

# Emisiones en exceso provenientes de vehículos en ralentí en Comalcalco, Tabasco

## Excess emissions from idling vehicles in Comalcalco, Tabasco

Fernando Pérez-Márquez<sup>1</sup>, Rudy Solís-Silván<sup>2</sup>,  
Milni de los Ángeles Hernández-Nolasco<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 26 de setiembre, 2024

Fecha de aprobación: 6 de enero, 2025

Pérez-Márquez, F; Solís-Silván, R; Hernández-Nolasco, M.A.  
Emisiones en exceso provenientes de vehículos en ralentí en  
Comalcalco, Tabasco. *Tecnología en Marcha*. Vol. 38, N° 3.  
Julio-Setiembre, 2025. Pág. 77-87.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v38i3.7532>

1 Tecnológico Nacional de México/ITS de Comalcalco, Departamento de Ingeniería Ambiental. Tabasco, México.

✉ [fernando.perez@comalcalco.tecnm.mx](mailto:fernando.perez@comalcalco.tecnm.mx)

ID <https://orcid.org/0000-0002-6673-1311>

2 Tecnológico Nacional de México/ITS de Comalcalco, Departamento de Ingeniería Ambiental. Tabasco, México.

✉ [rudy.solis@comalcalco.tecnm.mx](mailto:rudy.solis@comalcalco.tecnm.mx)

ID <https://orcid.org/0000-0001-6373-0893>

3 Egresada del Tecnológico Nacional de México/ITS de Comalcalco, Departamento de Ingeniería Ambiental. Tabasco, México.

✉ [angeleshernandeznolasco64@gmail.com](mailto:angeleshernandeznolasco64@gmail.com)

ID <https://orcid.org/0009-0003-1069-7745>

## Palabras clave

Contaminación ambiental; gases de efecto invernadero; vehículos de peso liviano; dióxido de carbono; metano; dióxido de nitrógeno.

## Resumen

Los vehículos automotores se han convertido en instrumentos de gran importancia para el desarrollo de actividades humanas. El objetivo fue estimar gases de efecto invernadero producidos en exceso por vehículos ligeros en condiciones de ralentí en el Municipio de Comalcalco, Tabasco. Del 30 de agosto al 6 de diciembre de 2023, se recolectaron 471 datos de vehículos en condiciones de ralentí iguales o mayores a un minuto en el municipio mencionado anteriormente. Se determinó que existe un tiempo en ralentí en exceso de 1,058.4 min, lo que produce un mínimo de 25.9 kg de CO<sub>2</sub>, 9.3 g de CH<sub>4</sub> y 3 g de N<sub>2</sub>O. En términos de emisión de CO<sub>2</sub>, se podrían emitir como mínimo 1,114.8 kg CO<sub>2</sub>e diariamente por el funcionamiento en ralentí de los 20,277 vehículos de motor registrados en el Municipio hasta diciembre de 2016. Anualmente, esto equivale a una generación de 406.982 toneladas de CO<sub>2</sub>e por el consumo de 166,249.87 litros de combustible.

## Keywords

Environmental pollution; greenhouse gases; light weight vehicles; carbon dioxide; methane; nitrogen dioxide.

## Abstract

Motor vehicles have become instruments of great importance for the development of human activities. The objective was to estimate greenhouse gases produced in excess by light vehicles in idling conditions in the Municipality of Comalcalco, Tabasco. From August 30 to December 6, 2023, 471 data were collected from vehicles in idling conditions equal to or greater than one minute in the municipality mentioned above. It was determined that there is an idle time in excess of 1058.4 min, which produces a minimum of 25.9 kg of CO<sub>2</sub>, 9.3 g of CH<sub>4</sub> and 3 g of N<sub>2</sub>O. In terms of CO<sub>2</sub> emission, at least 1,114.8 kg CO<sub>2</sub>e could be emitted daily from the idling operation of the 20,277 motor vehicles registered in the Municipality until December 2016. Annually, this is equivalent to a generation of 406,982 tons of CO<sub>2</sub>e due to the consumption of 166,249.87 liters of fuel.

## Introducción

Uno de los problemas que aqueja a la sociedad hoy en día es el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI) que producen a su vez el denominado efecto invernadero. Sánchez [1] indica que el efecto invernadero es el “Fenómeno por el cual determinados gases, denominados de efecto invernadero (GEI), que son componentes de una atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que la tierra emite por haber sido calentada por la radiación solar”; asimismo, menciona que “los modelos climáticos prevén que la temperatura media global aumentará entre 2°C y 5°C para el año 2100”. Por lo tanto, los GEI son en gran parte responsables de que se den las condiciones idóneas para la vida, pero su incremento a causa de las actividades antropogénicas, provocan el actual incremento de las temperaturas, lo que se conoce como “El cambio climático”.

Los principales gases de efecto invernadero son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y ozono (O<sub>3</sub>) [2].

En la actualidad, el uso de vehículos automotores se ha convertido en una necesidad para el desarrollo de las diferentes actividades humanas, tanto domésticas como productivas. Dentro de los tipos de vehículos que se emplean, destaca el uso del vehículo ligero que, de acuerdo con la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 [3], se refiere al “Vehículo de pasajeros o camioneta ligera que no excede los 3 857 kilogramos de peso bruto vehicular”. Este tipo de vehículo (al igual que muchos otros) requiere de combustibles fósiles para moverse. La quema de éstos genera contaminantes que pueden provocar diferentes efectos hacia el entorno y repercutir en la salud humana, lo que ha sido tema de preocupación a nivel internacional. Una de las medidas de atención, por lo tanto, es la minimización en el consumo de dichos combustibles.

Martínez et al. [4] calcularon, a partir del uso de factores de emisión por tipo de combustible proporcionados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la línea base de los GEI y su proyección a futuro para el sector Transporte del Estado de Veracruz, México, correspondiente al 2010-2026, concluyendo que las emisiones asciendan de 10.34 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e (2010) a 15.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e en 2026 (incremento aproximadamente el 48%).

Milla et al. [5] determinaron los factores de emisión de gases contaminantes de un vehículo a gasolina al efectuar una prueba en ruta en la ciudad de Quito (Ecuador) ubicada a 2,810 metros sobre el nivel del mar. Concluyeron que las emisiones contaminantes de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno disminuyen significativamente al aplicar una conducción eficiente.

Hernández et al. [6] presentaron una metodología para la cuantificación de emisiones de algunos contaminantes producidos por el parque vehicular en circulación de la zona metropolitana de San Luis Potosí (México). Lograron actualizar, a través del uso de factores de emisión, el inventario de algunos contaminantes criterio y precursores emitidos por automóviles, motocicletas, taxis y camiones de pasajeros.

En México, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [7] indica que hay causas importantes que propician un pobre rendimiento de combustible, las cuales son: hábitos de conducción (calentar el motor del automóvil por más de un minuto, acelerar rápidamente desde un alto, viajar a altas velocidades, tránsito denso, usar inmoderadamente el aire acondicionado y cargar cosas innutiles en la cajuela) y condiciones mecánicas de los automóviles (filtro de aire sucio, mantenimiento deficiente y presión incorrecta de las llantas). Al respecto, un automóvil consume 100 mL por cada 10 minutos (min) de funcionamiento en vacío, lo cual se encuentra asociado al funcionamiento en ralentí, mismo que es definido por la NOM-045-SEMARNAT-2017 [8] como “las Revoluciones Por Minuto (RPM) mínimas gobernadas del motor, que proveen la potencia necesaria para vencer la fuerza de inercia de los componentes mecánicos del motor”. Asimismo, dicha norma indica que Revoluciones Por Minuto (RPM) es la “Unidad de medida de la velocidad de rotación en los motores de combustión interna”. Es así como un vehículo automotor, cuando está encendido, sin acelerar, se encuentra en ralentí.

El presente estudio tiene como finalidad estimar gases de efecto invernadero producidos en exceso por vehículos ligeros en condiciones de ralentí en el Municipio de Comalcalco, Tabasco. El estudio no está basado en una estimación directa de las emisiones, sino en la observación del tiempo que tardan los vehículos ligeros en condición de ralentí y el uso de factores de emisión.

La información aquí presentada es de utilidad para autoridades estatales y municipales, organizaciones públicas y privadas, investigadores y sociedad en general interesada en la conducción eficiente y preocupada por el medio ambiente.

## Metodología

### Muestra y muestreo

El muestreo realizado fue de tipo probabilístico, ya que se seleccionaron los vehículos al azar y fueron estadísticamente representativos [9], con un tamaño de muestra de 471.

La muestra para la determinación del tiempo en ralentí estuvo conformada por vehículos ligeros ubicados en distintos estacionamientos dentro del Municipio de Comalcalco, Tabasco. La medición del tiempo en ralentí se realizó en segundos (s), con ayuda de un cronómetro.

### Recolección de datos

La recolección de datos se realizó en un total de 46 días, comprendidos dentro del periodo del 30 agosto al 6 de diciembre de 2023, mediante el método de observación, el cual permite codificar numéricamente los datos y analizarlos como texto [9]. El instrumento de recolección de datos empleado es un cuadro el cual corresponde a un esquema con casilleros integrados por renglones y columnas, se lleva al campo y se toman los datos necesarios [10]. En este caso, el cuadro incluyó los siguientes apartados: número de identificación, fecha, hora, ubicación, particularidades del vehículo, tiempo en ralentí.

Para cada evento observado, se consideró lo siguiente: 1) la recolección de datos fue de primera mano, por lo que se identificó un solo vehículo a la vez, en su arranque y salida, o en su llegada y apagado del motor, cuantificando en cada ocasión en tiempo en ralentí, con ayuda del cronómetro; 2) discreción, el conductor del vehículo no era consciente de que se estaba cuantificando el tiempo en ralentí de su vehículo; 3) se descartaron los datos en los que, por distintos motivos, no pudo identificarse y registrarse todos los datos del evento observado. Cabe mencionar que, previo a la recolección de datos, en primera instancia se capacitó al personal correspondiente. Asimismo, se realizó una prueba piloto con 22 vehículos, para validar el procedimiento de recolección y el instrumento de recolección de datos.

### Procesamiento de los datos

Los datos se procesaron con ayuda del software Microsoft Excel ® con la finalidad de obtener los valores totales de tiempo en ralentí y calcular la cantidad de gases de efecto invernadero producidos por vehículos ligeros en condiciones de ralentí en el Municipio de Comalcalco, Tabasco. Para ello, primero se calculó el tiempo total en ralentí, posteriormente se determinó la cantidad de combustible consumido y finalmente se estimaron los gases de efecto invernadero a partir del empleo de factores de emisión.

### Tiempo en ralentí

Para la determinación del tiempo en ralentí se realizó la sumatoria de los tiempos en segundos (s), calculando así el tiempo total. Para efectos del uso posterior en las fórmulas, se hizo la conversión del tiempo a minutos aplicando las equivalencias correspondientes.

### Combustible consumido

Para el cálculo del combustible consumido por el uso en ralentí de los vehículos, se consideró que se utilizan 100 mL (0.1 L) de combustible por cada 10 min de funcionamiento en vacío [7]. Así fue posible determinar la cantidad de combustible en litros (L) a partir de la ecuación 1.

$$\text{Combustible consumido (L)} = (\text{Minutos en ralentí}) * (0.01 \text{ L})$$

Ecuación 1

### Gases de efecto invernadero

Para el cálculo de los gases de efecto invernadero producidos por el tiempo en ralentí de los vehículos, se tomó como referencia el *Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero* [11]; las fórmulas empleadas fueron tomadas de su artículo 5°, fracción II, el cual indica que “para determinar la emisión directa de Gases de efecto invernadero derivada del consumo y oxidación de combustibles en motores de combustión interna en fuentes móviles, se deberán aplicar las siguientes fórmulas”:

$$E_{CO_2} = \sum_{i=1}^n VC_i * PC_i * FE_{CO_2i}$$

Ecuación 2

$$E_{CH_4} = \sum_{i=1}^n VC_i * PC_i * FE_{CH_4i}$$

Ecuación 3

$$E_{N_2O} = \sum_{i=1}^n VC_i * PC_i * FE_{N_2O_i}$$

Ecuación 4

$$E_{CO_2e(CO_2)} = E_{CO_2}$$

Ecuación 5

$$E_{CO_2e(CH_4)} = E_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

Ecuación 6

$$E_{CO_2e(N_2O)} = E_{N_2O} * PCG_{N_2O}$$

Ecuación 7

Donde:

$E_{CO_2}$	Emisión de bióxido de carbono (t CO <sub>2</sub> )
$E_{CH_4}$	Emisión de metano (kg CH <sub>4</sub> )
$E_{N_2O}$	Emisión de óxido nitroso (kg N <sub>2</sub> O)
$VC_i$	Consumo del i-ésimo combustible (t o m <sup>3</sup> )
$PC_i$	Poder calorífico del i-ésimo combustible (MJ/m <sup>3</sup> o MJ/t)
$FE_{CO_2i}$	Factor de emisión de bióxido de carbono del i-ésimo combustible (t/MJ)
$FE_{CH_4i}$	Factor de emisión de metano del i-ésimo combustible (kg/MJ)
$FE_{N_2O_i}$	Factor de emisión de óxido nitroso del i-ésimo combustible (kg/MJ)
$i$	El i-ésimo combustible empleado en el año de reporte
$n$	El número de combustibles que se emplearon en el año de reporte
$E_{CO_2e(CO_2)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente (t CO <sub>2</sub> e)

$E_{CO_2e(CH_4)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente proveniente de las emisiones de metano (kg CO <sub>2</sub> e)
$E_{CO_2e(N_2O)}$	Emisión de bióxido de carbono equivalente proveniente de las emisiones de nitroso (kg CO <sub>2</sub> e)
$PCG_{CH_4}$	Potencial de calentamiento global del metano (kg CO <sub>2</sub> /kg CH <sub>4</sub> )
$PCG_{N_2O}$	Potencial de calentamiento global del óxido nitroso (kg CO <sub>2</sub> /kg N <sub>2</sub> O)

De acuerdo con datos de la misma fuente, los factores de emisión para la gasolina se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Factores de emisión para las gasolinas.

Descripción	Factores de emisión		
	CO <sub>2</sub> (t/MJ)	CH <sub>4</sub> (kg/MJ)	N <sub>2</sub> O (kg /MJ)
Gasolinas	0.000069300	0.000025000	0.000008000

Fuente: Artículo sexto, inciso a) del Acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero [12].

Con relación a los datos restantes a utilizar para el cálculo en las ecuaciones 2 a 7, se tomó en cuenta lo siguiente:

- La *Lista de combustibles y sus poderes caloríficos 2024 que se considerarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como los factores para determinar las equivalencias en términos de barriles equivalentes de petróleo* [13], indica que el poder calorífico (PC) para las gasolinas y naftas es de 5,613 MJ/bl, lo que equivale a 35,304.70584 MJ/m<sup>3</sup>.
- El *Acuerdo que establece los gases o compuestos de efecto invernadero que se agrupan para efectos de reporte de emisiones, así como sus potenciales de calentamiento* [12], en el artículo tercero, en sus fracciones VII y VIII, establece que los potenciales de calentamiento global (PCG) para el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) son de 28 y 265, respectivamente, mismos que deben ser considerados para el cálculo Emisiones equivalentes para aquellos GEI distintos al dióxido de carbono.

## Resultados

### Tiempo en ralentí

El tiempo en ralentí promedio para los 471 vehículos muestreados corresponde a 3.247 min, dando un tiempo total de 1529.4 min. A su vez, la moda fue de 3.48 minutos. El tiempo más bajo en ralentí fue de 1.066 min, mientras que el más alto fue de 15.466 min. En el cuadro 2 se muestra la frecuencia según la cantidad de minutos en ralentí (figura 1); se puede observar que el 91.3% de los casos está representado por tiempos en ralentí desde 1 hasta <5 min, mientras que tiempos iguales o superiores a 7 minutos no son mayoría (2.33%).

**Cuadro 2.** Tabla de frecuencias.

Clase	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
1 a <2 min	98	20.81%	20.81%
2 a <3 min	131	27.81%	48.62%
3 a <4 min	127	26.96%	75.58%
4 a <5 min	74	15.71%	91.30%
5 a <6 min	19	4.03%	95.33%
6 a <7 min	11	2.34%	97.66%
7 a <8 min	2	0.42%	98.09%
8 a <9 min	3	0.64%	98.73%
9 a <10 min	2	0.42%	99.15%
10 a <11 min	2	0.42%	99.58%
11 a <12 min	0	0.00%	99.58%
12 a <13 min	1	0.21%	99.79%
13 a <14 min	0	0.00%	99.79%
14 a <15 min	0	0.00%	99.79%
15 a 16 min	1	0.21%	100.00%
Total	471	100.00%	

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recopilados del estudio sobre emisiones en exceso provenientes de vehículos en ralentí en Comalcalco, Tabasco.

### Combustible consumido

El resultado obtenido de aplicar la ecuación 1, con el valor de tiempo (total) en ralentí de 1,529.4 min, es de 15.294 L. Si se tiene en cuenta que para el uso de cada vehículo se descuenta un minuto como margen de tiempo utilizado para calentamiento del mismo y/o para apagado [7], el tiempo en exceso es de 1,058.4 min, por lo que el combustible consumido para este caso es de 10.584 L.

### Gases de efecto invernadero

Los resultados de la aplicación de las ecuaciones 2 a 7 se resumen en las tablas 3 y 4. Como se puede observar en la tabla 3, considerando el tiempo total de funcionamiento en condiciones de ralentí de los 471 vehículos (1,529.4 min), la cantidad de emisiones de dióxido de carbono fueron de 0.0374 t CO<sub>2</sub>, lo cual equivale a 37.4 kg CO<sub>2</sub>, representando un promedio por vehículo de 79.405 g CO<sub>2</sub>. Por otra parte, en la tabla 4 se observa que se existe un tiempo en exceso de 1,058.4 min, produciendo así 0.0259 t CO<sub>2</sub>e (25.9 kg CO<sub>2</sub>e), equivalente a un promedio por vehículo de 54.978 g CO<sub>2</sub>e (2.247 min en ralentí). Por consiguiente, la sumatoria de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para el tiempo en exceso es de 25.9123 kg.

**Cuadro 3.** Resultados de la aplicación de ecuaciones 2 a 7 para tiempo total.

Tipo de emisión de GEI	Tiempo total (1,529.4 min, VC= 0.01529 m <sup>3</sup> )
(t CO <sub>2</sub> )	0.0374
(kg CH <sub>4</sub> )	0.0135
(kg N <sub>2</sub> O)	0.0043
(t CO <sub>2</sub> )	0.0374
(kg CO <sub>2</sub> /kg CH <sub>4</sub> )	0.3780
(kg CO <sub>2</sub> /kg N <sub>2</sub> O)	0.1209

Nota: El tiempo total se refiere al tiempo recolectado para los 471 vehículos en condiciones de ralentí.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del estudio sobre emisiones en exceso provenientes de vehículos en ralentí en Comalcalco, Tabasco (2024).

**Cuadro 4.** Resultados de la aplicación de ecuaciones 2 a 7 para tiempo en exceso.

Tipo de emisión de GEI	Tiempo en exceso (1,058.4 min, VC= 0.01058 m <sup>3</sup> )
(t CO <sub>2</sub> )	0.0259
(kg CH <sub>4</sub> )	0.0093
(kg N <sub>2</sub> O)	0.0030
(t CO <sub>2</sub> )	0.0259
(kg CO <sub>2</sub> /kg CH <sub>4</sub> )	0.2616
(kg CO <sub>2</sub> /kg N <sub>2</sub> O)	0.0837

Nota: El tiempo en exceso considera el tiempo para los 471 vehículos después de un minuto de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del estudio sobre emisiones en exceso provenientes de vehículos en ralentí en Comalcalco, Tabasco (2024).

Por otro lado, los tiempos en ralentí para tiempos datos agrupados se muestran en la tabla 5.

**Cuadro 5.** Resultados de emisiones acumuladas en diferentes tiempos en exceso.

Condición de tiempo en ralentí	< 5 min	>= 5 min
Tiempo acumulado en exceso	817.8 min	240.6 min
Porcentaje que representa del total	77.27 %	22.73 %
(t CO <sub>2</sub> )	0.02	0.0059
(kg CH <sub>4</sub> )	0.0072	0.0021
(kg N <sub>2</sub> O)	0.0023	0.0007
(t CO <sub>2</sub> )	0.02	0.0059
(kg CO <sub>2</sub> /kg CH <sub>4</sub> )	0.2021	0.0595
(kg CO <sub>2</sub> /kg N <sub>2</sub> O)	0.0647	0.0190

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del estudio sobre emisiones en exceso provenientes de vehículos en ralentí en Comalcalco, Tabasco (2024).

## Discusión

El tiempo en ralentí para los 471 vehículos evaluados representa un volumen de combustible diario de 10.58 L (0.01058 m<sup>3</sup>) lo que equivale a 25.9 kg CO<sub>2</sub>e; en caso de recurrencia periódica bajo esta condición, dichos valores representan un consumo anual de 3,861.7 L de combustible con emisiones de 9,451.7 kg CO<sub>2</sub>e, 95.47 kg ECO<sub>2</sub>e(CH<sub>4</sub>) y 30.55 ECO<sub>2</sub>e(N<sub>2</sub>O). Por otra parte, el 91.3% de los casos presenta tiempos en ralentí desde 1 hasta <5 min, lo que sugiere que la mayoría de los conductores no mantiene su vehículo en tiempos en ralentí de forma prolongada, representando así el 77.27% de las emisiones; el resto de los casos (8.7%) oscilan en tiempos desde 5 hasta 16 minutos; sin embargo, lo anterior no significa que la cantidad de emisiones a la atmósfera sea mínima, pues representa el 22.73% de las emisiones.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [14], al 31 de diciembre de 2016, de los 40,311 vehículos de motor registrados en circulación en el Municipio de Comalcalco, 20,277 (50.3% del total) correspondían a automóviles (oficial, público y particular). Si se toma como referencia este valor y bajo el supuesto de que cada vehículo entra en circulación a diario generando 54.978 g CO<sub>2</sub>e, se obtiene una generación de consumo en exceso por 1,114.8 kg CO<sub>2</sub>e, es decir, más de una tonelada de CO<sub>2</sub>e por día y 406.903 t CO<sub>2</sub>e al año, esto por el consumo de 166,312.7 L de combustible.

De forma comparativa, el valor obtenido (406.903 t CO<sub>2</sub>e al año o 406.903 t CO<sub>2</sub> al año) es superior a lo que calcularon Hernández et al. [15], quienes determinaron las emisiones adicionales de dióxido de carbono (319.67 t CO<sub>2</sub> al año) por automóviles en estado ralentí, debido a las obras que se realizaban en el CETRAM (Centro de Transferencia Modal) Indios Verdes y que obstruían la vialidad, sólo en el periodo de enero a junio de 2023.

Hernández et al. [16], menciona que los factores de emisión (FE) juegan un papel crucial en la estimación precisa de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estos valores representan la cantidad de gases liberados a la atmósfera por una actividad específica, permitiendo calcular las tasas de emisión con exactitud.

En el caso de los vehículos en ralentí, la aplicación de FE nos ha permitido determinar que cada vehículo contribuye con 54.978 g CO<sub>2</sub>e por día, resultando en un total de 406.903 toneladas de CO<sub>2</sub>e anuales para el municipio de Comalcalco. Esta metodología destaca la relevancia de utilizar FE precisos para cuantificar las emisiones y facilitar la formulación de políticas efectivas.

En 2016, la generación mundial de gases de efecto invernadero (GEI) se estimó en 1600 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e), con una proyección de aumento a 2600 millones de toneladas para el año 2050 [17]. Estas cifras globales representan un desafío significativo a nivel mundial. En el contexto municipal, las emisiones de CO<sub>2</sub>e provenientes de los vehículos en ralentí representan una carga considerable sobre el medio ambiente, contribuyendo de manera tangible al deterioro de la calidad del aire.

## Conclusiones

La cantidad de gases de efecto invernadero producidos en exceso por los 471 vehículos ligeros analizados en condiciones de ralentí en el Municipio de Comalcalco, Tabasco, corresponde a 25.9 kg de CO<sub>2</sub>, 9.3 g de CH<sub>4</sub> y 3 g de N<sub>2</sub>O. En términos únicamente de emisión de CO<sub>2</sub>, se podrían emitir como mínimo 1,114.8 kg CO<sub>2</sub>e diariamente por el funcionamiento en ralentí de los 20,277 vehículos de motor registrados hasta diciembre de 2016, lo que anualmente equivale a una generación de 406.982 t CO<sub>2</sub>e al año por el consumo de 166,249.87 L de combustible.

La mayoría de los vehículos analizados (91.3%) tienen un tiempo en ralentí de 1 a <5 minutos, lo que indica que la mayoría de los automovilistas no mantienen tiempos en ralentí prolongados. Sin embargo, el 8.7% restante (5 a 16 minutos) genera el 22.73% de las emisiones.

Es importante la realización de más estudios enfocados al impacto que se producen por las emisiones por tiempo en ralentí en los vehículos en general, buscando así promover la concientización a la población sobre la importancia de minimizar dichos tiempos.

## Referencias

- [1] F. Sánchez, "Emisión de gases de efecto invernadero," p. 7-11, 2020.
- [2] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, "Gases y compuestos de efecto invernadero," 18 de mayo de 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>. [Accedido: 1 de febrero de 2024].
- [3] \*NORMA Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013\*, "Emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3 857 kilogramos."
- [4] M. Martínez, L. Campos, y J. Castillo, "Cálculo de la línea base de las emisiones de gases de efecto invernadero y proyecciones a futuro para el sector transporte en el estado de Veracruz, México," \*Tecnología en Marcha\*, pp. 118-133, 2019. DOI: <https://doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4123>.
- [5] J. Milla, E. Cedeño, y J. Hoyos, "Impacto del Ecodriving sobre las emisiones y consumo de combustible en una ruta de Quito," \*Enfoque UTE\*, pp. 68-83, 2020. DOI: <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n1.500>.
- [6] C. Hernández, A. Ávila, y D. Cerda, "Impacto de la movilidad urbana en la calidad del aire de la zona metropolitana de San Luis Potosí, México," \*Ciencias Ambientales\*, pp. 143-169, 2023a. DOI: <http://doi.org/10.15359/rca.57-1.8>.
- [7] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, "Causas que afectan el rendimiento de combustible de un automóvil," 30 de septiembre de 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/causas-que-afectan-el-rendimiento-de-combustible-de-un-automovil>. [Accedido: 1 de febrero de 2024].
- [8] \*NORMA Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2017\*, "Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. - Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición."
- [9] R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista, \*Metodología de la investigación\*, 5<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill, 2010, pp. 580-582.
- [10] G. Baena, \*Metodología de la investigación\*, 3<sup>a</sup> ed. Grupo Editorial Patria, 2017, p. 73.
- [11] Diario Oficial de la Federación, "ACUERDO que establece los gases o compuestos de efecto invernadero que se agrupan para efectos de reporte de emisiones," 14 de agosto de 2015a. [En línea]. Disponible: [https://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/dof\\_acuerdo\\_de\\_agrupacion.pdf](https://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/dof_acuerdo_de_agrupacion.pdf). [Accedido: 15 de marzo de 2024].
- [12] Diario Oficial de la Federación, "ACUERDO que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero," 3 de septiembre de 2015b. [En línea]. Disponible: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5406149&fecha=03/09/2015#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5406149&fecha=03/09/2015#gsc.tab=0). [Accedido: 5 de febrero de 2024].
- [13] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, "Lista de combustibles y sus poderes caloríficos 2024," 2024. [En línea]. Disponible: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/894023/Lista\\_de\\_combustibles\\_2024.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/894023/Lista_de_combustibles_2024.pdf). [Accedido: 20 de marzo de 2024].
- [14] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017," 2017. [En línea]. Disponible: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/anuarios\\_2017/702825095123.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095123.pdf), p. 370.
- [15] S. Hernández, L. Castillejos, N. Millán, R. Palacios, y A. Pérez, "De indios verdes a indios grises; estimación de emisiones adicionales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) debido al tránsito ocasionado por la obstrucción de la vialidad en CETRAM Indios Verdes, en el norte de CDMX," \*LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades\*, Asunción, Paraguay, pp. 818-858, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i3.1116>.

- [16] G. Hernández-Gerónimo, J. R. Laines-Canepa, I. Ávila-Lázaro, R. Solís-Silvan, y J. A. Sosa-Olivier, "Cálculos estequiométricos de factores de emisión para estimar emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero en un centro de acopio de residuos sólidos," \*Revista internacional de contaminación ambiental\*, vol. 38, 2022.
- [17] D. Hoornweg y P. Bhada-Tata, "What a waste: A global review of solid waste management," \*Urban development series; knowledge papers no. 15\*, World Bank, Washington, DC, 2012. [En línea]. Disponible: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/173>.

### **Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)**

Los autores aquí firmantes declaramos que no se utilizó ninguna herramienta de IA para la conceptualización, traducción o redacción de este artículo.