Informe Técnico

Proyecto
F.61619.

"Especificaciones técnicas del estudio "Diseño y ejecución de pruebas de emisiones contaminantes de fuentes móviles empleando monitores portátiles de emisiones y un laboratorio de emisiones vehiculares que cuenten con túnel de emisión con muestreo a volumen constante (CVS)"

Solicitantes:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental

Ejecutantes:

Dirección de Servicios de Ingeniería

Gerencia de Servicios en Ingeniería Región Centro – Norte

Gerencia de Ingeniería Conceptual y Básica

30 de noviembre de 2015

Formato: 04AI-03-06-FG-07 Ver.4 MAP 03

Contenido

1.	Resumen Ejecutivo
2	Antecedentes
3.	Alcance
4.	Objetivos
5.	Alcance Desarrollo y/o resultados
6.	Conclusiones
6.	Recomendaciones.
7.	Anexos

Listado de Acrónimos, abreviaciones y unidades

°C	Grados centígrados.

Formato: 04AI-03-06-FG-07 Ver.4 MAP 03

ALO	Álvaro Obregón
AZC	Azcapotzalco
BEJ	Benito Juárez
CAM	Comisión Ambiental Metropolitana
CARB	California Air Resources Board
C.C.	Convertidor Catalítico
CFR	Código Federal de Regulación
CH4	Metano
Cía.	Compañía
CMIR	Carter Maximun Incremental Reactivity
CO	Monóxido de Carbono
CO_2	Dióxido de Carbono
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
COY	Coyoacán
CUA	Cuajimalpa de Morelos
CUH	Cuauhtémoc
CVS	Sistema de Muestreo de Emisiones a Volumen
DAYNAMEX o MMQ	Comercializador de C.C. Mónica Mejía Quiroz
D.F.	Distrito Federal
DGGCA	Dirección General de la Gestión de la Calidad del Aire
DGPCCAT	Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.
DNPH	Dinitrofenilhidrazina
DPTSyFM	Dirección de Programas de Transporte Sustentable y Fuentes Móviles
DREV	Dirección de Registro de Emisiones Vehiculares
DSI	Dirección de Servicios de Ingeniería
EAA	Espectrometría por Absorción Atómica
EIASA	Comercializador de C.C. Equipo Industrial Automotriz S.A. de C.V.
Environmetal Catalyst Technology	Fabricante de sustratos para convertidores catalíticos en E.U.A.
FID	Detector de ionización de flama
FTP-74	Procedimiento federal de prueba
g/km	Gramos por kilometro
GAM	Gustavo A. Madero
GCI	Gerencia de Servíos en Ingeniería Región Centro-Norte
GDF	Gobierno del Distrito Federal
GRC	Comercializador de C.C. Ride Control Mexicana S. de R. L. de C. V.
HC	Hidrocarburos
HCNM	Hidrocarburos no metanicos
HG	Comercializador de C.C. HG Performance

HPLC	Cromatografía Líquida de alta Precisión
ID	Identificación
IE	Inventarios de Emisiones
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INE	Instituto Nacional de Ecología
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
INEM	Inventario Nacional de Emisiones de México
ISO 9001	Norma de gestión de la calidad
IZP	Iztapalapa
Jonhson Mattey	Fabricante de sustratos para convertidores catalíticos en México.
km/h	Kilómetros por hora
km/l	Kilómetros por litro
LA-4	Ciclo de prueba denominada " Los ángeles " Cuatro
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
mg/km	miligramos por kilometro
MIH	Miguel Hidalgo
MIR	Máximo Incremental de Reactividad
MMM	Comercializador de C.C. Miguel Martínez
mph	Millas por hora
MZ o MZ Prosil	Comercializador de C.C. MZ Prosil SA de CV
ng/ml	Nano-gramos por mililitro
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
NOx	Óxidos de nitrógeno
OBD	On Board Diagnostics
Pd	Elemento Paladio
PEASA	Comercializador de C.C. PEASA Autopartes S.A. de C.V.
PEMS	Equipo para medición de Emisiones Portátil
PIREC	Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes
PROAIRE	Programa para Mejorar la Calidad del Aire
PROFEPA	Procuraduría General de Protección al Medio Ambiente
PSCC	Programa de Sustitución de Convertidores Catalíticos.
Pt	Elemento platino
PVV	Programa de Verificación Vehicular
PVVO	Programa de Verificación Vehicular Obligatorio
RAMA	Red manual de monitoreo atmosférico
RCN	Región Centro-Norte
Rh	Elemento rodio
rpm	Revoluciones por minuto
SECOFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial

SEDEMA	Secretaría de Medio Ambiente
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SINEA	Subsistema del Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de México
SMA	Secretaría de Medio Ambiente
TECHEMET	Empresa dedicada al retiro de residuos peligrosos
THC	Hidrocarburos totales
TLA	Tlalpan
TLH	Tláhuac
ton/año	Toneladas por año
VEC	Venustiano Carranza
XOC	Xochimilco
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
µg/ml	micro-gramos por mililitro
GPS	Sistema de Geoposicionamiento GLOBAL
g	Gramos
CVS	Muestreo a Volumen Constante.
PBV	Peso Bruto Vehicular
°K	Grados Kelvin
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
ICCT	Consejo Internacional de Transporte Limpio (International Council on Clean Transport, ICCT por sus siglas en inglés).
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
CARB	Agencia de Protección Ambiental de California
EURO	Especificación Europea.
FTP-75	Ciclo de Manejo para certificación de la EPA
HWFET	Ciclo de Manejo para consumo de combustible de la EPA.
NECD	Nuevo Ciclo de Manejo para especificación Europea
OBD-II	Sistema de Diagnóstico a Bordo versión dos
GNC	Gas Natural Comprimido
GLP	Gas Licuado del Petróleo

Listado de Cuadros:

Cuadro 1.- Características de las rutas propuestas.

Cuadro 2.- Descripción de la matriz de pruebas en vehículo (EPA y EURO).

Listado de Diagramas

Listado de Figuras

Figura 1.- Ruta de recorrido Tulancingo Tlalminolpa

Figura 2.- Ruta de recorrido Tulancingo Tlalminolpa con perfil de elevación

Figura 3.- Ruta de recorrido Tlalminolpa_ Tuxpan

Figura 4.- Ruta de recorrido Tlalminolpa_ Tuxpan con perfil de elevación

Figura 5.- Ruta de recorrido Tuxpan_Nautla.

Figura 6.- Ruta de recorrido Tuxpan_Nautla con perfil de elevación

Figura 7.- Ruta Casitas a Libramiento de Tulancingo.

Figura 8.- Ruta Casitas a Libramiento de Tulancingo con perfil de elevación.

Figura 9.- Ruta Entra Cd. de Pachuca Zona Centro_ Salida a México.

Figura 10.- Ruta Entra Cd. de Pachuca Zona Centro_ Salida a México con perfil de elevación

Figura 11.- Ruta IMP_Zona Centro de la CDM (Meced- Línea 4 del Metro)_IMP.

Figura 12.- Ruta IMP_Zona Centro de la CDM (Meced- Línea 4 del Metro)_IMP con perfil de elevación.

Figura 13.- Ruta Entrada Cd. de Pachuca- Real del Monte el Cedral

Figura 14.- Ruta Entrada Cd. de Pachuca- Real del Monte el Cedral con perfil de elevación

Figura 15.- Ruta de recorrido de México- Pachuca

Figura 16.- Ruta de recorrido de México-Pachuca con perfil de elevación.

Figura 17.- Descripción de los componentes del equipo PEMS

Figura 18.- Descripción de los parámetros de medición del equipo PEMS

Figura 19.- Descripción de la medición de las emisiones del equipo PEMS.

Figura 20.- Descripción de recorrido y mediciones con equipo PEMS

Figura 21.- Ciclo de Manejo FTP-75.

Figura 22.- Ciclo extra urbano o HWFET.

Figura 23.- Ciclos de manejo adicionales US06 y SC03

Figura 24.- Muestreo y análisis de emisiones en vehículos con motor a gasolina.

Figura 25.- Ciclo de prueba combinado NECD

Formato: 04AI-03-06-FG-07 Ver.4 MAP 03

Listado de Gráficos

Gráfico 1.- Efecto de la altitude de Tulancingo-Tuxpan.

Gráfico 2.- Efecto de la altitude a Tuxpan-Nautla.

Gráfico 3.- Efecto de la altitude de Casitas, Veracruz-Tulancingo, Hgo.

Gráfico 4.- Efecto de la altitud de Ciudad de Pachuca

Gráfico 5.- Efecto de la altitud de Ciudad de México, Zona Centro.

Gráfico 6.- Efecto de la altitud de Pachuca, Real del Monte y Cedral.

Listado de Fotografías

Fotografía 1.- Detalle del acoplamiento del equipo PEMS al CVS.

Fotografía 2 - Descripción de Instalación de equipo en vehículo de prueba

Fotografía 3.- Montaje experimental y extracción de muestra de escape durante la prueba del dinamómetro de chasis en Vehículo en IMP en la Ciudad de México, instalación del vehículo de prueba.

Fotografía 4 - Vista general del equipo CVS, PEMS y equipos periféricos.

Fotografía 5.- Vista lateral del equipo CVS, PEMS y equipos periféricos.

Fotografía 6.- Vista frontal a la pantalla para manejador del equipo CVS.

Listado de Tablas

• 1.- RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se desarrolló con base en el contrato de servicio No. DGRMIS-DAC-SPPA-No.001/2015 que se suscribe entre la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), para ser provista a la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, a cargo del Dr. Rodolfo Lacy Tamayo, el cual en su carácter de Subsecretario de Planeación y Política Ambiental, designa al Ing. Eduardo Olivares Lechuga coordinador de asesores como administrador del presente estudio

En el marco de este contrato y conforme a la necesidad de supervisar y dar seguimiento al estudio denominado **"Especificaciones técnicas del estudio "Diseño y ejecución de pruebas de emisiones contaminantes de fuentes móviles empleando monitores portátiles de emisiones y un laboratorio de emisiones vehiculares que cuente con el túnel de emisión con muestreo a volumen constante (CVS)",** se plantean seis tareas con las siguientes acciones a desarrollarlas:

Tarea 1.- Diseñar y aplicar pruebas de emisiones en fuentes móviles para unidades de peso bruto vehicular menor a 3,857 kilógramos en circuitos diseñados en zonas urbanas y carreteras, utilizando equipos de medición con analizadores portátiles para emisiones de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos totales no metano, monóxido de carbono y bióxido de carbono.

Tarea 2.- Realizar pruebas de comparación de resultados de equipos de medición con analizadores portátiles para emisiones, con respecto a equipos en laboratorio para fuentes móviles.

Tarea 3.- Aplicar pruebas en dinamómetro en vehículos a gasolina para óxidos de nitrógeno, hidrocarburos totales no metano, monóxido de carbono y bióxido de carbono.

Tarea 4.- Aplicar pruebas de dinamómetro en vehículos a diesel y muestreo de emisiones con equipo analizador portátil (PEMS) para óxidos de nitrógeno, hidrocarburos totales no metano, monóxido de carbono y bióxido de carbono.

Tarea 5.- En el caso de vehículos diésel, seleccionar 3 vehículos representativos, para realizar pruebas equivalentes a las de certificación (EPA o EURO) en un laboratorio a nivel del mar, con una tolerancia en la altitud de 400 metros.

Tarea 6.- Compilar durante el desarrollo de la prueba, información relativa a la aceleración/desaceleración, velocidad del vehículo, humedad relativa, temperatura ambiente, presión ambiental, posición mediante un sistema de posicionamiento satelital, y los parámetros necesarios de la computadora del vehículo.

Tarea 7.- Realizar un reporte (considerando el laboratorio del IMP, equipo PEMS y pruebas en un laboratorio a nivel del mar) equivalente al preparado por el ICCT.

La tarea 1. Se desarrolló considerando diversas rutas de recorrido (Zonas urbanas y carretera), para esta actividad se instrumentó un vehículo ligero de 3,857 kg y se seleccionaron rutas de recorrido en zonas urbanas y en carretera, incluyendo rutas a nivel del mar.

- Se realizó recorrido en Carretera de la Ciudad de México a la Ciudad de Pachuca, Hgo., cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.

- Se realizó recorrido de la Ciudad de México a Tulancingo, Hidalgo y de Tulancingo Hidalgo a Tuxpan Veracruz, cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.

Formato: 04AI-03-06-FG-07 Ver.4 MAP 03

- Se realizó recorrido de la Ciudad de Tuxpan a la población de Nautla, Veracruz, cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.

- Se realizó recorrido de la población de Casitas a la Ciudad de Tulancingo, Hgo., cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.

- Se realizó recorrido de la Ciudad de Tulancingo a la Ciudad de Pachuca, Hgo., cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.

- Se realizó recorrido en la Ciudad de Pachuca, Hgo. de la Entrada a la Ciudad_Zona Centro_Salida a México, cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.

- Se realizó recorrido en la Ciudad de Pachuca a la Población del Real del Monrte, Hgo., cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.
- Se realizó recorrido de la Ciudad de Pachuca a la Ciudad de Tulancingo, Hgo., cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.
- Se realizó recorrido de la Ciudad de Tulancingo, Hgo. a la Ciudad de México, cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.

- Se realizó recorrido en la Ciudad de México del IMP-Zona Centro (Merced y a un costado de la línea 4 del metro Martin Carrera Santa_Anita y Eje 2 Norte hasta el IMP), cuantificándose la altitud por GPS (mio, garmin y software denominado altitude para teléfono inteligente), se monitoreo la presión barométrica, humedad, temperatura y otros parámetros para cuantificar altitud mediante formula.

La tarea 2. Se desarrolló con el objetivo de comparación de resultados de equipos de medición con analizadores portátiles para emisiones, con respecto a equipos en laboratorio para fuentes móviles.

▪ 2.0.- Antecedentes

2.1. Información técnica.

2.1.1. Antecedentes

En México el marco regulatorio para las fuentes móviles o vehículos automotores de uso ligero se basa en las siguientes normas oficiales mexicanas:

a. La Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible,

b. La Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos,

c. La Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores,

d. La Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT- 2014, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos,

e. La Norma Oficial Mexicana NOM-076-SEMARNAT-2012, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta,

Estas normas son la base que las políticas públicas en materia de control de emisiones de fuentes móviles para vehículos ligeros, ello en atención a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la cual señala las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar

Lo anterior debido a que la calidad del aire en diversas ciudades de México, se ha deteriorado significativamente en las últimas décadas, debido a factores climatológicos, geográficos, procesos de urbanización, crecimiento poblacional, así como, a las actividades económicas desarrolladas por la población en general, ocasionado un incremento en la flota vehicular y un aumento en las de emisiones a la atmósfera provenientes de vehículos automotores.

Los principales contaminantes generados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (HC), así mismo el sector transporte es el responsable de poco más del 20% de las emisiones de GEI que se emiten en el país, siendo uno de los mayores generadores de bióxido de carbono derivado del consumo de combustibles fósiles.

Por cuestiones de repetitividad, trazabilidad y certidumbre, las normas antes mencionadas consideran la determinación de emisiones en un ciclo de manejo estandarizado, el cual puede ser el Ciclo FTP 75 (Federal Test Procedure), que es un ciclo de prueba consistente en tres fases, en donde se simula en un dinamómetro

de chasís la operación de la unidad bajo condiciones de manejo urbano (las fases son la de arranque en frío, la transitoria y la última, de arranque en caliente) o New European Driving Cycle (NEDC), el cual es un ciclo de prueba que consiste de cuatro fases denominadas ECE 15 y una fase denominada EUDC ciclo de manejo extra urbano, el cual consiste respectivamente en representan el modelo regulatorio de los Estados Unidos de Norteamérica y el de la Unión Europea.

La NOM-042-SEMARNAT-2003, establece que el "Certificado NOM", es un documento de validez oficial por medio del cual se hace constar que los vehículos y motores nuevos que la industria automotriz fabrica e importa para su comercialización en el país cumplen con los límites máximos permisibles de emisión de gases y de ruido, establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-042-SEMARNAT-2003, NOM-044-SEMARNAT-2006 y NOM-076-SEMARNAT-2012, cuya observancia es obligatoria para los fabricantes e importadores de vehículos y motores nuevos.

La fortaleza de estas pruebas es la comparabilidad y reproducibilidad, sin embargo, las pruebas en laboratorio no necesariamente corresponden con las emisiones en un "día a día". Con ésta orientación se forja el término "Real-World" en Europa y Estados Unidos, que corresponde a las emisiones reales que los usuarios tendrán en sus vehículos, y que dependen de factores que no se pueden replicar en el laboratorio, como el clima, la convivencia con otros automovilistas, caos vial, etcétera.

Es a partir de éste tipo de pruebas que el Consejo Internacional de Transporte Limpio (International Council on Clean Transport, ICCT por sus siglas en inglés), en su documento Real-World Exhaust Emissions From Modern Diesel Cars A Meta-Analysis of Pems Emissions Data From EU (Euro 6) And US (Tier 2 Bin 5/ULEV II) Diesel Passenger Cars, encuentra que ciertos vehículos presentaban comportamientos diferentes durante las pruebas y durante ciclos de manejo equivalentes, argumento que utilizan las autoridades ambientales de los Estados Unidos para solicitar explicitaciones a la armadora responsable.

2.1.2. Justificación Técnica.

Las desviaciones encontradas por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (International Council on Clean Transport, ICCT por sus siglas en inglés) sobre un grupo de vehículos diésel para servicio ligero (< 3,875 kg de Peso Bruto Vehicular) que compartían una familia de motores fueron evaluadas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para "penalizar" a dicho grupo, el cual llamó la atención del concierto internacional en el comportamiento verdadero de los vehículos y por ende en su impacto en la calidad del aire en las zonas urbanas y su impacto en la salud humana.

Como en otros países, el Gobierno Mexicano por conducto de la SEMARNAT ha tomado la decisión de realizar pruebas equivalentes para determinar el comportamiento de los vehículos que circulan en el país, para lo cual, identificó aquellos laboratorios acreditados conforme la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para realizar las pruebas debidas, encontrando que existen:

a. Laboratorio de Emisiones y Prueba de Ruido de Chrysler de México, S.A. de C.V., con número de aprobación PFPA-APR-LP-FF-002/09

b. Centro de Análisis de Emisiones de Volkswagen de México, S.A. de C.V., con número de aprobación PFPA-APR-LP-FF-002-10

c. Laboratorio de Construcción y Pruebas de Emisiones Power Train de General Motor de México, S.A. de C.V, con número de aprobación PFPA-APR-LP-007/10

d. Laboratorio de Análisis de Emisión de Gases (LABEM-Z) de Nissan Mexicana, S.A. de C.V, con número de aprobación PFPA-APR-LP-FF-004/11

e. Laboratorio de Análisis de Emisión de Gases de Nissan Mexicana, S.A. de C.V, con número de aprobación PFPA-APR-LP-FF-005/11

f. Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el cual cuenta con carta de reconocimiento del método de prueba por parte de SEMARNAT y opera conforme en el marco de un sistema de gestión de calidad.

En este sentido, comprometer pruebas con un laboratorio de una armadora crea la posibilidad de pérdida de objetividad y de conflicto de intereses, por lo cual se encuentra que un laboratorio neutral es el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el cual está dotado de equipos de muestreo y análisis de emisiones contaminantes para llevar a cabo tareas relacionadas con pruebas estáticas y dinámicas en vehículos automotores, con el fin de determinar el comportamiento de aditivos, combustibles, dispositivos y sistemas de conversión a carburantes gaseosos (GLP y GNC), en cuanto a su efecto en emisiones de escape y emisiones evaporativas.

Asimismo, el Laboratorio de Emisiones Vehiculares y Ensayo de Motores cuenta con infraestructura y experiencia en el uso de analizadores portátiles para fuentes móviles, dado su carácter de centro de investigación, posibilidad que no se encuentra en los laboratorios de las armadoras.

3.0.-. Objetivo general

Cuantificar de emisiones de vehículos automotores con un peso menor a 3,857 kilogramos de peso brutos, en condiciones reales de manejo (Ciudad y Carretera), entendiéndose condiciones reales, las que se tienen en un vehículo en buen estado mecánico que circula de forma diaria en una zona determinada. Empleando para ello un equipo analizador portátil de emisiones en ruta (PEMS).

Asimismo, cuantificar las emisiones de vehículos con ciclos estandarizados de prueba (FTP-75 o NECD) en los laboratorios del IMP y seleccionar 3 vehículos representativos para ser evaluado en un laboratorio a Nivel del mar con una tolerancia en altitud no mayor a 400 m SNM.

3.1.- Objetivos específicos

Para ello, se establecen los siguientes objetivos particulares:

3.1.1 Diseñar y aplicar pruebas de emisiones en fuentes móviles para unidades de peso bruto vehicular menor a 3,857 kilógramos en circuitos diseñados en zonas urbanas y carreteras, utilizando equipos de medición con analizadores portátiles para emisiones de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos totales no metano, monóxido de carbono y bióxido de carbono.

3.2. Realizar pruebas de comparación de resultados de equipos de medición con analizadores portátiles para emisiones, con respecto a equipos en laboratorio para fuentes móviles.

3. Aplicar pruebas en dinamómetro en vehículos a gasolina para óxidos de nitrógeno, hidrocarburos totales no metano, monóxido de carbono y bióxido de carbono.

4.- Aplicar pruebas de dinamómetro en vehículos a diesel y muestreo de emisiones con equipo analizador portátil (PEMS) para óxidos de nitrógeno, hidrocarburos totales no metano, monóxido de carbono y bióxido de carbono.

5. En el caso de vehículos diésel, seleccionar 3 vehículos representativos, para realizar pruebas equivalentes a las de certificación (EPA o EURO) en un laboratorio a nivel del mar, con una tolerancia en la altitud de 400 metros.

6. Compilar durante el desarrollo de la prueba, información relativa a la aceleración/desaceleración, velocidad del vehículo, humedad relativa, temperatura ambiente, presión ambiental, posición mediante un sistema de posicionamiento satelital, y los parámetros necesarios de la computadora del vehículo.

6. Realizar un reporte (considerando el laboratorio del IMP, equipo PEMS y pruebas en un laboratorio a nivel del mar) equivalente al preparado por el ICCT.

4.0.- Alcance de la propuesta.

Para el desarrollo del presente servicio técnico, personal del Instituto Mexicano del Petróleo diseñara las rutas de prueba (urbano y carretera), las cuales se revisarán en conjunto con personal de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de SEMARNAT para la aprobación o consideraciones conducentes, el diseño de las ruta de prueba considera tiempo, desplazamiento y velocidad. Asimismo, se consideran pruebas en dinamómetro o equivalente, conforme las normas de referencia y la determinación de emisión en el vehículo circulando en la ruta(s) diseñada(s).

Se considera que la Industria Automotriz en México proporcionará los vehículos de prueba a diesel y gasolina de PVB no mayor 3,875 kg, debido al volumen de vehículos comercializados en México y las compañías arrendadoras en nuestro país no cuentan con el tipo de vehículos requeridos para el proyecto, para tal efecto el personal de SEMARNAT e IMP seleccionaran en conjunto en agencias, arrendadoras o en armadoras los mencionados vehículos automotores, se verificará en sitio y en instalaciones del IMP el estado mecánico de una flota de diez vehículos para pruebas, siete de éstos deberán poseer un motor diésel y tres motor a gasolina, cada uno de los vehículos a gasolina deberá ser equivalente a la versión diésel.

Para los vehículos a gasolina se deberán realizar la determinación de emisiones conforme al protocolo de prueba realizado en México o en su país de origen e indicado en el certificado de origen (EPA o EURO) en las siguientes condiciones:

4.1.- Para vehículos a gasolina se deberán realizar la determinación de emisiones en las siguientes condiciones:

A1. Pruebas en circuito con monitores portátiles de contaminantes.

A2. Pruebas en laboratorio conforme Prueba FTP-75 o NECD con banco de analizadores y sistema CVS.

A3. Pruebas en laboratorio conforme FTP-75 o NECD y con monitor portátil.

4.2- Para vehículos a diésel se deberán realizar la determinación de emisiones en las siguientes condiciones:

B1. Pruebas en circuito con monitores portátiles de contaminantes,

B2. Pruebas en laboratorio conforme FTP-75 o NECD y equipo analizador de emisiones portátil

C.- Para el caso de las pruebas en laboratorio se deberán realizar a nivel del mar o una altitud no mayor a 400 metros con las siguientes consideraciones:

4,3 Pruebas en laboratorio conforme Prueba FTP-75 o NECD con banco de analizadores y sistema CVS.

En ambos casos cada conjunto de pruebas se realizarán por duplicado y en caso de encontrar variaciones significativas se realizará una tercera.

Todas las pruebas se deberán realizar con combustible nacional (Pemex Magna comercial y Diesel comercial), independientemente de la ubicación geográfica donde éstas se realizan. Se considera la caracterización del combustible de prueba conforme a la NOM-086.

Formato: 04AI-03-06-FG-07 Ver.4 MAP 03

5.0.- Desarrollo

La disminución de presión y la temperatura atmosférica afectan la densidad del aire y su composición. La variación de la densidad afecta al desempeño de los motores de combustión interna, ya que estos tienen sistemas de alimentación volumétricos provocando una disminución de la presión en el cilindro a lo largo de todo el ciclo termodinámico y por tanto afectando el rendimiento de combustible. Este afecto es mayor en motores de aspiración natural que con turboalimentador (La puerta, M.et.al. 2005). Además la densidad y concentración de oxígeno afectan a los fenómenos locales que intervienen en la combustión y en la formación de contaminantes.

La altitud sobre el nivel del mar, tiene un efecto importante sobre las condiciones en las que se encuentra el aire y sobre su composición. Además de las variaciones de temperatura propias de las distintas capas de la atmosfera, la presión atmosférica disminuye a medida que aumenta la altitud, debido a la reducción del peso de la columna que soporta por encima, reducción que se debe tanto a la menor altura de la columna como a la menor densidad del aire que la ocupa. Se estima el efecto de la variación de la altitud sobre el desempeño de los motores de combustión interna. El efecto más importante que contribuye a la disminución de la concentración de oxígeno con la altitud, es el de la presión. A pesar que los cambios en la fracción molar (consecuencia de un proceso de difusión molecular), pueden no apreciarse con la altura debido a los movimientos convectivos macroscópicos que desplazan los gases verticales (Lapuerta et al 2005).

En nuestro país los principales centros de población se encuentran en su gran mayoría en localidades con altitudes mayores a 1000 m SNM, situación que origina que los vehículos automotores circulen con requerimientos de desempeño mayores respecto a los que circulan a nivel del mar.

5.1. Diseño de rutas:

Para el diseño de las rutas de recorrido se consideraron que los vehículos automotores en nuestro país son sujetos a recorridos en condiciones topográficas y de altitud diferentes a los países de origen, en tal contexto se consideran los siguientes factores; la altitud de la ciudad de México (2240 m SNM), la altitud de la Ciudad de Pachuca, Hgo. (2400 m SNM) y altitud a nivel del mar, para tal efecto se procedió a emplear un vehículo representativo para conocer el efecto de altitud y seleccionar rutas de manejo considerando variaciones de altitud, condiciones de tráfico en ciudad y carretera, con el enfoque de conocer con equipo denominado PEMS (Equipo de medición portátil) su efecto en emisiones de escapé y consumo de combustible.

Para conocer el efecto en altitud se procedió a emplear diversos equipos para georeferenciación entre los cuales se encuentran los siguientes:

1.- Equipo GPS, marca Garmin y modelo GPSmap 76S

2.- Equipo GPS, marca mio y modelo N276

3.- Software Altitude, para teléfono inteligente

4.- Adicionalmente se empleó el indicador de humedad y temperatura OMEGA HHM-25

Una vez revisada la información obtenida por los equipos de georreferenciación, considerando distancias recorridas, velocidad máxima, velocidad mínima, el perfil de altitud (mínima, máxima y promedio), temperatura y humedad se llegó a la selección de las siguientes rutas de recorrido:

- Una ruta de carretera que considere el efecto de la altitud y nivel del mar en las emisiones del vehículo (Ciudad de México-Tuxpan).
- Una ruta de zona urbana, la cual se deberá trazar sobre la Zona Metropolitana del Valle de México (Ciudad de México).

- Una ruta en la cual se involucre el manejo en zona rural y montañosa, esto es marcada por pendientes frecuentes y paradas poco frecuentes (Carretera de la Montaña de Ciudad de Pachuca a Presa el Cedral)
- Una ruta en zona urbana, en la cual no sea tan frecuente las paradas y la velocidad no sea tan baja (Ciudad de Pachuca, Hidalgo).

Tomando como referencia las anteriores consideraciones para el diseño de la ruta, se tiene las siguientes rutas de recorrido:

- Una ruta de carretera que considere el efecto de la altitud y nivel del mar en las emisiones del vehículo:

  Ruta 1.- Ciudad de Tulancingo, Hidalgo – Tuxpan, Veracruz.
  Ruta 2.- Tuxpan, Veracruz – Nautla, Veracruz.
  Ruta 3.- Casitas, Veracruz –Tulancingo, Hidalgo.

- Una ruta de zona urbana, la cual se deberá trazar sobre la Zona Metropolitana del Valle de México:

  Ruta 4.- Entrada a Ciudad de Pachuca – Zona Centro, Salida a Ciudad de México.
  Ruta 5.- IMP, Zona Centro CD.MX – IMP

- Una ruta en la cual se involucre el manejo en zona rural y montañosa, esto es marcada por pendientes frecuentes y paradas poco frecuentes:

  Ruta 6.- Entrada a Pachuca Real de Monte – Cedral.

- Una ruta en zona urbana, en la cual no sea tan frecuente las paradas y la velocidad no sea tan baja

  Ruta 7.- Ciudad de México - Ciudad de Pachuca, Hidalgo.

Las anteriores rutas se encuentran en archivos GPX, los cuales son factibles de visualizar con empleo del archivo Google Earth, en el cual se indica ruta, velocidad y perfil de altitud. En el cuadro 1 se describen las características de cada ruta y se presentan en las figuras 1 a 14 las rutas mencionadas con su perfil de altitud.

Especificación	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7
Distancia recorrida (km)	153.34	118.12	207.43	28.84	17.2	19.88	76
Tiempo (min)	135	113	203	50	80	44	60
Velocidad media (km/h)	55.87	64.01	51.24	50.315	15.74	35.62	91.38
Velocidad máxima (km/h)	118.8	94.5	132.3	98.1	75.6	93.6	114.3
Elevación mínima (m.s.n.m)	12.55	-1	-49.4	2233.20	2231	2365	2218
Elevación máxima (m.s.n.m)	2152.80	129	2195.81	2351.80	2247.5	2946	2360

Cuadro 1.- Características de las rutas propuestas

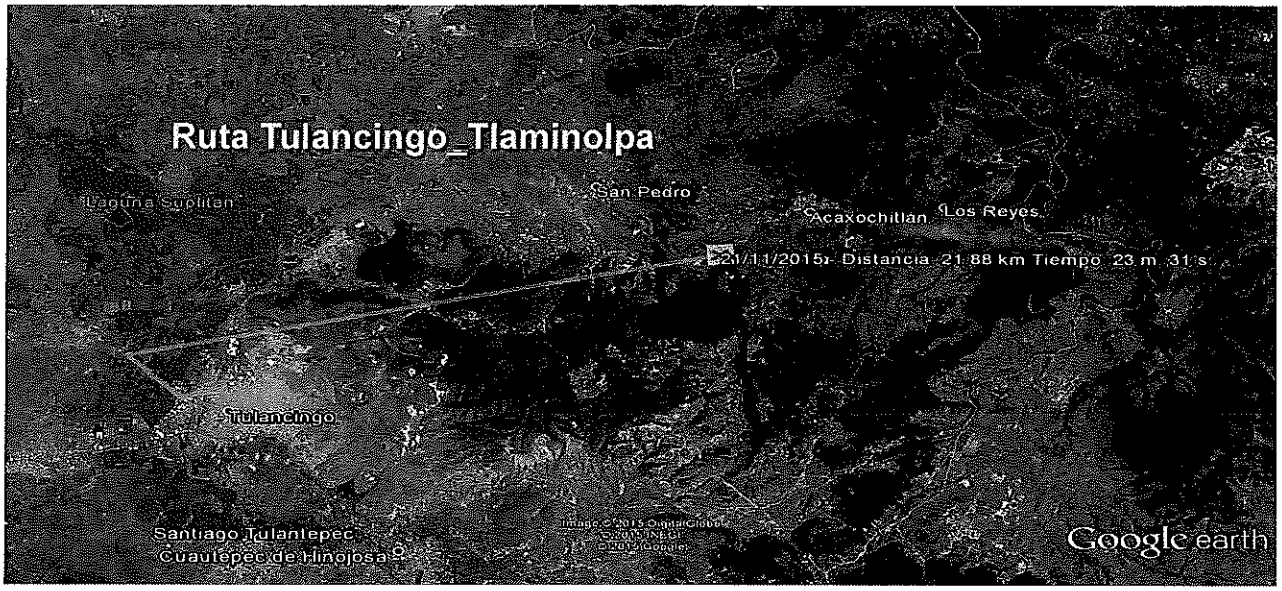


Figura 1.- Ruta de recorrido Tulancingo Tlalminolpa

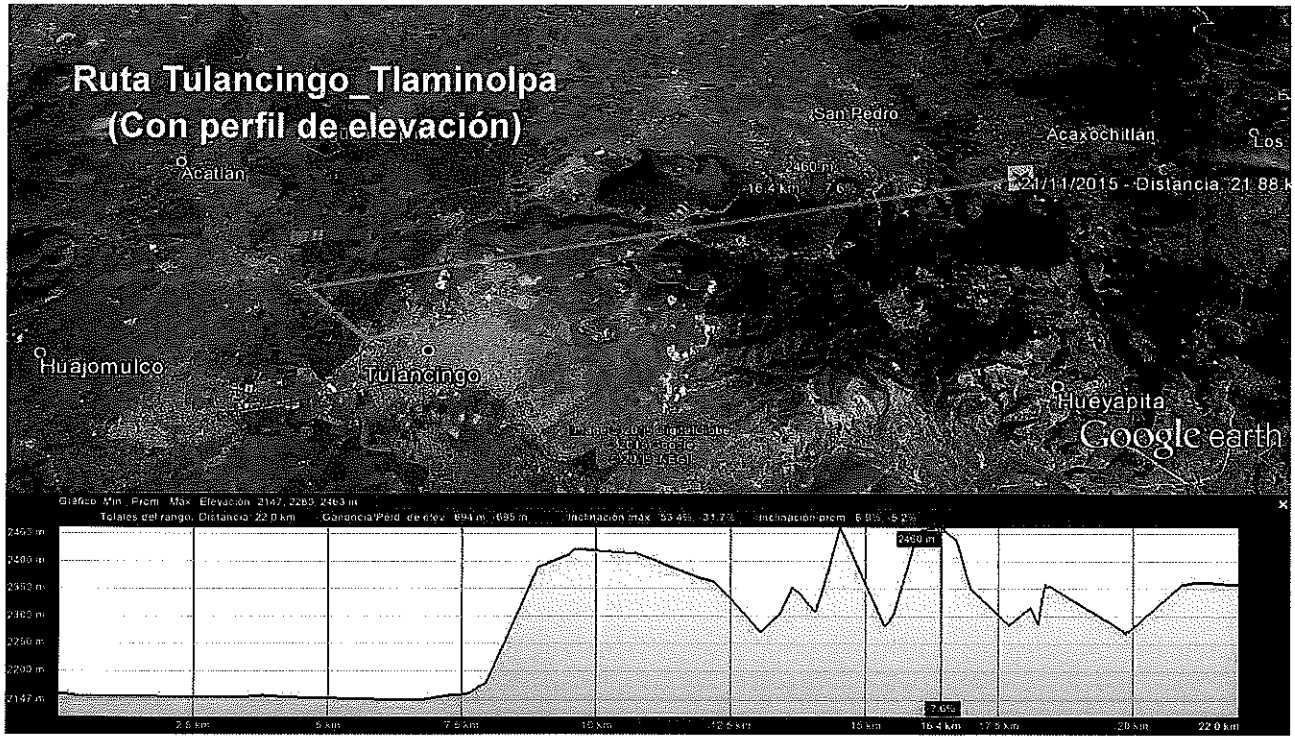


Figura 2.- Ruta de recorrido Tulancingo Tlalminolpa con perfil de elevación

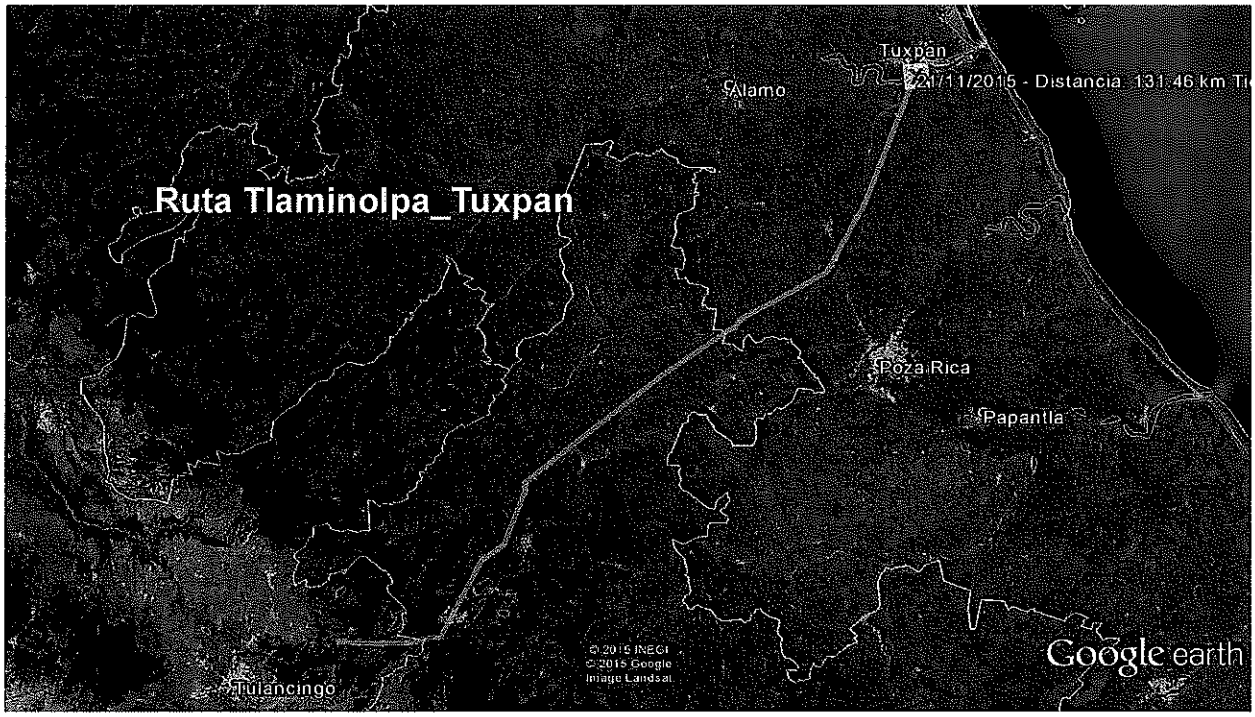


Figura 3.- Ruta de recorrido Tlalminolpa_ Tuxpan

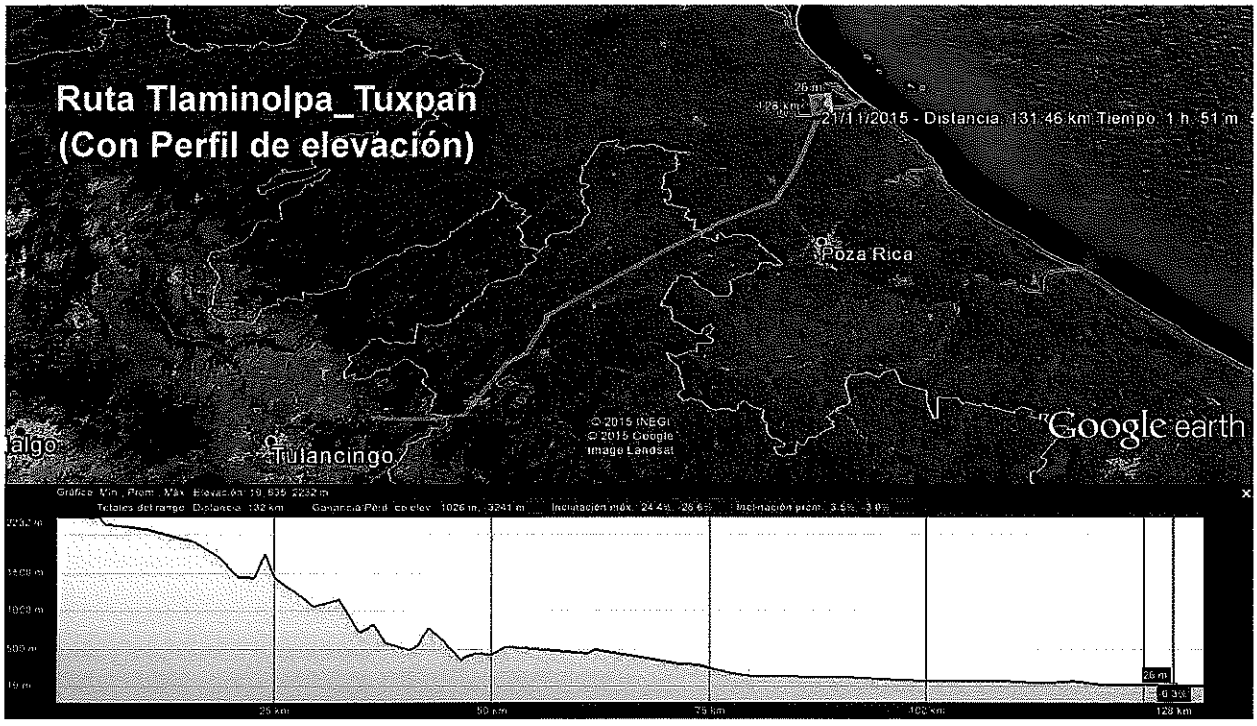


Figura 4.- Ruta de recorrido Tlalminolpa_ Tuxpan con perfil de elevación

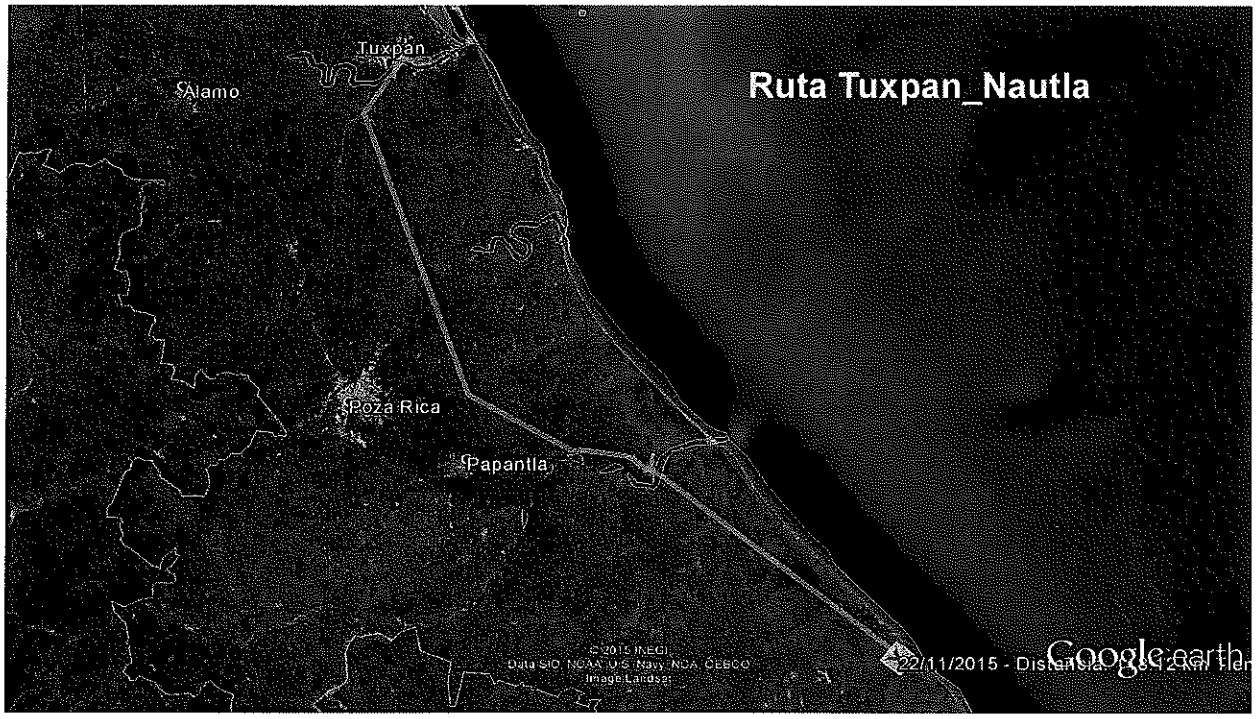


Figura 5.- Ruta de recorrido Tuxpan_Nautla.

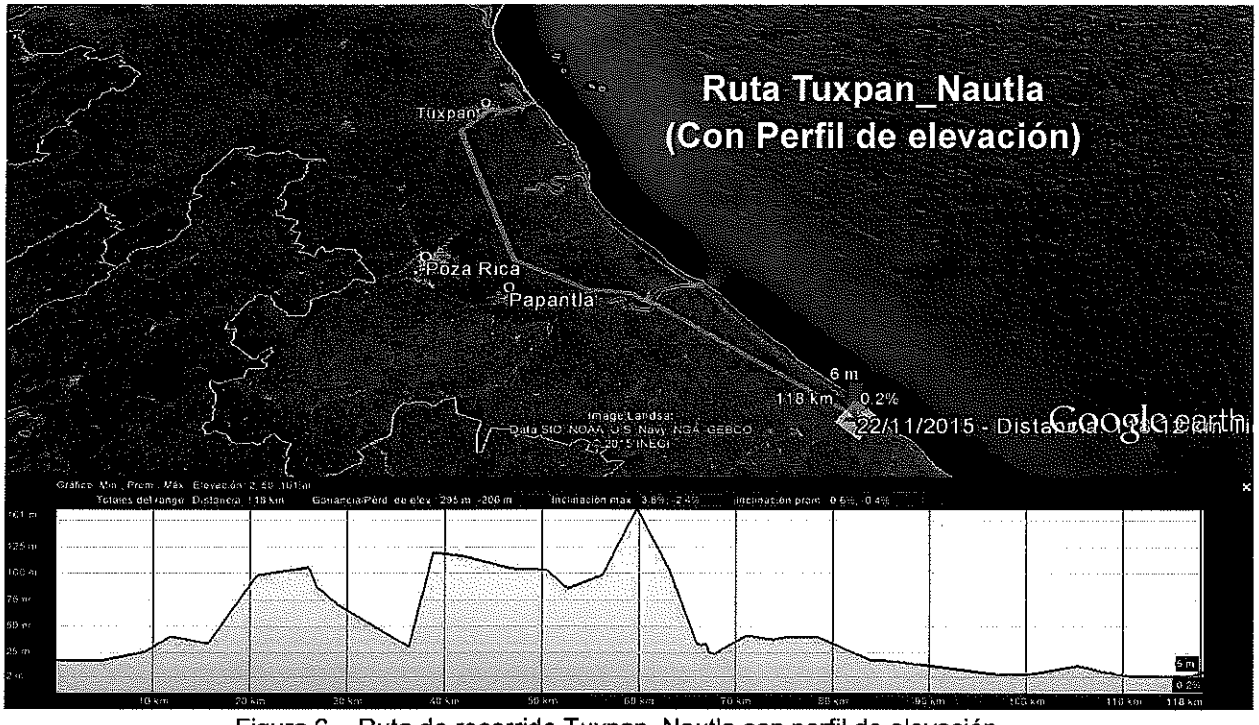


Figura 6.- Ruta de recorrido Tuxpan_Nautla con perfil de elevación.

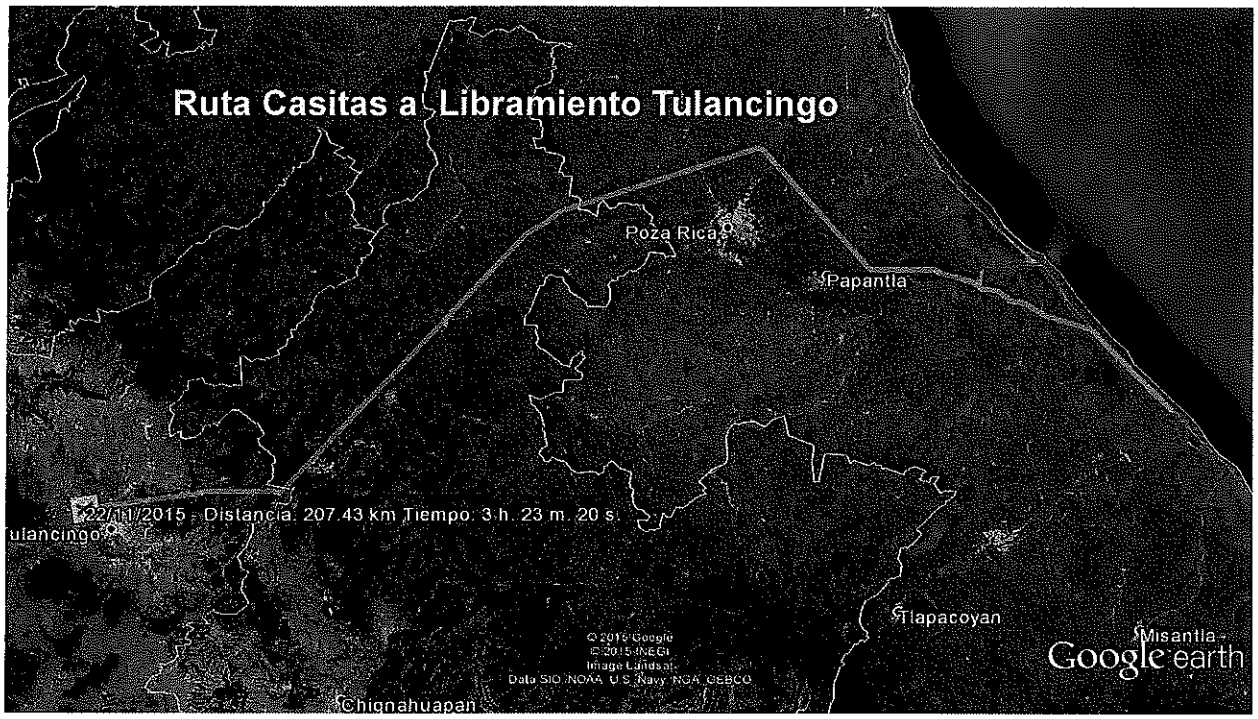


Figura 7.- Ruta Casitas a Libramiento de Tulancingo.

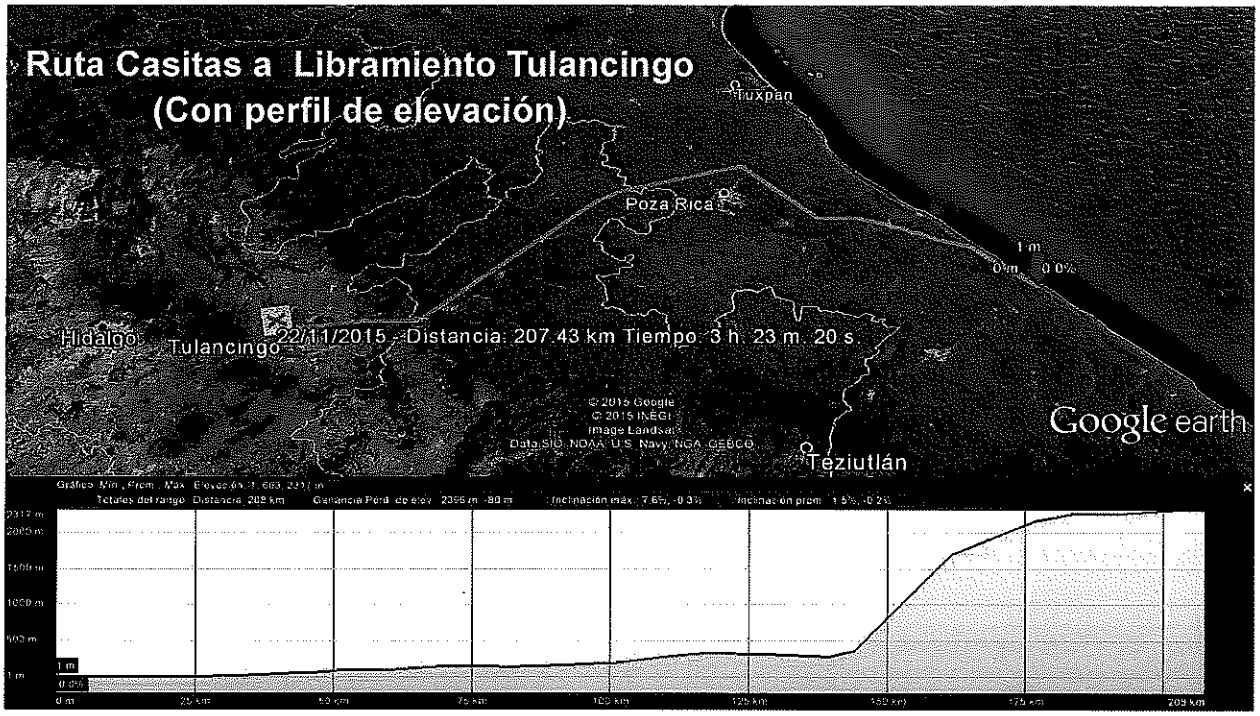


Figura 8.- Ruta Casitas a Libramiento de Tulancingo con perfil de elevación.

Figura 9.- Ruta Entra Cd. de Pachuca_Zona Centro_ Salida a México.

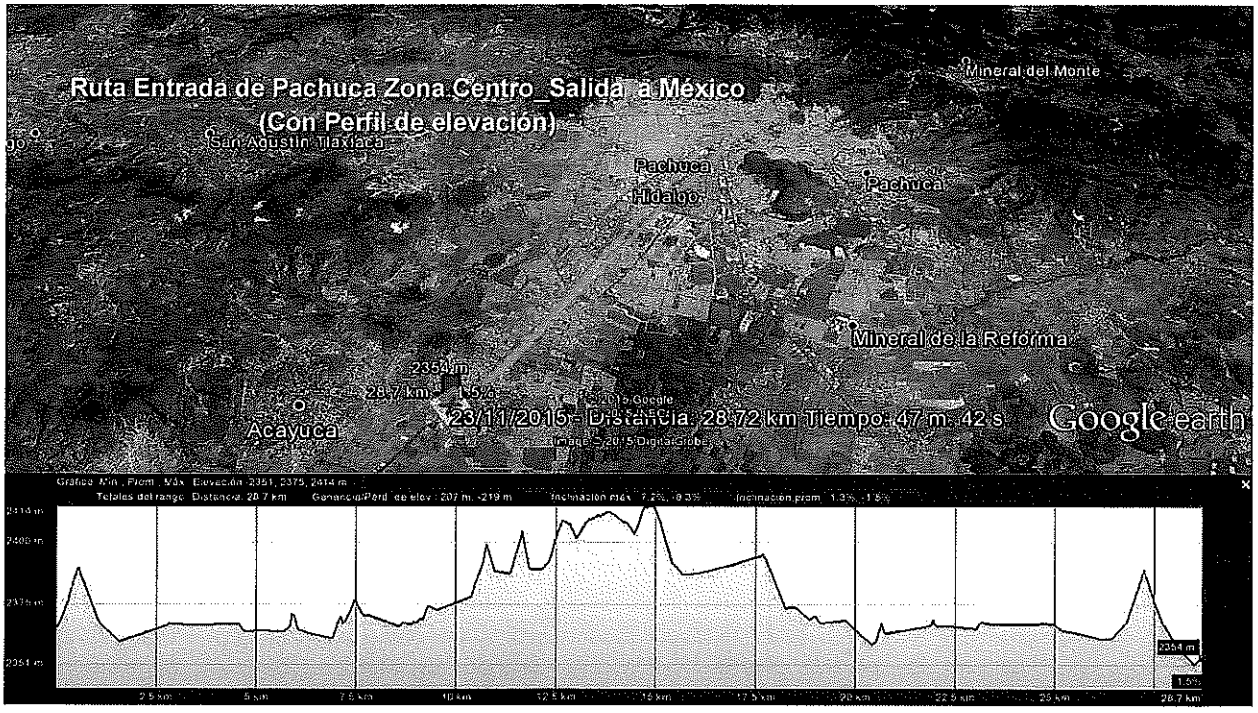


Figura 10.- Ruta Entra Cd. de Pachuca_Zona Centro_ Salida a México con perfil de elevación.

Figura 11.- Ruta IMP_Zona Centro de la CDM (Meced- Linea 4 del Metro)_IMP.

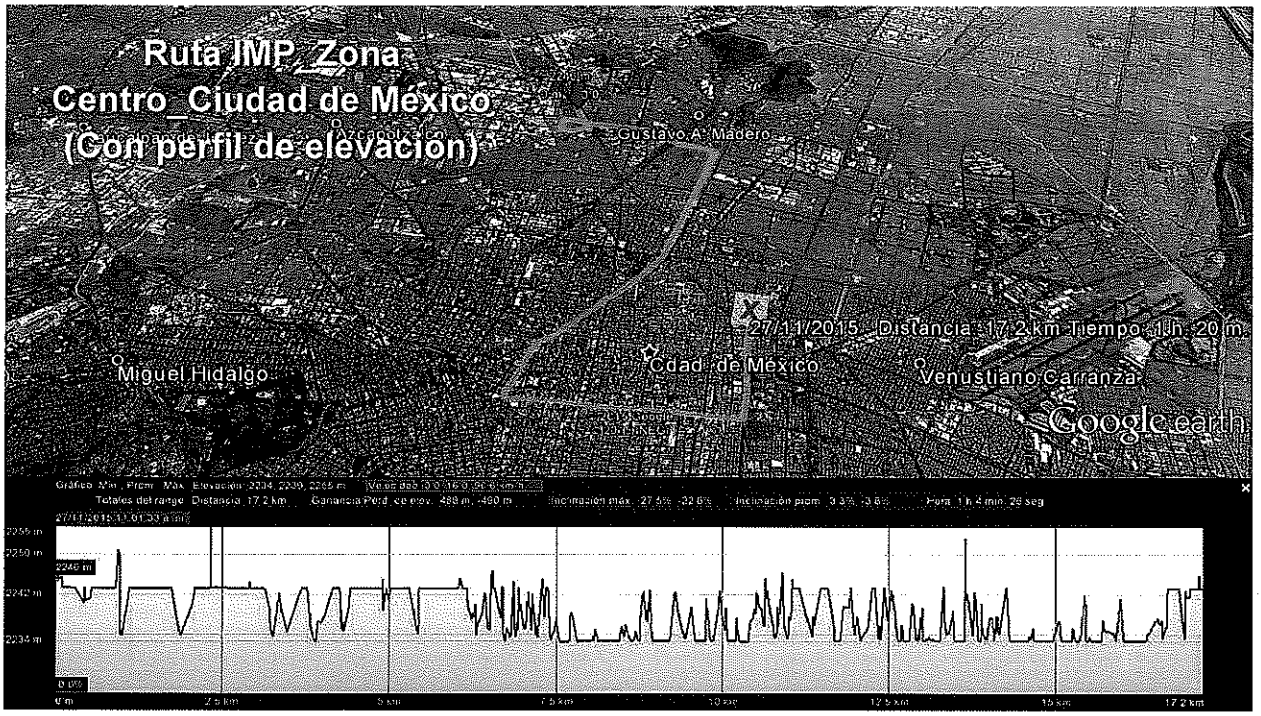


Figura 12.- Ruta IMP_Zona Centro de la CDM (Meced- Linea 4 del Metro)_IMP con perfil de elevación.

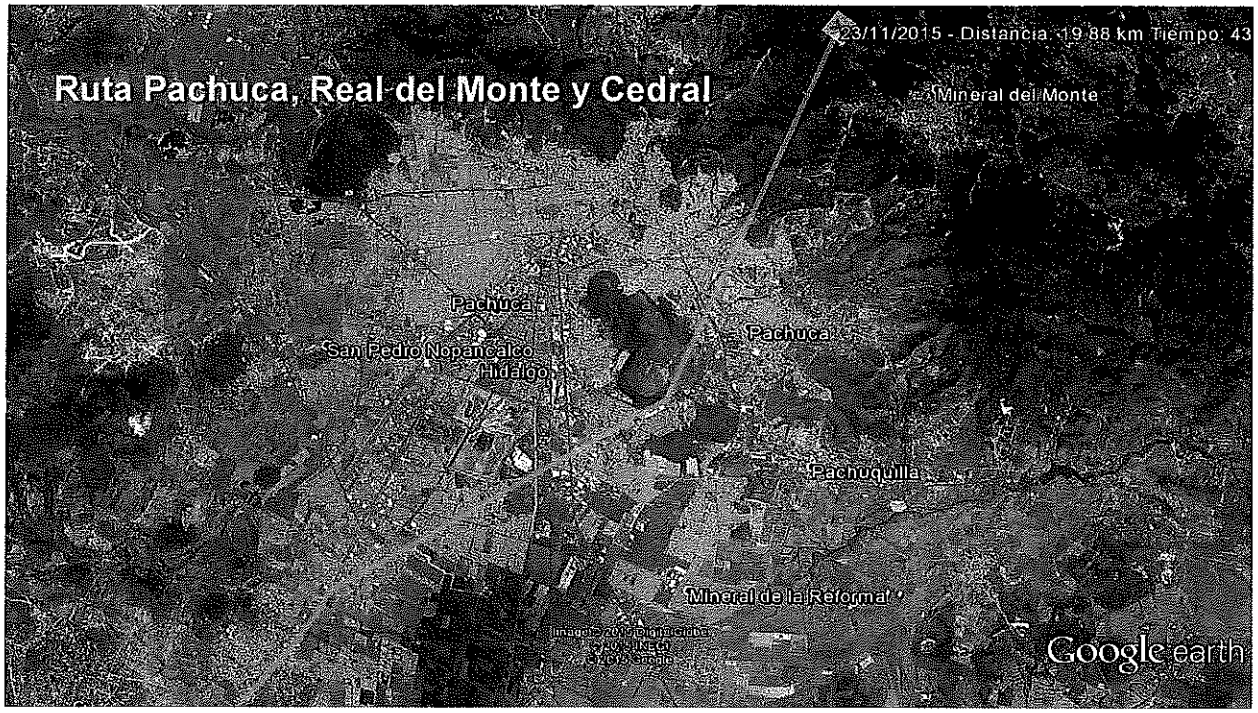


Figura 13.- Ruta Entrada Cd. de Pachuca- Real del Monte el Cedral

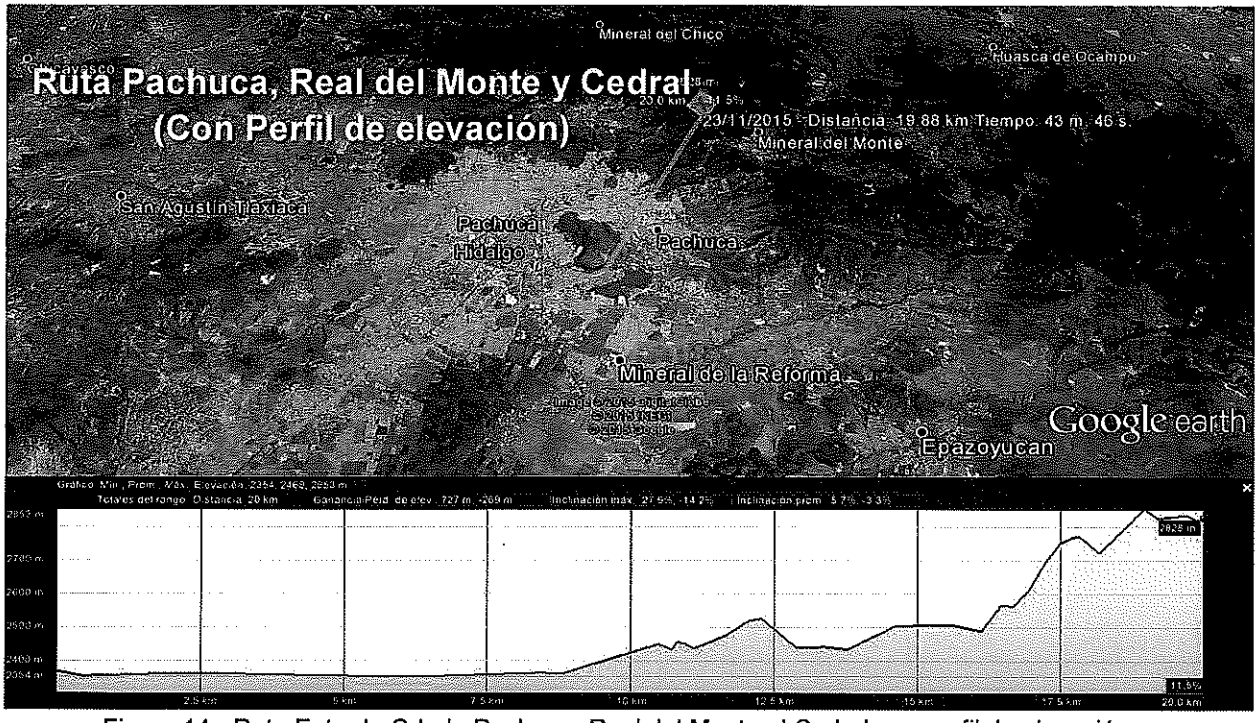


Figura 14.- Ruta Entrada Cd. de Pachuca- Real del Monte el Cedral con perfil de elevación.

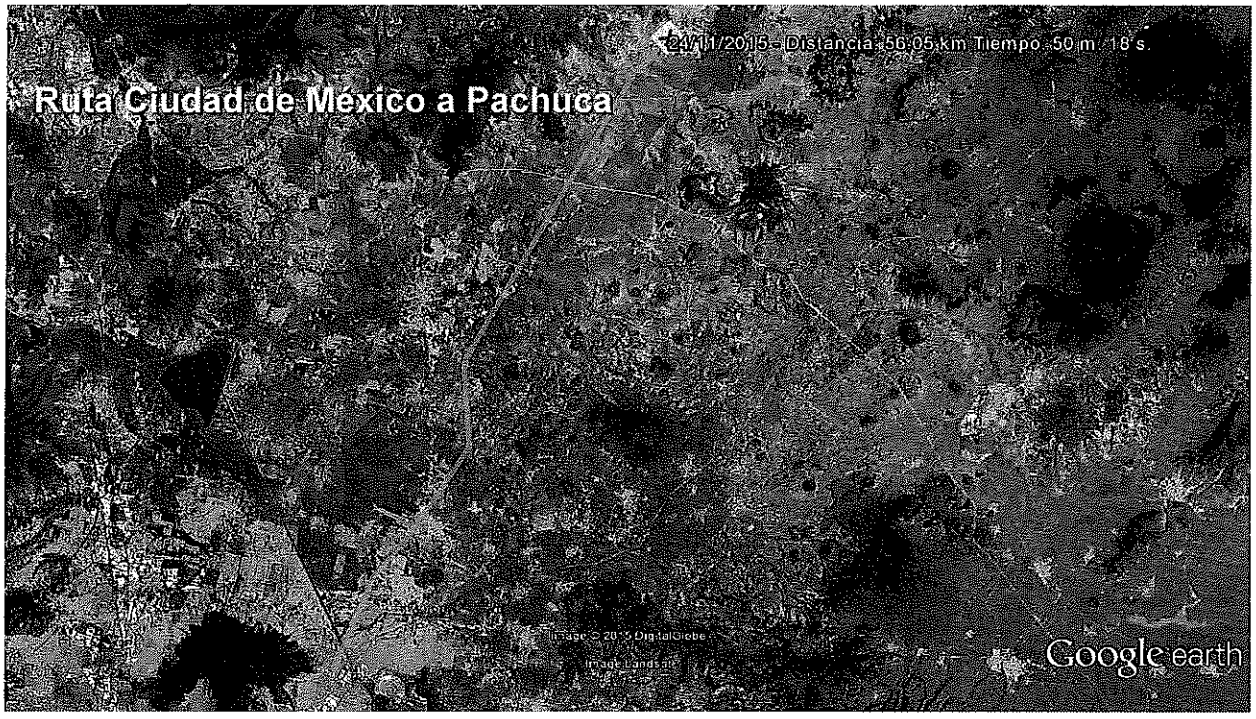


Figura 15.- Ruta de recorrido de México- Pachuca

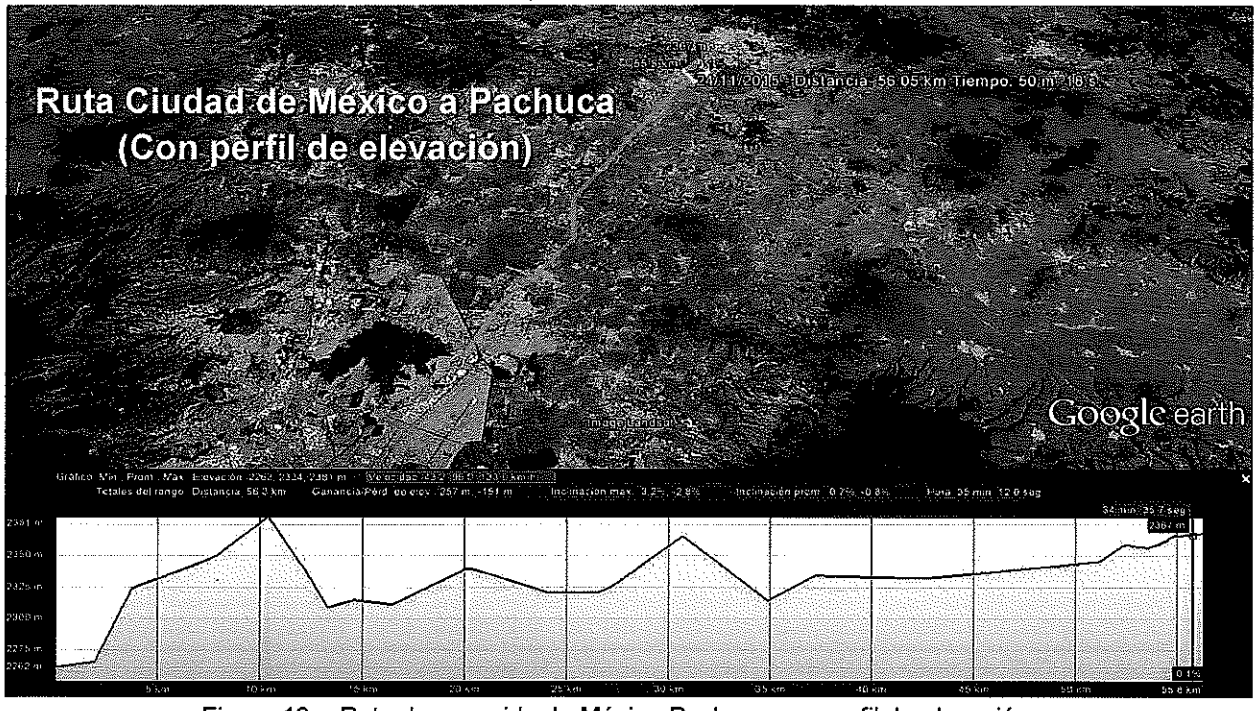


Figura 16.- Ruta de recorrido de México-Pachuca con perfil de elevación.

5.2 Cálculo de la Altitud.

Cada ruta diseñada fue georreferenciada empleando equipo GPS, medidores de humedad y temperatura, descritos en el punto 5.1. Los equipos GPS se emplearon para corroborar la altitud con los datos que emplea la ecuación 4, a continuación se describen los fundamentos para estimar la altitud referida al nivel del mar respecto al punto de ubicación empleando temperatura, presión barométrica y humedad

El modelo más sencillo y comúnmente empleado para la determinación de la altitud, es el de atmósfera con simetría radial, esto quiere decir que se encuentra aislada y en equilibrio termodinámico, por lo cual nada alteraría la temperatura a la que se encuentra el aire, permaneciendo estable. Resultando:

$$p(z) = p_0 \cdot e^{\left[-\frac{g\cdot(z-z_0)}{RT}\right]} \quad \text{..... Ecuación 1}$$

Pero la realidad es que la atmósfera no se encuentra en equilibrio, ni permanece en régimen estacionario, por lo que para un cálculo de la altitud más aproximado se emplea un gradiente térmico fijo, que en el modelo de atmósfera estándar internacional se toma:

$$L = -\frac{dT}{dz} = 6.5\ \frac{K}{km} \text{..... Ecuación 2}$$

Para la tropósfera de 0 a 11 km, resultando:

$$p = p_0 \cdot \left[1 - \frac{L\cdot(z-z_0)}{T_0}\right]^{\frac{g}{RT}} \text{..... Ecuación 3}$$

La altura de cada punto deberá ser determinada con base en la temperatura y presión ambiental utilizando la fórmula establecida por la Organización Internacional de Aviación Civil Internacional (ICAO por sus siglas en inglés), la cual se transcribe:

$$H = \left(\frac{T_0}{L}\right)\left[1 - \left(\frac{p_{bar}}{p_0}\right)^{\left(\frac{R\,L}{g\,M}\right)}\right] \text{..... Ecuación 4}$$

Dónde:

H	Altitud, en m
T_0	Temperatura ambiente a nivel de piso
p_0	Presión atmosférica a nivel de piso
p_{bar}	Presión barométrica
L	Gradiente térmico del aire (0.0065 K/m)
g	Constante gravitacional (9.81 m/s)
M	Masa molar del aire
R	Constante universales de los gases

A continuación se describen en forma gráfica el efecto de la altitud empleando los valores de temperatura, humedad y presión barométrica monitoreados cada cinco minutos con el medidor de humedad y temperatura marca OMEGA, modelo HHM-25 y se hace un comparativo empleando el sistema GPS mio , GPS Garmin y Software denominado ("Altitude"), para teléfono celular inteligente. En las gráficas – se presenta la información por ruta del efecto de altitud.

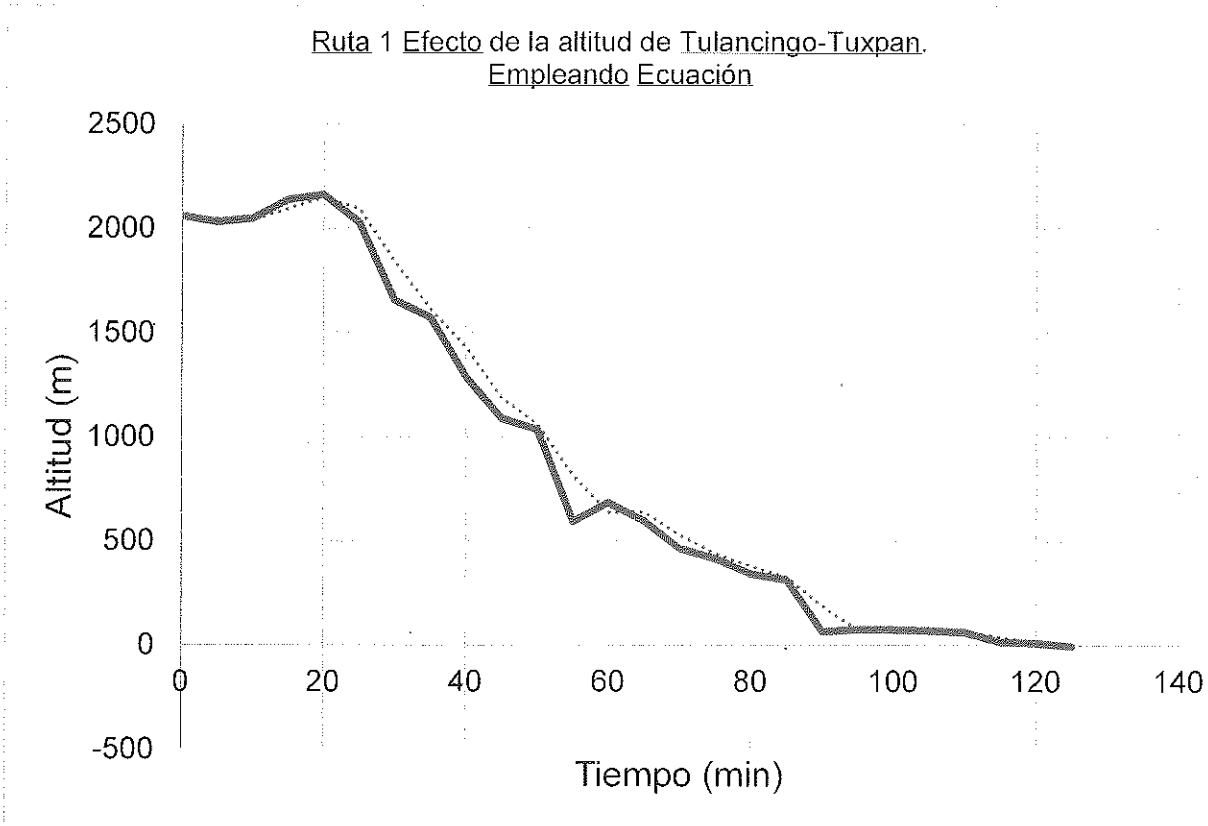


Gráfico 1.- Efecto de la altitude de Tulancingo-Tuxpan

Ruta 2 Efecto de la altitud a Tuxpan-Nautla
Empleando GPS (MIO)y Ecuación.

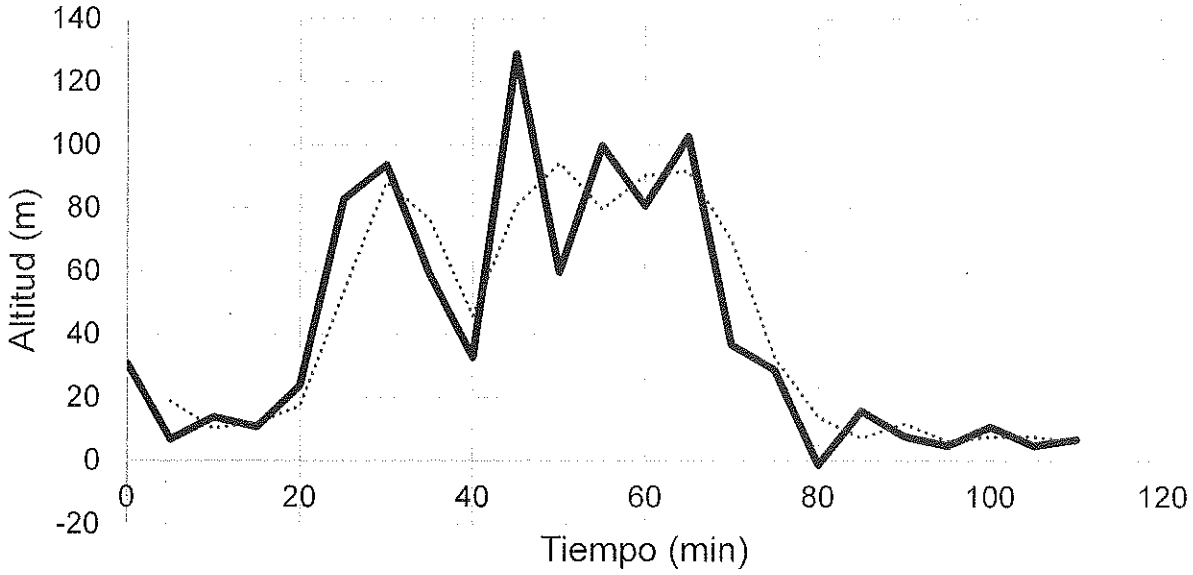


Gráfico 2.- Efecto de la altitude a Tuxpan-Nautla

Ruta 3 Efecto de la altitud de Casitas, Veracruz-Tulancingo, Hgo.
Empleando GPS (MIO) y Ecuación.

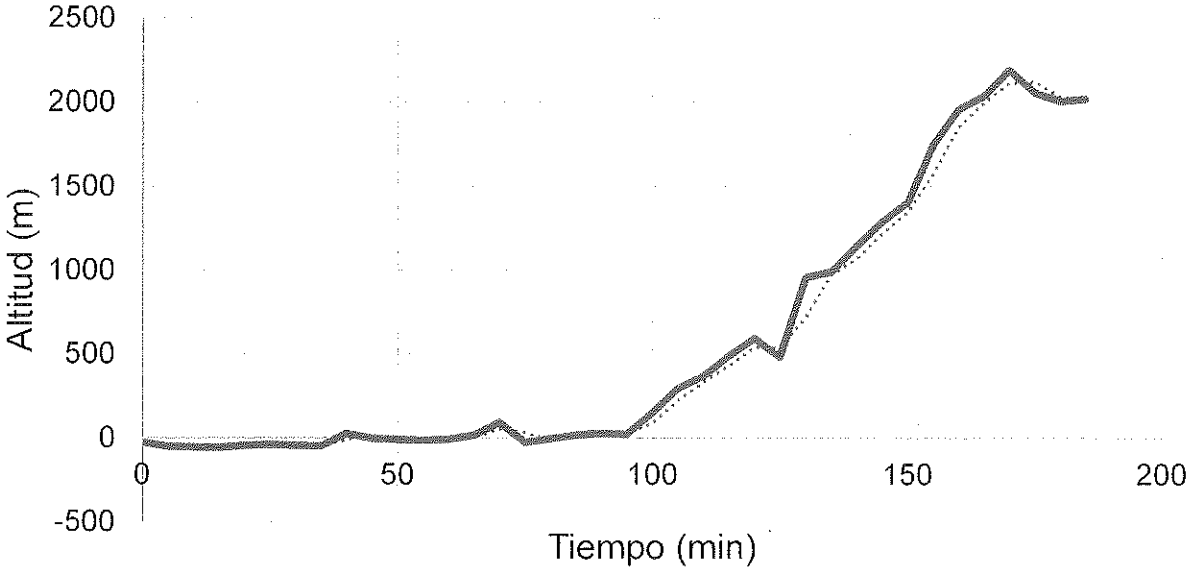


Gráfico 3.- Efecto de la altitude de Casitas, Veracruz-Tulancingo, Hgo.

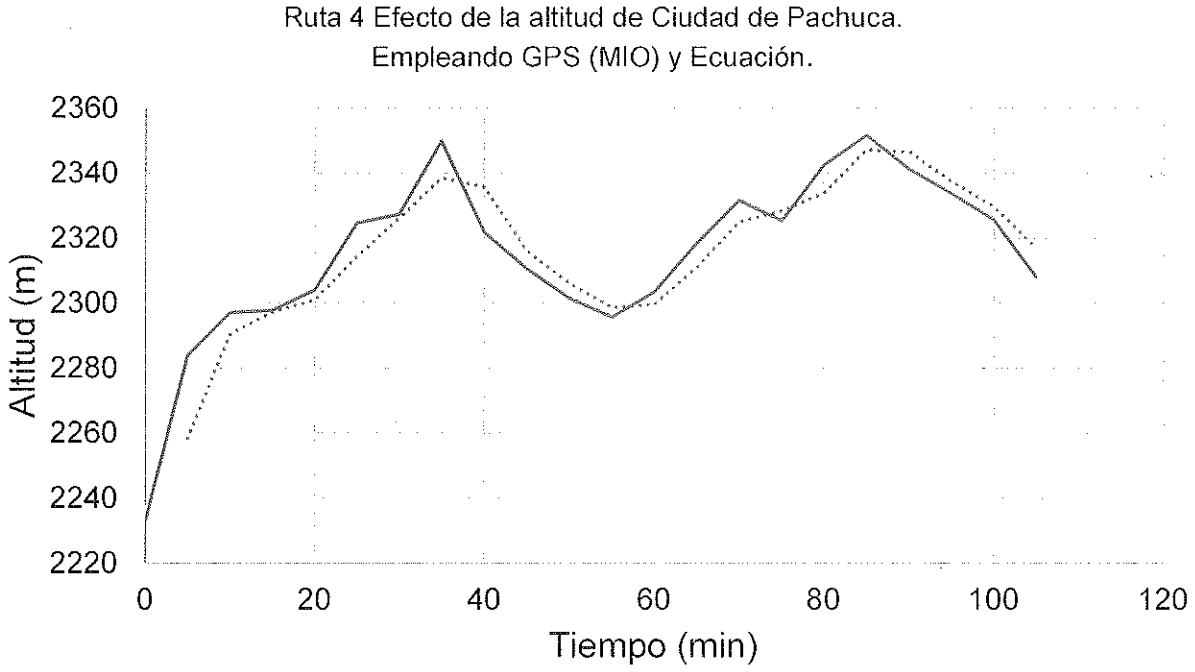


Gráfico 4.- Efecto de la altitud de Ciudad de Pachuca

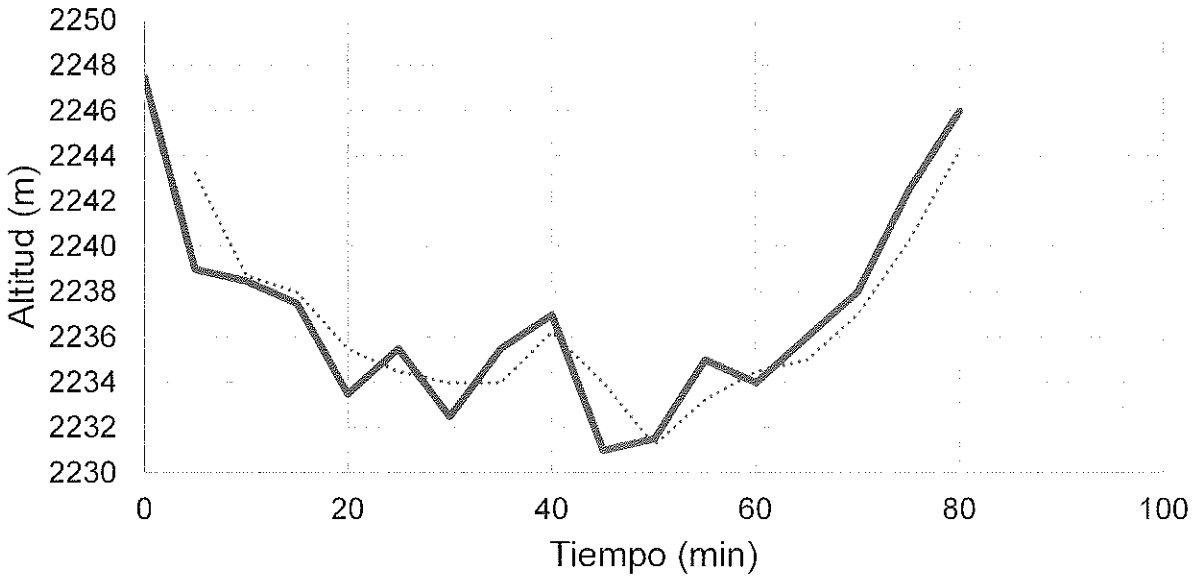


Gráfico 5.- Efecto de la altitud de Ciudad de México, Zona Centro.

Formato: 04AI-03-06-FG-07 Ver:4 MAP 03

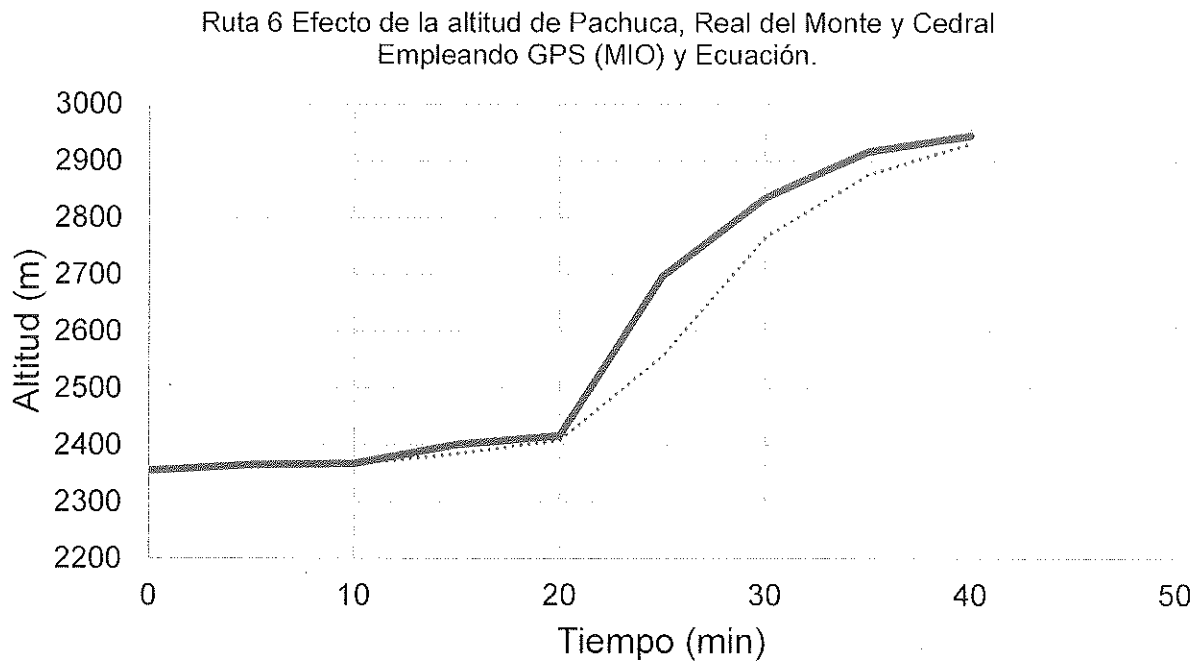


Gráfico 6.- Efecto de la altitud de Pachuca, Real del Monte y Cedral

5.3.- Desarrollo de pruebas comparativas entre el equipo PEMS y CVS.

5.3.1.- Descripción del equipo de Medición Portátil para Emisiones (PEMS).

Hoy en día se hace necesario contar con información sobre el desempeño de combustibles-tecnología de los vehículos automotores en condiciones reales de manejo.

Esta tendencia a nivel mundial y principalmente en países desarrollados (EUA, Canadá, Japón y Europa) es indispensable para obtención de factores de emisión realistas, consciente de esta tendencia y necesidad el IMP por conducto del LEV y EM cuenta con un equipo portátil para mediciones a bordo (PEMS), similar al empleado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica EPA en proyectos demostrativos de Retrofit en la Ciudad de Nueva York, Boston, estudios en recorrido de vehículos ligeros a diesel entre otros estudios.

El equipo es marca HORIBA, modelo OBS1100 el cual cuenta con un banco de analizadores en donde es factible cuantificar la emisión de Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos no quemados (HC´s), Dióxido de carbono (CO2) y Óxido de Nitrógeno (NOx). Se cuenta con sistema GPS para geolocalización, adaptador de tubo pitot para flujo másico, equipo para medición de Temperatura y humedad en conjunto con el GPS para conocer el efecto de la altitud entre otros componentes, ver fotografías No 1

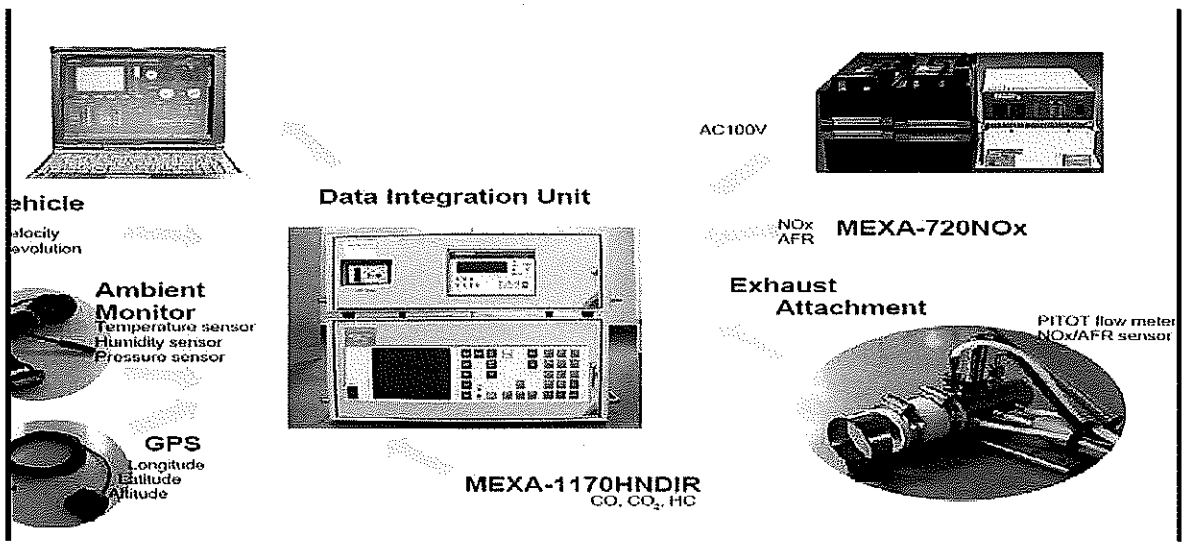
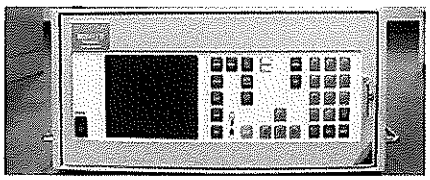


Figura 17.- Descripción de los componentes del equipo PEMS

Figura 18.- Descripción de los parámetros de medición del equipo PEMS

MEXA-1170HNDIR

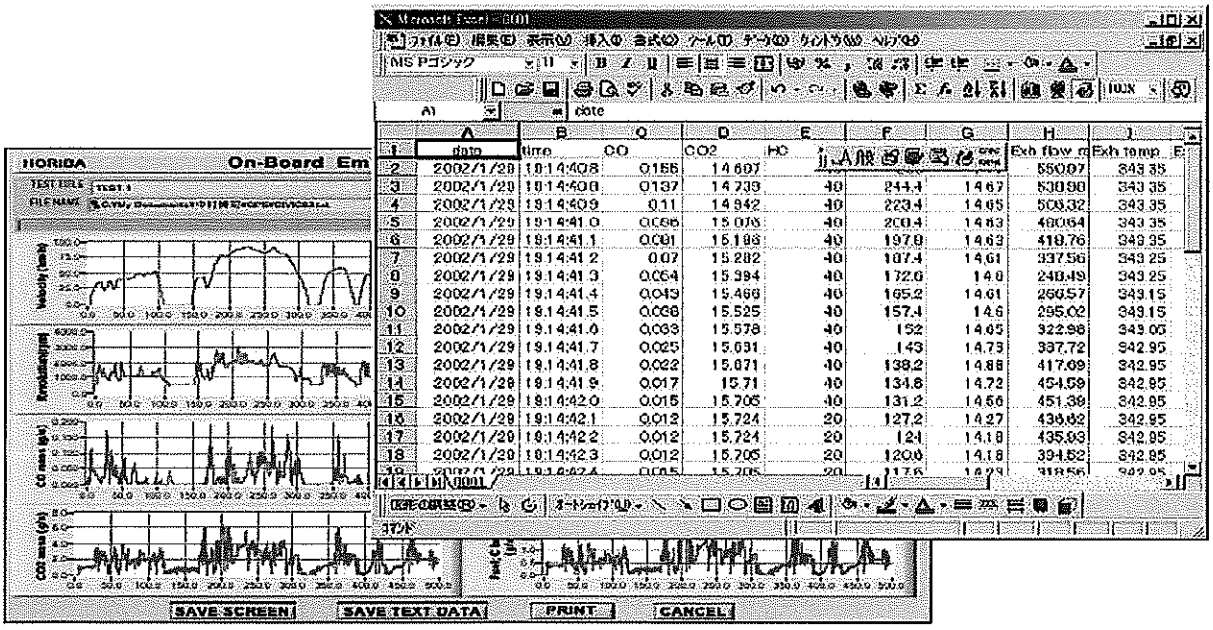


Item	Specification
Principal	Non-dispersive infrared absorptiometry
Measured gases	CO, CO_2, HC
Range	CO; 0-12vol%, CO_2; 0-20vol%, HC; 0-5000ppmC6
Response time(T90)	Within 1.5s
Linearity	Within ±1.0% of full scale
Drift	Within ±2.0% of full scale per 8 hours
Repeatability	Within ±1.0% of full scale
Outputs	Monitoring on LCD panel
	Analog output 0-1V/0-10V
	Digital in-outout (RS-232C)
Dimension	464(W) X 185(H) X 652(D) mm

MEXA-720NOx

Item	Specification
Principal	ZrO_2 type sensor
Measured gases	NOx, AFR
Range	NOx 0-3000ppm, AFR 9.5-200
Response time(T63)	NOx; within 0.5s, AFR; within 0.15s
Accuracy	NOx; ±30ppm or within ±3.0% of reading scale
	AFR; ±0.1 at stoich region
Outputs	Monitoring on LCD panel
	Analog output 0-5V
	Digital in-outout (RS-232C)
Dimension	130(W) X 75(H) X 170(D) mm

Figura 19.- Descripción de la medición de las emisiones del equipo PEMS.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	date	time	CO	CO2	HC			Exh flow r	Exh temp
2	2002/1/29	19:14:40.8	0.156	14.607				550.07	343.35
3	2002/1/29	19:14:40.8	0.137	14.739	40	244.4	14.67	530.98	343.35
4	2002/1/29	19:14:40.9	0.11	14.942	40	223.4	14.65	508.32	343.35
5	2002/1/29	19:14:41.0	0.086	15.078	40	209.4	14.63	490.64	343.35
6	2002/1/29	19:14:41.1	0.091	15.198	40	197.8	14.63	478.76	343.35
7	2002/1/29	19:14:41.2	0.07	15.282	40	187.4	14.61	337.56	343.25
8	2002/1/29	19:14:41.3	0.064	15.394	40	172.6	14.6	240.49	343.25
9	2002/1/29	19:14:41.4	0.043	15.466	40	165.2	14.61	266.57	343.15
10	2002/1/29	19:14:41.5	0.036	15.525	40	157.4	14.6	295.02	343.15
11	2002/1/29	19:14:41.6	0.033	15.578	40	152	14.65	322.98	343.05
12	2002/1/29	19:14:41.7	0.025	15.631	40	143	14.73	337.72	342.95
13	2002/1/29	19:14:41.8	0.022	15.671	40	138.2	14.88	417.69	342.95
14	2002/1/29	19:14:41.9	0.017	15.71	40	134.8	14.72	454.59	342.95
15	2002/1/29	19:14:42.0	0.015	15.705	40	131.2	14.56	451.38	342.95
16	2002/1/29	19:14:42.1	0.012	15.724	20	127.2	14.27	436.62	342.95
17	2002/1/29	19:14:42.2	0.012	15.724	20	124	14.18	435.93	342.95
18	2002/1/29	19:14:42.3	0.012	15.705	20	120.6	14.18	394.82	342.95
19	2002/1/29	19:14:42.4	0.005	15.705	20	117.6	14.29	318.56	342.95

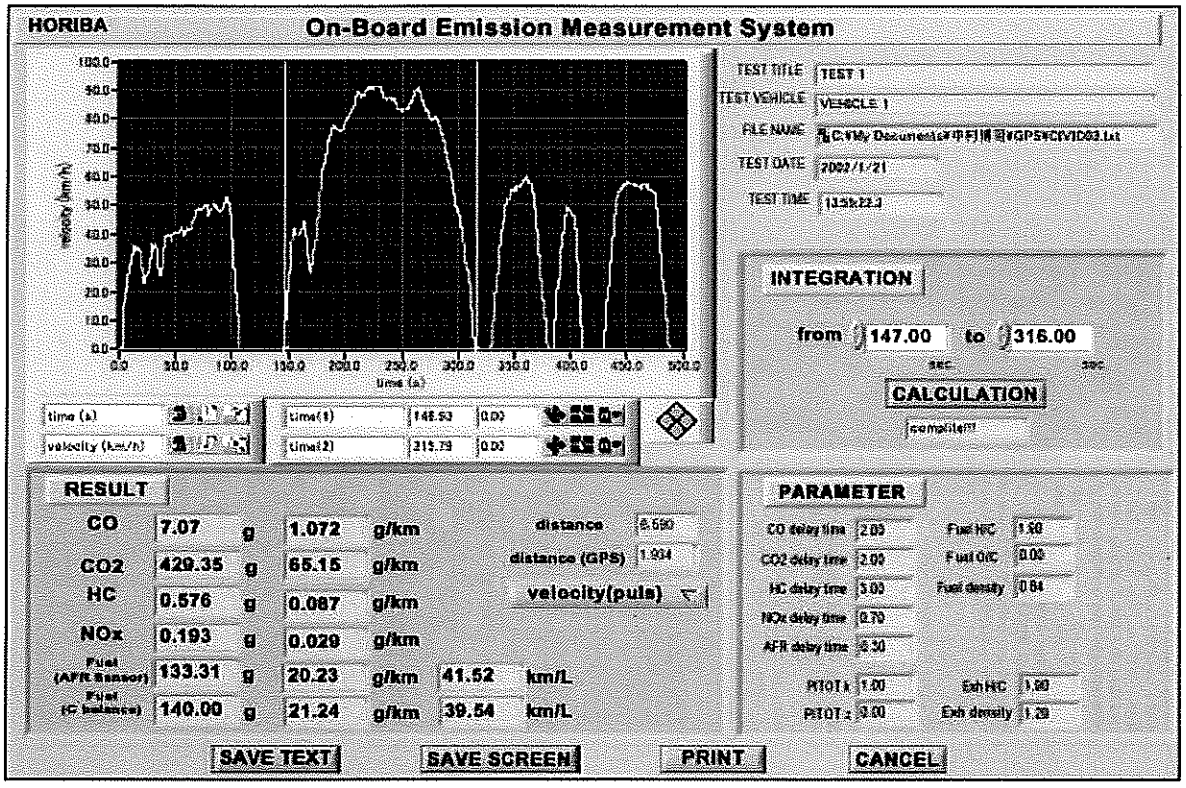


Figura 20.- Descripción del recorrido y medición de las emisiones con equipo PEMS

5.4.1.- Descripción del ciclo de prueba FTP-75

Actualmente las emisiones gaseosas reglamentadas de vehículos automotores son las de hidrocarburos no quemados (HC), monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NOx).

Uno de los procedimientos de prueba utilizados por el Instituto Mexicano del Petróleo para medir las emisiones de escape de automóviles de pasajeros y camiones ligeros es el procedimiento federal de prueba FTP-75 (FTP por sus siglas en inglés).

Este ciclo federal de prueba (FTP), es un ciclo urbano de manejo para dinamómetro (Urban Dinamometer Driving Scredule), llamado ciclo LA-4, conforme al Code of Federal Regulation de los Estados Unidos de Norteamérica (CFR 40, 86, App.I).

El ciclo FTP-74, es un ciclo urbano de manejo que tiene una duración de 1877 segundos (consta de una fase de 505 segundos en frío 867 segundos en la segunda etapa estabilizada, reposo y otros 505 segundos en caliente), totaliza 17.77 km (11.04 mi), la máxima velocidad es de 91.25 km/h (56.7 mph) y la velocidad promedio es de 34.12 km/h (21.2 mph), figura 19, figura 22 , fotografía 1 y fotografía 2.

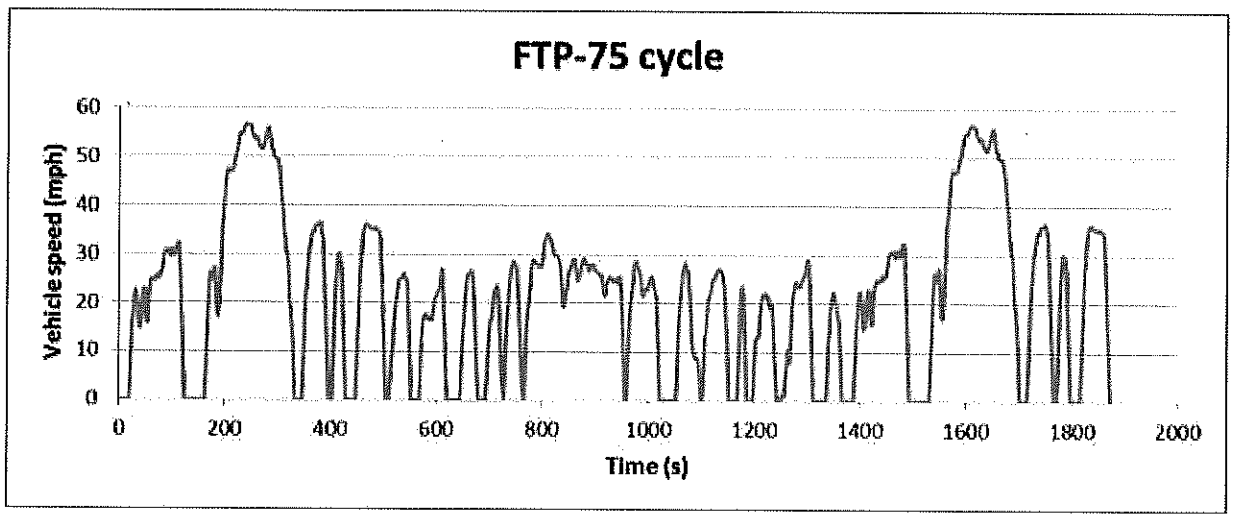


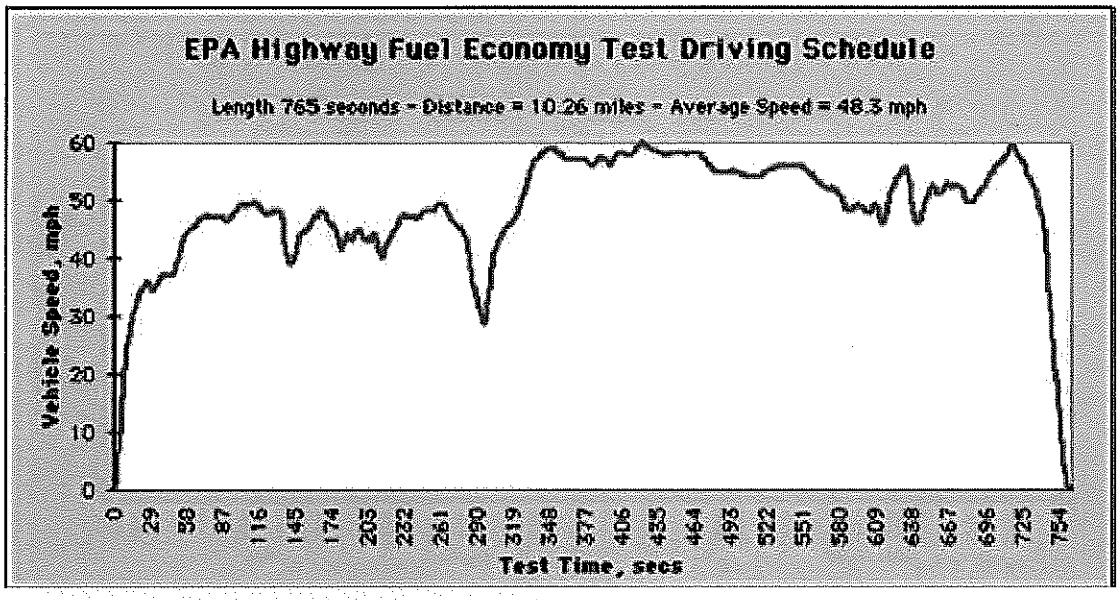
Figura 21.- Ciclo de Manejo FTP-75.

Normalmente conocido como **EPA (Agencia de Protección Ambiental de EEUU)**, el **FTP-75** es el procedimiento para homologar el consumo de los vehículos en **EEUU**, siendo la EPA el organismo que regula dicho procedimiento (y muchos otros).

El FTP-75 sustituyó al **FTP-72** añadiendo una **tercera fase**, idéntica a la primera, con la única diferencia de que ésta última (la tercera fase) se realiza con el motor caliente.

Esta fase comprende una distancia de **11.04 millas (17,77 km)**, tomando para ello **31 minutos y 23 segundos**, cuyos máximos picos de velocidad se sitúan en **55mph (88km/h)** y la velocidad media es de **21.2 mph (34 km/h)**.

Las emisiones de cada fase se recogen en una bolsa separada de teflón, analizado y expresando los resultados en g/milla. Los factores de ponderación son **0,43 para el arranque en frío, 1,0 para la fase transitoria y 0,57 para la fase de arranque en caliente** del total de consumo.

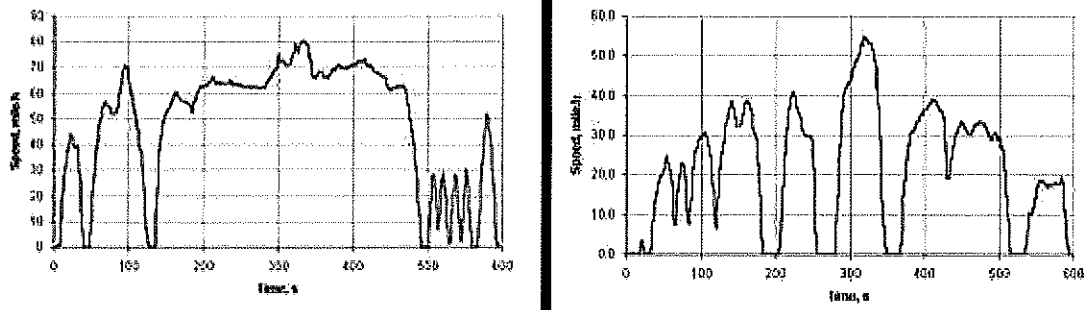


Fase extraurbana FTP-75

Figura 22.- Ciclo extra urbano o HWFET

La **fase extraurbana** se inicia con el motor caliente, y a lo largo de **12 minutos y 56 segundos** se realizan aceleraciones, deceleraciones y periodos de velocidad constante, donde nunca se superan las **60mph (95km/h)**, simulando así la conducción por autopistas y carreteras interurbanas.

A partir del año **2000**, los vehículos de EEUU se tienen que someter a otras pruebas complementarias al **FTP-75** para suplir las deficiencias de ésta: la conducción agresiva (US06) y el uso del aire acondicionado (SC03).



US06 SC03

Figura 23.- Ciclos de manejo adicionales US06 y SC03

El **ciclo FTP-75** consta de dos partes, al igual que los ciclos europeo y japonés: la medición urbana y extraurbana.

La **medición urbana** se divide en **3 fases**: **arranque en frio, fase transitoria y arranque en caliente**. Como ya dijimos, la primera y última fase son similares, con la única diferencia de que en la última el motor estaba caliente. Entre la fase transitoria y la final, se deja el motor ralentí 10 minutos.

Fotografía 1

Fotografía 2

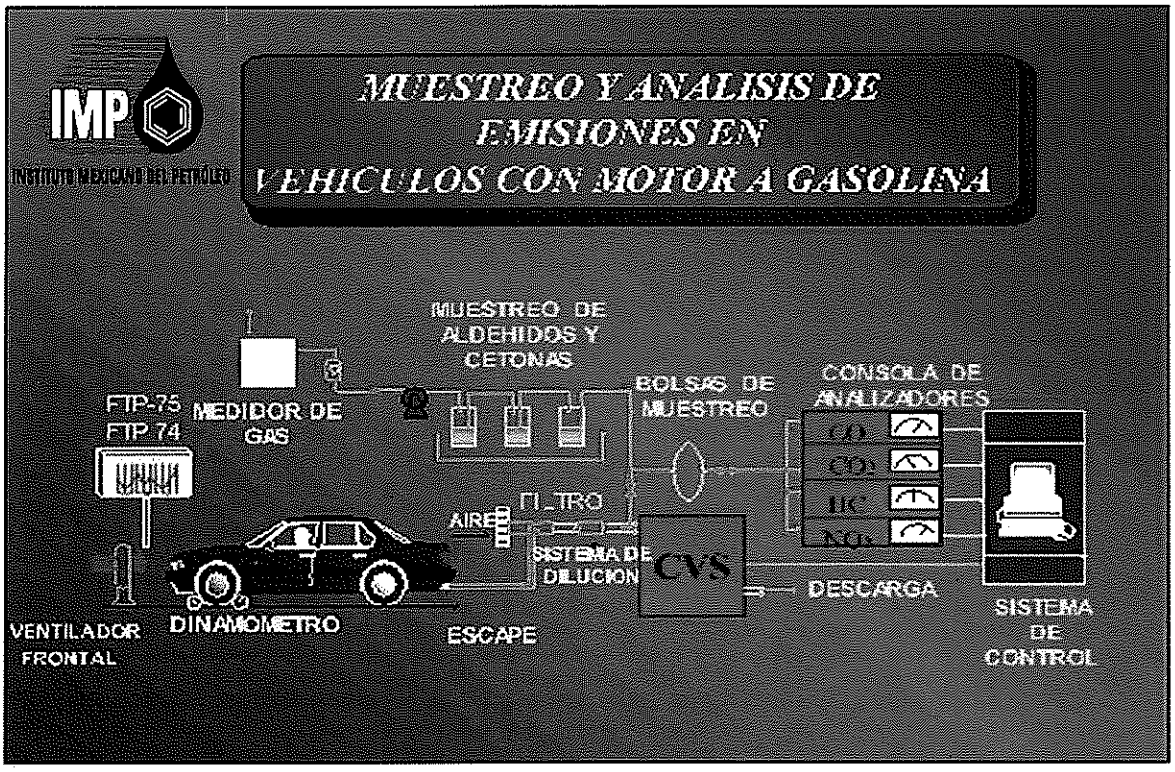


Figura 24.- Muestreo y análisis de emisiones en vehículos con motor a gasolina.

5.4.1.2 Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)

El ciclo **NEDC** es el ciclo de homologación **obligatorio** para todos los coches que se quieran comercializar en Europa. Las pruebas, las cuales son realizadas por vehículos con al menos 3.000 kilómetros de rodaje, se llevan a cabo en laboratorios independientes y de ellas se obtienen los consumos de los vehículos y las emisiones de CO2 (entre otros datos).

Para realizar la prueba en condiciones controladas, ésta tiene lugar dentro de una nave donde la temperatura se encuentra en los **20º y 24º**. Para simular el peso del vehículo en diferentes circunstancias, ya que el único ocupante del coche en las pruebas es el conductor, se usan unos rodillos sobre los que se monta el coche. Además, el vehículo debe haber estado 6 horas y media antes sin funcionar, para asegurar que se comienza la prueba con el motor en frío.

Este ciclo de homologación, al igual que en los otros dos, se divide en **ciclo urbano y extraurbano.**

Formato: 04AI-03-06-FG-07 Ver.4 MAP 03

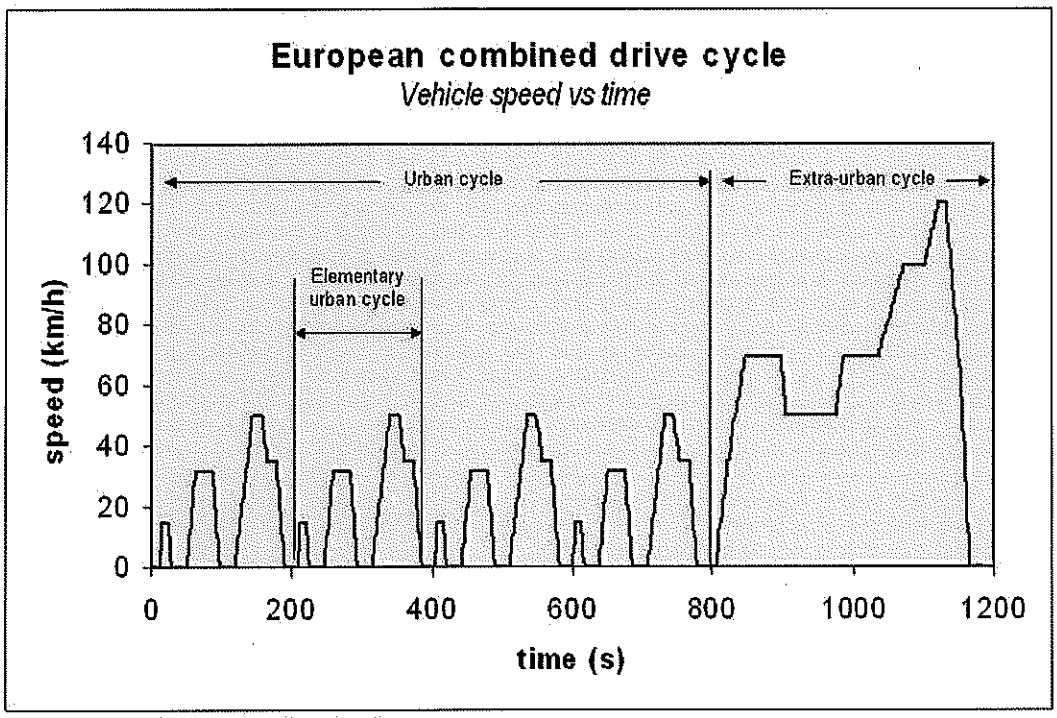


Figura 25.- Ciclo de prueba combinado NECD

Ciclo Urbano.

El ciclo consta básicamente de aceleraciones, deceleraciones, periodos de velocidad constante (15 km/h, 35 km/h y 50 km/h) y ralentí. Con ello se busca conseguir una simulación parecida a la conducción en ciudad. La velocidad máxima alcanzada es de **50 km /h**, obteniendo una velocidad media de **19 km /h** y una distancia recorrida de aproximadamente **cuatro kilómetros**. Este ciclo urbano se repite cuatro veces, siendo la duración de cada una de **3 minutos y 15 segundos**.

Ciclo extraurbano

Este ciclo se lleva a cabo justo después del ciclo urbano, y consta de periodos con velocidad constante (50 km/h, 70 km/h, 100 km/h y 120 km/h) junto a aceleraciones y deceleraciones, además del ralentí. La velocidad máxima que se alcanza es de **120 km/h**, con una velocidad media de **63 km/h** y una distancia recorrida de unos **siete kilómetros** en aproximadamente **6 minutos** de duración.

Tras 11 kilómetros de recorrido, el **resultado** del consumo combinado resulta al realizar un promedio de los datos obtenidos de ambas partes del ciclo, teniendo en cuenta la distancia recorrida en cada parte.

Formato: 04AI-03-06-FG-07 Ver.4 MAP 03

5.5. Desarrollo de pruebas comparativas PEMS y CVS

Todos los instrumentos PEMS empleados durante para este se encuentran calibrados, verificados y operando de acuerdo a las recomendaciones del manual y fabricante (Horiba Instruments Inc.). Los analizadores individuales del sistema OBS-1100 se encuentran calibrados y verificados antes de la implementación del instrumento de medición para los estudios en laboratorio. A continuación se describe brevemente la verificación y el sistema de control en el instrumento-OBS 1000.

1.- Según lo recomendado por el fabricante, los ajustes del "amplificador de cero" y "ganancia del detector" para el detector de ionización de flama y el detector de quimioluminiscencia o por celda de circonio, y ajustes del "amplificador de ganancia" para el FID se deberán realizar antes al analizador para su liberalización ya que estos ajustes afectan la sensibilidad del analizadores FID, NDIR y MEXA—720NOx.

2.- Realizar las verificaciones del analizador de "linealidad" para cada analizador individual (es decir, CO, CO2, el THC, y NOx) con una mezcla de gas de calibración, mezclado en 10 diferentes proporciones igualmente espaciados a través del rango seleccionado de medición para un analizador dado. Se recomienda realizar un análisis de regresión de mínimos cuadrados para posteriormente verificar la respuesta del analizador y la mezcla de gas de calibración teórica y verificando que cumplen con criterios de liberalización del equipo conforme el fabricante

3.- Después de las verificaciones de "linealidad" se debe llevar a cabo una serie de pruebas de interferencia con el fin de cuantificar la cantidad de interferencia entre el componente que se está midiendo y cualquier otro componente que sea conocido por interferir con la medida y que están normalmente presentes en la muestra de gas de escape. Estos incluyen, chequeo de CO2 y agua (H2O) y su efecto en NOx, CO2, propano (C3H8) y de chequeo de interferencia de H2O en CO, control de interferencia de oxígeno (O2) en THC, así como como pruebas de interferencia CO, C3H8, y H2O en CO2. Además, se debe verificar el estado de la celda de circonio y chequeos minuciosos del THC para garantizar la respuesta del analizador adecuado.

B.- Instalación y Pruebas PEMS.

Una vez instalado el equipo OBD (PEMS) en el vehículo de prueba, diariamente antes del inicio de la prueba, el PEMS se debe precalentar y dejar estabilizar térmicamente durante al menos una hora (o lo indicado en el manual de usuario). Después del precalentamiento y antes del comienzo de cada prueba de ruta, los controles de "cero" y "span", y ajustes se deben realizar para cada analizador, seguido de un control interno del sistema automatizado.

Antes de comenzar la prueba, el equipo PEMS se debe validar mediante la colocación de todos los sistemas en el modo de muestra con el motor del vehículo de prueba encendido y configurado para operar en marcha. Durante este tiempo de prueba, cada medición debe ser comprobada su coherencia, usando un buen juicio de ingeniería.

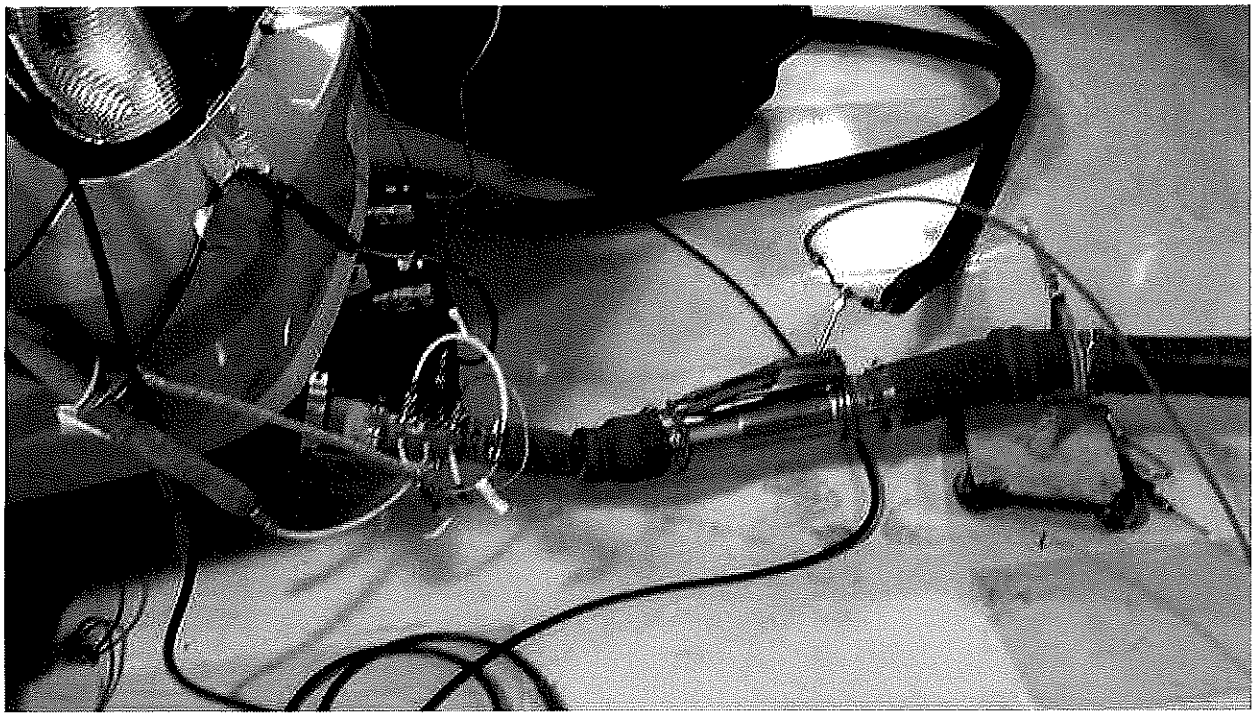
Los controles de "Cero" y "span" y ajustes se deben realizar antes e inmediatamente después de la finalización de cada ruta de prueba y los valores de desviación del analizador deben ser registrados automáticamente por el software del OBS para la corrección posterior de la desviación de los resultados de medición.

C.- Comparación con sistema CVS y equipo OBS-1100 (PEMS).

En cada vehículo de prueba seleccionado para pruebas de correlación cruzadas como comprobación de criterios de calidad, entre el OBS 1000 (PEMS) e instrumentos de laboratorio, cada vehículo operado durante los ciclos de pruebas estandarizadas (FTP-75 y NECD) en el dinamómetro de chasis con baja potencia de muestro del volumen del (CVS). Con la finalidad de establecer las diferencias y el porcentaje de variación (%) con la finalidad de establecer la consistencia en los resultados de la medición del PEMS, así como para identificar posibles problemas con la configuración de la medición en carretera.

El mismo adaptador de 2 pulgadas de diámetro (ID) tal como se utiliza durante la prueba en carretera de vehículos (véase la Figura 23) se instaló en la línea de escape que va desde la punta de escape de los vehículos hasta el túnel CVS como se muestra en la Figura 1 (ver lado derecho de la figura). El equipo OBS-1000 (PEMS) se instaló y configuro para medición de las concentraciones de gases de escape de CO2, NOx, CO y THC, flujo volumétrico de escape, y las condiciones del aire ambiente dentro de la celda de ensayo. Durante la fase inicial del punto de muestreo-OBS 1000, el personal del IMP instaló una un analizador portátil para emisiones de escape Marca Horiba, modelo MEXA 64 y la toma de muestra del banco de medición de emisiones crudas.

Lo descrito anteriormente tiene la finalidad de la correlación cruzada entre los gases de escape reguladas medidos continuamente con el OBS-1000 PEMS y el sistema CVS, incluyendo CO2, NOx, CO y THC.



Fotografía 3.- Montaje experimental y extracción de muestra de escape durante la prueba del dinamómetro de chasis en Vehículo en IMP en la Ciudad de México, instalación del vehículo de prueba.

D.- Matriz de pruebas para correlación.

Los experimentos se realizarán con más de tres ciclos de pruebas de certificación, concretamente, el FTP-75, HWFET, y el NEDC europeo como se muestra en la Tabla 2 utilizando el mismo combustible de prueba como se ha utilizado durante las pruebas de emisiones en carretera.

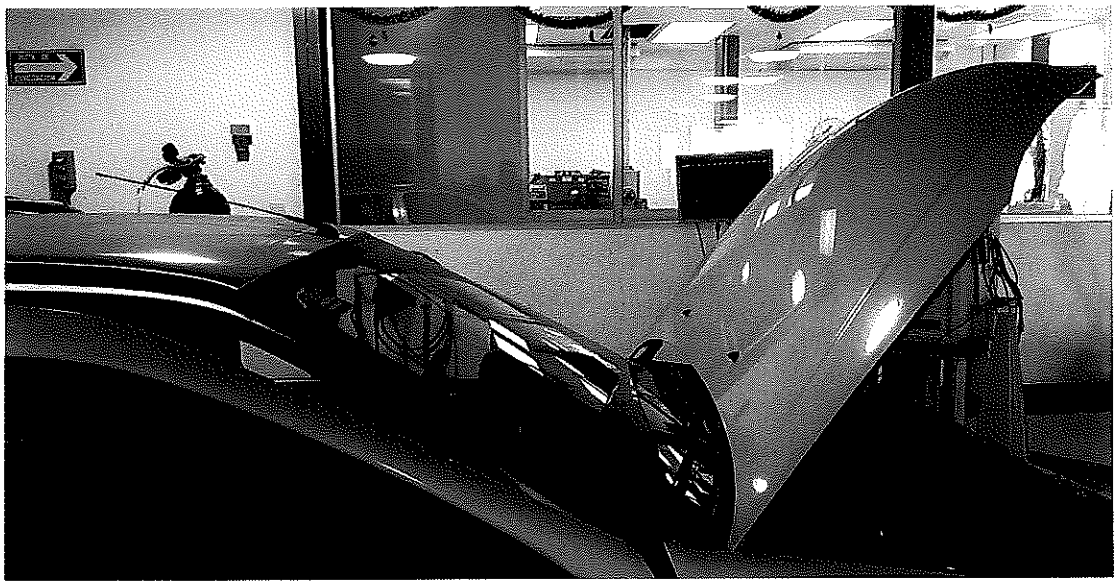
Tabla 2.- Descripción de la matriz para desarrollo de pruebas en vehículos (EPA y EURO).

Ciclo de Prueba	Condición	CVS	PEMS	Comentario
NEDC	Frio	X	X	Ninguno
HWFET	Caliente	X	X	Ninguno
FTP-75	Frio/Caliente	X	X	Ninguno
HWFET	Caliente	X	X	Ninguno
NEDC	Frio	X	X	Ninguno

Actualmente se encuentran desarrollando pruebas de ajuste entre el equipo PEMS, marca Horiba modelo 1100 y equipo CVS.

Fotografía 4.- Vista general del equipo CVS, PEMS y equipos periféricos.

Fotografía 5.- Vista lateral del equipo CVS, PEMS y equipos periféricos.



Fotografía 6.- Vista frontal a la pantalla para manejador del equipo CVS.

Participantes

(Nombre y firma)

M en C Gabriel López Vidal

Jefe(a) de Proyecto

Tel. 91758354

Correo-e: gvidal@imp.mx

M en A Marco Antonio Torres Contreras

Especialista

Tel. 921758345

Correo-e: mtorresc@imp.mx