

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



“Modelo para minimizar emisiones producto del transporte
de personal de la industria maquiladora de Mexicali”

Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ingeniería

Presenta:

Yidanes Alejandra Ibañez Acevedo

Director:

Dr. Moisés Galindo Duarte

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

OCTUBRE 2014

AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia y dándome ánimo.

Agradezco principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Agradezco al Dr. Moisés Galindo Duarte por haber confiado en mi persona, por la paciencia y por la dirección de este trabajo, por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindó, por la atenta lectura de este trabajo y, por último por sus comentarios en todo el proceso de elaboración de la tesis y sus atinadas correcciones, así de igual manera a mis sínodos, la M.C. Ma. De los Ángeles Santos, el Dr. Margarito Quintero, Dr. Efraín Nieblas, y el Dr. Arnoldo Díaz; que influyeron para que culminara mi tesis.

Agradezco también a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) por permitir mi superación como persona y profesionista. Y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo económico brindado durante este postgrado.

A mis papás y hermanas, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, por los valores que me han inculcado y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis amigas Marina y Mariel por ser parte significativa de mi vida y por haber hecho el papel de una familia verdadera en todo momento, gracias por su apoyo, comprensión y sobre todo su amistad.

Y finalmente y muy en especial a mi esposo Alejandro por ser una parte importante en mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

Gracias a todos.

RESUMEN

En la presente tesis se da a conocer el análisis y evaluación del desempeño operativo de un modelo para minimizar las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) producto del transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali, mediante la aplicación y cálculo de algoritmos de las diferentes variables dependientes e independientes que se involucran en todo el modelo, con respecto a las emisiones producidas por otros medios de transporte utilizados por los trabajadores de la industria maquiladora. Así mismo se busca hacer énfasis en la necesidad de contar con estrategias que permitan alcanzar los objetivos y tener éxito con la operación del modelo a futuro.

Las variables que se utilizaron en el modelo son indicadores que fueron empleados para mostrar la relación y diferencia que existe entre estos, dentro del modelo; y posteriormente evaluar el desempeño del modelo en cuanto a la cuantificación de las emisiones o más bien dicho en cuanto al conteo total de las emisiones generadas por este tipo de transporte y por este sector maquiladora, puesto que estos indicadores permiten visualizar de manera clara la relación de empleados-medios de transporte y cómo impacta cada sistema en el medio ambiente.

En el primer capítulo se describe la necesidad de realizar esta investigación, así como las características que hoy en día se abordan sobre el tema, la situación actual en cuanto a la afectación al medio ambiente provocado por los diferentes sistemas de transporte, haciendo énfasis en el transporte de personal de la industria maquiladora y en la búsqueda de estrategias que contrarresten o minimicen estos problemas. Se plantea la problemática, se establece el objetivo general y los objetivos específicos de la presente tesis, así como la justificación, los alcances y los límites de la misma, la metodología a seguir y finalmente los resultados esperados. En el segundo capítulo se enmarca la obtención de la información por medio de la recolección de datos de diferentes fuentes y medios referentes a la industria maquiladora, sus empleados y sistemas de transporte. En el capítulo tres se presenta el modelo con sus respectivas variables y factores que en el capítulo cuatro se opera por

medio de algoritmos, exponiendo el funcionamiento del modelo culminando con el total de las emisiones generadas en este sector en el año en cuestión y una proyección a 20 años, de manera que se pueda visualizar la situación para cada año a futuro. En el capítulo cinco se realizó una valoración de propuestas como posibles soluciones a la problemática y a la disminución de emisiones en el modelo, generando un escenario diferente para cada propuesta como estrategias positivas para el futuro. Finalmente se redactan las conclusiones en base a los resultados de cada propuesta, así como la comparación del modelo base con las propuestas y estrategias valoradas anteriormente, y así mismo las respuestas a los objetivos generales y específicos y recomendaciones que se pudieran presentar para este sector y el sistema de transporte de personal.

Palabras clave: Modelo, emisiones de transporte, industria.

ABSTRACT

This thesis makes an analysis and evaluation of the operative performance of a model, to minimize green house gases emissions (GHGE), produced by the transportation of maquila employees in Mexicali, through the application and calculation of algorithms for different dependent and independent variables, involved in the whole model, considering the produced emissions in relation to other alternative transportation paths, used by the staff industry, likewise make emphasis in the need to structure strategies to reach the initial objectives and have a future success with the operation model.

The variables used in the model are indicators to compared the relation of the different ways to evaluate the performance of the model, considering the quantification of emissions or rather the total count of generated emissions produced by this type of staff transportation sector, since these indicators allow to observe the difference of interest between of employees / transport paths, and how is impacted each environment system.

The first chapter describes the need to realize this work considering the actual situation in regard to the affectation of environment caused by the different transportation systems, making emphasis on the industry staff transport, and searching for strategies to minimize these issues. The problem to tackle is described; the general and specific objectives of the thesis are established, as much as the justification, the importance and limits of the work, and the methodology used and finally the expected results. In the second chapter is described the data basis from different sources in relation to the industry, employees and transportation systems. In chapter 3 the model is carried out with its respective variables which in turn in chapter 4 are operated using algorithms, showing how the model works with total emissions produced by this sector in the year under consideration and with a 20 year projection, in such a way that the future situation may be seen year by year. In chapter five was realized an evaluation of proposals as potential solution to the problem under analysis to contribute to the reduction of emission in the model, to generate a different scenario for each proposal as strategies for the future.

Finally the conclusions are given based on the results of the proposals and strategies which were valued initially and likewise on the response to the general and specific objectives and recommendations that may be present in this industrial sector and the staff transportation system.

Key words: model, transport emissions, industry.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	11
1.1. El problema del transporte de personal en Mexicali	11
1.2. OBJETIVOS	18
1.3. HIPÓTESIS	19
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	23
1.6. MARCO TEÓRICO	24
1.7. METODOLOGÍA	28
1.8. RESULTADOS ESPERADOS	31
2. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	32
2.1. Transporte de personal en la Industria Maquiladora	33
2.2. Servicio a la industria maquiladora	36
3. MODELO PARA MINIMIZAR EMISIONES	39
3.1. Variables independientes:	40
3.2. Variables dependientes:	41
4. OPERACIÓN DEL MODELO	42
4.1. OPERACIÓN DE LAS VARIABLES	42
4.2. Resultados de escenario base	45
4.2.1. Empleados.	45
4.2.2. Usuarios por medio de transporte	46
4.2.3. Unidades en operación.	47
4.2.4. Combustible.	49
4.2.5. Emisiones.	51
4.2.6. Total de emisiones	52
5. VALORACIÓN DE PROPUESTAS	54
5.1 DETERMINACIÓN DE PROPUESTAS.	58
5.2 PROPUESTA A: "CARPOOL Y DISMINUCION DE LA LONGITUD DE VIAJE"	59
5.2.1 CARPOOL	59
5.2.2 LONGITUD DE VIAJE	64
5.3 PROPUESTA B: "MEJORA DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO EN PRO DE LA INDUSTRIA MAQUILADORA"	69
5.4 PROPUESTA C: "MODERNIZACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE PERSONAL DE LA INDUSTRIA MAQUILADORA"	79
5.5 PROPUESTA D: "MEJORA TOTAL EN AMBOS SISTEMAS POR MEDIO DE LA MODERNIZACION"	82
6. CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedio de ocupación de usuarios por medio de transporte por año.....	33
Tabla 2. Demanda actual de trabajadores-maquiladoras.....	34
Tabla 3. Proyección de la demanda trabajadores-maquiladora.....	35
Tabla 4. Industrias maquiladoras con servicio de transporte de personal.....	37
Tabla 5. Número de empleados por día natural.....	45
Tabla 6. Cantidad de usuarios por tipo de transporte de la industria maquiladora de Mexicali.....	47
Tabla 7. Cantidad de unidades por tipo de transporte de la industria maquiladora de Mexicali.....	48
Tabla 8. Volumen de combustible por tipo de transporte de la industria maquiladora de Mexicali.....	50
Tabla 9. Emisiones generadas por tipo de transporte de la industria maquiladora de Mexicali.....	51
Tabla 10. Total de emisiones por día natural.....	52
Tabla 11. Total de emisiones por año por día natural.....	52
Tabla 12. Total de emisiones anuales de Propuesta “A”.....	68
Tabla 13. Cantidad y porcentaje de medios de transporte en Mexicali.....	69
Tabla 14. Valoración de metas para los factores de utilización por medio de transporte.....	75
Tabla 15. Total de emisiones anuales de modelo base.....	76
Tabla 16. Total de emisiones anuales de Propuesta “B”.....	77
Tabla 17. Valoración de metas para los factores de utilización por medio de transporte.....	79
Tabla 18. Total de emisiones anuales de Propuesta “C”.....	81
Tabla 19. Valoración de metas para los factores de utilización por medio de transporte.....	82
Tabla 20. Total de emisiones anuales de Propuesta “D”.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inventario de GEI a nivel mundial.....	13
Figura 2. Categorías de emisiones por sector.....	14
Figura 3. Subcategoría de emisiones del sector energético.....	15
Figura 4. Principales sectores maquiladores en Mexicali.....	17
Figura 5. Modelo de transporte de personal de la industria maquiladora.....	22
Figura 6. Transporte de personal de la industria maquiladora vs transporte urbano típico.....	23
Figura 7. Contribución por sector a las emisiones de GEI de la subcategoría de consumo de combustibles fósiles, 1990 y 2006.....	27
Figura 8. Demanda actual de trabajadores–maquiladoras.....	35
Figura 9. Proyección de la demanda trabajadores–maquiladoras.....	36
Figura 10. Mapa de industrias maquiladoras (muestra del estudio).....	38
Figura 11. Encuesta del transporte de personal para la industria maquiladora de Mexicali.....	38
Figura 12. Modelo de transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali.....	39
Figura 13. Empleados de la Industria maquiladora.....	46
Figura 14. Usuarios por medio de transporte en la industria maquiladora de Mexicali.....	47
Figura 15. Unidades en operación en la industria maquiladora de Mexicali.....	49
Figura 16. Combustible consumido por tipo de transporte en la industria maquiladora de Mexicali.....	50
Figura 17. Cantidad de emisiones producidas por tipo de transporte.....	51
Figura 18. Total de emisiones por día natural.....	53
Figura 19. Total de emisiones por año.....	53
Figura 20. Total de emisiones con acción “carpool”.....	67
Figura 21. Total de emisiones en acción “longitud de viaje”.....	67
Figura 22. Total de emisiones en Propuesta “A”.....	68

Figura 23. Mapa de rutas de transporte público de Mexicali.....	70
Figura 24. Total de emisiones anuales de modelo base.....	77
Figura 25. Total de emisiones anuales de Propuesta “B”	78
Figura 26. Total de emisiones anuales de Propuesta “C”	81
Figura 27. Total de emisiones anuales de Propuesta “D”	83
Figura 28. Comparativo de emisiones de CO ₂ de propuestas contra el modelo base.....	84

Lista de Acrónimos, Abreviaturas y Siglas

GEI:	Gases Efecto Invernadero
IPCC:	Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático
INEGI:	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INEGI:	Instituto Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero
AMMAC:	Asociación de Maquiladoras de Mexicali, A. C.
Gt:	Gigatoneladas
T:	Toneladas
Km:	Kilómetros
L:	Litros

GLOSARIO:

Disímiles: Diferente, distinto.

Biota: Conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada.

Día hábil: Es, por exclusión, aquél que no es festivo.

Día Natural: Es un día normal, independiente de los festivos o fines de semana.

Carpool: Viaje en automóvil compartido.

Intermodal: Es la articulación entre diferentes modos de transporte utilizando una única medida de carga (generalmente contenedores), a fin de realizar más rápida y eficazmente las operaciones de trasbordo de materiales y mercancías.

Confluye: Concurrir o participar diversos factores en un determinado hecho.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1. El problema del transporte de personal en Mexicali

Cada día es mayor la importancia que está cobrando el medio ambiente por la influencia que éste tiene sobre el desarrollo económico, la calidad de vida y la salud de la población. La creciente sensibilidad y conciencia ecológica de la opinión pública ha contribuido a que la protección ambiental constituya uno de los objetivos prioritarios de la sociedad actual. Las últimas décadas han estado marcadas por una preocupación creciente por el entorno en que vivimos por parte de todos los estratos de la sociedad. Debido a esta postura, las empresas se han visto obligadas a cambiar su visión sobre los métodos productivos y a amoldarse a las nuevas tendencias de los consumidores.

El transporte automotor es una de las principales fuentes emisoras de gases contaminantes provenientes de la combustión de los motores, que provoca un doble efecto dañino, pues mientras algunos de los componentes gaseosos afectan la salud humana como el monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (HC); otros conllevan al incremento de los GEI como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), incidentes en el cambio climático que afecta a la Tierra (Amarales, 2010).

El desarrollo tecnológico de los países tiene como consecuencia, debido a la quema de los combustibles fósiles, del incremento de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, lo que repercute en el deterioro de la calidad de vida que percibe hoy en día la población, lo que constituye uno de los principales problemas ambientales y uno de los retos que debe resolver la sociedad. El transporte, por su naturaleza, se relaciona prácticamente con todos los sectores de la economía, moviliza los insumos y materias primas requeridas para la producción de bienes hasta los centros de consumo y actúa como un importante demandante de los productos y servicios de diversas ramas económicas. Beneficia la transformación de las relaciones de trabajo y grupos sociales al incorporar productos y experiencias disímiles en aquellas localidades que se enlazan a las redes de transporte, e influye en la ubicación de los centros urbanos y sus actividades, medios de vida, conformación de los espacios urbanos, modificación de los usos del suelo y en las formas de comunicación e identificación social. El crecimiento demográfico en los centros urbanos en los últimos cincuenta años ha incrementado la demanda del transporte masivo, aunque la oferta no ha crecido en la misma proporción (Amarales, 2010).

El derecho a la movilidad es inherente al modo de vida de la sociedad moderna, pero al mismo tiempo la infraestructura del transporte y el propio movimiento de vehículos provocan impactos negativos en el medio ambiente, en particular la contaminación del aire, agua y suelos; el efecto invernadero y afectaciones a la biota y a la calidad de vida por los entornos ruidosos, accidentes, y la presencia de elementos ajenos al paisaje (Amarales, 2010).

Como podemos ver en la Figura 1 casi todas las emisiones de CO₂ (alrededor de 96.5%) a nivel mundial provienen de los combustibles fósiles (EPA, 2008).

Los 3 tipos de combustibles fósiles más utilizados son el carbón, el gas natural y el petróleo. Al producirse la combustión de los combustibles fósiles, el carbón contenido es devuelto casi por completo como CO₂.

Los tres sectores principales que utilizan combustibles fósiles son:

- El transporte
- Los servicios públicos (electricidad, gas, petróleo, etc.)
- La producción industrial

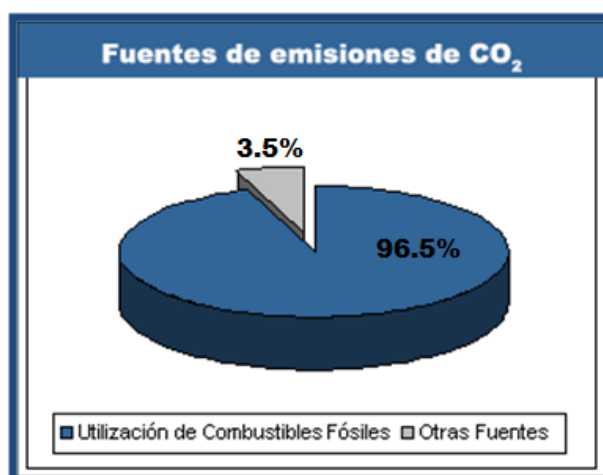


Figura 1. Inventario de Gases efecto invernadero a nivel mundial (EPA, 2008).

El transporte es la fuente más importante de emisiones de CO₂. A nivel mundial, proviene principalmente del transporte de productos (tráileres de producto) y el transporte masivo de pasajeros. Las emisiones a nivel mundial causadas cuando la gente se desplaza (coche, avión, tren, etc.) son ejemplos característicos de emisiones directas: la gente escoge a dónde va y que medio utiliza. Lo peor es que la mayor parte de la energía utilizada para transportar pasajeros y productos alrededor del mundo proviene de combustibles fósiles. El impacto producido por el transporte de pasajeros y productos sobre el efecto invernadero y el cambio climático, es tan significativo que sobrepasa al conjunto de las emisiones industriales. Esta tendencia comenzó en los noventa y desde entonces continúan incrementándose las emisiones (IPCC, 2008).

La estimación de las emisiones siguió las directrices establecidas por el IPCC para el año 1996 o en su defecto en 2006. En cada una de las secciones se describen las particularidades debido a las condiciones de Baja California (Muñoz, 2014). Las principales categorías son:

- Energía
- Procesos Industriales
- Agricultura
- Desechos
- Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura

Para cada una de las fuentes fueron elaboradas proyecciones a 2050. La Figura 2 nos indica los porcentajes correspondientes a las principales categorías y sus emisiones.

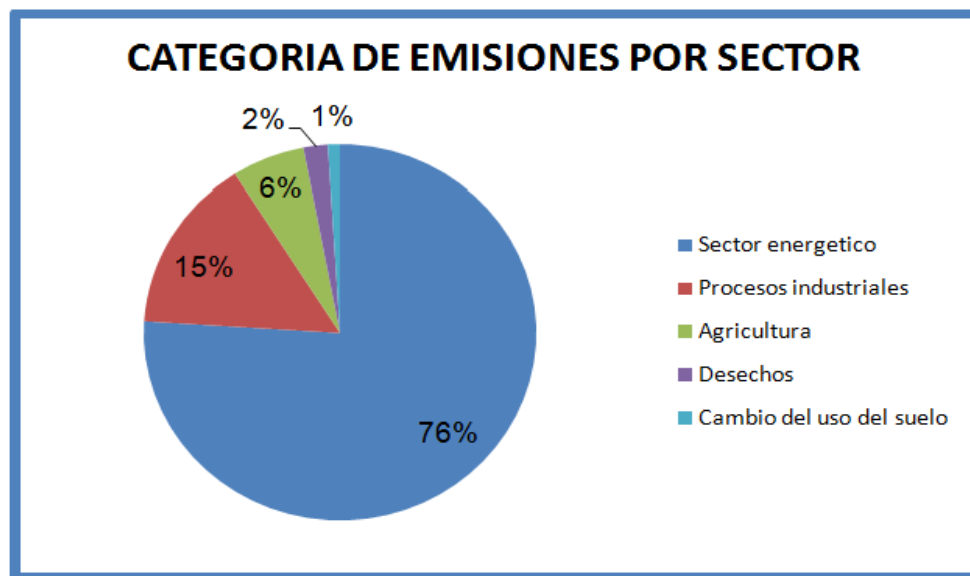


Figura 2. Categorías de emisiones por sector (elaboración propia).

En la Figura 3 se muestra que en la sección de energía fueron estimadas las emisiones por actividades de consumo de combustibles, éstas últimas incluyeron:

- La industria energética
- La industria manufacturera
- El transporte
- Otros sectores: Residencial, Comercial, Servicios, Agrícola (Muñoz, 2014).

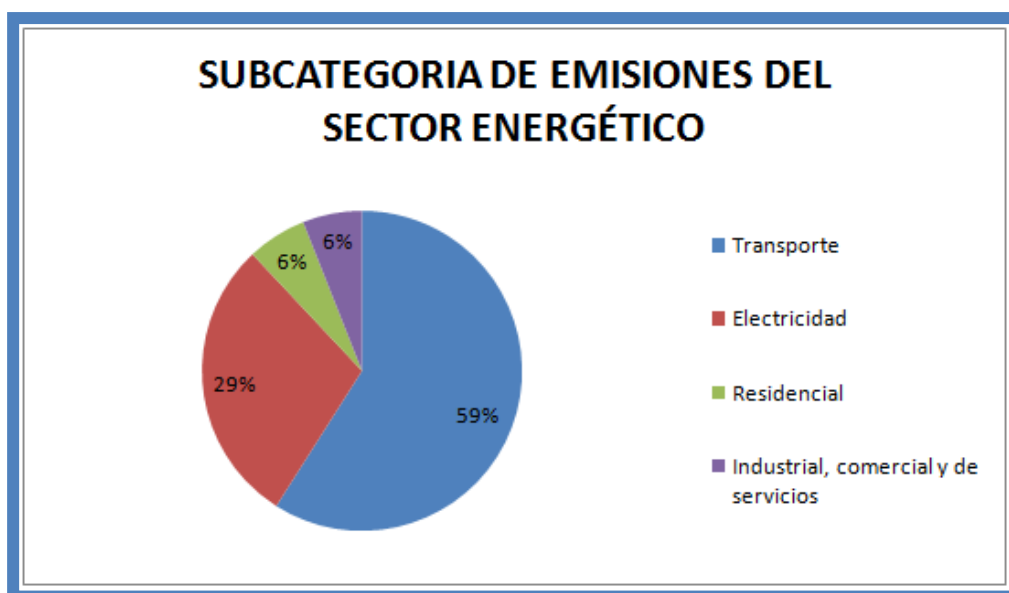


Figura 3. Subcategoría de emisiones del sector energético (elaboración propia).

El medio ambiente de la ciudad de Mexicali y del área de estudio ha sido impactado por distintos tipos de actividades, urbanas, agrícolas e industriales, mismas que han deteriorado la calidad de aire, agua, suelo, flora y fauna, provocando en algunos casos daños a la salud pública y deterioro de la calidad de vida de la población.

De acuerdo a los resultados del Censo General de Población y Vivienda realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), realizado en 2010, la población total del municipio de Mexicali en ese año fue de 936,826 habitantes (INEGI, 2010), sin embargo en 2014 se cuenta con una población de 1,006,984 habitantes en el municipio de Mexicali y 822,618 habitantes en la ciudad de Mexicali (Galindo, 2013), la cual es el área de estudio del presente trabajo.

La contaminación del aire y la degradación del ambiente es otro de los problemas que se presentan en la Ciudad de Mexicali, debido en parte a las actividades industriales que vierten a la atmósfera grandes cantidades de gases, humos y partículas sin ningún control, lo que provoca una alteración a la calidad del aire. Las emisiones típicas y más relevantes que emite la actividad industrial de la ciudad son los dióxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles y otras. Estos contaminantes provocan daños a la salud de la población desde enfermedades respiratorias leves, hasta daños crónicos, además de alterar la calidad del aire y el medio ambiente.

Contaminación del aire por vehículos particulares y medios de transporte (fuentes móviles).

El principal problema de contaminación del aire es ocasionado por los medios de transporte y por los vehículos particulares ya que generan alrededor del 68% de la contaminación atmosférica de la ciudad de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005), cabe mencionar que existen variaciones entre las diferentes referencias consultadas para este trabajo. Esto se debe principalmente a que existe un parque vehicular de 500,683 automóviles en circulación en la ciudad de Mexicali, lo que representa un índice de motorización de un automóvil por cada 1.643 habitantes, que comparado con la media de las ciudades del país de un automóvil por cada cinco habitantes, nos arroja un elevado índice de motorización. A lo anterior se suma la contaminación generada por los autobuses de pasajeros, camiones de carga ligera y pesada, motocicletas, taxis, y camionetas, que aportan una gran cantidad de partículas, humos y gases a la atmósfera (Muñoz, 2014).

Las emisiones originadas por las fuentes móviles son importantes ya que estas generan el 91% de monóxido de carbono que se emite a la atmósfera en la Ciudad de Mexicali, con 243,073 toneladas/año, así como el 81% de las emisiones de óxidos de nitrógeno con 14,927 toneladas/año; el 61% de hidrocarburos con 31,184 toneladas/año; el 24% de dióxido de azufre con 937 toneladas/año, y 515 toneladas/año de partículas PM10 (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

Por otra parte, uno de los aspectos más importantes para el desarrollo de la ciudad de Mexicali es el sector industrial, por ello se pretende analizar el comportamiento del transporte de personal de la industria maquiladora de exportación, tomando en cuenta diferentes elementos que la caracterizan como son: su ubicación, distribución, número de establecimientos, empleos generados, superficie ocupada y disponible, y en general la problemática actual que afecta a este sector. Todo esto, con el fin de atender a la disminución de emisiones generadas.

El Municipio de Mexicali, en 1998 contaba con un total de 16,515 empresas que generaban 139,827 empleos, de las cuales 1,164 empresas corresponden al sector de la industria manufacturera con 61,375 empleados, lo que representa el 43.89 % de los empleados generados, siendo este sector económico el que genera más empleos, entre los sectores productivos de la ciudad de Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

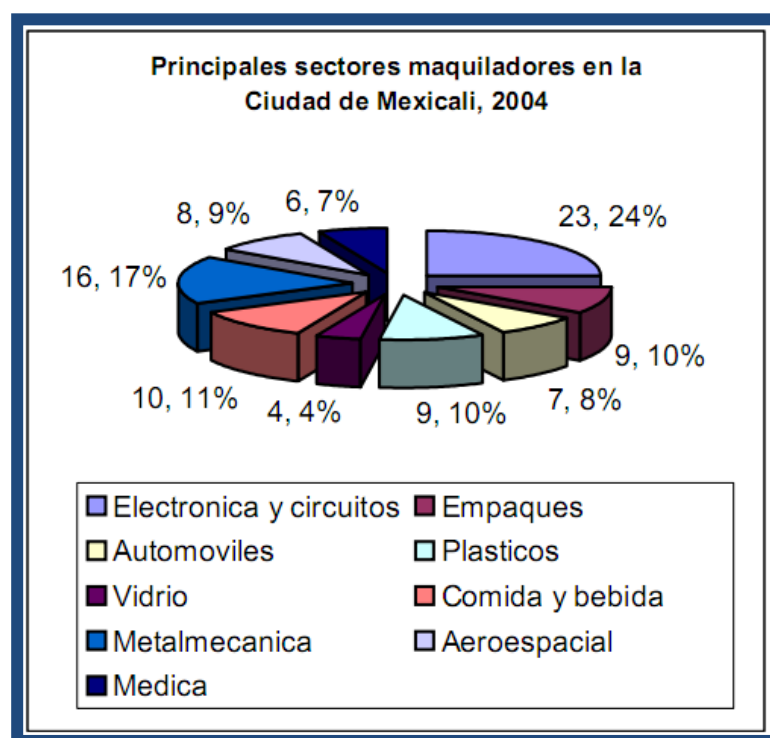


Figura 4. Principales sectores maquiladores en Mexicali (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

1.2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Elaborar un modelo para proponer acciones que ayuden a disminuir las emisiones de GEI generadas por el transporte de personal de la industria maquiladora en la ciudad de Mexicali.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Elaborar, validar, calibrar y operar el modelo de emisiones producto del transporte de personal de la industria maquiladora de la ciudad de Mexicali.
- Con base en la operación del modelo, elaborar propuestas para mitigar las emisiones de GEI producidos por el transporte de personal en la industria maquiladora en la ciudad de Mexicali.
- Analizar las alternativas de transporte en la industria maquiladora de la ciudad de Mexicali.
- Elaborar y evaluar propuestas para lograr la minimización de las emisiones e igualmente la optimización del transporte de personal en la industria maquiladora de la ciudad de Mexicali.

1.3. HIPÓTESIS

La elaboración de un modelo de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) asociado al transporte de personal en la industria maquiladora en la ciudad de Mexicali obliga a definir propuestas y estrategias, viables y sustentables para la minimización de los mismos.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Justificación

Debido a su gran dinamismo urbano, demográfico, fabril y empresarial, así como a su localización en la vecindad con los Estados Unidos de América, Mexicali juega un papel relevante en la economía nacional. Esta situación hace que Mexicali junto con Tijuana y Ciudad Juárez sea una de las ciudades más importantes de la frontera. El crecimiento de la ciudad trae beneficios sociales y económicos, pero también problemas relacionados con el desarrollo urbano y con la dotación de infraestructura y servicios, lo que a su vez genera problemas de tipo ambiental, en particular un deterioro de la calidad del aire (SEMARNAT, 2011).

Es importante mencionar que a lo largo de los años se han generado una serie de notas periodísticas, haciendo mención de ciertas situaciones o sucesos acerca del transporte de personal de las industrias maquiladoras, por ejemplo; se generó una nota periodística el día 12 de noviembre del 2013 con el nombre de "Es ilegal el transporte de personal en Mexicali". Una organización de transportistas interpuso una queja contra el entonces alcalde Francisco Pérez Tejada Padilla "por permitir la operación ilegal de transporte de personal" en la capital bajacaliforniana. El coordinador general de la Unión de Transportistas de Baja California, licenciado Benjamín Garza Fernández (Jiménez, 2012), expuso el recurso y posteriormente ofreció información a los medios masivos al respecto. Mencionó que la queja la interpuso ante Sindicatura Municipal, ya que considera que la operación ilegal de transporte de personal genera pérdidas por 150 millones de pesos para los transportistas organizados.

Garza Fernández destacó que hasta la fecha las autoridades municipales encabezadas por el alcalde Pérez Tejada permiten que unidades viejas que no cumplen siquiera con las exigencias de seguridad previstas en la Ley ofrezcan un servicio de transporte de personal que ya ha puesto en riesgo la vida de trabajadoras y trabajadores en distintas ocasiones, a pesar de que existen rutas establecidas de transporte público que atienden debidamente a los mexicalenses.

La estructura vial y los sistemas de transporte en Mexicali forman parte importante de la infraestructura de servicios para el desarrollo económico y crecimiento poblacional para lo cual se requiere que el desplazamiento de las personas y bienes se realice con comodidad, seguridad y eficiencia, así mismo el tránsito vehicular es una de las actividades básicas que se desarrollan en un ámbito urbano, el desplazamiento de la población y los flujos de bienes y servicios a través de los canales de comunicación conforman la estructura vial de la ciudad. La claridad y continuidad de la misma es resultado de la disposición y eficiencia de su traza vial, elemento determinante para el desarrollo armónico de un ámbito urbano y de fuerte impacto para su economía.

No obstante, aunado a los sistemas de transporte de Mexicali, se necesita evaluar ciertos factores que estén generando exceso de emisiones de GEI, provocados por el mismo transporte, pero en este caso en particular el ocasionado por el transporte de personal de las industrias maquiladoras de Mexicali, el cual se estudió con la finalidad de mejorar el traslado de personal, procurando o buscando la eliminación de este tipo de transporte, incentivando al personal a utilizar los medios de transporte alternativos que existen, dándole a la industria un gasto menos en tal servicio, y brindándole al medio ambiente una disminución de emisiones a futuro, Figura 5.

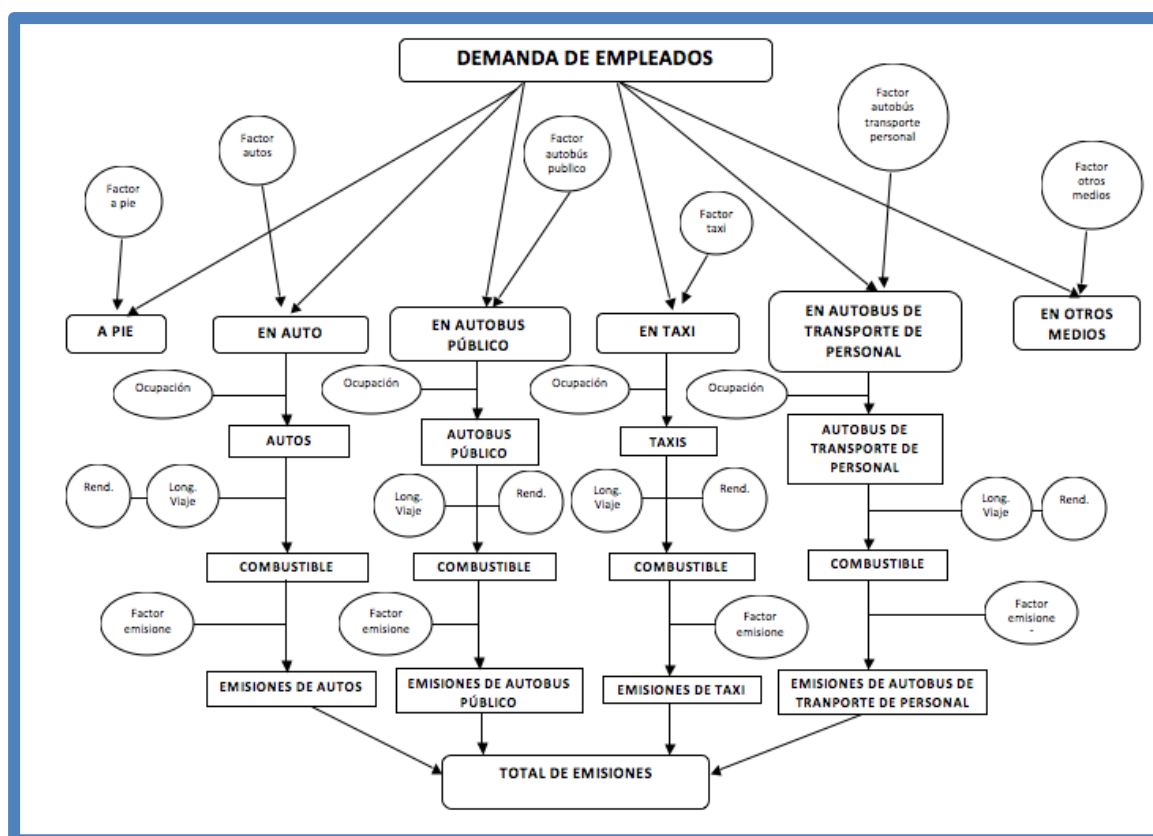


Figura 5. Variables del modelo de transporte de personal de la industria maquiladora (elaboración propia).

El Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI, 2006), muestra que el 20.4% de las emisiones de estos gases son provocados por el transporte, sin embargo, en el Inventario de GEI de Baja California se obtuvo que el 39.5% de las emisiones son provocadas de igual manera por el transporte, rebasando por 19.1% el promedio nacional (Centro Mario Molina, 2007). Es notoria, esa diferencia se debe a que el número de vehículos en circulación o adquiridos en la frontera es más elevado que en el centro del país, lo cual reafirma la importancia de la investigación del efecto del transporte de personal de la industria maquiladora en el Cambio Climático, y a su vez la implementación de estrategias para reducir las emisiones que se provocan en el estado y por consiguiente en la ciudad de Mexicali (INE, 2006).

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

Los alcances de estudio de la presente investigación fueron las de realizar un estudio exploratorio sobre el transporte de personal que tiene la industria maquiladora, y al mismo tiempo analizar las opciones de transporte que tiene el personal para minimizar la emisiones, Figura 6.



Figura 6. Transporte de personal de la industria maquiladora (izquierda) vs transporte urbano típico (derecha) (elaboración propia).

Los principales alcances:

- La investigación se realizó en la zona urbana de la ciudad de Mexicali.
- El modelo se limitó al transporte hogar-empresa-hogar de los empleados de las maquiladoras.
- Únicamente se trabajó con una muestra de la industria maquiladora, para la obtención de algunos factores específicos, mientras que los datos generales se obtuvieron por medios indirectos.

Las principales limitaciones:

No obstante lo limitado de la información, se utilizaron métodos indirectos para obtener la información necesaria, tales como la obtención de números por medio del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y del Instituto Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (INEGI), etc.

En cuanto al horizonte de planeación, se tomó en cuenta la información de las variables del modelo, a mediano y a largo plazo (5 a 20 años respectivamente).

1.6. MARCO TEÓRICO

La humanidad ha progresado mucho a lo largo de los años. Sin embargo, este progreso se ha logrado muchas veces a costo de la explotación de la naturaleza. Los seres humanos son el principal motivo de la contaminación en la naturaleza, el crecimiento demográfico es un factor indirecto y una de las causas del efecto invernadero. Con el aumento de la población, las necesidades de las personas se incrementan; por lo tanto, esto aumenta los procesos de fabricación, así como los procesos de la industria. Esto se traduce en el aumento de la liberación de gases industriales que catalizan el efecto invernadero, el aumento de la población también se traduce en el aumento de los procesos agrícolas y la mayoría de las máquinas hechas por el hombre, como el automóvil que también contribuye al efecto invernadero (Un blog verde, 2010).

Durante los tres últimos decenios a nivel mundial, las emisiones de GEI aumentaron en promedio a una media de 1.6% anual con emisiones de CO₂ procedentes del uso de los combustibles fósiles que creció en 1.9% anual. El mayor incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero se ha registrado en el suministro de energía y el transporte por carretera (ONU, 2012).

Cada vez hay más coches en las carreteras, la flota de vehículos del mundo previsiblemente se triplicará para 2050 y 80% de este crecimiento se registrará en los países en desarrollo. Para reducir en 50% las emisiones hacia 2050 en el mundo, el Organismo Internacional de Energía llegó a la conclusión (ONU, 2012), de que habría que limitar las emisiones a 26 Gigatoneladas (Gt) para 2030, frente a la expectativa de que alcanzarán los 41 Gt, sino cambian las políticas. El aumento del rendimiento energético representaría el grueso de la reducción de estas emisiones, 54%, seguido de un mayor uso de la energía renovable y la energía nuclear, así como de la captura y el almacenamiento de carbono después de 2020 (ONU, 2012).

La organización de las naciones unidas expresa preocupación por el hecho de que las medidas que adoptan los países en desarrollo para reducir sus emisiones podrían desviar recursos de la erradicación de la pobreza y el crecimiento económico: dos prioridades fundamentales que dependen del acceso a fuentes de energía fiables (ONU, 2012).

Municipios grandes y pequeños están encontrando maneras de utilizar la tecnología para hacer la vida más fácil para sus residentes y visitantes. Entre las ciudades que luchan por hacerse más inteligentes son de Barcelona, Da Nang, Vietnam, Edmonton, Alta, Canadá, Fort Lauderdale, Florida y Río de Janeiro. Independientemente de su tamaño, las ciudades se están llenando cada vez más de gente, y la tecnología es atractiva. Un poco más de la mitad de la población del mundo ahora vive en las ciudades, según la Organización Mundial de la Salud, se espera que la proporción aumente. (Pretz, 2014).

Debido a que cada ciudad tiene sus propios desafíos, no hay solución de talla única para todos. Algunas ciudades revisan sus sistemas de transporte o coordinan sus servicios de manera no hecha antes, mientras que otros buscan formas de reducir la congestión del tráfico, controlar el suministro de agua, y la lucha contra la delincuencia. Las ciudades antes mencionadas recibieron donaciones de IBM Smarter Cities Challenge, la mayor iniciativa filantrópica de la compañía. IBM trabaja estrechamente con los líderes de la ciudad y emite recomendaciones sobre cómo hacer que las ciudades sean más eficientes (Pretz, 2014).

Transporte

Debido al crecimiento poblacional de Mexicali, la mancha urbana ha seguido creciendo en forma horizontal sin un ordenamiento y planeación, haciendo que las distancias y tiempos de traslado dentro de la misma hayan aumentado. Asimismo, la falta de un transporte público masivo, accesible y eficiente, ha ocasionado que continúe creciendo la flota vehicular de uso particular principalmente. Lo anterior ha ocasionado que el sector transporte sea el más importante, en lo que se refiere a demanda energética y generación de contaminantes, entre ellos, los GEI. Los cambios en la tecnología de este sector han dado como resultado que los procesos actuales de combustión

interna de los vehículos tengan niveles de emisión de contaminantes más bajos a los que se tenían en los años noventa, a pesar de esto, la generación de gases de efecto invernadero se ha incrementado proporcionalmente con el aumento de la demanda energética (SEDEMA, 2008).

El uso del auto particular es el principal generador de gases de efecto invernadero en las grandes ciudades y no es la excepción en el caso de Mexicali; en general, las emisiones de un sólo vehículo son bajas, por ejemplo al considerar un rendimiento de 8 kilómetros por litro de gasolina, tenemos que un auto particular emitiría al año alrededor de 6 toneladas de CO₂, sin embargo, se agudiza la problemática al sumar las emisiones de los 500,683 vehículos particulares que circulan en la ciudad de Mexicali, con los cuales se emiten más de 3 millones de toneladas al año de CO₂ (Galindo, 2013).

Los autos particulares junto con las motocicletas que son unidades de uso particular, representan el 84% de la flota total y generan el 50% de los GEI, el transporte público de pasajeros representa el 7% de la flota y emite el 27% de los GEI, por último, el transporte de carga que representa el 9% de la flota vehicular genera el 23% de las emisiones de GEI (SEDEMA, 2008).

Emisiones por tipo de combustible

Es importante mencionar que el potencial de generación de emisiones de GEI difiere con base en el combustible que utiliza el vehículo, para el caso de los vehículos que utilizan gasolina, en promedio emiten 266 gramos de CO₂ por Kilómetro recorrido y los vehículos a diésel emiten 833 gramos por Kilómetro recorrido, o sea que un vehículo a diésel emite 3 veces más CO₂ que un vehículo a gasolina por cada Kilómetro recorrido. Figura 6 (SEDEMA, 2008).

Sin dejar de mencionar que las principales emisiones de GEI que provoca la totalidad de vehículos se consideran el N₂O (óxido de nitrógeno), el CH₄ (metano) y CO₂ (dióxido de carbono). El cual se expresa también en CO₂ equivalente de las principales emisiones del transporte (CO₂, N₂O, CH₄).

En 2006 las emisiones totales de GEI en unidades de CO₂ del sector fueron de 144,69 gigagramos (Gg), como se observa en la Figura 7. La contribución por modalidad fue: automotor 93.3% (134,969.3 Gg); aéreo 3.8% (5,441.3Gg); marítimo 1.6% (2,445.7 Gg) y ferroviario 1.3% (1,834.5 Gg) (INE, 2006).

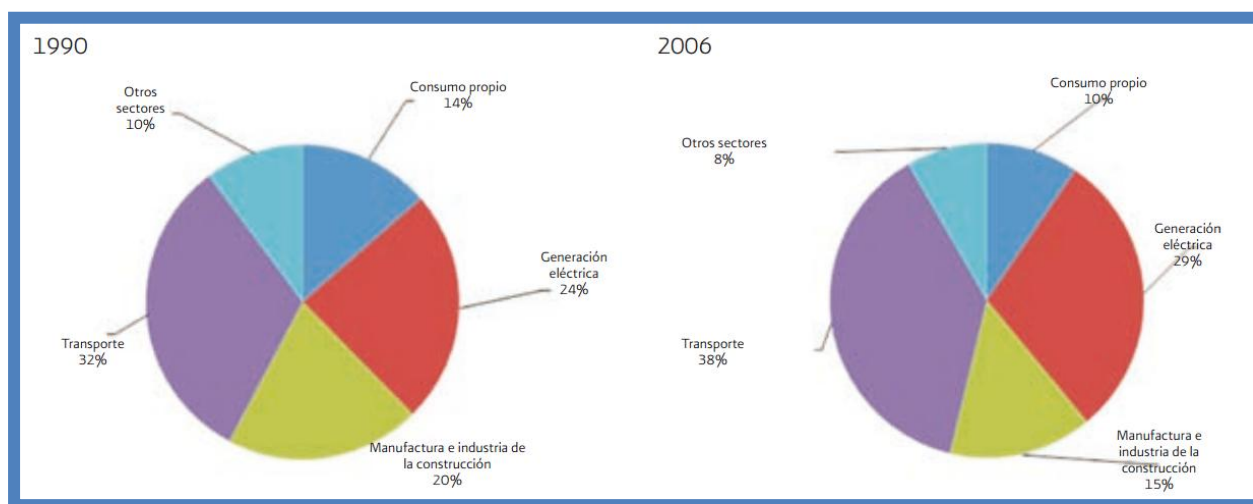


Figura 7. Contribución por sector a las emisiones de GEI de la subcategoría de consumo de combustibles fósiles, 1990 y 2006 (INE, 2006).

1.7. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del modelo en pro de minimizar las emisiones producto del transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali; la metodología a seguir fue la siguiente:

- Recopilación de información de todas las variables de transporte que intervienen en las emisiones de GEI, así como los factores que se requieran para cada tipo de variable como los factores de emisión; tomando como fuente principal los datos oficiales de planes, programas y leyes existentes.
- Complementación por medio de fuentes secundarias de la información que no se tenía de fuentes oficiales y que fue requerida por el modelo.
- Diseño, validación y aplicación de instrumentos, como el contador; el cual sirvió para el conteo de los diferentes medios de transporte, otro instrumento como lo es también la entrevista, para realizar la caracterización del sector transporte de personal, con la finalidad de crear un modelo para minimizar la cantidad de emisiones generadas por este.
- Una vez validado el modelo de minimización de emisiones, se propusieron estrategias para la planeación eficiente en la gestión del transporte de personal de la industria maquiladora.
- En base a la validación del modelo se determinó la serie de acciones que, de aplicarse, ayudaran a un buen manejo y uso del transporte de personal en la industria maquiladora, y por consiguiente obtener como resultado la disminución de las emisiones.

A continuación se describen los capítulos en los que se desarrolló la investigación, mismos que contienen los conceptos descritos en la metodología:

Capítulo I “Introducción y Antecedentes”

Se obtuvo la información sobre los antecedentes, de planes y programas existentes, así como documentos y publicaciones que abordaron el tema de emisiones producto del transporte de personal.

En este apartado se desarrollaron las siguientes temáticas:

- a. Definición del problema: se explica cuál es el problema que se quiere abordar y estudiar.
- b. Presentación del proyecto: se presenta la investigación y cómo se realizó.
- c. Conceptualización del tipo de transporte en específico con el cual se trabajó.
- d. Objetivos: se plasma que se quiere lograr con la investigación.
- e. Hipótesis: se determina lo que se espera obtener después de la investigación.
- f. Alcances: se delimita el problema por: territorio, horizonte de investigación (mediano y largo plazo).
- g. Justificación: se plasma la necesidad de la investigación.

Capítulo II “Obtención de información”

- a. Obtención de información: se recopila y analiza la información de emisiones producto del sector transporte, de tal manera que se obtenga información concisa en cuanto al transporte de personal de la industria maquiladora.
- b. Clasificación de la información: la información recabada se ordena, de tal manera que pueda ser utilizada para el modelo de minimización de emisiones.

Capítulo III “Modelo de emisiones del transporte de personal de la industria maquiladora”

- a. Descripción del modelo: se definen las principales variables que intervienen y se conceptualiza el modelo para minimizar las emisiones

producto del transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali.

- b. Elaboración del modelo: se plasma la información para pronosticar a mediano y largo plazo (5 a 20 años respectivamente). La información obtenida en este apartado, sirve de referencia para las recomendaciones y estrategias que se requiere proponer.

Capítulo IV “Operación del modelo”

- a. Se corrió el modelo con la información y datos recabados, del sector transporte, haciendo énfasis en el transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali.
- b. Elaboración de un diagnóstico: con los resultados del modelo se evalúa de manera preliminar la situación actual del caso, en el año base del modelo (2014).

Capítulo V “Valoración de propuestas”

- a. Propuestas y Estrategias: se enlista y explica cada estrategia así como una breve descripción de su aplicación e implementación.
- b. Elaboración de escenarios a mediano y largo plazo con aplicación de propuestas: Se plasma el escenario según las propuestas y variables que se vean afectadas según la propuesta.

Capítulo VI “Conclusiones”

- a. Se reflexiona sobre lo planteado, y se plasma si la hipótesis fue comprobada o no, además se profundizará sobre la problemática investigada.
- b. Síntesis de propuestas: en este apartado se realiza una síntesis de las propuestas resultantes de la investigación, así como una breve explicación de su implementación.

1.8. RESULTADOS ESPERADOS

- Cálculo de emisiones producto del transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali, que permitan pronosticar y plasmar propuestas y estrategias viables para la mitigación de dichas emisiones.
- Con los datos obtenidos en el modelo de cálculo, se crearon escenarios que pronostican la situación dependiendo de las propuestas y estrategias que se utilicen o no.
- Recomendaciones para la aplicación de las propuestas y estrategias para la minimización de emisiones, es decir, de una manera simplificada, se enlistan las recomendaciones relativas al transporte de personal de la industria maquiladora para la mitigación de dichas emisiones.

2. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

Dentro de este capítulo se recabó la información necesaria para el desarrollo del modelo cuyo objetivo es minimizar emisiones producto del transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali, de tal manera que esta sección se dividió en dos partes:

- a. **Obtención de información:** se recopiló y analizó la información de emisiones producto del sector transporte, de tal manera que se obtuvo información concisa en cuanto al transporte de personal de la industria maquiladora.
- b. **Clasificación de la información:** la información recabada se ordenó, de tal manera que se pudo utilizar para el modelo de minimización de emisiones.

2.1. Transporte de personal en la Industria Maquiladora

La información se recabó de diferentes fuentes, dentro de las cuales en primera instancia se acudió al sistema municipal del transporte de donde se obtuvo que aproximadamente se tienen registrados 40,000 usuarios dentro del transporte de personal de la industria maquiladora lo que corresponde a aproximadamente 80,000 movimientos por día hábil, en el transporte de personal; y un aproximado de 400 a 450 camiones disponibles para el transporte de personal con un cupo para 45 personas por camión, y esto para la industria maquiladora que cuenta con este servicio paga entre \$500 y \$800 pesos de renta por el camión de personal respectivamente.

Se revisaron algunos datos para posteriormente realizar los cálculos de algunos de los indicadores del modelo sobre el cual se estuvo trabajando, y el primero de esos indicadores es la ocupación, y los datos que se tomaron se pueden ver en la Tabla 1. En cuanto al rendimiento de los autos y autobuses se obtuvo que para el año 2000 fue de 5.317 km/lt, para el 2009 fue de 6.052 km/lt, y para el 2013 fue de 6.4 km/lt, y en el indicador del factor de emisiones calculado de igual manera para los autos y autobuses en el año 2013 en cuanto a CO₂ fue de 0.00021351 Ton/km recorrido, para el N₂O fue de 0.000000129 Ton/km y para el CH₄ fue de 0.000000025 Ton/km recorrido (Muñoz, 2014).

Tabla 1. Promedio de ocupación por año (elaboración propia).

AÑO	1999	2001	2009	2011	2013
AUTOS	1.79	1.778	1.539	1.458	1.43
MIXTO (autos y autobuses)	1.914	1.902	1.678	1.602	1.574

De igual manera se recabó información sobre la demanda en cuanto al sector industrial la cual se muestra en la Tabla 2, presentando el número de maquiladoras por año, las cuales van de 194 en el 2002 a 153 en el 2013; y en paralelo con su número de empleados igualmente por año, los cuales van de 62,938 en el 2002 a 48,503 en el 2012; y desglosada dicha información como se muestra en la Figura 8. De igual manera se organizó la misma información pero para la proyección de la demanda al 2018, mostrada en la Tabla 3 con su respectiva Figura 9.

Tabla 2. Demanda actual de trabajadores-maquiladoras (elaboración propia).

AÑO	MAQUILADORAS	TRABAJADORES
2002	194	62938
2003	190	56901
2004	140	49950
2005	131	50918
2006	128	53402
2007	135	54372
2008	134	54235
2009	130	50716
2010	122	45548
2011	100	43732
2012	153	48503

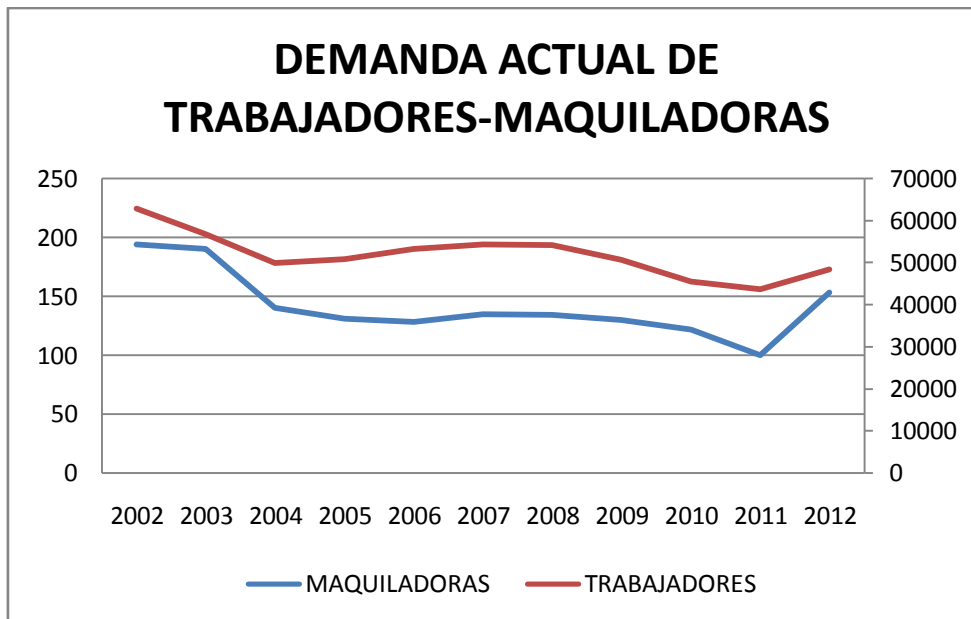


Figura 8. Demanda actual de trabajadores–maquiladoras (elaboración propia).

Tabla 3. Proyección de la demanda trabajadores–maquiladoras 2013-2018 (elaboración propia).

AÑO	MAQUILADORAS	TRABAJADORES
2002	194	62938
2003	190	56901
2004	140	49950
2005	131	50918
2006	128	53402
2007	135	54372
2008	134	54235
2009	130	50716
2010	122	45548
2011	100	43732
2012	153	48503
2013	188	57874
2014	172	88733
2015	175	92201
2016	177	95669
2017	179	99138
2018	181	102606

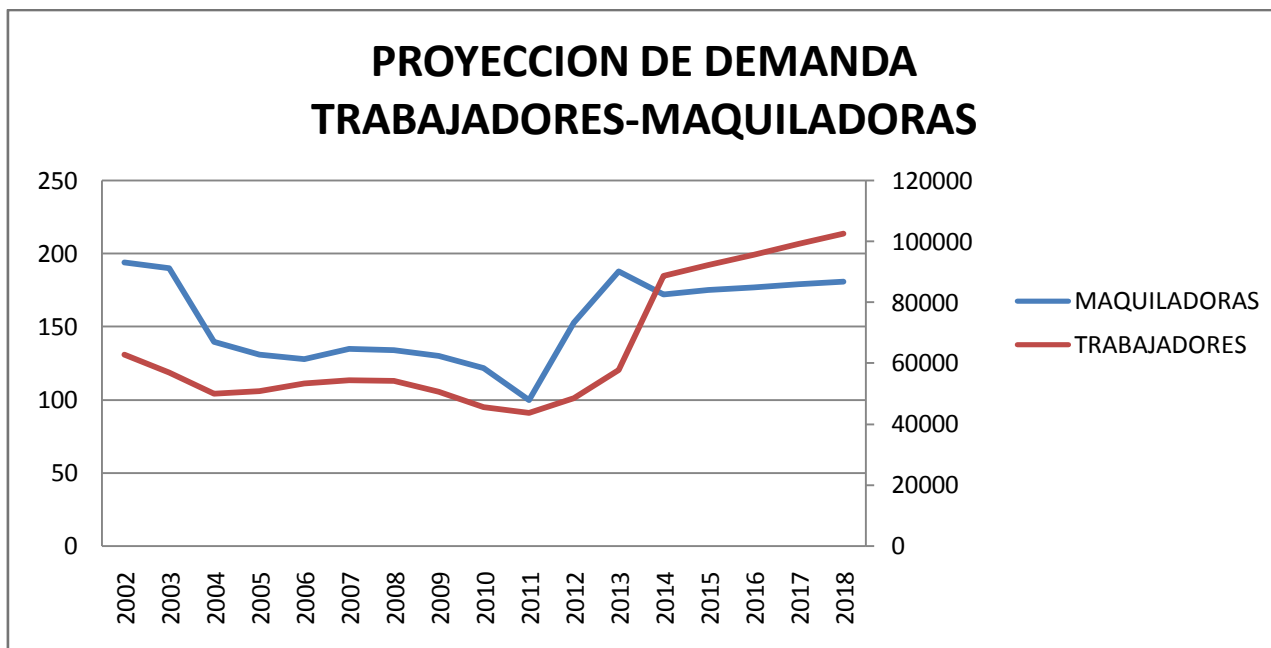


Figura 9. Proyección de la demanda trabajadores–maquiladoras 2013-2018 (elaboración propia).

2.2. Servicio a la industria maquiladora

El programa de desarrollo urbano de centro de población de Mexicali muestra los siguientes datos relevantes para el 2005: 55,439 personas trabajan en la industria maquiladora en un total de 127 empresas activas de las cuales 95 pertenecen a la Asociación de Maquiladoras de Mexicali, A.C. (AMMAC), y 39 de las 127 empresas tienen servicio de transporte de personal con 23,218 viajes diarios, de los cuales sólo 8,491 se realizan en la zona urbana de 5 a 23 hrs. Además, se estima que 22,132 viajes diarios se realizan en el servicio actual de transporte público urbano. Cabe hacer notar que el 57% de los viajes en autobús hacia o desde la industria maquiladora son realizados por mujeres (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

Para el año 2012 se realizó un registro de 127 empresas maquiladoras, con un total de 55,439 empleados en total, de las cuales se seccionó a estas mismas con respecto al servicio de transporte de personal según si tuviera o no cada empresa maquiladora, y del total de empresas maquiladoras resultó que el 22% de estas si cuentan con el servicio de transporte de personal, aunado a un 33%

de empleados que utilizan este mismo servicio (Tabla 4) (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

Tabla 4. Industrias maquiladoras con servicio de transporte de personal (XVII Ayuntamiento de Mexicali, 2005).

No.	Código	EMPRESA	AMMAC	ZONA	EMPLEADOS			Viajes (con información proporcionada)			
					Total	Transporte de personal		Ida a la planta	Vuelta a casa	TOTAL	
						Tiene	Utilizan				UD
4	125	Acer de México	No	38	140	Si	45	27	26	26	53
12	13	Amtek México	Si	57	186	Si	36	18	18	0	18
15	25	Ascotech, S.A. De C.V.	Si	7	250	Si	81	49	47	47	94
25	32	Central de Video	No	40	700	Si	227	136	132	131	264
33	33	Chromalloy, S.A. De C.V.	Si	40	420	Si	136	82	79	79	158
28	36	Conexant/Skyworks	Si	49	2157	Si	699	421	408	404	812
30	38	Controles de Mexicali	Si	31	1200	Si	389	234	227	225	452
35	4	Daewwo Orión Mexicana	Si	50	760	Si	216	164	110	110	220
39	2	Eemsa	Si	10	977	Si	100	70	70	70	140
52	3	Flexel de Mexicali, S. A. De C. V.	Si	81	93	Si	261	210	210	210	420
57	8	Hikam Electrónica de México	Si	51	93	Si	53	1	1	1	2
67	6	Industrias S.L., S.A	Si	32	605	Si	250	100	100	100	200
71	64	Jonathan MFG de México	No	43	279	Si	90	54	53	52	105
72	66	Katolec México	Si	76	50	Si	16	10	9	9	19
76	132	LG Electronics	No	52	500	Si	162	97	95	94	188
81	73	Melco Display Devices de México	Si	67	1300	Si	421	253	246	244	490
84	133	Nissin Electropartes de México	No	82	500	Si	162	97	95	94	188
94	134	Pilking Ton	Si	40	387	Si	125	75	73	73	146
95	7	Pims, S.A. De C.V.	Si	31	1800	Si	239	239	239	239	478
96	10	Placas Termodinámicas	Si	81	550	Si	300	300	300	300	600
99	1	Productos Urólogos de México	Si	57	2700	Si	1322	457	457	457	914
103	88	SDS de México	Si	57	362	Si	117	71	69	68	136
108	5	Skil de México, S.A. C.V.	Si	42	988	Si	282	282	282	282	564
109	94	Sony de Mexicali, S.A. C.	Si	46	2151	Si	697	419	407	403	810
110	89	SPG de México	No	31	600	Si	194	117	114	112	226
117	97	Technolock	Si	43	900	Si	292	175	170	169	339
125	105	Wabash Technologies	Si	41	766	Si	248	149	145	144	288
127	107	Zahori, S.A. DE C.V.	Si	31	442	Si	143	86	84	83	166
Total:					21856		7304	4396	4267	4224	8491

Posteriormente se realizó una encuesta con cierto número de cuestionarios, tomando una muestra del número de industrias maquiladoras (Figura 10). Así como el número de empleados para la obtención de datos y con las cuales se ratificarán los datos anteriores y se actualizaron en cuanto a la debida variación que pudiera tener, para la correcta operación del modelo (Figura 11).

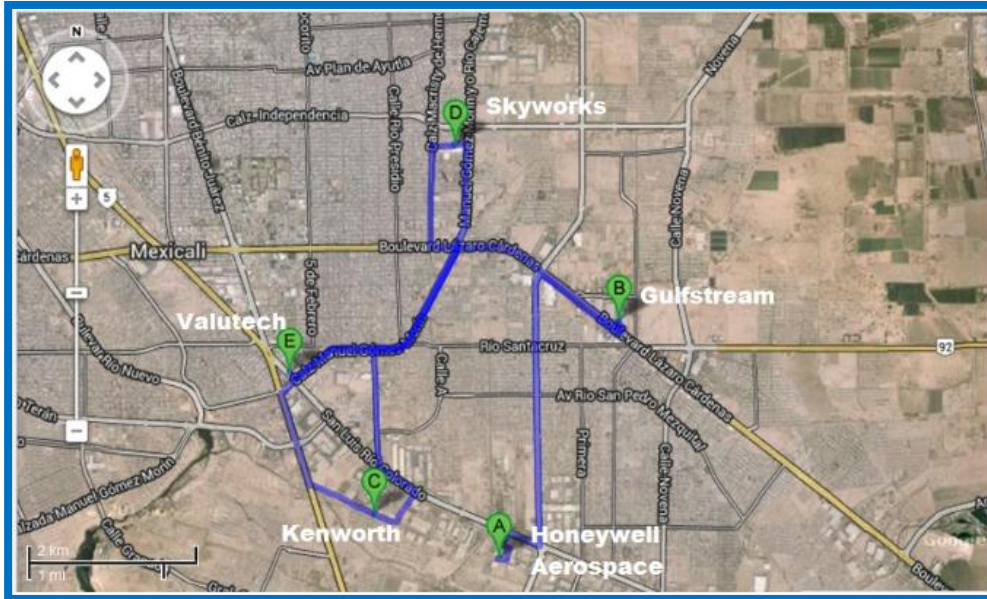


Figura 10. Mapa de industrias maquiladoras (muestra para estudio) (elaboración propia).

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERIA

ENCUESTA. Modelo para minimizar emisiones producto del transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali.

1. ¿Qué medio de transporte utilizas para ir de tu casa a tu trabajo?
 - a) Carro propio b) transporte público c) transporte de la empresa d) taxi
 - e) otros: _____

2. ¿Qué medio de transporte utilizas para regresar de tu trabajo a tu casa?
 - b) Carro propio b) transporte público c) transporte de la empresa d) taxi
 - f) otros: _____

3. Nombre de tu colonia: _____

Figura 11. Cuestionario del transporte de personal para la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

3. MODELO PARA MINIMIZAR EMISIONES

Se determinó el modelo para el sector transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali (Figura 12), al cual denominamos: “Modelo de transporte de personal”, incluye las principales variables y su interacción, lo que permite determinar las emisiones generadas. Para operarlo, se alimentó con información disponible de fuentes oficiales y con la que se obtuvo por medio de mediciones de campo y cálculos propios.

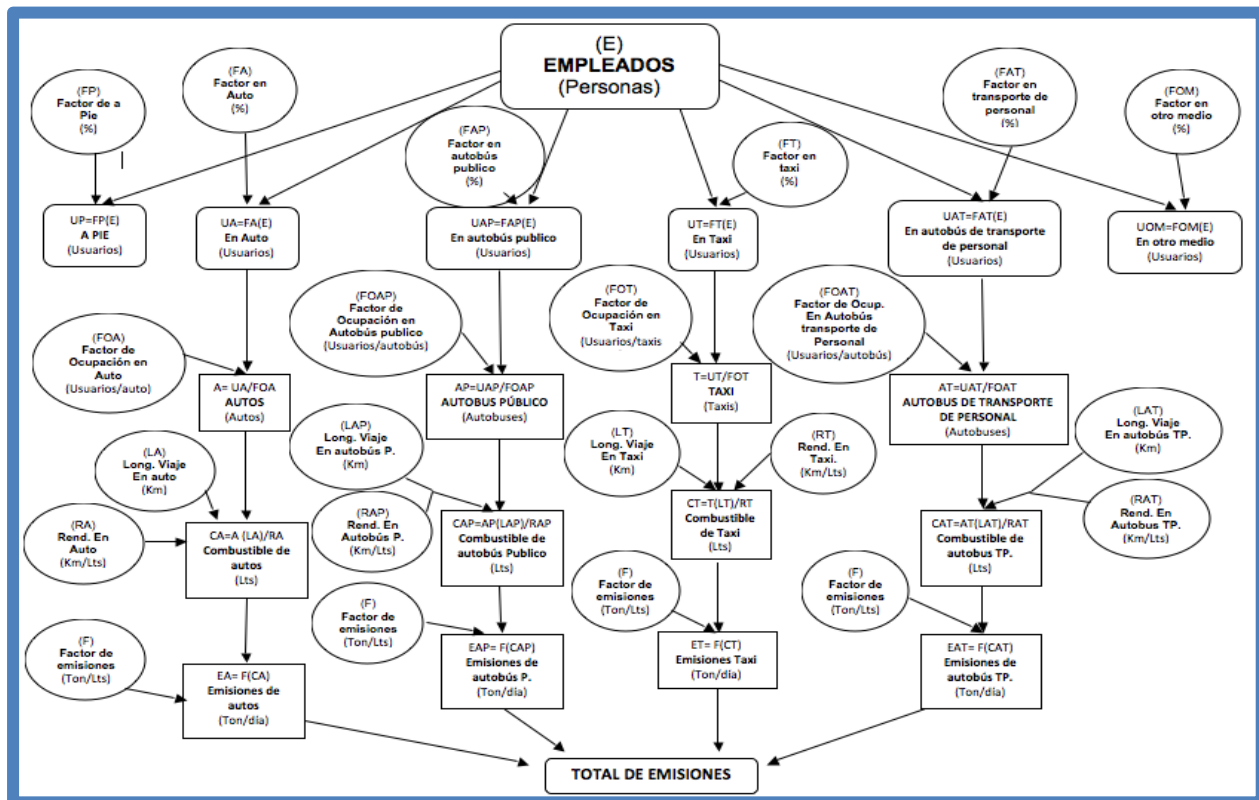


Figura 12. Modelo de transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

En la Figura 12 se muestran las 42 variables utilizadas para la obtención del efecto en el ambiente causado por las emisiones de GEI, 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 trabajadas, la relación entre variables se muestra con las flechas indicadas. La utilidad del modelo es que, definidas las variables y sus interrelaciones matemáticas, se obtienen las emisiones generadas a causa de los diferentes medios de transporte utilizados en el traslado de empleados de la industria maquiladora de Mexicali, de tal forma que se puede experimentar la aplicación de cambios en las variables para conocer el comportamiento de las emisiones (valoración de propuestas) o bien los posibles efectos de la acción de mitigación propuesta.

El horizonte de aplicación del modelo es del año 2003 al 2033, el periodo comprendido entre 2003 y 2013 fue de alimentación, validación y calibración de datos mientras que del 2014 al 2033 es una etapa de pronóstico, tomando como base el año 2013; los valores de las variables fueron considerados a mitad de año, las cuales se describen a continuación:

3.1. Variables independientes:

- Factores de utilización: Relación de usuarios que utilizan determinado tipo de transporte: FP (Factor de usuarios a pie), FA (Factor de usuarios en auto), FAP (Factor de usuarios en autobús público), FT (Factor de usuarios en taxi), FAT (Factor de usuarios en autobús de personal), FOM (Factor de usuarios en otros medios).
- Factores de Ocupación: Promedio de pasajeros por unidad de transporte; FOA (Factor de ocupación en auto), FOAP (Factor de ocupación en autobús público), FOT (Factor de ocupación en taxi), FOAT (Factor de ocupación en autobús de personal).
- Longitudes de viaje: Promedio de distancia recorrida por viaje (hogar-maquiladora y viceversa); LA (Longitud de viaje en auto), LAP (Longitud de viaje en autobús público), LT (Longitud de viaje en taxi), LAT (Longitud de viaje en autobús de personal).

- Rendimiento: Rendimiento de combustible promedio de los medios de transporte, considerando el promedio de tamaño de motor de los vehículos (desplazamiento del combustible en el motor); RA (Rendimiento en auto), RAP (Rendimiento en autobús público), RT (Rendimiento en taxi), RAT (Rendimiento en autobús de personal).
- Factor de emisiones (F): Proporción de emisiones (ton/lts) por tipo de transporte.

3.2. Variables dependientes:

- Empleados (E): Cantidad de empleados (demanda) de la industria maquiladora de Mexicali.
- Usuarios por tipo de transporte: Cantidad de usuarios usando determinado medio de transporte; UP (Usuarios a pie), UA (Usuarios en auto), UAP (Usuarios en autobús público), UT (Usuarios en taxi), UAT (Usuarios en autobús de personal), UOM (Usuarios en otros medios).
- Unidades en operación: Cantidad de vehículos que se encuentran en circulación; A (Autos), AP (Autobús público), T (Taxi), AT (Autobús de personal).
- Combustible: Volumen de combustible que consumen cada uno de los diferentes medios de transporte; CA (Combustible de autos), CAP (Combustible de autobús público), CT (Combustible de taxi), CAT (Combustible de autobús de personal).
- Emisiones: Peso de las principales emisiones tipo GEI que provocan los diferentes medios de transporte; EA (Emisiones de autos), EAP (Emisiones de autobús público), ET (Emisiones de taxis), EAT (Emisiones de autobús de personal).
- Total de emisiones: Peso total de emisiones tipo GEI que provocan la totalidad de vehículos, considerándose: emisiones de N_2O , CH_4 y CO_2 . También expresable en CO_2 equivalente de las principales emisiones del transporte (CO_2 , N_2O y CH_4).

4. OPERACIÓN DEL MODELO

4.1. OPERACIÓN DE LAS VARIABLES

Los parámetros a diagnosticar para la operación del modelo para minimizar emisiones producto del transporte de personal, incluyen los efectos en el cambio climático del sistema transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali, excepto los parámetros de “a pie” y “otros medios”. A continuación se enlistan los algoritmos que se utilizaron para cada una de las variables dependientes:

- Usuarios a pie: Es el producto del factor de a pie con el número de empleados de la industria maquiladora, expresado en número de usuarios. $UP = FP (E)$.
- Usuarios en auto: Es el producto del factor en auto con el número de empleados de la industria maquiladora, expresado en número de usuarios. $UA = FA (E)$.

- Usuarios en autobús público: Es el producto del factor en autobús público con el número de empleados de la industria maquiladora, expresado en número de usuarios. $UAP = FAP (E)$.
- Usuarios en taxi: Es el producto del factor en taxi con el número de empleados de la industria maquiladora, expresado en número de usuarios. $UT = FT (E)$.
- Usuarios en autobús de transporte de personal: Es el producto del factor en transporte de personal con el número de empleados de la industria maquiladora, expresado en número de usuarios. $UAT = FAT (E)$.
- Usuarios en otro medio: Es el producto del factor en otro medio con el número de empleados de la industria maquiladora, expresado en número de usuarios. $UOM = FOM (E)$.
- Cantidad de autos: Es el cociente del número de usuarios en auto entre el factor de ocupación en auto, expresado en número de unidades de transporte. $A = UA/FOA$.
- Cantidad de autobuses públicos: Es el cociente del número de usuarios en autobús público entre el factor de ocupación en autobús público, expresado en número de unidades de transporte. $AP = UAP/FOAP$.
- Cantidad de taxis: Es el cociente del número de usuarios en taxi entre el factor de ocupación en taxi, expresado en número de unidades de transporte. $T = UT/FOT$.
- Cantidad de autobuses de transporte de personal: Es el cociente del número de usuarios en autobús de transporte de personal entre el factor de ocupación en autobús de transporte de personal, expresado en número de unidades de transporte. $AT = UAT/FOAT$.
- Combustible de autos: Es el producto de la cantidad de autos obtenida por la longitud de viaje en auto (Km), entre el rendimiento generado en auto (Km/lt), expresado en volumen de litros de combustible por medio de transporte. $CA = A (LA)/RA$.
- Combustible de autobús público: Es el producto de la cantidad de autobuses públicos obtenida por la longitud de viaje en autobús público (Km), entre el rendimiento generado en autobús público (Km/lt),

expresado en volumen de litros de combustible por medio de transporte.
 $CAP = AP (LAP) / RAP$.

- Combustible de taxis: Es el producto de la cantidad de taxis obtenida por la longitud de viaje en taxi (Km), entre el rendimiento generado en taxi (Km/lt), expresado en volumen de litros de combustible por medio de transporte. $CT = T (LT) / RT$.
- Combustible de autobús de transporte de personal: Es el producto de la cantidad de autobuses de transporte de personal obtenida por la longitud de viaje en autobús de transporte de personal (Km), entre el rendimiento generado en autobús de transporte de personal (Km/lt), expresado en volumen de litros de combustible por medio de transporte. $CAT = AT (LAT) / RAT$.
- Emisiones de autos: Es el producto del factor de emisiones (ton/lt) por la cantidad de combustible de autos (lt), expresado en toneladas por día. $EA = F (CA)$.
- Emisiones de autobús público: Es el producto del factor de emisiones (ton/lt) por la cantidad de combustible de autobús público (lt), expresado en toneladas por día. $EAP = F (CAP)$.
- Emisiones de taxis: Es el producto del factor de emisiones (ton/lt) por la cantidad de combustible de taxis (lt), expresado en toneladas por día. $ET = F (CT)$.
- Emisiones de autobús de transporte de personal: Es el producto del factor de emisiones (ton/lt) por la cantidad de combustible de autobuses de transporte de personal (lt), expresado en toneladas por día. $EAT = F (CAT)$.
- Total de emisiones: Es la sumatoria de las emisiones generadas por autos, emisiones de autobús público, emisiones de taxi y emisiones de autobús de transporte de personal, expresado en toneladas por día. $TE = EA + EAP + ET + EAT$.

4.2. Resultados de escenario base

El concentrado de información dentro de la operación del modelo, se realizó en un periodo de validación y calibración de datos del 2003 al 2013 y un periodo de pronóstico del 2014 al 2033, siempre tomando como base el año 2013, siendo estos los resultados del escenario base. Es muy importante remarcar que en los primeros diez años (2003-2013), de cada variable dependiente calculada se puede observar un pequeño decremento y en los años posteriores de pronóstico un aumento, esto debido al constante cambio tecnológico, social, económico, etc., que tienen estas variables.

4.2.1. Empleados.

Donde el número de empleados en día natural como se puede observar en la Tabla 5, es el producto de los empleados registrados por el factor de días hábiles; dando como empleados registrados del producto del número de la población en cierto año por la relación de empleados/población. Teniendo ya registrados en el 2003, 45,501 empleados y para el 2013 se contaba con 58,732 como se observa en la Figura 13, mostrando una tasa de crecimiento de 0.85% anual proyectado del año base (2013) hacia el 2033, notándose que hacia el año 2013 hubo un pequeño decremento debido a la variable en relación a empleados/población.

Tabla 5. Número de empleados por día natural (elaboración propia).

Año	Empleados en día natural
2003	45501
2013	39566
2023	48247
2033	58732

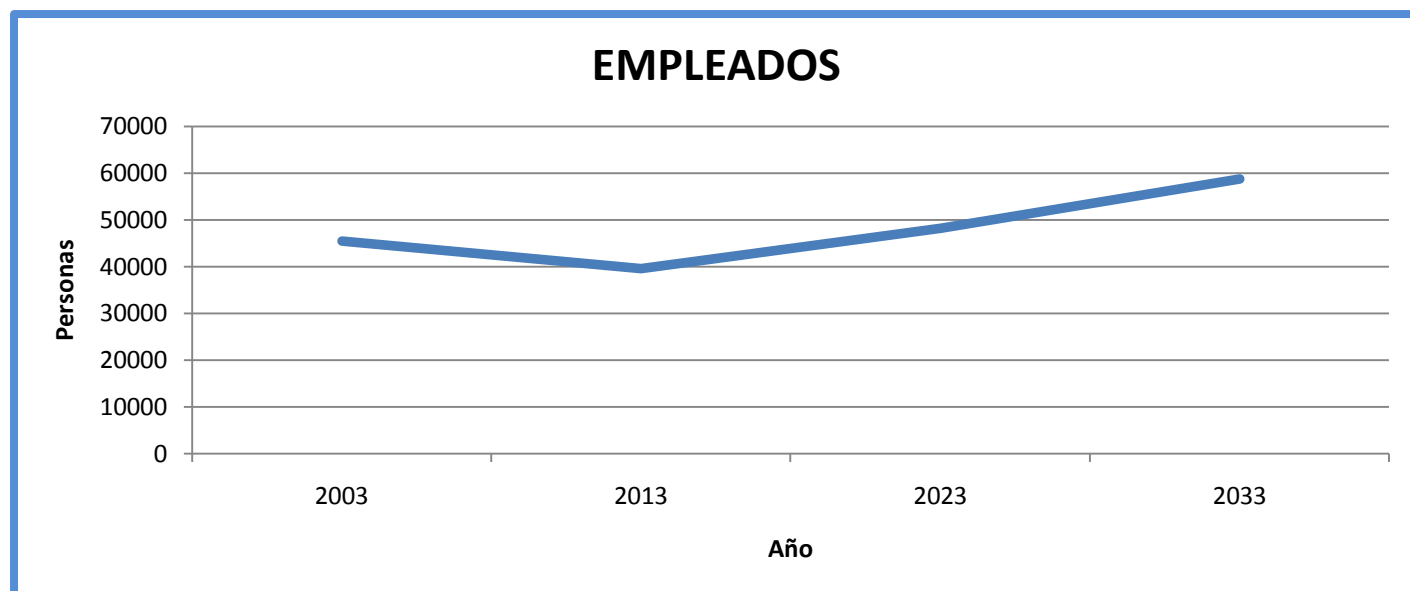


Figura 13. Empleados de la Industria maquiladora (elaboración propia).

4.2.2. Usuarios por medio de transporte

El número de usuarios como se mencionó anteriormente, es el producto de los usuarios en cierto medio de transporte en día hábil por el factor de días laborables; y los usuarios por día hábil se obtuvieron multiplicando el factor de utilización que se obtuvo dependiendo del medio de transporte, por el número de empleados registrados por año.

Como se puede observar tanto en la Tabla 6 como en la Figura 14, la cantidad de usuarios en auto de la industria maquiladora de Mexicali; predomina en cantidad con 37,060 usuarios a la proyección del año 2033, mientras que la cantidad de usuarios en taxi se mantiene a la baja con 235 usuarios hacia la proyección al 2033 en comparación con los usuarios en auto; los usuarios de autobús público y los de autobús de transporte de personal se mantienen a la par, predominando por poco los usuarios en autobús público, ya que es un medio de transporte masivo y bajo la consideración de que no todas las industrias maquiladoras de Mexicali utilizan el autobús de transporte de personal; cabe mencionar que para la información recabada en el Capítulo 2, se hace mención de los usuarios en el transporte de personal de la industria maquiladora y se hace notorio que las referencias como el sistema municipal de transporte no manejan sus datos en base a estudios o investigación, observándose la diferencia de cantidades de usuarios, siendo que estas instancias se basan en la población de empleados de la industria maquiladora de manera generalizada para el uso del transporte de personal.

Tabla 6. Cantidad de usuarios por tipo de transporte de la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

Año	Usuarios a pie por día natural	Usuarios en auto por día natural	Usuarios en AP por día natural	Usuarios en taxi por día natural	Usuarios en ATP por día natural	Usuarios en OM por día natural
2003	1092	28711	7781	182	6871	865
2013	950	24966	6766	158	5975	752
2023	1135	30444	8250	193	7285	917
2033	1410	37060	10043	235	8869	1116

Usuarios por medio de transporte

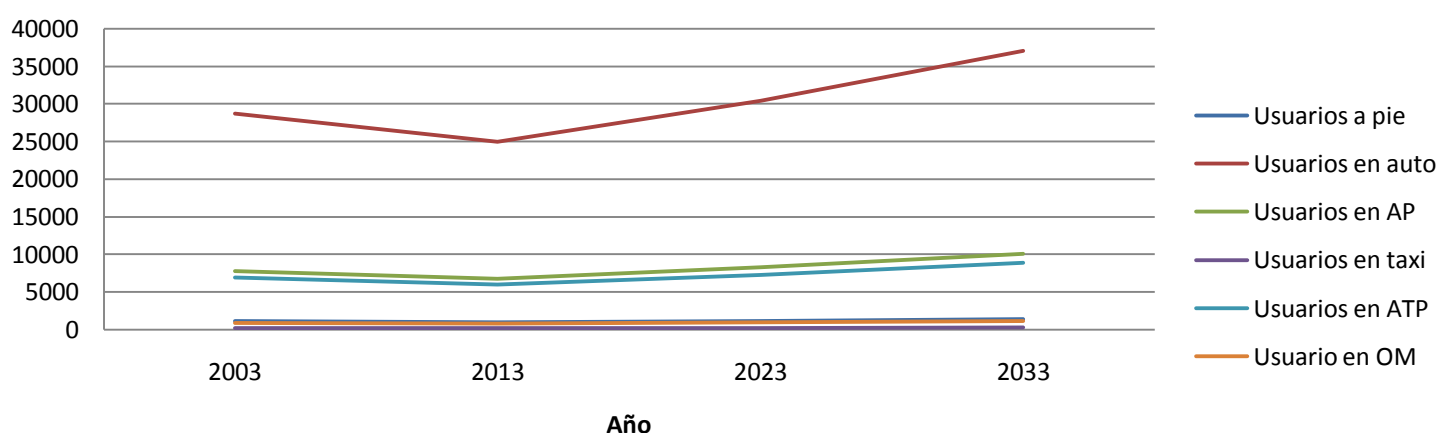


Figura 14. Usuarios por medio de transporte en la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

4.2.3. Unidades en operación.

En el caso de los autos, el cual es el resultante del cociente del número de usuarios que se transportan en auto (calculado y explicado anteriormente) entre el factor de ocupación en auto; el cual se obtuvo mediante la toma de datos de campo, con el promedio de usuarios por auto en la industria maquiladora. Para los autobuses públicos, se obtuvo por medio del cociente del número de usuarios que se transportan a la industria maquiladora en autobús público, entre el factor de ocupación en autobús público; el cual se obtuvo del producto del factor de ocupación promedio de autobuses públicos del estudio “Determinación de un sistema de rutas de transporte público para la ciudad de Mexicali”, por la cantidad de camiones destinados para este fin. Para los taxis es por medio del cociente del número de usuarios que se transportan en taxi, entre el factor de ocupación en taxi; el cual se obtuvo de la toma de datos de

campo con el promedio de pasajeros por taxi. Y por último para los autobuses de transporte de personal, de igual manera que los anteriores se obtuvo por medio del cociente de los usuarios que usan el transporte de personal, entre el factor de ocupación de transporte de personal; el cual resultado del producto de número de empleados en el año base (2013) por el factor de utilización del transporte de personal mencionado anteriormente y posteriormente ese resultado dividido entre la cantidad de camiones destinados para el servicio de la industria maquiladora por dos, ya que cada camión hace dos viajes en el proceso de “dejar y recoger” al usuario en la industria maquiladora.

Como se puede observar tanto en la Tabla 7 como en la Figura 15, la cantidad de unidades de los autos sigue a la alta en todos los años hasta la fecha y de igual manera con los años proyectados al 2033 y sobresaliendo en el año base (2013) con 16,995 unidades, siendo que las unidades de taxis están a la baja en el mismo año con 117 unidades destinadas para este fin (traslados de usuarios a la industria maquiladora).

Tabla 7. Cantidad de unidades por tipo de transporte de la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

Año	De autos	De AP	De taxi	De ATP
2003	44486	9132	837	6447
2013	34808	7145	655	5044
2023	40773	8369	767	5909
2033	47666	9784	897	6908

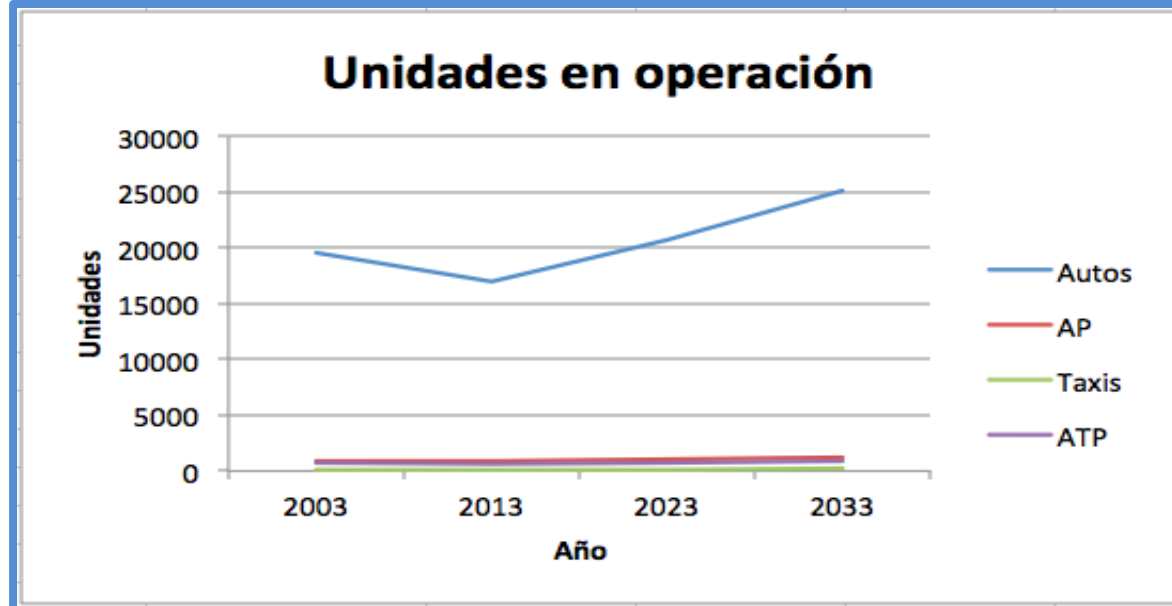


Figura 15. Unidades en operación en la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

4.2.4. Combustible.

El combustible consumido por tipo de transporte se obtuvo en primera instancia del producto de la cantidad de unidades en operación (ya mencionada anteriormente), por la longitud de viaje de cierto tipo de transporte; la cual se obtuvo por medio de un factor tamaño de ciudad, que resultó del cociente de la cantidad de población en cierto año entre la cantidad de población en el año base (2013), utilizando interpolación geométrica. Y posteriormente el producto de este factor tamaño de ciudad por la distancia de recorrido directo en el año base (2013); el resultado es multiplicado por dos debido a que la distancia es de “ida y regreso” en la unidad de transporte correspondiente y finalmente se dividió el rendimiento por tipo de transporte, expresado en (Km/lt) y para su cálculo se utilizó un ponderado de autos/autobuses (Galindo, 2013). Para obtener el rendimiento aproximado de autos y taxis primero se calculó el producto del ponderado mencionado anteriormente, multiplicado por un promedio de potencia y dividido entre una relación del tamaño de motor que se obtuvo para autos y taxis. Para los autobuses (públicos y de personal de la industria maquiladora) se calculó de igual manera que para los autos y taxis, sólo que al final la división entre la relación del tamaño de motor, cambia por el tamaño del motor (en este caso es para autobuses).

Se puede observar tanto en la Tabla 8 como en la Figura 16, que todos los medios de transporte incrementarán el consumo de combustible, sobre todo los automóviles, debido al crecimiento del parque vehicular y de los recorridos por vehículo.

Tabla 8.Volumen de combustible por tipo de transporte de la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

Año	Autos	AP	Taxi	ATP
2003	19545	973	135	736
2013	16995	846	117	640
2023	20724	1031	143	780

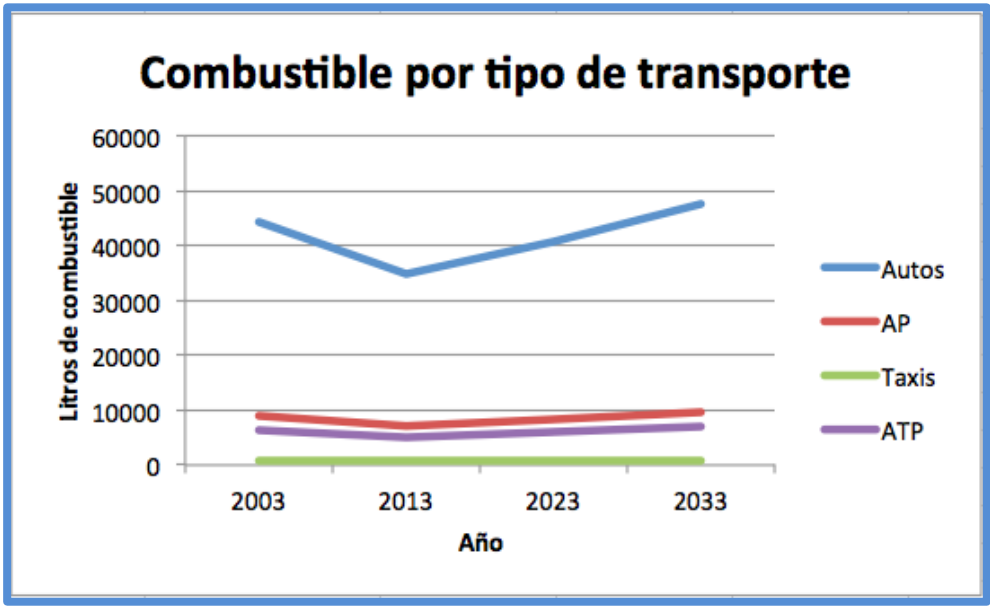


Figura 16. Combustible consumido por tipo de transporte en la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

4.2.5. Emisiones.

Para la obtención de las emisiones producidas por tipo de transporte, se consideró un factor de emisiones de CO₂ equivalente a las principales emisiones del transporte (CO₂, N₂O y CH₄) (Galindo, 2013). Y posteriormente se obtiene el producto de multiplicar el factor de emisiones por tipo de transporte por el combustible consumido (calculado anteriormente) como se observa en la Tabla 9, lo cual arroja la cantidad de emisiones producidas por cierto tipo de transporte en toneladas por día.

Como se observa en la Figura 17, en los primeros años hay un alto incremento de emisiones y esto se debe al crecimiento del parque vehicular y de los recorridos por vehículo, pero posteriormente en los años siguientes se mantienen uniformes ya que se contrarrestan con las mejoras en los rendimientos y con la disminución de la edad de vehículos, debido a la producción de estos últimos es cada vez más eficientes así como la demanda de vehículos pequeños es cada vez mayor.

Tabla 9. Emisiones generadas por tipo de transporte de la industria maquiladora de Mexicali (elaboración propia).

Año	Autos	AP	Taxis	ATP
2003	116	24	2	17
2013	85	17	2	12
2023	90	19	2	13
2033	97	20	2	14

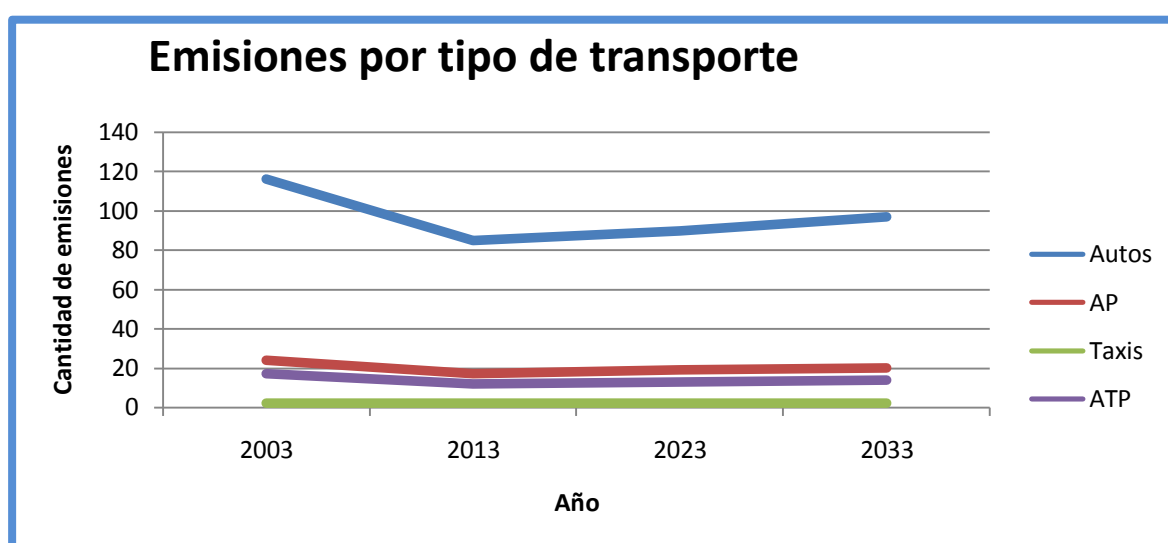


Figura 17. Cantidad de emisiones producidas por tipo de transporte.

4.2.6. Total de emisiones

Como producto final del modelo en las Tablas 10 y 11 se presentan el total de emisiones por día natural, el cual se obtiene de la sumatoria de cada cantidad de emisiones producidas por cada tipo de transporte; y de igual manera se calculó el total de emisiones al año, el cual se obtiene del producto del total de emisiones por día natural (calculado anteriormente) por el total de días del año.

Como se puede observar en las Figuras 18 y 19, actualmente existe un crecimiento de las emisiones de GEI; ya que a pesar de haber disminuido la cantidad de emisiones a comparación de años anteriores como en el 2003 con 159 toneladas por día y al 2013 con 116 toneladas por día, y a pesar de que mejoran las generaciones de autos en cuanto a eficiencia y tecnología; las emisiones siguen creciendo y esto se debe principalmente a que en la sociedad se promueve la cultura del uso del vehículo, ya que se le orienta a una mayor dependencia del mismo, y a que las tecnologías antiemisiones no han alcanzado a un nivel tal que revierta la tendencia.

Tabla 10. Total de emisiones por día natural (elaboración propia).

Año	Por día Natural
2003	170
2013	145
2023	158
2033	174

Tabla 11. Total de emisiones por año Por día natural (elaboración propia).

Año	Por año
2003	61,960
2013	53,032
2023	57,831
2033	63,573

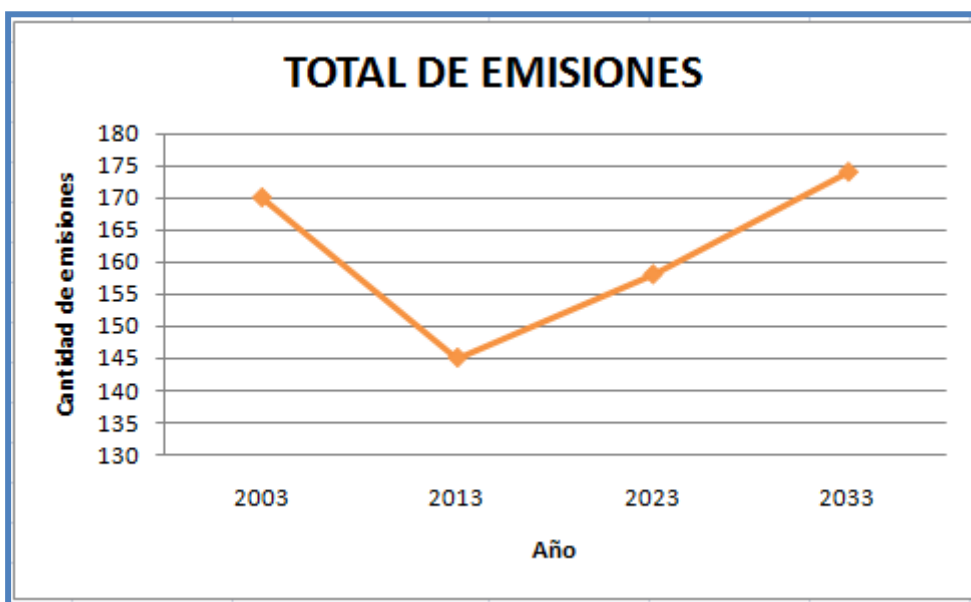


Figura 18. Total de emisiones por día natural.

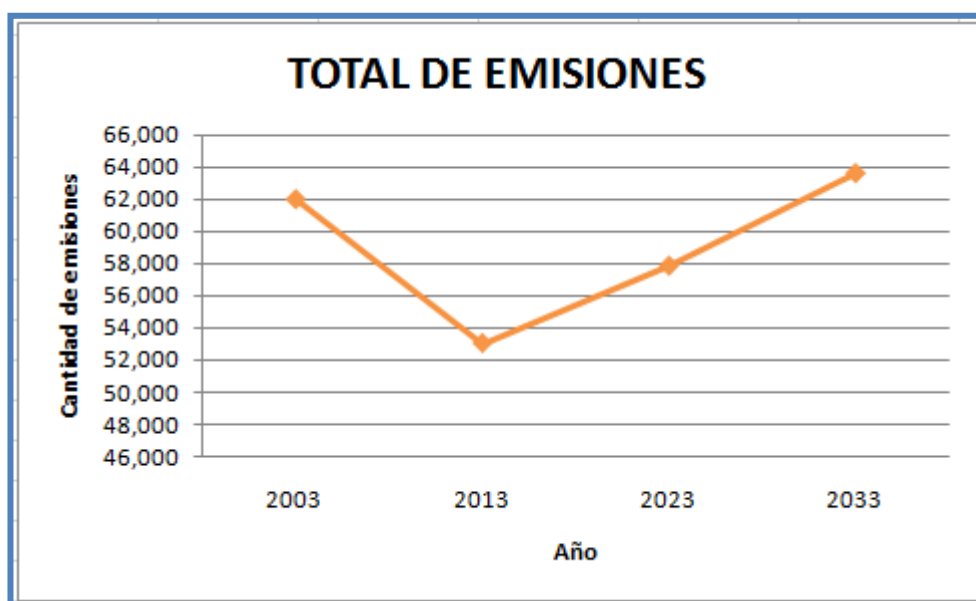


Figura 19. Total de emisiones por año.

5. VALORACIÓN DE PROPUESTAS

El modelo se comenzó sobre un escenario base, el cual fue realizado bajo el supuesto de que no habrá cambios de actitud hacia el uso de los diferentes tipos de transporte que se utilizan para transportarse en la industria maquiladora de Mexicali, ni modificaciones a las variables del modelo hasta el final del horizonte de planeación (año 2033), es decir continuar con las tendencias de comportamiento de cada una de ellas, a partir del análisis realizado durante el periodo 2003-2013, y la proyección 2014-2033.

Posteriormente se pretende analizar el comportamiento del modelo, en base a la valoración de propuestas que pudieran optimizar los movimientos de los usuarios en los diferentes tipos de transporte en la industria maquiladora, haciendo énfasis en el transporte de personal, buscando el uso de las diferentes alternativas que se pudieran presentar y finalmente optimizar, minimizar o eliminar el transporte de personal de la industria maquiladora; tales propuestas se presentan a continuación:

1. Implementar programas de carpool.

Esta propuesta involucra el viaje en automóvil compartido (Inglés: carpool o carpooling) mediante la práctica que consiste en que diversas personas compartan automóvil tanto para viajes periódicos como para trayectos puntuales, para este caso en particular en su trayecto de “ida y regreso” a la industria maquiladora de Mexicali. Con esta práctica se pretende reducir la congestión de tránsito, así como facilitar los desplazamientos a personas que no dispongan de automóvil propio en este caso en particular para los empleados de la industria maquiladora y hacer una reducción en el uso del transporte de personal o el público. Además, supone una notable disminución de emisiones de CO₂, al reducir el número de automóviles. A su vez, favorece las relaciones sociales entre personas que realizan los mismos recorridos.

La práctica del viaje compartido o compartir automóvil es un sistema cooperativo que involucra distintos grados de regularidad y formalidad, y es una de las medidas de administración de la demanda del transporte más incentivadas en Estados Unidos, Canadá y varios países de la Unión Europea para mitigar los problemas crónicos de congestión de tránsito así como para conseguir una reducción de los niveles de contaminación, es por eso que sería una buena propuesta para poner en práctica en México, dentro del modelo enfocado en la industria maquiladora de Mexicali, de tal manera que se motivara al usuario (empleado) a la práctica del carpool por medio de incentivos en especie (Ruiz, 2010).

Los resultados de la propuesta se verán reflejados en el aumento y la disminución de las variables que intervienen en estas propuestas, como son el factor de ocupación debido al aumento de este por el número de personas dentro de un automóvil, la cantidad de medios de transporte en la industria maquiladora debido a la minimización de autos por el uso de esta propuesta, la variable del combustible consumido también se vio afectada en disminución por la misma causa y finalmente la disminución en la cantidad de las emisiones producidas, por la baja de autos en uso en la industria maquiladora y llegar el fin común de minimizar las emisiones contaminantes.

2. Replantear el uso del transporte de personal.

En esta propuesta se pretende reestructurar o rediseñar el uso del transporte de personal, por medio de la verificación de normativas en cuanto al correcto uso de este tipo de transporte, enfocándose en las rutas que debe manejar este transporte de personal, y finalmente ver si realmente hay una necesidad latente que se requiera satisfacer sin remedio alguno, o de lo contrario disminuir al máximo la cantidad de camiones destinados para este fin.

En esta propuesta se propone una disminución en las variables y factores de transporte de personal en el modelo, y un pequeño incremento en los otros tipos de transporte, generando un cambio positivo para el total de emisiones generadas por este sector.

3. Disminuir las longitudes de viaje.

Esta propuesta se enfoca en la reducción de la longitud de los viajes hechos por usuarios (empleados) de ida y de regreso a su trabajo (industria maquiladora), todo esto mediante una contratación de personal con prioridad de gente que viva cerca de cierta industria maquiladora, por parte de la misma empresa; esto con la finalidad de que el usuario se mantenga cerca de la industria maquiladora haciendo uso de alternativas de transporte como el caminar, la bicicleta o algún tipo de transporte menos contaminante ya que el recorrido que hará será relativamente corto.

En esta propuesta se pretende disminuir las variables del factor de longitud de viajes por parte de los usuarios, así como las disminuciones en los factores de uso de los medio de transporte y esto repercutirá en el volumen de combustible generado en el modelo y finalmente en el total de las emisiones generadas.

4. Plan de acción enfocado en el Rendimiento.

Con este plan de acción como propuesta se pretende mejorar las condiciones de los camiones, para optimizar el rendimiento y reducir las emisiones de estos; por medio de la búsqueda de consultorías por parte del sistema municipal de transporte para tanto de la industria maquiladora como de la

comunidad en general, poniendo un alto grado de atención tanto en las condiciones externas como en las condiciones internas de los camiones, como en el aspecto físico por ejemplo, uso y manejo de placas para este transporte, la seguridad para el usuario de este transporte y las condiciones internas como el mantenimiento adecuado a estas unidades de transporte, así como la aplicación de las nuevas tecnologías en cuanto a eficiencia y reducción de emisiones que generan estas unidades; otra de las acciones a seguir es proponer la adquisición de unidades nuevas para el servicio de transporte de personal de la industria maquiladora de Mexicali, y obtener como resultado una reducción gradual en las emisiones generadas.

Con la aplicación de dicho plan y sus acciones a seguir, se aumentará el rendimiento reflejado en los factores de rendimiento los cuales repercutirán en la disminución de la cantidad volumétrica de combustible generados por tipo de transporte (en este caso en especial del generado por los autobuses públicos y autobuses de transporte de personal): de igual manera se pretende disminuyan las variables de utilización así como su mismo factor, en base a que se puede incentivar a la gente el uso de un transporte ya sea público o de personal y que a la vez se vea reflejado el grado de seguridad y comodidad que busca el usuario en este tipo de transporte, y finalmente observar una baja en la cantidad de emisiones finales.

5.1 DETERMINACIÓN DE PROPUESTAS.

En base a la valoración de propuestas que se menciona anteriormente, se realizó un análisis de cada una de ellas, y se reagruparon las propuestas de la siguiente manera:

1. Propuesta “A”.

La cual consta de dos acciones en conjunto a seguir.

- a) Carpool
- b) Disminución de la longitud de viaje

2. Propuesta “B”.

“Mejora del servicio de transporte público en pro de la industria maquiladora”

3. Propuesta “C”.

“Modernización del sistema de transporte de personal de la industria maquiladora”

4. Propuesta “D”.

“Mejora total en ambos sistemas por medio de la modernización”

A continuación se hará la descripción de cada propuesta, así como sus respectivas acciones a seguir y de igual manera se presentaran los resultados de las corridas en el modelo para cada propuesta en conjunto, en comparación al modelo base que se realizó en el presente trabajo de investigación.

5.2 PROPUESTA “A”

Acciones:

- a) Carpool
- b) Disminuir la longitud de viaje

5.2.1 CARPOOL

Viaje compartido en automóvil o coche (Inglés: carpool o carpooling) es la práctica que consiste en que diversas personas compartan coche tanto para viajes periódicos como para trayectos puntuales. Con esta práctica se pretende reducir la congestión de tránsito en las grandes ciudades así como facilitar los desplazamientos a personas que no dispongan de coche propio. Además, supone una notable disminución de emisiones de CO₂, al reducir el número de coches en las carreteras. A su vez, favorece las relaciones sociales entre personas que realizan los mismos recorridos.

Este sistema es algo nuevo para Latinoamérica y en especial para México, sin embargo, desde hace ya algunos años se había estado implementando en Europa y los EE UU. Debido a que en Europa se encuentran un gran número de países desarrollados, la idea fue adoptada hace un buen número de años (Estay, 2005). Así que esta medida ha logrado llamar la atención de los demás países que tienen las mismas necesidades de bajar sus niveles de contaminación y de mejorar la economía de sus habitantes.

Lo más común para el carpooling es que las compañías proveedoras de trabajo incentiven a sus trabajadores a tomar un sólo coche. La idea es no gastar en gasolina y que puedan compartir gastos pero también que no se vaya a trabajar sólo, yendo un poco más ligado a la compañía. De este modo se evita el caos vial y la frustración porque el compartir con una persona el coche, ayuda a una mayor sociabilización y grata compañía (Estay, 2005).

El beneficio más obvio de compartir coche es el de la reducción de gastos para cada usuario. Un conductor que viaja sólo en su auto puede ahorrar hasta un

75% de su gasto llevando tres pasajeros. El segundo beneficio está relacionado a la calidad de viaje: viajar en automóvil es más rápido y cómodo que viajar en transporte público. Para el pasajero que, de no compartir auto hubiese conducido su automóvil, viajar como pasajero implica desligarse de la obligación de conducir y evitar la molestia de encontrar lugar para estacionamiento. A su vez implica que en lugar de circular dos coches circula solo uno, con todo el ahorro energético que eso implica. Finalmente, la reducción del tránsito tiene beneficios múltiples para el conjunto de la sociedad: se reducen las emisiones de CO₂; se reduce la contaminación atmosférica, visual y auditiva; y se reducen las demoras o embotellamientos para todos los automovilistas (Ruiz, 2010).

Los beneficios se pueden traducir en: la reducción de los gastos generados por el transporte intermodal, los costos vistos en tiempos y distancia, la disminución del tráfico vehicular, la reducción de gastos derivados del uso del coche (estacionamiento, gasolina, mantenimiento y desgaste), y mejores alternativas de transporte. Sin embargo en la ciudad de México, existen dos escenarios para el carpooling. Mientras que el primer escenario (empresarial) se genera en la formalidad y en principios sustentables, el segundo escenario, se da en la informalidad y con principios funcionales de la movilidad; pero ambos sirven como ejemplo, para demostrar que el carpooling en la práctica no es algo nuevo. Si bien ambos escenarios nos remiten a los mismos beneficios, los impactos en el entorno urbano no son los mismos (mi diario urbano, URL 2012).

Caso Formal del Carpooling-Aventones.

Para el caso de la ciudad de México existe ya una organización de nombre “Aventones” encargada de “administrar y expandir este nuevo modelo de transporte entre comunidades de confianza”. Si bien es cierto que compartir y reducir el tráfico vehicular son puntos importantes a tratar en la agenda urbana de la ciudad de México, no se debe pasar por alto los índices de delincuencia y por ello la seguridad de quienes comparten el vehículo o los viajes. Es por eso que Aventones decidió dar servicio inicialmente a empresas, universidades e instancias de gobierno. Esperando que en algún momento, se pueda integrar

este sistema de transporte, en comunidades sociales más grandes o en grupos de habitantes que se encuentran dentro de un mismo círculo social, por ejemplo: habitantes de una colonia barrio, privada, unidad habitacional, etc., (mi diario urbano, URL 2012). Es impresionante ver la cantidad de vehículos que se dirigen hacia y desde el mismo lugar al mismo tiempo, cada uno con una persona al volante con 3 ó 4 asientos desocupados, allí es donde se enfoca el desarrollo de esta propuesta.

Carpooling Para Empresas

El sistema de CARPOOLING Empresas está dirigido a quienes quieren aportar una solución de transporte a sus trabajadores. Se trata de una iniciativa que apela a la conciencia responsable de una sociedad que espera colaborar con acciones concretas a problemáticas que la afectan diariamente.

El sistema entrega un servicio de coordinación que permite a las personas organizar sus rutas junto a los compañeros de trabajo. Normalmente todos los participantes son propietarios de un automóvil y alternando el uso de cada vehículo, economizan en gastos de viaje y contribuyen a reducir la congestión de tránsito y disminuir la contaminación del aire. Las grandes, medianas y pequeñas empresas presentan variadas deficiencias referentes a la responsabilidad social empresarial, es decir, a la contribución activa y voluntaria del mejoramiento social, ambiental y económico.

Generalmente éstas van más allá del cumplimiento de las leyes y las normas. El cumplimiento de estas normativas básicas no se corresponde con la responsabilidad social, sino con las obligaciones que cualquier empresa debe cumplir simplemente por el hecho de realizar su actividad. En la actualidad una de las problemáticas que afectan mayormente a éstas son las relaciones interpersonales dentro y fuera de la empresa, en donde muchos de los empleados solo se conocen por alguna llamada telefónica o mail. Si bien la tecnología nos aísla físicamente, esta propuesta se utiliza para unir personas y crear conciencia sobre el medio ambiente que nos rodea. También permitirá a

las empresas tener una acción concreta de responsabilidad social empresarial con beneficios tangibles para sus colaboradores como para la comunidad.

La mayor parte de las empresas que se encuentran en Mexicali no han tomado en consideración la promoción de la práctica de compartir auto entre sus trabajadores. Al realizar un pequeño sondeo, dentro de la misma encuesta realizada; resultó que el 90% aproximadamente de los centros de trabajo no fomentan el carpooling. Sin embargo, existen algunas (pocas) empresas en las cuales sus trabajadores por iniciativa propia comparten auto; ya sea porque la empresa se encuentra lejos de la ciudad, por falta de estacionamientos, por darle un aventón a un compañero o porque simplemente es más cómodo compartir el viaje y el gasto.

¿Cómo promover que los trabajadores compartan auto?

Ya sea por medio de un servicio externo o por medio de una campaña diseñada por la misma empresa, algunos aspectos que se deben considerar para que la cultura de compartir auto tenga éxito son:

- Definir una política clara para promover el carpooling y hacerlo explícito.
- Realizar un análisis del comportamiento del personal respecto al transporte.
- Identificar y agrupar trabajadores que viven en zonas cercanas.
- Realizar charlas de información y sensibilización.
- Comunicar de una manera atractiva la promoción de una cultura de auto compartido.
- Diseñar incentivos para el personal que hace carpooling como por ejemplo estacionamientos preferenciales, flexibilidad de horarios, reconocimientos, premios, etc.
- Realizar el monitoreo de los resultados obtenidos.

Las empresas que proporcionan estacionamientos preferenciales para los trabajadores, horarios de trabajo flexible y un coordinador de transporte part-time, podrían lograr que hasta un 20% de empleados compartan auto.

Ventajas del “carpooling” como parte de la cultura ambiental de las empresas

1. Reduce la contaminación ambiental y ayuda al medio ambiente: Al fomentar que los trabajadores compartan auto, se reducen el número de vehículos y por ende las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes que se dejan de emitir por la quema de combustible.
2. Reduce los problemas de estacionamiento: Muchas de las empresas cuentan con un número limitado de estacionamientos. Si los trabajadores comparten auto, se reducen el número de vehículos por lo que es más fácil estacionar tanto para los trabajadores como para los clientes.
3. Promueve el ahorro económico para los trabajadores: Digamos que un trabajador recorre una distancia aproximada de 16 km al trabajo (ida y vuelta) y en vez de ir solo decide compartir auto con tres amigos. Dentro de 1 año, habrá dejado de recorrer 2,640 km lo que se verá reflejado monetariamente en sus carteras.
4. Aumenta la productividad, fomenta el trabajo en equipo y mejora las relaciones interdepartamentales: Al compartir auto los trabajadores pasan menos tiempo al volante, lo que significa que hay una reducción en el estrés y un aumento de la productividad. Además el carpooling permite que miembros de diversas áreas se conozcan mejor y facilita el trabajo en equipo.
5. Colabora con la Responsabilidad Social Corporativa: La empresas al fomentar que sus trabajadores compartan auto mejoran su imagen externa al destacar su compromiso con la movilidad sostenible. Así mismo mejora su imagen interna, lo que genera orgullo y fidelidad entre sus empleados (Diario Gestión, 2012).

Según las encuestas realizadas se obtuvo que solo el 10% de los trabajadores de la industria maquiladora hacen uso del carpool o carpooling, por lo cual se

realizó una corrida en el modelo fijando una meta del 20% como primera opción, realizando una interpolación lineal entre los 19 años posteriores al 2014, de manera que el factor de ocupación siga en aumento con el paso del tiempo en un lapso de 20 años como propuesta inicial, e ir viendo los resultados para ir aumentando el porcentaje de uso de esta propuesta.

5.2.2 LONGITUD DE VIAJE

Las transformaciones territoriales y sociales en las que están inmersos los espacios en las ciudades hacen necesario alcanzar cada vez más un número mayor de destinos, que están más dispersos y alejados del hogar, para realizar una mayor variedad de actividades. Los desplazamientos por trabajo y estudio (movilidad obligada), dominantes en las áreas de la ciudad 'tradicionales' y con unos flujos claramente concentrados en su dirección (periferia-centro) son sustituidos por desplazamientos con nuevas direcciones (periferia-periferia e incluso centro-periferia) y acompañados por todo un conjunto de desplazamientos que cobran en la actualidad una importancia mucho mayor (compras, ocio, etc.). En una ciudad en profundo cambio territorial, el desarrollo de los medios de transporte y las comunicaciones alarga las distancias cotidianas, se multiplican las posibilidades de elección para una gran parte de la población en todos los aspectos de la vida urbana: en el lugar de residencia, en la localización de las actividades y de los trabajos, en las relaciones personales, en el ocio (Ascher, 2004). Todo ello a partir de una mayor y más compleja movilidad.

Conforme pasa el tiempo, la ciudad crece y debido a eso, las longitudes de viaje también crecen y su diversificación. Los flujos son cada vez mayores y más dispersos en el espacio y, también, en tiempo. Se produce una redistribución de los desplazamientos en el tiempo igualmente nueva. La flexibilización de las formas de empleo introduce horarios de trabajo cada vez más variados, cuando también el trabajo se combina además con toda una serie de nuevas actividades. Las llamadas horas punta o pico y, en oposición, las horas valles se suavizan cada vez más. La movilidad tiende a distribuirse más homogéneamente en el tiempo. Y a esta movilidad se suma además la de la población no activa, todavía menos programada y previsible (Borja, 2003).

La variable temporal cobra un interés especial, no sólo desde el punto de vista de la distribución diaria de los viajes, también desde la perspectiva del tiempo que la población dedica a los mismos. Los estudios de movilidad en los espacios urbanos han empezado a asumir que el tiempo utilizado en los desplazamientos no se reduce, a pesar de las mejoras que se producen en los medios de transporte. Los incrementos de velocidad en los desplazamientos y, por tanto, las reducciones de los tiempos de viaje, son compensados con nuevos viajes y con mayores distancias. De esta manera, si se viaja más rápido, el tiempo ahorrado se dedica a viajar más veces o a hacerlo más lejos (Monzón y López, 2004).

Los cambios que afectan al conjunto de la movilidad se reflejan en especial en la movilidad por motivo del trabajo. El interés de su estudio se manifiesta no sólo por la propia importancia cuantitativa de los mismos (en cuanto principal motivo de viaje), sino también porque los cambios actuales afectan a cuatro de los elementos más característicos de los desplazamientos al trabajo (Sánchez, 2005):

1. Presenta una agrupación horaria de los viajes muy acusada. Uniformidad de los horarios en las jornadas laborales que favorece la coincidencia en los desplazamientos, dando lugar a horas punta destacadas que generan problemas de congestión.
2. La concentración de los puestos de trabajo en determinados espacios urbanos favorece la mayor concentración espacial de los flujos.
3. Tienen un grado de utilización más elevado del vehículo propio. Uso que se relaciona con factores socioeconómicos como la edad y el poder adquisitivo, psicosociales, según los cuales el 'ser urbano' entiende el automóvil como un elemento social, principio que es puesto de manifiesto en ámbitos competitivos y jerárquicos como el laboral.
4. La recurrente periodicidad de los desplazamientos efectuados, que tienen lugar, en términos generales, de lunes a viernes a lo largo de todo el año.

Como propuesta para la disminución en el factor de "longitud de viaje" en el modelo se pretende fijar una meta, mediante el análisis de las distancias

promedio que realizan los empleados a su destino (industria maquiladora) teniendo como punto de partida para esta acción, hacer las contrataciones de tal forma que se reduzcan un 5% los recorridos, con el objetivo de disminuir las longitudes de viaje del empleado y por lo tanto reducir las emisiones producidas.

Aunque ambas acciones se aplicaron para la disminución de emisiones de CO₂ provocadas por el transporte de personas, es importante destacar cuales fueron las diferencias entre la aplicación de una acción a comparación de la otra, cada una con sus metas respectivas. Remarcando que en un principio en el modelo base que se generó, el total de emisiones para el 2014 es de 53,472 t. Posteriormente con la implementación de la primera acción a que se refiere la del carpool, para el 2014 se observa una disminución del 7% con un total de 49,592 t. Aplicando la segunda acción en cuanto a disminuir la longitud de viaje con el 5% de reducción en los recorridos de longitud de viaje de empleo-casa y viceversa, igualmente se observa una disminución para el 2014 del 7% con un total de 45,719 t. Para ese año, como se puede apreciar en la Figura 20 y 21. Lo cual arroja que uniendo las dos acciones en la propuesta A se observa una disminución en el total de emisiones del 14%, observando la Tabla 12 y la Figura 22; viendo que el porcentaje aunque no es muy representativo, en cantidad y considerando en toneladas la disminución si es notoria y si esto se extrapola a futuro, la disminución puede ser mayor.

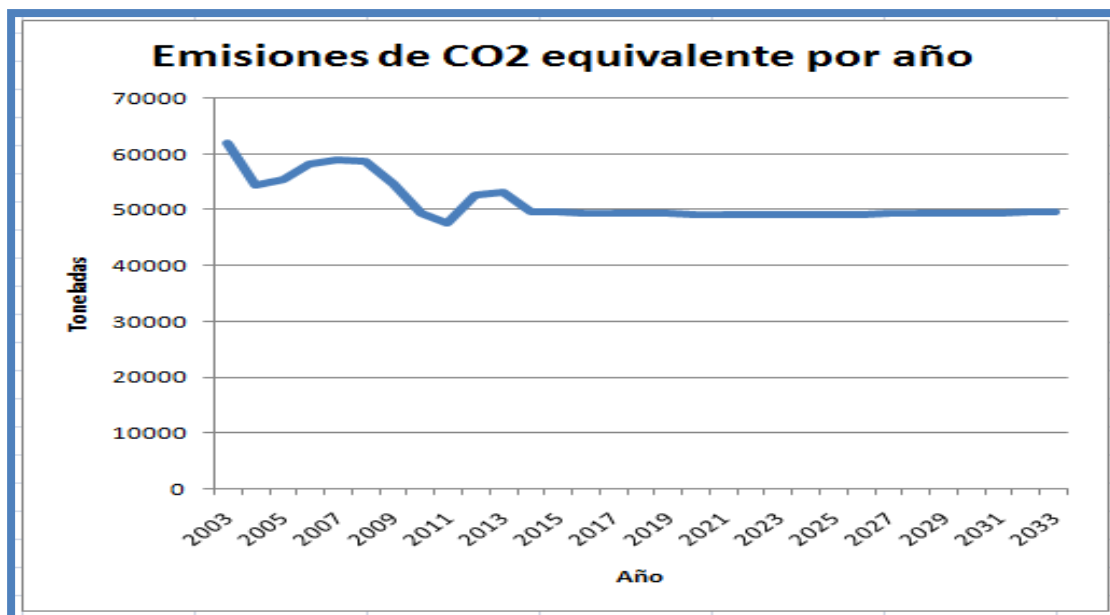


Figura 20. Total de emisiones con acción “carpool” (elaboración propia).

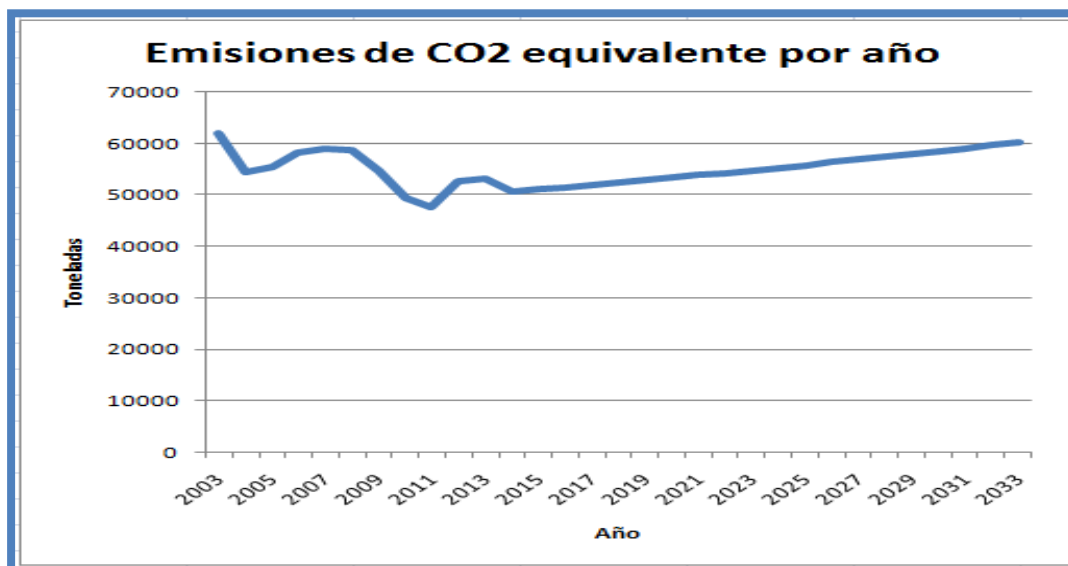


Figura 21. Total de emisiones en acción “longitud de viaje” (elaboración propia).

Tabla 12. Total de emisiones anuales de propuesta "A" (elaboración propia).

AÑO	TOTAL DE EMISIONES ANUAL
2014	45719
2015	45634
2016	45560
2017	45496
2018	45442
2019	45399
2020	45365
2021	45341
2022	45326
2023	45320
2024	45323
2025	45336
2026	45357
2027	45386
2028	45424
2029	45470
2030	45525
2031	45587
2032	45657
2033	45735

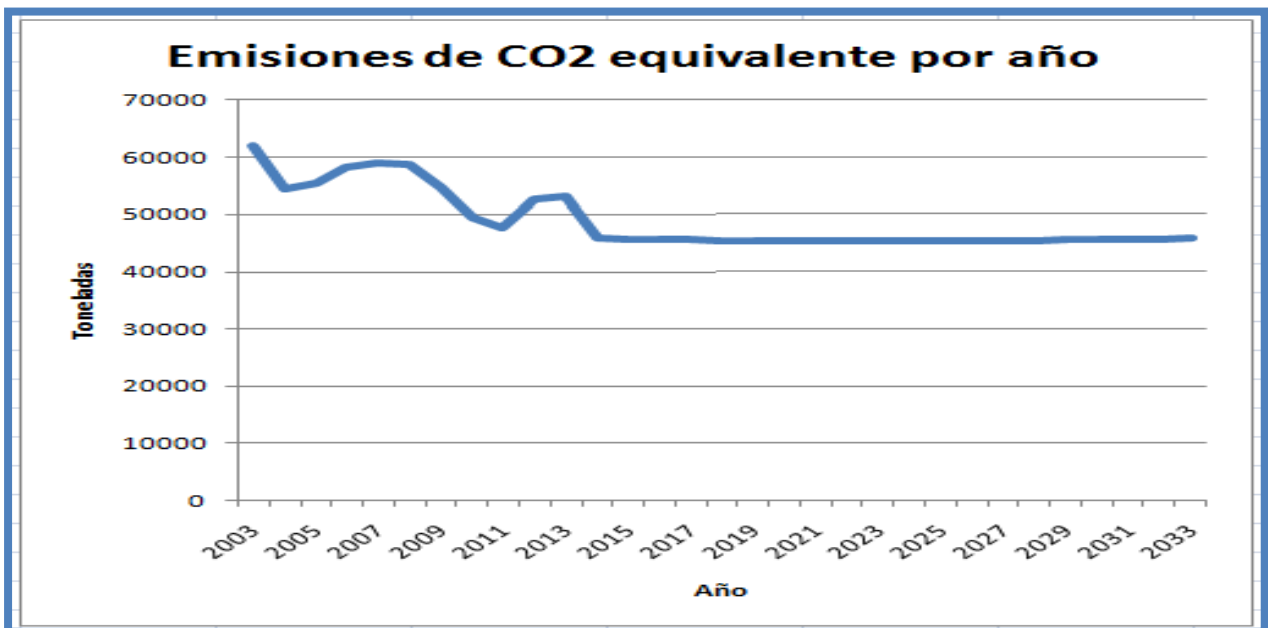


Figura 22. Total de emisiones en Propuesta "A" (elaboración propia).

5.3 PROPUESTA “B”

“Mejora del transporte público en pro de la industria maquiladora”

La peculiaridad de las ciudades fronterizas y en particular Baja California, es un alto porcentaje de familias que poseen vehículo propio, de tal forma que se cuenta con el más elevado índice de autos/personas. El 15% de los viajes son los que generan la demanda en el servicio de transporte público (Galindo, et al, 2003).

Los vehículos del sistema de transporte público que se utilizaron hasta 2011, tienen la característica de que son autobuses y autos usados adquiridos en Estados Unidos; en su mayoría son de gasolina (85%), modelo-año entre 1974 y 1984, predominando los de 1979 a 1982. Este tipo de vehículos con frecuencia manifiestan problemas mecánicos propios del desgaste natural y la utilización excesiva. Los autobuses en su mayoría son de tipo escolar, con una capacidad promedio de 32 a 40 pasajeros y estos son los que precisamente se transfirieron posteriormente para el uso de transporte de personal de las maquiladoras y son los que todavía están en este sistema sirviendo a este tipo de industria, y es notorio lo obsoleto e inseguro de estos (Dirección de tránsito del Estado, URL 1994).

Actualmente en el Estado de Baja California circulan 9,826 vehículos de transporte público, de los cuales en Mexicali se encuentran distribuidos como se observa en la Tabla 13, de la siguiente manera:

Tabla 13. Cantidad y porcentaje de medios de transporte en Mexicali (elaboración propia).

Municipio	Autobuses		Microbuses		Taxis		Total	
Mexicali	639	47%	10	1%	1,030	15%	1,679	18%

Uno de los problemas latentes dentro del sistema de transporte público, es el trazo de las rutas, realizado comúnmente por las mismas líneas de transporte, para lo cual toman en consideración: la atención a la demanda de la comunidad, el crecimiento poblacional, las características de las vialidades, el propio crecimiento de la ciudad; sin embargo, esto se realiza sin estudios o

diagnósticos previos. Esto ha ocasionado que la mayor parte del trazo de las rutas sea radial, teniendo su origen el centro de la ciudad y sus puntos terminales en las colonias respectivas, o viceversa. Pocas de ellas recorren de norte a sur o de oriente a poniente sin tener que pasar por el centro de la ciudad. De lo anterior resulta, que las zonas centro de las ciudades de los cuatro municipios se conviertan en lugares donde confluye la población, aun cuando no sea su destino, es decir, que ésta y otras zonas se convierten en paradas de transbordo. Figura 23. Esto obliga al usuario a utilizar dos o más rutas de transporte, dado que no existe un medio que lo lleve en directo a su destino. Los índices de transbordo son altos: 28% en Mexicali (Dirección de tránsito del Estado, URL 1994).

El trazo de las rutas en forma irregular ha tenido como consecuencia el congestionamiento vehicular, sobre todo en las calles del centro tradicional, Centro Cívico y Comercial y otras vialidades como el bulevar Adolfo López Mateos, y las avenidas Lázaro Cárdenas y Justo Sierra, y la Calzada Independencia. El centro tradicional se ha convertido en una gran terminal donde las líneas de taxis y autobuses tienen su zona de parada (Dirección de tránsito del Estado, URL 1994).

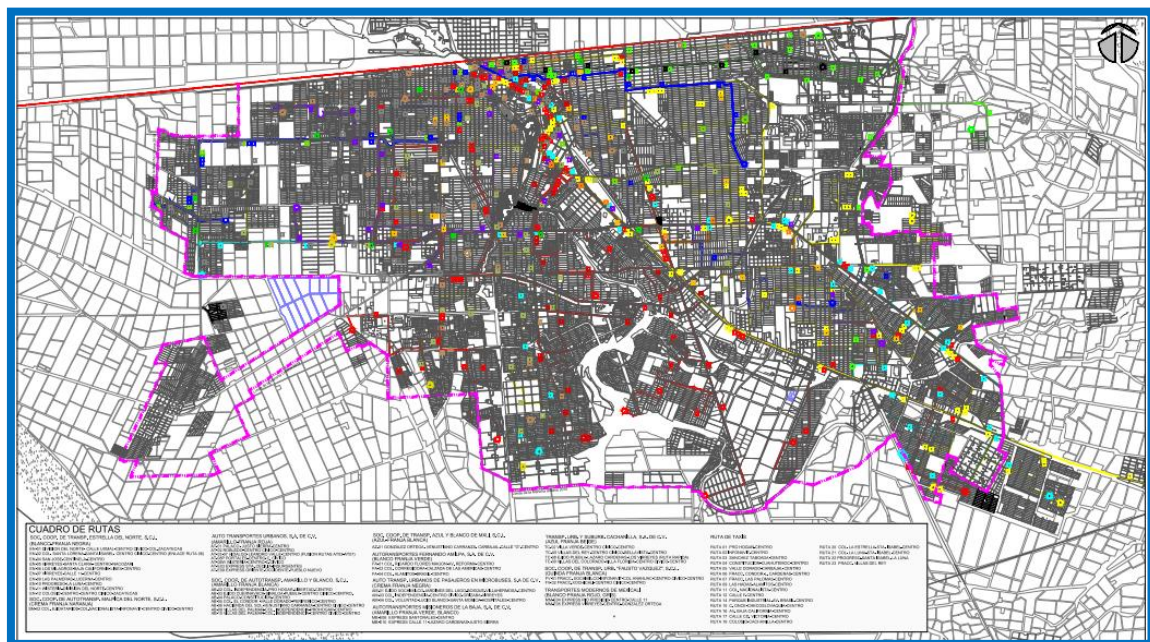


Figura 23. Mapa de rutas de transporte público de Mexicali (XX Ayuntamiento, 2011).

Particularidades que dificultan el sistema de transporte público

Es importante señalar que el sistema de transporte público se ha desarrollado desde su origen sin ninguna regulación o control estatal, dejándose al arbitrio de la demanda social y del interés particular de las compañías transportistas (cooperativas, sociedades e individuos) (Dirección de tránsito del Estado, URL 1994).

Deficiencias estructurales en vías de comunicación

Se cuenta con muy pocas líneas de comunicación primarias y secundarias amplias, de fácil acceso y que comuniquen adecuadamente a las ciudades. Por otra parte, existe un alto porcentaje (el mayor es el de Mexicali) de calles no pavimentadas; éstas se encuentran alejadas del centro, en las partes altas de la ciudad (ejidos), y pertenecen a sectores cuya población depende en un mayor porcentaje de los servicios de transporte público. El 70% de las rutas operan en calles pavimentadas.

Deficiencias del sistema de transporte colectivo

De control:

- Se carece de un inventario con información sobre del número de unidades que operan en el sistema de transporte, las condiciones mecánicas y características de las unidades, el recorrido de las rutas y la cantidad de viajes generados.
- No existe una planeación adecuada del sistema de transporte.
- La reglamentación es obsoleta.
- Existe un alto número de concesiones otorgadas.

De operación:

- Capacidad reducida de las unidades.
- Alta circulación de taxis.

- Utilización de calles como terminales y zonas de revisión mecánica.
- Ausencia de terminales comunes. Faltan sitios donde estacionar los taxis, autobuses, etc.
- Se presenta sobre cobertura en ciertas rutas, ocasionando altas concentraciones de autobuses y taxis en las zonas centro.
- Ausencia de facilidades para el abordaje y/o transbordos.
- Falta de cumplimiento de las rutas y/o paradas señaladas.
- El patrón del trazado de las rutas se realiza en función del crecimiento de las mismas colonias, esto es, las rutas se han extendido en vez de implantar nuevas rutas que ofrezcan un servicio directo entre el origen y el destino fuera de los centros de las ciudades.
- Se carece de un horario fijo en el itinerario de las rutas; los residentes locales, dependen de su conocimiento previo de la frecuencia y zonas donde para el autobús.
- Falta de información pública por medio de rótulos, señalización, mapas o guías, y horarios.
- No existe un sistema global de boletaje, los choferes cobran la tarifa, sin embargo ya algunas empresas de transporte público hacen uso del cobro electrónico.
- Unidades deficientes en capacidad.
- La calidad del servicio que se ofrece es deficiente en cuanto a:
 - Capacidad de proporcionar cupo (capacidad, comodidad).
 - Disponibilidad inmediata (horario y frecuencia).
 - Asequibilidad del servicio (accesible, confiable).

Fuente: (Dirección de tránsito del Estado, URL 1994).

Alternativas de solución

Conviene enfatizar en el desarrollo de un sistema de información (datos globales), mismo que deberá realizarse en forma conjunta entre el Gobierno Municipal y concesionarios del transporte público. Este sistema deberá contar con:

- Manual de procedimientos.
- Inventario de vehículos del sistema de transporte.
- Homologación de identificación de vehículos y rutas.
- Actualización del sistema de transporte actual y su caracterización: tipo de vehículos, condiciones mecánicas de éste, recorrido.
- Datos de operación.

Estrategias de mejoramiento

Introducir elementos técnicos de control, tales como:

- Reglamentación.
- Revisión periódica de las unidades de transporte.

Mejoramiento de la red vial

- La pavimentación de una o más calles de una colonia podría resultar de la Extensión de una o más rutas.
- Construcción de nuevas arterias principales o puentes.
- Establecimiento de vías rápidas.
- Sincronización de semáforos.

Adoptar un nuevo concepto de servicio

- Establecimiento de la frecuencia del servicio y horario.
- Implementar un sistema de rutas, con límite de paradas establecidas.
- Unificar el carácter de las paradas y diseñar paraderos.
- Ubicación de terminales en la periferia en sitios mejor acondicionados.
- Ofrecer calidad en el servicio, con respecto a:
 - Comodidad
 - Confianza
- Mejorar la confiabilidad del servicio del transporte.

Modernizar y reordenar el servicio de transporte público

- Reducir o mantener el número de rutas; mediante el agrupamiento de rutas, lo que permite reducir la sobrecobertura.
- Consolidar las rutas que tienen el mismo mercado de viaje.
- Definir nuevas rutas que no existen en la actualidad.
- Proponer recorridos de *rutas de deseo*.
- Establecimiento de *rutas troncales*, para unir o enlazar las diferentes áreas de la ciudad con recorridos largos y paradas establecidas.
- Rutas expresas: utilización de vialidades rápidas con mínimas paradas.
- Rutas alimentadoras: rutas cortas que ofrecen al usuario acceso de una colonia a otra, así como a otra ruta de transporte público.

Incrementar la información del sistema de transporte colectivo municipal

- Incrementar la información mediante el uso de anuncios o documentación impresa.
- Instrumentación de un sistema de pases o vales de pasaje que permita, en suma de agilizar el servicio; simplificar los sistemas de transbordo.
- Incrementar la rentabilidad del sistema de transporte colectivo mediante la modernización y organización del mismo.

Y en específico en cuanto a acciones a seguir para la mejora del transporte público en pro de la industria maquiladora se presentan las siguientes acciones:

- Más cobertura en rutas para la industria maquiladora.
- Ampliar la cobertura en horarios de rutas para la industria maquiladora.
- Mejora del tipo de unidades, dando el servicio con vehículos para el transporte de adultos y de modelo reciente.
- Mejora general del servicio.
 - Unidades con mejor servicio.
 - Seguridad.
 - Mejora de aspectos generales del sistema.

Dentro de éste último punto, es muy importante mencionar que, como mejora de los aspectos generales del sistema de las unidades, se involucran las diferentes alternativas vehiculares como son: el uso del gas natural en sustitución del diesel o la gasolina, así como la tecnología híbrida, entre otras alternativas de tecnología para el transporte.

Metas: Disminuir el porcentaje de los usuarios en auto, a pie, transporte de personal y otros medios, es decir, su utilización, con el objetivo de aumentar el uso del transporte público como se observa en la Tabla 14, de la siguiente manera:

Tabla 14. Valoración de metas para los factores de utilización por medio de transporte (elaboración propia).

Medio de transporte	Meta	Factor actual	Factor con la meta
AUTO	-5%	63.1%	59.9%
TRANSPORTE PUBLICO	+40%	17.1%	23.9%
TRANSPORTE DE PERSONAL	-22.5%	15.1%	11.7%
TAXI	-----	0.04%	0.04%
A PIE	-4%	2.4%	2.3%
OTROS MEDIOS	-5%	1.9%	1.8%

Se realizarán las siguientes metas con sus respectivas acciones en un mediano plazo de 5 años, basados en el análisis del tipo de acciones que se pretenden implementar.

Posteriormente, dentro de la misma propuesta, debido al cambio en los factores para cada medio de transporte, se vio la necesidad de cambiar el factor de ocupación del transporte público; invirtiendo el algoritmo de manera que el factor de ocupación de transporte público sea directamente proporcional a los usuarios en autobús público e inversamente proporcional a la cantidad de unidades de transporte público, es decir dividir la cantidad de usuarios en transporte público por año entre la cantidad de unidades de transporte público por año; de manera que dicho factor disminuyera como parte de las acciones a seguir.

Dentro de la misma propuesta, los puntos de cambio que se aprecian como consecuencia de la mejora del sistema de servicio de transporte público, entra el aumento en el rendimiento debido al mejoramiento en dicho sistema, a partir del 2015 como datos futuros, ya que la modernización nos lo permite inicialmente, y a partir del 2015 se utilizan los 3 años posteriores ya calculados del modelo base, y en los últimos 3 años del 2031 al 2033 se mantiene el ritmo de crecimiento; de igual manera como se trabajó con el aumento en el rendimiento, se trabajó para disminuir el factor de emisiones que en base a la modernización bajaría utilizando los tres años posteriores al 2014 y siguiendo el ritmo en los últimos tres años. Posteriormente se muestra en las Tablas 15 y 16, y así mismo en las figuras 24 y 25 el comparativo del modelo base con la propuesta “B” en base al total de emisiones anuales en toneladas.

Tabla 15. Total de emisiones anuales de modelo base (elaboración propia).

AÑO	TOTAL DE EMISIONES ANUAL
2014	53472
2015	53921
2016	54378
2017	54844
2018	55319
2019	55803
2020	56297
2021	56799
2022	57310
2023	57831
2024	58361
2025	58901
2026	59450
2027	60009
2028	60578
2029	61156
2030	61745
2031	62344
2032	62953
2033	63573

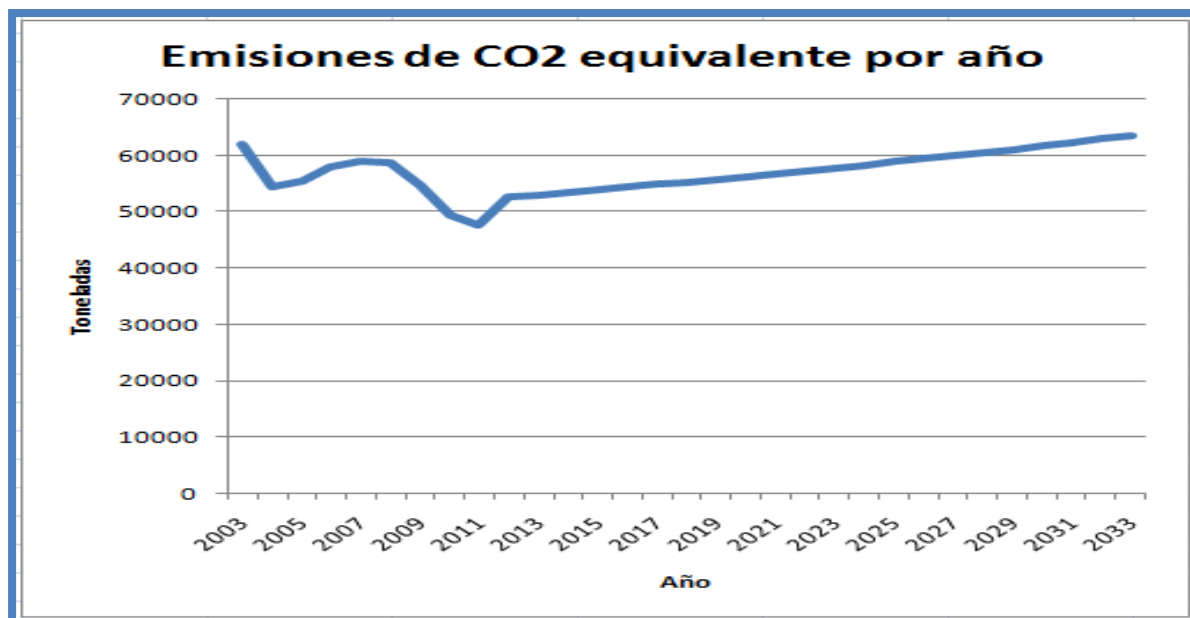


Figura 24. Total de emisiones anuales de modelo base (elaboración propia).

Tabla 16. Total de emisiones anuales de Propuesta "B" (elaboración propia).

AÑO	TOTAL DE EMISIONES ANUAL
2014	53472
2015	52823
2016	52477
2017	52126
2018	51770
2019	51408
2020	51865
2021	52329
2022	52802
2023	53283
2024	53774
2025	54273
2026	54781
2027	55297
2028	55823
2029	56358
2030	56903
2031	57456
2032	58018
2033	58589

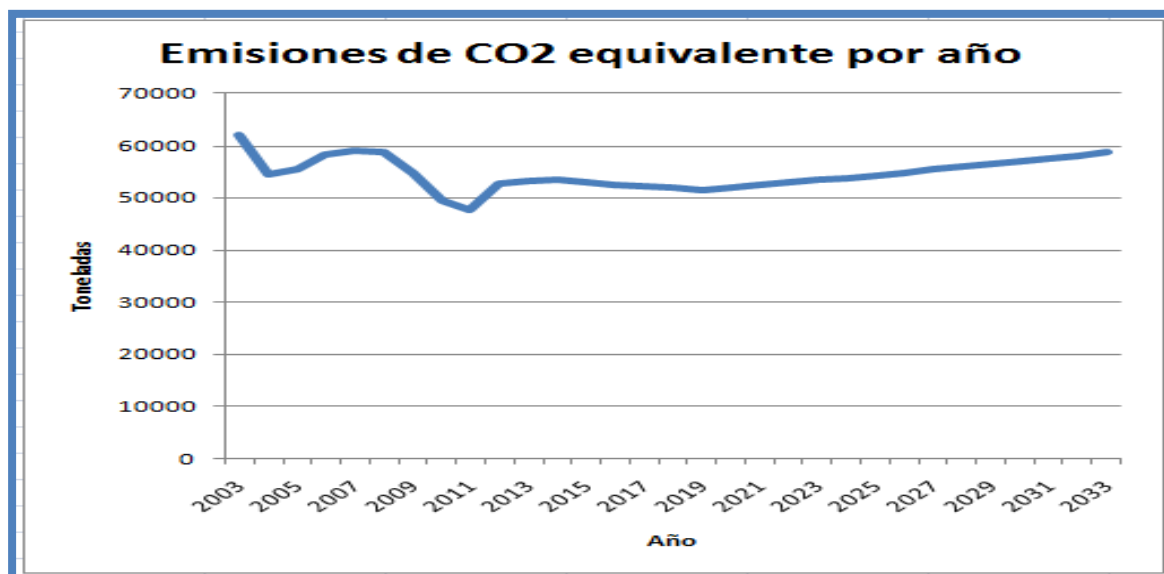


Figura 25. Total de emisiones anuales de Propuesta “B” (elaboración propia).

En las figuras 24 y 25 se puede observar una disminución en las emisiones totales en un 7.83% con respecto al modelo base, ya que en éste se tuvo un registro hacia el 2033 la cantidad de 63,573 t, y en la propuesta en cuestión se vio una disminución, observándose en la cantidad de 58,589 t, al año 2033, en la proyección de 20 años.

5.4 PROPUESTA “C”

“Modernización del sistema de transporte de personal de la Industria Maquiladora”

Acciones de mejora:

- Mayor y mejor cobertura de rutas a distintos destinos en pro del empleado de la industria maquiladora.
- Ampliación de horarios en el servicio de transporte
- Mejora y modernización de las unidades

En la mejora y modernización de las unidades se involucra lo que son las diferentes alternativas para la sustitución del diésel o la gasolina en este tipo de transporte, por opciones de mejora como son el uso del gas natural, el uso de la tecnología híbrida, quizás también el uso de la energía solar, entre otras alternativas de solución.

Metas: Bajar el porcentaje de los factores en auto, a pie, transporte público y otros medios con el objetivo de aumentar el factor del transporte de personal, en la Tabla 17, de la siguiente manera:

Tabla 17. Valoración de metas para los factores de utilización por medio de transporte (elaboración propia).

Medio de transporte	Meta	Factor actual	Factor con la meta
AUTO	-5%	63.1%	59.9%
TRANSPORTE PUBLICO	-12.8%	17.1%	14.92%
TRANSPORTE DE PERSONAL	40%	15.1%	21.14%
TAXI	-----	0.04%	0.04%
A PIE	-8.3%	2.4%	2.2%
OTROS MEDIOS	-5%	1.9%	1.8%

Se realizarán las siguientes metas con sus respectivas acciones en un mediano plazo de 5 años, debido al análisis del tipo de acciones que se pretenden implementar.

Posteriormente dentro de la misma propuesta, debido al cambio en los factores en relación al transporte, se tuvo que cambiar el factor de ocupación del transporte de personal; invirtiendo el algoritmo de manera que el factor de ocupación de transporte de personal sea directamente proporcional a los usuarios en autobús de transporte de personal e inversamente proporcional a la cantidad de unidades de transporte de personal, de manera que dicho factor disminuyera como parte de las acciones a seguir.

Dentro de la misma propuesta, como puntos de cambio en consecuencia de la mejora del sistema de servicio de transporte de personal entra el aumento en el rendimiento como parte del mejoramiento en dicho sistema, de tal manera que a partir del 2015 como datos futuros, debido a que la modernización permite inicialmente y a partir del 2015 utilizar los 3 años posteriores ya calculados del modelo base, como simulación de una mejora a partir del 2015 y en los últimos 3 años del 2031 al 2033 se mantiene el ritmo de crecimiento; de igual manera como se trabajó con el aumento en el rendimiento, también se laboró pero para disminuir el factor de emisiones que por ende de la modernización bajaría utilizando los tres años posteriores al 2014 y siguiendo el ritmo en los últimos tres años. Posteriormente se muestra en la Tabla 18, y así mismo en la Figura 26 el comparativo del modelo base con la propuesta “C” en base al total de emisiones anuales en toneladas.

Tabla 18. Total de emisiones anuales de
Propuesta "C" (elaboración propia).

AÑO	TOTAL DE EMISIONES ANUAL
2014	53472
2015	52920
2016	52818
2017	52716
2018	52613
2019	52508
2020	52975
2021	53450
2022	53934
2023	54427
2024	54928
2025	55439
2026	55959
2027	56487
2028	57025
2029	57573
2030	58130
2031	58695
2032	59269
2033	59853

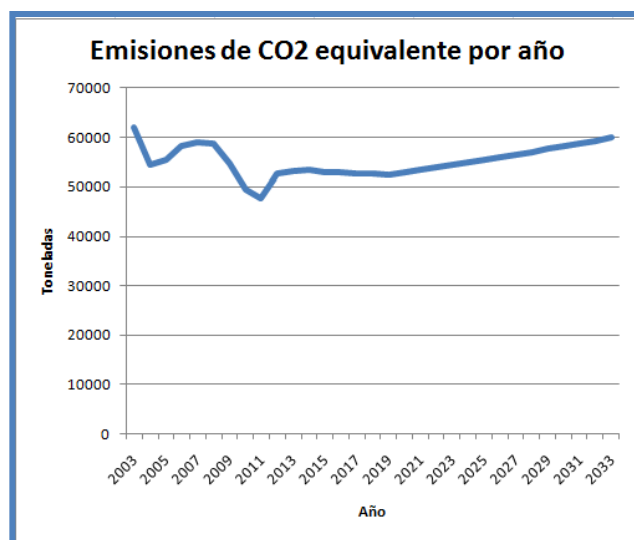


Figura 26. Total de emisiones anuales de
Propuesta "C" (elaboración propia).

En la figuras 24 y 26 se puede observar una disminución en las emisiones totales en un 5.85% con respecto al modelo base, ya que en éste se tuvo un registro hacia el 2033 la cantidad de 63,573 t, y en la propuesta en cuestión se vio una disminución, observándose en la cantidad de 59,853 t, al año 2033, en la proyección de 20 años.

5.5 PROPUESTA “D”

"Mejora total en los sistemas de transporte público y de personal"

Dentro de esta propuesta, se hizo la unión de las propuestas B y C con el objetivo de tener la mejora total de ambos sistemas y así poder visualizar si realmente se ve un impacto favorable para la industria maquiladora la mejora a la par de los dos tipos de transporte; tanto en el servicio público como en el servicio de personal de la industria maquiladora.

Metas: Bajar el porcentaje de los factores en auto, a pie y otros medios con el objetivo de aumentar los factores del transporte de personal y de transporte público como se observa en la Tabla 19, de la siguiente manera:

Tabla 19. Valoración de metas para los factores de utilización por medio de transporte (elaboración propia).

Medio de transporte	Meta	Factor actual	Factor con la meta
AUTO	-5%	63.1%	59.9%
TRANSPORTE PUBLICO	11.3%	17.1%	19.03%
TRANSPORTE DE PERSONAL	12.8%	15.1%	17.03%
TAXI	-----	0.04%	0.04%
A PIE	-8.3%	2.4%	2.2%
OTROS MEDIOS	-5%	1.9%	1.8%

Se realizarán las siguientes metas con sus respectivas acciones en un mediano plazo de 5 años, debido al análisis del tipo de acciones que se pretenden implementar como mejora total de ambos sistemas de transporte.

Posteriormente dentro de la misma propuesta debido al cambio en las cifras de utilización por medio de transporte, se cambiaron los factores de ocupación tanto del transporte público como del transporte de personal; invirtiendo el algoritmo de manera que el factor de ocupación de transporte de personal y del transporte público sea directamente proporcional a los usuarios en autobús de transporte de personal y transporte público e inversamente proporcional a la cantidad de unidades de transporte de personal y de transporte público, es decir dividir la cantidad de usuarios en transporte público por año entre la cantidad de unidades de transporte público por año; dando como resultado que dicho factor disminuyera como parte de las acciones a seguir.

Dentro de esta propuesta, como puntos de cambio en consecuencia de la mejora de ambos sistemas de servicio de transporte de personal y de transporte público, entra el aumento en el rendimiento como parte del mejoramiento en dichos sistemas, ya que la modernización permite inicialmente y a partir del 2015 utilizar los 3 años posteriores ya calculados del modelo base, como simulación de una mejora a partir del 2015 y en los últimos 3 años del 2031 al 2033 se mantiene el ritmo de crecimiento; y de igual manera como se trabajó con el aumento en el rendimiento, se trabajó pero para disminuir el factor de emisiones que derivado de la modernización bajaría utilizando los tres años posteriores al 2014 y siguiendo el ritmo en los últimos tres años. Posteriormente se muestra en la Tabla 20, y así mismo en la Figura 27 el comparativo del modelo base con la propuesta “D” en base al total de emisiones anuales en toneladas.

Tabla 20. Total de emisiones anuales de
Propuesta “D” (elaboración propia).

AÑO	TOTAL DE EMISIONES ANUAL
2014	53472
2015	52762
2016	52814
2017	52868
2018	52923
2019	52979
2020	53452
2021	53933
2022	54423
2023	54922
2024	55430
2025	55947
2026	56473
2027	57009
2028	57553
2029	58107
2030	58671
2031	59243
2032	59823
2033	60412

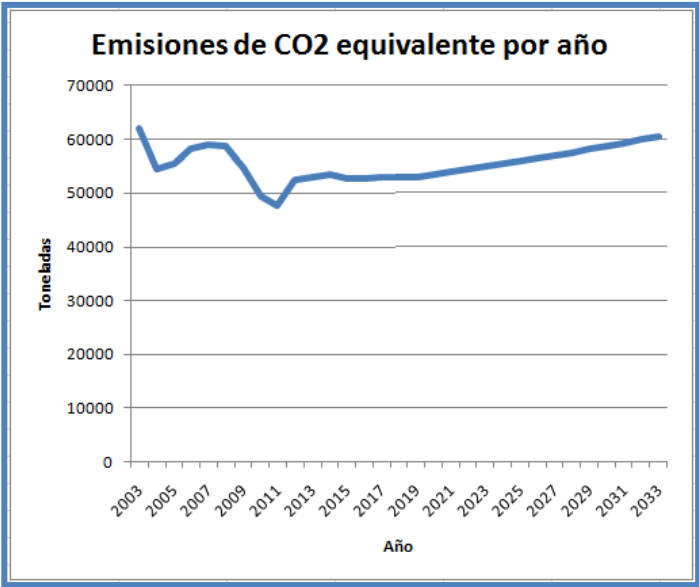


Figura 27. Total de emisiones anuales de
Propuesta “D” (elaboración propia).

En las figuras 21 y 27 se puede observar como hubo una disminución en las emisiones totales en un 5% con respecto al modelo base, dado el mejoramiento y modernización de ambos sistemas de transporte (público y de personal de la industria maquiladora), ya que en éste se tuvo un registro hacia el 2033 la cantidad de 63,573 t, y en la propuesta en cuestión se vio una disminución, observándose en la cantidad de 60,412 t, al año 2033, en la proyección de 20 años.

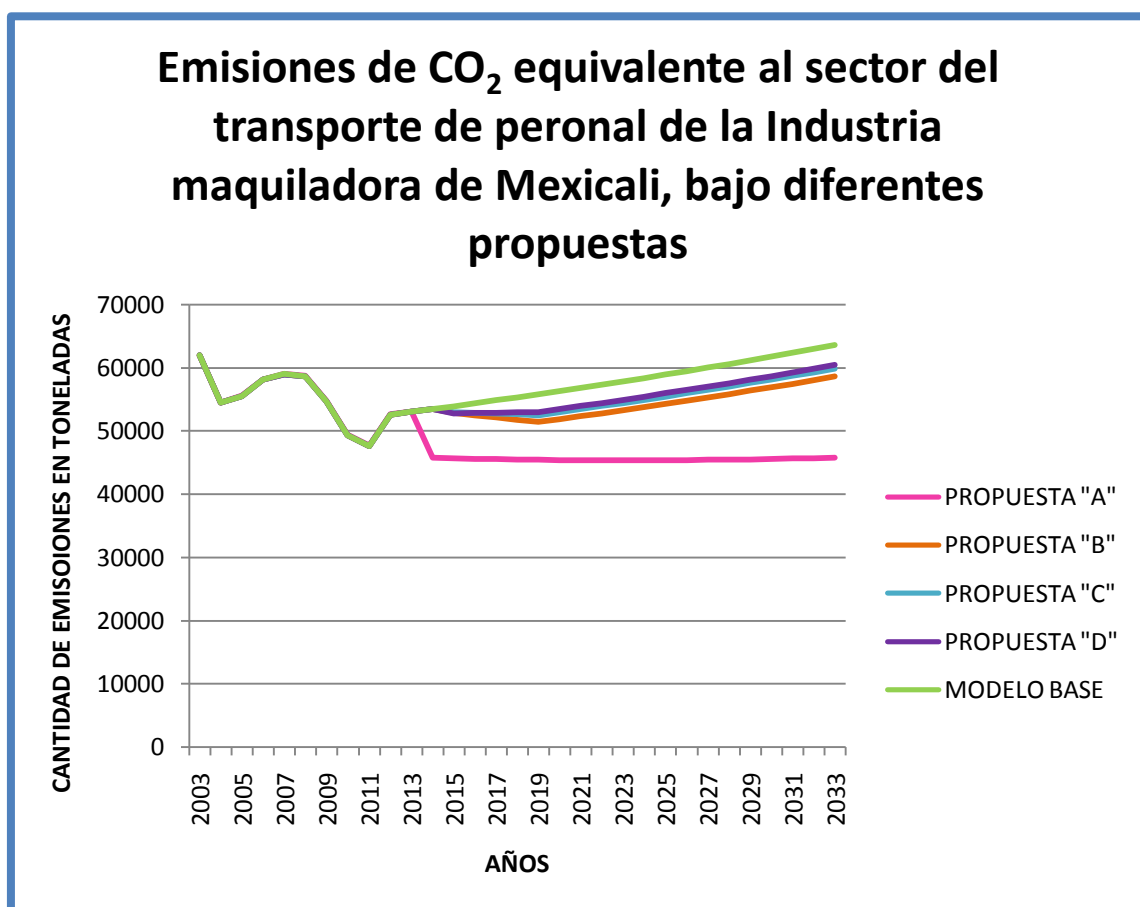


Figura 28. Comparativo de emisiones anuales de CO₂ de propuestas contra el modelo base (elaboración propia).

6. CONCLUSIONES

A partir de este estudio, se desarrolló una metodología específica, para la realización de un modelo disponible considerando un escenario base y posteriormente se hicieron propuestas, que permiten su evaluación y análisis, lo cual constituye una herramienta muy útil para los planificadores urbanos y proyectistas de la industria maquiladora en pro de minimizar las emisiones de gases efecto invernadero. Para esto se pone a su disposición, de los tomadores de decisiones, de forma sencilla, una primera estimación de las emisiones generadas por los distintos escenarios planteados, contribuyendo así en la toma de decisiones en cuanto a su reducción, de la contaminación por los GEI, tanto en la fase de valoración, como en la práctica, generando así nuevas políticas públicas.

Una vez que se empieza a considerar el modelo con respecto al transporte de personal de la industria maquiladora, este modelo puede llegar a convertirse en uno de los más importantes para el caso de la industria maquiladora, como lo es un sector importante en Mexicali en cuanto a demanda de empleos, sobre todo si se tiene en cuenta que el transporte tiene un involucramiento significativo en el total de emisiones de CO₂ y es uno de los sectores que mayores incrementos ha experimentado en los últimos años. Por lo tanto, cualquier actuación sobre estas emisiones tendrá grandes implicaciones para el entorno a corto, medio y largo plazo, así como se observa en la Figura 28, en la comparación del modelo base que se obtuvo con las propuestas de este trabajo donde se muestran las emisiones por año.

En cuestión de resultados fue interesante como una de las propuestas en las que en un principio no se pensó fuera tan factible, el estudio del modelo arrojó que fue la propuesta “A” la que mejor panorama muestra ante la minimización de emisiones, siendo el carpool (auto compartido) y la disminución de la longitud de viaje lo que abarco dicha propuesta; y debido a que se concentró el medio de transporte masivo que es el automóvil, siendo éste el de mayor uso en la industria maquiladora y como se puede observar con una baja de un 14%, siendo la situación actual de 53,472 Ton/año, por lo cual se observó una mejora en 45,719 Ton/año.

Sin olvidar que las demás propuestas, también tienen una mejora de reducción de emisiones, con un 5% de beneficio por parte de las propuestas B y C, las que van enfocadas en los sistemas de transporte público y de personal, fijando las metas en disminución de las variables, principalmente de ocupación y de rendimiento en cada propuesta, debido a la simulación en el mejoramiento de ambos sistemas urbanos.

Aunque el presente proyecto ha tenido por objeto el análisis de todos los medios de transporte involucrados en la emisiones de GEI de la industria maquiladora, se ha basado, fundamentalmente, en las emisiones de GEI generadas por el transporte de personal, y la información recolectada fue basada en fuentes primarias ya que actualmente no hay estudios o investigaciones en donde se aborde por completo el tema de las emisiones

generadas por este tipo de transporte y que aunque son mínimas las consecuencias en el presente, a futuro representan un daño mayor para la sociedad y que si se trabaja en este conjunto de emisiones, constituirá una aportación importante a nivel ambiental basados en el estado actual que guarda Mexicali, ya que las emisiones generadas por los otros medios de transporte es sobre las que hay mayor disponibilidad de datos debido a la preocupación de la sociedad por el problema del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- Amarales, M. (2010). *“Control de las emisiones para el transporte automotor”*. Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte, La Habana, Cuba. www.cubasolar.com.
- Ascher, F. (2004). Los nuevos principios del urbanismo. Alianza Ensayo.
- Borja, J. (2003). La ciudad conquistada. Alianza Editorial.
- Centro Mario Molina, (2007), Inventario de emisiones de gases efecto invernadero del estado de Baja California 2005. México.
- Diario Gestión, (2012). http://b-green.pe/carpooling-empresarial-creando-redes-de-transporte-sostenible/#_ftnref4
- Dirección de tránsito del Estado (1994). <http://www.mx1.cetys.mx/Deptos/Vinc/BC/s14vf.htm>
- Estay Reyno, Jaime (2005). *La Economía Mundial y América Latina. Tendencias, Problemas y Desafíos*. pp. 320. Editorial CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales
- Galindo D. Moisés, et al. (2003). Estudio, *“Determinación de un sistema de rutas de transporte público para la ciudad de Mexicali”*.
- Galindo D. Moisés. (Febrero, 2013). Estudio, *“Proyecto para desarrollar el programa de cambio climático en el Estado de Baja California”* (sector transporte).
- <http://midiariourbano.blogspot.mx/2012/02/que-es-el-carpooling-de-vehiculos.html>
- Instituto Nacional de Ecología (INE) (2006), Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2006, <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/615/inventario.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010), Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 Baja California, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/preliminares2010.aspx>.
- Jiménez, J. (2012, Nov. 12). “Es ilegal el transporte de personal en Mexicali”. La voz de la frontera.

- Monzón, A. y López, M. E., (2004). La planificación conjunta de usos de suelo y transporte al servicio del desarrollo urbano sostenible: una guía de buenas prácticas. VI Congreso de Ingeniería del Transporte.
- Muñoz M. Gabriela, et al (2014). Proyecto para CONACYT: *“Proyecto para desarrollar el programa de cambio climático en el Estado de Baja California, México”*.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2012). *“Portal de la labor del sistema de las Naciones Unidas sobre el cambio climático”*.
<http://www.un.org/es/climatechange/facts.shtml>.
- Panel intergubernamental del cambio climático (IPCC) (2008). *“¿Cuál es tu impacto?”*. EPA (Agencia de protección ambiental de Estados Unidos).
<http://www.tuimpacto.org>.
- Pretz, Kathy (junio 2014). *“An urban reality: Smart Cities”*. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).
<http://theinstitute.ieee.org/technology-focus/technology-topic/an-urban-reality-smart-cities>
- Ruiz Sandoval, Erika (2010). *“Hipotecando el Futuro”*. Santillana Ediciones Generales. pp. 241.
- Sánchez, J. L., (2005). *“La configuración territorial de los desplazamientos al trabajo y la congestión del tráfico en Madrid”*. XXX Reunión de Estudios Regionales. Asociación Española de Ciencia Regional.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2011). *“Programa para mejorar la calidad del aire de Mexicali 2011-2020”*.
<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddelaire.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente Gobierno del Distrito Federal (SEDEMA) (2008). Estudio: *“Inventario de emisiones contaminantes criterio de la ZMVM”*.
- Un blog verde (2010). *“Causas del efecto invernadero”*. Medio ambiente y calentamiento global.
<http://www.dforceblog.com/2010/06/28/causas-del-efecto-invernadero/>

- XVII Ayuntamiento de Mexicali (2005). *Programa de desarrollo urbano de centro de población de Mexicali 2025 (PDUCP)*. Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali.
- XX Ayuntamiento de Mexicali, SEDESOL, USTRAN, LOGIT, IMIP, (2011). Estudio: *“Plan Maestro de Vialidad y Transporte de Mexicali, B. C.”*