

Pruebas de Desempeño en un Vehículo con Motor Dedicado a Gas Natural -

Prof. Helmer Acevedo Ph.D.

Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Colombia

Carrera 30 # 45-03, Edificio 453 Oficina 401

Tel.: 571-3165320. Fax.: 571-3165333

Email: hacevedog@unal.edu.co



Contenido

1. Presentación
2. Especificaciones del Vehículo
3. Descripción y Resultados de las pruebas
4. Comparación Euro VI a gas vs Motorización Diesel Euro V y IV
5. Conclusiones y Recomendaciones
6. Agradecimientos
7. Preguntas

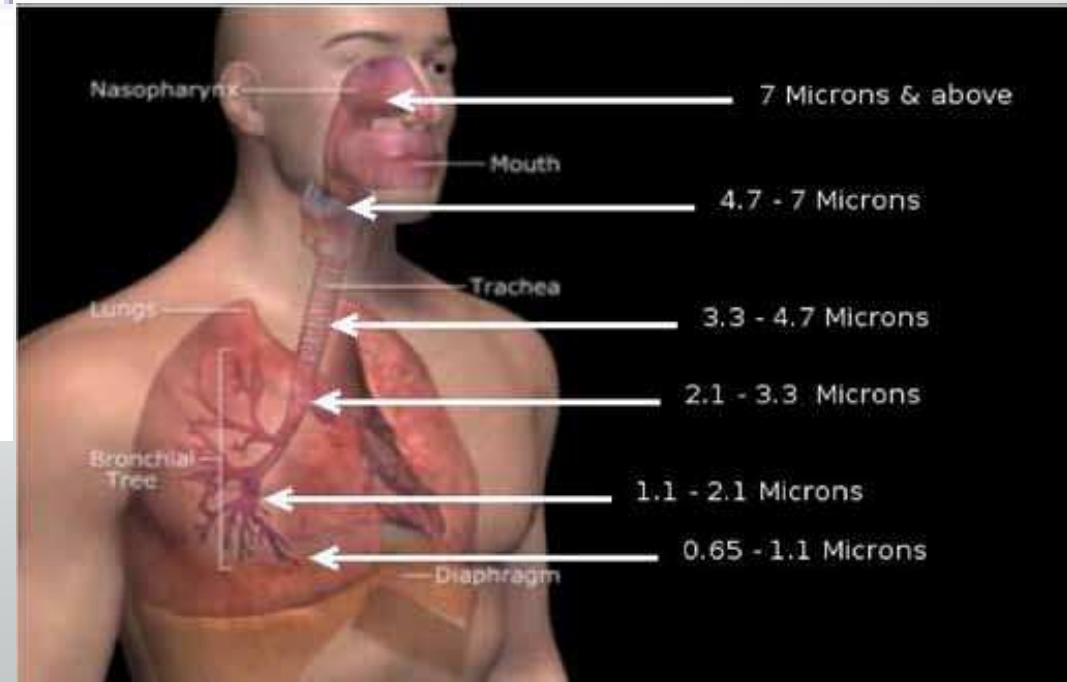
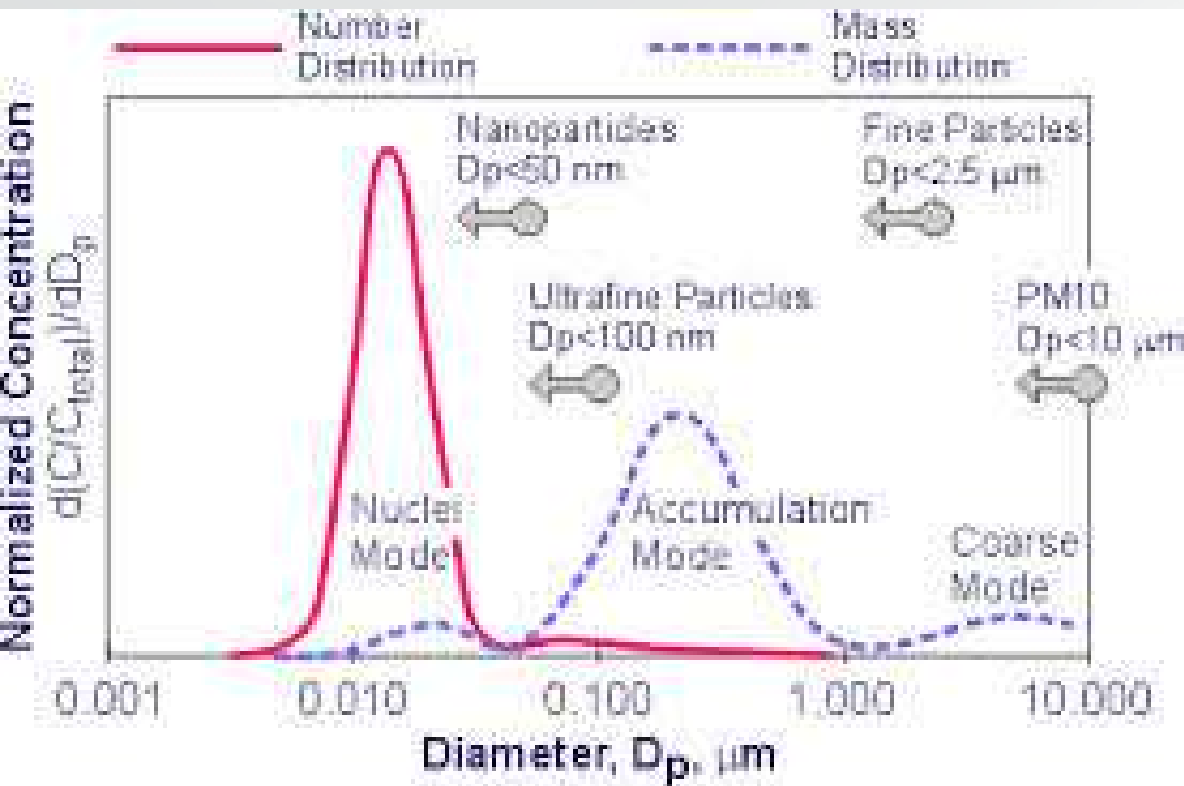


1. Presentación

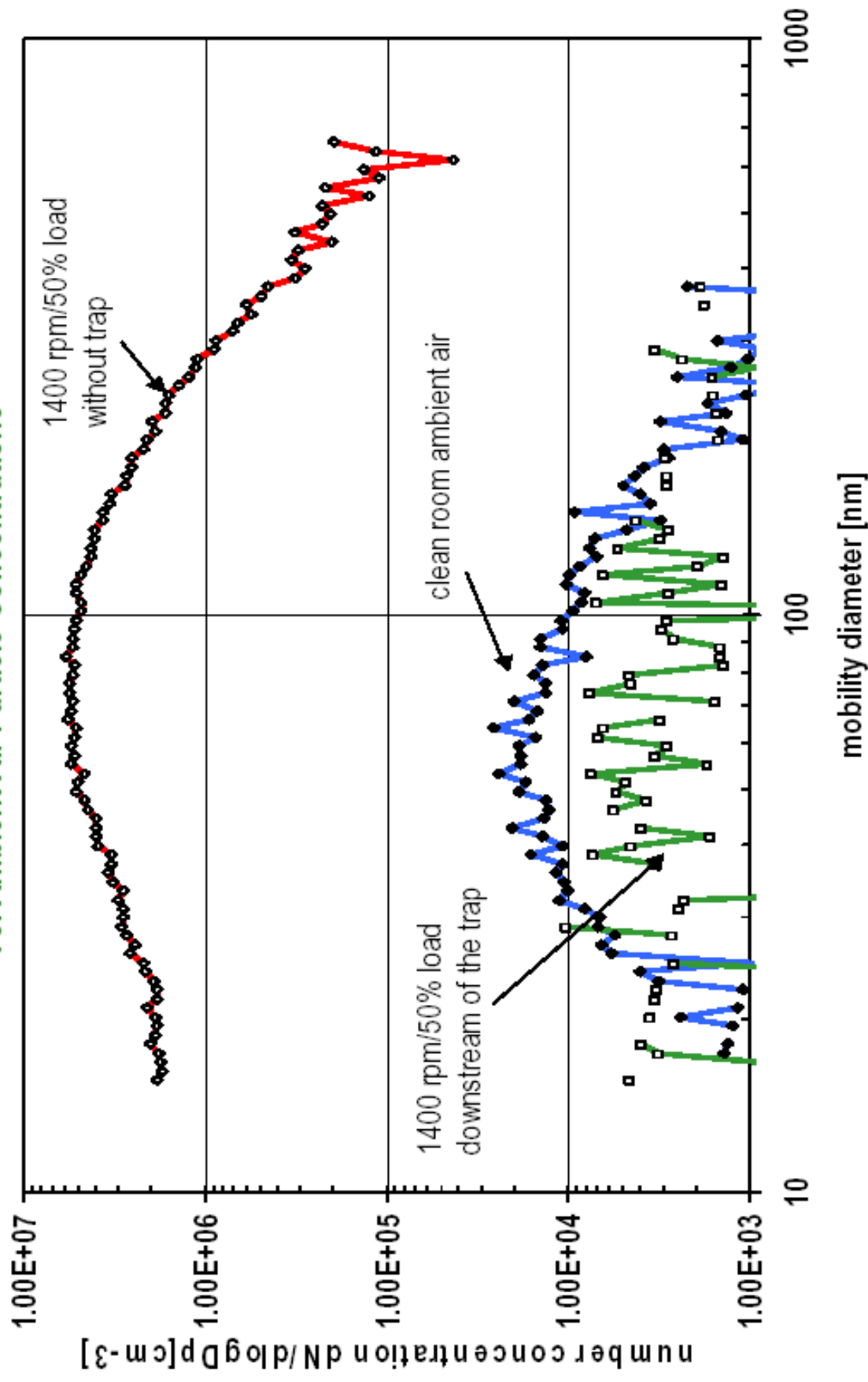
El principal problema de contaminación de Bogotá es el material particulado (Plan Decenal de Descontaminación – Decreto 98 de 2011 de la Alcaldía de Bogotá)

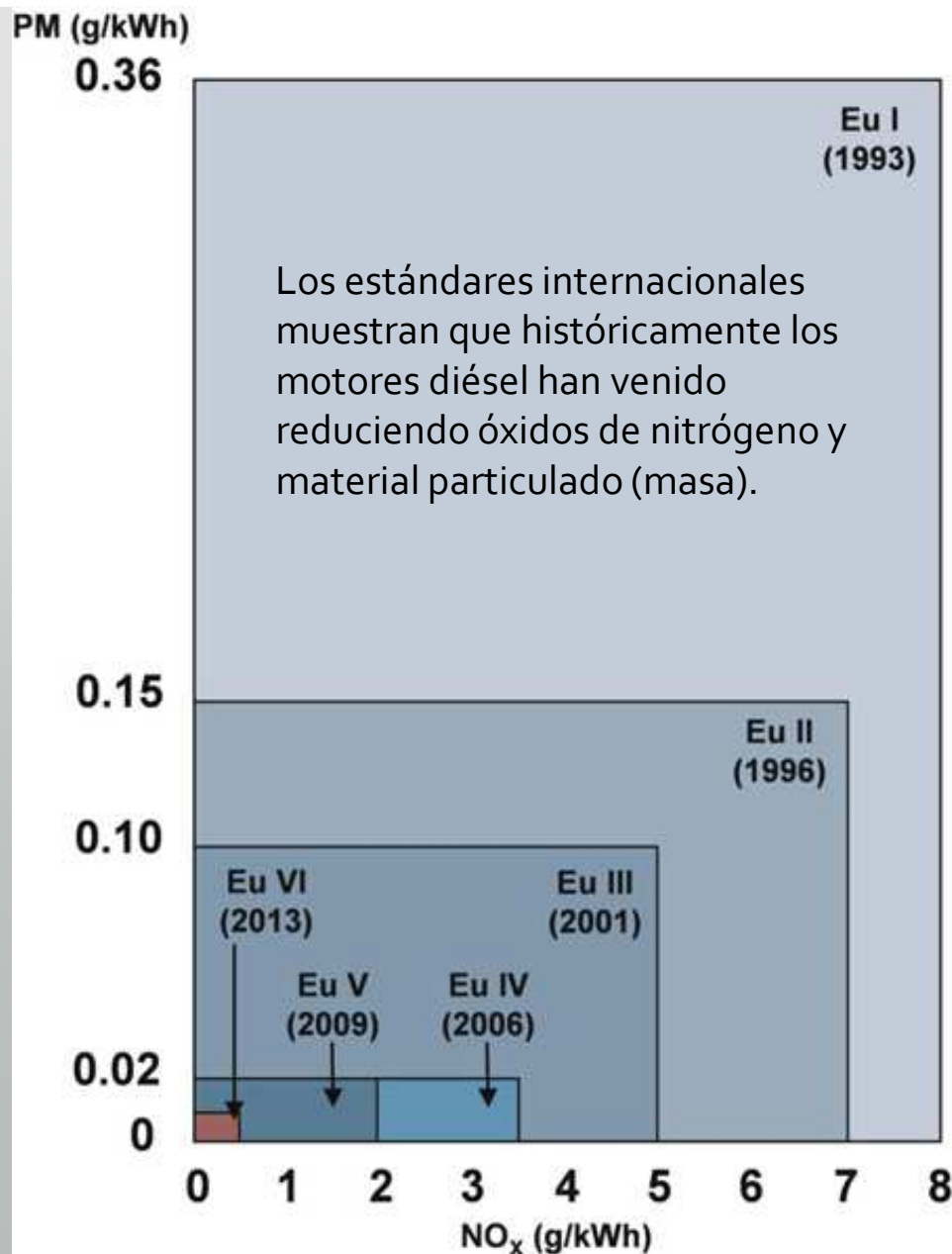
Una de las fuentes de material particulado corresponde a los motores diésel que usan los vehículos de Transporte Público en la ciudad de Bogotá

1. Presentación



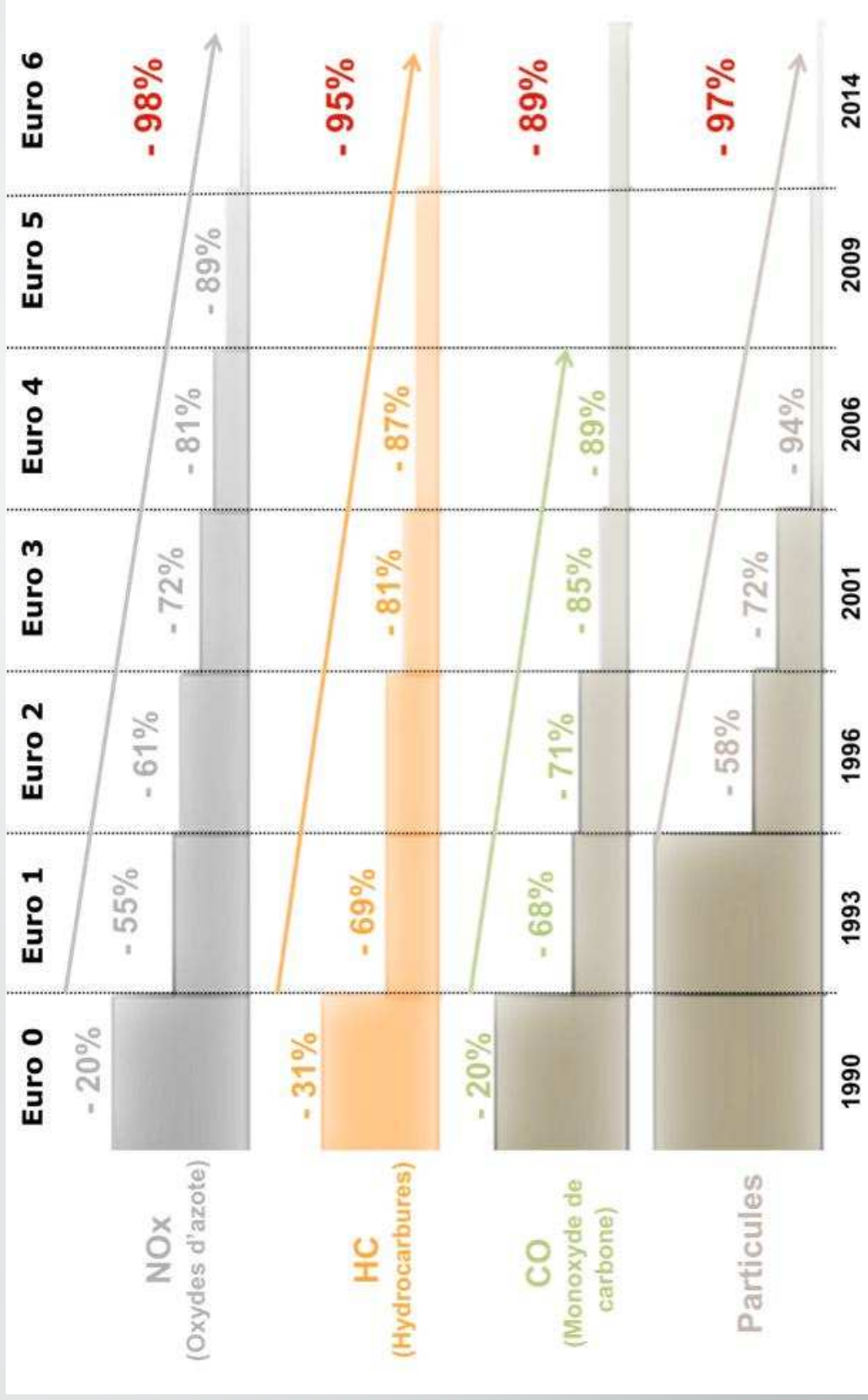
Diesel Emissions with and without Particle Trap vs. Ambient Air Particle Concentrations





Emission limits for new vehicles with diesel engine

	valid from	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	HC+NO _x (g/km)	PM
Euro I	01/92	3,16	-	-	1,13	0,14
Euro II	01/96	1,00	0,15	0,55	0,70	0,08
Euro III	01/00	0,64	0,06	0,50	0,56	0,05
Euro IV	01/05	0,50	0,05	0,25	0,30	-
Euro V	09/09	0,50	0,05	0,18	0,23	0,005
Euro VI	08/14	0,50	0,09	0,08	0,17	0,005



2. Especificaciones del Vehículo



**SCANIA REFERENCIA K340 – DEDICADO A GAS NATURAL
MOTOR: OC09 102/250 kW (340 HP) Euro 6 -
ESTEQUIOMETRICO**

Peso bruto vehicular	kg	24600
Peso en vacío	kg	15600
Peso máximo eje 1	kg	7100
Peso máximo eje2	kg	11500
Peso máximo eje 3	kg	6000

Volúmen de Desplazamiento	9.3 L
Cilindros	5
Estandar de Emisiones	Euro 6
Torque motor máx. (1100-1400 rpm)	1600 Nm
Potencia máx. (at 1900 rpm)	250 kW
Control de emisiones	Catalizador de 3 vías

Caja de cambios	ZF 6 AP 1400 B
Control de la caja de cambios	Caja de cambios automática
Tipo de selector de la caja de cambios automática	D-N-R 1-2-3 vertical
Programa de cambio de marchas	Ecolife 1
Retardador	ZF
Control del Retardador	Automático

3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

- A. Arranque en pendiente (Startability)
- B. Aceleración
- C. Frenado
- D. Recuperación
- E. Maniobrabilidad
- F. Eficiencia Energética
- G. Factores de Emisiones

3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

A. Arranque en pendiente (Startability) – SAE

Objetivo: Verificar la capacidad de arranque en pendiente a GVW

Condiciones:

Peso del Vehículo: 23800 kg (Peso Bruto Vehicular)

Pendiente: 8, 15, 18 y 22%

Lugar: Barrio San Cristobal

Resultado: Arrancó



3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

B. Aceleración (SAE1491)

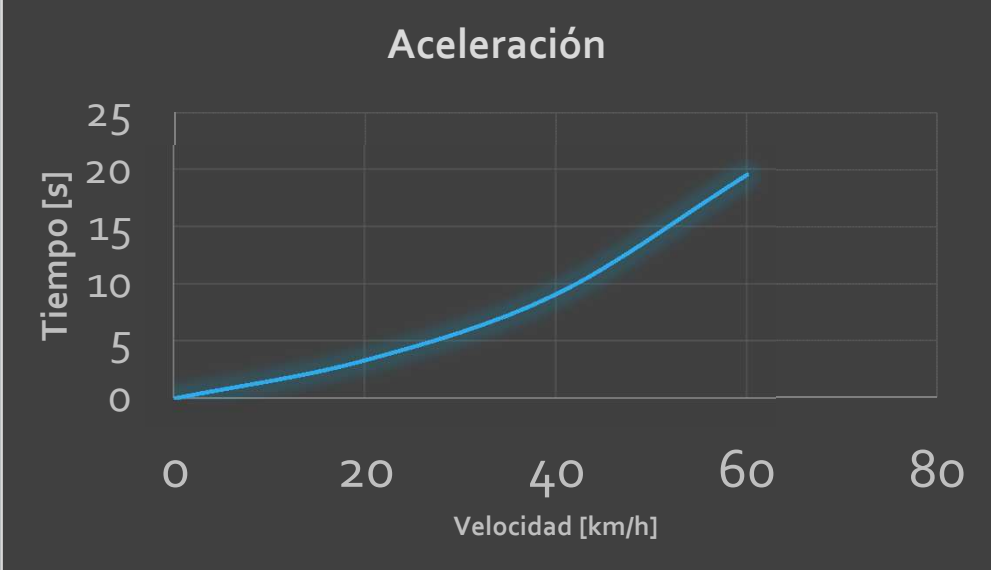
Objetivo: Determinar la capacidad de aceleración del Vehículo

Condiciones:

Peso del Vehículo: 23800 kg (Peso Bruto Vehicular)

Pendientes: 0%

Lugar: Autopista Bogotá - Medellín



	Velocidad objetivo [km/h]		
Repetición	20	40	60
1	4.44	10.78	21.18
2	3.75	10	20.71
3	3.24	9.2	19.73
4	3.85	10.15	20.91
5	3.05	9.05	19.18
6	3.18	9.7	25.64
7	2.8	7.54	15.93
8	2.85	7.89	15.82
9	2.89	8.27	18.18
10	3.25	8.42	17.99
Promedio [segundos]	3.33	9.1	19.52

Referencia: Alcanzar 40 km/h en un tiempo igual o inferior a 22 segundos.

Scania k340 lo logra en 9.1 segundos aprox.

3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

C. Frenado (SAE1491)

Objetivo: Determinar la capacidad de frenado del Vehículo

Condiciones:

Peso del Vehículo: 23800 kg (Peso Bruto Vehicular)

Pendientes: 0%

Lugar: Bogotá

Distancia de frenado			
Velocidad inicial	20 km/h	40 km/h	60 km/h
1	3.3	8.85	17.9
2	1.7	7.75	16.1
3	2.5	7.3	18.4
4	2.55	7.4	15
Promedio	2.5	7.8	16.8

Norma Colombiana – NTC 4901/02

Distancia máxima = 10,7m

Velocidad inicial = 32Km/h

3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

D. Recuperación

Objetivo: Determinar la capacidad de recuperación del Vehículo desde velocidades intermedias

Condiciones:

Peso del Vehículo: 23800 kg (Peso Bruto Vehicular)

Pendientes: Pista Llana (pendiente no mayor al 1%)

Lugar: Bogotá y Autopista Bogotá - Medellín

El vehículo cuenta con una aceptable
condición de recuperación a
velocidades intermedias

	Rango velocidad	
Repetición	20 - 40 km/h	40 - 60 km/h
1	7.94	12.09
2	7.56	11.41
3	8.02	14.06
4	8.39	14.06
5	9.06	12.33
6	9.56	10.31
7	9.55	10.75
8	8.56	11.38
Promedio [segundos]	8.58	12.04

3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

E. Maniobrabilidad

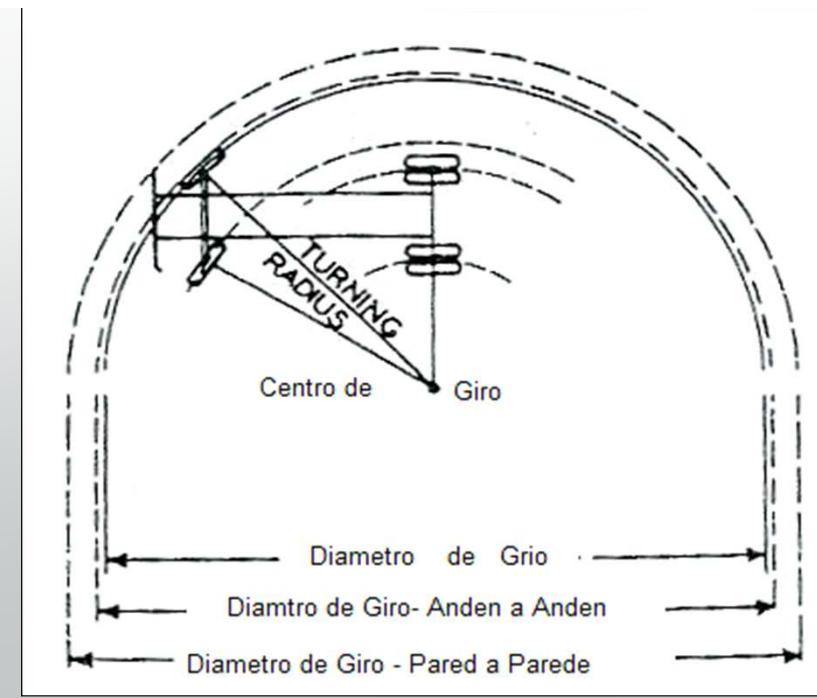
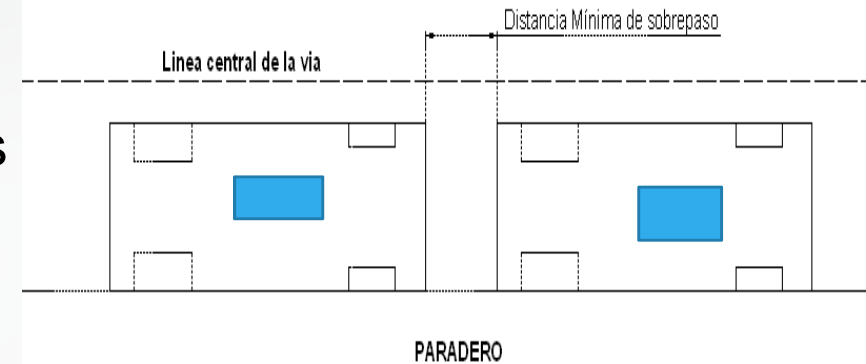
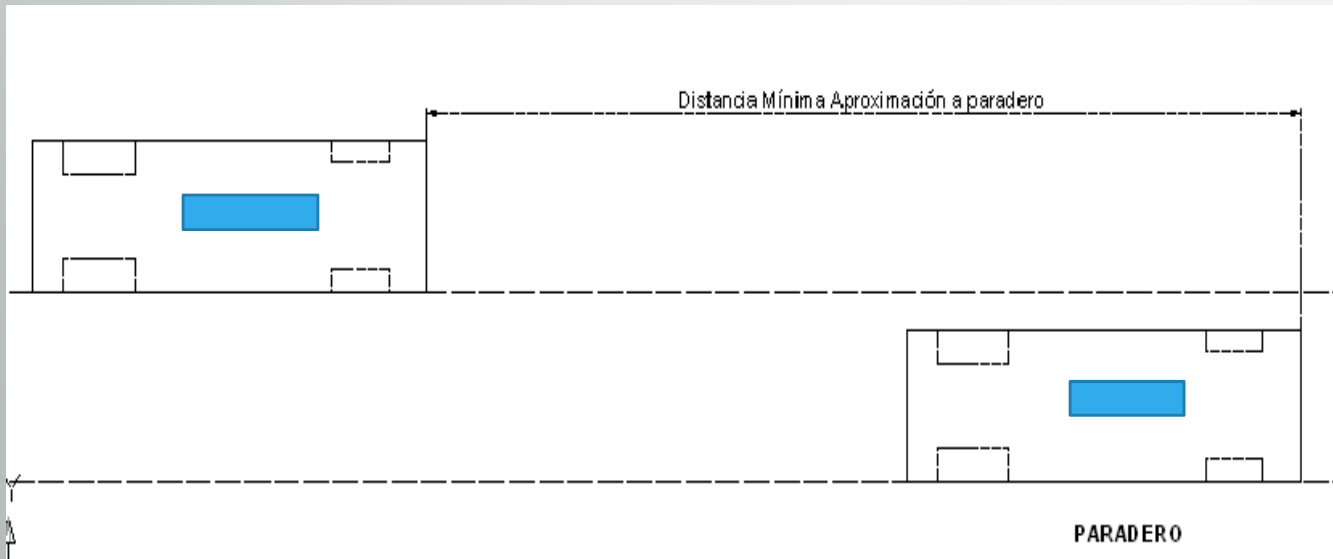
Objetivo: Evaluar aspectos del Vehículo en Espacios Reducidos

Condiciones:

Peso del Vehículo: 23800 kg (Peso Bruto Vehicular)

Pendientes: Pista Llana (pendiente no mayor al 1%)

Lugar: Bogotá



3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

E. Maniobrabilidad

Prueba	Aproximación		Sobrepaso		Diámetros		
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Giro	Andén	Pared
1	34.8	39.5	15.2	18.7	12.5	20.2	20.9
2	35.1	38.5	15.2	19.7	12.5	19.3	23
3	35.7	39.5	15.25	19.2	12.5	20.2	23.4
Promedio	35.2	39.2	15.2	19.2	12.5	19.9	22.4
Máximo	35.7	39.5	15.25	19.7	12.5	20.2	23.4
Mínimo	34.8	38.5	15.2	18.7	12.5	19.3	20.9

Unidades en metros. Vehículo con Excelente Maniobrabilidad

3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

F. Eficiencia Energética

Objetivo: Establecer el rendimiento energético del vehículo (km/m³ y km/galón equivalente)

Condiciones:

Peso del Vehículo: 21720 (70% de la carga útil)

Ruta Seguida Para Consumo de Combustible
Buses Padrones

Fuente: SDA-UNAL – Convenio 013



3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

F. Eficiencia Energética



Parada No.	Lugar	Parada No.	Lugar
1	Carrera 24 entre Calles 9 y 10	32	Avenida68 Calle 26
2	Carrera 24 Calle 17	33	Calle 53 Carrera 66A
3	Calle 19 con Carrera 22	34	Calle 53 Carrera 54
4	Calle 19 Avenida caracas	35	Calle 53 Icontec
5	Calle 19 Carrera 7	36	Carrera 30 Estadio El Campín
6	Universidad de los Andes Edificio ML	37	Carrera 30 Calle 63F, Estación Simón Bolívar
7	Circunvalar - Instituto Roosevelt	38	Carrera 30 Calle 68, antes del puente
8	Circunvalar Barrio Egipto	39	Carrera 30 Calle 72, antes del puente
9	Calle 6 Carrera 5ta	40	Carrera 30 Calle 80
10	Calle 6 Avenida caracas	41	Diagonal 92 Calle 93
11	Calle 6 Carrera 24	42	Carrera 19 Calle 100
12	Calle 6 Carrera 32, después semáforo	43	Carrera 19 Calle 116
13	Calle 6 Carrera 42	44	Carrera 19 Calle 125
14	Transversal 42 Calle 3	45	Carrera 19 Calle 125
15	Calle 3 Carrera 56	46	Carrera 19 Calle 116
16	Avenida Carrera 68 Calle 2	47	Carrera 19 Calle 100
17	Avenida 1º de Mayo Carrera 69A	48	Diagonal 92 Calle 93
18	Avenida 1º de MayoCalle35C	49	Carrera 30 Calle 80,
19	Hospital de Kennedy	50	Carrera 30 Calle 72
20	Avenida 1º de Mayo Calle 43	51	Carrera 30 Calle 68
21	Carrera 80 Calle 58	52	Carrera 30 Estadio El Campin
22	Carrera 80 Calle 58	53	Calle 53 UNAL
23	Avenida 1º de Mayo Carrera 80	54	Calle 53 Pablo VI
24	Avenida 1º de Mayo Calle 43	55	Calle 53 Carrera 66 a
25	Hospital de Kennedy	56	Avenida 68 Calle 26
26	Avenida1º de Mayo Calle 35c	57	Avenida 68 Avenida La Esperanza
27	Avenida 1ºde Mayo Carrera 69 a	58	Avenida 68 Calle 19
28	Avenida Carrera 68 Calle 2, puente peatonal	59	Calle 3 Avenida 68
29	Avenida 68 Calle 10	60	Calle 3 Carrera 54
30	Avenida 68 Calle 19	61	Calle 6 Transversal 42
31	Avenida 68, Avenida La Esperanza,	62	Calle 6 Carrera 32A

3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

G. Factores de Emisión

Objetivo: Establecer los factores de emisión en ruta del vehículo (gramos de emisión/km)

Condiciones:

Peso del Vehículo: 21720 (70% de la carga útil)

Ruta Seguida Para Consumo de Combustible Buses Padrones
Fuente: SDA-UNAL – Convenio 013



3. DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

G. Factores de Emisión



Medidor de Material
Particulado, Dekati Elpi plus
(ELPI+)

Contador de Partículas
Nanomet 3



Analizadores de Gases
Brain Bee AG380
Testo 350

4. COMPARACIÓN EURO VI A GAS NATURAL VS OTRAS TECNOLOGIAS DISPONIBLES EN COLOMBIA

BSE (g/km)	Contaminante	Volvo B12M/E5	Volvo B12M/E4	Volvo B12M/E5	Mercedes Benz/E5	Volvo B12M/E4	Scania/E4
	THC	0,112	0,134	0,011	0,049	0,187	0,136
	CO	7,3	28,6	7,5	15,3	16,9	22,8
	NOx	16,6	28,3	14,6	17,3	16,4	15,1
	Material Particulado	0,016	0,0942	0,025	0,0336	0,0467	0,173

Fuente: CONVENIO 013 DE 2013. Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad Nacional de Colombia, 2013

	THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)	PM2.5 (g/km)
Resultado	0.066839	1.78	4.6E-05(1)	1889.6	3.15E-08

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2014 (1): Valor a confirmar

4. COMPARACIÓN EURO VI A GAS NATURAL VS OTRAS TECNOLOGIAS DISPONIBLES EN COLOMBIA

Vehículo	Consumo (gal/100 km)	Peso real (kg)	Gal/ton
ECh-GN-CO-1	16.09	17300	0.930
ECH-D-SCR-1	10.32	16780	0.615
EC-D-SCR-1	16.99	17310	0.982
EC-D-SCR-2	14.49	16620	0.872
EC-D-EGR-1	14.52	16020	0.906

Fuente: CONVENIO 013 DE 2013. Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad Nacional de Colombia

Vehículo	Consumo (gal/100 km)	Peso real (kg)	Gal/Ton
Scania K340	16.65	21720	0.767

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

4. COMPARACIÓN EURO VI A GAS NATURAL VS OTRAS TECNOLOGIAS DISPONIBLES EN COLOMBIA

Plate	Id.	Brand	Model	PN [#/cm3]			
				0%	25%	50%	75%
VEF604	B115	Volvo B12M	DH12C (Euro III)	1,83E+07	3,20E+07	4,02E+07	6,41E+07
SHN775	T086	Volvo B10M	DH10A (Euro II)	2,55E+06	5,23E+06	4,23E+06	7,51E+06
VEE166	S157	Scania K94IA	DC9 21 310 (Euro III)	4,70E+06	-	4,51E+07	-
VEE019	K120	MB	OM 457 LA (Euro III)	-	-	-	-
SIE057	U130	MB	OM 449 LA (Euro II)	1,01E+06	4,54E+06	3,23E+06	16,01E+06
VHM490	M028	VOLVO B10M	DH10A (Euro II)	2,35E+06	4,22E+06	3,91E+06	-

Fuente: CONVENIO 015 DE 2013. Secretaría Distrital de Ambiente y Universidad Nacional de Colombia

Vehículo	Número de Partículas		
Scania K340	0%: 1,8 E+04	25%: 2,2 E +04	50%: 1,7 E + 04

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El vehículo Scania K340 cumple satisfactoriamente con los parámetros de desempeño exigidos por la normatividad local (frenado, aceleración en plano y maniobrabilidad)
- El vehículo Scania K340 tiene un rendimiento energético de 0.76 galones de diésel equivalente para mover una tonelada de carga. Vehículos diésel tienen un rendimiento menor (0.87 galones o mas para mover una tonelada). Un vehículo híbrido tiene entre 0.62 y 0.65 galones / tonelada
- El vehículo Scania K340 emite concentraciones **despreciables** de material particulado y óxidos de nitrógeno (principales contaminantes de la ciudad de Bogotá).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las concentraciones de hidrocarburos totales (THC), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂), del vehículo Scania K340, son muy inferiores a las emitidas por vehículos diésel de tecnologías Euro IV y Euro V.
- El vehículo Scania K340 emite una concentración en número de partículas ultrafinas (20,000 partículas/cm³) inferior a la concentración de partículas ultrafinas encontradas en el aire ambiente de la ciudad de Bogotá (150,000 partículas/cm³).
- El vehículo Scania K340 emite una concentración en número de partículas ultrafinas (20.000 partículas/cm³) muy inferior a las partículas de un bus diésel Euro II o III (70 millones de partículas / cm³)

6. AGRADECIMIENTOS

- Al grupo ejecutor de las pruebas, especialmente al Ingeniero Felipe Rodriguez (líder), al Ingeniero Edwin López, y a todos los asistentes de investigación.
- Al personal Directivo y Técnico de Scania Colombia.
- A Gas Natural S.A. – ESP (Ingeniero Ower Barreto)
- Al personal de Transmilenio S.A. que acompañó las pruebas

7. Preguntas / Comentarios

?