

FACTORES DE EMISIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS MEDIDOS LOCALMENTE EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ



Hincapié, Óscar David¹; Agudelo, John Ramiro¹;
Agudelo, Andrés Felipe¹; Orrego, Ana Zuleima²;
Sarmiento, José Luis³



¹ Grupo GIMEL, Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia.

² Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Sub-dirección de Calidad de Aire.

³ Instituto Colombiano del Petróleo – ECOPEPETROL.



Agosto 2019



INTRODUCCIÓN

PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA
CICLO DE CONDUCCIÓN AMVA
METODOLOGÍA
FACTORES DE EMISIÓN

Factores de emisión de vehículos livianos medidos localmente en el área metropolitana del Valle de Aburrá

INTRODUCCIÓN

Valle de Aburrá

Municipios	Extensión km ²	N.Habitantes (hab)	Densidad (hab/km ²)	Altitud msnm
Medellín	380,64	2.530.723	6221,8	1538
Bello	142,36	578.560	2960,9	1450
Itagüí	21,09	280.920	15021,7	1550
Envigado	78,78	238.599	2889,0	1675
Caldas	135	81.762	583,4	1750
Copacabana	70,00	74.033	952,3	1454
La Estrella	35,00	67.332	1668,9	1775
Girardota	78,00	58.477	663,0	1425
Sabaneta	15,00	54.559	3266,4	1550
Barbosa	206,00	53.832	227,9	1300
Total	1.156,18	4.256.997	**	**

Estimación de población para 2018 realizado por el DANE.

Tomado de:

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls

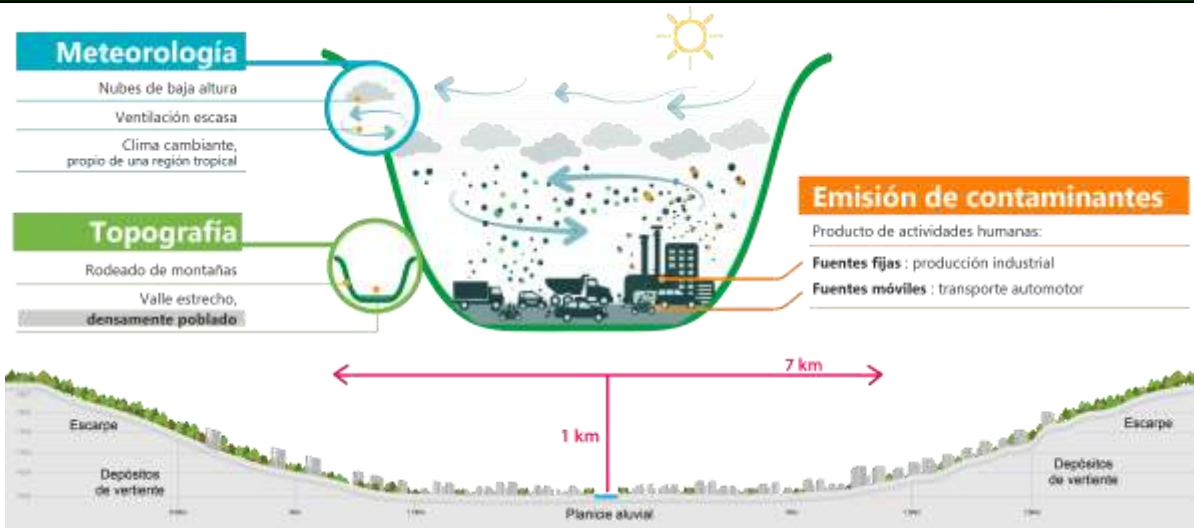


INTRODUCCIÓN

PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA
CICLO DE CONDUCCIÓN AMVA
METODOLOGÍA
FACTORES DE EMISIÓN

Factores de emisión de vehículos
livianos medidos localmente en el área
metropolitana del Valle de Aburrá

INTRODUCCIÓN



Tomado de: <https://www.metropol.gov.co/ambientales/calidad-del-aire/generalidades/condiciones-especiales>



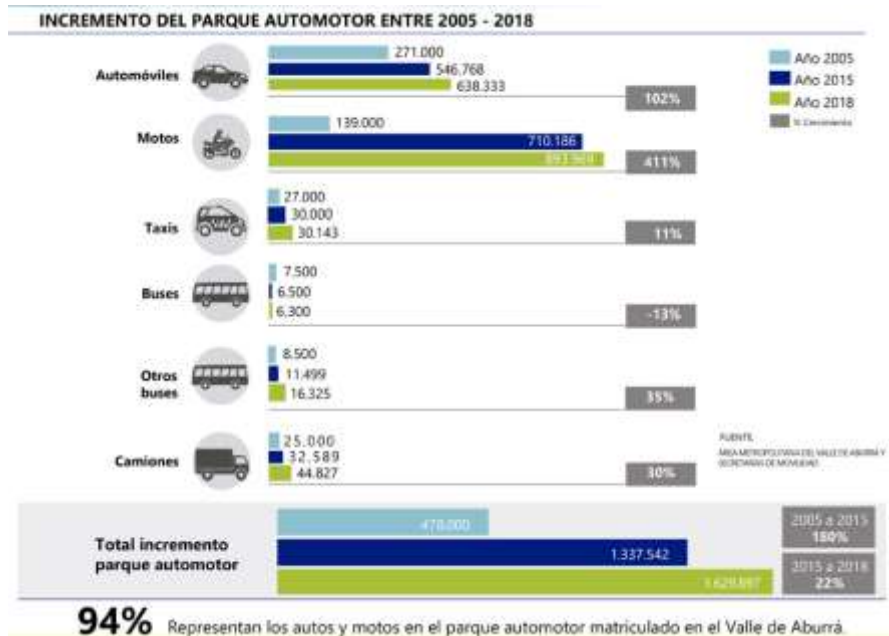
Tomado de: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/las-ciudades-mas-contaminadas-de-colombia-244542>

INTRODUCCIÓN

PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA
 CICLO DE CONDUCCIÓN AMVA
 METODOLOGÍA
 FACTORES DE EMISIÓN

Factores de emisión de vehículos livianos medidos localmente en el área metropolitana del Valle de Aburrá

INTRODUCCIÓN



Imágenes tomadas de:

<https://www.metropol.gov.co/ambientales/calidad-del-aire/generalidades/condiciones-especiales>



Twitter: @areametropol | www.metropol.gov.co

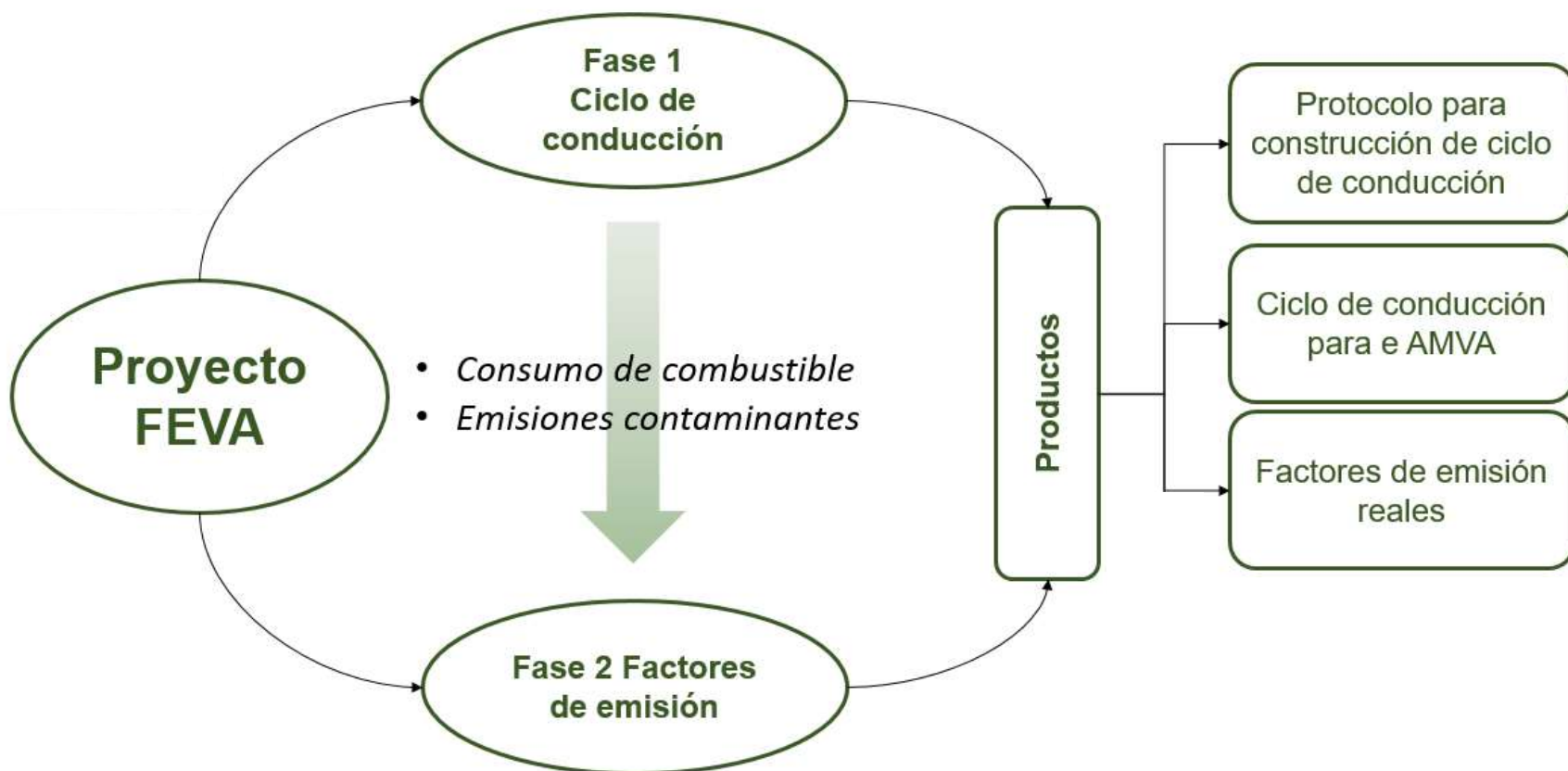


INTRODUCCIÓN

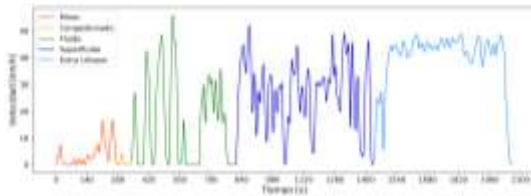
PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA
CICLO DE CONDUCCIÓN AMVA
METODOLOGÍA
FACTORES DE EMISIÓN

Factores de emisión de vehículos
livianos medidos localmente en el área
metropolitana del Valle de Aburrá

INTRODUCCIÓN



PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA



**Perfil
Velocidad Vs
Tiempo**

Topografía



**Malla vial –
Hábitos de
conducción**

**Características
del tráfico**

**Ciclo de
conducción**

Estimaciones

- Consumo de combustible
- Emisiones contaminantes

Nuevas Tecnologías

- Homologación de vehículos
- Evaluación de dispositivos

PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA

**Definición de
rutas**

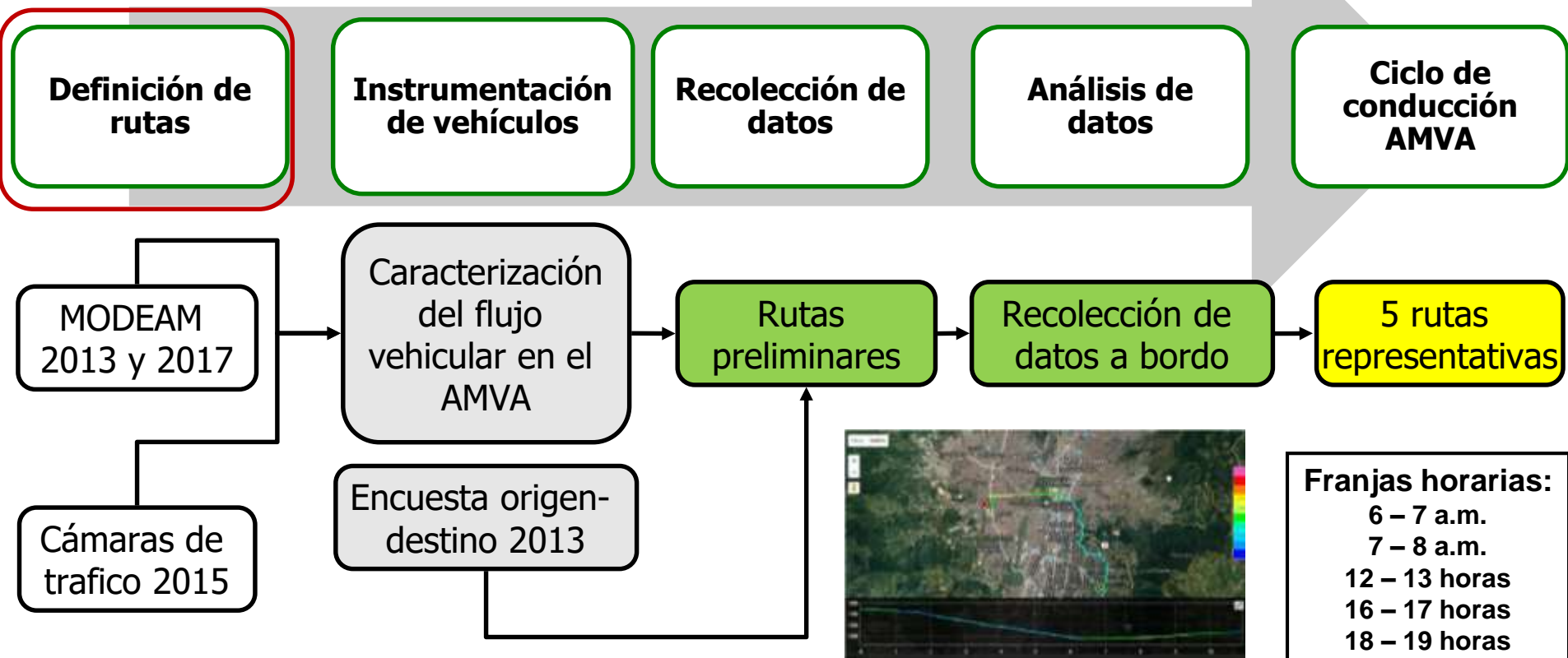
**Instrumentación
de vehículos**

**Recolección de
datos**

**Análisis de
datos**

**Ciclo de
conducción
AMVA**

PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA



PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA

Definición de rutas

Instrumentación de vehículos

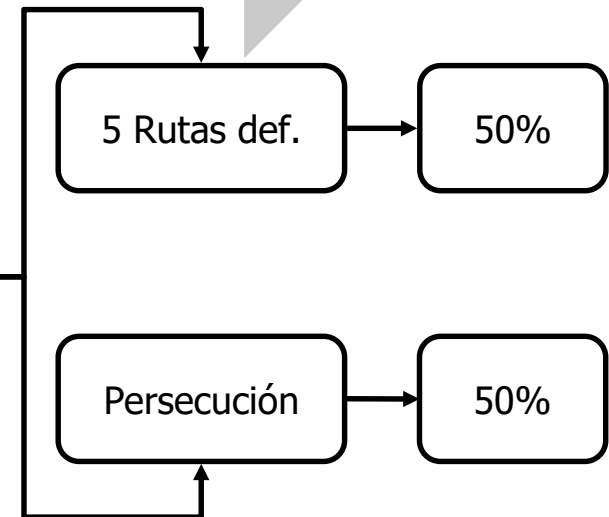
Recolección de datos

Análisis de datos

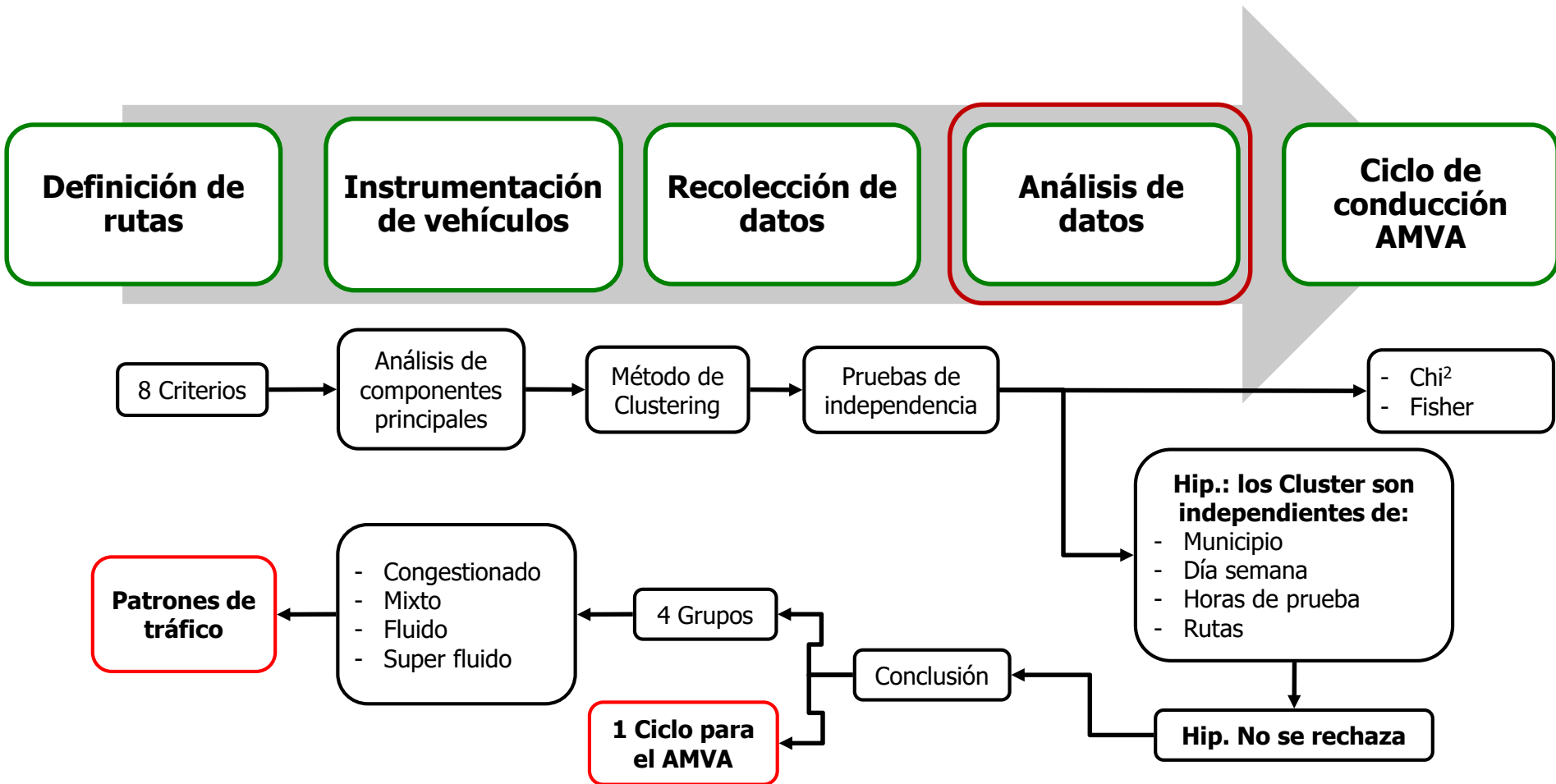
Ciclo de conducción AMVA

Variables registradas

1. Velocidad
2. Régimen de giro
3. Porcentaje de aceleración
4. Aceleraciones lineales
5. Velocidades angulares
6. Potencia alternador
7. Sensores de oxígeno
8. Par del motor
9. Avance en la ignición
10. Temp. Aire admisión
11. Presión de la admisión
12. Ubicación GPS
13. Temp. y humedad relativa ambiente



PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA



PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA

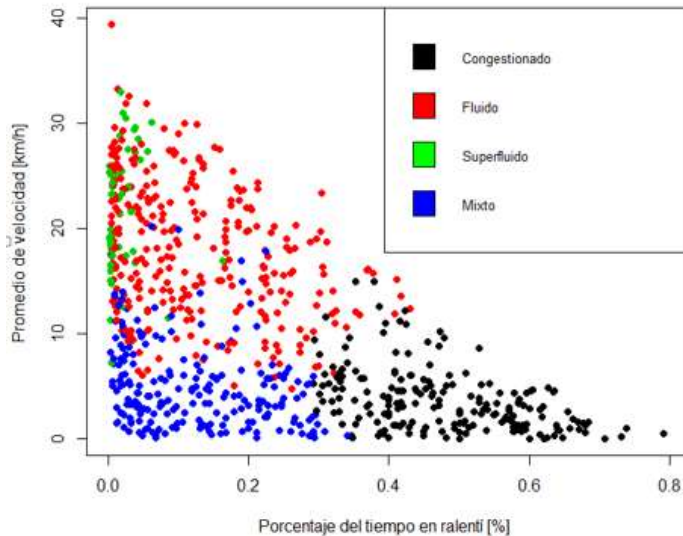
Definición de
rutas

Instrumentación
de vehículos

Recolección de
datos

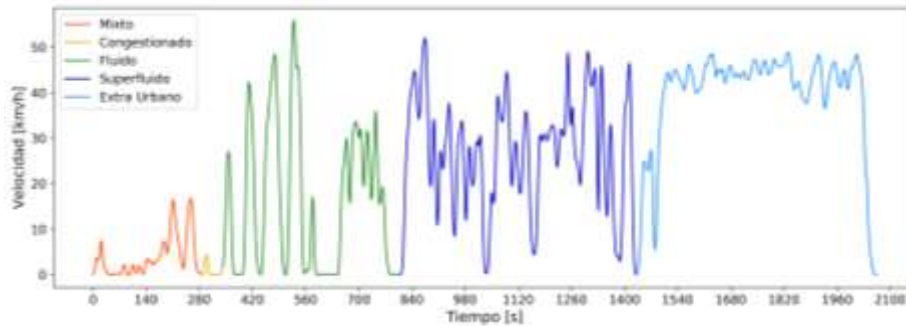
Análisis de
datos

Ciclo de
conducción
AMVA

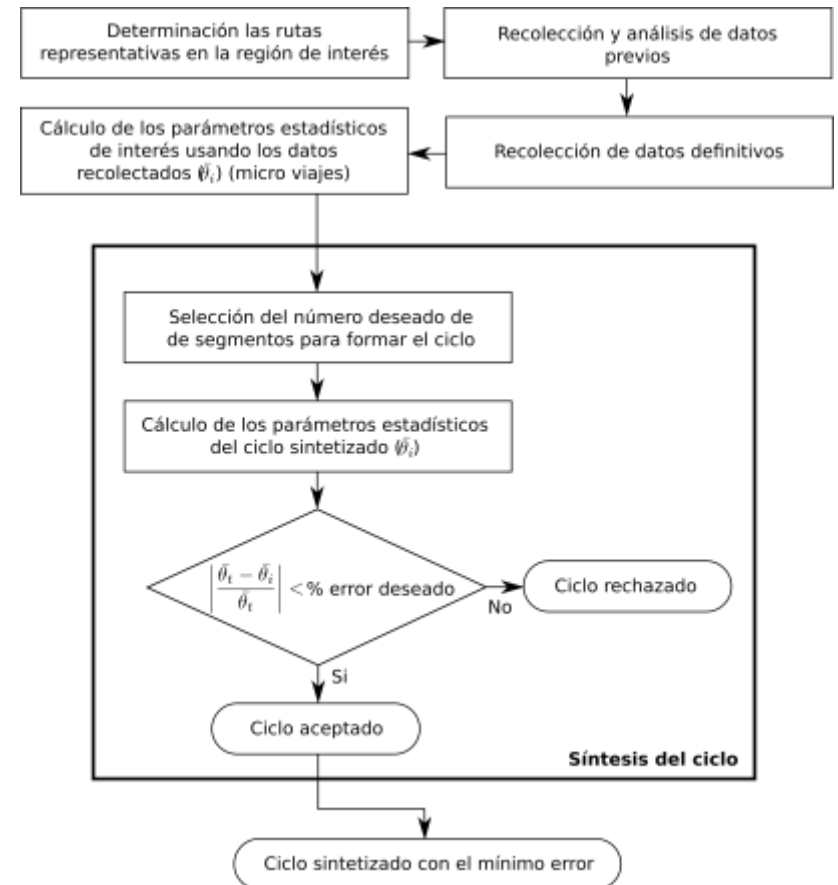
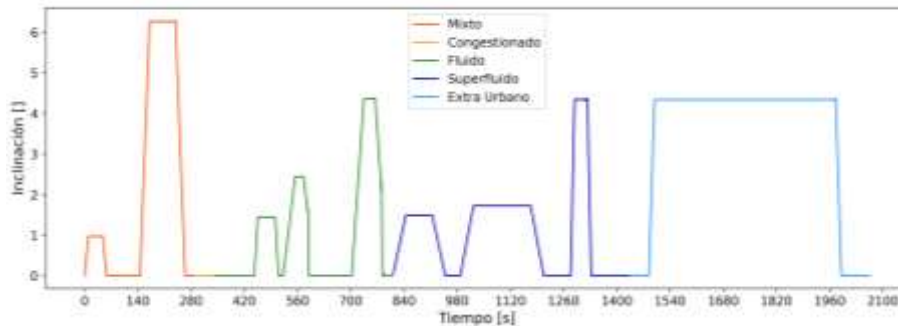


Tipo de tráfico	Porcentaje de tiempo del clúster en el ciclo de conducción (%)	Tiempo de medición para cada <i>cluster</i> (s)
Congestionado	14.2	13192
Mixto	17.1	15920
Fluido	38.4	35670
Superfluido	30.2	28077
Total	100	92840

PROTOCOLO CONSTRUCCIÓN CICLO AMVA



Ciclo de conducción para vehículos livianos

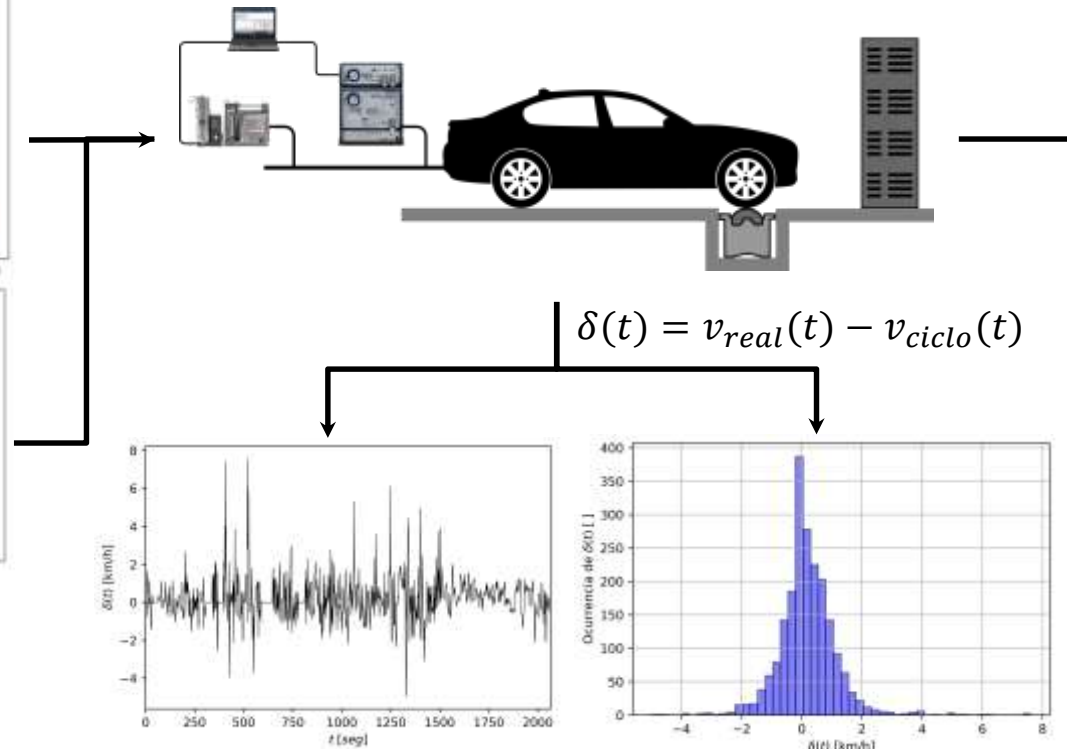
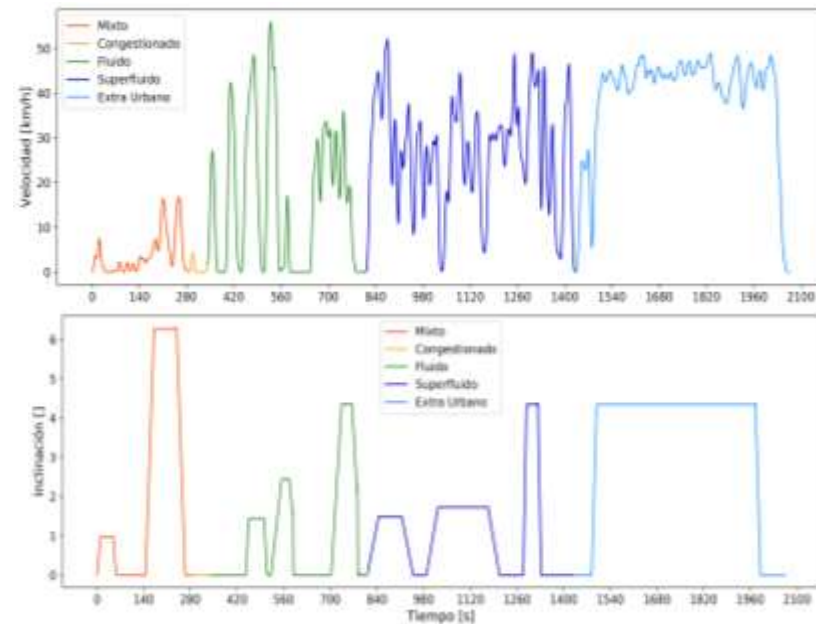


METODOLOGÍA

Ref.	Cilindrada [cc]	Modelo	Kilometraje [km]	Datos técnicos
Vehículos de ciclo Otto				
G1	1000	2001	67944	Iny. monopunto, sin catalizador
G2	1600	2016	36483	MPFI secuencial, catalizador de 3 vías
G3	2700	2008	16304	MPFI, VVTi, catalizador de 3 vías.
G4	2000	2017	14959	Inyección directa de gasolina, catalizador de 3 vías.
Vehículos de ciclo Diesel				
D1	2500	2004	200972	TC, sin intercooler, pre-Euro
D2	3000	2008	26839	TC, intercooler, EGR, common rail, Euro 2
D3	2500	2016	43365	TC, intercooler, common rail, EGR, DOC, Turbina de geometría variable, Euro 4
D4	3700	2017	16110	TC, intercooler, common rail, EGR refrigerado, POC, Euro 4



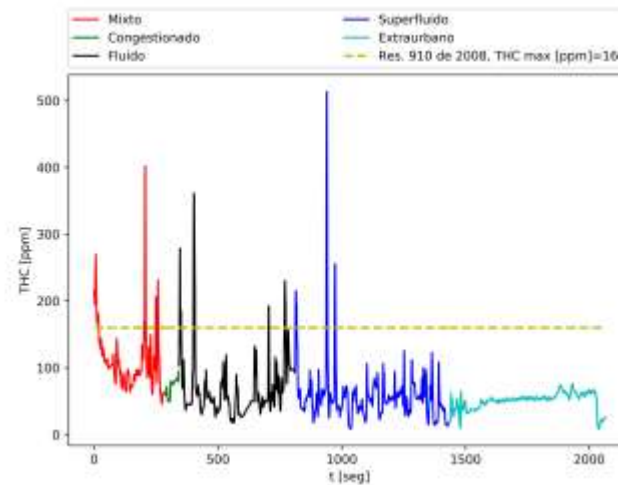
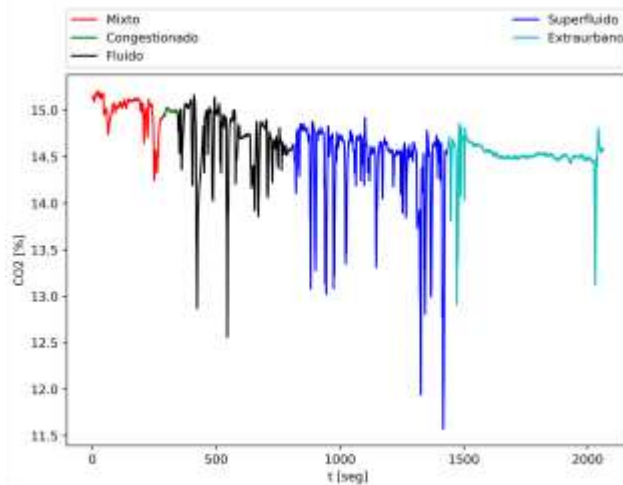
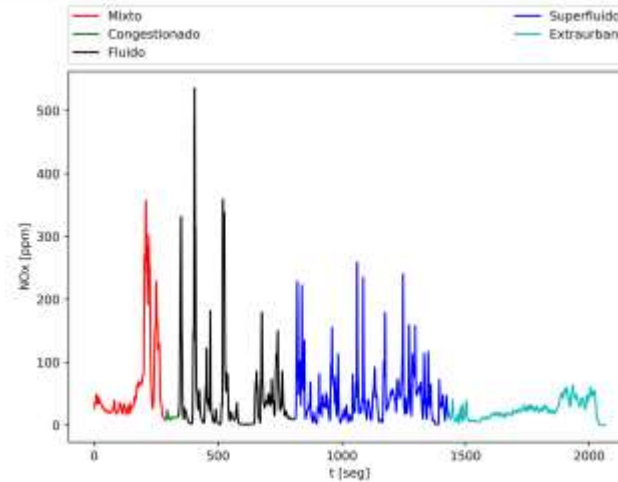
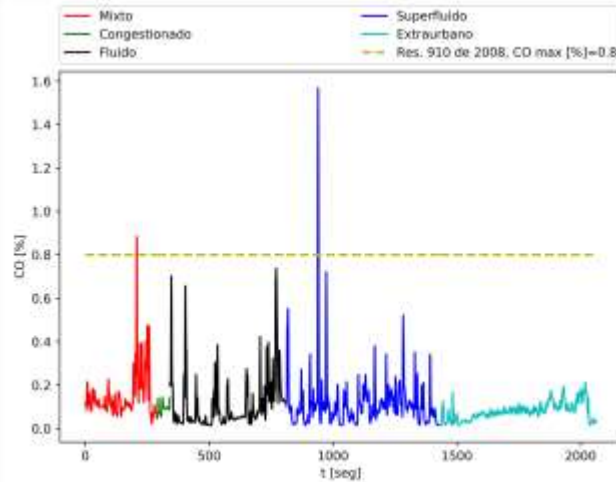
METODOLOGÍA



Emisiones contaminantes:
CO, CO₂, NO_x, THC, PM_{2.5}, PN_{2.5}

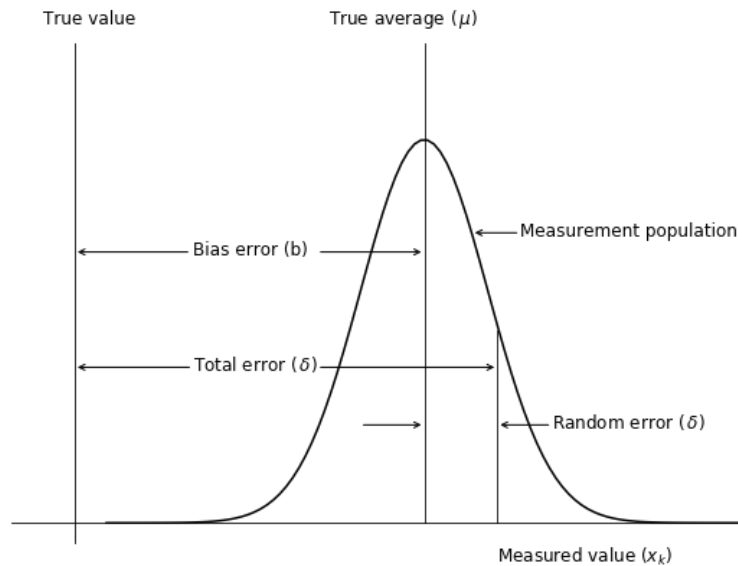
Error en la reproducción del ciclo para el vehículo a gasolina G2

METODOLOGÍA



Perfiles de CO, CO₂,
NO_x y HC para el
vehículo a gasolina G2

METODOLOGÍA



$$FE_i = \frac{m_T}{d_T} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_{N_{\mu c}}}{d_1 + d_2 + \dots + d_{N_{\mu c}}} \therefore m_{N_{\mu c}} = \frac{\rho_i}{60f} (\dot{V} \cdot C_i)$$

Fuente de incertidumbre	CO	CO ₂	NOx	THC
Escala (FE)	0 - 6%	0 - 16%	0 - 100 ppm	0 - 100 ppm
Exactitud			±2% lectura	
Ruido (Zero)			±0.4% FE	
Ruido (Span)			±0.4% FE	
Repetibilidad (Zero)			±1% FE	
Repetibilidad (Span)			±1% FE	
Linealidad			±2% lectura	
Zero (Drift)			±0.5% FE	
Zero (Span)			±1% lectura	
Presión de muestreo			±2% lectura	
Temperatura (Zero)			±2% FE	
Temperatura (Span)			±2% lectura	
Presión en el escape			±1% lectura	
Vibración			±1% FE	

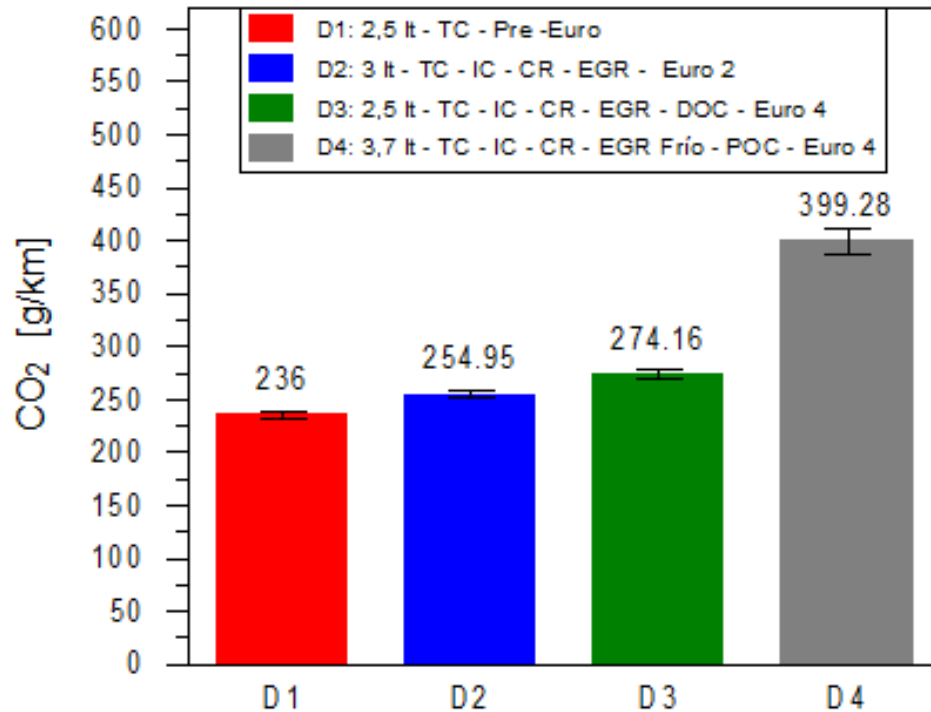
Hincapie, O.D. Diseño e implementación de un modelo para el cálculo de incertidumbres de emisiones contaminantes en pruebas dinámicas y estáticas de fuentes móviles. Universidad de Antioquia. Medellín, 2017.

$$U(FE_i) = 2\sqrt{s^2(x) + b^2(x)} = \sqrt{\frac{\sigma^2(FE_i)}{n} + \frac{1}{(d_1 + d_2 + \dots + d_{N_{\mu c}})^2} \sum_{\mu c=1}^{N_{\mu c}} \left(\frac{\rho_i}{60 \cdot f}\right)^2 [C_i \cdot b(V)^2 + \dot{V} \cdot b(C_i)^2]}$$

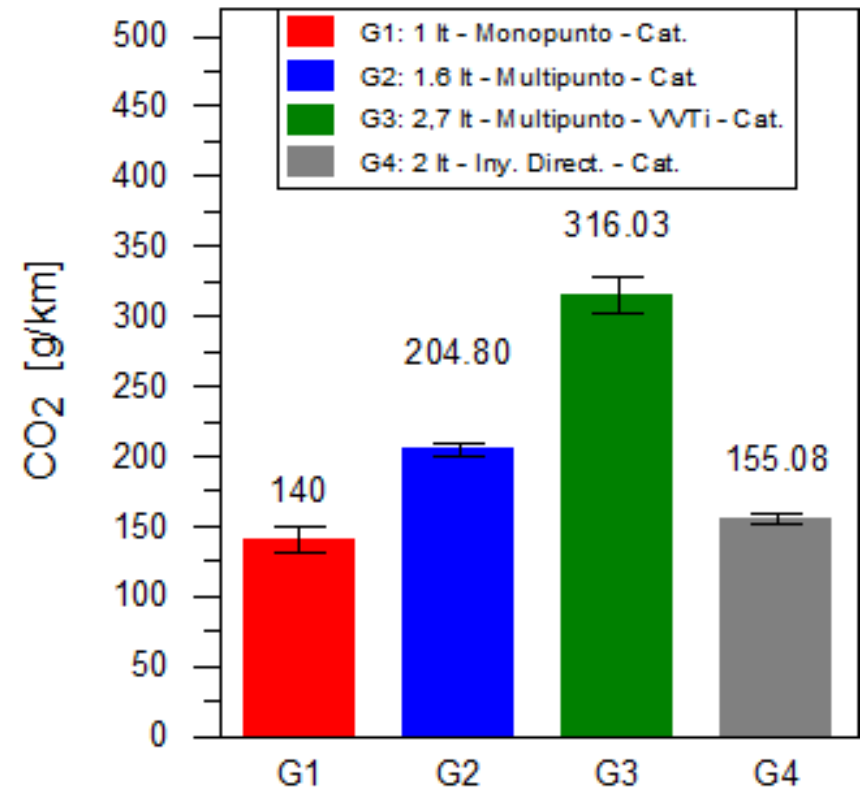
FACTORES DE EMISIÓN

Factor de emisión de CO₂

Vehículos livianos a diesel

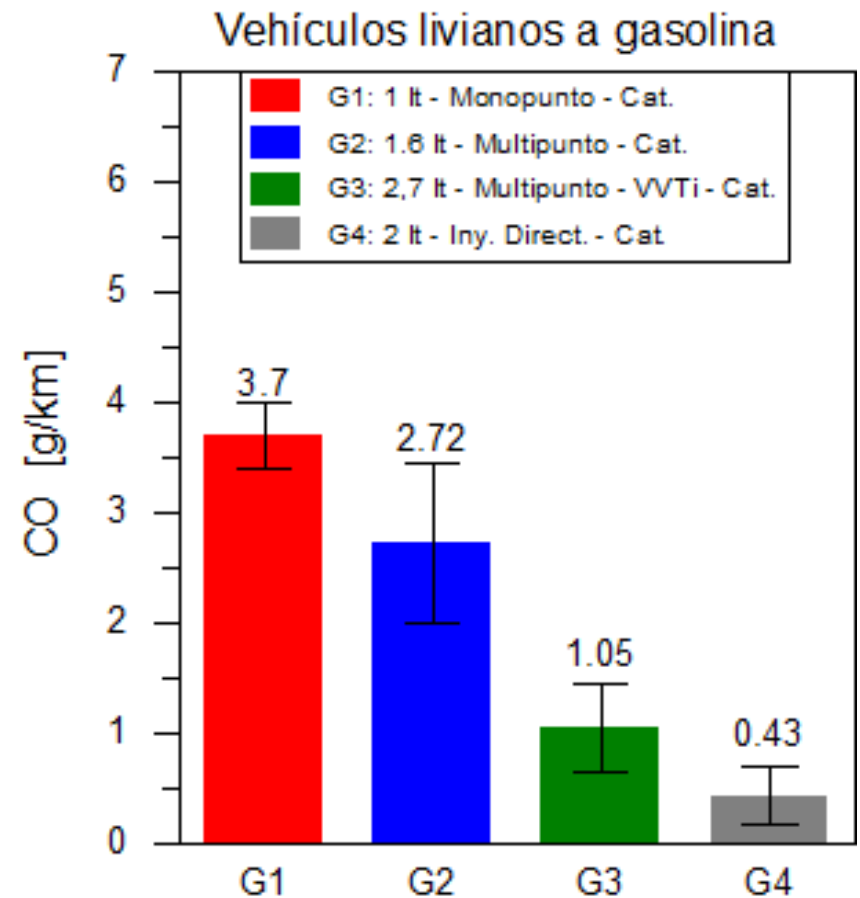
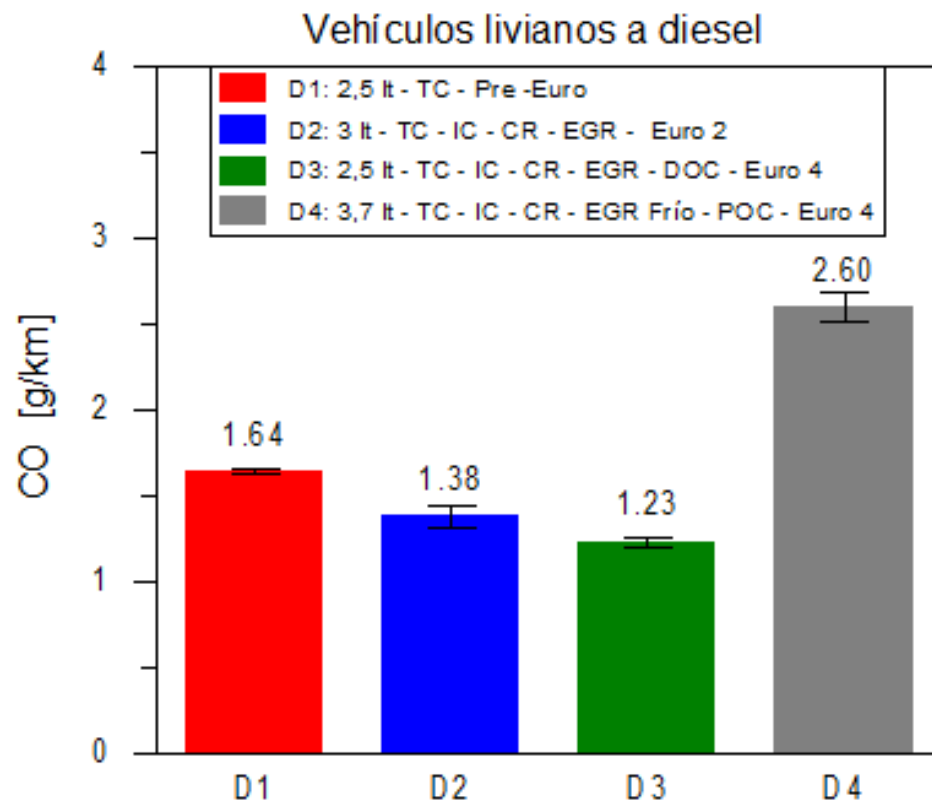


Vehículos livianos a gasolina



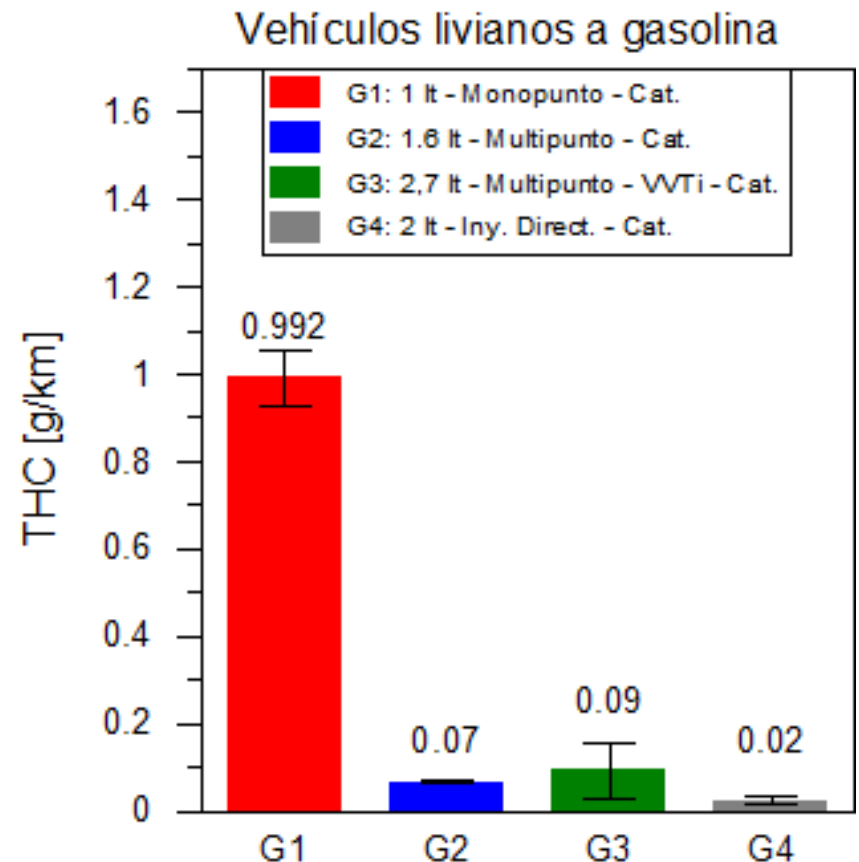
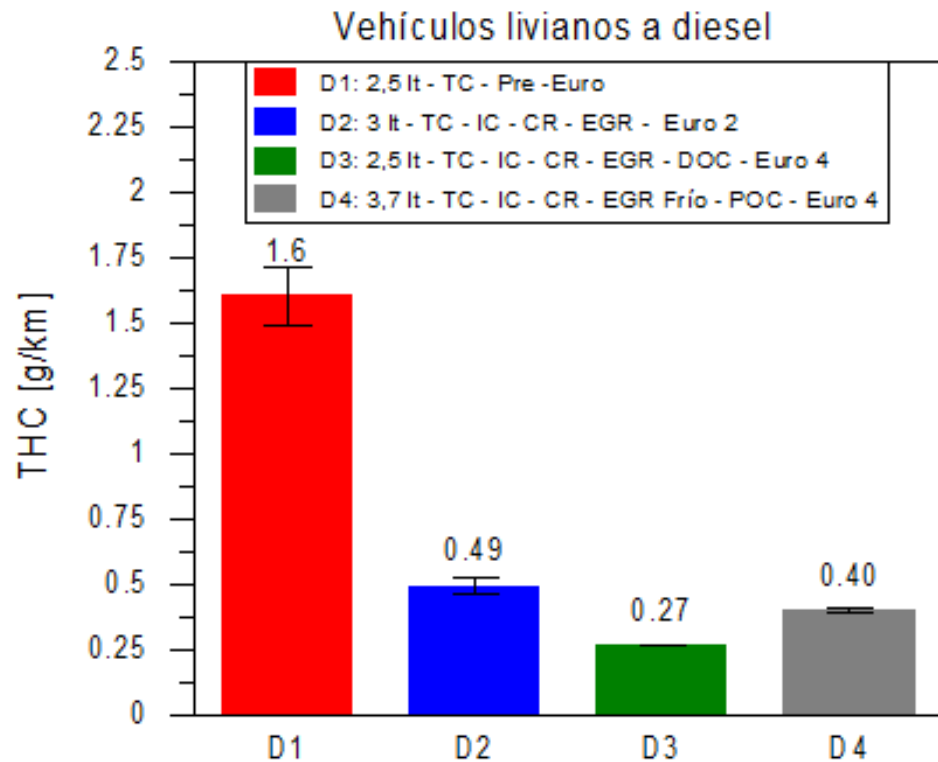
FACTORES DE EMISIÓN

Factor de emisión de CO



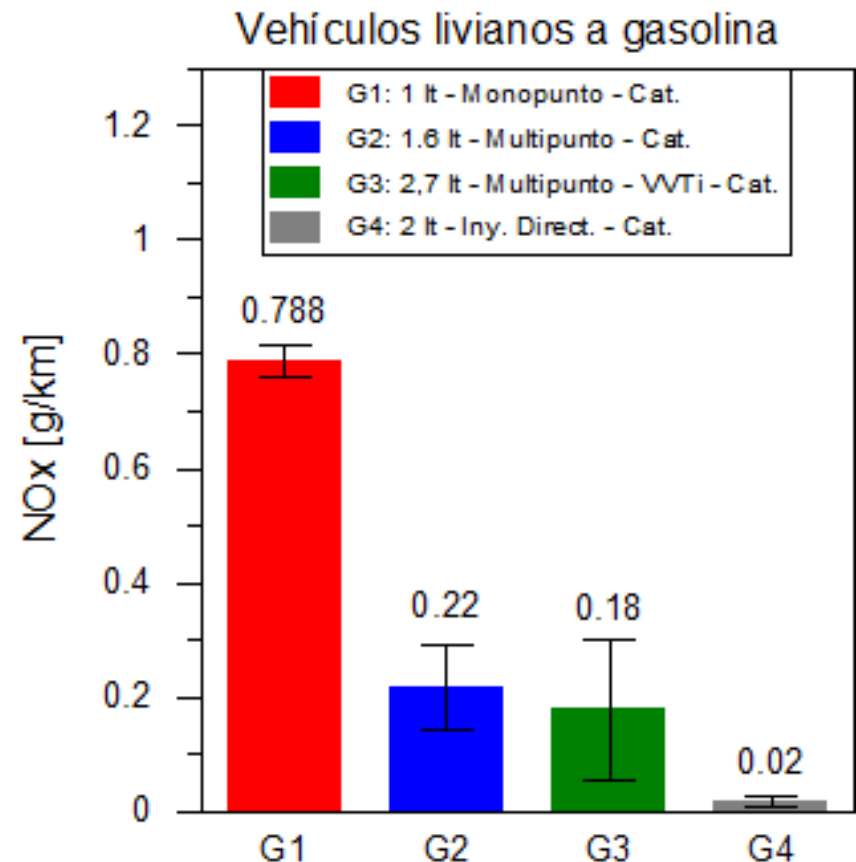
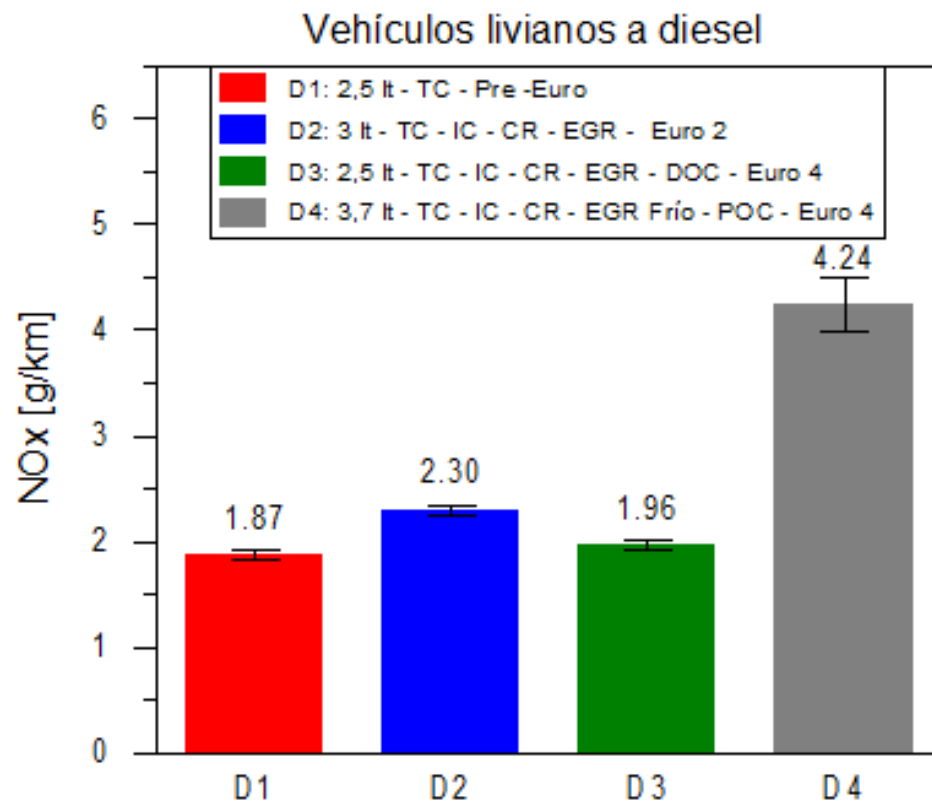
FACTORES DE EMISIÓN

Factor de emisión de THC



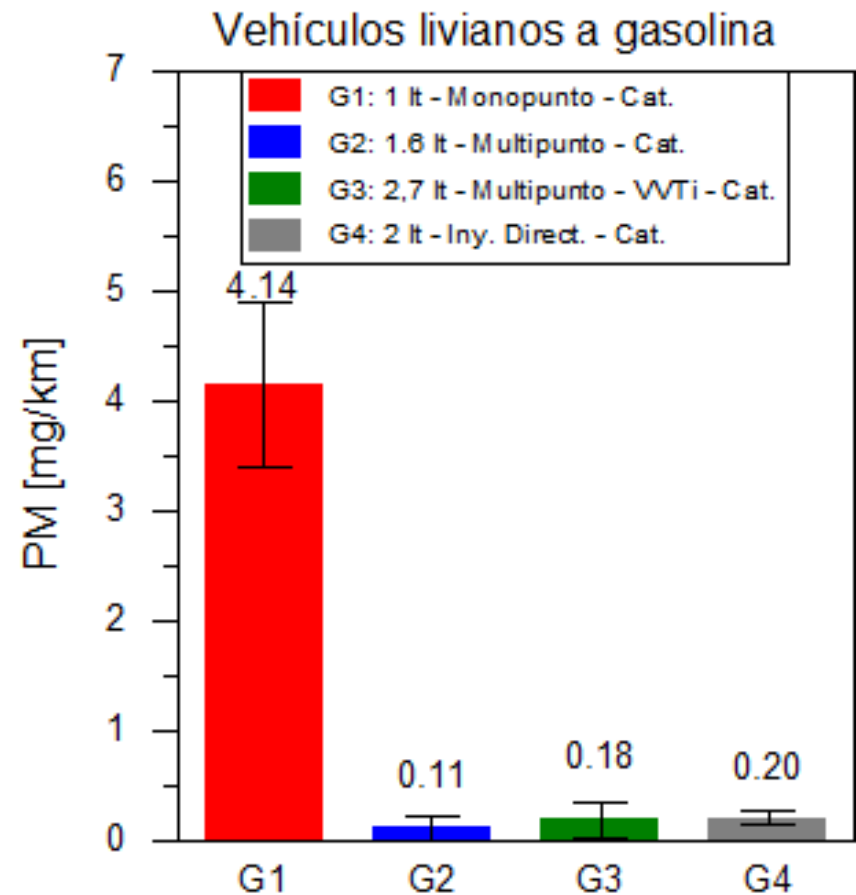
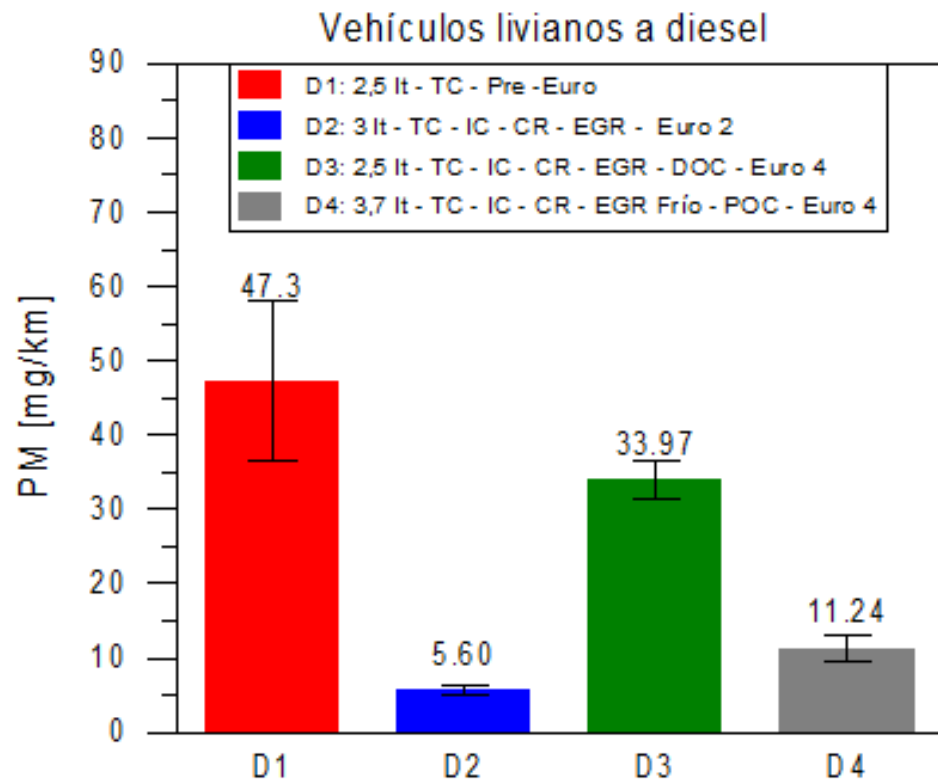
FACTORES DE EMISIÓN

Factor de emisión de NOx



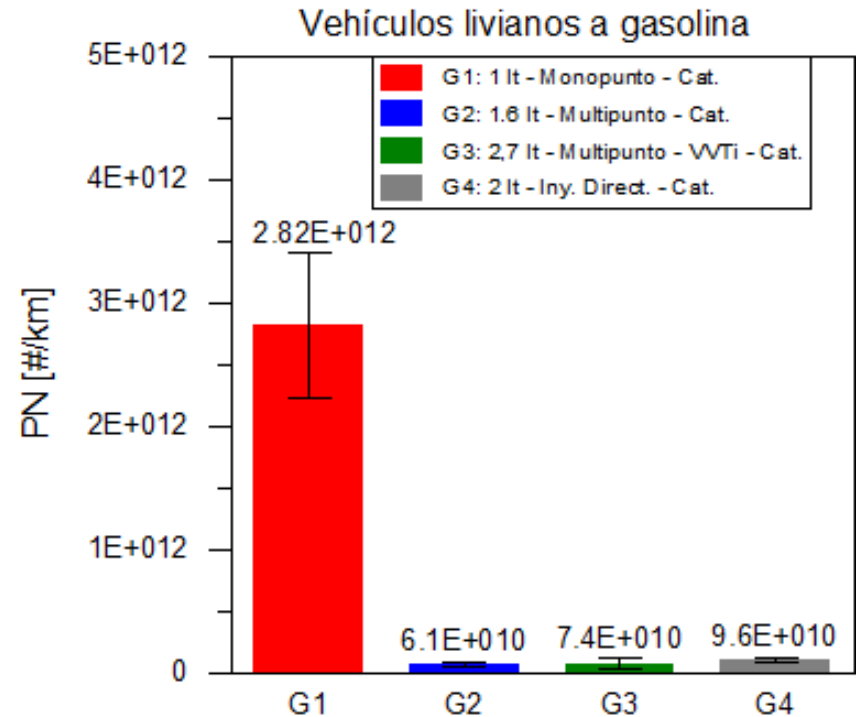
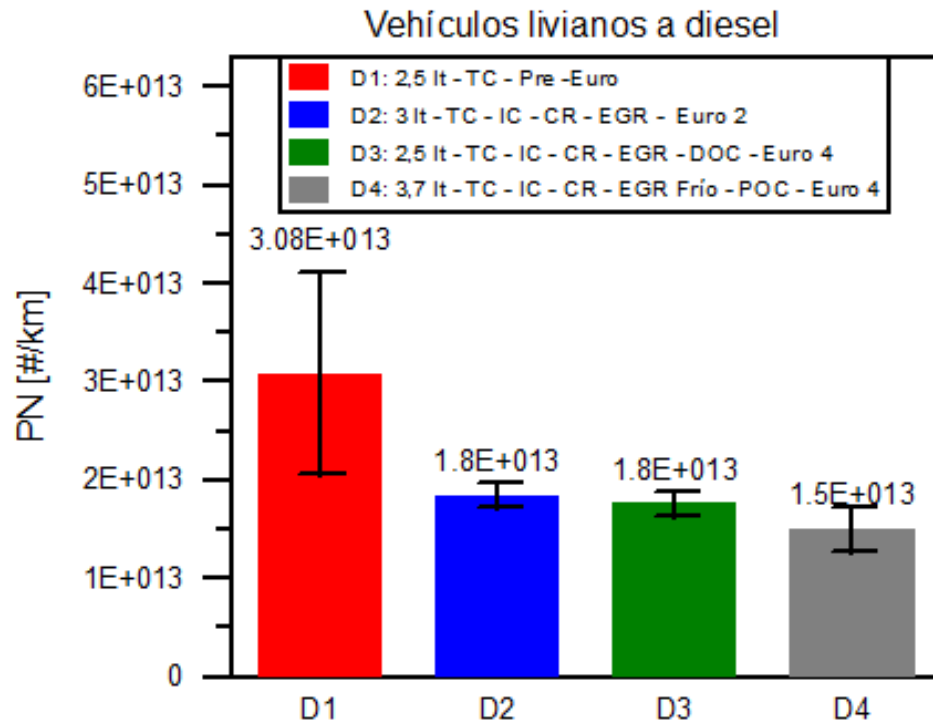
FACTORES DE EMISIÓN

Emisión másica (PM_{2.5})



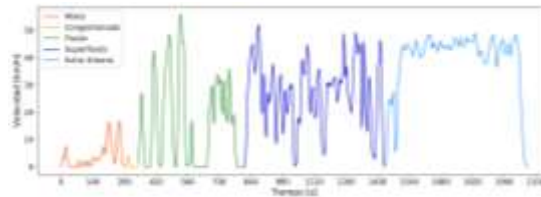
FACTORES DE EMISIÓN

Número de partículas (PN2.5)



CONCLUSIONES

**Ciclo conducción
AMVA**



**Avance
tecnológico**



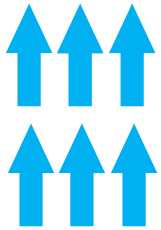
**Factores de
emisión**

**Estado del
Vehículo**



**Calibración
electrónica**

CONCLUSIONES



vs.



PM2.5

PN2.5

Condiciones dinámicas



vs.

Condiciones estáticas



¡Estado catalizador!

No se regula