacional, que es mucho más alto que la media nacional de 19.1 (INEGI, 2011).

La mayoría de los viajes intraurbanos son realizados en vehículo particular, lo cual ha generado que el parque vehicular y la demanda de viajes mantengan una alta tendencia de crecimiento en los últimos años lo que deriva en una mayor contaminación (IMIP, 2007).

El municipio de Mexicali, cuenta con 520,097 automóviles aproximadamente (incluye autobuses, motocicletas y vehículos de carga) (COPLADEMM, 2011), que en proporción con la población que es 936,826 habitantes (INEGI, 2010a), hay 0.555 automóviles por persona, lo que hace urgente que se tomen medidas para que las emisiones de GEI no afecten la salud del ecosistema y de la población.

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006 (INEGEI 1990-2006), muestra que el 20.4% de las emisiones de estos gases son provocados por el transporte (INE, 2006), en el Inventario de GEI de Baja California (CMM, 2008) se obtuvo que el 79% de las emisiones son provocadas por el Sector

Energía, dentro el cual está el Transporte, el cual de ese 79%, provoca un 50% de las emisiones, dando como resultado el 39.5% del total de las emisiones de GEI en el estado.

Los factores de mayor incidencia en el consumo energético del sector transporte son: el crecimiento del parque vehicular, la intensidad de uso de los vehículos y la evolución del rendimiento promedio de combustible del parque vehicular (GEBC, 2009).

Debido a los altos índices de motorización y el aumento de emisiones de GEI el enfoque principal de ésta investigación es buscar a partir de la modelación de seis escenarios, desde el primero que fue proyectado solamente con la tendencia, hasta llegar al escenario utópico, donde se prohíba el uso de combustibles fósiles proponer acciones que ayuden a reducir las emisiones de GEI, producidos por el transporte terrestre. No se tienen datos exactos entre los automóviles que circulan y los que están registrados, es por eso se utilizan las estadísticas encontradas en el documento publicado por INEGI en el 2011 son consideradas las cifras oficiales (INEGI, 2011).

Es necesario un plan de acción que aporte estrategias viables que ayuden a mitigar las emisiones de GEI en la ciudad de Mexicali, es por eso que la investigación pretende obtener este tipo de respuestas y a su vez el desarrollo de un modelo a mediano plazo para la ciudad de Mexicali, donde se toma en cuenta 22 variables, dentro de las cuales están la población, emisiones, demanda, vehículos, kilómetros recorridos, rendimiento de combustible entre otros para poder obtener los resultados y plasmar proyecciones de escenarios comparativos dependiendo de la aplicación o no de las recomendaciones y estrategias finales, sirviendo como base para la elaboración de un plan de acción que aporte estrategias viables que ayuden a mitigar las emisiones de GEI en la ciudad de Mexicali.

En el estudio “Modelo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero por parte del transporte en Baja California” (Galindo, 2012), se obtuvieron resultados de los años de 1980-2010, proyectado hasta el 2040, los cuales se tomaron como base principal para desarrollar el modelo de la ciudad de Mexicali a través de una actualización. Una vez analizados los datos se llegó al establecimiento de un diagnóstico, el cual apoya la propuesta de diferentes escenarios, puesto que con el análisis tendencial del

comportamiento de los GEI. Se establecieron 6 escenarios, donde el primero marca una proyección tendencial de las emisiones considerando que no se realizara ninguna acción para combatir las emisiones de GEI. Del segundo escenario al sexto se tiene como objetivo reducir las emisiones de GEI, con diferentes maneras, gradualmente se van estableciendo propuestas desde el análisis tendencial, hasta la prohibición de combustibles fósiles como escenario utópico. Por último se establece la discusión y conclusiones con los resultados obtenidos de la comparación de los distintos escenarios.

1.2 Justificación

Una de las razones por las que se da el estudio de temáticas relacionadas con el CC y la promoción de propuestas de mitigación y adaptación del mismo, es que se prevén impactos severos en los años venideros (Semenov, 2010) (Chapman, 2007). El estudio de los impactos del CC, se divide en diez sectores; recursos hídricos, biodiversidad, ecosistemas marinos, energía, transporte, asentamientos urbanos y vivienda, agricultura y ganadería, turismo, salud y economía (GEBC, 2012).

Para el estudio de los temas referentes a los gases efecto invernadero (GEI), y el CC, se instituyó el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el cual se ha encargado de unificar criterios para las investigaciones y hacer actualizaciones a los modelos y escenarios realizados.

A nivel nacional se ha dado un gran impulso por la investigación y desarrollo de proyectos sustentables, empezando por los inventarios de emisiones (CDCU, 2012) (CEBC, 2012). En cada sector se tiene la responsabilidad de cuantificar, desarrollar modelos y proyecciones, además de propuestas de mitigación y adaptación que ayuden a reducir las emisiones de CO₂ equivalente (CO₂eq), el cual está provocando la aceleración del CC (GEBC, 2012).

Para poder plasmar propuestas de mitigación y adaptación de GEI a nivel nacional, se realizaron primero los inventarios de emisiones de GEI, teniendo como pionera a la ciudad de Guadalajara, Jalisco, en 1995, le siguió la ciudad de Mexicali junto con Ciudad Juárez, que realizaron el estudio en 1996 y en 1999 se realizó el primer compendio en el Inventario Nacional de Emisiones (INEGEI) (SEMARNAT-INE,

1999), con los resultados de otras ciudades que siguieron después de 1996. En 2006 se realizó otro reporte de emisiones del periodo 1990-2002. En la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CICC, 2012), se realiza una actualización del inventario de emisiones, donde se menciona que el Transporte emite 22.2% de CO₂, producido por el sector Energía.

En la ciudad de Mexicali se realizó el Inventario de emisiones de Mexicali 2005, publicado en 2009. Con los resultados arrojados por dicha investigación, se puede analizar por sector, la tendencia y poder proponer acciones para la mitigación de las emisiones de GEI. El historial de emisiones de GEI registrados, en Mexicali, hasta el momento marca una tendencia a la alza, incrementándose, de 1,325,759 Ton/año en 1980 a 2,939,199 Ton/ en 2012 (Galindo, 2012).

Parte del problema de emisiones de GEI de la ciudad es que el sector transporte ha incrementado su flota vehicular de 76,276 unidades en 1980 hasta 475,796 unidades en 2012. Es el sector con mayor producción de GEI, y la tendencia marca hacia la alza. De ahí deriva el continuo interés por realizar estrategias que permitan la mitigación de GEI, para controlar la contaminación provocada por este sector en la ciudad.

En el presente trabajo se realiza la recolección de variables relacionadas con el sector transporte, que afectan a las emisiones de GEI en la ciudad de Mexicali, con el fin de realizar un modelo para obtener proyecciones que muestren el comportamiento de cada uno de los escenarios planteados, dependiendo de las acciones propuestas. Con los resultados, se puede justificar la necesidad de realizar investigaciones de mercado, estudios de factibilidad, campañas de concientización y proyectos ejecutivos, relacionados con la mitigación de GEI del sector transporte.

Existe un potencial considerable para reducir las emisiones de GEI del sector transporte, con estrategias para la mitigación de GEI como: la verificación vehicular (SPA, 2012), uso de combustibles alternativos (GBC, 2012), desarrollo de vehículos con tecnologías de menores emisiones (GDF, 2008) y la planeación urbana (Bansha et al, 2011).

1.3 Hipótesis

La aplicación de un modelo de emisiones de gases efecto invernadero por parte del transporte terrestre en la ciudad de Mexicali ayudará a definir propuestas y estrategias viables y sustentadas para la mitigación de dichos gases.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Operar un modelo de transporte para proponer acciones que ayuden a disminuir las emisiones de gases efecto invernadero generadas por el transporte terrestre en la ciudad de Mexicali.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Incorporar al modelo de cálculo, factores correspondientes a planes y programas a futuro en la ciudad de Mexicali que afecten las emisiones de GEI.
- Pronosticar las emisiones de GEI mediante la modelación, bajo el supuesto de que no se promuevan cambios.
- Pronosticar las emisiones de GEI, a corto, mediano y largo plazo, bajo el supuesto de que se promuevan cambios.

1.5 Limitaciones del estudio

El estudio se enfoca a la proyección de los GEI, y a realizar propuestas teóricas acerca del tema. La investigación quedaría como base, para futuros estudios enfocados a desarrollar técnicas de movilidad sustentable y planeación urbana.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Teoría sobre Cambio Climático

El Cambio Climático es inducido por las emisiones antrópicas de GEI que a su vez provoca la degradación de ecosistemas y sus servicios ambientales, entonces el Cambio Climático se puede ver como el problema ambiental de mayor trascendencia en el siglo XXI y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad (CICC, 2006).

Por sus efectos adversos previsibles, el cambio climático representa una amenaza creciente para muchos procesos de desarrollo. Por su globalidad, requiere de un enfoque multilateral, pues ningún país puede hacerle frente aisladamente, esto significa que se necesitan esfuerzos compartidos para que se llegue a resultados favorables, lo que hace que todos adquieran un compromiso para que se pueda mejorar la situación. Por su dimensión temporal, impone la necesidad de planear a largo plazo, donde los países deben de establecer normas y reglas, a partir de sus programas de desarrollo que tengan un seguimiento y sobre todo supervisión continua para encontrar mejorías visibles lo más rápido posible (CICC, 2009).

El cambio climático es un problema de seguridad tanto nacional como mundial, por lo que es urgente la aplicación de estrategias de mitigación (reducción de emisiones de GEI) y desarrollar capacidades de adaptación ante sus impactos adversos previsibles (Giddens et al, 2010). La inacción en el presente eleva exponencialmente los futuros costos de adaptación, además que las consecuencias a la pasividad en estos días pueden ser mucho más drásticas, radicales y graves, entonces es mucho mejor si se empieza a trabajar para su prevención. El cambio y transformación de la Tierra, ha existido desde su conformación, sin embargo han sufrido una aceleración, y en algunos casos un cambio de dirección en los últimos doscientos años debido al incremento poblacional, a las actividades industriales y demás actividades humanas, que a diferencia de la antigüedad las actividades económicas, y alimenticias eran en su mayoría por necesidad, ahora la sociedad del

consumismo hace que todos los procesos se incrementen de manera alarmante (Mundial, 2010).

El problema de la aceleración del cambio climático, son los efectos devastadores que pueden provocar pérdidas, materiales, económicas y las más importantes humanas, los principales efectos de esta aceleración son: el cambio del sistema climático, la reducción del ozono estratosférico, la lluvia ácida y la pérdida de biodiversidad (T.G.F., 2013).

El sistema climático global se ve afectado por los GEI, que calientan la superficie y la atmósfera con consecuencias importantes para la lluvia, deshielo de los glaciares y el hielo marino, el nivel del mar, entre otros factores (Ramanathan, 1985).

Con anterioridad se pensaba que la contaminación del aire a ser sólo una zona urbana o local, problema, pero los nuevos datos han revelado que la contaminación del aire es transportado a través de continentes y las cuencas oceánicas debido al rápido transporte a larga distancia, lo que resulta en las plumas transoceánicas y transcontinentales de la atmósfera mediante nubes marrones, las cuales interceptan la luz del sol (Ramanathan, 2009).

El papel de los GEI es mantener caliente la baja atmósfera y la superficie terrestre, el cambio climático está relacionado no con el hecho de que suceda el Efecto Invernadero, más bien con la intensificación del mismo, haciendo que los GEI aumenten sus concentraciones perdiendo el equilibrio ideal provocando los efectos de aceleración antes mencionados. En la Tabla 1 se muestran los principales GEI, y los procesos que los originan.

Tabla 1. Los seis gases efecto invernadero considerados por el protocolo de Kyoto

Los seis gases de efecto invernadero considerados por el Protocolo de Kioto	COMPOSICIÓN MOLECULAR	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (CO ₂ eq)	VIDA MEDIA (AÑOS)	ORIGEN
Bióxido de carbono	CO ₂	1	50 a 200	Quema combustibles fósiles, incendios forestales.
Metano	CH ₄	21	12 ± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos municipales, emisiones fugitivas.
Óxido nitroso	N ₂ O	310	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos
Per-fluoro-carbonos	PFC	6,500 a 9,200	2,600 a 50,000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, solventes, aerosoles
Hidro-fluoro-carbonos	HFC	140 a 11,700	1.5 a 264	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, solventes, aerosoles
Hexa-fluoruro de azufre	SF ₆	23,900	3,200	Refrigerantes industriales

Fuente: CICC, 2006

El mayor problema del Cambio Climático acelerado es la vulnerabilidad para afrontarlo, los seres vivos son parte integral del medio ambiente, que determina no solo el funcionamiento biológico, sino también la organización funcional dentro del mismo. Por ello el cambio climático mundial, al tener afectación directa sobre el medio ambiente, tiene impacto sobre la sociedad y sobre todo en la salud humana, afectando su calidad de vida (INE, 2010). Los cambios de temperatura, los cambios en los patrones de precipitación y de vientos, y el aumento en la frecuencia de eventos climatológicos extremos (por ejemplo inundaciones y sequías), tienen efectos en la proliferación de enfermedades, afectando aspectos culturales, económicos y sociales, que provocando, desnutrición, desplazamientos de la población y desorganización económica (Berrang-Ford et al, 2011).

El CC no es provocado por un sólo proceso, más bien es un conjunto de factores los cuales afectan y alteran las concentraciones naturales de gases necesarios para mantener el equilibrio de la tierra. El sector transporte, si bien no es el único, es uno de los principales productores de CO₂, ya que se asocia de manera recurrente, el incremento en la capacidad de movilidad individual como mejora y desarrollo en calidad de vida de la población (Uherek et al, 2010), sin tomar en cuenta en la

mayoría de las ocasiones las repercusiones que tiene en el cambio climático, y la contaminación ambiental.

2.2 Impactos del Transporte en el Cambio Climático

En todo el mundo, el uso de vehículos de motor ha aumentado enormemente en 1950, había cerca de 50 millones vehículos en las carreteras del mundo, esta cifra supera los 700 millones - casi 500 millones de vehículos utilitarios ligeros, alrededor de 150 millones de camiones comerciales y autobuses y otros 100 millones de motocicletas. Durante los últimos cuarenta años, cada año, en promedio, la flota ha crecido en cerca de 11 millones de automóviles, 3,6 millones de vehículos comerciales y 2,9 millones motocicletas. Si bien la tasa de crecimiento se ha mantenido en los países altamente industrializados, la población el crecimiento y el aumento de la urbanización y la industrialización están acelerando la circulación de vehículos automóviles en otros lugares (IEA, 2009).

A continuación se mencionan los contaminantes emitidos por el sector transporte, así como sus impactos (INE-SEMARNAT, 2005).

- **Hidrocarburos (HC):** Las emisiones de hidrocarburos resultan cuando no se quema completamente el combustible en el motor. Existe una gran variedad de hidrocarburos emitidos a la atmósfera y de ellos los de mayor interés, por sus impactos en el ambiente, son los compuestos orgánicos volátiles (COV), son un subconjunto de los hidrocarburos, y son gases fotoquímicamente reactivos que pueden participar en la formación del ozono.
- **Óxidos de nitrógeno (NO_x):** Bajo las condiciones de alta temperatura y presión que imperan en el motor, los átomos de nitrógeno y oxígeno del aire reaccionan para formar monóxido de nitrógeno (NO), bióxido de nitrógeno (NO₂) y otros óxidos de nitrógeno menos comunes, que se conocen de manera colectiva como NO_x. Los óxidos de nitrógeno, al igual que los hidrocarburos, son precursores de ozono. Así mismo, con la presencia de humedad en la atmósfera se convierten en ácido nítrico, contribuyendo de esta forma al fenómeno conocido como lluvia ácida.
- **Bióxido de azufre (SO₂):** El SO₂ es un gas incoloro de fuerte olor, que se produce debido a la presencia de azufre en el combustible. Al oxidarse en la atmósfera

produce sulfatos, que forman parte del material particulado. Mezclado con la lluvia, se llega a transformar en ácido sulfúrico y provoca la denominada lluvia ácida. Las condiciones meteorológicas puede facilitar que este corrosivo elemento recorra miles de kilómetros antes de precipitarse en bosques, lagos, canales y ríos. Los daños en seres vivos, en la tierra o en los edificios llegan a ser cuantiosos.

- Bióxido de carbono (CO_2): es un gas con importante efecto invernadero que atrapa el calor de la tierra y contribuye seriamente al calentamiento global. Es el principal gas emitido por el sector transporte, un 98% de estas emisiones se explican por el alto consumo de gasolinas y diesel específicamente en el estado de B. C. (COLEF, 2012).
- Metano (CH_4): El metano es también un gas de efecto invernadero generado durante los procesos de combustión en los vehículos. Tiene un potencial de calentamiento 21 veces mayor al del bióxido de carbono.
- Óxido nitroso (N_2O): Este contaminante, que pertenece a la familia de los óxidos de nitrógeno, también contribuye al efecto invernadero y su potencial de calentamiento es 310 veces mayor que el bióxido de carbono.
- Amoníaco (NH_3): Las emisiones de amoníaco cobran importancia ambiental por el hecho de que este contaminante suele reaccionar con SO_x y NO_x para formar partículas secundarias tales como el sulfato de amonio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ y el nitrato de amonio (NH_4NO_3), las cuales tienen un impacto significativo en la reducción de la visibilidad.

A continuación, se observa de manera gráfica el proceso de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores, donde se observa que aún estando el auto apagado, puede producir de contaminación.

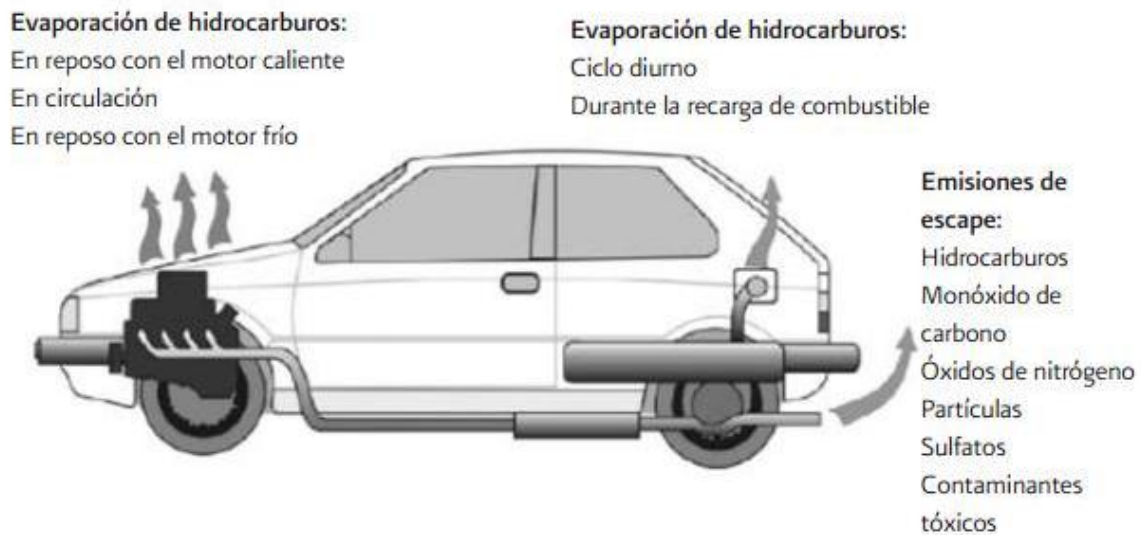


Figura 1. Proceso de Emisión de contaminantes en vehículos automotores

Fuente: INE-SEMARNAT, 2005.

Según la Guía metodológica de emisiones vehiculares (INE-SEMARNAT, 2005), los vehículos automotores propulsados por motores de combustión interna producen, en general, tres tipos de emisiones de gases contaminantes: emisiones evaporativas y emisiones por el tubo de escape, así como emisiones de partículas por el desgaste tanto de los frenos como de las llantas.

2.3 Emisiones evaporativas

Las emisiones causadas por la evaporación de combustible pueden ocurrir cuando el vehículo está estacionado y también cuando está en circulación; su magnitud depende de las características del vehículo, factores geográficos y meteorológicos, como la altura y la temperatura ambiente y, principalmente, de la presión de vapor del combustible. La variedad de procesos por los que se presentan emisiones evaporativas en los vehículos incluye:

- Emisiones diurnas: Son generadas en el sistema de combustible del vehículo debido a los cambios de temperatura a través de las 24 horas del día.
- Emisiones del vehículo recién apagado con el motor caliente: Se presentan una vez que se apaga el motor, debido a la volatilización del combustible por su calor residual.

- Emisiones evaporativas en circulación: Se presentan cuando el motor está en operación normal.
- Emisiones evaporativas del vehículo en reposo con el motor frío: Ocurren principalmente debido a la permeabilidad de los componentes del sistema de combustible.
- Emisiones evaporativas durante el proceso de recarga de combustible: Consisten de fugas de vapores del tanque de combustible durante el proceso de recarga; se presentan mientras el vehículo está en las estaciones de servicio y para efectos de inventarios de emisiones, son tratadas típicamente como fuente de área.

2.4 Emisiones por el tubo de escape

Las emisiones por el tubo de escape son producto de la quema del combustible (sea éste gasolina, diesel u otros como gas licuado o biocombustibles) y comprenden a una serie de contaminantes tales como: el monóxido y bióxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y las partículas. Además, ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y, hasta hace algunos años, el plomo se liberan al ambiente a través del proceso de combustión. Las emisiones por el tubo de escape dependen de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones; los vehículos más pesados o más potentes tienden a generar mayores emisiones por kilómetro recorrido y las normas que regulan la construcción de vehículos determinan tanto su tecnología así como la presencia o ausencia de equipos de control de emisiones, como los convertidores catalíticos. El estado de mantenimiento del vehículo y los factores operativos, la velocidad de circulación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características del combustible (como su contenido de azufre) juegan un papel determinante en las emisiones por el escape.

2.5 Estrategias de Mitigación

Se entiende por estrategias de mitigación a la aplicación de políticas dirigidas a reducir las emisiones de GEI y mejorar los sumideros mediante el análisis de las causas o fuentes de emisiones y el posterior planteamiento de soluciones. La reducción de GEI se define como el efecto de las actividades realizadas para disminuir las emisiones de

dichos gases producto de las actividades antropogénicas que contribuyan a la mitigación del cambio climático (ITESM-INE, 2010).

Las estrategias utilizadas para la reducción de las emisiones de GEI, en el sector transporte solamente aspiran a disminuir el crecimiento no a detenerlo esto trae como consecuencia que dependiendo de las tecnologías aplicadas se estima que el crecimiento de emisiones puede oscilar entre 40% y 130%. La meta principal de las estrategias de mitigación sería una reducción absoluta de las emisiones de CO₂, por lo tanto solamente los escenarios que suponen menos transporte pueden tener repercusiones a nivel global. La mitigación efectiva debe abordar los factores de crecimiento del transporte con el fin de contener los volúmenes de transporte de carga y pasajeros (Uherek et al, 2010). Por lo tanto, si se busca que el sector del transporte contribuya a lograr objetivos de mitigación del cambio climático es necesaria una combinación de todas las medidas: aumentar fuertemente la eficiencia del combustible de los vehículos, reducir el contenido de carbono de los combustibles y la reducción de los volúmenes totales de transporte (Eisenack et al, 2012).

Las estrategias de mitigación más propuestas para la reducción de GEI, en el sector transporte incluye mejorar la eficiencia del vehículo, para producir menos emisiones, uso de combustibles más limpios, para reducir las emisiones de GEI por kilómetro recorrido, reducciones en la conducción, reduciendo tanto las distancias recorridas por viaje y el número de viajes, mejora del Transporte público, Planeación urbana sustentable.

El sector transporte es conocido como uno de los sectores con más dificultad para reducir los GEI, puesto que existen numerosas fuentes pequeñas de emisión, y además se tiene una relación muy estrecha entre el número de autos y el desarrollo económico (Dalkmann et al, 2007). Desde la firma del protocolo de Kyoto en 1997, los países industrializados firmantes buscan la reducción de las emisiones de GEI, además de incluir mecanismos que permitan el desarrollo de programas que promuevan el desarrollo “limpio” de cualquier tecnología. Existen tres maneras principales para reducir GEI en el sector transporte:

- Evitar: por ejemplo evitar viajes utilizando vehículos automotores.

- Cambiar: cambiar el modo de transporte a maneras ambientalmente sustentables.
- Mejorar: se refiere a optimizar la eficiencia energética de los medios de transporte.

A continuación se explica de manera gráfica (Figura 2) los elementos principales para la reducción de GEI, así como las claves de los instrumentos disponibles.

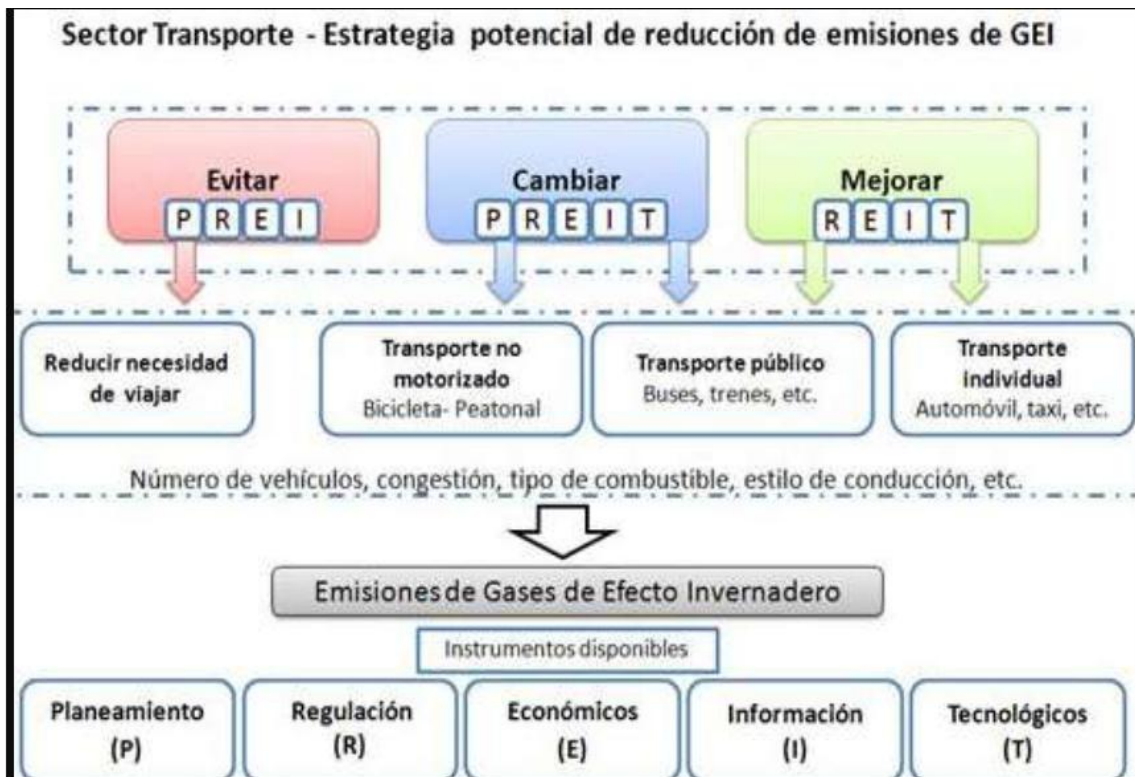


Figura 2. Instrumentos disponibles para la reducción de emisiones en el sector transporte.

Fuente: Transport and Climate Change, Module 5e, Sustainable Transport: A sourcebook for Policy-makers and Developing cities (Dalkmann et al, 2007).

Dentro de la Figura 2 se utilizan claves con letras, que son los instrumentos disponibles hasta el momento para la reducción de GEI.

- P: significa Instrumentos de planificación como el uso de suelo provenientes de los planes maestros, planificar para proveer un transporte público eficaz y el uso de medios no motorizados de transporte.

- R: significa Instrumentos regulatorios, como normas y estándares físicos (límites de emisiones, seguridad), organización del tráfico (límites de velocidad, estacionamientos, asignación de espacio vial), procesos de producción.
- E: significa instrumentos económicos, impuestos al combustible, tarifación vial, subsidios, impuestos a la compra, tasas y exenciones, comercio de emisiones.
- I: Instrumentos de información, campañas de sensibilización ciudadana, gestión de la movilidad y esquemas de mercadeo, acuerdos cooperativos, esquemas de conducción racional.
- T: significa instrumentos tecnológicos, mejora de combustible, tecnologías limpias, control del dispositivo al final de las tuberías, producción más limpia.

2.6 Marco Normativo

Dada la urgencia de hacer algo por el medio ambiente en que se vive, se han intentado realizar actividades y pactos entre países para detener el problema o al menos disminuirlo de manera radical. Uno de los intentos más conocidos en pro de estas acciones es el Protocolo de Kyoto (ONU, 1998) que fue firmado en la ciudad de Kyoto Japón, el día 11 de diciembre de 1997, donde 40 países, en su mayoría europeos, adquirieron diferentes compromisos y obligaciones para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero. En la lista estaban Estados Unidos y Australia, que decidieron retirar el apoyo al protocolo tiempo después. La principal característica de este documento es que tiene objetivos obligatorios para controlar las emisiones de GEI, para las más poderosas economías mundiales que estén inscritas al protocolo. Este acuerdo internacional no es fácil, dado que la forma de vida que se lleva y la el impulso de la economía de muchos de los países desarrollados no toman en cuenta el control de las emisiones de GEI, es por eso, que para facilitar la aplicación del compromiso obtenido con el Protocolo se hicieron acuerdos donde los países desarrollados pueden compensar las emisiones de GEI por medio de “sumideros” que son zonas boscosas, que eliminan el dióxido de carbono de la atmósfera. Esto puede conseguirse en el territorio nacional o en otros países. El protocolo ha avanzado paso a paso, es decir no

se han podido ver cambios radicales rápidamente, aun se sigue en la “fase de ratificación” y de aceptación y adaptación por los países.

Este tipo de acuerdos internacionales deben de conseguir un equilibrio, para que el mayor número de países quieran involucrarse y a su vez realizar las acciones pertinentes, así como la legalización del protocolo, donde se puedan establecer medidas reglamentarias que obliguen a los países a acatar las reglas o aceptar las consecuencias, el punto es que aún falta mucho para que se llegue a este punto, sin embargo muchos otros países en desarrollo han logrado conocer y realizar algunos cambios en las emisiones de GEI.

Además del protocolo de Kyoto existen otras acciones y programas a nivel mundial que apoyan el cuidado del Medio Ambiente entre ellos están el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), donde se establecieron tres equipos de trabajo cada uno con una temática diferente:

- *Grupo de Trabajo I “La base científica:* habla acerca de los cambios observados en el sistema climático, como la temperatura y el nivel de mar, así como una visión conjunta de estos cambios y sus consecuencias. Habla sobre los agentes que provocan estos cambios y la influencia de los seres humanos en la aceleración del cambio climático, así como simuladores y proyecciones futuras del clima.
- *Grupo de Trabajo II Impactos, adaptación y vulnerabilidad:* aborda temas como los enfoques de evaluación del impacto ecológico y métodos de instrumentación para la misma, analiza los sistemas naturales y humanos y se hace un análisis regional más detallado de cada continente, también detalla conceptos como adaptación, desarrollo sostenible y equidad.
- *Grupo de Trabajo III : Mitigación:* es el trabajo con mas capítulos de todos los grupos y aborda temas como Escenarios de emisiones de gases efecto invernadero y el potencial tanto tecnológico y económico que se tiene para las oportunidades de mitigación, además trata temas económicos y de costos de mitigación.

Este tipo de programas ayuda a que se pueda llevar a cabo una planeación precisa, gracias a que se tienen bases científicas, como primer punto, el impacto y como conclusión las acciones que se llevarán a cabo para reducir el problema, es un

comienzo, puesto que en algunas ocasiones el problema se tiene bien definido y no se aterriza a acciones concretas.

Como se mencionó antes, otros países están trabajando para poder cuidar las emisiones de GEI, México no es la excepción, que a través de programas como “Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012” (PECC 2009-2012) (CICC, 2009) menciona que por primera vez se incorpora el tema de Cambio Climático en el Plan Nacional de Desarrollo (PND). Gracias a programas como estos se ha logrado plasmar y empezar a concientizar acerca del tema en México. En mayo de 2007 la Presidencia de la República Mexicana presentó su Estrategia Nacional de Cambio Climático, en la que se identifican amplias oportunidades de mitigación y de adaptación, en la sección de mitigación se menciona lo siguiente que se pretende consolidar un patrón de desarrollo que no provoque el incremento de emisiones de GEI, al inducir la disminución del carbono, dando un impulso a lo que llaman “descarbonización” de la economía mexicana, como un primer posicionamiento del país en relación con el régimen internacional de atención al cambio climático. El cumplimiento del PECC debió haber alcanzado una reducción total de emisiones anuales en el 2012, de alrededor de 51 millones de toneladas de CO₂, con respecto al escenario tendencial, como resultado de acciones desarrolladas en los sectores relacionados con la generación y uso de energía, agricultura, bosques y otros usos del suelo, y desechos.

Existen otros programas como el documento elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con el Instituto Nacional de Ecología (INE): “Potencial de mitigación de gases efecto invernadero en México al 2020 en el contexto de cooperación internacional”, donde uno de los objetivos principales es si a México se le apoya con financiamiento y transferencia de tecnologías asume el compromiso de reducir hasta un 30% las emisiones de GEI para el 2020.

Las estrategias nacionales como la antes mencionada para la reducción de GEI, no pueden hacer una diferencia significativa si los gobiernos estatales no aplican actividades en pro del cuidado de emisiones, en Baja California se han hecho algunas aplicaciones conforme al PND; se elaboró el Plan Estatal de Desarrollo 2008-2013 (GEBC, 2008) que establece las bases para que el gobierno considere un enfoque

hacia la sustentabilidad donde se representa como la alternativa que puede permitir el crecimiento en todos los ámbitos, sin dañar el medio ambiente, cuidando y aprovechando los recursos naturales y controlando la contaminación que se provoca en los procesos humanos. Esto habla de una labor conjunta para lograr el desarrollo sustentable del Estado de Baja California y por consiguiente en la ciudad de Mexicali.

En la localidad se han implementado programas como el Pro-Aire 2011-2020 (SEMARNAT, 2011), que dentro de sus apartados hablan del comportamiento poblacional, las características geográficas de la zona, así, como un inventario detallado de las emisiones de contaminantes en la ciudad. Este trabajo se ha podido llevar a cabo gracias a siete estaciones de monitoreo que proporcionaron datos para que el estudio fuera realizado. El documento no solamente aporta datos de las emisiones, también presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ciudad, efectos de la contaminación en la salud y sobre todo aterriza en metas y estrategias que se quieren lograr para poder reducir significativamente la contaminación. Esta última parte se separa en cinco apartados, y a su vez estas se dividen en medidas, a continuación se enlistaran cada uno de los apartados, así como las medidas que conciernen a la presente investigación:

- Estrategia I. Reducción de emisiones de fuentes fijas.
 - Elaborar en conjunto con PEMEX un programa de trabajo para reducir emisiones de compuestos orgánicos volátiles en la distribución de combustibles y productos derivados del petróleo.
- Estrategia II. Reducción de emisiones de fuentes de área.
 - Instrumentar el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) a nivel municipal.
- Estrategia III. Reducción de emisiones de fuentes móviles.
 - Impulsar la movilidad de pasajeros y carga en el municipio con una visión de integración y de sustentabilidad.
 - Reordenar el autotransporte público de pasajeros y de carga.
 - Implementar y supervisar el programa estatal de verificación vehicular obligatorio (PVVO).

- Implementar un programa de detección y sanción a vehículos ostensiblemente contaminantes.
 - Aplicar medidas dirigidas a reducir las emisiones generadas por los vehículos pesados del autotransporte de jurisdicción federal y estatal.
 - Diseñar y aplicar programas para la renovación, retroadaptación de equipo de control y mantenimiento de la flota de transporte de pasajeros y de carga de uso intensivo.
 - Crear un programa coordinado para reducir las emisiones generadas por los vehículos en los cruces fronterizos.
 - Desarrollar un programa para reducir las emisiones de los motores a diesel en la maquinaria de construcción y de uso agrícola.
- Estrategia IV. Protección y prevención a la salud de la población.
 - Estrategia V. Desarrollo de capacidades institucionales, educación y cooperación internacional.

Una de las estrategias que ya está en aplicación, es la verificación vehicular, que entró en vigor el 16 de enero de 2012, siendo uno de sus principales objetivos mitigar las emisiones de GEI, y así, no rebasar las normas que rigen al país, a nivel ecología, que en los últimos años no se había estado cumpliendo.

2.6.1 Ley General de Cambio Climático

La Ley General del Cambio Climático, es un documento a nivel federal, donde se marcan las pautas para el trabajo de mitigación y adaptación frente al CC. En este documento se marcan tareas específicas de los tomadores de decisiones y la necesidad de tomar en cuenta a la sociedad para llevar a cabo cada una de estas estrategias.

En el Artículo 7mo. Se establecen las principales fuentes de emisión y se promulga que es necesario controlar, actualizar y trabajar los inventarios de emisiones por cada una de las entidades federativas.

“XIV. Formular y adoptar metodologías y criterios, expedir las disposiciones jurídicas que se requieran para la elaboración, actualización y publicación del

inventario y en su caso los inventarios estatales; así como requerir la información necesaria para su integración a los responsables de las siguientes categorías de fuentes emisoras:

- a) Generación y uso de energía;
- b) Transporte;
- c) Agricultura, ganadería, bosques y otros usos de suelo;
- d) Residuos;
- e) Procesos industriales, y
- f) Otras, determinadas por las instancias internacionales o las autoridades competentes.”

Por lo cual es importante, dar seguimiento a los inventarios de emisiones y a sus respectivas actualizaciones, trabajar por las emisiones del sector transporte, así como la modelación de escenarios que apoyen a la mejor toma de decisiones.

La Ley General de Cambio Climático establece los siguientes objetivos que apoyan de manera contundente el estudio de medidas estrategias para la mitigación de GEI.

- Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.
- Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma (Ver Anexo I).
- Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.

- Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno.

2.6.2 Ley de Prevención, mitigación y adaptación del Cambio Climático para el Estado de Baja California.

A nivel estatal se formó la Ley de prevención, mitigación y adaptación del Cambio Climático, donde se establecen específicamente las instancias que deben de trabajar y promover los programas de mitigación y adaptación de GEI. Además de estar bien registrados los requisitos y criterios de mitigación, adaptación, fondos para el CC, reportes y obligación de reportes de emisiones de GEI (Ver Anexo II). A continuación se presenta el Artículo 15, donde se entra en materia de mitigación.

“Artículo 15. En materia de mitigación de gases efecto invernadero, deberán considerarse las directrices siguientes:

I. La preservación y aumento de sumideros de carbono:

- a) Alcanzar una tasa neta de deforestación cero;
- b) Reconvertir las tierras agropecuarias degradadas a sistemas agroforestales de manejo sustentable, de conservación o para la producción de bioenergéticos;
- c) Mejorar la cobertura vegetal en todos los terrenos ganaderos;
- d) Incorporar los ecosistemas forestales a esquemas de pago de servicios ambientales, áreas naturales protegidas, unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre o de manejo forestal;
- e) Fortalecer la infraestructura para el combate de incendios forestales; y
- f) Impulsar la certificación de los aprovechamientos forestales.”

2.6.3 Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático (PEACC)

En 2007 se presentó el Plan Nacional de Desarrollo (PND), uno de los objetivos principales de este programa es la sustentabilidad ambiental. Como trabajo de común acuerdo entre la Federación y el Estado, el Gobierno del Estado de Baja California a

través de la Secretaría de Protección al Ambiente inició la elaboración del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC), que contó con la participación de poco más de 40 investigadores del CICESE, la UABC y el COLEF, con financiamiento de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del gobierno federal. Los objetivos del PEACC-BC son desarrollar escenarios regionales de cambio climático para el siglo XXI y evaluar los impactos y la vulnerabilidad de diferentes sectores socio-económicos de la región ante los posibles cambios del medio ambiente, así como definir y evaluar medidas de mitigación y adaptación para los siguientes sectores, Recursos hídricos, Biodiversidad, Ecosistemas marinos, Energía, Transporte, Asentamientos urbanos y vivienda, Agricultura y ganadería, Turismo, Salud y Economía.

En cuanto al sector transporte, se realizó un submodelo de transporte para proyectar las emisiones de GEI, a nivel estatal. Donde se observó que la tendencia es a la alza, siendo un punto importante a analizar en la presente investigación.

2.7 El uso del Automóvil particular en la ciudad de Mexicali.

Una de las razones por lo que la población de la ciudad de Mexicali, recurre al uso del transporte particular es porque el sistema de transporte público ha venido operando sin una planeación adecuada, únicamente atendiendo las solicitudes de la población, generada por el crecimiento urbano de Mexicali, sobre áreas previamente definidas o sobre zonas de nueva creación, manteniendo el mismo sistema de operación y distribución desde hace varios años. Debido al seccionamiento de rutas, más del 25% de los usuarios del transporte tienen que realizar desplazamientos innecesarios, ya que para llegar a su destino utilizan de 2 a 3 rutas, siendo el centro urbano el punto en donde se generan más de 22,000 transbordos diarios. A los problemas anteriores se suman los generados a lo largo de las rutas establecidas, tales como:

- Largos y lentos recorridos por el incumplimiento de los tiempos establecidos.
- Largos tiempos de espera que en ocasiones superan los 25 minutos.
- Anarquía y mal uso de la vía pública por la mala ubicación o definición de los puntos para ascenso y descenso de pasaje.

- Falta de mobiliario urbano en los puntos definidos para acceso y descenso de pasaje.
- Debido a lo extremoso del clima, se acentúa la falta de equipo en las unidades y el mal estado de estas.
- Instalación de paraderos en lugares inadecuados, ya que obstruyen el paso peatonal.
- Ante las deficiencias del sistema, y el impacto que este tiene en la economía de los usuarios, en Mexicali a diferencia de las ciudades similares, no se ha incrementado la tendencia al uso del transporte público, de distintas formas se manifiesta la inconformidad por el servicio (IMIP, 2007).

El cálculo de GEI para la ciudad de Mexicali por el autotransporte particular, en 2005, se llevó a cabo con la aplicación del Nivel I del método IPCC, primeramente a través de la información de gasolina vendida en la región, publicada por la Secretaría de Energía y posteriormente, calculando la gasolina consumida por el parque vehicular privado a partir de la cantidad de automóviles registrados en la Secretaría de Finanzas del Estado, el rendimiento promedio de los motores y la cantidad promedio de kilómetros recorridos por cada uno de ellos, en ambos casos, se aplicaron los factores de emisión para los siguientes GEI: CO₂, CH₄ y N₂O (SENER, 2009) (Santos, 2012).

Modelación

2.8.1 Teoría de modelación

Para el estudio de diversos procesos se requiere un análisis que permita entender el funcionamiento, interacción de variables e incluso proyecciones futuras antes de llevar a cabo la ejecución del proyecto en su totalidad, previendo algunos problemas en el desarrollo integral de los proyectos o programas a aplicar. Es por eso que se llevan a cabo simulaciones y modelaciones con el fin de evitar problemas futuros. Las simulaciones son representaciones de la realidad para poder entender y estudiar cómo funciona un fenómeno, qué o quién lo afecta y cómo influye este en los individuos u otros fenómenos. Solamente son representaciones, pueden estar muy cerca de la

realidad, o estar muy alejadas, es por eso que se deben de escoger objetivamente las variables más importantes para poder tener un resultado más apegado a la realidad. Los modelos no pueden abarcar todo lo que afecta a un sistema, es por eso que se consideran solamente las variables principales, de tal forma que sean suficientes para obtener datos fiables de una manera más rápida.

En la modelación se debe de tener bien definido, el concepto, y los objetivos que se quieren alcanzar. Una vez elaborada esta tarea se debe analizar todo el sistema, para después poder diseñar y detectar la mejor solución para optimizar el resultado. Además, se pueden proporcionar escenarios distintos modificando las variables anticipando la operación del sistema en diferentes casos. La modelación es una herramienta muy útil, ya que la experimentación de manera física pudiera llegar a ser muy costosa, mientras que, realizando un modelo permite diseñar experimentos de manera más efectiva (Shannon, 1975).

Existen diferentes modelos, incluso es factible diseñar uno específico para una problemática local determinada, dependiendo del uso que se les quiera dar, existen desde los que estudian todos los procesos, otros los problemas matemáticos hasta las interacciones humanas y naturales.

Los modelos nunca son igual de complejos que el problema o proceso que se trata de resolver, es por eso que se necesita simplificar al máximo la representación y las variables que interactúan en el modelo. Facilitando el estudio y si es necesario agregar o restar las variables que se necesiten. Para simplificar el proceso se puede convertir las variables en constantes, eliminar o combinar algunas de ellas, suponer movimientos lineales, poner límites en el sistema. En caso de que el problema sea muy complejo se podrá hacer uso de conjuntos de modelos, que pueden interactuar entre sí para estudiar el proceso final (Ackoff, 1973). Los modelos no toman decisiones, pero ayudan al usuario a tener herramientas suficientes para poder hacerlas acertadamente.

2.8.2 Escenarios

Las emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI) son el producto de muy complejos sistemas dinámicos, determinado por fuerzas tales como el crecimiento

demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico. Su evolución futura es muy incierta. Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación. La posibilidad de que en la realidad las emisiones evolucionen tal como se describe en alguno de estos escenarios es muy remota.

Capítulo 3

Metodología

3.1 Alcances de la Investigación

Los alcances de estudio de la presente investigación corresponden a los del tipo geográfico, horizonte de planeación, tipo de vehículos y los referentes a los recursos humanos y económicos para la obtención de resultados.

Alcance geográfico.

La investigación se realizó en la zona urbana de Mexicali (Figura 3) que cuenta con una población de 719,263 habitantes (COPLADEMM, 2011). Se utilizó el límite proyectado para el 2025, como el límite máximo para el horizonte de planeación al 2032, por ser la única proyección prevista de manera oficial.

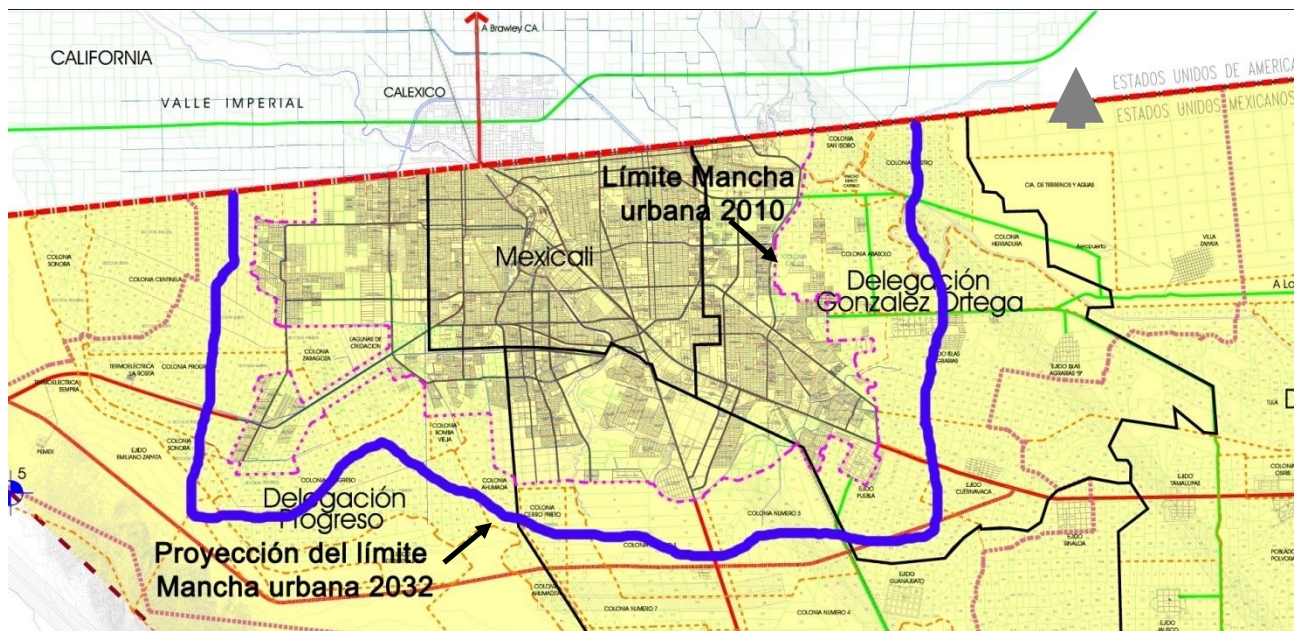


Figura 3. Plano D-AE Delimitación Área de Estudio

Fuente: Plan de Desarrollo del Centro de Población Mexicali (PDUCP) 2025 (IMIP, 2007a)

Horizonte de planeación.

En cuanto al alcance del tiempo se tomó en cuenta la información de las variables del modelo que comprendan los últimos 20 años (1992-2012). Los resultados de la investigación se calcularon para obtener datos a mediano (5 años: 2012-2017) y largo plazo (20 años: 2012-2032).

Tipo de vehículo.

Según los cálculos realizados para la investigación, se obtuvo que para el 2012 la cantidad de vehículos circulando en la ciudad de Mexicali, fue de 474,741 unidades. Para su facilidad en el estudio se dividirán en los siguientes tipos:

- Autos particulares y corporativos: esta categoría incluye automóviles de uso doméstico, así como todo el transporte que pertenece a empresas, negocios, comerciantes y dependencias gubernamentales. Se considerará que los autos particulares y corporativos son generalmente de motor a gasolina.
- Autobuses: se incluye el transporte público, y privado, utilizado por empresas para transporte de personal. Se considerará que la mayoría de los autobuses son de motor a diesel. El número total de autobuses calculados para el 2012 es de 2,021 unidades.
- Transporte de carga: se incluye transporte de carga local y los que son foráneos (ajustando los datos al número de kilómetros que recorren en la ciudad de Mexicali), se calculó que para el 2012 hay 111,061 unidades.
- Motocicletas: se calculó que para el 2012 en la ciudad de Mexicali hay una cantidad de 2,922 unidades.

El transporte por ferrocarril, no se considerará, ya que, no produce emisiones significativas en la ciudad. Según el Consejo de Desarrollo de Mexicali (Davisal, 2009) La red ferroviaria es de 131 km de longitud, de los cuales, 71 son rutas principales, 39 km rutas auxiliares, y 21 km de rutas privadas, y no tiene tanta actividad como los demás medios de transporte. Además si se compara el ferrocarril y los vehículos cambiaría el promedio de usuario-emisiones, puesto que solamente son trenes de carga, no hay pasajeros, por lo que la proporción cambiaría e hiciera que los datos no fueran suficientemente específicos para el tipo de estudio que se pretende realizar.

A su vez, se obvia que el transporte de tracción humana no será tomado en cuenta para la investigación, dado que no produce emisiones de GEI.

3.2 Obtención de datos

Para el estudio de las emisiones producidas por el sector transporte en la ciudad de Mexicali, se obtuvieron datos previos a la determinación de un modelo de transporte, que permita la creación de escenarios. Para este proceso, se intentó obtener la información por fuentes oficiales, pero debido que dicha información no se encuentra disponible en la forma deseable o de la manera en que era necesaria para el presente estudio, se recurrió a obtener la información disponible y la información adicional se obtuvo por medio de mediciones de campo y cálculos realizados por la Unidad de Investigación en Planeación Urbana y Desarrollo Sustentable del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

A continuación se describen los principales grupos de información obtenida que serán necesarios para diagnosticar, poder realizar el modelo y pronosticar los efectos en el Cambio Climático del sistema transporte terrestre en la ciudad de Mexicali. La información se presenta para el periodo comprendido entre 1992 y 2012 (este último tomado como año base en el horizonte de planeación) para el área de estudio (Figura 3), las cifras que se indican son a mitad de año (al 1 de julio de cada año) a menos que se indique lo contrario, puesto que en los datos oficiales extraídos de INEGI, se establece el criterio anterior (Tabla 2).

Tabla 2. Principales datos de la Obtención de Información

año/variable	Población (hab)	índice de motorización (veh/hab)	Vehículos en operación (veh)	Vehículos que consumen energías limpias (veh)	Ocupación (pasajeros/veh)	Longitud de viajes (km)	Recorridos por vehículo (km/año)	Recorridos (millones km/año)	Potencia de vehículos (lts)	Edad de vehículos (años)	Combustible (millones lts/año)	Emisiones Millones de Ton CO ₂ eq/año
1992	494,886	0.3781	187,123	463	1.945	6.35	14,857	2,780	3.13	14.77	631.31	1.864
1995	544,125	0.3554	193,374	478	1.932	6.47	15,096	2,919	3.08	14.22	628.93	1.831
2000	616,895	0.4238	261,451	646	1.908	6.63	15,403	4,027	2.99	12.00	729.52	2.005
2005	687,138	0.5215	358,328	886	1.786	6.78	15,660	5,611	2.91	11.45	982.96	2.539
2010	759,537	0.5885	447,022	1,146	1.640	6.91	15,889	7,103	2.82	10.79	1,151.83	2.872
2012	790,479	0.6019	475,796	1,433	1.578	6.97	15,992	7,609	2.79	10.54	1,194.58	2.939

Fuente: Elaboración propia.

Población

Para la obtención de la proyección de la población 2012-2032, se obtuvo el factor de crecimiento municipal obtenido de los datos de los censos de 2005 y 2010. En 2005 se registraron 855,962 habitantes y en 2010 936,826. Considerando un crecimiento exponencial con interpolación geométrica se obtuvo un factor de crecimiento anual al de 1.018, el cual se obtuvo de dividir la población de 2010 entre la población de 2005 y lo resultante elevarlo a la potencia $1/5$, dado el lapso de 5 años entre las dos poblaciones. En la zona rural del municipio se calculó de la misma manera con los datos de las áreas rurales y se obtuvo que el crecimiento municipal anual fue de 1.0098. Para la obtención del factor en la ciudad de Mexicali, se calculó de la misma manera una vez hecha la resta de Población Municipal menos el área rural. Y se obtuvo que el crecimiento anual de la ciudad fue de 1.0202. Dichos factores se fijaron y se utilizaron para las proyecciones del municipio, zona rural y la ciudad de Mexicali (ver Anexo III).

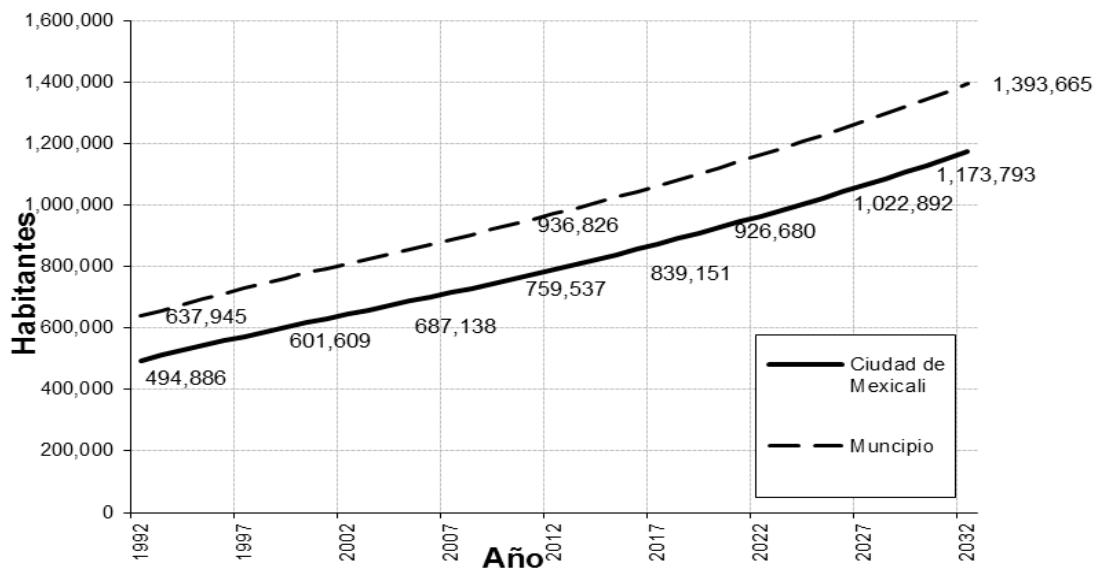


Figura 4. Población en el periodo 1992-2032 en la ciudad de Mexicali y el Municipio.
Fuente: Elaboración propia.

Vehículos en operación

Se tiene información en el Anuario Estadístico de Baja California de los vehículos registrados en el municipio de Mexicali según las siguientes categorías: particular, autobús, transporte de carga y motocicletas. Es necesario conocer el número de vehículos que circulan en la ciudad, por lo que en los registros municipales no se tiene manera de obtener el porcentaje de vehículos extranjeros, sin placas y aquellos que ya no están en uso, por lo que se recurrió a estudios realizados por el la Unidad de Investigación en Planeación Urbana y Desarrollo Sustentable del Instituto de Ingeniería de la UABC, donde se pudo obtener que para el año 2000 el porcentaje de vehículos extranjeros es de 13.49% y el de vehículos sin placas es de 3.13%. Para el año 2009 se obtuvo que; el porcentaje de vehículos extranjeros es de 15.02% y el de vehículos sin placas es de 1.73% (Santos et al, 2009). Los porcentajes anteriores se fijan para realizar las proyecciones al 2032. Dando como resultado que para 1992 había 187,123 vehículos, y en 2012 se contó con 475,796 vehículos en operación. El índice promedio de crecimiento anual en el periodo 1992-2012 es de 3.15% (Figura 3).

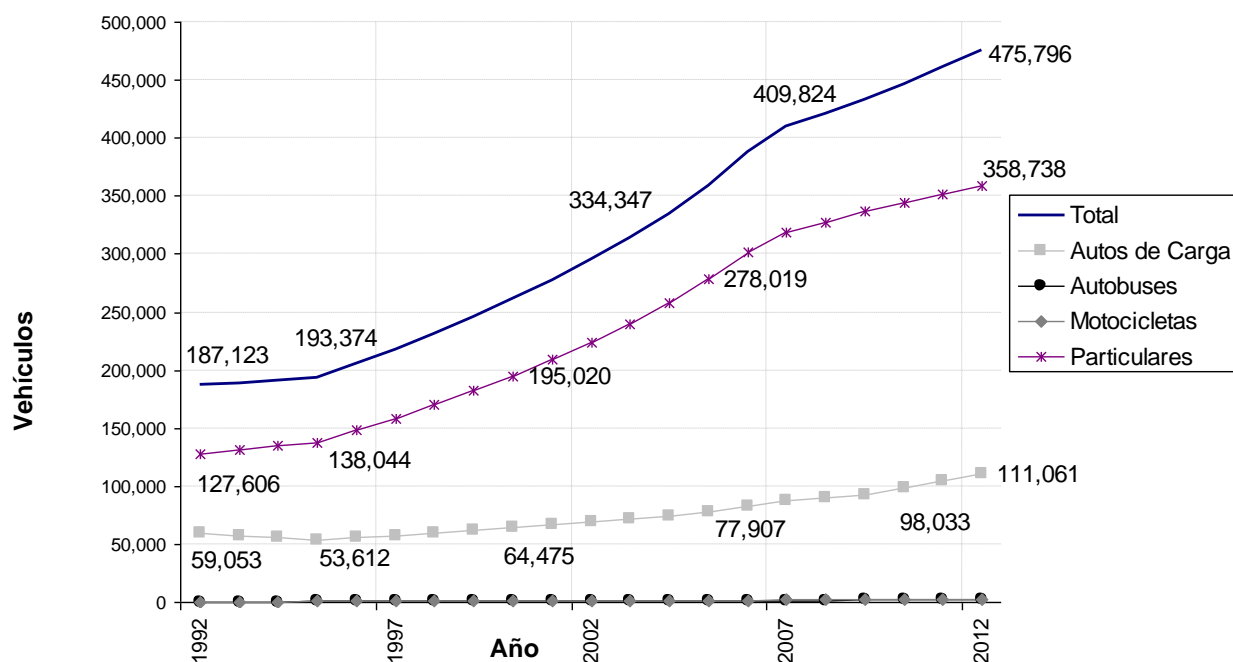


Figura 5. Vehículos en operación en el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Vehículos de energías limpias

Son los vehículos que consumen energías como el gas natural, energía eólica, energía solar, energía hidráulica. También existen los autos híbridos, que funcionan con combustible y energía eléctrica por medio de almacenamiento de energía en baterías, y los autos eléctricos. Representan aproximadamente el 0.27% del parque vehicular (Figura 4).

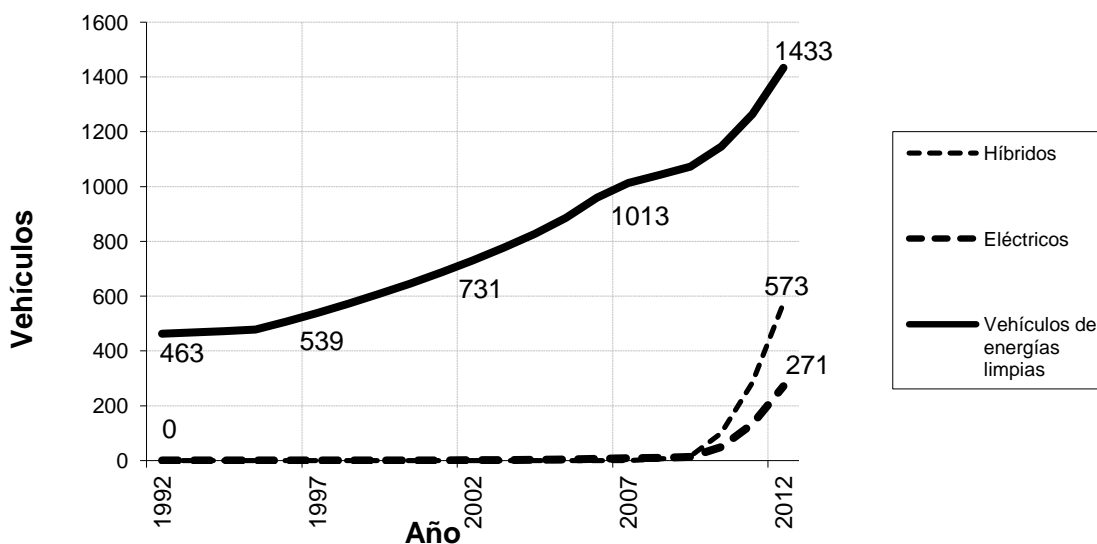


Figura 6. Vehículos de energías limpias en el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Ocupación vehicular

Con la realización del modelo se observó que la ocupación vehicular (vehículos particulares y autobuses) ha disminuido en la ciudad de Mexicali de 1.945 a 1.578 en el periodo 1992-2012, la tendencia que se observa es a realizar los viajes de manera individual. El promedio de pasajeros por automóvil particular es menor llegando a 1.437 para 2012. Esto indica que cada vez hay más vehículos con una sola persona a bordo, aumentando así, el número de vehículos. (Figura 7).

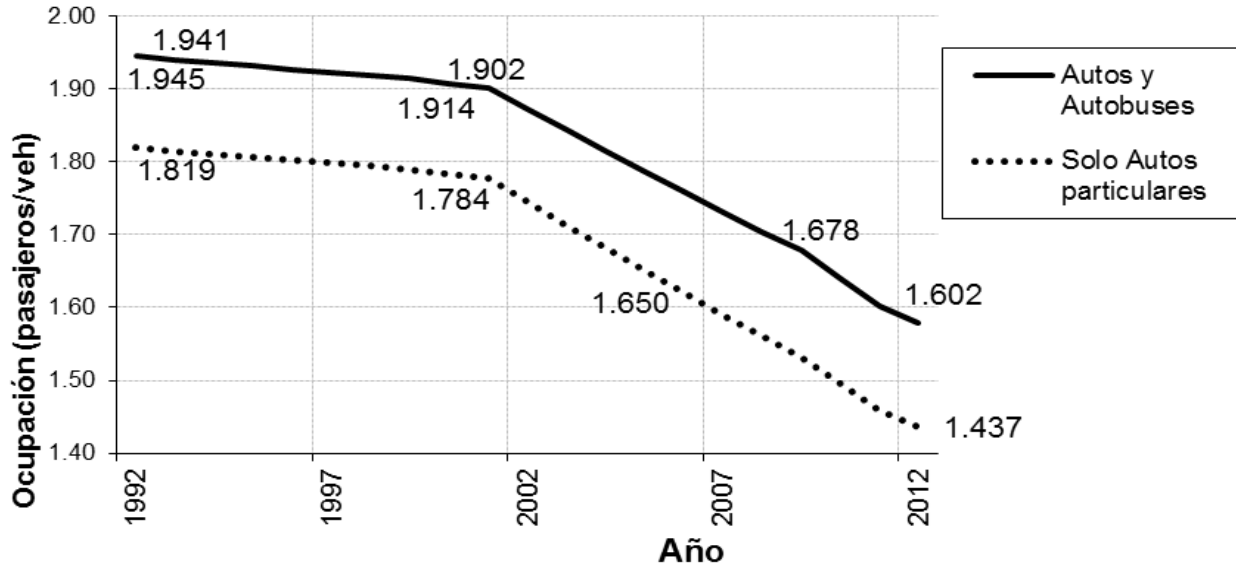


Figura 7. Ocupación vehicular en el periodo 1992-2012
Fuente: Elaboración propia.

Demanda

El uso del automóvil se ha hecho indispensable, está ligado con la ocupación la cual tiene la tendencia a aumentar, es por eso que se puede ver el crecimiento en la demanda, de 885 en 1992 a 1381 en 2012 (Figura 8).

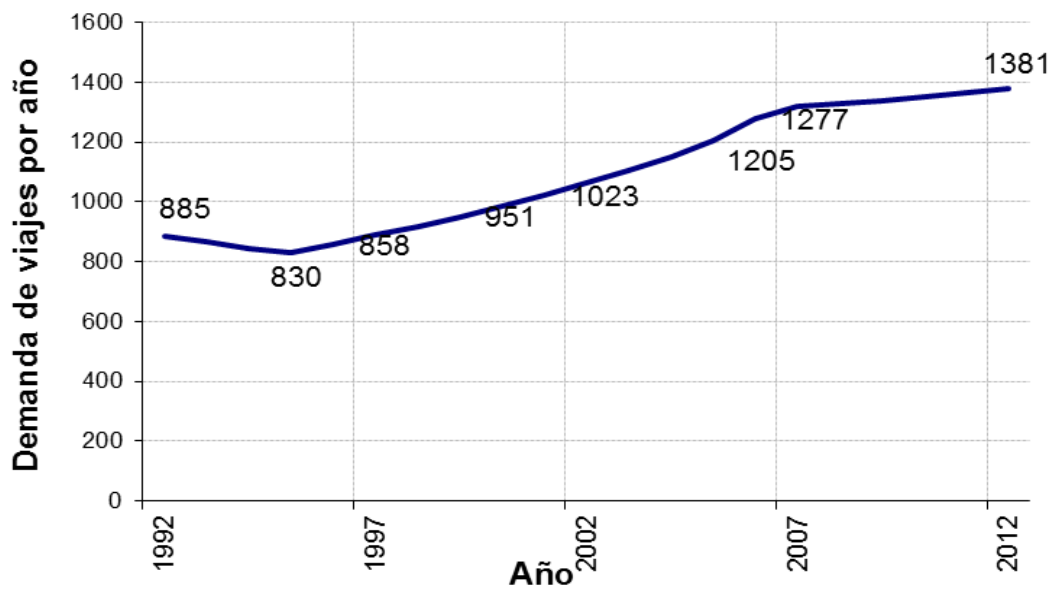


Figura 8. Demanda de viajes por usuario/año en el periodo 1992-2012
Fuente: Elaboración propia.

Recorridos por vehículo

Dado que la demanda y la longitud de viajes tienden al alza, y la ocupación a la baja, los recorridos por vehículo seguirán en aumento. Como se observa en el periodo 1992-2012 aumentaron los recorridos de 14,857 Km a 15,992 Km, representando un incremento anual de 0.25% (Figura 9).

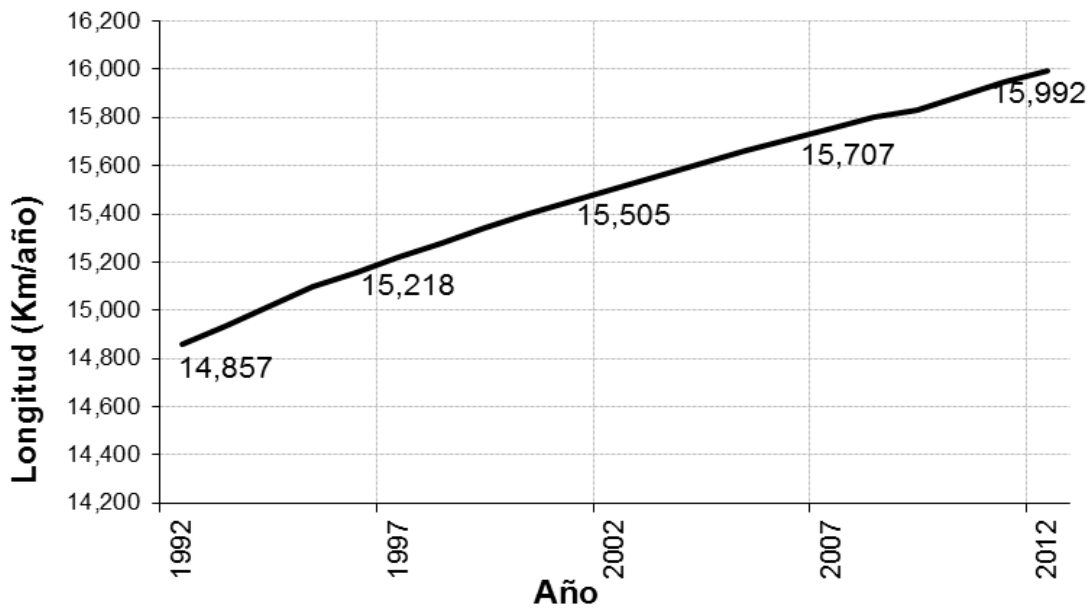


Figura 9. Recorridos por vehículo (km) en el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Potencia de vehículos

En la ciudad de Mexicali los vehículos tenían en 2012 un promedio de desplazamiento de 2.790 litros, mientras que en 1992 el promedio era de 3.133 litros, se ha mantenido el tamaño del motor, ha sido lenta la disminución de la potencia de los vehículos (Figura 10).

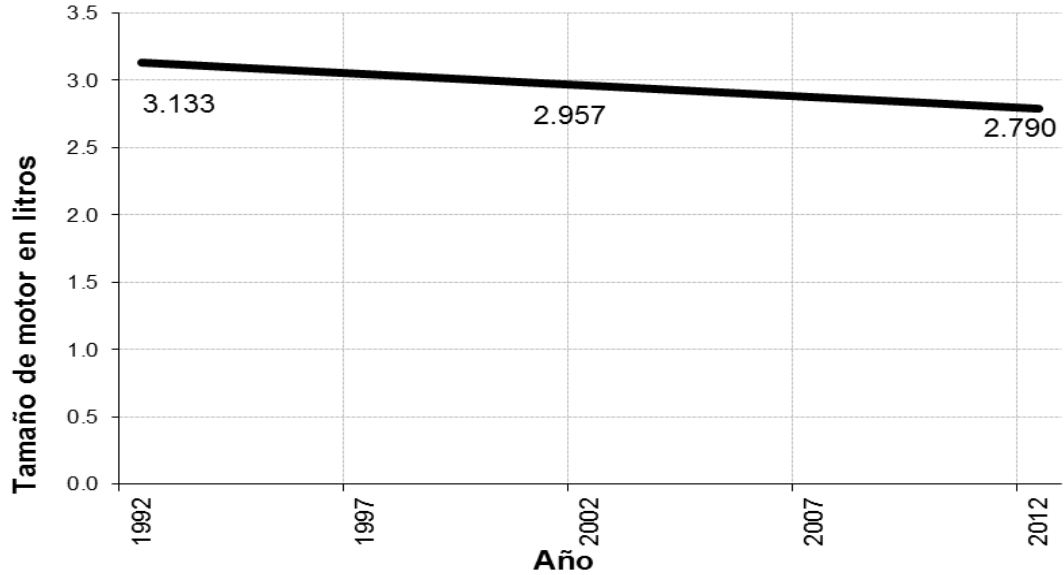


Figura 10. Potencia de vehículos en el periodo 1992-2012
Fuente: Elaboración propia.

Edad de vehículos

En la ciudad de Mexicali, los vehículos tenían en 2012 un promedio de edad de 10.54 años, mientras que en 1992 el promedio fue de 14.77 años. Lo cual muestra una tendencia a la baja, debido a las facilidades que ya se tienen para créditos para la adquisición de autos nuevos y las cada vez más estrictas opciones de importación de vehículos usados de mucha edad (Figura 11).

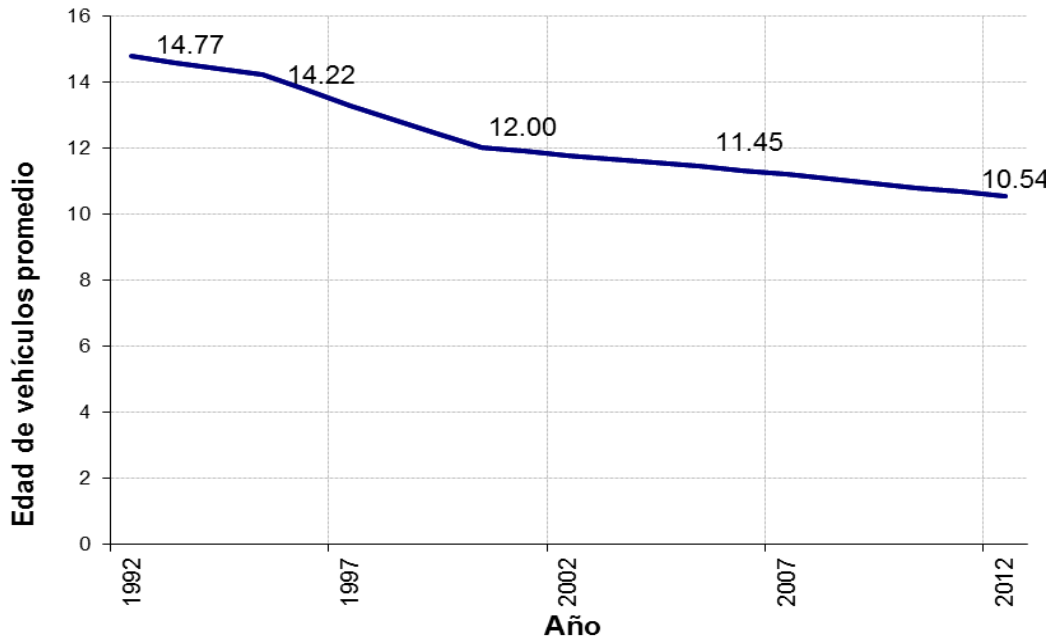


Figura 11. Edad de vehiculos en el periodo 1992-2012
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Modelo de reducción de emisiones de gases efecto invernadero.

Para la realización de proyecciones a mediano y largo plazo, se trabajó con el Modelo de reducción de emisiones utilizado para el Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático (PEACCBC) (GBC, 2012), el cual fue realizado en la Unidad de Investigación de Planeación Urbana y Desarrollo Sustentable del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Dicho modelo está diseñado para funcionar para todo el estado y en diferentes horizontes de planeación (1980-2040), sin embargo para motivos de la presente investigación se adaptó para funcionar en base a los datos de la ciudad de Mexicali y con los horizontes de planeación antes mencionados.

El proceso de selección de variables está sustentado en el trabajo de investigación realizado en el Proyecto para desarrollar el Programa de Cambio Climático en el Estado de Baja California (Galindo et al, 2011). Dicho modelo fue utilizado para todo el estado de Baja California, por lo que se tomó de base y se actualizaron los datos para la ciudad de Mexicali.

En la Figura 12 se muestran las 22 variables utilizadas para la obtención del efecto en el ambiente causado por las emisiones, las cuales pueden ser

independientes o de alimentación de datos (enmarcadas en óvalos) o dependientes o de cálculo de algún efecto (enmarcadas en rectángulos), para estas últimas se muestra el algoritmo utilizado así como las unidades aplicadas, las relaciones entre ellas se muestran con las flechas indicadas, por otro lado, se observa que algunas variables se encuentran señaladas con una figura que indica que son susceptibles de proponer alguna acción de mitigación (enmarcadas con triángulos). Así como las variables que pueden usarse para realizar estrategias de mitigación, indicadas con la letra M.

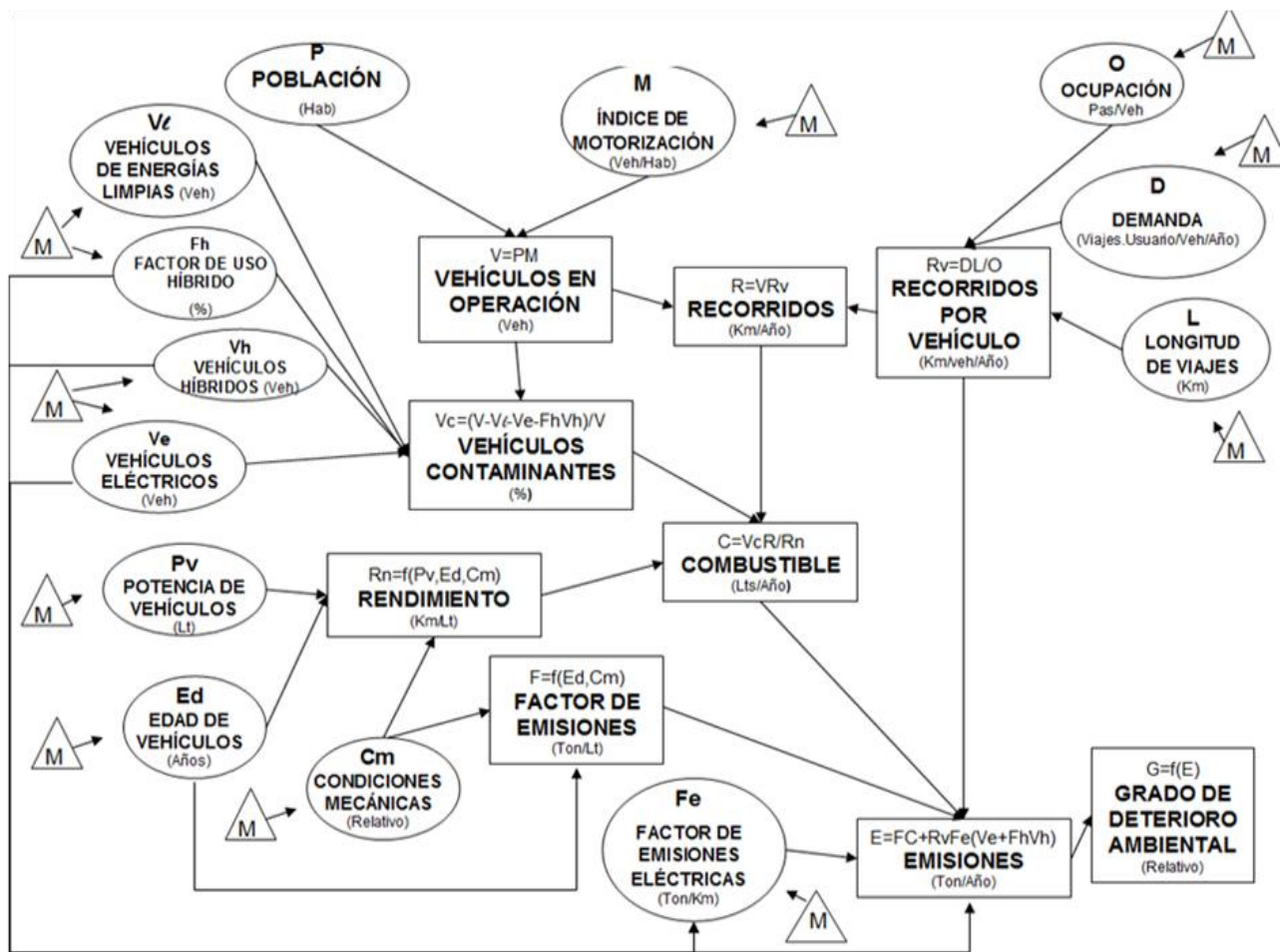


Figura 12. Modelo de emisiones del transporte terrestre elaborado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

Fuente: Galindo, 2011

Una vez definidas las variables y sus interrelaciones matemáticas se obtienen las emisiones en la ciudad de Mexicali causadas por el transporte terrestre de tal forma que se puedan experimentar cambios en las variables para conocer el comportamiento de las emisiones para realizar un diagnóstico, evaluar y elaborar escenarios distintos modificando las variables. Pudiendo obtener propuestas viables para la mitigación de GEI en la zona.

El horizonte de planeación abarca el periodo 1992-2032, por lo tanto se busca encontrar estadísticas registradas, y también hacer las proyecciones pertinentes para la obtención de datos. Las variables del modelo están divididas en dependientes e independientes, siendo la diferencia entre ellas, que las independientes son provenientes de fuentes fijas de información, ya sea cifras oficiales o estudios previos. Las dependientes se obtienen de la interacción y los resultados de las variables independientes. A continuación se describirá a qué clasificación pertenece la variable, cómo fue obtenida y la influencia que tiene sobre otras. Además será descrito el proceso de interacción entre las variables y que resultados se espera con las operaciones realizadas entre ellas.

1. **Población:** representa el número de habitantes en el área de estudio. Denotada por “P”, marcada como variable independiente, la información fue recabada por fuentes oficiales provenientes de los Censos de Población y Vivienda 1990 (INEGI, 1990), 2000 (INEGI, 2000) y 2010 (INEGI, 2010), así como los conteos de población 1995 (INEGI, 1995), 2005 (INEGI, 2005). Una vez obtenidos los datos de dichos años, se procedió a hacer interpolación geométrica de los datos para obtener los datos faltantes. La presente investigación requiere el estudio del comportamiento de los GEI, solamente en la ciudad de Mexicali, y los datos obtenidos con los censos abarcan todo el municipio, por lo que se requirió obtener un “factor ciudad”. En los censos se marca la población total y también es dividida en rural y urbana, por lo que se pudo diferenciar los poblados que no son considerados la ciudad de Mexicali. Para obtener el dato de la ciudad de Mexicali, se procedió a obtener la diferencia de la población total en el municipio, menos lo marcado en los censos como rural, la zona de San Felipe y la de

Algodones. El factor ciudad se obtuvo de la división de los resultados del Área de estudio (AE) entre los resultados del Municipio (M).

$$\text{Factor ciudad} = \text{AE}/\text{M}$$

2. **Índice de motorización:** denotada por “M”, es una variable independiente que indica el promedio de vehículos por habitante (veh/hab). Para obtener el índice de motorización se utilizaron estudios realizados con anterioridad, en 1991 (Galindo et al, 1994), 2001 (Galindo et al, 2001). Para obtener los datos intermedios, se utilizó una regresión de 2001 a 1991. Según los datos obtenidos con los estudios por el factor ciudad, se obtuvo para 1991 una relación de 0.386 veh/hab, y para 2001, 0.441. Para obtener los datos entre 2001 y 2006, se realizó una interpolación geométrica. Para los años posteriores se analizó la tendencia desde 1991 hasta 2006.
3. **Vehículos en operación:** denotada por “V”, es una variable dependiente obtenida con $V = PM$, indica el parque vehicular o la cantidad de vehículos que se encuentran en circulación, incluye los vehículos registrados ante la Dirección de Planeación y Finanzas que están en circulación, los vehículos con placas extranjeras y los vehículos irregulares en operación. Los datos no provenientes de las cifras oficiales fueron obtenidos de estudios anteriores a esta investigación, y aforos correspondientes. Dichos resultados se registraron en el PEACCBC (GEBC, 2012). Para las proyecciones de 2012 a 2032, se obtienen los datos de la interacción de la población y el índice de motorización.
4. **Vehículos de energías limpias:** denotadas por “VI” (vehículos de energías limpias), “Vh” (vehículos híbridos), “Ve” (vehículos eléctricos) son variables independientes que representan la cantidad de vehículos de nuevas tecnologías de baja emisión para su operación. Se obtuvo en el año 2009 un dato otorgado por la Secretaría de Finanzas del Gobierno del Estado, acerca de este tema. Debido a que es reciente el uso y promoción de vehículos limpios no existían estadísticas anteriores que ayudaran a obtener las tendencias, por lo que el dato obtenido, se dividió entre el total de vehículos en el 2009, y se encontró un factor, a ese factor se propuso un factor con aumento exponencial, para poder

marcas las tendencias en este rubro. Se obtuvo que a partir de 2009, el 0.025% eran limpios, se esperaba que la proporción subiera en .009% proponiendo un aumento exponencial.

5. **Vehículos híbridos:** un híbrido combina dos motorizaciones, un motor de combustión interna y otro eléctrico alimentado por baterías adicionales a la principal.
6. **Vehículos eléctricos:** un vehículo de combustible alternativo impulsado por uno o más motores eléctricos.
7. **Factor de uso híbrido:** denotado por “Fh”, es una variable independiente que representa el porcentaje en que el auto híbrido, usa la opción de baterías y no de gasolina.
8. **Factor de emisiones eléctricas:** denotada por “Fe”, es una variable independiente que indica la proporción de la energía eléctrica que proviene de fuentes no limpias.
9. **Vehículos contaminantes:** denotada por “Vc”, es una variable dependiente obtenida con $Vc = (V-VI-Ve-FhVh)/V$, indica la proporción de vehículos denominados contaminantes.
10. **Ocupación:** denotada por “O”, es una variable independiente que indica el promedio de pasajeros por automóvil. Para obtención de los datos base, desde 1992 a 2012, se tomaron en cuenta aforos realizados en 1992 (Galindo et al, 1992), 1999 (Atlas de tránsito vehicular de la ciudad de Mexicali), 2001 (Galindo, 2001), 2009 (Santos et al, 2009), 2011 (Galindo et al, 2011) por parte de la unidad de investigación de Planeación Urbana y Desarrollo Sustentable del Instituto de Ingeniería de la UABC. Para la obtención de los años intermedios entre estos datos obtenidos, se utilizó una interpolación geométrica de los datos, obteniendo así la proporción de cada año.
11. **Demanda:** denotada por “D”, es una variable independiente que representa la cantidad de viajes por usuario por vehículo en el lapso de un año. Para la obtención de los datos respectivos a la demanda se utilizaron aforos realizados en 2001 (Galindo, 2001) y 2009 (GEBC, 2012).

12. **Longitud de viajes:** denotada por “L”, es una variable independiente que indica la distancia recorrida en promedio por cada viaje.
13. **Recorridos por vehículo:** denotada por “Rv”, es una variable dependiente obtenida con $Rv = DL/O$, indica la distancia recorrida anualmente en promedio por cada vehículo.
14. **Recorridos:** denotada por “R”, es una variable dependiente que se obtiene con $R = VRv$ y es la distancia recorrida anual del total de vehículos en el área de estudio.
15. **Potencia de vehículos:** denotada por “Pv”, es una variable independiente que indica el promedio de tamaño de motor que tienen los vehículos (desplazamiento). Para obtener los datos de potencia vehicular se recurrió a los datos obtenidos en aforos 2005 y 2010 (proyecto para desarrollar el PEACC). Con los cuales se realizó en el intervalo 2005 a 2010, una interpolación geométrica de los datos, y con lo obtenido se realizó una regresión hasta 1992.
16. **Edad de vehículos:** denotada por “Ed”, es una variable independiente que indica la edad promedio que tienen los autos. Para la obtención de dichos datos se recurrió a aforos de 1995, 2000, 2005 y 2010, publicados en PEACC (GEBC, 2012).
17. **Condiciones Mecánicas:** denotada por “Cm”, es una variable independiente que representa el nivel relativo de condiciones mecánicas de los vehículos, de tal forma que se define un valor de 1.000 a las condiciones mecánicas tal que se tiene el rendimiento y la cantidad de emisiones promedios en el año base (2012).
18. **Rendimiento:** denotada por “Rn”, es una variable dependiente que se obtiene con un algoritmo específico en el que Rn está en función de Pv, Ed y Cm, indica el rendimiento promedio con que operan los vehículos, expresado en kilómetros recorridos por litro de combustible consumido, ponderando la circulación urbana con la interurbana. Se maneja la siguiente relación $Rn = K\sqrt{(3/d)}$ donde K, es una constante tomada del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), y d (desplazamiento) se refiere al tamaño del motor en litros (Gasca, 2004).

19. **Factor de emisiones:** denotada por “F”, se mide en toneladas por litro (Ton/Lt), está en función de la Edad y de las Condiciones Mecánicas de un automóvil
20. **Combustible:** denotada por “C”, es una variable dependiente que se obtiene con $C = VcR/Rn$, indica la cantidad de combustible que consumen todos los vehículos, expresada en unidades de volumen.
21. **Emisiones:** denotada por “E”, es una variable dependiente que se obtiene con $E = FC + RvFe(Ve + FhVh)$, indica las principales emisiones que provocan la totalidad de vehículos, tipo GEI, expresadas en unidades de peso. Las principales emisiones que se consideran del sector transporte particular en la ciudad de Mexicali, son los siguientes:
- Emisiones de N_2O :* óxido de nitrógeno.
 - Emisiones de CH_4 :* metano.
 - Emisiones de CO_2 :* dióxido de carbono.
 - CO_2 equivalente de las principales emisiones del transporte (CO_2 , N_2O y CH_4):* para poder realizar comparaciones con otras regiones o países, el CO_2 es el gas utilizado como referencia para medir otros GEI, por lo que su potencial de calentamiento global (PCG) es igual a 1, cuando se habla de emisiones de CO_2 equivalente, se habla del volumen de emisión de CO_2 que causaría el mismo forzamiento radiactivo integrado, en un plazo de tiempo dado, que cierta cantidad emitida de un GEI suficientemente mezclado o de una mezcla de estos gases suficientemente mezclados. Las emisiones de CO_2 equivalente se calculan multiplicando la emisión de un GEI suficientemente mezclado por su PCG en el plazo de tiempo especificado. En el caso de las mezclas de GEI, se suman las emisiones de CO_2 equivalente correspondientes a cada gas. La emisión de CO_2 equivalente es una unidad de medida normalizada y útil para comparar las emisiones de diferentes GEI. El CH_4 , tiene un PCG de 21 y el N_2O de 310 (IPCC, 2006) (Ver Anexo IV).
22. **Grado de deterioro ambiental:** denotada por “G”, es una variable que se obtiene con un algoritmo específico en el que G está en función de E, indica la

contribución relativa al deterioro ambiental por las emisiones del transporte considerando una contribución de 1.000 la provocada en el año base (2012).

En base a la información recibida, y el manejo de las relaciones funcionales entre las variables, el modelo se planteó y trabajó para tener certeza de su funcionamiento, esto fue en base al proceso de calibración y validación, con esto se tiene la posibilidad de proponer cambios futuros en las variables para pronosticar “*que pasaría si*”, se realizan las propuestas descritas.

3. 4 Instrumentos tecnológicos para la realización del modelo.

Para realizar el modelo, se procedió a utilizar el programa de Microsoft Excel, debido a la facilidad de visualizar los datos, cambiarlos, editarlos y por lo tanto ser muy flexible para que se pueda utilizar el modelo en otras ciudades (Ver Anexo V).

Capítulo 4

Resultados

4.1 Diagnóstico

4.1.1 Generalidades del Diagnóstico.

Se utilizó el modelo con la finalidad de realizar el diagnóstico de la situación actual, así como analizar las tendencias de todas las variables descritas en el capítulo anterior, hasta el año 2012, exceptuando las variables independientes ya descritas en el capítulo tres.

4.1.2 Diagnóstico por variables

Se evaluó cada variable, con las tendencias hasta el 2012, a continuación se presentan los resultados con su respectiva representación gráfica.

Índice de Motorización

El índice de motorización indica el número de vehículos por habitante. Para 1992 se obtuvo que el índice de motorización fue de 0.378 veh/hab, y para 2012 se obtiene un índice de 0.602 veh/hab, el número de habitantes por cada vehículo para este año es de 1.661 hab/veh indicando que cada vez se incrementa el uso del automóvil en la ciudad de Mexicali. Este índice es alentado por los siguientes factores: las facilidades para obtener automóvil, la dificultad de trasladarse en transporte público, por lo inoperante del sistema, y por las condiciones económicas favorables de la región (Figura 13).

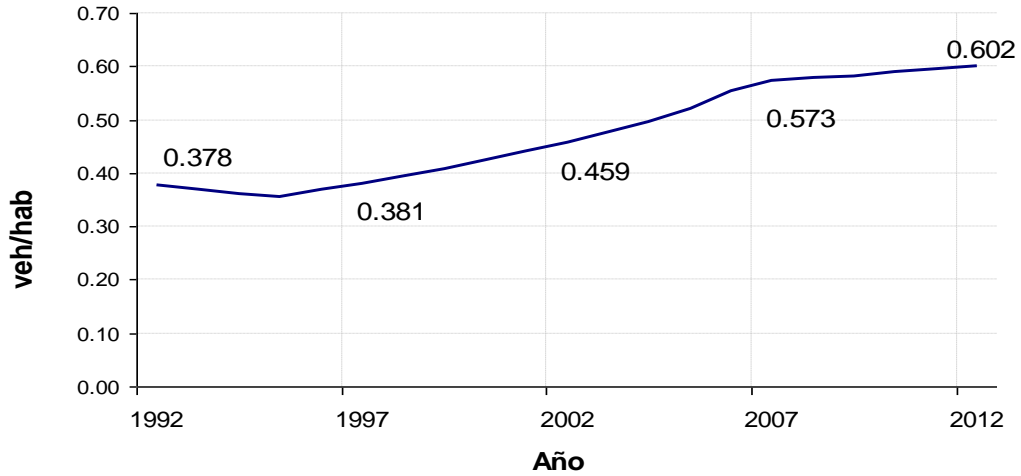


Figura 13. Índice de motorización para el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Longitud de viajes

Es la distancia recorrida en promedio por cada viaje, ha aumentado de 6.346 Km. en 1992 a 6.969 Km. en 2012, debido al natural crecimiento de la ciudad provocó el incremento de los viajes de distancias fijas, tales como servicios únicos como trabajos, centro de gobierno, instituciones de educación, entre otros, que obligan a la población a recorrer la ciudad en busca de estos servicios. El aumento del tamaño de la ciudad se debe al crecimiento de la población no contrarrestado con un aumento de la densidad, es por eso que es difícil hacer algo al respecto dando y como consecuencia la longitud de viajes seguirá en aumento (Figura 14).

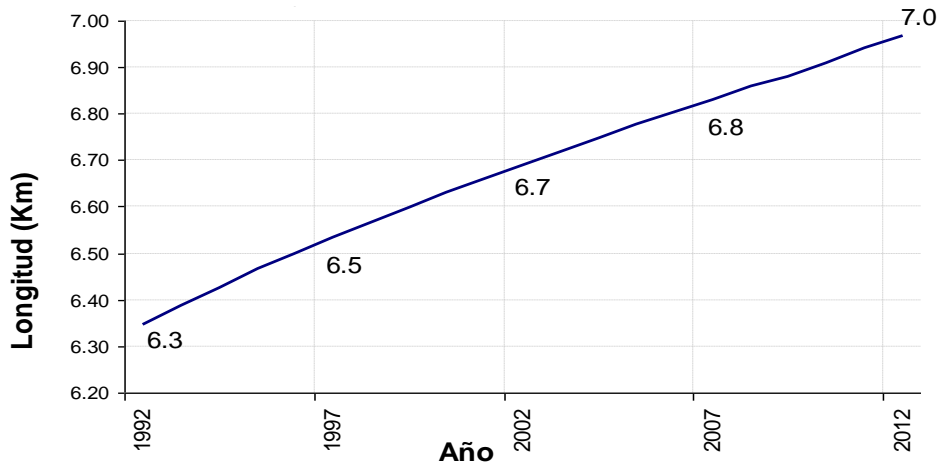


Figura 14. Longitud de viajes en el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Recorridos

Se refiere a los recorridos (R) que efectúan la totalidad de los vehículos, expresado en millones de kilómetros por año. Si aumenta el número de vehículos, la demanda y el tamaño de la ciudad, entonces la cantidad de recorridos irá en aumento. En 1992 se llegó a 2,780 y en 2012 ascendió a 7,609, casi tres veces más en un periodo de tiempo de 20 años (Figura 15).

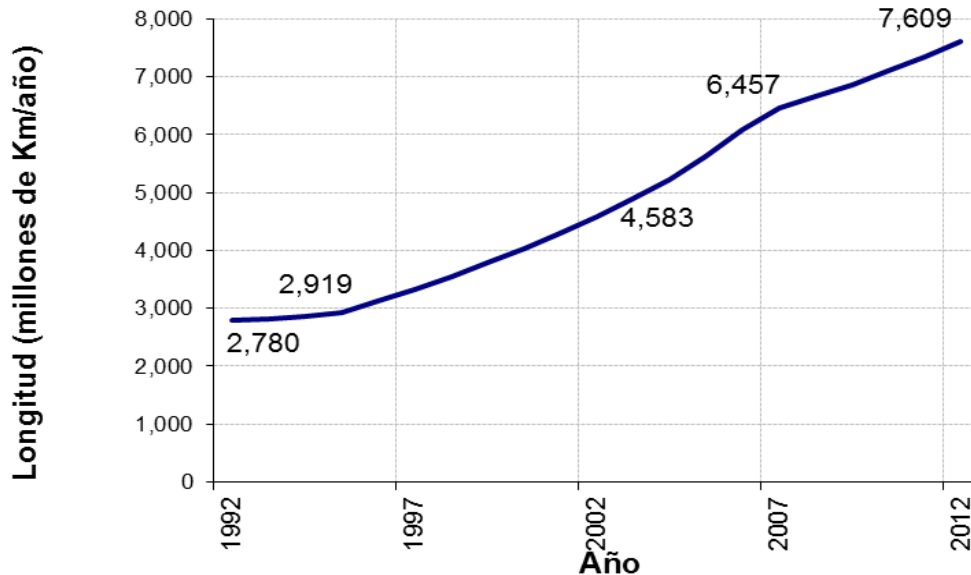


Figura 15. Recorridos en el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Rendimiento

En 1992 se obtuvo 4.409 Km/lt y el promedio en 2012 aumentó a 6.350 Km/lt. El rendimiento del motor depende de la potencia del vehículo y de las condiciones mecánicas que este tenga, dado las circunstancias en las que se compran la mayoría de los autos en la ciudad de Mexicali, en el rendimiento se ha observado, una ligera alta no uniforme en los últimos 20 años, además de la falta de revisiones mecánicas por gran parte de la población (Figura 16).

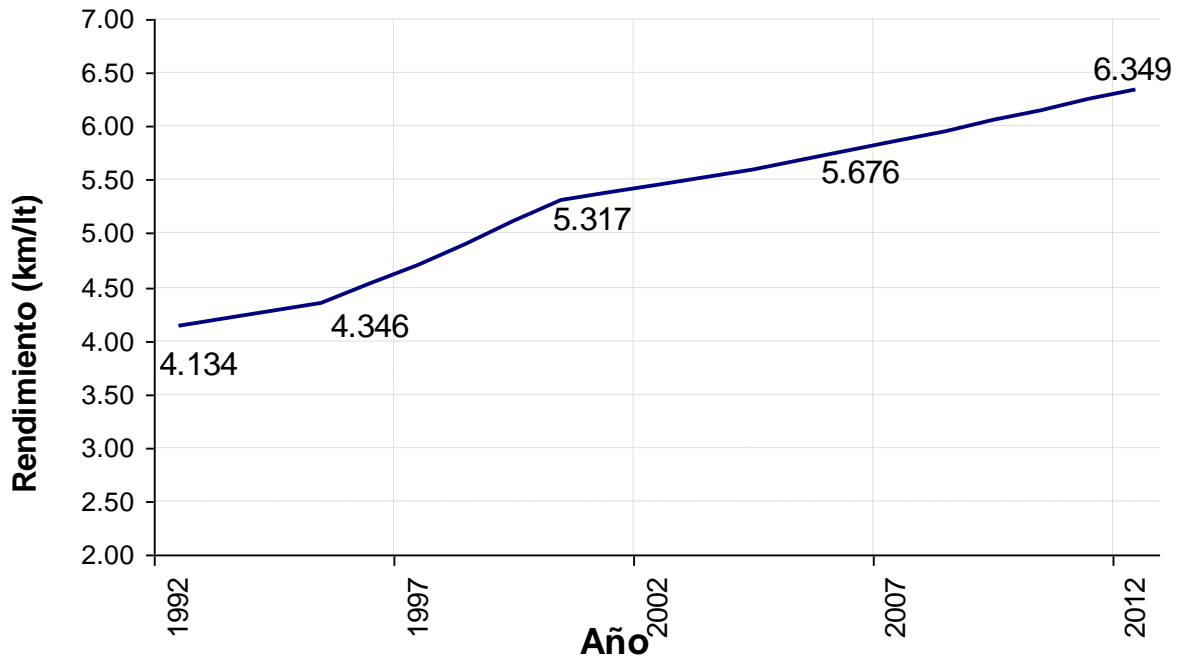


Figura 16. Rendimiento de vehículos en el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Combustible

Indica el consumo de combustible en millones de litros/año. El uso del combustible es indispensables para el sector transporte. El consumo de combustible, en millones de litros, en el área de estudio ha aumentado notablemente de 631 en 1992 a 1,195 en 2012 (Figura 17).

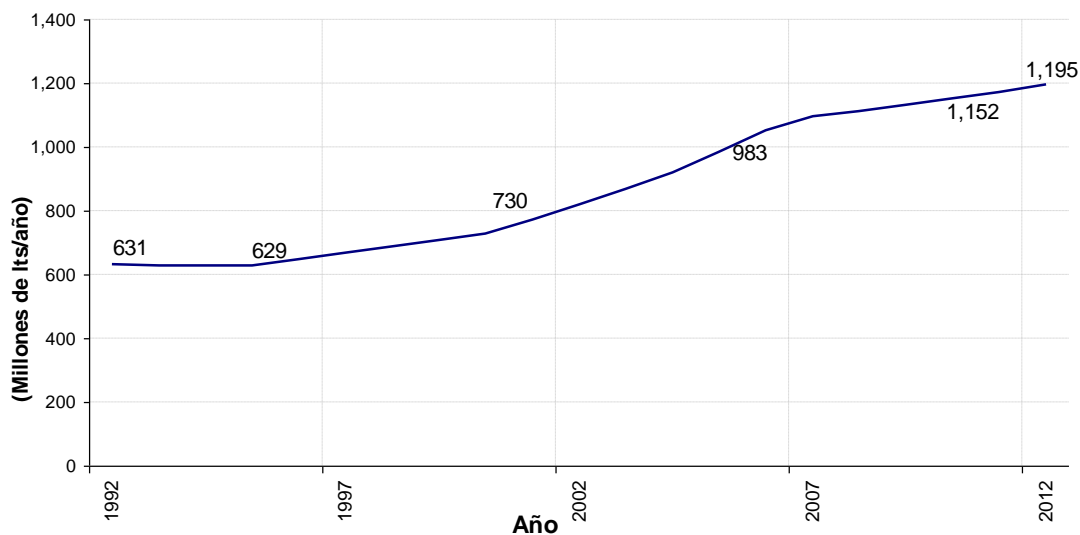


Figura 17. Consumo de combustible en el periodo 1992-2012.

Fuente: Elaboración propia.

Vehículos contaminantes

Se indica la proporción de vehículos que utilizan energía que produce emisiones de CO₂ equivalente. Prácticamente se ha mantenido puesto que la obtención de autos no contaminantes aun no es una realidad en la ciudad. La proporción en 1992 fue de 99.8% y en 2012 disminuyó a 99.6% (Figura 18).

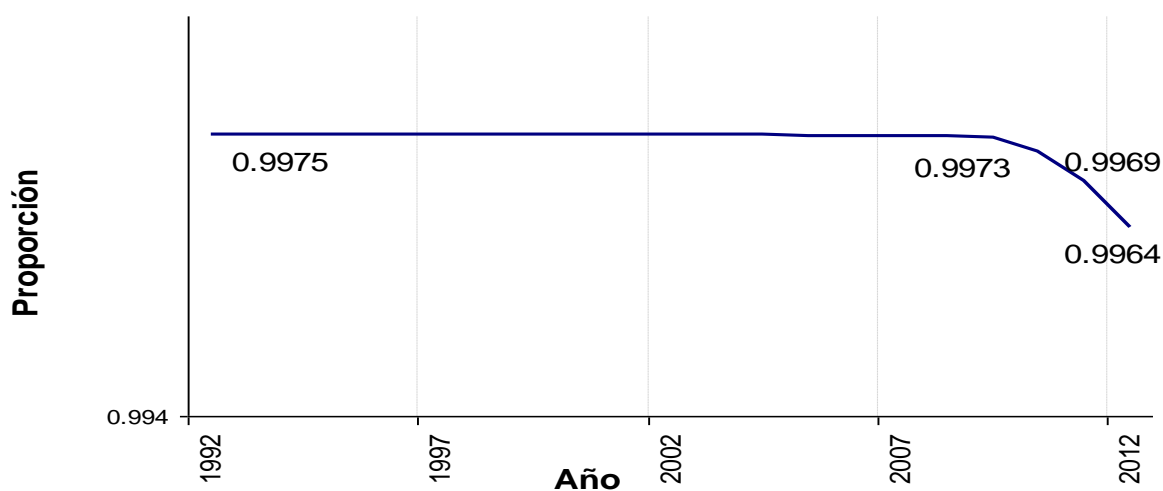


Figura 18. Proporción de vehículos contaminantes en el periodo 1992-2012.

Fuente: Elaboración propia.

Condiciones mecánicas

Representa el nivel relativo de condiciones mecánicas de los vehículos, relacionando las emisiones relativas por tecnología de alta emisión, el consumo relativo a la edad, y emisiones relativas por litro, de tal forma que se define un valor de 1.000 a las condiciones mecánicas y el promedio anual del rendimiento y la cantidad de emisiones en el año base (2012). Se observa que a pesar de no haberse impuesto en la verificación vehicular, las condiciones mecánicas han ido mejorando (Figura 19).

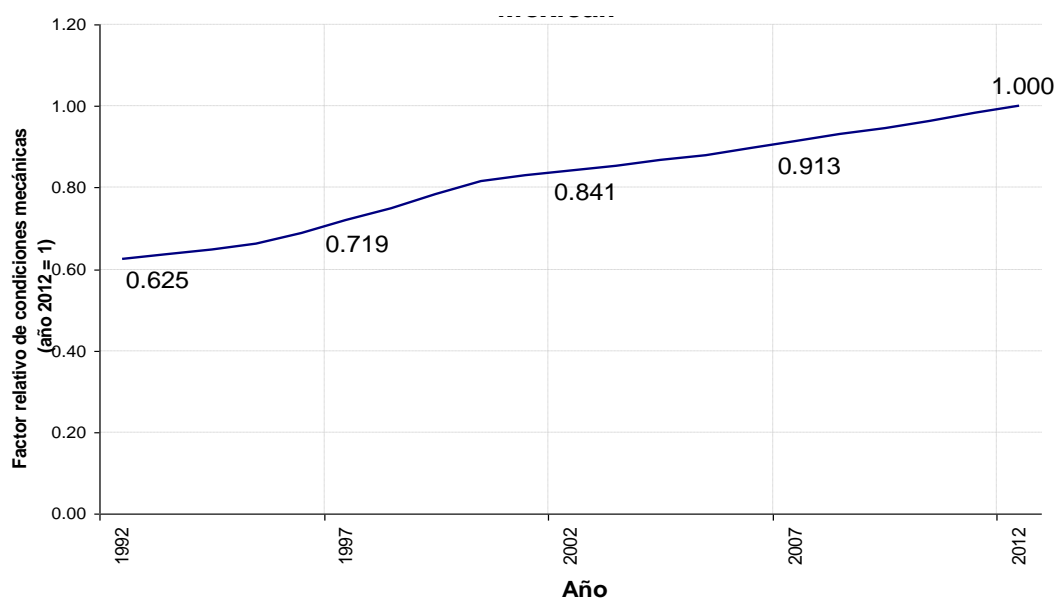


Figura 19. Factor de condiciones mecánicas en el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Emisiones

Las principales emisiones de GEI, se indican por la letra E, que provocan la totalidad de vehículos, expresadas en Toneladas por año (Ton/año). En 1992 se observa en el total de las emisiones de CO₂ y CO₂eq (Figura 20), que de estas últimas se produjeron 1,864,324 Ton/año, y para el 2012 con una tendencia de 2.3% llegó a 2,939,199 Ton/año.

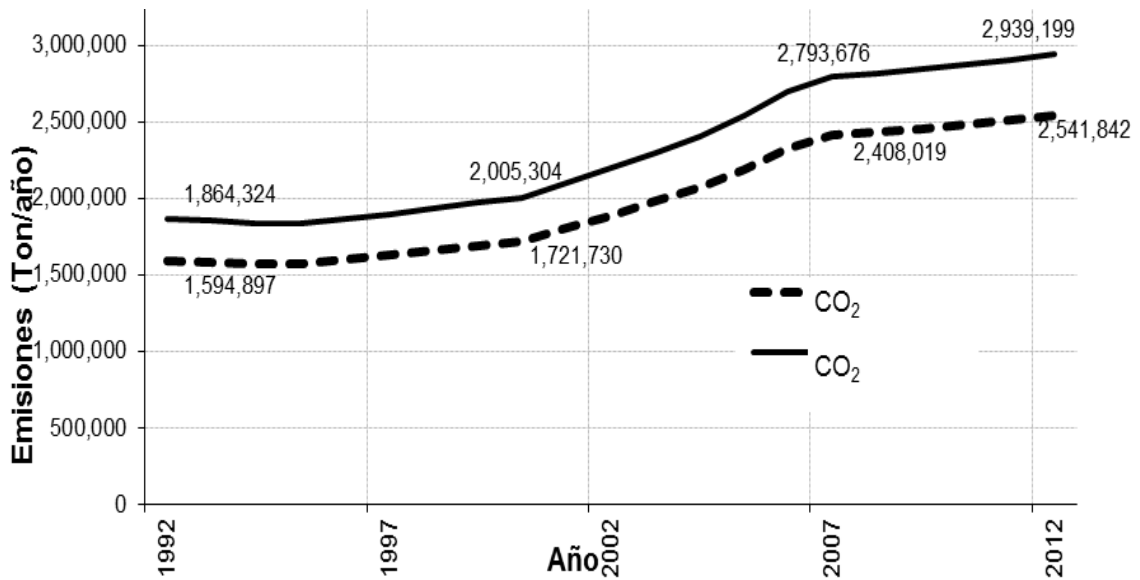


Figura 20. Emisiones de CO₂ y CO₂eq del sector transporte en el periodo 1992-2012.
Fuente: Elaboración propia.

4.2 Elaboración de escenarios futuros

4.2.1 Descripción de los escenarios futuros

En este apartado se presentan los resultados de las proyecciones hasta el 2032 de cada una de las variables, dependiendo de las diferentes estrategias de mitigación y adaptación y como pudiesen cambiar la dinámica del modelo. Se comienza por el Escenario 0, en el cual se proyecta sin realizar ningún cambio, en los escenarios posteriores se realizan estrategias de mitigación en algunas variables, hasta llegar al último escenario, considerado utópico donde se plantea la posibilidad de una ley que prohíba la quema de combustibles fósiles. En los escenarios del uno al cinco, se hacen diferentes propuestas las cuales modifican las variables para poder apreciar cuales de ellas tienen un mayor impacto en las emisiones. Los escenarios futuros para evaluar la aplicación de acciones, son:

Escenario 0: Situación sin aplicación de acciones.

Escenario 1: No incremento de la demanda.

Escenario 2: Medidas leves sobre demanda y tipo de vehículo.

Escenario 3: Medidas fuertes sobre demanda y tipo de vehículo.

Escenario 4: Medidas severas sobre demanda y tipo de vehículo.

Escenario 5: Sólo vehículos de energías limpias.

4.2.2 Escenario 0: Situación sin aplicación de acciones.

Se analiza la información, con el supuesto de que las tendencias de todas las variables seguirán de la misma manera, sin hacer modificaciones o estrategias de mitigación. Con el objetivo de poder observar el comportamiento en caso de que no se realice ninguna acción para solucionar el problema y crear conciencia de lo que pudiese pasar en el futuro. A continuación se presenta el comportamiento de las variables en el periodo 2012-2032.

- Población: de acuerdo a los datos de INEGI, en el periodo 2005-2010 se obtuvo que el crecimiento de la ciudad fue de 2.02%, por lo que se proyectó con ese porcentaje de crecimiento hasta el 2032, dando como resultado una población 1,173,793 habitantes en el área de estudio.
- Índice de motorización: debido al crecimiento de población se observará un aumento en la relación de vehículos por habitante, puesto que la dependencia del vehículo como medio principal de transporte es causado por el crecimiento de la ciudad. El índice pasará de 0.602 a 0.692 vehículos en operación por habitante en el periodo 2012-2032.
- Vehículos en operación: se espera que siga en aumento la cantidad de vehículos en el periodo 2012-2032, puesto que está directamente relacionado con el crecimiento poblacional y el índice de motorización. En este mismo periodo se tuvo un crecimiento promedio anual de 2.71% (Figura 21).

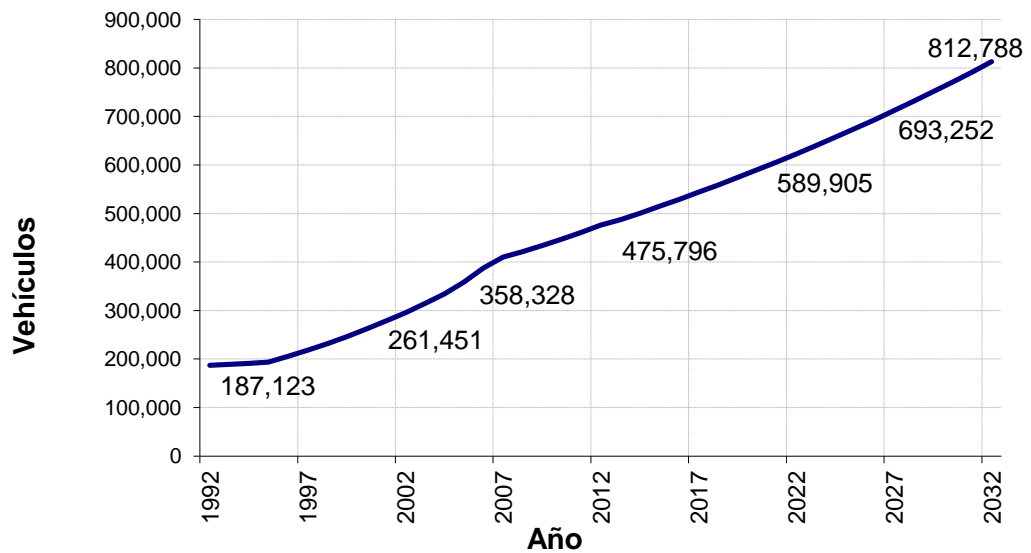


Figura 21. Proyección de los vehículos en operación en el periodo 1992-2032.
Fuente: Elaboración propia.

- Vehículos de nuevas tecnologías: hay una tendencia exponencial en el mercado de los vehículos de bajas emisiones, por lo que puede representar un aumento del 0.3% del total de autos en la actualidad a un 2.73% para 2032, sin embargo esta cifra, tiene gran incertidumbre, puesto que es un mercado que apenas empieza y falta ver los resultados de aceptación de estas tecnologías.
- Ocupación: se espera que continúe la tendencia de viajes individuales, pero el aumento del precio de los combustibles y nuevo transporte público pueden hacer que esta cifra no disminuya al ritmo con que lo ha hecho e incluso puede hacerla aumentar. Pasará de 1.578 personas por automóvil en 2012, a 1.501 en 2032.
- Demanda: se mantendrá la tendencia en la cantidad de viajes promedio por persona, dado que se espera que el comportamiento de la población sea prácticamente el mismo, en relación a la cantidad de viajes diarios, la demanda de viajes por usuario/año, pasará de 3,622 en 2012 a 3,377 en 2032.

- Longitud de viajes: como se mencionó el crecimiento de la ciudad influye en las distancias necesarias para llegar a un objetivo deseado, por lo que de 6.97 kilómetros en 2012 pasará a 7.54 kilómetros en 2032.
- Recorridos por vehículo: se espera que en el periodo de 2012 a 2032 la longitud promedio de recorridos anuales pase de 15,992 Km a 16,965 Km, con un incremento promedio anual de 0.30%, dado que las longitudes de viaje aumentarán y la ocupación disminuirá.
- Recorridos: los recorridos son directamente proporcionales al aumento de vehículos en la ciudad y a sus recorridos unitarios. Pasará de 7,609 millones de Km por año a 13,789 millones de Km por año, significando un crecimiento promedio anual de 3.02%.
- Potencia de vehículos: se espera que la industria automotriz continúe con la tendencia de cubrir la demanda de vehículos con unidades provistas de motores de menor tamaño y se espera una disminución de la potencia de vehículos, de 2.790 lts en 2012 a 2.526 lts en 2032, a pesar de que las limitaciones para adquirir vehículos de alta potencia seguirán siendo mínimas, salvo las económicas por el aumento del precio del combustible.
- Edad de vehículos: se espera que siga disminuyendo la edad promedio de los vehículos en operación dado que se espera que continúen las facilidades de crédito y las dificultades de importación, además de las nuevas leyes de verificación vehicular que hace más complicado que un auto más antiguo pueda pasar dichas normas. El promedio de edad disminuirá de 10.54 años a 9.54 años en el periodo de 2012 a 2032.
- Condiciones Mecánicas: se espera que continúe la mejora gradual en las condiciones mecánicas en relación a la producción de emisiones dado que seguirá la tendencia a tener vehículos más nuevos, con mayor rendimiento y con tecnología antiemisiones cada vez más eficiente, además que de manera local se está tratando de implementar el programa de verificación vehicular de carácter obligatorio para después de 2012, desconociéndose si se podrá hacer efectiva esta propuesta o no. Se considera que su correspondiente factor aumentará a 1.26 en el periodo de 2012

a 2032, es decir que unitariamente los vehículos actuales están produciendo 26% más emisiones que los que circularán en 2032.

- Rendimiento: se espera que continúe el incremento en el rendimiento de los vehículos, aunque levemente, pudiendo pasar de un rendimiento ponderado de 6.35 a 7.45 Km/lt en el periodo de 2012 a 2032, representando un incremento de 0.8% anual.
- Combustible: se espera que continúe el incremento exponencial en el consumo de combustible del transporte terrestre del área de estudio, dado que continuará incrementándose el parque vehicular y los recorridos individuales de los vehículos, que según las tendencias no será contrarrestado con el rendimiento y la mejora de las condiciones mecánicas, ya que se estima que el consumo no será contrarrestado con las mejoras en los rendimientos de los vehículos ya que se espera que el consumo por este sector pase de 1,195 en 2012 a 1,725 millones de litros por año en 2032, lo anterior representa un incremento anual de 1.77%.
- Factor de emisiones eléctricas: se espera que siga disminuyendo muy levemente la proporción de energía eléctrica que proviene de fuentes no limpias, logrando un 77% de emisiones de combustible no limpio en 2032, frente al 80% de 2012. Esta cifra tiene un grado de incertidumbre alto, puesto que es complicado monitorear la manera de uso de los autos eléctricos.
- Emisiones: Los principales resultados de emisiones que se esperan del sector transporte en Baja California son los siguientes:
 - Emisiones de N₂O: en 2012 se registraron emisiones anuales expresadas en toneladas, de 1,265 y se esperan 1,275 en 2032.
 - Emisiones de CH₄: en 2012 se registraron emisiones anuales expresadas en toneladas, de 247 y se esperan 269 en 2032.
 - Emisiones de CO₂: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,565 y en 2032 llegará a 3,231.
 - CO₂ equivalente de las principales emisiones del transporte (CO₂, N₂O y CH₄): en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de

toneladas de 2,939, llegando hasta 3,632 en 2032, con un aumento anual de 1.06%. Los altos niveles de emisiones se deben a que la tendencia al alza el parque vehicular, los recorridos, el rendimiento no es suficiente y la edad de los vehículos no disminuye de la manera deseada (Figura 22).

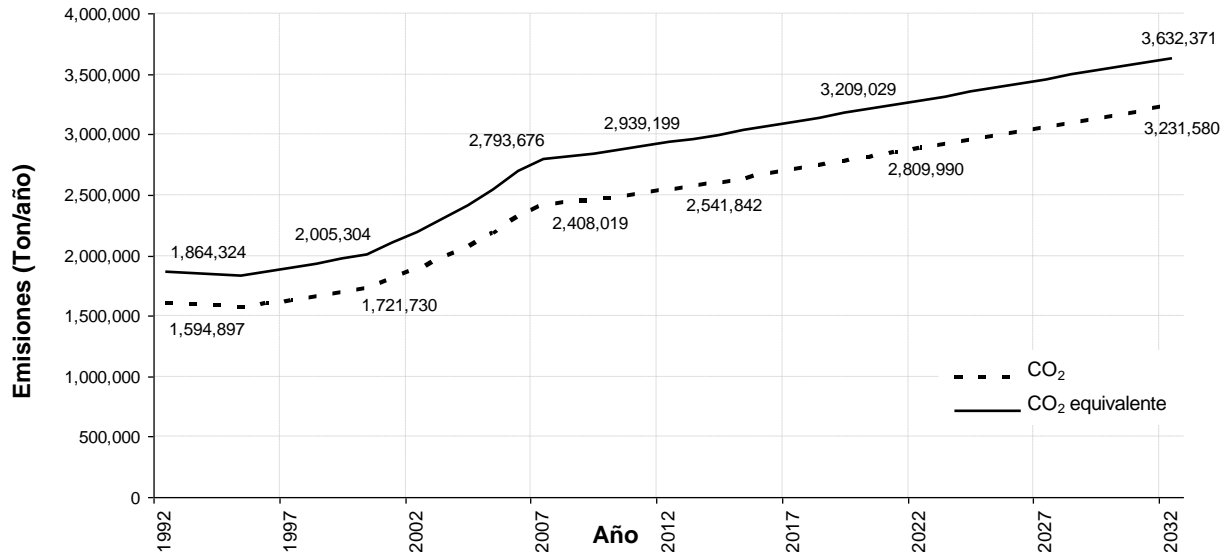


Figura 22. Proyección de las emisiones de CO₂ en el periodo 1992-2032.
Fuente: Elaboración propia.

- Grado de deterioro ambiental: se espera que en la ciudad de Mexicali continúe el aumento gradual en el deterioro ambiental provocado por las emisiones producto del transporte terrestre. Se tiene un incremento promedio anual de 3.48%, en el periodo 2012-2032, a diferencia de lo obtenido en el periodo 1992-2012 que fue de 6.09%.

La contaminación por emisiones de GEI en la ciudad de Mexicali, en el periodo 2012-2032 (Tabla 3), tiene la tendencia de ir en aumento. Si no se realizan medidas y estrategias de mitigación, para evitar que las emisiones sigan creciendo, el número de automóviles que transitarán en la ciudad será cada vez más alarmante, provocando que la contaminación siga la tendencia al alta. Las variables que aumentan y que provocan mayor impacto son: la población, la cantidad de vehículos en operación, y las emisiones de CO₂. Es por eso que son necesarias estrategias de mitigación y adaptación, directamente relacionadas con la disminución de vehículos en la ciudad, pueden ser las más exitosas para resultados favorables en el modelo.

Tabla 3. Indicadores del Escenario 0. Evolución de variables sin propuestas de cambios.

año/variable	Población (hab)	índice de motorización (veh/hab)	Vehículos en operación (veh)	Vehículos que consumen energías limpias (veh)	Ocupación (pasajeros/veh)	Longitud de viajes (km)	Recorridos por vehículo (km/año)	Recorridos (millones km/año)	Potencia de vehículos (lts)	Edad de vehículos (años)	Combustible (millones lts/año)	Emissiones Millones de Ton CO ₂ eq/año
2012	790,479	0.6019	475,796	1,433	1.578	6.97	15,992	7,609	2.79	10.54	1,194.58	2.939
2015	839,151	0.6133	514,652	2,245	1.567	7.05	16,136	8,305	2.75	10.38	1,268.38	3.032
2020	926,680	0.6366	589,905	4,963	1.547	7.19	16,377	9,661	2.68	10.12	1,403.12	3.209
2025	1,022,892	0.6599	674,962	9,931	1.528	7.34	16,621	11,218	2.62	9.88	1,537.75	3.386
2030	1,128,628	0.6831	771,005	17,936	1.509	7.48	16,867	13,004	2.55	9.63	1,672.07	3.562
2032	1,173,793	0.6924	812,788	22,199	1.501	7.54	16,965	13,789	2.53	9.54	1,725.03	3.632

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Escenario 1: No incremento de la demanda y ocupación.

En esta propuesta se modificarán las tendencias de las variables Ocupación y Demanda, de la siguiente manera:

- Ocupación: se plantea que se mantenga la ocupación del año base (2012), es decir, realizar las acciones pertinentes para que ya no siga disminuyendo en el periodo 2012-2032 (disminución de 0% anual).
- Demanda: se seguirán manteniendo la cantidad de viajes promedio que realizan los usuarios dado que se espera conservarán los hábitos de motivos de viaje (0% de crecimiento anual).

A continuación se presenta el comportamiento de las variables que mostraron cambios con respecto al Escenario 0 para el periodo 2012-2032.

1. Ocupación: el promedio de ocupación se mantendrá en el periodo de 2012 a 2032 en 1.578 pasajeros por vehículo.
2. Demanda: se mantendrá la cantidad de viajes promedio que realizan los usuarios (en relación a la cantidad de viajes diarios).
3. Recorridos por vehículo: se espera que en el periodo de 2012 a 2032 la longitud promedio de recorridos anuales pase de 16,008 a 17,326 Km/año, dado que las longitudes de viaje aumentarán y la ocupación disminuirá.

4. Combustible: se espera que continúe el incremento exponencial en el consumo de combustible del transporte terrestre en la ciudad de Mexicali, dado que continuará incrementándose el parque vehicular y los recorridos individuales de los vehículos y no será contrarrestado con las mejoras en los rendimientos de los vehículos y el congelamiento de la demanda individual y la ocupación, ya que se espera que el consumo por este sector pase de 1,195 en 2012 a 1,761 millones de litros por año en 2032.
5. Emisiones: Los principales resultados de emisiones que se esperan del sector transporte en la ciudad de Mexicali son los siguientes:
 - a. Emisiones de N_2O : en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 1,266 y en 2032 se espera llegará a 1,179.
 - b. Emisiones de CH_4 : en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 247, para 2032 llegará a 253.
 - c. Emisiones de CO_2 : en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,544, y para 2032 aumentará a 3,122.
 - d. CO_2 equivalente de las principales emisiones del transporte (CO_2 , N_2O y CH_4): en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en millones de toneladas de 2.942 y llegara para 2032 a 3.493.
6. Grado de deterioro ambiental: se espera que en la ciudad de Mexicali continúe el aumento gradual en el deterioro ambiental provocado por las emisiones producto del transporte terrestre. Se observa que el deterioro que pudiera haber en el periodo de 2012 a 2032 será de 19% mayor al actual, frente al 24% producido en el Escenario 0.

En la Tabla 4 se puede observar el concentrado de información referente al Escenario 1.

Tabla 4. Indicadores del Escenario 1: No incremento de la demanda y ocupación.

año/variable	Población (hab)	índice de motorización (veh/hab)	Vehículos en operación (veh)	Vehículos que consumen energías limpias (veh)	Ocupación (pasajeros/veh)	Longitud de viajes (km)	Recorridos por vehículo (km/año)	Recorridos (millones km/año)	Potencia de vehículos (lts)	Edad de vehículos (años)	Combustible (millones lts/año)	Emissiones Millones de Ton CO ₂ eq/año
2012	494,886	0.38	187,123	463	1.95	6.34	14,842	2,777	3.13	14.77	670.12	1.86
2015	544,125	0.36	193,374	478	1.93	6.46	15,081	2,916	3.08	14.22	669.37	1.85
2020	616,895	0.42	261,451	646	1.91	6.63	15,387	4,023	2.99	12.00	754.80	1.84
2025	687,138	0.52	358,328	886	1.79	6.77	15,644	5,606	2.91	11.45	985.15	1.83
2030	759,537	0.59	447,022	1,146	1.64	6.91	15,889	7,103	2.82	10.79	1,151.92	1.86
2032	790,479	0.60	475,796	1,433	1.58	6.96	16,008	7,617	2.79	10.54	1,195.22	1.90

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Escenario 2: Medidas leves sobre demanda y tipo de vehículo.

El Escenario 2 aplica las siguientes medidas sobre las variables que afectan demanda y aquellas que incluyen emisiones menores debido al tipo de vehículo.

- Vehículos que consumen energías limpias: 14.7% de aumento anual en la proporción de vehículos que usan energías limpias.
- Vehículos híbridos: incremento de 24.3% anual de este tipo de vehículos.
- Vehículos eléctricos: aumento anual de 24.6% de vehículos eléctricos.
- Ocupación: aumentar la ocupación a 1% anual.
- Demanda: leve reducción de la demanda de 1% anual.
- Potencia: reducción de la potencia de los vehículos de 1.2% anual.
- Edad: reducción en la edad promedio de los vehículos en circulación de 1% anual.

A continuación se pueden apreciar los cambios a partir del Escenario 0, con respecto a las variables, debido a las medidas aplicadas en el Escenario 2.

1. Vehículos que consumen energías limpias: la cantidad de vehículos que utilizan energías limpias (no provenientes de hidrocarburos) presentan un aumento gradual al aumentar de 1,433 en 2012 a 22,186 en 2032.

2. Vehículos híbridos: presentan un aumento gradual al aumentar de 573 en 2012 a 44,680 en 2032.
3. Vehículos eléctricos: presentan un aumento gradual al aumentar de 271 en 2012 a 22,070 en 2032.
4. Ocupación: bajo este escenario, se plantea la propuesta de aumentar el uso de transporte masivo por lo que en la ciudad de Mexicali, aumentará el promedio de pasajeros por vehículo de 1.578 en 2012 a 1.926 en 2032.
5. Demanda: se tendrá una reducción en la cantidad de viajes anuales por usuario de 3,622 en 2012 a 4,420 en 2032.
6. Recorridos: esta variable reducirá su aumento en el periodo de 2012 a 2032, pasando de 7,609 a 14,059 millones de Km. por año.
7. Potencia de vehículos: el desplazamiento promedio de los motores de los vehículos en el periodo de 2012 a 2032 disminuirá de 2.790 a 2.198 (reducción de 1.2% anual).
8. Edad de vehículos: con la aplicación de instrumentos para no permitir autos de mucha antigüedad, en el periodo de 2012 a 2032 la edad promedio de los vehículos en la ciudad de Mexicali se reducirá de 10.54 a 8.64 años.
9. Rendimiento: el rendimiento promedio de los vehículos pasará de 6.349 Km/lt en 2012 a 8.905 Km/lt en 2032.
10. Combustible: se espera que deje de crecer el consumo global de combustible, ya que se pronostica que el consumo por este sector pase de 1,195 en 2012 a 1,471 millones de litros por año en 2032.
11. Emisiones: Los principales resultados de emisiones que se esperan del sector transporte en Baja California bajo las condiciones de este Escenario son los siguientes:
 - *Emisiones de N₂O*: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 1,265 en 2022 se esperan 1,173 en 2032 disminuye a 1,083.

- *Emisiones de CH₄*: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 247 en 2012, para 2022 se esperan 238, en 2032 disminuye a 229.
- *Emisiones de CO₂*: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,542, en 2022 se esperan 2,657, en 2032 se pronostican 2,746.
- *CO₂ equivalente de las principales emisiones del transporte (CO₂, N₂O y CH₄)*: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,939, en 2022 se esperan 3,026, en 2032 se proyectaron a 3,087. Lo que representará un aumento promedio anual del 0.24% (contra el incremento que representa el Escenario 0 de 1.064%).

12. Grado de deterioro ambiental: se espera que en la ciudad de Mexicali bajo este escenario se reduzca el deterioro ambiental provocado por las emisiones producto del transporte terrestre. Se observa que la disminución al deterioro en el periodo de 2012 a 2032 será de 3.26% promedio anual, comparado con el 3.48% esperado en el Escenario 0.

En la Tabla 5 se puede observar el concentrado de información referente al Escenario 2.

Tabla 5. Indicadores del Escenario 2: Medidas leves sobre demanda y tipo de vehículo.

año/variable	Población (hab)	índice de motorización (veh/hab)	Vehículos en operación (veh)	Vehículos que consumen energías limpias (veh)	Ocupación (pasajeros/veh)	Longitud de viajes (km)	Recorridos por vehículo (km/año)	Recorridos (millones km/año)	Potencia de vehículos (lts)	Edad de vehículos (años)	Combustible (millones lts/año)	Emisiones Millones de Ton CO ₂ eq/año
2012	790,479	0.6019	475,796	1,433	1.578	6.97	15,992	7,609	2.79	10.54	1,194.58	2.939
2015	839,151	0.6146	515,773	2,250	1.626	7.05	16,185	8,348	2.69	10.23	1,241.26	2.967
2020	926,680	0.6365	589,788	4,962	1.709	7.19	16,509	9,737	2.54	9.73	1,316.62	3.010
2025	1,022,892	0.6590	674,130	9,918	1.796	7.34	16,838	11,351	2.39	9.26	1,385.42	3.047
2030	1,128,628	0.6824	770,215	17,917	1.888	7.48	17,173	13,227	2.25	8.81	1,448.19	3.077
2032	1,173,793	0.6920	812,290	22,186	1.926	7.54	17,308	14,059	2.20	8.64	1,471.16	3.087

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Escenario 3: Medidas fuertes sobre demanda y tipo de vehículo

Sobre el Escenario 3 se realizan las siguientes modificaciones en las variables que afectan la demanda y el tipo de vehículo, mostrando incrementos anuales más drásticos que el Escenario 2.

1. Vehículos que consumen energías limpias: aumento de 19% anual.
2. Vehículos híbridos: aumento de 28% anual.
3. Vehículos eléctricos: aumento de 25% anual.
4. Ocupación: se propone una disminución de 1.4% anual.
5. Demanda: se propone una disminución de 1% anual.
6. Potencia de vehículos: disminución de 1.6% anual.
7. Edad de vehículos: se propone un % de disminución de 1.4% anual.
8. Condiciones mecánicas:
 - a. Factor de incremento de rendimiento por mejoras en la tecnología: 1.006
 - b. Factor de incremento de autos con tecnología de baja emisión: 1.030

A continuación se presentan los resultados de las variables que mostraron cambios con respecto al Escenario 0 para el periodo 2012-2032.

1. Vehículos que consumen energías limpias: la cantidad de vehículos que utilizan energías limpias (no provenientes de hidrocarburos) doblo sus unidades con respecto al Escenario 0 donde para 2032 se tenían 22,083 unidades y para 2032 del Escenario 3 aumentó a 46,486 unidades, siendo el 5.72% del total de automóviles.
2. Ocupación: Llega en 2032 a 2.084 pasajeros/vehículo, comparado con el mismo año en el Escenario 0 de 1.501 pasajeros/vehículo.
3. Demanda: se observa una disminución de 372 viajes por vehículo en un año con respecto al Escenario 0, llegando a 1,877 viajes por vehículo en 2032.
4. Potencia: disminuye hasta llegar a 2.031 litros en 2032, comparado con 2.526 litros pronosticados en el Escenario 0.

5. Combustible: se observa una disminución del combustible expresado en millones de litros hasta llegar a 1,072 en 2032 en comparación al combustible consumido en el Escenario 0 de 1,725.
6. Condiciones mecánicas: se observa una mejora en esta variable logrando llegar en 2032 a 61%, comparado con el 26% logrado en el Escenario 0.
7. Emisiones: Las emisiones que se esperan del sector transporte en el área de estudio bajo las condiciones de este escenario son los siguientes:
 - Emisiones de N₂O: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 1,265, en 2022 se esperan 946, en 2032 disminuye a 685.
 - Emisiones de CH₄: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 247, en 2022 se esperan 194, en 2032 disminuye a 147.
 - Emisiones de CO₂: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,541, en 2022 se esperan 2,195, en 2032 disminuye a 1,812.
 - CO₂ equivalente de las principales emisiones del transporte (CO₂, N₂O y CH₄): en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,939, en 2022 se esperan 2,407, en 2032 se espera que disminuya a 2,027.
8. Grado de deterioro ambiental: se espera que en la ciudad de Mexicali, bajo este escenario se disminuya en un 31% el deterioro ambiental provocado por las emisiones producto del transporte terrestre, en el periodo 2012-2032.

En la Tabla 6 se pueden observar los resultados de las variables en el periodo 2012-2032.

Tabla 6. Indicadores del Escenario 3: Medidas fuertes sobre demanda y tipo de vehículo.

año/variable	Población (hab)	índice de motorización (veh/hab)	Vehículos en operación (veh)	Vehículos que consumen energías limpias (veh)	Ocupación (pasajeros/veh)	Longitud de viajes (km)	Recorridos por vehículo (km/año)	Recorridos (millones km/año)	Potencia de vehículos (lts)	Edad de vehículos (años)	Combustible (millones lts/año)	Emisiones Millones de Ton CO ₂ eq/año
2012	790,479	0.6019	475,796	1,433	1.578	6.97	15,992	7,609	2.79	10.54	1,194.58	2.939
2015	839,151	0.6146	515,773	2,416	1.646	7.05	15,704	8,100	2.66	10.11	1,182.75	2.798
2020	926,680	0.6365	589,788	5,764	1.764	7.19	15,234	8,985	2.46	9.43	1,158.94	2.578
2025	1,022,892	0.6590	674,130	13,756	1.891	7.34	14,776	9,961	2.27	8.79	1,121.87	2.364
2030	1,128,628	0.6824	770,215	32,826	2.027	7.48	14,331	11,038	2.10	8.20	1,055.10	2.133
2032	1,173,793	0.6920	812,290	46,485	2.084	7.54	14,157	11,499	2.03	7.98	1,011.98	2.027

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6 Escenario 4: Medidas severas sobre demanda y tipo de vehículo

Sobre el Escenario 4 se realizan las siguientes modificaciones en las variables que afectan la demanda y el tipo de vehículo, mostrando incrementos anuales severos.

1. Vehículos que consumen energías limpias: aumento de 23% anual.
2. Vehículos híbridos: aumento de 36% anual.
3. Factor de uso híbrido:
 - a. Periodo 2012-2022: 1.1846.
 - b. Periodo 2022-2032: 1.
4. Vehículos eléctricos: aumento de 27% anual.
5. Ocupación: se propone una disminución de 3.3% anual.
6. Demanda: se propone una disminución de 2% anual.
7. Potencia de vehículos: disminución más drástica de 2% anual.
8. Edad de vehículos: se propone una de disminución de 1.8% anual.
9. Condiciones Mecánicas.
 - c. Factor de incremento de rendimiento por mejoras en la tecnología: 1.006.
 - d. Factor de incremento de autos con tecnología de baja emisión: 1.030.

A continuación se presentan los resultados de las variables que mostraron cambios con respecto al Escenario 0 para el periodo 2012-2032.

1. Vehículos que consumen energías limpias: la cantidad de vehículos que utilizan energías limpias llegó a 90,048 unidades siendo el 11 % del total de vehículos.
2. Ocupación: Se logra llegar en 2032 a 3.055 pasajeros/vehículo.
3. Demanda: se obtienen 1,532 viajes por vehículo en 2032, se observa la disminución comparado con los 2,249 viajes por vehículo en el Escenario anterior.
4. Potencia: disminuye hasta llegar a 1.878 litros en 2032, comparado con 2.526 litros pronosticados en el Escenario 0.
5. Combustible: se observa una disminución de 1097 millones de litros con respecto al Escenario 0 llegando a 628 millones de litros en 2032 en este Escenario.
6. Condiciones mecánicas: se observa una mejora en esta variable logrando llegar en 2032 a un factor de 1.756, lo que significa que los automóviles utilizados en 2012 producen 75.6% más emisiones que lo que se esperaría bajo estas condiciones en 2032.
7. Emisiones: Las emisiones que se esperan del sector transporte en el área de estudio bajo las condiciones de este escenario son los siguientes:
 - a. Emisiones de N₂O: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 1,265, en 2022 se esperan 798, en 2032 disminuye a 452.
 - b. Emisiones de CH₄: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 247, en 2022 se esperan 163, en 2032 disminuye a 97.
 - c. Emisiones de CO₂: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,541, en 2022 se esperan 1,850, en 2032 disminuye a 1,188.
 - d. CO₂ equivalente de las principales emisiones del transporte (CO₂, N₂O y CH₄): en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de

toneladas de 2,939, en 2022 se esperan 2,100, en 2032 se espera que disminuya a 1,330.

8. Grado de deterioro ambiental: se espera que en la ciudad de Mexicali, bajo este escenario se disminuya en un 54.7% el deterioro ambiental provocado por las emisiones producto del transporte terrestre, en el periodo 2012-2032.

En la Tabla 7 se pueden observar los resultados de las variables en el periodo 2012-2032, donde se observa la disminución en las emisiones.

Tabla 7. Indicadores del Escenario 4: Medidas severas sobre demanda y tipo de vehículo.

año/variable	Población (hab)	índice de motorización (veh/hab)	Vehículos en operación (veh)	Vehículos que consumen energías limpias (veh)	Ocupación (pasajeros/veh)	Longitud de viajes (km)	Recorridos por vehículo (km/año)	Recorridos (millones km/año)	Potencia de vehículos (lts)	Edad de vehículos (años)	Combustible (millones lts/año)	Emisiones Millones de Ton CO ₂ eq/año
2012	790,479	0.6019	475,796	1,433	1.578	6.97	15,992	7,609	2.79	10.54	1,194.58	2.939
2015	839,151	0.6146	515,773	2,667	1.740	7.05	15,233	7,857	2.63	9.99	1,125.18	2.662
2020	926,680	0.6365	589,788	7,510	2.047	7.19	14,045	8,284	2.38	9.14	1,011.76	2.252
2025	1,022,892	0.6590	674,130	21,142	2.407	7.34	12,949	8,729	2.16	8.36	887.95	1.881
2030	1,128,628	0.6824	770,215	59,520	2.832	7.48	11,938	9,195	1.95	7.64	723.03	1.503
2032	1,173,793	0.6920	812,290	90,048	3.022	7.54	11,555	9,386	1.88	7.37	627.87	1.331

Fuente: Elaboración propia.

4.2.7 Escenario 5: Sólo vehículos de energías limpias.

Este escenario es considerado utópico, puesto que se considera la posibilidad de dejar de quemar combustibles fósiles, por lo que solamente se consideran los vehículos de energías consideradas limpias.

1. Vehículos que consumen energías limpias: Se proponen aumentos más drásticos en los primeros años.
 - a. Periodo 2012-2015: 16,000 unidades por año.
 - b. Periodo 2015-2020: 14,000 unidades por año.
 - c. Periodo 2020-2030: 12,000 unidades por año.
 - d. Periodo 2030-2032: 10,000 unidades por año.
2. Vehículos híbridos: incremento de la proporción: 0.0002

3. Factor de uso híbrido:
 - a. Periodo 2012-2022: 1.36.
4. Periodo 2022-2032: 1.
5. Vehículos eléctricos: aumento en unidades dependiendo de los siguientes periodos:
 - a. Periodo 2012-2015: 10,000 unidades por año.
 - b. Periodo 2015-2021: 20,000 unidades por año.
 - c. Periodo 2021-2026: 30,000 unidades por año.
 - d. Periodo 2026-2032: 35,000 unidades por año.
6. Se propone que las siguientes variables no cambien con respecto al 2012 en el periodo 2012-2032:
 - a. Ocupación: 1.578 pasajeros/vehículo.
 - b. Demanda: 2,295 viajes por vehículo.
 - c. Potencia de vehículos: 2.790 litros.
 - d. Edad de vehículos: 10.54 años.

A continuación se presentan los resultados de las variables que mostraron cambios con respecto al Escenario 0 para el periodo 2012-2032.

1. Vehículos que consumen energías limpias: la cantidad de vehículos que utilizan energías limpias llegará a 197,339 unidades siendo el 24.3% del total de vehículos.
2. Combustible: se observa una disminución del uso de combustible hasta llegar a 0 en 2032, contra los 1,725 consumidos en el Escenario 0.
3. Emisiones: Las emisiones que se esperan del sector transporte en el área de estudio bajo las condiciones de este escenario son las siguientes:
 - a. Emisiones de N₂O: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 1,265, en 2022 se esperan 805, en 2032 disminuye a 0.
 - b. Emisiones de CH₄: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en toneladas de 247, en 2022 se esperan 165, en 2032 disminuye a 0.

- c. Emisiones de CO₂: en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,541, en 2022 se esperan 1,847, en 2032 disminuye a 0.
 - d. CO₂ equivalente de las principales emisiones del transporte (CO₂, N₂O y CH₄): en 2012 se tienen emisiones anuales expresadas en miles de toneladas de 2,939, en 2022 se esperan 2,100, en 2032 se espera que disminuya a 0.
4. Grado de deterioro ambiental: se espera que en la ciudad de Mexicali, bajo este escenario se disminuya en un 100% el deterioro ambiental provocado por las emisiones producto del transporte terrestre, en el periodo 2012-2032.

En la Tabla 8 se pueden observar los resultados de las variables en el periodo 2012-2032, donde se observa la disminución drástica en las emisiones.

Tabla 8. Indicadores del Escenario 5: Sólo vehículos de energías limpias.

año/ variable	Población (hab)	índice de motorización (veh/hab)	Vehículos en operación (veh)	Vehículos que consumen energías limpias (veh)	Ocupación (pasajeros/ veh)	Longitud de viajes (km)	Recorridos por vehículo (km/año)	Recorridos (millones km/año)	Potencia de vehículos (lts)	Edad de vehículos (años)	Combustible (millones lts/año)	Emisiones Millones de Ton CO ₂ eq/año
2012	790,479	0.6019	475,796	1,433	1.578	6.97	15,992	7,609	2.79	10.54	1,194.58	2.94
2015	839,151	0.6146	515,773	49,433	1.578	7.05	16,185	8,348	2.79	10.54	1,172.07	2.69
2020	926,680	0.6365	589,788	117,433	1.578	7.19	16,509	9,737	2.79	10.54	1,013.77	2.08
2025	1,022,892	0.6590	674,130	177,433	1.578	7.34	16,838	11,351	2.79	10.54	716.49	1.29
2030	1,128,628	0.6824	770,215	235,433	1.578	7.48	17,173	13,227	2.79	10.54	240.88	0.40
2032	1,173,793	0.6920	812,290	252,339	1.578	7.54	17,308	14,059	2.79	10.54	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 5

Discusión de Resultados

El estudio y la exitosa implementación de estrategias para la mitigación de GEI, son de gran ayuda para la reducción de las emisiones de estos gases. El cambio climático, no es provocado solamente por una ciudad o un país, más bien es una problemática global que tiene que ser resuelta localidad por localidad de manera individual, para lograr tener en conjunto un impacto global (Hamin y Gurrán, 2009; Bansha, 2011). Sin embargo, cada localidad debe establecer programas que apoyen a la mitigación de GEI, en sus diferentes sectores, es por eso que se realizó el modelo de emisiones de GEI, por parte del sector transporte en la ciudad de Mexicali. Los resultados son de manera local, pero puede tomarse el modelo, actualizar los datos, y adaptarlo a diferentes ciudades, para poder calcular y proyectar las emisiones del sector transporte.

El sector Transporte representa un factor clave en el combate del cambio climático, en la medida que se establezcan y se lleven a cabo acciones de mitigación se podrán abatir las tendencias de crecimiento en la generación de GEI y su consecuente acumulación en la atmósfera, para ello se requiere de la acción conjunta de autoridades y población en las tareas de diseño y aplicación de políticas públicas, normatividad y actitud ante la importancia que reviste este tema. Además, existe un potencial de demanda de transporte que puede ser aprovechado para introducir o combinar distintas modalidades a través del mejoramiento en la administración y operación del transporte público así como de inversión en infraestructura. Es necesario reforzar el tema de cambio climático en los planes de desarrollo urbano y en las políticas de transporte.

En cuanto a la hipótesis, queda claro el modelo de emisiones de GEI por parte del transporte aquí determinado, permitió definir propuestas viables, desde el punto de vista técnico y matemático, para la mitigación de dichos gases. El uso del modelo de reducción de emisiones es un apoyo para los tomadores de decisiones, para saber las tendencias y los posibles resultados al agregar condicionantes para llegar a una meta

específica. El análisis matemático obtenido por el modelo es la base para el inicio de proyectos específicos variable por variable desde el punto de vista económico, político y normativo, para así lograr obtener resultados prácticos, sociales y ecológicos requeridos para la mitigación de GEI de manera local. Las propuestas establecidas en los escenarios del uno al cinco, fueron más drásticas hasta llegar a la prohibición de quema de combustibles fósiles.

En el modelo de emisiones de GEI, establecido en el estudio, se marca un escenario tendencial, en el cual no se realiza algún tipo de acción de mitigación pudiendo tener consecuencias no deseables para la sociedad y para la contribución a la aceleración del CC. El Escenario 5 cuenta con la clasificación de drástico o utópico, puesto que se llega a la medida de prohibición de combustibles fósiles en la localidad.

Se consideran preferentes de aplicar los Escenarios 3 y 4, puesto que a pesar del crecimiento poblacional, se obtiene una disminución en las emisiones producidas por el sector transporte. La disminución de GEI, se logra con la aplicación de medidas como; la promoción y obtención de vehículos de menor edad, la mejora de las condiciones mecánicas, el aumento del porcentaje de uso de vehículos con energías limpias, aumento en la ocupación vehicular, disminución en la demanda, y la disminución de la potencia de los vehículos.

En la Figura 23, se observa cómo a partir de la aplicación de medidas disminuyen las emisiones de CO_2eq de cada uno de los escenarios. Los Escenarios 0 y 1, no tienen mucha diferencia, puesto que en el 1, no se incrementó la demanda y en la ocupación, que no tienen relación directa en la disminución de las emisiones de GEI.

En el Escenario 2, se establecen medidas leves sobre la demanda y el tipo de vehículo, se establece el aumento de uso de vehículos que consumen energías limpias, vehículos híbridos y eléctricos, así como aumentar la ocupación, y reducción en demanda, potencia y edad de los vehículos.

En el Escenario 3 se establecen medidas fuertes sobre demanda y tipo de vehículo, por lo tanto se puede observar en la gráfica que empieza a ser más drástica la disminución de emisiones, resultado de aumento sustancial de la promoción y uso de

vehículos que consumen energías limpias, aumento en ocupación, demanda y mejora de las condiciones mecánicas, y la disminución de la potencia y la edad.

En el Escenario 4 se toman las mismas medidas, que el Escenario 3, pero con más severidad en su aplicación, resultando una sustancial disminución de GEI, comparado en el Escenario 0.

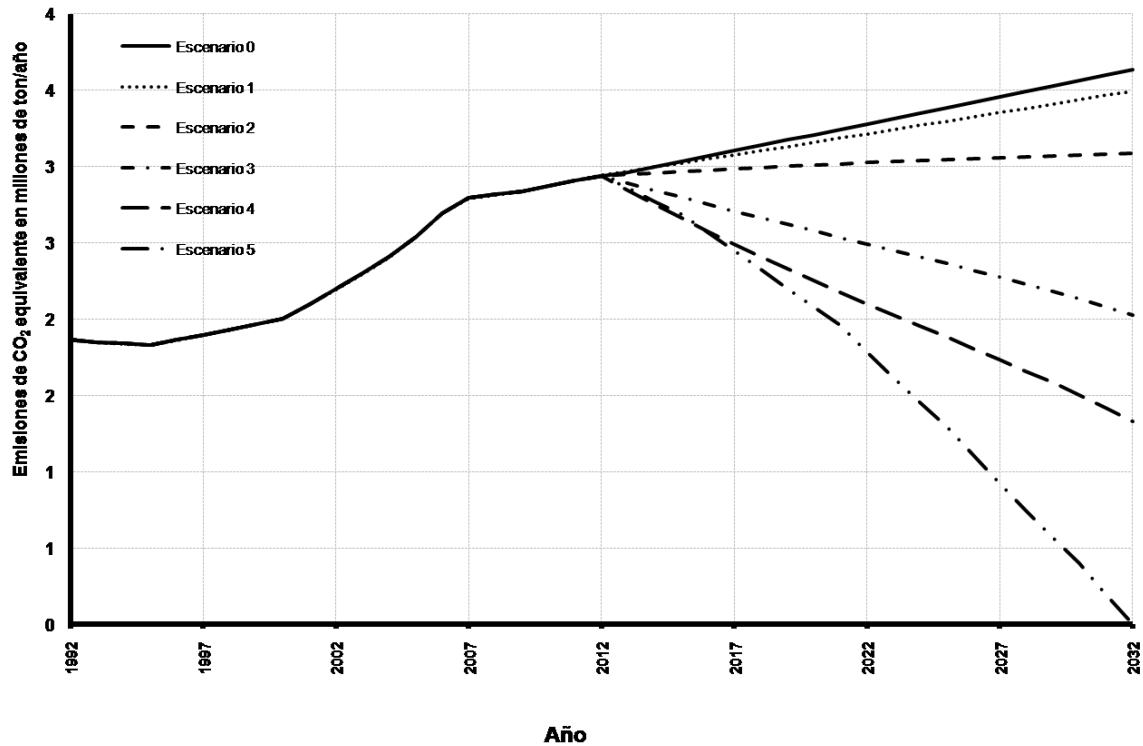


Figura 23. Emisiones de CO₂eq del sector transporte en Mexicali bajo diferentes escenarios.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9 se pueden observar las emisiones de CO₂ eq producidas por cada uno de los escenarios a partir del año base (2012) y como disminuyen las emisiones con las estrategias tomadas en cada uno de los escenarios.

Tabla 9. Emisiones producidas por escenario

Año	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
	Millones de Ton de CO ₂ eq/año	Millones de Ton de CO ₂ eq/año	Millones de Ton de CO ₂ eq/año	Millones de Ton de CO ₂ eq/año	Millones de Ton de CO ₂ eq/año	Millones de Ton de CO ₂ eq/año
2012	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94
2022	3.28	3.21	3.03	2.49	2.10	1.78
2032	3.63	3.49	3.09	2.03	1.33	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Con las emisiones resultantes del modelo mostradas en la gráfica anterior, se concluye que la no aplicación de medidas (Escenario 0), incrementa la contribución a la aceleración del cambio climático de la ciudad de Mexicali. Es por eso que la aplicación de medidas debe ser integral, si se observa en el segundo y tercer escenario, donde se aplicaron pocas medidas, no se obtuvieron resultados suficientes para llegar a la reducción ideal de las emisiones. Para lograrlo se deben aplicar medidas que involucren la participación ciudadana, la iniciativa privada y los entes gubernamentales. Este trabajo de investigación sirve como base para la toma de decisiones futuras, puesto que provee información del posible comportamiento futuro de las variables involucradas en el sector transporte.

Es indispensable pensar la ciudad desde otro punto de vista, no solamente diseñar, para resolver un problema de embotellamiento vial, sino ir más allá y pensar que es lo que se desea alentar, si el uso de los vehículos particulares construyendo avenidas más anchas, o direccionar la atención al peatón, transporte público y ciclistas para que tengan zonas confortables y seguras donde transitar.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

El modelo de reducciones de GEI, realizado en esta investigación, tiene como objetivo mostrar las posibles consecuencias de emisiones para tener una base en la toma de decisiones y poder saber qué variables es necesario trabajar de manera prioritaria. Después de realizar el análisis del marco normativo referente al cambio climático de manera regional a nivel México y de manera local a nivel estatal en Baja California. Se concluye que a pesar de los inventarios de emisiones realizados, y la promulgación de leyes a nivel nacional y estatal, es necesario establecer y regularizar las acciones que se realizarán para la mitigación de GEI.

Es necesario establecer criterios específicos para la realización de estrategias y proyectos ejecutivos. Además de que es de vital importancia delegar los responsables de cada uno de los proyectos. En los documentos estudiados, no se encuentran los factores que en los objetivos se plantearon. Dentro de la investigación se propusieron factores para llegar a metas establecidas en cuestión de cantidad de vehículos contaminantes y aquellos que utilizan energías no emisoras de GEI.

6.2 Recomendaciones

6.2.1 Obtención de información

El proceso de obtención de información, proveniente de instituciones gubernamentales es complicado y en ocasiones no se puede tener acceso a ella, se recomienda crear las condiciones para que haya acceso más libre a la información requerida para investigadores. La información obtenida de estas fuentes no siempre puede ser considerada confiable, aunque sea marcada como oficial, porque por ejemplo en el caso del padrón vehicular, solamente se tienen registros de los autos cuyos dueños están regularizados, sin embargo, faltaría agregar principalmente los autos extranjeros que circulan en la ciudad como rutina y los autos en desuso. Es preciso establecer instancias de vinculación con Valle Imperial California, para que se pueda acceder a los registros de autos que circulan en ambos lados de la frontera.

6.2.2 Aplicación de medidas

La aplicación obligatoria de las medidas de mitigación y adaptación, debe establecerse, independientemente de cualquier situación social y política, puesto que en la ciudad de Mexicali, existe un grave problema de contaminación ambiental provocada por el sector transporte, debido a que la flota vehicular está en malas condiciones, es obsoleta y las revisiones mecánicas no son periódicas (Muñoz, en proceso). El proceso de verificación vehicular es necesario, definitivamente no resuelve los problemas pero si parte de ellos, pero se empezará a tener un control sobre las condiciones de la flota vehicular en general.

El endurecimiento de las normas sobre emisiones de vehículos y mejoras en la calidad de los combustibles en la región europea han reducido significativamente las emisiones relacionadas con el transporte de contaminantes locales por vehículo por Kilómetro (EEA, 2010). Por lo tanto es posible llegar a establecer reglas más estrictas sobre el uso del automóvil, con la implementación de programas completos de información, concientización, ejecución y supervisión. Dentro de las medidas de control necesarias a tomar para poder controlar el uso del vehículo, las emisiones de GEI y contaminantes criterio están las normas referentes a la aplicación de sanciones, o condicionantes por parte de las autoridades. La vía económica tiene un gran impacto social, sin embargo es una medida útil en el desaliento del uso de vehículos.

El establecimiento de mayores cargas fiscales al combustible, de manera que se penalice a aquellos usuarios que más contaminan (*“el que contamina paga”*) supone una medida efectiva para reducir el impacto de los combustibles más contaminantes; sin embargo, es preciso tener en cuenta las implicaciones sociales, ya que los usuarios de vehículos más antiguos que no estén en condiciones de adquirir vehículos nuevos menos contaminantes, y que no puedan reducir sus viajes se verán nuevamente entre los más perjudicados (CICCP, 2010).

El resultado de los estudios de factibilidad y llegar a la fase de aplicación de las medidas propuestas por los programas estatales como el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC), pudiera ayudar a disminuir las emisiones

provocadas por el sector transporte. Dentro del PEACC, se establecen medidas de mitigación y adaptación para la ciudad de Mexicali, como: la instalación del tren ligero y desalentar el uso del automóvil privado (LOGIT, 2010), así como la producción de biocombustibles (GEBC, 2012).

Dentro de las medidas de mitigación que pudieran establecerse en la localidad destacan el sistema de transporte colectivo y la producción y uso de biocombustible en la región. El sistema de transporte colectivo, pudiera ayudar a que se dejen de emitir 150,187 Kg de CO₂ diarios (LOGIT, 2010). El éxito del sistema de transporte colectivo exige negociaciones con las empresas concesionarias de las rutas que operan a lo largo de los corredores planeados. También es necesario realizar estudios de demanda para identificar la ubicación óptima para los corredores, así como obtener asesoramiento técnico para la planificación y operación de los sistemas (Johnson et al, 2009). Este último punto debe de ser estudiado para que las propuestas puedan llegar a su culminación.

La producción de biocombustible podría ayudar a la reducción de 347.26 Gg (GEBC, 2012) de CO₂eq/año, formado con desechos agrícolas, lo cual alienta la industria del reciclaje y fomentar combustibles alternativos para el sector transporte.

Referencias

- Ackoff, Rusell, et al (1973), Fundamentos de investigación de operaciones, Editorial Limusa.
- Bansha D. Hari, et al, (2011), "Climate change mitigation in the transport sector through urban planning: A review", *Habitat International* 35, Oxford.
- Baptista, Patricia, Silva M. Carla, et al (2012), "Energy and environmental impacts of alternative pathways for the Portuguese road transportation sector", *Energy Policy* 51, páginas 802-815.
- Berrang-Ford, Lea, et al, Are we adapting to climate change?, *Global Environmental Change*, Volume 21, Issue 1, February 2011, Pages 25-33, ISSN 0959-3780, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.09.012>.
- CDCU (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión) (2012), Ley General del Cambio Climático, Nueva Ley DOF 06-06-2012, México.
- Chapman, Lee (2007), "Transport and climate change: a review", *Journal of transport Geography* 15: 354-367.
- CICC (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático) (2006), Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática, México, <http://es.scribd.com/doc/58257665/Hacia-una-Estrategia-Nacional-de-Accion-Climatica>.
- _____ (2009), Decreto por el que se aprueba el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, Poder Ejecutivo DOF 28/08/2009, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 28 agosto de 2009.
- _____ (2012), Quinta comunicación nacional ante la convención Marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, México.
- CICCP (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos) (2010) Libro Verde del Transporte y Cambio Climático, Cyan, Proyectos Editoriales, Madrid.
- CMM (Centro Mario Molina) (2008), Inventario de gases efecto invernadero, Plan de Acción Climática para el Estado de Baja California, <http://futurocostaensenada.files.wordpress.com/2008/09/efrainnieblas.pdf>.
- Congreso del Estado de Baja California (2012) Ley de prevención, mitigación y adaptación del Cambio Climático para el Estado de Baja California, Publicado en el Periódico Oficial No. 25, de fecha 01 de junio de 2012.
- COLEF (Colegio de la Frontera Norte) (2012), Inventario de Gases efecto invernadero del Estado de Baja California Periodo 1990-2005, México.
- COPLADEMM (Comité de Planeación para el Desarrollo Municipal Mexicali) (2011), Anuario Estadístico 2011, XX Ayuntamiento de Mexicali, <http://www.mexicali.com/coplademm/anuario2011/>, Consultada: 14 de octubre 2011.
- Davisal (2009), Mexicali en Datos, <http://cdem.org.mx/mexicali/>, CDEM, Consultada: 2 de octubre 2011.
- EEA (European Environment Agency) (2010), National Emissions Reported to the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP Convention), Copenhagen.

- Eisenack, K., Stecker, R., Reckien, D., & Hoffmann, E. (2012). Adaptation to climate change in the transport sector: a review of actions and actors. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17(5), 451-469.
- EPA-SEMARNAT (Environmental Protection Agency - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (SEMARNAT) (2003), *Frontera 2012 Programa Ambiental México-Estados Unidos*.
- EPA-SEMARNAT- DEAM-SPA (Environmental Protection Agency - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Mexicali-Secretaría de Protección al Ambiente)(2009), *Inventario de Emisiones de Mexicali, México*.
- Galindo D. Moisés, Coria Guillermo y Campbell C., Héctor, (1991), *Reportes Técnico y Ejecutivo: "Propuesta de un Sistema Vial y de Transporte Para la Ciudad de Mexicali, B. C."*, noviembre de 1991.
- Galindo D., Moisés (2001), *Reporte Técnico: "Orígenes y destinos de viajes en automóvil en la ciudad de Mexicali"*, enero de 2001.
- Galindo D., Moisés et al (2012), *Proyecto para desarrollar el Programa de Cambio Climático en el Estado de Baja California, Sector Transporte*.
- Gasca, Jorge (2004), *Emisiones nacionales de Gases con Efecto Invernadero del Sector Autotransporte, Instituto Mexicano del Petróleo*.
- GEBC (Gobierno del Estado de Baja California) (2008), *Plan Estatal de Desarrollo 2008-2013*, <http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/ped.htm>, Consultado: 18 de septiembre 2011.
- _____ (2009), *Programa Estatal para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía*.
- _____ (2012), *PEACC-BC (Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático de Baja California), Sección 3.5 Transporte, México*.
- GDF (Gobierno del Distrito Federal) (2012), *Programa de verificación vehicular obligatoria para el primer semestre del año 2013, México*.
- Hamin M. E. Gurrán N. (2009), "Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia", *Habitat International* 33: 238–245.
- IMIP (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana Mexicali) (2007) *Mexicali, Ayuntamiento XVIII, Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Mexicali 2025 (PDUCP 2025), México*.
- IMIP (Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana Mexicali) (2007a) *Mexicali, Ayuntamiento XVIII, Planos/D-AE Delimitación Área de Estudio, PDUCP 2025*.
- INE (Instituto Nacional de Ecología) (1999), *Inventario de Emisiones de Mexicali, Informe final. México*.
- _____ (2006), *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), 1990-2006*, <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/615/inventario.pdf>, Consultado: 26 de septiembre 2011.
- _____ (2010), *SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales), Para comprender el Cambio Climático, apartado: ¿Somos vulnerables al cambio climático?*, http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/porquydonesomosvul/somosvulalc.html, México, 2010. Consultado: 20 de septiembre 2011.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (1990), Consulta interactiva Censo de población y vivienda 1990, Datos para Mexicali Baja California, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=16653&c=11893&s=>

Est

_____ (1995), Consulta interactiva Censo de Población y Vivienda, Datos para Mexicali Baja California, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=16647&c=11881&s=est>

_____ (2000), Consulta interactiva Censo de población y vivienda 1990, Datos para Mexicali Baja California, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?c=10252&p=14048&s=est>

_____ (2005), Consulta interactiva Censo de Población y Vivienda, Datos para Mexicali Baja California, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/default.aspx>

_____ (2010), Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 Baja California, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/preliminares2010.aspx>

_____ (2010a), Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 Baja California, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/preliminares2010.aspx>, Consultada: 21 de septiembre 2011.

_____ (2011), Perspectiva Estadística Baja California septiembre 2011, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-bc.pdf>, Consultada: 30 de septiembre 2011.

INE-SEMARNAT (Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2005), Guía metodológica para la estimación de Fuentes vehiculares: Los vehículos como fuentes de emisión, México, <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/618/vehiculos.pdf>.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1996), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Green House Gases Inventories: Reference Manual.

_____ (2007), Anexo I, Glosario, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-annex-sp.pdf>

ITESM-INE (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-Instituto Nacional de Ecología) (2010), Elementos técnicos para elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático, México.

Johnson M.T., et al (2009), México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial en coedición con Mayol Ediciones, Colombia.

LOGIT (Logística Informática y Transporte) (2010), Proyecto de modernización del sistema municipal de transporte troncal línea express-1 con sistema de autobuses rápidos troncales BRT, XX Ayuntamiento Mexicali, B. C., México.

Lozano Angélica, Torres Vicente, et al (2003), "Tráfico vehicular en zonas urbanas", Ciencias 70, Abril-Junio 2003, Págs. 34-45.

Martínez, Julia, et al (2004), Cambio Climático: una visión desde México, SEMARNAT-INE, México.

- Muñoz M. Gabriela, et al (en proceso), Proyecto para desarrollar el Programa de Cambio Climático en el Estado de Baja California, México.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (1998), Protocolo de Kyoto, Kyoto Japón, 1998, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>, Consultada: 22 de agosto 2011.
- Ramanathan, V. et al (1985), Trace Gas Trends and Their Potencial Role in Climate Change. *Journal of Geophysical Research*, n. 81.
- Reyna, MA. (2008), "Air quality in Mexicali, Baja California", Paper presented at the Proceedings of the ISEE-ISEA joint annual conference. Oct 12–16. Pasadena (CA), Estados Unidos.
- Santos G., Ma. de los Ángeles (2012), Tesis para obtener el grado de Maestro en Planeación y Desarrollo Sustentable, Contribución del transporte particular al cambio climático en Mexicali, UABC.
- Santos G., Ma. de los Ángeles, Moisés Galindo D. y José Luis Benites Z. (2009), Reporte Técnico: "Aforos vehiculares del Blvd. Adolfo López Mateos", diciembre de 2009.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2011), Programa para mejorar la Calidad del Aire en Mexicali, http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddel Aire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/ProAire%20Mexicali%202011-2020.pdf
- SEMARNAT-INE (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología) (1999), Inventario Nacional de Emisiones de México.
- Semenov, M. A., & Stratonovitch, P. (2010). Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Climate research (Open Access for articles 4 years old and older)*, 41(1), 1.
- SENER (Secretaría de Energía) (2009), Metodologías para la cuantificación de emisiones de GEI y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía, México.
- Shannon E. Robert (1975), *Simulación de Sistemas*, Editorial Trillas.
- SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público) (2012), Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo: PROTAM, México.
- SPA (Secretaría de Protección al Ambiente) (2012), Presentación del Programa de Verificación Vehicular, Reunión del Equipo de Trabajo de Calidad del Aire de Mexicali y Vale Imperial, Programa Frontera 2012. Mexicali, B. C. 9 febrero, México.
- TSTES (The Sustainable Transport and Emissions Services Company) (2008), Informe del "Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas de la frontera norte" Fase 1: Tijuana y Mexicali, México.
- Uherek Elmar, et al (2010), Transport impacts on atmosphere and climate: land transport, *Atmospheric Environment* 44 (2010) 4772-4816.
- U.S. Census Bureau (2010), State and County QuickFacts, <http://www.census.gov/>.
- V. Ramanathan, Y. Feng (2009), Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives, *Atmospheric Environment*, Volume 43, Issue 1, January 2009, Pages 37-50.

ANEXOS

ANEXO I

Artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático Artículo

El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Fuente: ONU, 1992, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Nueva York, http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf

ANEXO II

Fragmento Ley de Prevención, mitigación y adaptación del Cambio Climático.

CAPÍTULO VIII DE LA ADAPTACIÓN

Artículo 36. Para enfrentar los retos de la adaptación, se observarán los siguientes criterios:

I. Corregir o aminorar los desequilibrios generados por el cambio climático, que deterioren la calidad de vida de la población o que tengan un impacto negativo en el desarrollo de los ecosistemas;

II. Considerar los escenarios actuales y futuros de cambio climático en la planeación territorial, evitando los impactos negativos en la calidad de vida de la población, la infraestructura, las diferentes actividades productivas y de servicios, los asentamientos humanos y los recursos naturales; y

III. Establecer y considerar umbrales de riesgo aceptable, derivados de la variabilidad climática actual y esperada, en los instrumentos de planeación territorial, para garantizar la seguridad alimentaria, la protección civil, la conservación de la biodiversidad y la productividad.

Artículo 37. Los criterios para la adaptación al cambio climático se considerarán en:

I. El establecimiento de usos, reservas y destinos de los planes de desarrollo urbano;

II. El establecimiento de centros de población o asentamientos humanos, así como en las acciones de mejoramiento y conservación de los mismos;

III. El manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos;

IV. El establecimiento de los ordenamientos ecológicos territoriales;

V. La protección, el aprovechamiento sustentable o rehabilitación de playas, costas, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, para uso turístico, industrial, agrícola, acuícola o de conservación;

VI. La construcción de infraestructura y la protección de zonas inundables y zonas áridas;

VII. El establecimiento y conservación de los espacios y áreas naturales protegidas;

- VIII. La complementación del Atlas Estatal de Riesgos;
- IX. La elaboración y aplicación de las reglas de operación de programas de subsidio y proyectos de inversión;
- X. Los programas de conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad;
- XI. Los programas de protección civil;
- XII. Los programas en materia de asentamientos humanos y desarrollo urbano;
- XIII. Los programas de desarrollo turístico;
- XIV. Los programas de salud; y
- XV. El otorgamiento de licencias y permisos en materia de evaluación de impacto ambiental, aprovechamiento de recursos naturales, así como autorizaciones en materia de cambio de uso del suelo.

Artículo 38. Las dependencias y entidades de la Administración Pública Estatal, los Municipios y la sociedad en general llevarán a cabo las políticas y acciones de la Estrategia Estatal, atendiendo de manera prioritaria lo siguiente:

- I. La protección de la vida humana y la infraestructura;
- II. La prevención y atención a riesgos climáticos;
- III. El reforzamiento de los programas de prevención y vigilancia epidemiológica;
- IV. El impulso y el aprovechamiento sustentable de las fuentes superficiales y subterráneas de agua, promoviendo entre otras acciones la tecnificación de la superficie de riego, la producción bajo condiciones de prácticas de agricultura sustentable o agricultura protegida cuando sea viable y prácticas sustentables de ganadería, silvicultura, pesca y acuacultura;
- V. La identificación de medidas de gestión para la adaptación de especies prioritarias, indicadoras y particularmente vulnerables al cambio climático;
- VI. La elaboración de diagnósticos de la vulnerabilidad ante los cambios climáticos esperados;
- VII. El intercambio y migración de las especies de flora y fauna silvestres, terrestres o acuáticas dentro de un mismo ecosistema o entre éstos; y

VIII. La implementación de un sistema tarifario por el uso de agua, que incorpore el pago por los servicios ambientales hidrológicos de los ecosistemas, a fin de destinar su producto a la conservación de los mismos.

CAPÍTULO IX DE LA MITIGACIÓN

Artículo 39. Para la mitigación de los efectos nocivos del cambio climático, la prevención y el control de la contaminación de la atmósfera por gases de efecto invernadero y de otras partículas con las mismas consecuencias, se observarán los lineamientos siguientes:

I. En todos los asentamientos humanos, la calidad del aire será de acuerdo a las normas oficiales;

II. Se promoverán patrones de producción y consumo que disminuyan las emisiones;

III. Se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado para que reduzcan sus emisiones;

IV. Se promoverán prácticas de eficiencia energética, la sustitución del uso de combustibles fósiles por fuentes renovables de energía y la transferencia e innovación de tecnologías limpias;

V. Se reforzarán los programas para evitar la deforestación y degradación de los ecosistemas naturales; y

VI. Se monitoreará, verificará e informará de las acciones de mitigación emprendidas.

CAPÍTULO X FONDO PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO

Artículo 40. De conformidad con las disponibilidades presupuestales, el Estado y sus Municipios podrán crear Fondos para el Cambio Climático, con el objeto de captar y canalizar recursos económicos para acciones de prevención, mitigación y adaptación al cambio climático. El Fondo dará prioridad a los proyectos y acciones relacionadas con adaptación.

Artículo 41. El Fondo es el agente financiero del Orden de Gobierno Estatal o Municipal respectivo, para la contratación de recursos provenientes de organismos financieros estatales, en su caso, nacionales e internacionales, a fin de financiar proyectos de cambio climático.

Artículo 42. El patrimonio del Fondo se constituirá por:

I. La aportación inicial que el Gobierno del Estado determine;

II. Los recursos que anualmente señale el Presupuesto de Egresos del Estado y Municipios;

III. Las contribuciones por emisiones de gases de efecto invernadero, así como sanciones por exceder los permisos de emisión autorizados que se desprendan de esta Ley;

IV. Las aportaciones que efectúen los sectores público, privado y social;

V. Las donaciones de personas físicas o morales, mismas que serán deducibles de impuestos, en términos de Ley;

VI. Las aportaciones que en su caso efectúen gobiernos de otros países u organismos internacionales; y

VII. Las sanciones pecuniarias administrativas que se apliquen con motivo de esta Ley.

Artículo 43. Los recursos del Fondo se destinarán a:

I. Desarrollo e implementación de proyectos de mitigación de gases de efecto invernadero y de adaptación conforme a las prioridades de los planes y programas;

II. Programas, planes y acciones para reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático en materia de atención y protección a grupos y zonas vulnerables, uso del suelo, infraestructura y otros aspectos que se consideren estratégicos;

III. Estudios y evaluaciones en materia de cambio climático que requiera el Sistema Nacional;

IV. Proyectos de investigación, de innovación y desarrollo tecnológico en la materia, conforme al establecido en la Estrategia Nacional.

V. Programas de educación, concientización y difusión de una cultura de mitigación y adaptación; y

VI. Otros proyectos y acciones en concordancia a las metas establecidas en los planes y programas, así como las definidas en las reglas de operación del Fondo.

Artículo 44. El Fondo podrá complementar o transferir recursos, a otros fondos con objetivos concurrentes, previo acuerdo del Consejo.

Artículo 45. El Fondo contará con un Comité Técnico presidido por un representante de la Secretaría de Planeación y Finanzas, e integrado por representantes de las Secretarías de Protección al Ambiente; Desarrollo Social; Energía; Desarrollo Económico; Fomento Agropecuario; Secretaria General de Gobierno y Turismo.

Artículo 46. El Comité Técnico aprobará las operaciones que se realicen con cargo al Fondo, en los términos de esta Ley, de las reglas de operación y del contrato de fideicomiso respectivos.

Artículo 47. El Fondo se sujetará a los mecanismos de control, auditoría, evaluación y rendición de cuentas que establezcan las disposiciones legales y las que determine el Consejo, asimismo aprobará en su caso las reglas de operación del Fondo.

Anexo III

“Factor ciudad” utilizado para el modelo de reducción de Gases efecto invernadero.

Municipio	Valle de Mexicali	Ciudad de Mexicali
Crecimiento Promedio Anual		
2005-2010	2005-2010	2005-2010
1.82%	0.98%	2.02%
“Factor ciudad”		
1.018218	1.009833	1.020237
2010-2040	2010-2040	2010-2040
1.82%	0.98%	2.02%

Anexo IV

Tablas de relación combustible-GEI en diferentes condicionantes

Condiciones:			
Tecnología de alta emission			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
g/kg fuel	3172.31	1.892	0.860
Kg/lt	0.773	0.773	0.315
g/lt fuel	2452.196	1.462516	0.2709
Ton/lt	0.002452	1.46E-06	2.71E-07

Fuente: IPCC, 1996, Capítulo 1: Energía, página 1.12 (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ref1.pdf>)

Condiciones:			
Tecnología de baja emisión			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
g/kg fuel	3172.31	0.453	0.325
Kg/lt	0.773	0.773	0.315
g/lt fuel	2452.196	0.350169	0.102375
Ton/lt	0.002452	3.5E-07	1.02E-07

Fuente: IPCC, 1996, Capítulo 1: Energía, página 1.12 (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ref1.pdf>)

Condiciones:			
Emisiones reducidas de CO ₂ 25%			
	CO ₂		
g/kg fuel	2379.23		
Kg/lt	0.773		
g/lt fuel	1839.147		
Ton/lt	0.001839		

Fuente: IPCC, 1996, Capítulo 1: Energía, página 1.12 (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ref1.pdf>)

CO ₂ equivalente			
Tecnología de baja emission			
N ₂ O	CH ₄	CO ₂ +N ₂ O+CH ₄	
0.000102	2.02E-06	0.001829	
Tecnología de alta emission			
N ₂ O	CH ₄	CO ₂ +N ₂ O+CH ₄	
0.000425	5.34E-06	0.002156	

Fuente: IPCC, 1996, Capítulo 1: Energía, página 1.12 (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ref1.pdf>)

Anexo V

Visualización general del Modelo de reducción de Emisiones del Sector Transporte, en sistema Excel.

En la primera página, se programan los factores necesarios dependiendo del escenario en el que se esté trabajando. En cada una de las pestañas en la parte inferior del programa se pueden observar las siglas de cada una de las variables, donde se observan los datos, y también se pueden ver los cálculos realizados para las proyecciones.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Es018Oct [Compatibility Mode] - Microsoft Excel". The spreadsheet contains the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
2		Modelo:	Modelo de reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero causados por el transporte terrestre en la ciudad de Mexicali, B.C.																			
3																						
4		Área de estudio:	Ciudad de Mexicali																			
5																						
6		Escenario:	0																			
7		Descripción del escenario:	No implementación de medidas																			
8																						
9		Factores anuales a proponer de acuerdo al escenario propuesto:																				
10		Vehículos que consumen energías limpias																				
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						
31																						

Para poder observar el documento completo, ir a Anexo adjunto en CD.