



GACETA MUNICIPAL

EDICIÓN **75**

03 DE JULIO DE 2024

EJEMPLAR: XIX ORDINARIA

CONTENIDO

Página

- 2 Registro Municipal de fuentes móviles, sistemas de transporte y vialidades de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo.**



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



REGISTRO MUNICIPAL DE FUENTES MÓVILES, SISTEMAS DE TRANSPORTE Y VIALIDADES PACHUCA DE SOTO, ESTADO DE HIDALGO

**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades**

Octavio Castillo Acosta
Rector

Julio César Leines Medécigo
Secretario General

Ivonne Juárez Ramírez
Directora ICSHu

Sócrates López Pérez
Profesor Investigador
Coordinador del proyecto
Responsable Técnico del proyecto CONAHCyT

GRUPO DE INVESTIGACIÓN-CONAHCyT-UAEH

Sócrates López Pérez
Juan Bacilio Guerrero Escamilla
Sonia Bass Zavala
Luis Alberto Oliver Hernández
Genaro Moreno Beltrán
Lydia Josefa Raesfeld
Silvia Mendoza Mendoza
Silvia Lizbeth Aguilar Velázquez
Mónica García Munguía
Silvia Soledad Moreno Gutiérrez
Maritza Librada Cáceres Mesa
Héctor Hugo Siliceo Cantero
Benjamín López Nolasco

Jennifer Vite Vega
Francisco Alejandro Arteaga Ventura
Daniela Michelle Gómez Ortiz
Gabriela Montiel Ortiz
Magda Patricia Moctezuma Velázquez
Zaret Casandra Theyku Roque Barrera
Nestor Carmona Mercado
Diana Monserrat Cruz Suárez
Dante Hernández.
Francisco Salinas Becerra
Pedro Damían Rivera Serrano
Ariadna Maya Sánchez
Edith Araceli Cano Estrada

Presidencia municipal de Pachuca de Soto

C. Sergio Edgar Baños Rubio
Presidente Municipal

Hugo Alberto Escamilla Cidel
Secretario General Municipal

Erika Elizabeth Trujillo Ortiz
Síndica Procurador Hacendario

H. Asamblea Municipal

Liliana Mera Curiel
Gerardo Martínez De la Cruz
Brenda Ximena Ramírez Riva Palacio
César Alberto Ramírez Nieto
Liz María Pérez Hernández
Francisco González López
Olivia Zúñiga Santín
Guillermo Ostoa Pontigo
Bernarda Zavala Hernández
Oscar Pérez Márquez

María Elena Carballal Ogando
Sabas Díaz Montaña
Zenon Rosas Franco
Ricardo Islas Salinas
Regina Ochoa Reyes
Carlos Jaime Conde Zuñiga
Reyna Alicia Hernández Villalpando
Guadalupe Orona Urias
Olivia López Villagrán
Selene Itzel Balderas Samperio

Edgar Alberto Cruz Vera
Director General del Instituto Municipal de Investigación y Planeación

Alba María Elsa Castillo Perea
Secretaria de Obras Públicas, Desarrollo Urbano, Vivienda y Movilidad

Beatriz Adriana Cruz Gómez
Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable

Imelda Hernández Jiménez
Directora de Inspección y Vigilancia Ambiental

Alexander Santiago López
Director de Sustentabilidad de los Recursos Naturales

Javier Rosas López
Coordinador de Cambio Climático

Deyaderia Marcos Nemesio
Jefa del Departamento de Educación Ambiental

CONTENIDO

ANTECEDENTES	7
METODOLOGÍA.....	10
Principales fuentes de Información.....	10
Delimitación de Unidades Territoriales de Análisis	11
Delimitación temporal de cada misión	12
Equipo requerido	12
Procesamiento de Datos	13
MEDIOS DE TRANSPORTE Y FUENTES MÓVILES	15
Medios de transporte.....	15
Parque vehicular	16
ANÁLISIS MUNICIPAL DE LAS FUENTES MÓVILES	18
Registro de Fuentes móviles.....	18
Emisiones de CyGEI de las fuentes móviles	20
CÁLCULO DE EMISIONES POR SNIFFER 4DV2 DE LAS FUENTES MÓVILES.....	24
Emisiones de fuentes móviles UTAs de Pachuca de Soto (cruceiros y paraderos).....	24
Aforo vehicular del transporte público.....	28
Emisiones de CyGEI de las fuentes móviles por UTA.....	28
Emisiones de CyGEI de las fuentes móviles por vialidades y nodos de interconexión primarios.	31
Emisiones de CyGEI del sistema de transporte masivo Tuzobús.	33
Registro municipal de emisiones CyGEI de los sistemas de transporte....	37
MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN.....	39
ANEXOS.....	42
BIBLIOGRAFÍA	55

ANTECEDENTES

El constante crecimiento demográfico en los centros urbanos, ciudades y comunidades ha generado aumentos contundentes en las actividades cotidianas, mercantiles, comerciales y de movilidad (entre algunas otras más) que, en cierta manera, han propiciado el aumento de emisiones de Contaminantes y Gases Efecto Invernadero repercutiendo de manera complementaria al aire y su calidad.

Las emisiones generadas han repercutido y originado impactos en diferentes rubros con principal incidencia en el medio ambiente, las sociedades y el entorno económico generando así, por medio de la concentración atmosférica, altos volúmenes de CyGEI generados por dos tipos de fuentes. Las antropogénicas y las naturales.

A partir del Informe de Resultados del Registro Nacional de Emisiones 2015 – 2018, se establece que, en promedio, el 6.64% de las emisiones directas en el territorio mexicano son generadas por las fuentes móviles (destacando el uso y manejo terrestre, abordando en su totalidad el transporte público, privado y de carga). Sin embargo, el INEGyCEI reportó que, al año 2015, las fuentes móviles aportaban el 24.5% de las emisiones totales de CO₂eq mostrando hábitos comunes y los efectos de cada uno de ellos. Como hace referencia la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía en el año 2016, las causas más importantes del rendimiento de combustible son los propios hábitos del automovilista, se encuentran los siguientes.

Tabla 1. Hábitos y efectos del rendimiento del combustible

Hábitos más comunes	Efectos
Templar el sistema motorizado del automóvil por lapsos de un minuto	Un vehículo de características particulares (refiriendo a vehículos particulares) consume 100 ml de combustible fósil por cada 10 minutos funcionando en vacío (predominando la asistencia neumática).
Acelerar rápidamente desde un alto	Se consume hasta 50% más de combustible en comparación con una aceleración gradual.
Viajar a altas velocidades	Un automóvil que circula a 110 km/hr consume alrededor de 20% más de combustible que si viajara a 90 km/h.
Tránsito denso	Aumenta, en promedio, el consumo del combustible (diésel o gasolina) en un 15%.
Usar inmoderadamente el aire acondicionado	Consume 10% más de combustible.

Fuente: Elaboración propia con información de la (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2016).

A diferencia de ello, el estado del automóvil, destacando el punto mecánico, depende de aspectos fundamentales y prioritarios que afectan específicamente el rendimiento donde destacan tres estados del vehículo.

Tabla 2. Estados y efectos del rendimiento por estado de vehículos

Estado	Efectos
Filtro de aire sucio	El incremento puede mostrar un crecimiento promedio de 10% en el consumo de combustible
Automóvil con mantenimiento deficiente.	Posibilidad de aumento en 30% en consumo de fuente de combustión.
Presión incorrecta de las llantas	Aumenta el consumo de combustible en 5% y reduce la vida y seguridad de las llantas.

Fuente: Elaboración propia con información de la (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2016).

El Informe de Resultados del RENE 2015-2018 establece que, durante este periodo, a nivel nacional, las fuentes móviles (categorizadas como fuentes de contaminación fijas y directas) aportan el 6.64% de CyGEI derivado de la combustión de combustible emitiendo principalmente CO₂, CH₄ y N₂O los cuales tiene un periodo de permanencia en la atmósfera de 5-200, 12 y 114 años respectivamente, siendo el CO₂ el de mayor permanencia y afectando de manera perjudicial a la capa de ozono.

En Hidalgo, durante el cálculo de emisiones 2015-2018, se registró una participación total de 3.5% de CyGEI (con principal atención en el CO₂eq) mostrando rangos entre los 90 y 150 millones de toneladas. Tomando esto como punto de partida, se establece que la mayor concentración de contaminantes se encuentra fuertemente arraigada en las emisiones de CO₂ con producciones anuales entre los 17 y 38 millones.

1 Refiriendo de manera precisa a un aparato condicional, idóneo y/o apto para la circulación por vías en modalidades terrestres, aéreas, ferroviarias y marítimas, así como su clasificación de vehículos de motor (automóviles y aquellos destinados a transporte especial o de manejo para actividades agrícolas o industriales), sin motor y no considerados de motor (haciendo alusión a motores pequeños que no permita la movilización a velocidades mayores a 50 km/h).

Tabla 3. Emisiones anuales de CyGEI 2015-2018 del estado de Hidalgo.

Tipo de emisión	2015	2016	2017	2018
CO ₂	21,364,778.38	17,398,395.3	38,816,953.00	18,542,933.91
CH ₄	6,877.47	39,643.80	17,349.19	445,294.17
N ₂ O	13,113.35	15,363.95	36,094.57	21,740.00
Total de CO _{2eq}	21,384,778.21	17,453,412.05	38,870,396.77	19,009,968.10

Fuente: Elaboración propia a partir de (Registro Nacional de Emisiones, 2020).

Estableciendo de manera puntual la clasificación del parque vehicular del INEGI, las fuentes móviles con mayor presencia en las vías de comunicación terrestres son los automóviles, transportes de pasajeros (haciendo alusión al transporte público), camiones y camionetas para carga y, por último, motocicletas. Si bien se considera esta clasificación, las fuentes emisoras de CyGEI son provenientes de todas estas, sin embargo, cada vehículo genera tres tipos de emisiones siendo evaporativas, por desgaste y por escape.

Ilustración 1. Tipo de emisiones vehiculares

Evaporativas

- Estabilización
- Perdidas en operación, reposo y motor
- Principal fuente de COVs

Evaporativas

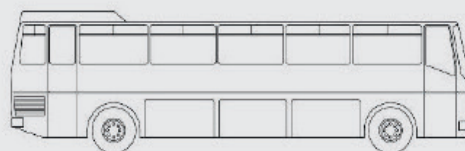
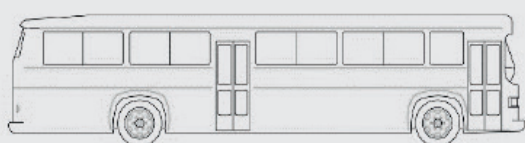
- Recarga de combustible
- Incremento en la temperatura

Desgaste

- Llantas y frenos

Escape

- Estado en reposo.
- Inicios en caliente y frío
- Proceso de combustión



Fuente: Elaboración propia a partir de (Instituto Mexicano del Transporte, 2009)

METODOLOGÍA

Principales fuentes de Información

Con la finalidad de proporcionar las estrategias y mecanismos adecuados para el uso y manejo de la información se enlista cada una de las principales fuentes de información las cuales aluden y dan respuesta a la necesidad documental y fundamentada de acceso. Si bien se enlistan cada una de las fuentes para el manejo de la información y el sustento metodológico, es primordial definir que la principal fuente de obtención de datos prevalece del trabajo de campo por medio de contabilizaciones, levantamiento de encuesta y mediciones por medio de equipo especializado (Sniffer 4D).

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático manifiesta la parte central para el cálculo de emisiones, clasificación de segmentos y delimitación de criterios. Entre los cuales destacan los rendimientos vehiculares, las fuentes móviles, optimizaciones vehiculares, así como el Inventario nacional de emisiones de Gases y Compuestos de efecto Invernadero.

Entre las demás líneas de acceso a la información se enlistan a continuación:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

- Informe de Resultados del Registro Nacional de Emisiones 2015 – 2018
- Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio INEM o Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales o Eco-vehículos

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo

- Reporte de emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero.
- Registro Nacional de Emisiones

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

Instituto Mexicano del Transporte

- Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana.
- Estimación del efecto del pasaje en el umbral de volcadura en autobuses urbanos.

Secretaría de Movilidad y Transporte del Estado de Hidalgo

- Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable de la Zona Metropolitana de Pachuca,

Desde la perspectiva institucional y siguiendo a margen las jurisdicciones nacionales, se hace preciso hincapié en las regulaciones normativas en materia de combustibles (gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel) precisando los límites máximos de los medios de transporte y qué se tiende a emitir denotando así el proceso de verificación, monitoreo y de emisiones contaminantes de hace más de 30 años a los procesos actuales por medio de las NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-042-SEMARNAT-2005 y la NOM-044- SEMARNAT-2016.

Delimitación de Unidades Territoriales de Análisis

Por medio de las estrategias de investigación correlacional (refiriendo al comportamiento y relación entre variables), la revisión documental y el conocimiento empírico, se llevó al procesamiento y delimitación de las Unidades Territoriales.

Si bien se establecieron las bases para la delimitación de las UMAs (Unidades Municipales de Análisis), dicha clasificación refería, en términos biológicos, a las Unidades de Manejo Ambiental y, según INEGI la UMA refiere a la Unidad de Medida y Actualización por lo que, siguiendo lo estipulado por el INECC en el Atlas de Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático de México, se designa el Termino de UTA refiriendo así a las Unidades Territoriales de Análisis las cuales se vuelven parte fundamental en el proceso metodológico para el levantamiento de información de CyGEI.

Delimitando de manera específica las UTAs correspondientes a las fuentes móviles se definió la clasificación por medio de cruceros, glorietas e interconexiones con flujos viales representativos por medio de nomenclaturas que describan la unidad de medición (UTA), el lugar de levantamiento,

el criterio de contabilización o emisión y, por último, la numeración del punto. Para ello, nótese el caso particular de Pachuca de Soto sustituyendo los valores anteriores con la información obtenida para nombrar al paradero "Soriana del Valle" para ser replicado al número total de UTAs que sean requeridos.

UTA-PCH-FMOV-1

Si bien es indispensable designar la nomenclatura, se debe de tomar en consideración criterios

Delimitación temporal de cada misión

El proceso de delimitación de los lapsos de tiempo de las mediciones realizadas con el equipo Sniffer 4D v2 refirieron a la cobertura territorial, la temporalidad y, sobre todo a la duplicidad de la información. Por ello, se especificó como unidad temporal cada 30 minutos para que, durante el lapso de 1 hora se tengan dos mediciones y se puedan tomar en consideración el manejo por segundo, minuto u hora (dicha delimitación encontrada en la plataforma Sniffer 4D Mapper).

Por su parte, la duplicidad de la información refiere a que, al localizar los inicios de misiones en puntos diferentes, pero, de la misma área de cobertura, se pueda tomar los primeros 30 minutos de un equipo de medición y complementarlos con los 30 minutos subsecuentes del siguiente equipo. Todo ello con la finalidad de mostrar las disimilitudes (en caso de presentarse) y realizar el procesamiento de datos de cada equipo hasta cubrir las horas de mayor concentración según lo marca INECC en las estaciones fijas de medición (16 horas de mayor circulación vial excluyendo horarios de 22:00

Equipo requerido

Si bien se describen los procesos de contabilización y se refiere al uso del equipo Sniffer, se abordan aquellos elementos para el adecuado levantamiento de información pues, sin ello, no se concretaría de manera específica el procesamiento de datos. En otras palabras, se enlistan aquellos elementos requeridos para el uso del equipo de medición, así como los perfiles y áreas de actividad del personal

- Sniffer y equipo de funcionamiento (Sniffer, arnés, cable tipo C para energía, telemetría, nariz, estuche).
- Computadoras portátiles (dos por Sniffer con el programa Sniffer 4D Mapper V2 4.01.05)
- Contador de partículas manual
- Mesa (1 por Sniffer para el uso en puntos fijos)
- Tarjeta Sim (1 por Sniffer con itinerancia de datos móviles)
- Tarjeta SD (1 por Sniffer para el almacenamiento de la información y archivos en formato. s4d)
- Formatos (3 juegos como mínimo por equipo los cuales se encuentran en los anexos 1,2 y 4)
- Personal (1 responsable por Sniffer encargado del monitoreo para el inicio y finalización de misiones temporales que además cuente con los conocimientos
- pertinentes para su adecuado uso, 1 contador de vehículos por marca, 1 contador de

Procesamiento de Datos

El procesamiento de información, como parte elemental del sustento metodológico, establece la delimitación temporal de cada elemento por lo que, siguiendo dicha tendencia, se cuantifica de manera general las emisiones por cada media hora sacando así un promedio general de las mediciones en una UTA específica con la finalidad de tener y generar una medida estándar para el análisis global. El primer punto es la definición promedio por 30 minutos para dar pie al análisis de emisiones por hora y, subsecuentemente, por día.

Por otra parte, se generalizan los procesos de conversión de las unidades de medida por lo que las ya mencionadas son sustituidas de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y mg/m^3 a kg/m^3 para referir todos los CyGEI a una sola unidad universal. Aunado a esto, al designar unidades de medición la información se consolida para generar estimadores de emisiones totales tomando en consideración el flujo vehicular (nótese la importancia de la contabilización del aforo vehicular) por hora y día para el cálculo de emisiones totales por estos periodos temporales.

A pesar de contar con emisión de temporalidad hora y día, se solicita la cuantificación por los demás periodos siendo así los siguientes criterios.

- Emisión por semana

$$E_{PS} = [\text{Emisión total de vehículos por día} * 7]$$

(referir al "7" hace alusión a los días de la semana)

- Emisión por mes

$$E_{PM} = [\text{emisiones totales por semana} * 4]$$

(referir al "4" hace alusión a un promedio de semanas en un mes)

- Emisión por año

$$E_{PA} = [\text{emisiones totales por mes} * 12]$$

(referir al "12" hace alusión a un total de meses al año)

Al contar con las emisiones totales se requiere el cálculo y conversión específico a toneladas por lo que el ultimo valor es cuantificado de la siguiente manera:

$$E_{TT} = \left[\frac{\text{emisiones totales por año}}{1000} \right]$$

(donde 1,000 hace alusión a la unidad de medida en Toneladas)

Contando con la unidad en toneladas, se requiere la respectiva equivalencia de los y Potenciales de Calentamiento Global directo (PCG) donde el CO₂ cuenta con PCG de 1, el CH₄ de 28 y el O₃+NO₂ de 265 por lo que debe establecerse de la siguiente manera.

Tabla 4. Equivalencias para el cálculo de toneladas totales por UTA

	VOCs	SO ₂	CO	O ₃ +NO ₂	PM1.0	PM2.5	PM10	CxHy	CO ₂
Emisión total de vehículos por día									
Emisiones por semana									
Emisiones por mes									
Emisiones por año									
Toneladas									
Toneladas Totales por UTA	= ↑	= ↑	= ↑	= ↑*265	= ↑	= ↑	= ↑	= ↑*28	= ↑*1

Fuente: Elaboración propia.

Por último, al tener las toneladas equivalentes y la previa designación de UTAs se hace la estimación por medio de la medida estándar para el cálculo de las toneladas totales Municipales. Tomando como punto de partida lo anterior se llega a la estimación final para el diseño de estrategias de mitigación y adaptación de los centros urbanos, rurales y, en general, asentamientos de las 3 Zonas metropolitanas del estado de Hidalgo siguiendo como modelo el esquema metodológico para el cálculo de emisiones de CyGEI.

Gráfico 1. Esquema metodológico para el inventario de las fuentes móviles



Fuente: Elaboración propia.

MEDIOS DE TRANSPORTE Y FUENTES MÓVILES

Medios de transporte

Las sociedades, centros urbanos, comunidades y personas en general, utilizan los medios de transporte para poder desarrollar las actividades cotidianas con mayor facilidad gracias a los procesos de movilidad. Si bien la función principal de los medios de transporte es brindar las facilidades de desplazamiento de un punto a otro, se han tomado como medios de movilización (retirando el punto central) y ahora, como punto de servicio para la comercialización y traslado de bienes y/o servicios.

Los medios de transporte cumplen con cada una de sus funciones por medio de desplazamientos sobre superficies sólidas (terrestres), desplazamiento por los aires (aéreos), los recorridos sobre cuerpos de agua (transportes marítimos) y, por último, los transportes sobre rieles o carriles (férreos). Dichos desplazamientos tienden a mantener movilizaciones dentro y fuera de territorios municipales, estatales y nacionales reflejando así los aumentos capitales-económicos por medio de las diferentes movilizaciones (materias primas o poblacionales).

Tabla 5. Medios de transporte

Terrestres	Aéreos	Marítimos	Ferreo
Bicicleta	Aviones	Barcos	Metro/Suburbano
Camiones	Helicópteros	Veleros	Travías
Autobuse	Avionetas	Ferris	Trenes
Automóvil	Cohete	Lanchas	Funicular
Motocicleta	Globo aerostático	Buque	
Tractor	Teleférico	Submarino	

Fuente: elaboración propia.

El territorio nacional concentra un total de 15 corredores carreteros troncales abarcando así 51,198 km de los 407,959 km de carreteras (sin contar caminos municipales y refiriéndose principalmente carreteras del gobierno federal). Así mismo se cuenta con una red ferroviaria de 26,914 km distribuida en 14 vías nacionales encargadas de transportar el 12.8% de los servicios comerciales del país (según lo establecido en el Anuario Estadístico Ferroviario 2019 de la SCT). A diferencia de estos, el transporte aéreo representa el de mayor costo por lo que se encuentra enfocado al transporte de personas destacando la mayor

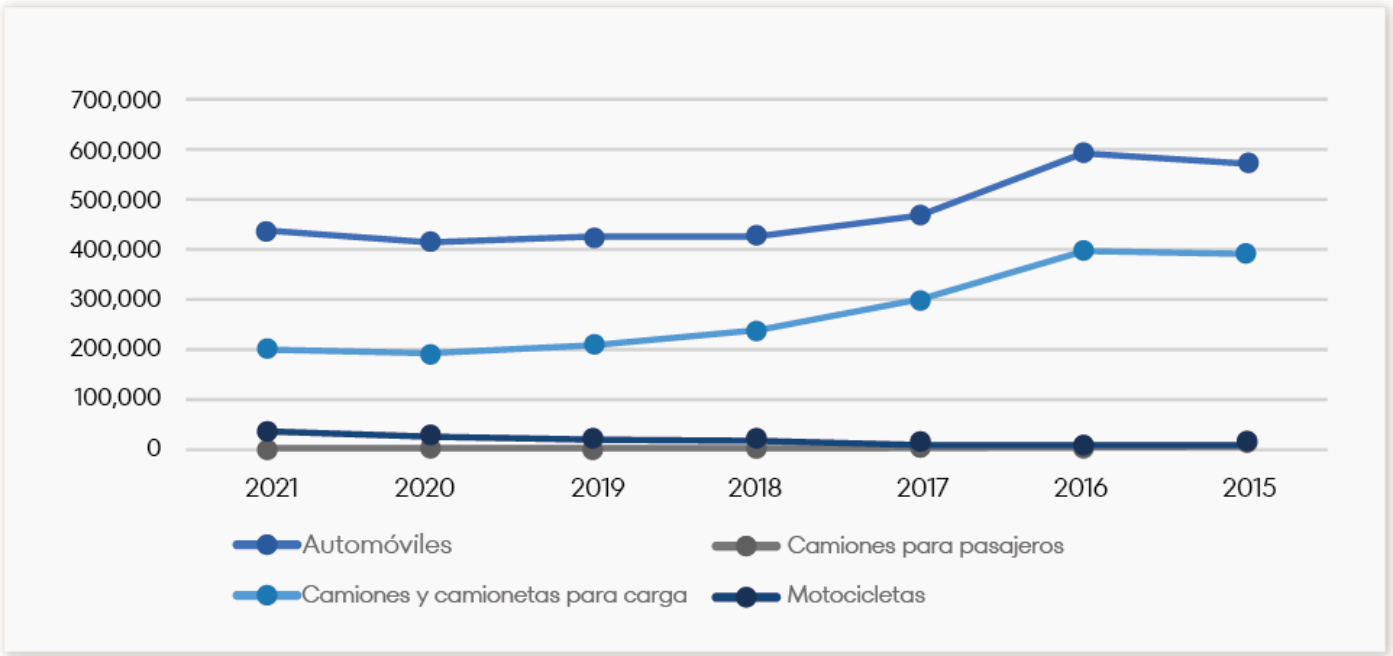
afluencia en aeropuertos como Ciudad de México, Guadalajara y otros concentrando la movilización del territorio con el 71%.por último, los transportes marítimos son los que concentran las mayores percepciones de mercancías internacionales por medio de 22 puertos reflejando así un promedio anual de 132,025,274 toneladas anuales de mercancías además del transporte turístico donde predominan los puertos del Golfo y el Caribe (INEGI, 2020).

Parque vehicular

Derivado de la crisis sanitaria del año 2019, y con incidencia en México para 2020, los sectores comerciales vehiculares pasaron por descensos respecto a ingresos económicos afectando de manera específica a todo el sector automotor mostrando un decrecimiento del 28% al 2020. Sin embargo, con la generalización de la “nueva normalidad”, el sector presentó dificultades en ventas derivado de la suspensión de actividades en el periodo inicial de Covid 19. Si bien se refiere a ello y la necesidad de sustentar la compra de bienes necesarios, el parque vehicular en el territorio hidalguense y nacional, manifestó disminuciones.

Considerando de manera particular los medios de transporte terrestre, el estado de Hidalgo, para el año 2021 concentró un total de 678,840 vehículos de motor registrados en circulación de los cuales el 64% de ellos corresponde a automóviles. Sin embargo, se visualiza una tendencia mayor de los medios de transporte de carga de mercancías que el transporte público derivado del perfil

Gráfico 2. Parque vehicular del Estado de Hidalgo 2015-2021



Fuente: elaboración propia a partir de (INEGI, 2023)

Tomando lo anterior como punto de partida en criterios de clasificación vehicular y haciendo referencia a los estipulado en la ley de control vehicular para el estado de Hidalgo, se maneja cuatro categorías para los vehículos terrestres abordando el acceso privado, público, las instituciones gubernamentales policiales y los servicios de emergencia, así como los de protección civil.

Transporte Privado

- Automóvil
- Autobús
- Camión
- Motocicleta
- Remolque
- Auto antiguo
- Discapacitado
- Demostración
- Ecológico

Transporte público

- Automóvil
- Autobús
- Camión

**Instituciones policiales
Servicios de emergencia
y protección civil**

- Ambulancia
- Bomberos
- Rescate

ANÁLISIS MUNICIPAL DE LAS FUENTES MÓVILES

Registro de Fuentes móviles

El tráfico vehicular en las ciudades y centros urbanos, concentra la mayor cantidad de emisiones y quema de combustible. Dichas fuentes son emitidas principalmente de los transportes particulares derivadas del uso excesivo y constante al trasladar menor cantidad de personas que su capacidad. Estableciendo criterios particulares, el uso de transporte público dentro del municipio de Pachuca de Soto se ha vuelto parte fundamental de la estructura urbana y la economía municipal. Para el caso del presente municipio, se cuenta con características específicas donde predomina principalmente el punto de ser la capital Estatal que cuenta con la mayor oferta académica y laboral del estado de Hidalgo por lo que, la movilidad es parte fundamental de la delimitación territorial.

Para las estimaciones municipales, se llevaron a cabo conteos puntuales en zonas específicas donde se concentran grandes circulaciones vehiculares como lo son las intersecciones del paradero Soriana del Valle con dirección principal a la Central de abastos de Pachuca, boulevard Luis Donaldo Colosio específicamente en la "Glorieta 24 hrs" y, por último, la circulación en los diferentes puntos de la Plaza Juárez localizada en el centro del municipio.

Ilustración 2. Fuentes móviles en UTA-PCH-FMOV-2



Fuente: Acervo Fotográfico del Laboratorio de Análisis Territorial, Ambiente y Ciencia de Datos

Por lo antes mencionado, se destacan los conteos vehiculares del paradero Soriana del Valle, donde se visualiza una mayor circulación de autos particulares refiriendo de manera precisa la concurrencia de marcas como Nissan (117 registros), Chevrolet (47) y Volkswagen (36) registrando, junto con las demás marcas, 350 vehículos en circulación de los cuales destacan los usos particulares y una matriculación de unidades del 100%. Al realizar un total de 9 conteos por minuto, se llevó a cabo un concentrado total donde, en promedio, se concentran 39 vehículos motorizados por minuto (incluyendo transporte público en sus diferentes modalidades). A diferencia de dicha intersección, la glorieta 24 hrs, registró una circulación de 763 vehículos distribuidos en Dirección Actopan (301) y Dirección Tulancingo (462) mostrando un aforo promedio por minuto de 25 fuentes motorizadas. Por último, en el centro de la capital estatal, la Plaza Juárez registro un total de 744 vehículos de los cuales 82 corresponden a la intersección Avenida Benito Juárez dirección Prepa 1, 167 a Cayetano Gómez Pérez-Av. Madero y, por último, 495 a Pl. Benito Juárez-Fernando Soto mostrando aforos promedio de 5, 6 y 17 vehículos automotores en circulación.

Emisiones de CyGEI de las fuentes móviles

A partir de los estudios y conteos previstos, se definió una circulación específica y común de vehículos donde destacan principalmente automóviles del año 2012 hasta 2019 refiriendo así a un perfil vehicular de la ciudad con ingresos económicos situados por encima del promedio estatal. Entre este perfil vehicular se localizan sub-modelos que permiten ver el tránsito específico aunado a lo abordado con anterioridad (total de vehículos en circulación). Caso específico es la presencia de vehículos Nissan Tsuru con una circulación y ocupación principal en transporte público como lo son Taxis dejando así la perspectiva de mayores vehículos particulares.

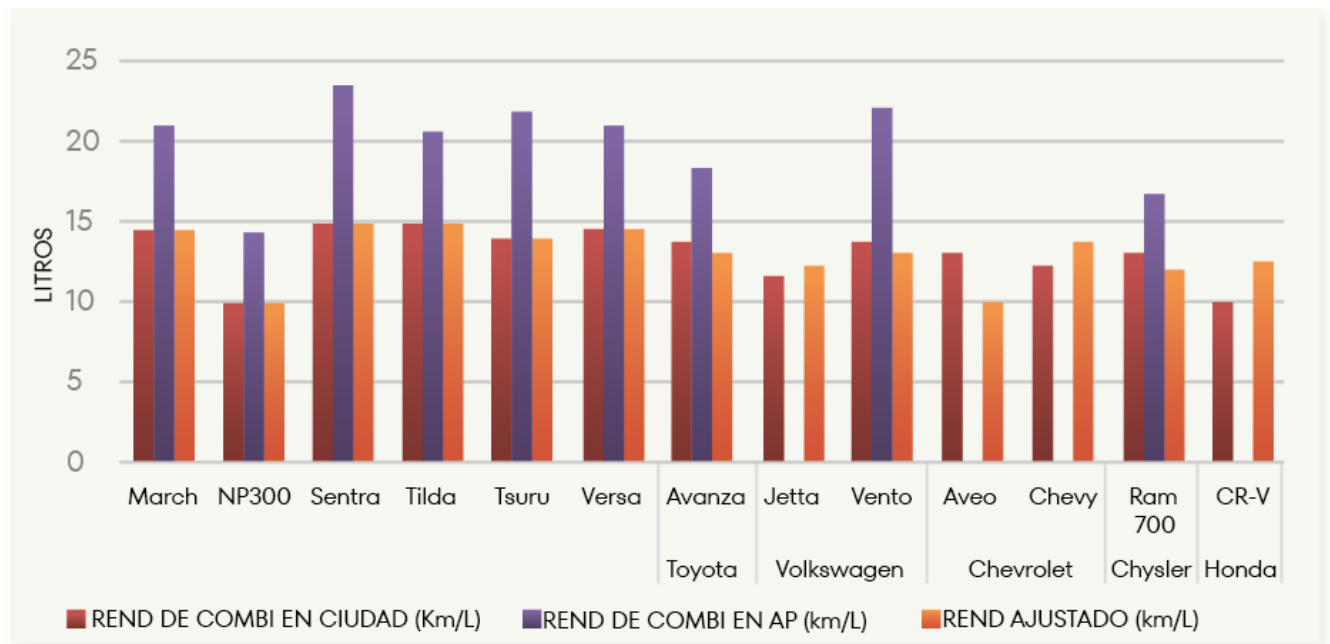
Tabla 6. Principal afluencia vehicular por marca y sub-marca.

MARCA	SUBMARCA	SUBMARCA (detallada)	AÑO DEL MODELO
Chevrolet	Aveo	Aveo 4 pts 1.6l 4cil 103hp aut	2015
	Chevy	Chevy hatchback 3pts 1.6l 4cil 100hp aut	2012
Chryster	Ram 700	Ram 700 adventure club cab 3ptas 1.6l 4cil 115hp	2017
Honda	CR-V	man	2017
Nissan	Altima	Chevy hatchback 3pts 1.6l 4cil 100hp aut	2019
	March	Altima Kr20 4pts	2016
	NP300	March 5pts 1.6l 4cil 106hp aut	2016
	Sentra	NP300 chasis 2pts 2.5l 4cil 158hp man	2017
	Tiida	Sentra 4pts 1.8l 4cil 129hp cvt	2016
	Tsuru	Tiida 4ptas 1.6l 4cil 106hp man	2016
	Versa	Tsuru gs 4ptas 1.6l 4cil 105hp man	2016
Toyota	Avanza	Versa sedan 4pts 1.6l 4cil 106hp aut	2017
Volkswagen	Jetta	Avanza cargo 4pts 1.5l 4cil 102hp man	2015
	Vento	Jetta mk ci 4ptas 2.5l 5cil 170hp aut (tip)	2017

Fuente: Elaboración propia a partir de portal de eco-vehículos (SEMARNATH)

Partiendo de los criterios de accesibilidad y principales modelos de concurrencia de los automóviles particulares en la entidad municipal, se extienden los promedios de rendimiento de combustible con la finalidad de sentar las bases para cuantificaciones de emisiones de CyGEI. Dentro de las ciudades, se lleva a cabo el menor rendimiento de combustible derivado de la infraestructura y equipamiento vial, costos promedio de combustibles y el tipo de vialidad, por lo que, dentro de estos centros urbanos los rendimientos van entre los 9.93 km/L (para el caso de vehículos marca Nissan NP300) hasta los 15.2 Km/L refiriendo al Nissan Sentra. Refiriendo a los rendimientos en caminos con mayor flujo continuo de circulación se destacan trayectos entre los 14.38 Km/L correspondiente al Nissan NP300 hasta los 21.88 km/L del Nissan Tsuru. De manera ajustada, el mayor rendimiento por marca destaca en los automóviles de la marca Nissan específicamente en los modelos Tsuru, Altima y Sentra con rendimientos promedio entre los 15.09 Km/L y 14.05 km/L.

Gráfico 3. Rendimiento de combustible por zona



Fuente: Elaboración propia a partir de portal de eco-vehículos (SEMARNATH)

Teniendo en consideración el rendimiento promedio de un vehículo en las diferentes tipologías de vías de comunicación, se estiman las emisiones promedio de CO₂ por cada kilómetro recorrido donde, según la sub-marca del modelo con mayor afluencia, durante diferentes temporalidades generan CyGEI.

Entre los principales vehículos que menor CO₂ generan se encuentra el Nissan Versa Sedan de 4 cilindros con un total de 170 g/Km, sin embargo, a diferencia de este, el NP300, de la misma Nissan, genera la mayor concentración de CO₂ con un total de 269 g/Km.

Gráfico 4. . Emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido (g/km²).



Fuente: Elaboración propia a partir de portal de eco-vehículos (SEMARNATH)

Derivado de la tendencia de afluencia vehicular, en un promedio de 23.1 kilómetros recorridos de un vehículo al día, se muestra la tendencia de emisiones de CO₂ donde destaca la producción de entre los 3.94 Kg/Km y los 6.21 Kg/Km principalmente en zonas con alta concurrencia y flujo vehicular. Para el caso de Pachuca de Soto, las mayores afluencias se localizan en los cruceros de ascenso y descenso de personas, así como en puntos donde se realizan actividades administrativas gubernamentales. Siguiendo la lógica de emisiones por kilómetro y la afluencia del paradero Soriana del Valle con dirección Universidad (donde, durante 10 minutos se contabilizaron 117 vehículos) se estima una generación promedio mínima de 459.5 kg de CO₂ mientras que la generación máxima estima aproximadamente la emisión de 727.0 kg de CO₂.

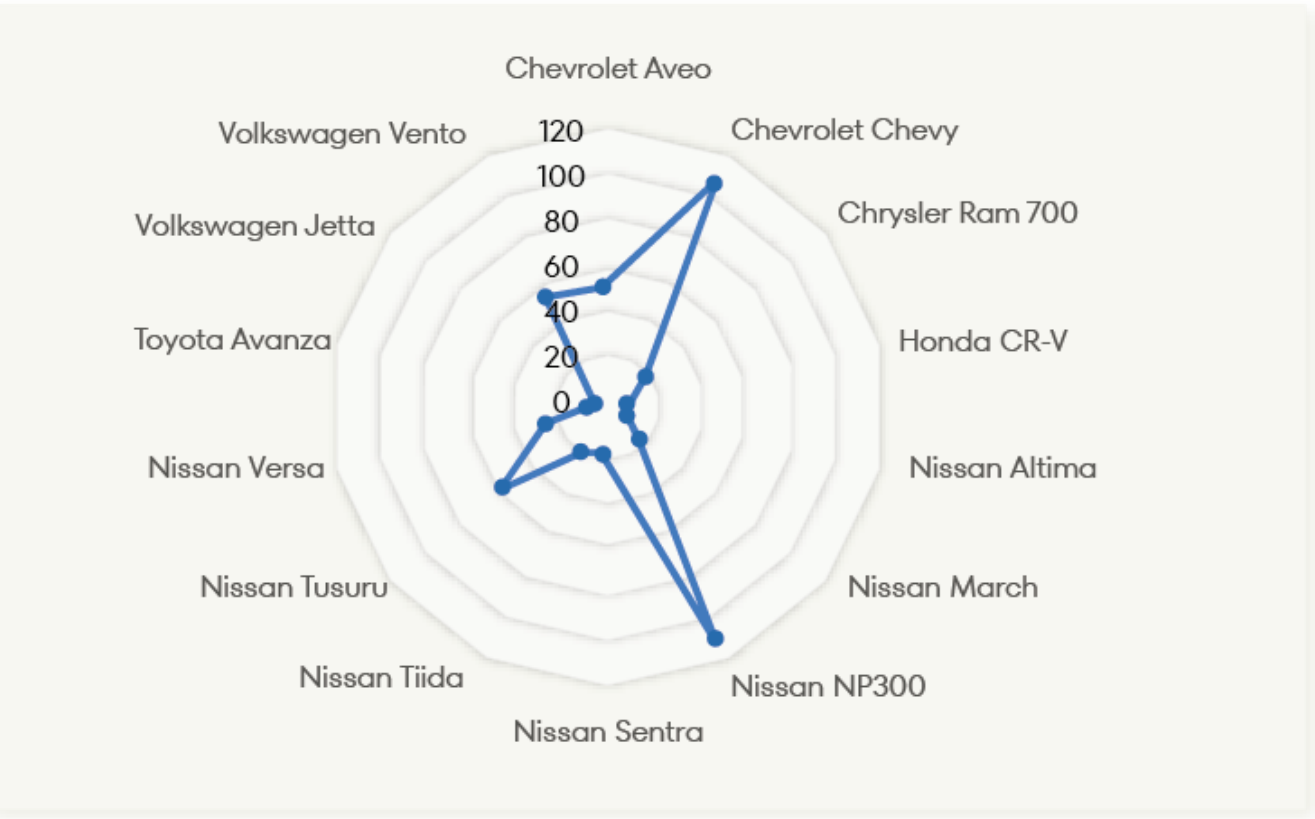
Tabla 7. Principales emisiones de CO₂ promedio al día y anual por marca y sub-marca.

MARCA	SUBMARCA	SUBMARCA (detallada)	Emisión de CO ₂ al día (prom. 23.1 km recorridos)	Emisión de CO ₂ anual (Kg)
Chevrolet	Aveo	Aveo 4 pts 1.6l 4cil 103hp aut	4.55	2955
	Chevy	Chevy hatchback 3pts 1.6l 4cil 100hp aut	4.94	3210
Chryster	Ram 700	Ram 700 adventure club cab 3ptas 1.6l 4cil 115hp man	4.53	2940
Honda	CR-V	Chevy hatchback 3pts 1.6l 4cil 100hp aut	5.29	3435
Nissan	Altima	Altima Kr20 4pts	4.07	2640
	March	March 5pts 1.6l 4cil 106hp aut	3.95	2565
	NP300	NP300 chasis 2pts 2.5l 4cil 158hp man	6.21	4035
	Sentra	Sentra 4pts 1.8l 4cil 129hp cvt	3.97	2580
	Tiida	Tiida 4ptas 1.6l 4cil 106hp man	4.20	2730
	Tsuru	Tsuru gs 4ptas 1.6l 4cil 105hp man	4.30	2790
	Versa	Versa sedan 4pts 1.6l 4cil 106hp aut	3.93	2550
Toyota	Avanza	Avanza cargo 4pts 1.5l 4cil 102hp man	4.62	3000
Volkswagen	Jetta	Jetta mk ci 4ptas 2.5l 5cil 170hp aut (tip)	4.90	3,285
	Vento	Vento sedan 4ptas 1.6l 4cil 105hp man	4.30	2790

Fuente: Elaboración propia a partir de portal de eco-vehículos (SEMARNATH)

Estableciendo la combinación entre el Oxígeno y el Nitrógeno obteniendo así los Óxidos de Nitrógeno (NOx), los vehículos motorizados son las principales fuentes de emisión de estos, derivado de la quema de combustibles fósiles. Siguiendo la tendencia vial y la categorización de circulación vehicular se define la mayor emisión de NOx donde se define la cantidad de gramos emitidos sobre cada 1,000 km recorridos. Para ello, la principal emisión se establece de los modelos Nissan NP300 con un total de 113 g/1,000Km mientras que el valor mínimo de emisiones se obtiene de los Volkswagen Jetta con un total de 4 g/1,000km. Al tomar, como punto central, el promedio de kilómetros recorridos por vehículo en un día (23.1km) se considera que aproximadamente los vehículos particulares marca Nissan generan (como mayor marca de concurrencia en las vías de comunicación) entre 0.093 g/1,000Km (como emisión) y 0.953 g/1,000 km (mayores emisiones de la NP300) consolidando así casi un kilo por vehículo. Referir a este tipo de emisiones connota una tendencia de uso y generación de enfermedades respiratorias (como la falta de respiración) e irritación en ojos y piel.

Gráfico 5. Emisiones anuales de NOx. (g/1000km).



Fuente: Elaboración propia a partir de portal de eco-vehículos (SEMARNATH)

CÁLCULO DE EMISIONES POR SNIFFER 4DV2 DE LAS FUENTES MÓVILES

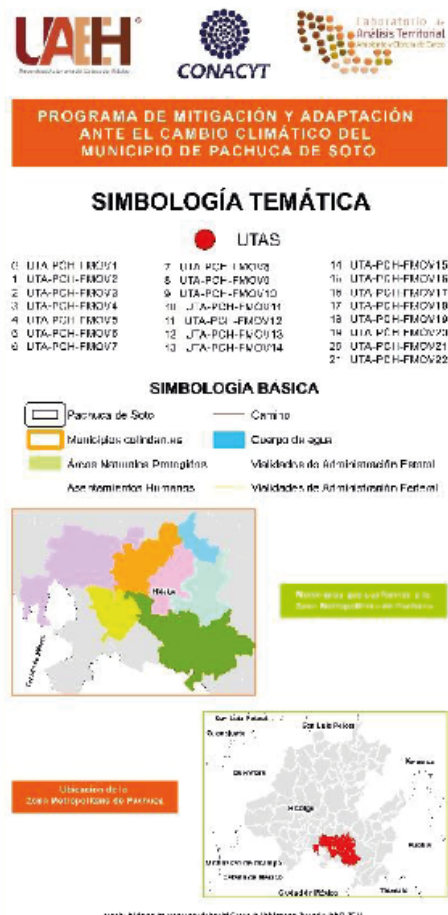
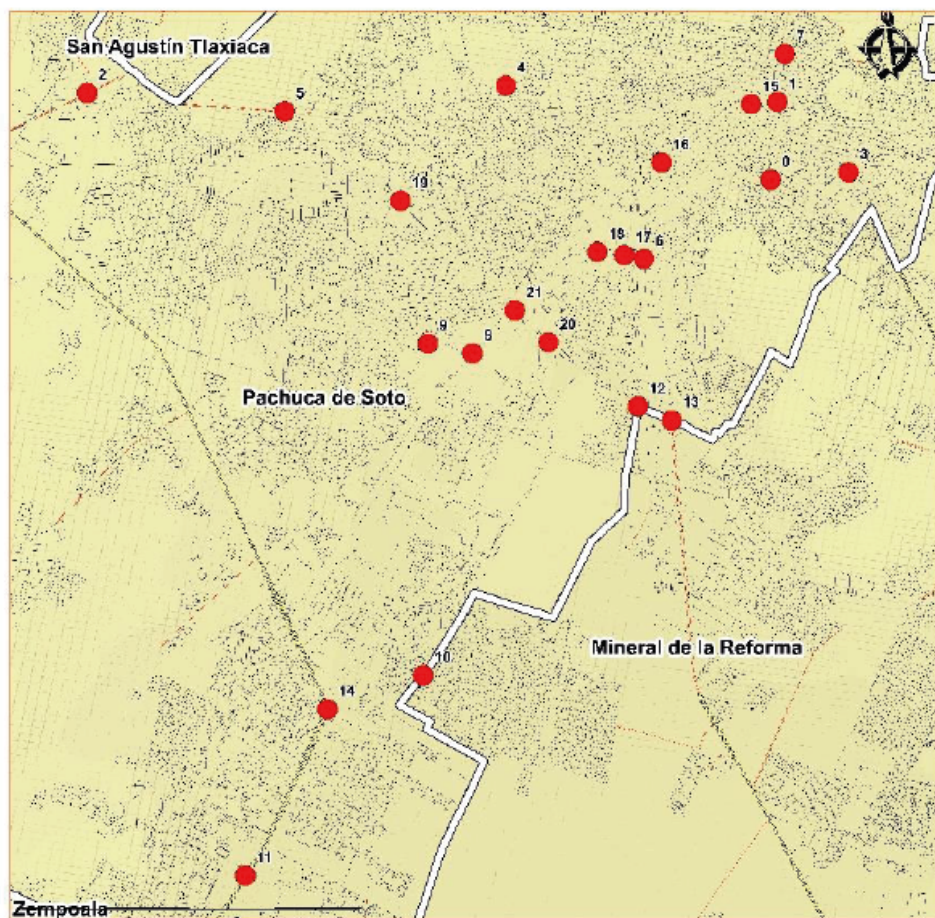
Emisiones de fuentes móviles UTAs de Pachuca de Soto (cruceros y paraderos)

A diferencia de los datos obtenidos por INECC y por medio de las mediciones obtenidas por el Sniffer 4d v2, se realizó la cuantificación de 14 mediciones mostrando, de manera precisa, la similitud del comportamiento en el mismo sitio (caso particular del paradero coloquialmente conocido como "Soriana del Valle") a pesar de ser cuantificado en diferentes momentos del día. Dichas estrategias se llevaron a cabo en diferentes puntos del municipio de Pachuca de Soto donde el comportamiento mostró similitudes de circulación, emisiones y temporalidad en semáforos. Tomando lo anterior como punto central de investigación, los datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (considerando el Censo de población y Vivienda 2020 y el Parque Vehicular) y las contabilizadas por el grupo de investigación, se muestran disimilitudes derivadas de la circulación de fuentes móviles puesto que las viviendas reflejan entre 1 y 2 vehículos y la propiedad por ocupante de la vivienda refiere los mismos valores. Al relacionar el índice de Vehículos motorizados (automóviles, camionetas particulares y motocicletas) se considera que existe una relación de 65 fuentes móviles por cada 100 habitantes y 63 vehículos por cada 100 viviendas mostrando así la concentración vehicular particular. Por otro lado, tomando como punto de partida el aforo del parque vehicular en puntos específicos, refiere a una concentración promedio de circulación de entre los 1,528 (glorieta 24 hrs) y los 2,334 (Soriana del Valle) vehículos durante una hora.



Fuente: Acervo Fotográfico del Laboratorio de Análisis Territorial, Ambiente y Ciencia de Datos

Al comparar el parque vehicular y lo estipulado por el Censo de Población y Vivienda (ambas concentraciones de INEGI), se definieron los puntos con mayor circulación vehicular tomando así un total de 22 cruceros y/o glorietas en el municipio de Pachuca. Para dichos concentrados de mediciones se generó la pauta de tomar como medida estándar las emisiones contabilizadas en el crucero Soriana del valle, mismas que son replicadas al total de cruceros delimitados. Al realizar las contabilizaciones se diferenciaron cuatro variaciones de las zonas de conteo siendo Plaza Juárez, Soriana del Valle, crucero de Cuesco y el crucero del Estadio Hidalgo por lo que se volvieron los principales "puntos estándar" para dar pie a la cuantificación promedio en los diferentes cruceros (debidamente analizados y mostrando aforos similares a los cuatro mencionados con anterioridad).



Por medio de lo ya abordado, se definió que, para el caso particular de la UTA-PCH FMOV1 (Soriana del Valle), se realizaron los cálculos pertinentes para la obtención de emisiones totales (toneladas) donde, al día se registraron mayores concentraciones de CO₂ específicamente en el proceso de arranque de los vehículos detenidos en semaforizaciones (estableciendo así la quema de gasolina y diésel) identificando emisiones de 2,544.192 kg/m³ al día destacando una mayor concentración durante las 6:30 a.m. – 9:00 a.m., 12:00 p.m. – 15:00 p.m. y 18:00 p.m. 19:00 p.m. Por su parte, las emisiones por semana refieren a una mayor concentración durante los días lunes y viernes debido a los retornos de origen-destino de la población en la ciudad, sin embargo, aborda principalmente al uso de transporte público que el sector vehicular privado derivado del perfil de la capital estatal.

Estableciendo las bases para el manejo municipal, se delimitaron medidas que agrupan las emisiones en cifras estándar donde se toma en consideración el punto con afluencia máxima y la afluencia mínima en diferentes puntos de la ciudad capital. La UTA PCH-FMOV1 refleja la mayor concentración móvil mientras que el cruce "cuesco" refiere a la menor circulación dando así valores similares a la Glorieta Insurgentes, Jardín del Arte y algunos otros puntos.

Tabla 8. Delimitación de UTA-PCH-FMOV

NOM-CLV	LATITUD	LONGITUD	NOMBRE DEL LUGAR
UTA-PCH-FMOV1	20.096912	-98.759627	Soriana del Valle
UTA-PCH-FMOV2	20.100413	-98.763365	Glorieta 24 hrs
UTA-PCH-FMOV3	20.112559	-98.776142	Aurrera Bonfil
UTA-PCH-FMOV4	20.106527	-98.753791	Crucero Estadio
UTA-PCH-FMOV5	20.106106	-98.750743	Crucero Cuesco
UTA-PCH-FMOV6	20.116025	-98.746242	Glorieta Insurgentes(Prepa 1 SEMADESU)
UTA-PCH-FMOV7	20.122080	-98.735862	Plaza Juárez
UTA-PCH-FMOV8	20.057836	-98.785786	Villas de Pachuca
UTA-PCH-FMOV9	20.088204	-98.745752	El trébol
UTA-PCH-FMOV10	20.089778	-98.74957	San Javier CAASIM
UTA-PCH-FMOV11	20.040088	-98.795611	Plaza Explanada
UTA-PCH-FMOV12	20.061272	-98.774759	La bombonera
UTA-PCH-FMOV13	20.097062	-98.773388	Crucero de Bares (zona Plateada)
UTA-PCH-FMOV14	20.095912	-98.768306	Ben Gurión (zona Plateada)
UTA-PCH-FMOV15	20.127411	-98.731852	Plaza Independencia
UTA-PCH-FMOV16	20.105678	-98.748503	Río de las Avenidas (central de abastos)
UTA-PCH-FMOV17	20.12245	-98.78915	Monumento al bombero (Colosio-Minero Actopan/Pachuca)
UTA-PCH-FMOV18	20.124675	-98.763834	Crucero Panteón- Prepa 3
UTA-PCH-FMOV19	20.114537	-98.724908	Glorieta IMSS General
UTA-PCH-FMOV21	20.122269	-98.732859	Jardín del Arte
UTA-PCH-FMOV22	20.113927	-98.733824	CFE Cubitos

Fuente: Elaboración propia.

Aforo vehicular del transporte público.

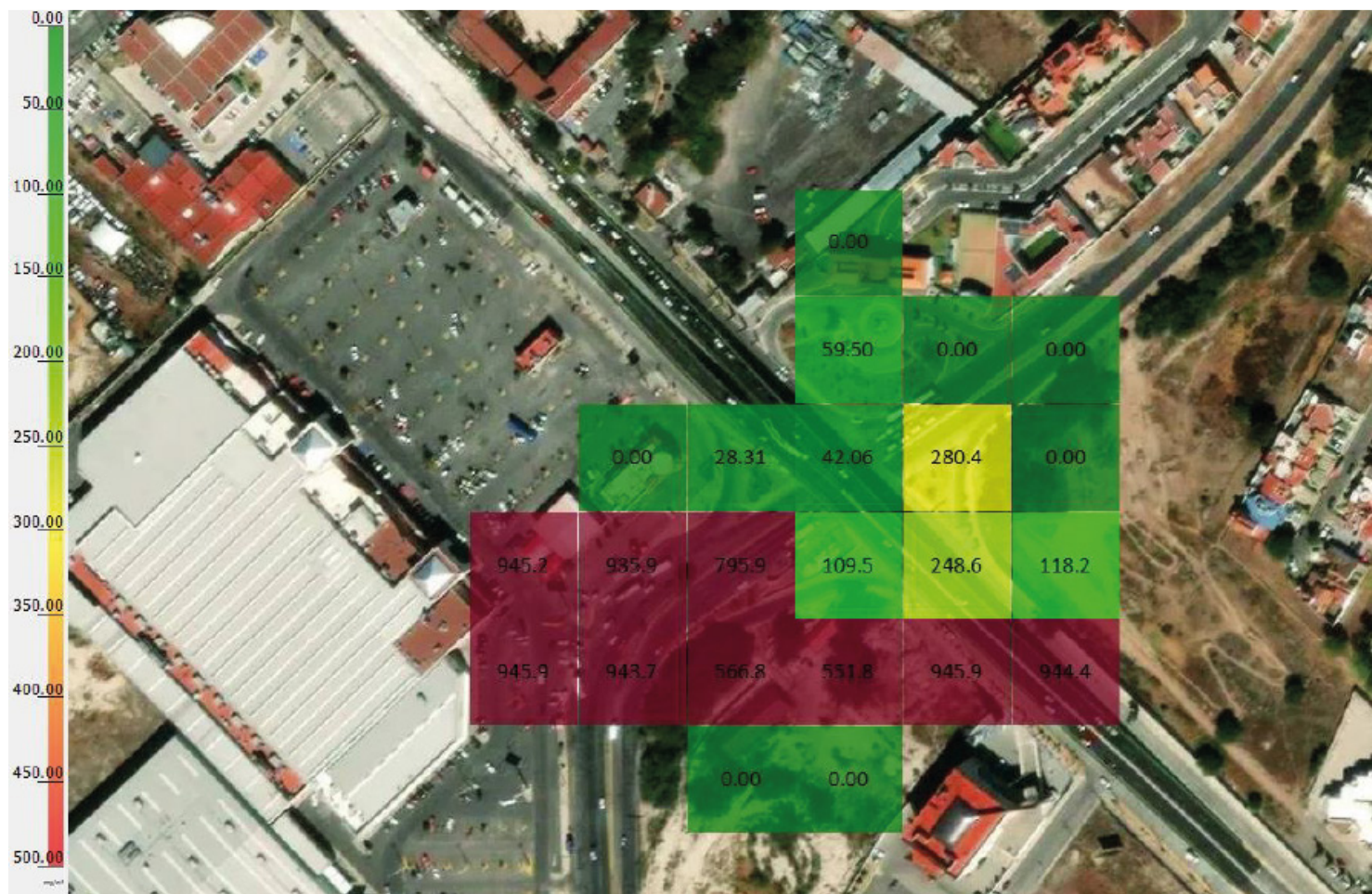
Si bien se refiere al transporte privado, el transporte público reflejó circulaciones menores al transporte privado, pero, a su vez, transportando mayor cantidad de usuarios mientras que en un auto particular existe un aforo promedio de 4 personas, el transporte público cuenta con un promedio de 20 pasajeros por combi o unidad colectiva, 35 pasajeros en autobús urbano (con una masa promedio total de usuarios de 2,340 kg lo que genera mayores emisiones de CyGEI) y un aproximado de 45 pasajeros en autobús (contabilizando el total de asientos y sin tomar en cuenta 20 pasajeros promedio de pie). Durante las contabilizaciones se consideraron, como puntos aparte, la circulación del transporte público mostrando los siguientes resultados.

- La UTA-PCH-FMOV1 se consolidó como la mayor concentración vehicular y de transporte público pues en ella se concentran autobuses y vehículos foráneos, sistemas de transporte colectivo y unidades privadas "taxis". Para ello, se contabilizó un total de entre 297 y 303 registros de los cuales la mayor afluencia deriva de los taxis mostrando un promedio de 2-3 personas por recorrido. Sin embargo, para el caso de las unidades colectivas se registró un aforo que va de las 46 a las 76 unidades por hora transportando, en promedio, entre 12 y 20 usuarios. Para el caso particular de los autobuses se cuenta con una afluencia promedio de 72 a 74 unidades derivado del acceso colindante a la central camionera y el perfil de la ciudad capital.
- La UTA-PCH-FMOV2 registró un aforo aproximado de 231 unidades de transporte donde destacó la circulación de taxis (141 unidades), 38 autobuses y 53 unidades colectivas durante una hora (tomando en consideración el Blvrd Luis Donaldo Colosio, con dirección Actopan y la misma vialidad con dirección Tulancingo).
- Por su parte, la UTA-PCH-FMOV5 mostró una mayor concentración de transporte público derivado de la localización estratégica de la central camionera, la central de abastos y, por su parte, la estación troncal "central de abastos" del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Hidalgo. Para estos rubros se registró una afluencia por hora de 678 unidades de transporte público donde destacan los taxis y las unidades colectivas con promedios de circulación de 285 y 70 respectivamente. Esto se ve reflejado en la saturación de las vialidades por bases y puntos de trasbordo en la vialidad.
- Por último, la UTA-PCH-FMOV7 registro mayor afluencia de unidades de transporte colectivo (entre 110 y 145 registros por hora) y con menor tránsito de autobuses y camiones registrando en promedio una circulación de 6 unidades de consumo tipo diésel por cada 10 minutos.

Emisiones de CyGEI de las fuentes móviles por UTA.

Estableciendo de manera puntual las emisiones de CyGEI, en Pachuca de Soto se cuenta con los registros máximos de estos por parte del CO₂ con un aproximado de 619.807 toneladas anuales considerando un aproximado de 47,000 a 56,000 vehículos al día (refiriendo en un consenso de 16 horas sin tomar en consideración la menor afluencia vehicular durante las 22:00 p. m y las 5:00 a.m.).

Ilustración 4. UTA-PCH-FMOV



Por otra parte, las emisiones de COVs son relativamente bajas debido a la poca emisión vehicular derivado de la quema de aceites, anticongelantes y químicos utilizados para el funcionamiento móvil. Para la UTA-PCH-FMOV1 se registran emisiones de aproximadamente 2.755 Ton/anuales. Por último, como medida representativa en conjunto, la presencia de O₃+NO₂ resultó en emisiones de 19.283 Ton/anuales derivados, principalmente, de la temporada anual de ozono comprendida del 15 de febrero al 15 de junio.

Tabla 9. Emisiones totales UTA-PCH-FMOV1 como medida estándar

Emisiones por vehículo	COVs ppm	SO ₂	CO	O ₃ +NO ₂	PM _{1.0}	PM _{2.5}	PM ₁₀	CxHy%	CO ₂
Emisiones por día	131.213	0.004	4.222	0.217	0.035	0.004	0.048	50562.584	1696.128
Emisiones por semana	918.493	0.027	29.551	1.516	0.247	0.027	0.336	353938.086	11872.895
Emisiones por mes	3673.97	0.11	118.21	6.06	0.99	0.11	1.34	1415752.34	50883.83
Emisiones por año	44087.65	1.31	1418.47	72.76	11.87	1.31	16.13	16989028.14	619086.65
Toneladas	44.088	0.001	1.418	0.073	0.012	0.001	0.016	16989.028	619.087
Ton. Totales por UTA-PCH FMOV	2.755	0.000	0.089	19.283	0.001	0.000	0.001	475692.788	619.087

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de las diferentes medidas estándar, se cuantificó la totalidad de emisiones de Contaminantes y Gases Efecto Invernadero obteniendo así los siguientes resultados.

Mostrando la misma tendencia que la UTA-PCH-FMOV1, a nivel municipal se encuentran enmarcadas emisiones relativamente mayores en comparación con lo estipulado por parte del INECC donde refieren a estaciones de medición fijas. De manera desagregada se encuentra que, por medio del Sniffer 4d V2, las emisiones mostraron variaciones dependiendo de la afluencia vehicular (de 832 vehículos hasta los 2, 333 por hora) agrupando transporte público (en su modalidad de autobuses, combis o colectivas y taxis) así como el transporte privado (incluyendo transporte de carga, vehículos particulares, motocicletas del sector privado laboral y demás clasificaciones).

Tabla 10. Emisiones totales UTA-PCH-FMOV.

Emisiones por vehículo	COVs ppm	SO ₂	CO	O ₃ +NO ₂	PM _{1.0}	PM _{2.5}	PM ₁₀	CxHy%	CO _{2eq}
Emisiones municipales de las 22 UTAs	60.620	0.001	1.950	424.218	0.016	0.020	0.022	10465241	13,619.906

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al registro del INEGI, en el municipio de Pachuca de Soto se cuenta con un registro total de 101,530 vehículos automóviles (incorporando en su totalidad el aforo particular y público de los medios de transporte) de los cuales, en su mayoría son registros de 4 cilindros. Abordando el cálculo de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en Ingles), un automóvil genera un total de 8.887 kg de CO2 por galón siendo así que un automóvil de 4 cilindros concentra alrededor de 35lts, dicho vehículo cuenta con 9.246 cilindros, generando 82.169 kg de CO2 por lo que se obtiene los siguientes resultados para aquellos registros municipales.

Tabla 11. Emisiones de CO2 por parque vehicular registrado en Pachuca de Soto, 2021

1 auto de gasolina de 4 cilindros por cada 35 litros genera	82.169 kg
Autos particulares registrados en Pachuca	101,530
Kilos al día de CO2	556175.939
Kilos al día por vehículo CO2	5.4779468
Toneladas de CO2 por semana	3893.23157
Toneladas de CO2 por mes	16,685.2782
Toneladas de CO2 por año	203,004.218

Fuente: Elaboración propia.

Al abordar lo plasmado en la tabla anterior y como parte del diseño para el cálculo de información, si bien se cuentan con emisiones totales anuales de 203,004.218 toneladas de CO₂, se registra un total de duración de un tanque de 4 cilindros durante 15 días por lo que registros mensuales ascienden a un consumo promedio de 70 litros (destacando el consumo total de automóviles del transporte público entre 3 y 4 días) teniendo un rendimiento promedio de 13.213 km por cada litro (según lo establecido en el portal de ecovehículos del INECC).

Contrastando lo anterior con unidades del transporte público, siguiendo la categorización de camiones para pasajeros, Pachuca de Soto cuenta con registros de 165 unidades colectivas (camionetas tipo URVAN y HIACE de modalidad públicas) además de ello se cuentan con rutas de transporte que van de los 8.6 km (Central-Plutarco Elías Calles) hasta los 28.2km (Centro- Santiago Tlapacoya).

Las unidades de transporte colectivas, por cada kilómetro recorrido, generan aproximadamente 2.35 gramos de CO₂ por lo que, si se recorren en promedio 20.1 km, se registran emisiones totales de 47.235 kg de CO₂ por recorrido. Por otra parte, una unidad colectiva realiza, en promedio, un total de 10 recorridos al día donde se concentra un total de 472.35 kg de CO₂ por día.

De acuerdo a los registros municipales vehiculares y, por medio del cálculo de emisiones al día, por las 165 unidades en el municipio capital se cuenta con los siguientes datos definitivos.

Tabla 12. Emisiones de CO2 por unidades de transporte público colectivo registrado en Pachuca de Soto, 2021.

Emisiones por vehículo	Toneladas de las 165 unidades al día	Toneladas de las 165 unidades al mes	Toneladas de las 165 unidades al año
77937.75	77937.75	77937.75	77937.75

Fuente: Elaboración propia

Al establecer el sistema de transporte público del municipio, los camiones de pasajeros urbanos y camiones intermunicipales forman parte de categorizaciones diferentes derivados del consumo de diésel.

Si bien se cuentan con unidades de transporte con rutas colectivas más grandes, en su mayor parte corresponden a rutas y trayectos intermunicipales, así como medios de transporte foráneos de los cuales no se cuentan con registros. A su vez, derivado de la gran cantidad de ascensos y descensos en paraderos de alta afluencia vehicular, las UTAs se vuelven el mayor punto de concertación y aforo con emisiones promedio de 0.022 NO_x por cada mil kilómetros.

Emisiones de CyGEI de las fuentes móviles por vialidades y nodos de interconexión primarios.

Pachuca de Soto, al contar con una red vial total de 750,855.88 metros viales (según lo establecido en la Red Nacional de Caminos) entre caminos pavimentados, revestidos, calles, carreteras, y demás; y siguiendo un promedio de emisiones por minuto de 912.22 mg/m³, refleja un total de 4,739,123.21 toneladas anuales de CO₂eq, sin embargo, definiendo la tendencia de emisiones por hora del día de las estaciones de medición fijas del SINAICA, se visualiza una tendencia de concentración durante 16 además que, el INECC informa que las mayores concentraciones en las ciudades y centros urbanos son concebidas en calles y avenidas por lo que, siguiendo esta lógica, las emisiones son cuantificadas por 420,257.57 metros viales obteniendo así la concentración anual de 2,881,446.41 toneladas anuales de CO₂eq.

Teniendo lo anterior como punto de partida es indispensable establecer que, a diferencia de estos valores, las emisiones de COVs oscilan en las 6,022.52 Toneladas y de CxHy 156.13 Toneladas anuales. Además de ellos se cuentan con valores significativos de PM1, PM2.5 y PM10 sin embargo no cuentan con valores relativamente altos como el caso de los ya mencionados. Al definir la concentración en la longitud de la red vial municipal, se designan criterios de duplicidad de información derivado de la concentración de unidades económicas, medios de transporte y UTAs ya establecidas por lo que, dichas concentraciones, refieren a criterios informativos que serán desagregados según su respectiva delimitación.

Tabla 13. Estimación de las emisiones totales de la red vial, calles y avenidas.

mg/1000m	19567.3	19567.3
Conversión	0.0195673	0.0195673
Longitud de la red vial	750,855.88	420,257.57
Emisiones por hora	1.174038	1.174038
Emisiones por día	18.784608	18.784608
Toneladas por semana	131.492256	131.492256
Emisiones por mes	525.969024	563.53824
Emisiones anuales	6311.628288	6856.38192
Emisiones anuales por longitud vial (metros)	4739123210	2881446408
Toneladas anuales	4,739,123.21	2,881,446.41
Toneladas anuales CO2eq	4,739,123.21	2,881,446.41

Fuente: elaboración propia

Ilustración 5. CO2 de vialidades primarias.



Fuente: elaboración propia

Emisiones de CyGEI del sistema de transporte masivo Tuzobús.

El SITMAH, estableciendo de manera precisa el Sistema Integrado de Transporte Masivo de la Zona Metropolitana de Pachuca con principal punto de partida el Tuzobús, al ser una modalidad intermunicipal de transporte abarca diferentes vialidades e interconexiones con más de un municipio (Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma y Zempoala) considerando en sus principales vialidades la autopista federal México-Pachuca, Blvd. Felipe Ángeles, Blvd. Ramón G. Bonfil y el Blvd. Luis Donaldo Colosio.

El sistema Tuzobús, como un sistema de tránsito rápido, fue diseñado con la perspectiva de ofrecer confiabilidad a usuarios con potencialidades capaces de reducir, en cierta medida, las emisiones de gases contaminantes, así como la disminución en los tiempos de traslados de los diferentes puntos en los cuales se encuentra establecido.

La Zona Metropolitana de Pachuca al concentrar en su totalidad las estaciones del Tuzobús y ser una de las zonas más importantes referente a emisiones de CyGEI, presenta grandes concentraciones de CO₂, CH₄ y NO_x, así como grandes tránsitos vehiculares.

El Tuzobús es un sistema de transporte público de autobuses en la ciudad de Pachuca, México. Diversos sistemas de transporte público están transitando hacia fuentes de energía más limpias, como autobuses eléctricos o híbridos, para reducir las emisiones de CO₂. Sin embargo, si el Tuzobús utiliza autobuses de combustión interna convencionales (siendo el caso de ser un vehículo motorizado de combustión y tomando en cuenta la integración a clasificaciones por motorización, combustible, válvulas, métodos de control de carga, etc.), las emisiones de CO₂ dependen del consumo de combustible de estos vehículos.

Ilustración 6. Camiones Bóxer como unidades alimentadoras del SITMAH Tuzobús



De acuerdo a la metodología Sniffer 4D v2, las concentraciones de emisiones del Sistema de transporte Tuzobús (recabadas por medio de un seguimiento continuo de una unidad durante el trayecto aproximado de 45 minutos en servicio troncal), establece que, durante el día se emiten alrededor de 0.565 kg de CO2 y 0.056kg de gases inflamables. De la misma manera, al concentrar una flota total de 47 unidades inventariadas y una flota laborar durante 17 horas de servicio, se establece que, si cada una de ellas se encontrara en circulación durante todo el año, se estiman emisiones anuales de 289.828 Toneladas. Por otra parte, de acuerdo con los valores estimados del INEGI, durante el 2021 se contaban con un total de 28 unidades en circulación por lo que, tomando dicha cifra, se contarían con emisiones entre los 178.663 Ton/CO2 y 10.523 Ton/O3+NO2.

Tabla 14. Emisiones totales del sistema Tuzobús Troncal

	SO ₂	CO	O ₃ +NO ₂	PM _{1.0}	PM _{2.5}	PM ₁₀	CxHy	CO ₂
Prom. 30 minutos	27.956	81.894	3810.758	1600.532	2799.107	3146.093	0.002	16563.395
Prom. 1 Hr	55.911	163.788	7621.515	3201.065	5598.213	6292.185	0.003	33126.790
Emisión total por día	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.056	0.563
Emisiones por semana	6.65343E-06	0.019	0.001	0.000	0.001	0.001	0.389	3.942
Emisiones por mes	2.85147E-05	0.084	0.004	0.002	0.003	0.003	1.666	16.895
Emisiones por año	0.010407871	30.489	1.419	0.596	1.042	1.171	608.253	6166.552
Toneladas	1.04079E-05	0.030	0.001	0.001	0.001	0.001	0.608	6.167
Ton. Totales por unidad en CO2eq	1.04079E-05	0.030	0.376	0.001	0.001	0.001	17.031	6.167
Ton totales por 47 vehículos troncales Tuzobús	0.0005	1.433	17.670	0.028	0.049	0.055	800.461	289.828

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos por medio del Sniffer 4D v2, las estimaciones de la emisión del Tuzobús refirió principalmente a cada uno de los trayectos de manera lineal, sin embargo, tomando esto como punto de partida, se establecen las concentraciones puntuales de las emisiones por unidad, por flota y los procesos de combustión de cada ruta. Como primer punto se establece que, de acuerdo al registro de sistema de Transporte Urbano de Pasajeros del INEGI, las unidades de transporte troncales, durante el año 2022, recorrieron 3, 449,594 km de los cuales una unidad Troncal recorrió aproximadamente 201.08 km diarios generando un total de 538.9 kg de CO2 al día por lo que, contabilizando las 47 unidades Gran Viale Modelo 2015 de consumo Diésel se contabiliza un total de 25.328 Toneladas emitidas al día.

Como segundo punto, se establecen aquellas emisiones generadas por el proceso de arranque por medio de la quema de combustible para el proceso de combustión donde, de acuerdo a la metodología Sniffer y delimitando a las unidades Gran Viale Modelo 2015, se define que, durante el proceso de arranque se emiten 0.0208 kg. Sin embargo, delimitando que cada unidad realiza paradas específicas según la ruta designada (exprés 1, 2 4 y paradora 5), se realizan combustiones que van de entre las 20 y 54 paradas según la ruta generando así emisiones que van de entre los 0.416 kg (exprés 1) y los 1.125 kg (paradora 5). Bajo un supuesto que las 47 unidades se encuentren en circulación durante las 17 horas de servicios se registran emisiones diarias totales de 318.24 kg de CO2 por lo que, de manera anual, el sistema de transporte troncal generó (durante el periodo 2022) 116.16 Toneladas de CO2 durante los procesos de arranque y paradas obligatorias (dentro de estas paradas no se contabilizan las estabilizaciones por semaforizaciones derivado de la intermitencia temporal de cada uno por las diferentes temporalidades del día y el parque vehicular).

Tabla 15. Emisiones totales por unidad y por el proceso de combustión del sistema Tuzobús Troncal

1 galón	3.7854	proceso de arranque (combustión en mg)	20833.9570
galones por camión 12mtrs	55.5	proceso de arranque (combustión en kg)	0.0208
CO2 por galón	10.18	total de combustiones ruta exprés 1	0.2083
1 camión al día genera de CO2	564.75	total de combustiones ruta exprés 2	0.2917
Kilómetros recorridos (Kilómetros) al año	3,449,594	total de combustiones ruta exprés 4	0.2917
Km recorridos promedio al día por la flota	9450.94	total de combustiones ruta paradora 5	0.5625
km promedio recorridos al día por unidad	201.08	total de combustiones ruta exprés 1 por recorrido completo	0.4167
Emisiones totales por unidad al día	538.90	total de combustiones ruta exprés 2 por recorrido completo	0.5834
Emisiones totales por flota al día	25328.53	total de combustiones ruta exprés 4 por recorrido completo	0.5834
Ton. totales por flota al día	25.3285	total de combustiones ruta paradora(T5) por recorrido completo	1.1250
Ton. anuales de una unidad	196.70	promedio de emisiones de ruta Tuzobús	0.6771
Ton. Anuales de CO2eq	9244.83	emisiones por combustión al día de una unidad	6.77
		emisiones por combustión al día de la flota	318.24
		emisiones por combustión anual de la flota	116157.12
		toneladas por arranque anuales de CO2eq	116.16

Fuente: Elaboración propia.

El SITMAH, además de comprender unidades de transporte lineales y con infraestructura peatonal, cuenta con rutas denominadas “alimentadoras” capaces de interconectarse con las estaciones troncales. Dichas unidades alimentadoras se encuentran identificadas bajo dos modalidades de fuentes móviles para transporte público siendo los camiones urbanos Bóxer modelo 2015 y las unidades colectivas Sprinter modelo 2015 con capacidades de entre los 50 y 19 usuarios respectivamente.

Tomando en consideración las emisiones obtenidas de los sistemas troncales y la metodología Sniffer 4D v2, un litro de combustible diésel genera en promedio 2.689 kg de CO2 por lo que, al desagregar las unidades de transporte alimentadoras del Tuzobús y teniendo en cuenta el total de kilómetros anuales recorridos de las unidades Urvan y los camiones urbanos (siendo está la cifra de 3,626,483 km anuales del 2022), se estima que una sola unidad alimentadora de uso diésel genera 32.732 kg recorriendo aproximadamente 110.39km al día. Por lo que, de manera anual, tomando en consideración un total de 90 unidades alimentadoras se generan 1,075.25 Toneladas de CO2eq.

Ilustración 7. Urvan Sprinter2015 como unidades alimentadoras del SITMAH Tuzobús.



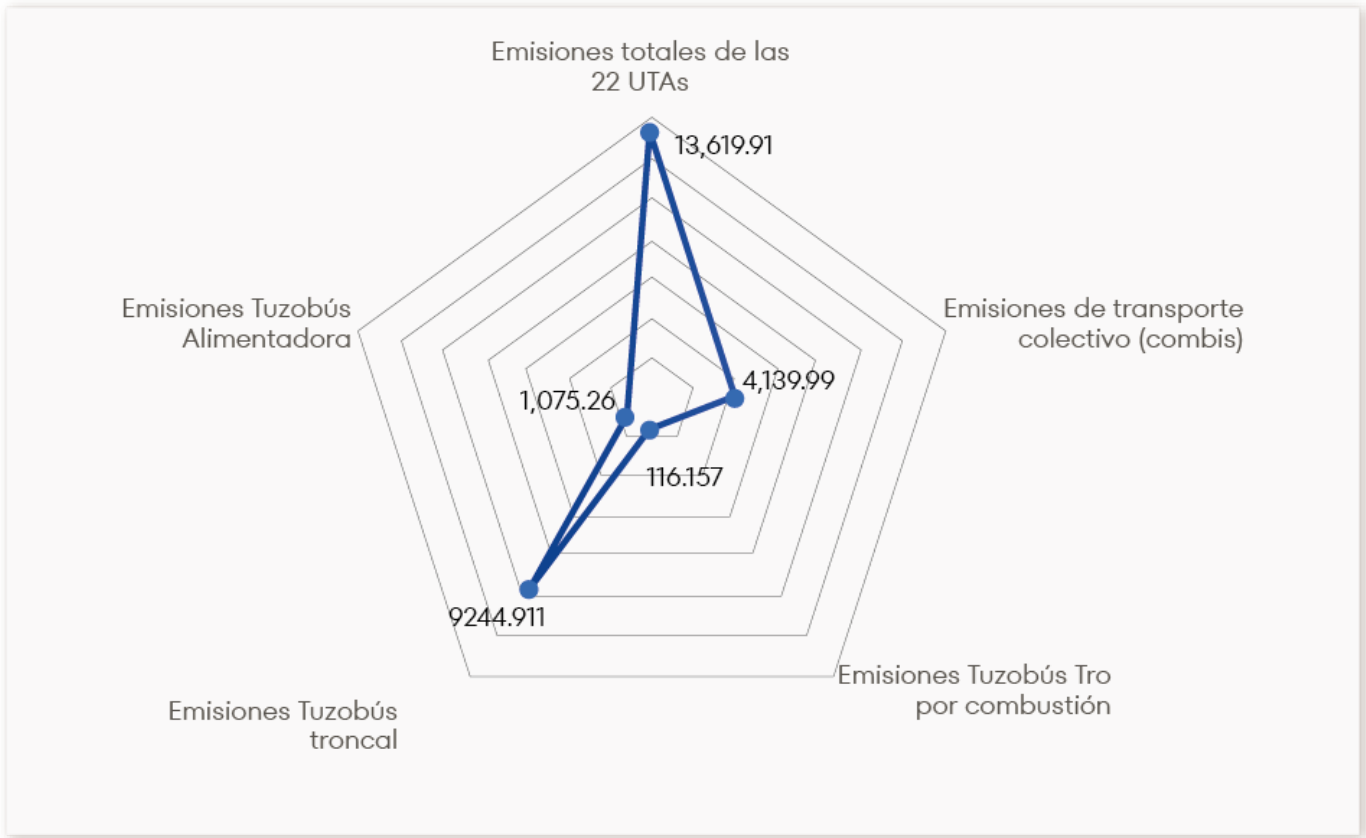
Fuente: Acervo Fotográfico del Laboratorio de Análisis Territorial, Ambiente y Ciencia de Datos

Las emisiones de dióxido de carbono de un camión pueden variar dependiendo de si está cargado con pasajeros o no. La cantidad exacta de emisiones dependerá de varios factores, como el tipo de combustible utilizado, la eficiencia del motor y las condiciones de conducción. En general, cuando un camión está cargado con pasajeros, su peso total es mayor, lo que puede resultar en un mayor consumo de combustible y, por lo tanto, en mayores emisiones de CO₂. Sin embargo, la diferencia en las emisiones puede no ser significativa en comparación con el consumo de combustible total del vehículo. Aunque el peso adicional de los pasajeros puede aumentar ligeramente las emisiones de CO₂ de un camión, la eficiencia del combustible y la tecnología utilizada son factores clave para determinar el nivel de emisiones.

Registro municipal de emisiones CyGEI de los sistemas de transporte.

Dentro del territorio comprendido cómo Pachuca de Soto y tomando en consideración los diferentes servicios y medios de transporte en la capital estatal, dentro de la clasificación diseñada por el INECC, en el Inventario Municipal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (IMEGyCEI), refiriendo a la sección 1A Energía y la subcategorización 1A3 Transporte; se encuentran contabilizadas 102,066 unidades generadoras de CyGEI donde, de acuerdo con la metodología Sniffer 4D v2, cinco unidades fueron diseñadas por la impetuosa necesidad de identificar las fuentes de los servicios de transporte terrestre móviles que son albergados y que se transitan en los diferentes puntos del municipio. Por ello, se asignan valores representativos a dichas categorías añadidas siendo Aforo vehicular por crucero (1A3f), Transportes privados (1A3g), transporte público (1A3h), Tuzobús -Troncal (1A3h1) y Tuzobús- Alimentadora (1A3h2).

Gráfico 6. Emisiones totales de CO2 de los medios de transporte, Metodología Sniffer 4D v2.



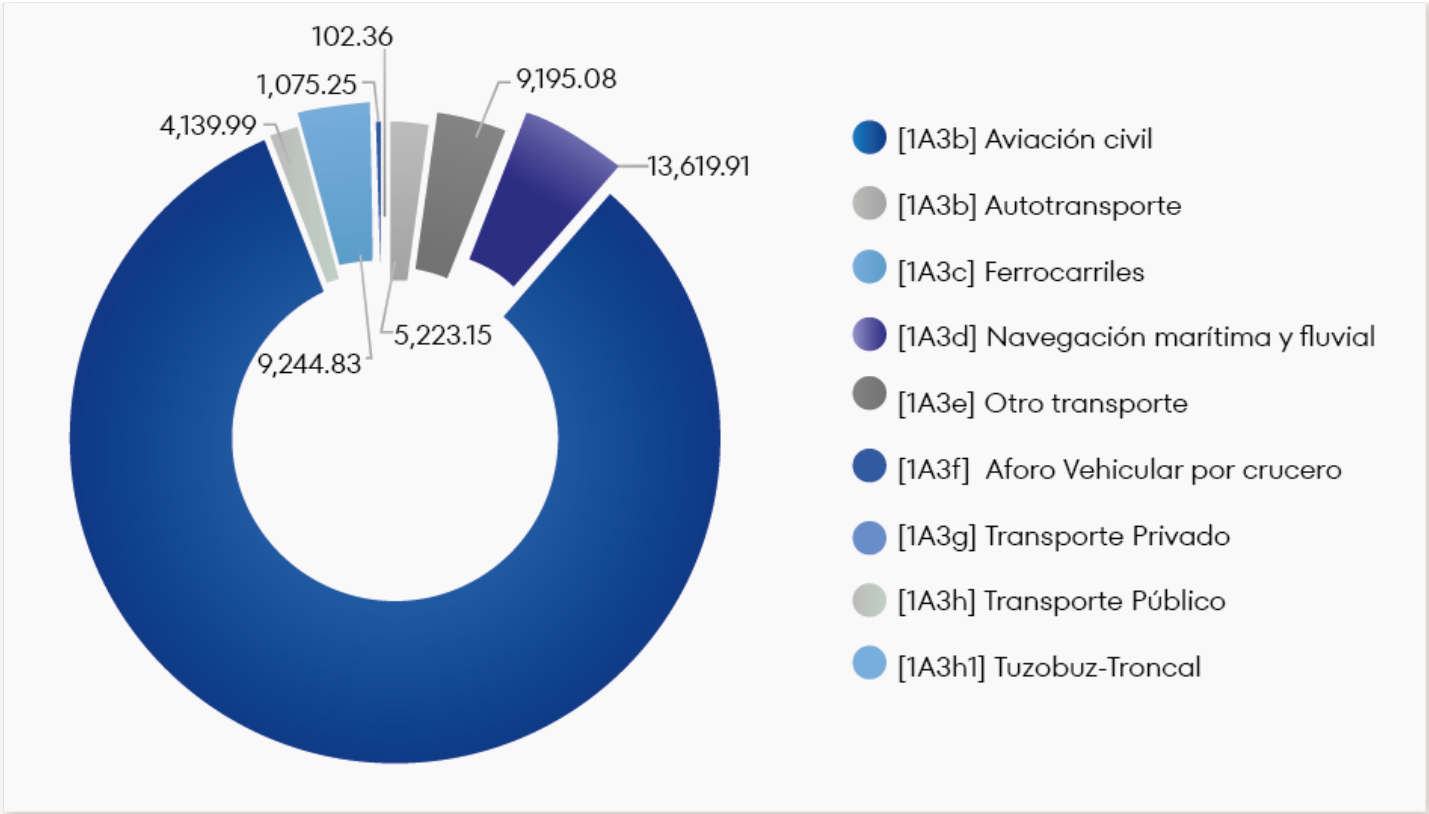
Fuente: Elaboración propia.

La concentración de emisiones en el municipio capital refiere a una alta acumulación de fuentes móviles siendo así la mayor fuente emisora en el territorio. Sin embargo, refiriendo a las unidades de transporte del SITMAH, dichas emisiones son generadas principalmente en Pachuca de Soto tomando en cuenta que es un sistema de transporte metropolitano donde, se prevé que al menos en las colindancias con los municipios de Zempoala y Mineral de la reforma, se tiene repercusiones por la incorporación al transporte Tuzobús.

A diferencia de ello y tomando en consideración la totalidad de las unidades económicas de la demarcación municipal, no se cuentan con unidades de las áreas [1A3c] Ferrocarriles y [1A3d] Navegación marítima y fluvial por lo que la aviación civil (1A3a) se vuelve el menor emisor de CyGEI en el municipio derivado de la mínima participación en los procesos económicos. Siguiendo la misma tendencia, se define que las mayores emisiones de contaminantes proceden de las fuentes móviles en circulación derivado de los vehículos registrados en el municipio y las vías de interconexión que vuelven a Pachuca una ciudad de paso, una ciudad dormitorio y, derivado del perfil, una ciudad de actividades destinada a los servicios administrativos y de educación.

Se calcula que, durante el último año Pachuca de soto generó en su totalidad 245,604.78 Toneladas de CO₂eq (de emisiones directas de CO₂) representando el 29.49% de las emisiones totales energéticas (sin contabilizar las emisiones de vialidades, calles, avenidas, caminos revestidos y demás haciendo alusión a los 2,881,446.41 Toneladas de CO₂eq por la concentración de emisiones de diferentes fuentes generadoras).

Gráfico 7. Emisiones totales de CO₂eq del criterio 1A3 transporte



Fuente: Elaboración propia.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

Las medidas de mitigación y adaptación son estrategias y acciones diseñadas para abordar el cambio climático y sus impactos. Aunque están relacionadas, tienen enfoques ligeramente diferentes donde la mitigación se centra en reducir las emisiones de GEI para disminuir la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, las medidas de adaptación se basan en ajustarse y prepararse para los impactos inevitables del cambio climático por lo ya ocurrido al no implementar estrategias de mitigación.

A) Acciones de Mitigación

Conservación de la biodiversidad:

La conservación de la biodiversidad puede mitigar el cambio climático causado por los vehículos de motor al capturar carbono, proteger los sumideros de carbono, reducir las emisiones por deforestación, promover la movilidad sostenible y respaldar la investigación y el desarrollo de tecnologías verdes. Estas acciones combinadas contribuyen a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y preservar los ecosistemas necesarios para enfrentar el cambio climático.

Capturación de CyGEI:

Al aumentar la cantidad de árboles en un área determinada, se incrementa la capacidad de captura de carbono. Los bosques, los parques urbanos, los jardines y otras áreas arboladas pueden contribuir significativamente a esta captura de carbono. Es importante mantener y expandir la cobertura forestal para maximizar los beneficios en términos de mitigación del cambio climático. Los corredores verdes pueden actuar como barreras naturales contra el ruido, reducir la temperatura urbana y proporcionar espacios verdes para la recreación y el bienestar de las personas además de la eficiencia en la mejora de la calidad del aire.

Servicios comerciales motorizados:

La regulación de los servicios comerciales motorizados puede desempeñar un papel importante en la mitigación del cambio climático al promover prácticas más sostenibles y reducir las emisiones de GEI. Promover la integración del transporte multimodal en los servicios comerciales implica combinar diferentes modos de transporte, como el uso de vehículos eléctricos, híbridos y/o medios de transporte que no utilicen energías fósiles beneficiando así la salud.

Paraderos y señalética:

Estos equipamientos e infraestructuras de los servicios de movilidad pueden proporcionar información sobre opciones de transporte sostenibles, como rutas de ciclovías, rutas de senderismo o sistemas de compartición de bicicletas. Esto ayuda a concientizar a las personas sobre alternativas más ecológicas y puede motivar cambios en los hábitos de transporte además de incidir en el fomento de la movilidad activa ya que promover estas formas de transporte sin emisiones, se reduce la huella de carbono asociada al desplazamiento y se mejora la calidad del aire asociado a la implementación de medidas de eficiencia energética y la formación de un diseño urbano sostenible.

Rehabilitación y reestructuración de nodos de interconexión urbana:

La rehabilitación de nodos de interconexión puede formar parte de un enfoque más amplio de diseño urbano sostenible, con una planificación y diseño de ciudades y comunidades que fomenten la movilidad sostenible, con una infraestructura adecuada, espacios peatonales amigables, acceso a transporte público eficiente y conectividad entre diferentes modos de transporte. Al crear entornos urbanos sostenibles, se promueve un transporte más limpio y, respecto a las vialidades primarias, incluir medidas de eficiencia energética con energías limpias donde destaque la instalación de paneles solares para generar energía renovable que alimente la iluminación y otros dispositivos en el lugar. Al aplicar esta última medida se reduce la dependencia de fuentes de energía convencionales y se disminuyen las emisiones de CyGEI asociadas a la generación de electricidad.

Regulación del parque vehicular y sus emisiones:

La implementación y el diseño de estándares con mayor ajuste jurídico-administrativo de emisiones imponen límites a las emisiones de CO₂ y otros contaminantes, y pueden requerir la adopción de tecnologías más limpias, como motores más eficientes, sistemas de escape avanzados o vehículos eléctricos. De la misma manera, la aplicación de incentivos fiscales (caso específico de las unidades de transporte privado no colectivos) establece el fomento para el uso híbrido y generación de estrategias específicas para la implementación de incentivos donde las unidades de transporte serán las encargadas de, a partir de la rehabilitación y mantenimiento de espacios públicos, fomentar el uso del cuidado medioambiental y la disminución de la generación de contaminantes para volverse unidades sustentables y/o sostenibles con la repercusión en los incentivos fiscales. Por su parte, la implementación de sistemas de peaje o tarifas de congestión se enfocan a desincentivar el uso de vehículos privados en áreas congestionadas y promover el uso de transporte público o vehículos compartidos. Estas tarifas pueden variar según las emisiones del vehículo, lo que fomenta la adopción de vehículos más limpios y el uso de transportes públicos o compartidos. Ambos criterios son una medida para abordar los problemas de tráfico y mejorar la calidad del aire, mientras que de manera específica los peajes son una forma común de financiamiento de infraestructuras de transporte para el financiamiento de proyectos y programas.

Transporte con energías limpias: La adopción masiva de sistemas de transporte público eléctrico requiere inversiones en infraestructura de carga, actualización de flotas y planificación efectiva. Sin embargo, a medida que avanza la tecnología y se reducen los costos de los vehículos y la infraestructura, es una opción cada vez más viable y necesaria para enfrentar los desafíos del cambio climático y lograr un transporte más sostenible. Para el caso particular de Pachuca de Soto, al reemplazar los autobuses de combustible diésel del sistema Tuzobús, se logra una reducción significativa de las emisiones de carbono brindando así menores concentraciones directamente de los escapes y los procesos de combustión interna.

Los sistemas de transporte público eléctrico no emiten contaminantes atmosféricos locales por lo que se pretende la incidencia en la mejora de la calidad del aire en las áreas urbanas y las reducciones de los riesgos asociados con enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Al utilizar transporte público eléctrico, se aprovecha de manera más eficiente la energía utilizada, lo que reduce la demanda de combustibles fósiles y el consumo global de energía. Respecto a criterios de infraestructura y equipamiento, las unidades troncales del sistema

Tuzobús se transformarían, bajo una modalidad sostenible en la que las unidades serían comprendidas como energéticamente viables, la implementación de paneles solares y fuentes energéticas eólicas obteniendo así energías capaces de solventar las necesidades de las estaciones además de ampliar la capacidad de ofertar a usuarios estabilidad, seguridad y confiabilidad por medio de conectores, video vigilancia, alumbrados ahorradores y demás equipamientos con la función energética limpia repercutiendo en la movilidad eficiente y eficaz.

Para el desarrollo de dichas estrategias en materia de energías limpias, la educación del cuidado del medio ambiente y el uso eficiente de la energía, parte de la promoción al adoptar sistemas de transporte público eléctrico por medio de incentivos para el desarrollo y la expansión de la infraestructura de carga eléctrica. Esto a su vez fomenta la transición hacia fuentes de energía renovable, como la solar, eólica o hidroeléctrica (según sea el caso y las características físicas-ambientales de las demarcaciones municipales), para alimentar los vehículos eléctricos y los elementos que componen los sistemas troncales del SITMAH Tuzobús (Pachuca de Soto). Como estrategia específica para la reducción de las emisiones, el sistema eléctrico repercutirá de manera directa a la reducción del tráfico y la congestión vehicular por medio de la promoción del uso de los medios de transporte público y compartido. Así mismo, se asocia a la suficiencia vial y la no ampliación de vialidades permitiendo así la integración de corredores verdes con la función de ser capturadores de carbono para aquellos medios de transporte no eléctrico.

Ciclovías:

para el desarrollo de dicha estrategia, se plantea, de acuerdo con lo establecido en las concentraciones de CyGEI que, los vehículos no motorizados, como caminar y andar en bicicleta, son estrategias efectivas de mitigación de CO₂ en el sector del transporte. Partiendo de este punto y definiendo que las emisiones no motorizadas son consideradas fuentes de emisiones cero, se define una reducción de la dependencia de los combustibles fósiles (gasolina y diésel) así como la extracción, producción y el consumo. Además de ello, los vehículos no motorizados brindan la oportunidad de usar de manera correcta el espacio dando oportunidad a la reducción de la necesidad de ampliar las infraestructuras viales, evitando así deforestaciones, destrucción de espacio y áreas naturales para vialidades adicionales. Lo anterior se ve previsto para promover una cultura de movilidad sostenible y concientizar sobre los beneficios tanto ambientales como personales de estos modos de transporte.

Al seleccionar el acceso a vehículos no motorizados, como el caso particular de la bicicleta, se parte para el desarrollo de ciclovías donde se establece que debe existir una separación del tráfico de vehículos motorizados además de una señalización específica (señalética direccional y peatonal), longitudes definidas, pavimentadas y con el respectivo mantenimiento para que no existan obstáculos; accesibilidad e interconectividad con vialidades primarias, así como con vialidades ciclistas. Todo ello con la finalidad de volver al municipio de Pachuca de Soto como una ciudad de 15 minutos por medio de la movilidad integral y sostenible enfocada a proporcionar un entorno seguro y atractivo para los ciclistas promoviendo una mayor seguridad vial y una disminución contundente de los CyGEI.

Alumbrado público con energías limpias:

Además de las estrategias direccionadas al tránsito de las fuentes móviles de manera directa, el alumbrado público al ser parte fundamental del equipamiento vial, debe de contener características específicas donde destaque la iluminación y criterios de uniformidad en la distribución, eficiencia energética y direccionada, calidad de color, mantenimiento y un diseño estético. Si bien dichos criterios se basan a una imagen urbana y dotación de un servicio, bajo la visión de mitigación, los servicios de alumbrado deben estar direccionado a la reducción de CyGEI y sobre todo el uso eficiente de los recursos naturales y las fuentes generadoras como el caso de paneles solares que permitan volverse instrumentos sostenibles y garanticen la mejor funcionalidad de ellos.

Además, la promoción de energías renovables, la sensibilización y el liderazgo establecen una forma visible de demostrar el compromiso de una comunidad o una ciudad con la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático. La implementación del alumbrado público con energías limpias implica la instalación de sistemas de generación de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas, y la integración de tecnologías de iluminación eficientes, como las luces LED.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de aforo vehicular por marca

AFORO VEHÍCULAR	
Fecha (D/M/A):	Estación de aforo:
Aforador:	Hoja de
Horario de inicio:	Hora final:
MARCA DEL VEHÍCULO	VALOR
 TOYOTA	
 HYUNDAI	
 CHEVROLET	
 Audi	
 	
 NISSAN	
 KIA	
 	
 Ford	
 	
 GMC	
 Jeep	
 MAZDA	
 SUZUKI	
 General Motors	
 SEAT	
 RENAULT	
 MITSUBISHI MOTORS	
Otras Marcas	

Anexo 2. Formato de aforo vehicular por marca

Fecha(D/M/A): _____ Estación de Aforo: _____

Aforador: _____ Hoja _____ de _____

Coordinador: _____ Hora de inicio: _____ Hora final: _____

[illegible]

Anexo 3. Formato de levantamiento de Información de UTA

Unidad Territorial de Análisis (UTA):

Fecha: Hora de comienzo de la medición: Hora de término de la medición:

Nombre del archivo:

Nombre de la persona encargada de la medición:

Total de personas participantes en la medición:

Municipio	
Colonia	
Número de trabajadores	
Total de horas trabajadas al día	
Tipos de fuente de generación de energía	
OBSERVACIONES GENERALES	

Anexo 4. Formato de contabilización de aforo por semaforización.
Ciclo de semaforización.

Ubicación del semáforo	
Vialidad	
Hora	
Tiempo de duración de la luz roja	
Tiempo de duración de la luz verde	
Concentración de vehículos detenidos en la luz roja	
Observaciones	

Ubicación del semáforo	
Vialidad	
Hora	
Tiempo de duración de la luz roja	
Tiempo de duración de la luz verde	
Concentración de vehículos detenidos en la luz roja	
Observaciones	

Ubicación del semáforo	
Vialidad	
Hora	
Tiempo de duración de la luz roja	
Tiempo de duración de la luz verde	
Concentración de vehículos detenidos en la luz roja	
Observaciones	

Ubicación del semáforo	
Vialidad	
Hora	
Tiempo de duración de la luz roja	
Tiempo de duración de la luz verde	
Concentración de vehículos detenidos en la luz roja	
Observaciones	

Anexo 5. Delimitación de Unidades Territoriales de Análisis (glorietas y cruceros) de fuentes móviles particulares.

Unidades Territoriales de Análisis, Pachuca de Soto (UTA-PCH-FMOV)								
NOM-CLV	Latitud	Longitud	Nombre del lugar	Ton. Em. Anuales	V. prom. en circulación por hora	Vehículos foraneos	Tipo de Vehículo	Marca
UTA-PCH-FMOV1	20.100413	-98.763365	Glorieta 24 hrs	COVs	1528	N/A	VEHÍCULOS PARTICULARES	TOYOTA HYUNDAI CHEVROLET AUDI VOLKSWAGEN NISSAN KIA MERCEDES BENZ FORD HONDA GMC JEEP MAZDA SUZUKI SEAT RENAULT MITSUBISHI OTRAS MARCAS
UTA-PCH-FMOV2	20.096912	-98.759627	Soriana del Valle	60.621				
UTA-PCH-FMOV3	20.112559	-98.776142	Aurrera Bonfil	SO2				
UTA-PCH-FMOV4	20.106527	-98.753791	Crucero Estadio	0.002				
UTA-PCH-FMOV5	20.106106	-98.750743	Crucero Cuesco	CO				
UTA-PCH-FMOV6	20.116525	-98.746242	Glorieta Insurgentes(Prepa 1 SEMADESU)	1.950				
UTA-PCH-FMOV7	20.122080	-98.735862	Plaza Juárez	03+NO2				
UTA-PCH-FMOV8	20.057836	-98.785786	Villas Pachuca	636.328				
UTA-PCH-FMOV9	20.088204	-98.745752	El trébol	PM1.0				
UTA-PCH-FMOV10	20.089778	-98.74957	San Javier CAASIM	0.016				
UTA-PCH-FMOV11	20.040088	-98.795611	Plaza Explanada	PM2.5				
UTA-PCH-FMOV12	20.061272	-98.774759	La bombonera	0.020				
UTA-PCH-FMOV13	20.097062	-98.773388	Crucero de BARES (Zona Plateada)	PM10				
UTA-PCH-FMOV14	20.095912	-98.768306	Ban Gurión (Zona Plateada)	0.022				
UTA-PCH-FMOV15	20.127411	-98.731852	Plaza Independencia	CO2				
UTA-PCH-FMOV16	20.105678	-98.748503	Río de las Avenidas (central de abastos)	18806.665				
UTA-PCH-FMOV17	20.12245	-98.78915	Monumento al Bombero (Colio-minero-Actopan/Pachuca)					
UTA-PCH-FMOV18	20.124675	-98.763834	Crucero Panteón-Prepa 3					
UTA-PCH-FMOV19	20.114537	-98.724908	Glorieta IMSS General					
UTA-PCH-FMOV20	20.124912	-98.811662	Inflalandia					
UTA-PCH-FMOV21	20.122269	-98.732859	Jardín del Arte					
UTA-PCH-FMOV22	20.113927	-98.733824	CFE Cubitos					

Anexo 6. Evaluación de unidades de medición ambiental.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES LABORATORIO DE ANÁLISIS TERRITORIAL
Agenda de intervención para incidir en la mitigación y adaptación del Cambio Climático para mejorar la calidad del aire y la salud en tres Zonas Metropolitanas del estado de Hidalgo.

INVENTARIO DE CYGEI DEL MUNICIPIO EVALUACIÓN DE UNIDADES DE MEDICIÓN AMBIENTAL

Núm. 03	Fecha: 14/03/2023	Ciudad: Pachuca
Municipio: Pachuca	Tipo de UTA: Fuente móviles (transporte privado)	Lugar de levantamiento: Soriana del Valle. Blvd Nuevo Hidalgo- Colosio
SNIFER: 3	Archivo: Cuatro esquinas Soriana del Valle-Moraleja, Crucero Soriana del Valle 1, Crucero Soriana del Valle 2, Crucero Soriana del Valle 3, Entronque Blvd Colosio Central camionera, McDonalds Coppel del Valle, Ruta cruceros SV, Semáforo McDonalds, 4 semáforos Blvd Colosio-Nuevo Hidalgo, Moraleja-Santa Elena, Retorno a McDonalds. (Todos los formatos establecidos en S4d).	Responsable: Francisco Alejandro Arteaga Ventura
Breve descripción de la Unidad de análisis	Análisis de fuentes móviles por conteos vehiculares en específico tipo de unidad móvil (autos particulares, transporte público y camiones de carga) y marca en crucero vehicular con mayor afluencia en Pachuca de Soto. Conteos puntuales de 1 minuto. Se incluye temporalidad de cambio de los semáforos donde se muestran variabilidades dependiendo la afluencia por día (mañana, tarde y noche). La información se levantó en el mes de marzo mediante la estación de medición Sniffer 4D-V2.	
Modelo de medición de emisiones	Metodología-IMT Metodología Sniffer 4D-V2	
Normatividad-regulación	NOM-041-SEMARNAT-2015 Gasolinas NOM-042-SEMARNAT-2005 Gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel NOM-044-SEMARNAT-2016 Diésel	
Institución regulatoria	SEMARNAT SEMARNATH	
Tipo de emisiones	CO2 CH4 N2O (NOx)	Emisiones por vehículo: Sniffer 4D-V2
Estandarización de emisiones	1Kg= CO2 CH4 N2O (NOx)	Emisiones por vehículo: Sniffer 4D-V2
Total de t-anales	Fórmula: $T = \text{Emisiones} * \text{Tiempo en horas} * \text{semana} (\text{tiempo trabajado}) * 4 * 12$ $T = E * THrs * Sem * 4 * 12$	COVs 60.621 SO2 0.002 CO 1.950 O3+NO2 636.328 PM1.0 0.016 PM2.5 0.020 PM10 0.022 CO ₂ 18806.665
Total de Carbono Equivalente-Anual	Fórmula de Carbono equivalente	CO ₂ eq= (Total de emisiones de CO ₂ en toneladas* potencial de calentamiento global de la atmósfera)
Referencias académicas.	Artículos con referencias y estudios	

Anexo 7. Evidencias.









CO₂ Concentration Distribution

Mission Time: 2023/02/08 11:30:01 to 2023/03/17 11:16:17

Sniffer4D DeviceID: c77179d6 5373fa5f d894abe3 Modul ID: 100

Method: Electrochemical

Number of Samples: 21420

Average Size of the Grid: 46.9562 Meter X 46.9562 Meter (2204.889 Square Meter)

The total detected area: 3421988.250 (Square Meter)

Central Coordinates of the Area: -49.9249 W, 20.0949 N

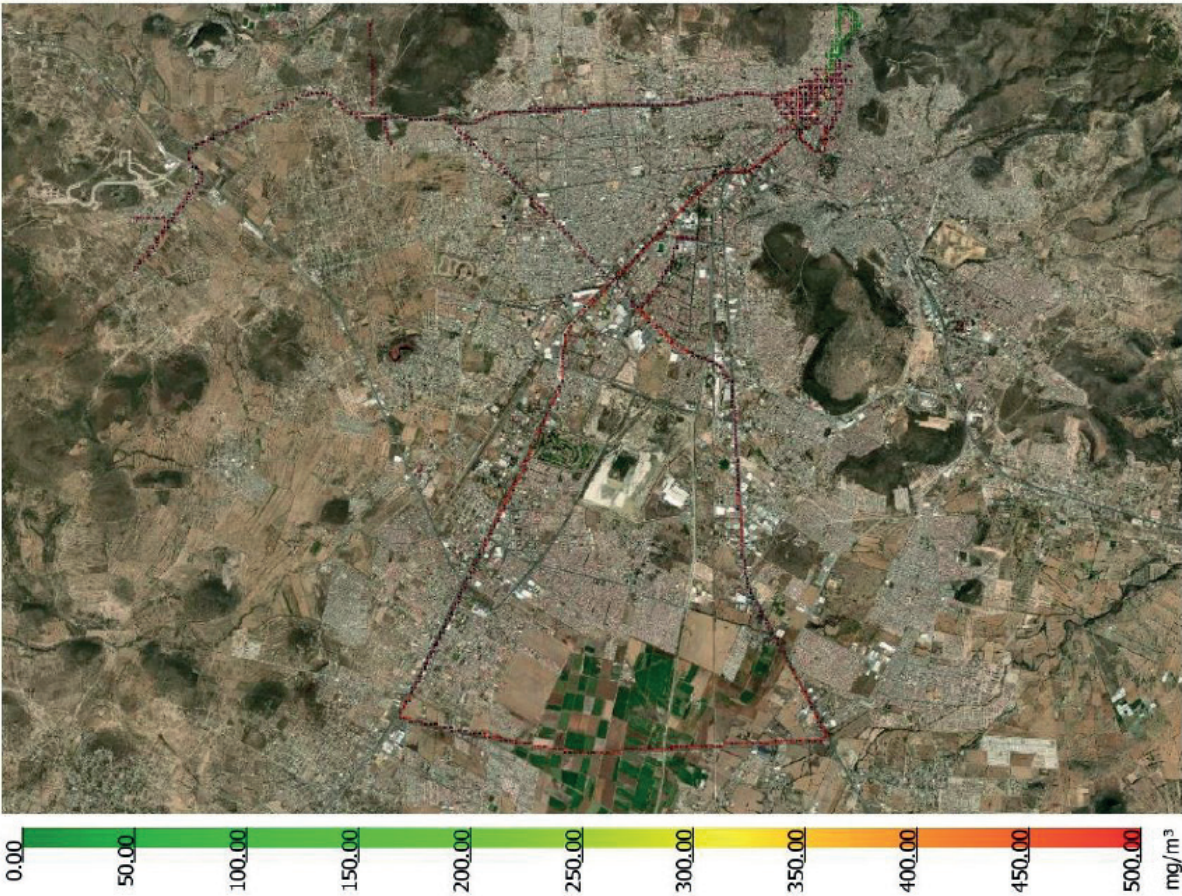
CO₂ Average Concentration: 693.013 mg/m³

CO₂ Maximum Grid Concentration: 1565.456 mg/m³ (-98.7298 W, 20.1280 N)

CO₂ Minimum Grid Concentration: 0.000 mg/m³ (-98.7608 W, 20.0968 N)

CO₂ Maximum Point Concentration: 2744.670 mg/m³ (-98.7969 W, 20.1218 N) 2023/02/10 12:57:34

CO₂ Minimum Point Concentration: 0.000 mg/m³ (-98.8337 W, 20.1091 N) 2023/02/08 11:30:01



CO₂ Concentration Distribution

Mission Time: 2023/02/08 11:30:01 to 2023/03/17 11:16:17

Sniffer4D DeviceID: c77179d6 5373fa5f d894abe3 Modul ID: 100

Method: Electrochemical

Number of Samples: 21420

Average Size of the Grid: 46.9562 Meter X 46.9562 Meter (2204.889 Square Meter)

The total detected area: 3421988.250 (Square Meter)

Central Coordinates of the Area: -99.249 W, 20.0949 N

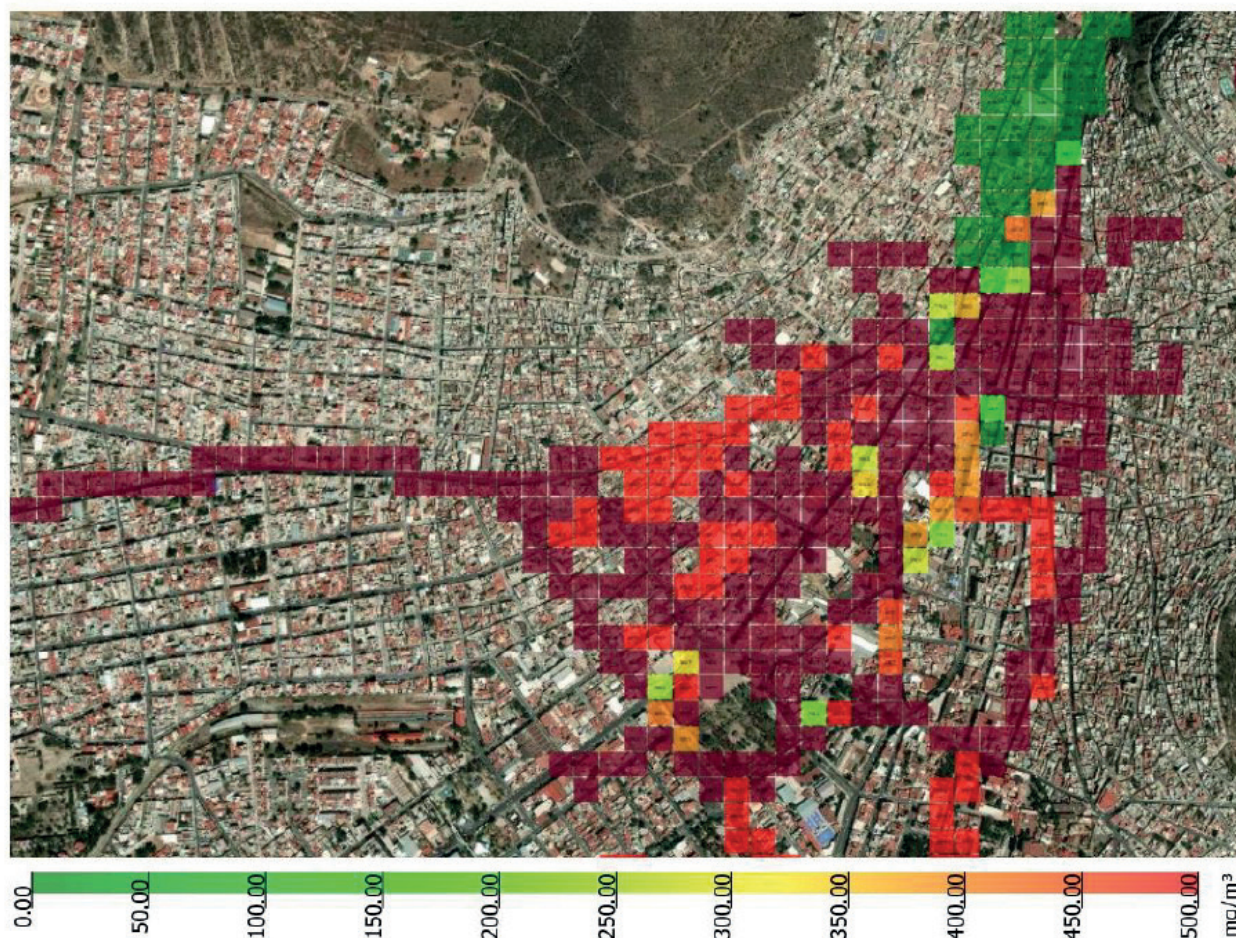
CO₂ Average Concentration: 693.013 mg/m³

CO₂ Maximum Grid Concentration: 1565.456 mg/m³ (-98.7298 W, 20.1280 N)

CO₂ Minimum Grid Concentration: 0.000 mg/m³ (-98.7608 W, 20.0968 N)

CO₂ Maximum Point Concentration: 2744.670 mg/m³ (-98.7969 W, 20.1218 N) 2023/02/10 12:57:34

CO₂ Minimum Point Concentration: 0.000 mg/m³ (-98.8337 W, 20.1091 N) 2023/02/08 11:30:01



BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2023). ecovehiculos. Obtenido de Portal de Indicadores de Eficiencia Energética y Emisiones Vehiculares:
<https://ecovehiculos.inecc.gob.mx/>

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2016). Recomendaciones básicas - Automovilista eficiente. Obtenido de Causas que afectan el rendimiento de combustible de un automóvil.: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/causas-que-afectan-elrendimiento-de-combustible-de-un-automovil?state=published>

INECC, SEMARNAT. (2018). Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático de México . Obtenido de <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/infografia/>

INEGI. (2020). Obtenido de Cuéntame INEGI:
<https://cuentame.inegi.org.mx/economia/terciario/transporte/maritimo.aspx?tema=E>
INEGI. (2023). Vehículos de Motor Registrados en Circulación. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#Tabulados>

Instituto Mexicano del Transporte. (2009). Secretaria de Comunicaciones y Transporte. Obtenido de Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana :
<https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnicapt322.pdf>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018). SEMARNAT. Obtenido de Elementos para inventario de fuentes móviles:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/427685/INFORME_FINAL_MOVESIE2016f.pdf

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2023). Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire. Obtenido de <https://sinaica.inecc.gob.mx/>
Registro Nacional de Emisiones. (2020). Informe de Resultados del Registro Nacional de Emisiones 2015 – 2018. Ciudad de México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales . (2019). Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio. Obtenido de [https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-contaminantes-criterioinem#:~:text=El%20Inventario%20Nacional%20de%20Emisiones,SOx\)%20y%20part%C3%ADculas%20con%20di%C3%A1metro](https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-contaminantes-criterioinem#:~:text=El%20Inventario%20Nacional%20de%20Emisiones,SOx)%20y%20part%C3%ADculas%20con%20di%C3%A1metro)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2023). Registro Nacional de Emisiones. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-deemisiones->



**REGISTRO MUNICIPAL DE FUENTES MÓVILES,
SISTEMAS DE TRANSPORTE Y VIALIDADES
PACHUCA DE SOTO, ESTADO DE HIDALGO 2023**

GACETA MUNICIPAL

Para su consulta en:

Vía Web
www.pachuca.gob.mx

En las oficinas de:

**Secretaría General Municipal
Oficialía Mayor del H. Ayuntamiento**

Ubicadas en
Plaza Gral. Pedro María Anaya No. 1, C.P. 42000
Col. Centro, Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo.

Contacto
oficialia.mayor@pachuca.gob.mx
Tel. 71 71 500 ext. 1160