

# NANOPARTÍCULAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

ING. SERGIO ZIRATH HERNÁNDEZ VILLASEÑOR  
DIRECTOR GENERAL DE CALIDAD DEL AIRE



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE



## “EQUIPO CONTADOR DE NANOPARTÍCULAS”

- Esta diseñado para medir cuando el punto de muestreo se encuentra a la salida del tubo de escape de un vehículo.
- Su principio de medición utiliza carga eléctrica para contar partículas.
- Mide solo la fracción de partículas sólidas, acondiciona la muestra térmicamente para eliminar la fracción volátil.

### Especificaciones:

- Rango de concentración:  $1 \times 10^4$  a  $3 \times 10^8$  p/cm<sup>3</sup>
- Tamaño de partículas: 10 a 700 nm = 0.01 a 0.70  $\mu$ m
- Temperatura del tubo de evaporación: 300°C
- Tasa de circulación: 4.0 l/min





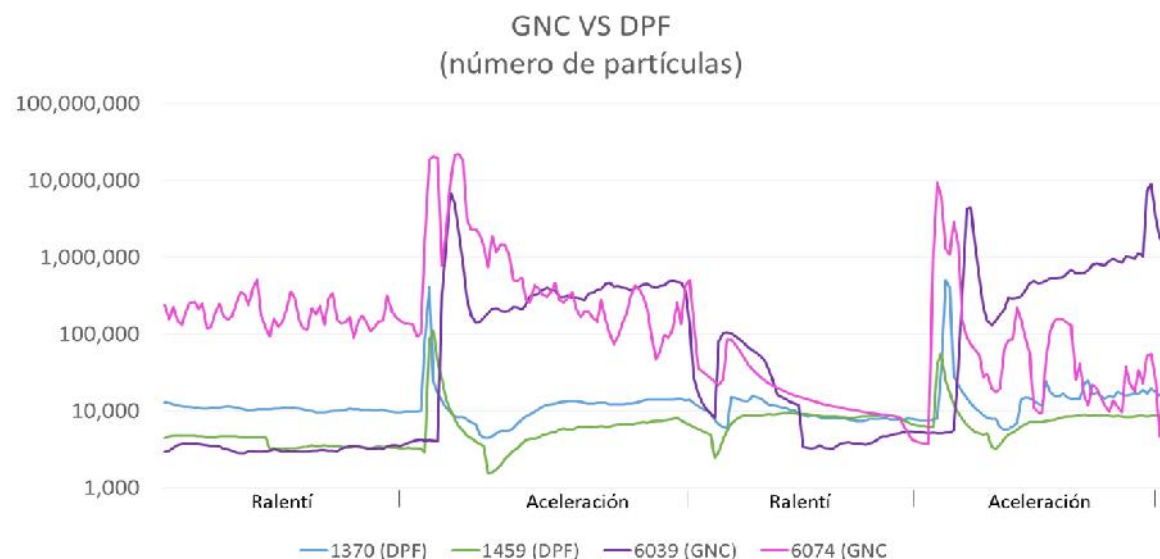
## “COMPARACIÓN DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS EN AUTOBUSES DE RTP A GAS NATURAL VS DIÉSEL CON FILTRO DE PARTÍCULAS”.

### Autobuses Evaluados

NÚMERO ECONÓMICO	AÑO - MODELO	TECNOLOGÍA
1370	2006	Diesel con Filtro de Partículas
1459	2006	Diésel con Filtro de Partículas
6074	2016	Gas Natural Comprimido
6047	2014	Gas Natural Comprimido
6081	2016	Gas Natural Comprimido
6039	2016	Gas Natural Comprimido

### Resultados de medición de PN

NÚMERO ECONÓMICO	AÑO MODELO	TECNOLOGÍA	PROMEDIO DE NÚMERO DE PARTÍCULAS (p/cm <sup>3</sup> )*
1370	2006	DIESEL CON DPF	24,082
1459	2006	DIESEL CON DPF	17,902
<b>Promedio de pruebas en dos vehículos con filtro</b>			20,992
6074	2016	GNC	713,669
6047	2014	GNC	213,048
6081	2016	GNC	55,808
6039	2016	GNC	717,954
<b>Promedio de pruebas en cuatro vehículos a GNC</b>			424,953
<b>Desviación estándar en cuatro vehículos a GNC</b>			341,561



Los autobuses equipados con DPF emiten menos cantidad de partículas por centímetro cúbico (p/cm<sup>3</sup>) que los autobuses de GNC.

Autobuses año modelo 2006 (con DPF) están por debajo de los 2014 y 2016 (a GNC).

\*valor promedio de toda la prueba consistente en 4 periodos: ralentí, aceleración, ralentí, aceleración



## “REPORTE DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE VEHÍCULOS DEL METROBÚS”.

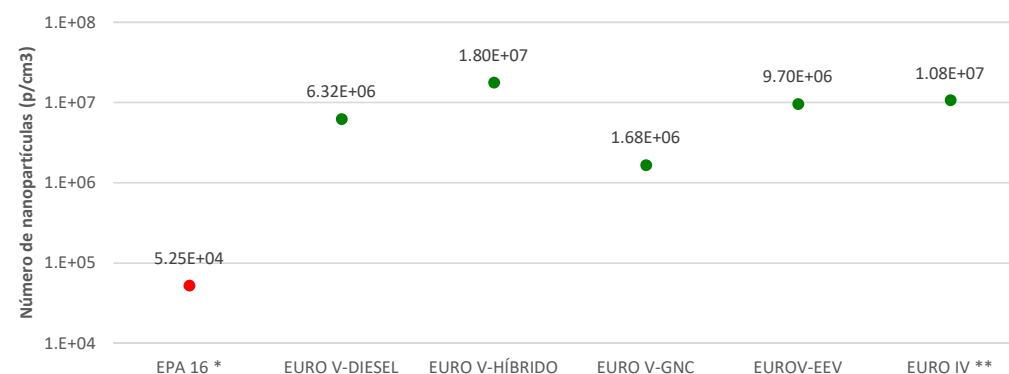
### Autobuses Evaluados y Resultados

# económico / estándar de cumplimiento	Temperatura Aceite	CO (%)	CO2 (%)	CO+CO2 (%)	HC (ppm)	Valor K (1/m)	Opacidad (%)	Número de partículas (p/cm3)
808 / EPA 16	87°C	0.02	4.58	4.60	8	0.006	0.02	2.20E+04
817 / EPA 16	85°C	0.01	2.69	2.69	6	0.01	0.50	5.57E+04
818 / EPA 16	90°C	0.004	2.73	2.73	3	0.01	0.40	6.55E+04
902 / EPA 16	85°C	0.01	2.55	2.56	9	0.04	0.80	5.84E+04
917 / EPA 16	82°C	0.01	2.75	2.76	4	0.01	0.30	5.01E+04
918 / EPA 16	90°C	0.01	2.82	2.83	8	0.01	0.30	6.32E+04
463 / EURO V	91°C	0.02	2.19	2.21	4	0.14	5.80	6.32E+06
555 / EURO V-HIBRIDO	87°C	0.04	3.15	3.19	24	0.25	10.10	1.80E+07
Prot 29 / EURO V -GNC	84°C	0.01	4.71	4.72	17	0.20	8.30	1.68E+06
518 / EURO V- EEV	80°C	0.01	4.51	4.51	7	0.20	8.30	9.70E+06
265 / EURO IV	81°C	0.02	2.85	2.87	13	0.41	16.10	7.11E+06
269 / EURO IV	82°C	0.02	2.43	2.45	18	0.57	12.50	1.45E+07

Las unidades de la Línea 7 EPA16 equipadas con DPF tienen mejores resultados que las de las otras Tecnologías.

Los resultados de coeficiente de absorción de luz y opacidad, de los vehículos EPA16, fueron hasta un **97.9** y **97.4**%, respectivamente, inferiores.

### Resultados de Partículas



\* Promedio de los seis vehículos EPA 16 evaluados

\*\* Promedio de los dos vehículos EURO IV evaluados





## “INFORME DE PRUEBAS REALIZADAS A 2 AUTOBUSES ARTICULADOS”

### Autobuses Evaluados

VIN	AÑO	KM	MARCA	MODELO	TECNOLOGÍA	COMBUSTIBLE
B12M 387733	2018	158.8	VOLVO	7300 ART	EURO V SCR + DPF	DIESEL UBA
B12M 386146	2018	147.1	VOLVO	7300 ART	EURO V SCR	DIESEL UBA

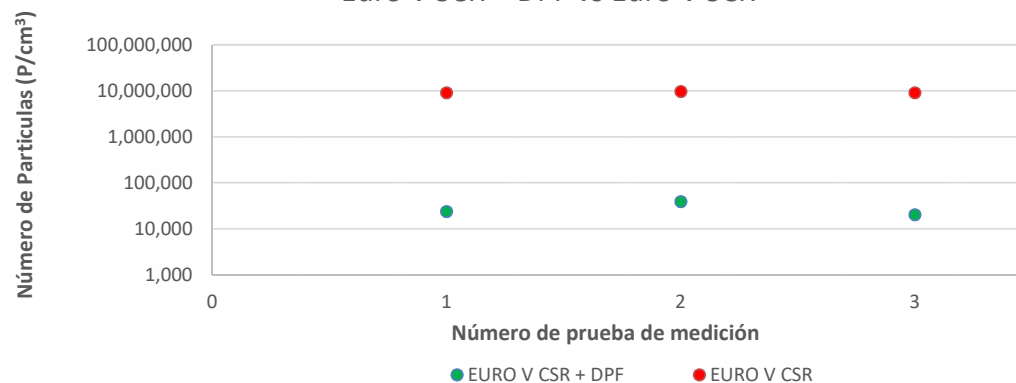
### Resultados PN y Gases

# ECONÓMICO	PRUEBA	Temperatura Motor [°C]	NanoMet3			
			# partículas	Diámetro de partículas [nm]	Masa de Partículas [mg/m <sup>3</sup> ]	LDSA [um <sup>2</sup> /ccm]
387733 con SCR & DPF	1	90	23,443	34	0.0001	4.13
	2	90	38,800	27	0.0002	5.62
	3	90	19,872	31	0.0005	9.39
386146 EURO V SCR	1	90	9,003,383	68	1.91	33,457
	2	90	9,559,720	69	2.02	35,426
	3	90	8,955,219	70	1.94	33,516

# ECONÓMICO	PRUEBA	Temperatura Motor [°C]	Met 6.3								
			CO [%]	CO <sub>2</sub> [%]	HC [ppm]	O <sub>2</sub> [%]	Lambda	NO [ppm]	NO <sub>2</sub> [ppm]	Valor K [1/m]	Opacidad [%]
387733 con SCR & DPF	1	90	0.0064	3.222	6.5	17.6	0.0488	163	94	0.0004	0.028
	2	90	0.0090	3.342	6.1	15.6	0.0715	193	95	0.0002	0.022
	3	90	0.0092	3.387	7.1	15.7	0.0688	193	91	0.0003	0.023
386146 EURO V SCR	1	90	0.0391	3.119	15.0	16.0	0.0716	349	85	0.0160	0.655
	2	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-

valores promedio de todas la pruebas

Euro V SCR + DPF vs Euro V SCR



### Porcentajes de Reducción de Partículas

Vehículo	PRUEBA	# Partículas	LDSA [um <sup>2</sup> /ccm]
386146 EURO V SCR	1	99.74%	99.99%
	2	99.59%	99.98%
	3	99.78%	99.97%

Lo anterior implica que hay disminución superior al **99%** de **partículas** ultra finas (menores de 0.1 µm o PM 0.1)

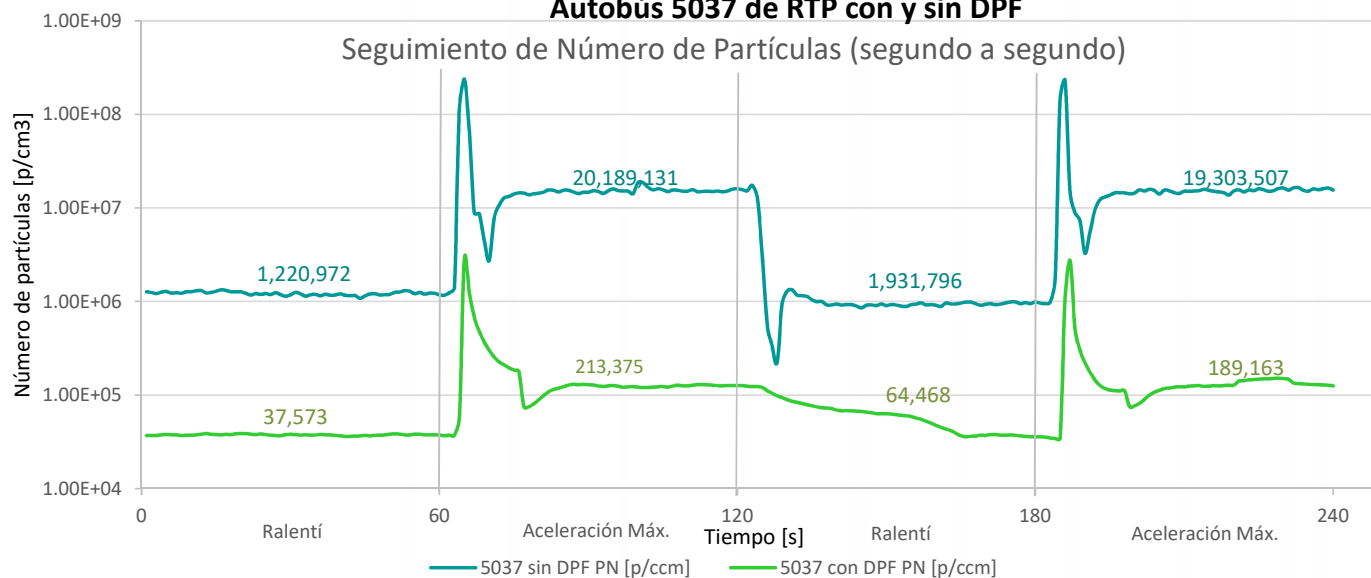
También hay un reducción de **95.70%** de **opacidad** y del **97.73%** de **coeficiente de absorción de luz**.



## “PRUEBAS 2019, SEGUIMIENTO AUTOBUSES RTP Y EMPRESAS CON DPF”

### Autobús 5037 de RTP con y sin DPF

Seguimiento de Número de Partículas (segundo a segundo)

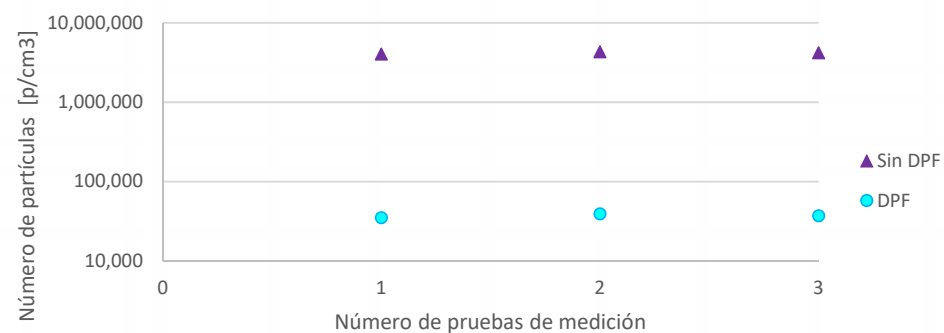


ECONOMICO	PRUEBA	NanoMet3			
		# partículas	Diámetro de partículas [nm]	Masa de Partículas [mg/m <sup>3</sup> ]	LDSA [um <sup>2</sup> /ccm]
5037	1	15,206,221	37.95	1.175	27,757
	2	10,582,099	58.75	3.050	27,636
	3	10,588,090	61.94	3.276	28,058
5037	1	116,170	58.11	0.091	338
	2	125,409	41.81	0.092	316
	3	119,433	43.46	0.067	303
5042	1	4,714,948	63.48	1.461	12,683
	2	5,358,495	59.21	2.145	14,900
	3	3,982,514	56.34	0.985	10,784
5042	1				
	2	28,599	90.29	0.002	43
	3	32,686	87.15	0.002	44
17903	1	4,016,008	71.23	1.552	12,837
	2	4,314,840	76.87	1.790	14,252
	3	4,163,999	75.34	1.692	13,562
17903	1	34,925	18.12	0.001	23
	2	39,115	21.12	0.004	31
	3	36,838	19.51	0.002	29

Promedios de todas las pruebas

ECONOMICO	PRUEBA	NanoMet3		
		# partículas	Masa de Partículas [mg/m <sup>3</sup> ]	LDSA [um <sup>2</sup> /ccm]
5037	Reducción	99.24%	92.28%	98.78%
		98.81%	96.98%	98.86%
		98.87%	97.97%	98.92%
5042	Reducción	99.47%	99.93%	99.71%
		99.18%	99.83%	99.59%
		99.13%	99.95%	99.82%
17903	Reducción	99.09%	99.79%	99.78%
		99.12%	99.88%	99.79%

### Empresa Autorregulada con DPF





## “CONTADOR DE NANOPARTICULAS EN VERIFICENTROS DE LA CDMX”

En los centros de verificación vehicular se encuentra en operación 120 equipos contadores de nanopartículas y se han efectuado 57,565 mediciones con ellos.

El intervalo de medición de los equipos instalados en los centros de verificación tienen un rango de 50,000 a 300 millones de partículas.

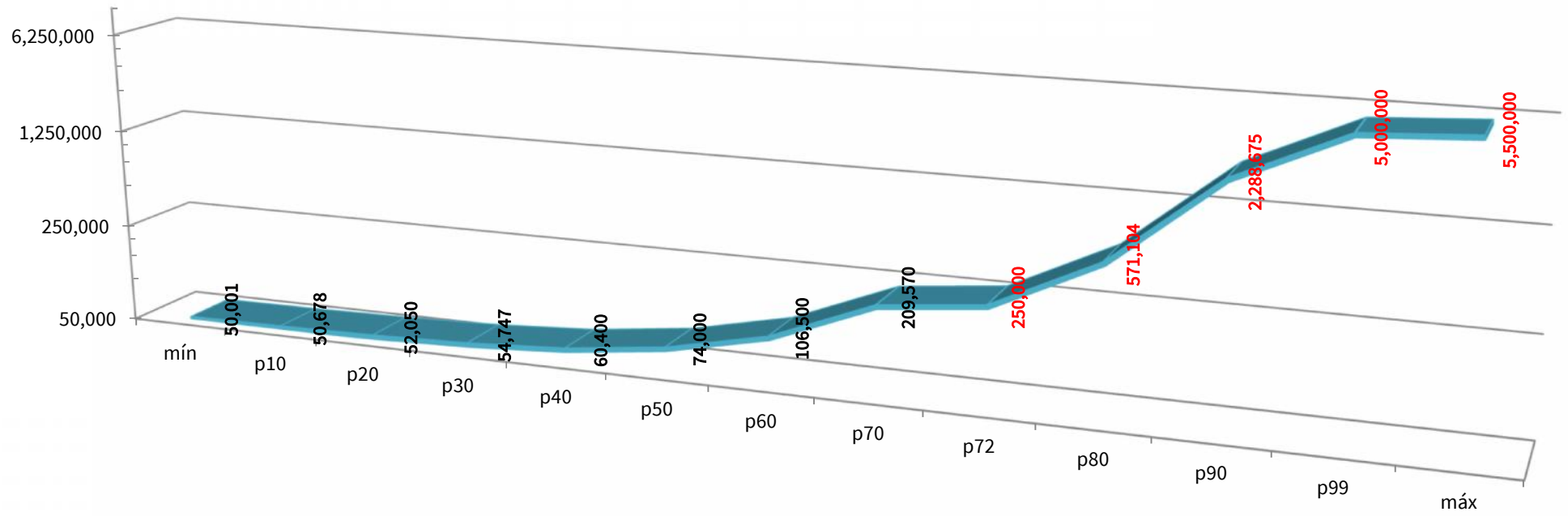
Para la medición de número de partículas, se utiliza un equipo sin sonda calefactada por lo que el fabricante recomendó utilizar un caudal de toma de muestra de 12 litros por minuto para reducir los efectos de aglomeración de partículas durante la medición.

El software de verificación vehicular toma las mediciones de los 10 últimos segundos de cada etapa de verificación del protocolo de Aceleración Simulada (24 y 40 km/h) y por cada segundo se toman dos muestras de número de partículas, de tal forma que para cada etapa se tienen 20 mediciones de número de partículas.





### “DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN DE NANOPARTÍCULAS POR PERCENTILES”

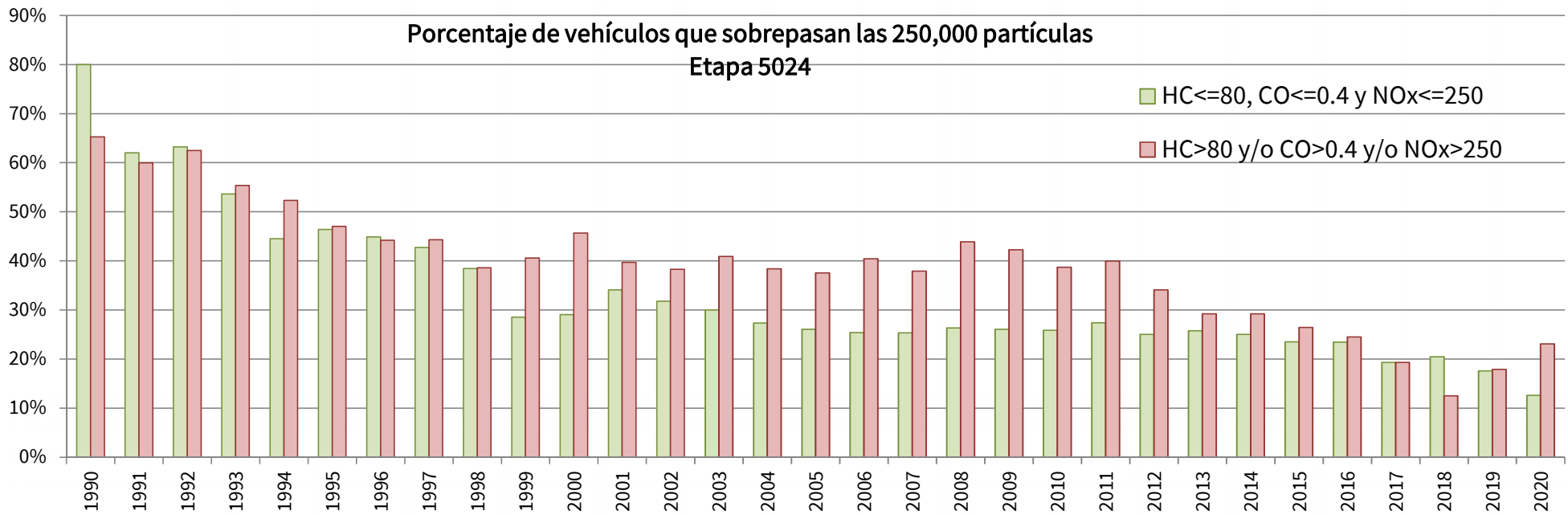


49,759 lecturas válidas





## “RELACIÓN ENTRE EMISIONES DE NANOPARTÍCULAS Y ESTADO DE OPERACIÓN DE LOS AUTOMOTORES”





GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO

GRACIAS