

tráfico, tipo de combustible utilizado, aplicación de programas de inspección mantenimiento, entre otros.

En el caso de la presente estimación, se han realizado corridas para obtener los factores de emisión de los vehículos livianos, bajo la operación de un programa de fiscalización de emisiones vehiculares tipo Ralentí / 2500, ASM 2525/5015 con límites iniciales, ASM 2525/5015 con límites finales y sin programa de evaluación de emisiones vehiculares.

Las características genéricas de los datos de ingreso a cada uno de los escenarios modelados son una altitud baja de la ciudad de Santiago, programas en los cuales los concesionarios sólo aplican inspección de emisiones (no realizan reparación en ese mismo sitio), los vehículos a los que les aplican los programas son aquellos con año de fabricación de 1990 a 2009 (básicamente unidades con convertidor catalítico), unidades a gasolina, evaluación de contaminantes criterio y un porcentaje de cumplimiento del programa del 95% (se asume que un 5% de los vehículos evaden el programa).

2.4.1. VEHÍCULOS LIVIANOS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la simulación de cuatro escenarios, el primero de ellos es no aplicar programa alguno de inspección de emisiones, el segundo es la aplicación de un programa de inspección con protocolo IDLE/2,500 tal como ocurría en Santiago si no se hubiese implementado el ASM, el tercero se refiere a la aplicación actual del programa es decir con protocolo ASM y límites de emisión iniciales de acuerdo a EPA, finalmente el cuarto escenario corresponde a la aplicación de protocolo ASM utilizando los factores de emisión propuestos en este documento.

FACTORES DE EMISIÓN UTILIZANDO MOBILE "6" CON DISTINTOS
ESCENARIOS DE PROGRAMAS I/M VEHÍCULOS LIVIANOS

MODELO	SIN PROGRAMA IM			CON PROGRAMA IDLE/2,500			CON PROGRAMA ASM INICIAL			CON PROGRAMA ASM FINAL		
	HC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	HC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	HC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	HC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)
1990	0.4536	7.3108	1.0513	0.3234	4.8434	1.0421	0.3279	4.7242	0.9262	0.2752	4.0328	0.8682
1991	0.4316	6.8993	1.0356	0.3101	4.6146	1.0258	0.3134	4.4941	0.9152	0.2644	3.8546	0.8571
1992	0.4226	6.9077	1.0146	0.3021	4.6466	1.0047	0.3048	4.5211	0.8976	0.2565	3.8861	0.8404
1993	0.4075	6.6582	0.9927	0.2925	4.5122	0.9810	0.2950	4.3897	0.8787	0.2490	3.7786	0.8234
1994	0.3962	6.5947	0.9682	0.2827	4.4932	0.9553	0.2845	4.3661	0.8567	0.2397	3.7724	0.8027
1995	0.3816	6.3615	0.9450	0.2717	4.3445	0.9308	0.2730	4.2209	0.8369	0.2305	3.6554	0.7851
1996	0.3656	6.1085	0.9210	0.2650	4.2264	0.9210	0.2727	4.1756	0.8149	0.2326	3.6558	0.7656

1997	0.2879	4.9348	0.7112	0.2196	3.5341	0.7112	0.2241	3.4874	0.6352	0.1975	3.1044	0.6006
1998	0.2150	3.8145	0.5114	0.1763	2.8582	0.5114	0.1781	2.8171	0.4622	0.1634	2.5616	0.4406
1999	0.1741	3.1506	0.4047	0.1507	2.4457	0.4047	0.1513	2.4080	0.3698	0.1428	2.2234	0.3551
2000	0.1604	2.8866	0.3832	0.1406	2.2723	0.3832	0.1422	2.2607	0.3525	0.1342	2.0868	0.3400
2001	0.1403	2.5372	0.3482	0.1244	2.0232	0.3482	0.1260	2.0223	0.3224	0.1193	1.8707	0.3124
2002	0.1203	2.1777	0.3132	0.1082	1.7701	0.3132	0.1095	1.7705	0.2929	0.1044	1.6489	0.2854
2003	0.0990	1.7909	0.2733	0.0906	1.4954	0.2733	0.0916	1.4979	0.2587	0.0880	1.4079	0.2538
2004	0.0314	1.5367	0.1416	0.0278	1.3589	0.1416	0.0283	1.3628	0.1338	0.0267	1.3070	0.1316
2005	0.0237	1.1715	0.1219	0.0227	1.1142	0.1219	0.0229	1.1163	0.1202	0.0224	1.0978	0.1199
2006	0.0191	0.9207	0.0987	0.0184	0.8773	0.0987	0.0185	0.8793	0.0978	0.0182	0.8650	0.0976
2007	0.0116	0.5633	0.0256	0.0112	0.5392	0.0256	0.0112	0.5406	0.0254	0.0111	0.5324	0.0254
2008	0.0089	0.3716	0.0212	0.0089	0.3680	0.0212	0.0089	0.3682	0.0212	0.0089	0.3670	0.0212
2009	0.0052	0.2124	0.0153	0.0052	0.2124	0.0153	0.0052	0.2124	0.0153	0.0052	0.2124	0.0153

La comparación de los límites de emisión muestra que el programa de inspección vehicular bajo protocolo ralenti – 2,500 rpm, propicia reducciones importantes en las emisiones de hidrocarburos y de monóxido de carbono, pero no así en los óxidos de nitrógeno. Esta situación resulta lógica ya que este tipo de fiscalización vehicular no está diseñada para la evaluación de los óxidos de nitrógeno.

No obstante, en los vehículos modelo 1995 y anteriores comienza a notarse un pequeño beneficio en cuanto a los óxidos de nitrógeno el cual podría explicarse dado que el mantenimiento vehicular que los vehículos reciben para aprobar la norma de ralenti/2,500, evita un decaimiento ambiental en vehículos que han acumulado recorridos importantes.

La comparación entre los factores de emisión al aplicar revisión ralenti/2,500 y ASM con límites de emisión iniciales de acuerdo a EPA, muestra que el segundo método permite obtener beneficios respecto a los óxidos de nitrógeno y, en el caso de los vehículos de principios de los noventa también se presentan reducción en el monóxido de carbono. Sin embargo, en el caso de los hidrocarburos se presenta un ligero incremento en las emisiones, misma situación ocurre en el caso del monóxido de carbono para los vehículos 2003 a 2008.

Esta situación es congruente con el hecho acontecido en Santiago durante este primer año de operación de la prueba ASM, en donde, según reuniones realizadas a principios de noviembre de este año con la contraparte, había una mayor cantidad de unidades rechazadas en el programa de verificación de emisiones anterior al ASM.

Un análisis realizado a los resultados de la aplicación de la primera vuelta del ASM con límites iniciales, muestra que el 1.6% de los vehículos fueron rechazados por alta concentración de hidrocarburos, 1.8% por alta concentración de monóxido de carbono y 5.3% por alta concentración de óxidos de nitrógeno, para consolidar un rechazo total del 7.1%.

Evidentemente hay vehículos que presentaron no aprobación en más de un gas en su prueba ASM.

La poca tasa de rechazo se debe a lo laxo de los límites de emisión que se aplican, situación normal e incluso deseable ya que es un período de transición en el cual se busca que los ciudadanos que no daban mantenimiento frecuente o adecuado a sus unidades lo hagan; además de buscar que en los talleres mecánicos se desarrolle una capacitación respecto a lo que es el control de los óxidos de nitrógeno. De esta forma, se evita generar un problema social al generar enormes tasas de rechazo y, lo peor de todo, que no exista capacidad instalada para la reparación de dichos vehículos.

En la comparación del programa ASM con límites finales y el programa ASM con límites iniciales se aprecia una importante reducción en los factores de emisión de de los tres contaminantes en todos los modelos vehiculares (excepto los último – modelo).

Obsérvese que en ninguno de los cuatro escenarios existe diferencias significativas en los vehículos durante sus primeros dos años de vida, razón por la cual se justifica que los vehículos están exentos de verificar durante los dos a tres años iniciales como ocurre en Chile (a excepción de unidades de uso intensivo tipo taxis).

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de reducción o incremento de los factores de emisión para los escenarios modelados, considerando la aplicación del ASM con límites de emisión inicial como la base de comparación, razón por la cual no se muestra dicho escenario. Para clarificar la tabla, ubíquese el valor de HC para los modelos 1990 aplicando límites iniciales de ASM, el valor es de 0.3279 gramos de hidrocarburos generado por kilómetro recorrido, al comparar el valor de HC para el mismo año modelo vehicular pero aplicando límites propuestos ASM existe una reducción del 16.1% (0.2752 gr/km), pero hay un incremento del 1.4% respecto a la aplicación del programa ralentí – 2,500 rpm.

**DIFERENCIA PORCENTUAL EN FACTORES DE EMISIÓN PARA VEHÍCULOS LIVIANOS
 TOMANDO COMO BASE EL PROGRAMA ASM INICIAL**

MODELO	SIN PROGRAMA IM			CON PROGRAMA IDLE/2,500			CON PROGRAMA ASM INICIAL			CON PROGRAMA ASM FINAL		
	HC	CO	NOx	HC	CO	NOx	HC	CO	NOx	HC	CO	NOx
1990	38.3%	54.8%	13.5%	-1.4%	2.5%	12.5%	100%	100%	100%	-16.1%	-14.6%	-6.3%
1991	37.7%	53.5%	13.2%	-1.1%	2.7%	12.1%	100%	100%	100%	-15.6%	-14.2%	-6.3%
1992	38.6%	52.8%	13.0%	-0.9%	2.8%	11.9%	100%	100%	100%	-15.8%	-14.0%	-6.4%
1993	38.1%	51.7%	13.0%	-0.8%	2.8%	11.6%	100%	100%	100%	-15.6%	-13.9%	-6.3%
1994	39.3%	51.0%	13.0%	-0.6%	2.9%	11.5%	100%	100%	100%	-15.7%	-13.6%	-6.3%
1995	39.8%	50.7%	12.9%	-0.5%	2.9%	11.2%	100%	100%	100%	-15.6%	-13.4%	-6.2%
1996	34.1%	46.3%	13.0%	-2.8%	1.2%	13.0%	100%	100%	100%	-14.7%	-12.4%	-6.0%
1997	28.5%	41.5%	12.0%	-2.0%	1.3%	12.0%	100%	100%	100%	-11.9%	-11.0%	-5.4%

1998	20.7%	35.4%	10.6%	-1.0%	1.5%	10.6%	100%	100%	100%	-8.3%	-9.1%	-4.7%
1999	15.1%	30.8%	9.4%	-0.4%	1.6%	9.4%	100%	100%	100%	-5.6%	-7.7%	-4.0%
2000	12.8%	27.7%	8.7%	-1.1%	0.5%	8.7%	100%	100%	100%	-5.6%	-7.7%	-3.5%
2001	11.3%	25.5%	8.0%	-1.3%	0.0%	8.0%	100%	100%	100%	-5.3%	-7.5%	-3.1%
2002	9.9%	23.0%	6.9%	-1.2%	0.0%	6.9%	100%	100%	100%	-4.7%	-6.9%	-2.6%
2003	8.1%	19.6%	5.6%	-1.1%	-0.2%	5.6%	100%	100%	100%	-3.9%	-6.0%	-1.9%
2004	11.0%	12.8%	5.8%	-1.8%	-0.3%	5.8%	100%	100%	100%	-5.7%	-4.1%	-1.6%
2005	3.5%	4.9%	1.4%	-0.9%	-0.2%	1.4%	100%	100%	100%	-2.2%	-1.7%	-0.2%
2006	3.2%	4.7%	0.9%	-0.5%	-0.2%	0.9%	100%	100%	100%	-1.6%	-1.6%	-0.2%
2007	3.6%	4.2%	0.8%	0.0%	-0.3%	0.8%	100%	100%	100%	-0.9%	-1.5%	0.0%
2008	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	-0.1%	0.0%	100%	100%	100%	0.0%	-0.3%	0.0%
2009	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	100%	100%	0.0%	0.0%	0.0%

Los valores con signos negativos muestran reducción de emisiones respecto a la aplicación del procedimiento ASM límites iniciales; en tanto que los valores positivos representan aumentos de emisión respecto al procedimiento ya mencionado.

Al respecto, se destaca la reducción del orden del 15% en la emisión de HC y CO en vehículos año noventa, al aplicárseles límites de emisión más estrictos (los niveles propuestos); así como una reducción cercana al 6% en los óxidos de nitrógeno para estos mismos modelos vehiculares.

Para el caso de los vehículos más recientes, la reducción en factores de emisión es menor a los diez puntos porcentuales, pero sigue existiendo beneficio por la aplicación de los nuevos límites (salvo por el caso de los modelos 2009 y 2008 en los que no se aprecia beneficio alguno).

Si se evalúa el beneficio del programa ASM con límites propuestos con el programa ralentí – 2,500 rpm, se observan reducciones en factores de emisión del orden del 18% en unidades previas al 2,000 y cercanas al 7% en unidades modelos 2000 y posteriores, en lo que a los óxidos de nitrógeno se refiere.

ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES EN VEHÍCULOS LIVIANOS

DIF ASM INICIAL VS FINAL				REDUCCIÓN DE TONELADAS/AÑO			
	HC (gr/km)	CO (gr/km)	NOx (gr/km)	Flota	HC (ton/año)	CO (ton/año)	NOx
1990	0.0527	0.6914	0.0580	10,000	4.9	64.9	5.4
1991	0.0490	0.6395	0.0581	10,000	4.6	60.0	5.5
1992	0.0483	0.6350	0.0572	10,000	4.5	59.6	5.4
1993	0.0460	0.6111	0.0553	10,000	4.3	57.4	5.2
1994	0.0448	0.5937	0.0540	10,000	4.2	55.7	5.1
1995	0.0425	0.5655	0.0518	10,000	4.0	53.1	4.9

DIF ASM INICIAL VS FINAL				REDUCCIÓN DE TONELADAS/AÑO			
1996	0.0401	0.5198	0.0493	10,000	3.8	48.8	4.6
1997	0.0266	0.3830	0.0346	10,000	2.5	36.0	3.2
1998	0.0147	0.2555	0.0216	10,000	1.4	24.0	2.0
1999	0.0085	0.1846	0.0147	10,000	0.8	17.3	1.4
2000	0.0080	0.1739	0.0125	10,000	0.8	16.3	1.2
2001	0.0067	0.1516	0.0100	10,000	0.6	14.2	0.9
2002	0.0051	0.1216	0.0075	10,000	0.5	11.4	0.7
2003	0.0036	0.0900	0.0049	10,000	0.3	8.5	0.5
2004	0.0016	0.0558	0.0022	10,000	0.2	5.2	0.2
2005	0.0005	0.0185	0.0003	10,000	0.0	1.7	0.0
2006	0.0003	0.0143	0.0002	10,000	0.0	1.3	0.0
2007	0.0001	0.0082	0.0000	10,000	0.0	0.8	0.0
2008	0.0000	0.0012	0.0000	10,000	0.0	0.1	0.0
2009	0.0000	0.0000	0.0000	10,000	0.0	0.0	0.0
					37.5	536.6	46.2

La tabla muestra una estimación de reducción de emisiones basada en supuestos de flotas vehiculares de 10,000 unidades por cada año modelo, recorridos de 30 kilómetros diarios y un factor de uso de 313 días al año.

Bajo estos supuestos, el beneficio ambiental por aplicar los límites de emisión propuestos es de 37.5 toneladas anuales de hidrocarburos, 46.2 toneladas anuales de óxidos de nitrógeno y de 536.6 toneladas anuales de monóxido de carbono por cada 10,000 unidades en cada estrato vehicular por año modelo.

Esta medida podría ayudar a prevenir y controlar las emisiones del parque vehicular ligero en porcentajes cercanos al 15% en unidades anteriores al año 2000 y aproximadamente en un 5% en vehículos por encima del año 2000.

A continuación se presenta una estimación de reducción de emisiones por aplicación de estándares finales, para el parque de vehículos livianos de pasajeros, considerando los permisos de circulación otorgados hasta el año 2008, desde donde se extrajo la distribución de vehículos por año y las reducciones cada 10.000 vehículos.

AÑO MODELO	N° VEHÍCULOS	NOx			CO			HC		
		/10000	Ton/10000	Ton/10000	Ton/10000	Ton/Año	Ton/Año	Ton/Año	Ton/Año	
1992	10,807.00	1.08	5.4	59.6	4.5	5.84	321.84	268.20		

AÑO MODELO	N° VEHÍCULOS	NOx		CO		HC		NOx		CO		HC	
		/10000	Ton/10000	Ton/10000	Ton/10000	Ton/Año	Ton/Año	Ton/Año	Ton/Año	Ton/Año	Ton/Año		
1993	21,263.00	2.13	5.2	57.4	4.3	11.06	298.48	246.82					
1994	21,330.00	2.13	5.1	55.7	4.2	10.88	284.07	233.94					
1995	27,226.00	2.72	4.9	53.1	4	13.34	260.19	212.40					
1996	36,814.00	3.68	4.6	48.8	3.8	16.93	224.48	185.44					
1997	39,521.00	3.95	3.2	36	2.5	12.65	115.20	90.00					
1998	42,706.00	4.27	2	24	1.4	8.54	48.00	33.60					
1999	25,140.00	2.51	1.4	17.3	0.8	3.52	24.22	13.84					
2000	29,517.00	2.95	1.2	16.3	0.8	3.54	19.56	13.04					
2001	26,296.00	2.63	0.9	14.2	0.6	2.37	12.78	8.52					
2002	24,788.00	2.48	0.7	11.4	0.5	1.74	7.98	5.70					
2003	33,429.00	3.34	0.5	8.5	0.3	1.67	4.25	2.55					
2004	41,337.00	4.13	0.2	5.2	0.2	0.83	1.04	1.04					
2005	50,081.00	5.01	0	1.7	0	-	-	-					
2006	51,939.00	5.19	0	1.3	0	-	-	-					
2007	59,392.00	5.94	0	0.8	0	-	-	-					
2008	24,203.00	2.42	0	0.1	0	-	-	-					
TOTALES	565,789.00					92.90	1,622.09	1,315.09					

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio apunta, entre otros, a realizar un diagnóstico de la operación de la norma ASM a un año del inicio de ésta medida.

Un análisis exhaustivo de las bases de datos facilitadas por las Plantas de Revisión Técnica al consultor permitió detectar problemas en la consistencia química y física de un porcentaje relevante de los resultados y los registros, tales como:

- Resultados de dióxido de carbono alto.
- Resultados de dióxido de carbono bajo.
- Resultados de oxígeno alto
- Resultados de balance de masa extraño
- Resultados de registros altos de temperatura
- Resultados de registros incorrectos de presión barométrica
- Valores nulos en emisiones CO, NOx ó HC

Los porcentajes y modalidades en que se dan estos problemas se detallan en el desarrollo del informe. En todo caso el alto nivel de problemas detectados es indicativo de la necesidad de perfeccionar el programa, como una prioridad de las autoridades. Lo anterior debe ser previo a la incorporación de estándares más exigentes, toda vez que una mayor exigencia normativa requiere asegurar el buen funcionamiento de las Plantas y la adecuada fiscalización de éstas.

En tal sentido, a partir de los resultados obtenidos en el análisis efectuado por el consultor, se dedujeron las siguientes recomendaciones consideradas como necesarias previas a la incorporación de nuevos estándares más exigentes:

- Homogeneización del contenido y estructura de las bases de datos de PRT, particularmente en lo que dice relación con la prueba ASM, incluyendo en una sola base de datos la información de los archivos XLM y de la Resolución 1191/2007. Agregar en este punto nueva información valiosa para el adecuado control del procedimiento de medición.
- Generar sistemas informáticos que permitan el análisis automático y permanente de toda la información ASM disponible, incorporando todos los algoritmos de consistencia química y física discutidos en este informe. El sistema deberá generar alarmas instantáneas y reportes con los problemas detectados y ser un parámetro fundamental para orientar la fiscalización hacia la solución de dichos problemas.
- Generar procedimientos de fiscalización en terreno con métodos analíticos que permitan encontrar el origen de los problemas de consistencia detectados por los sistemas informáticos (entre otros métodos de control en terreno se recomienda el de la verificación de los analizadores con gases patrón de referencia).
- Estudiar la factibilidad de implementar cámaras de seguimiento cuyas especificaciones, posiciones y manejo permitan el registro de posibles trampas o manipulaciones indebidas sobre los equipos o los vehículos, tal como se ha implementado en Ciudad de México.

Adicionalmente, otras recomendaciones relevantes pero que este consultor considera con menor nivel de urgencia, y que la autoridad debe tener en cuenta como requisitos para la segunda fase de implementación de la norma se detallan a continuación:

- El aumento en las tasas de rechazo por la implementación de nuevos estándares, puede generar dificultades si los Talleres Mecánicos no se encuentran adecuadamente preparados y cuenten con la infraestructura necesaria para poder realizar no sólo la sustitución del convertidor catalítico, sino también un diagnóstico sobre el estado de vehículo, así como su reparación.
- Se considera necesario, previo a la implementación de los estándares finales del programa avanzar, como previsto en la normativa vigente (DS 149/2006), en la implementación de la norma en las Regiones V y VI, toda vez que conforme las tasas de rechazo se incrementen notoriamente, los usuarios con problemas en sus vehículos querrán concurrir a las PRT de dichas regiones para eludir la norma.
- Se considera conveniente complementar el programa con medidas de control en la vía pública tal como el RSD, que permitan la adecuada evaluación de los beneficios, el control y cuantificación de la elusión y el monitoreo general del programa.

Pro último, en cuanto a los estándares finales propuestos, éstos deben ser discutidos con la contraparte. Éstos podrían corresponder a los estándares finales de la EPA, toda vez que son consistentes con la tecnología de los vehículos en el País y permite obtener el mayor beneficio ambiental de la norma. O podrían corresponder a estándares fijos como los usados en Ciudad de México, donde este programa ha resultado ser exitoso. Al respecto se mencionan los principales puntos de interés:

- Considerando el alto impacto social y político que se puede generar con tasas de rechazo del orden del 30% que se derivarían de la implementación de los estándares finales, es que el consultor ha propuesto estándares intermedios que, siguiendo en el esquema de la EPA permiten un paso intermedio con una tasa de rechazo del 15%. Los estándares al 15% de rechazo para cada categoría vehicular se precisan en el capítulo respectivo.
- Se recomienda complementar los estándares para contaminantes criterio, establecidos por la norma, con exigencias de eficiencia mínima para los convertidores catalíticos. En la actualidad la cifra de convertidores que no cumplen un criterio de eficiencia mínima alcanza a 72,000 unidades. El recambio de estos convertidores representa grandes beneficios ambientales, toda vez que un vehículo con su convertidor en mal estado emite del orden de 10 veces mas que un en buen estado.
- A través de corridas con el modelo AP-42 se determinó el ahorro de emisiones anuales por implementación de los estándares finales, la que llegó a 93, 1,622, 1,315 [ton], para el NOx, CO y HC respectivamente. Lo anterior como un valor mínimo toda vez que no se considera una proyección del parque para años futuros.

IV. ANEXOS

ANEXO 1
ESTUDIO DE CASOS INTERNACIONALES DE ZBE

1.1. ZONAS DE BAJA EMISIÓN EN SUECIA.

Suecia es el País que cuenta con mas historia en la implementación de LEZ (han estado en operación desde 1996). En la actualidad existen 5 ciudades (Estocolmo, Malmo, Gotemburgo, Lund y Helsingborg), que cuentan con esta regulación para los vehículos pesados de más de 3.500 kg. de peso bruto vehicular. El de Suecia se trata de un ejemplo de aplicación simple de LEZ, pues afecta a una zona pequeña de la ciudad, la fiscalización es manual y los costos de su administración son bajos.

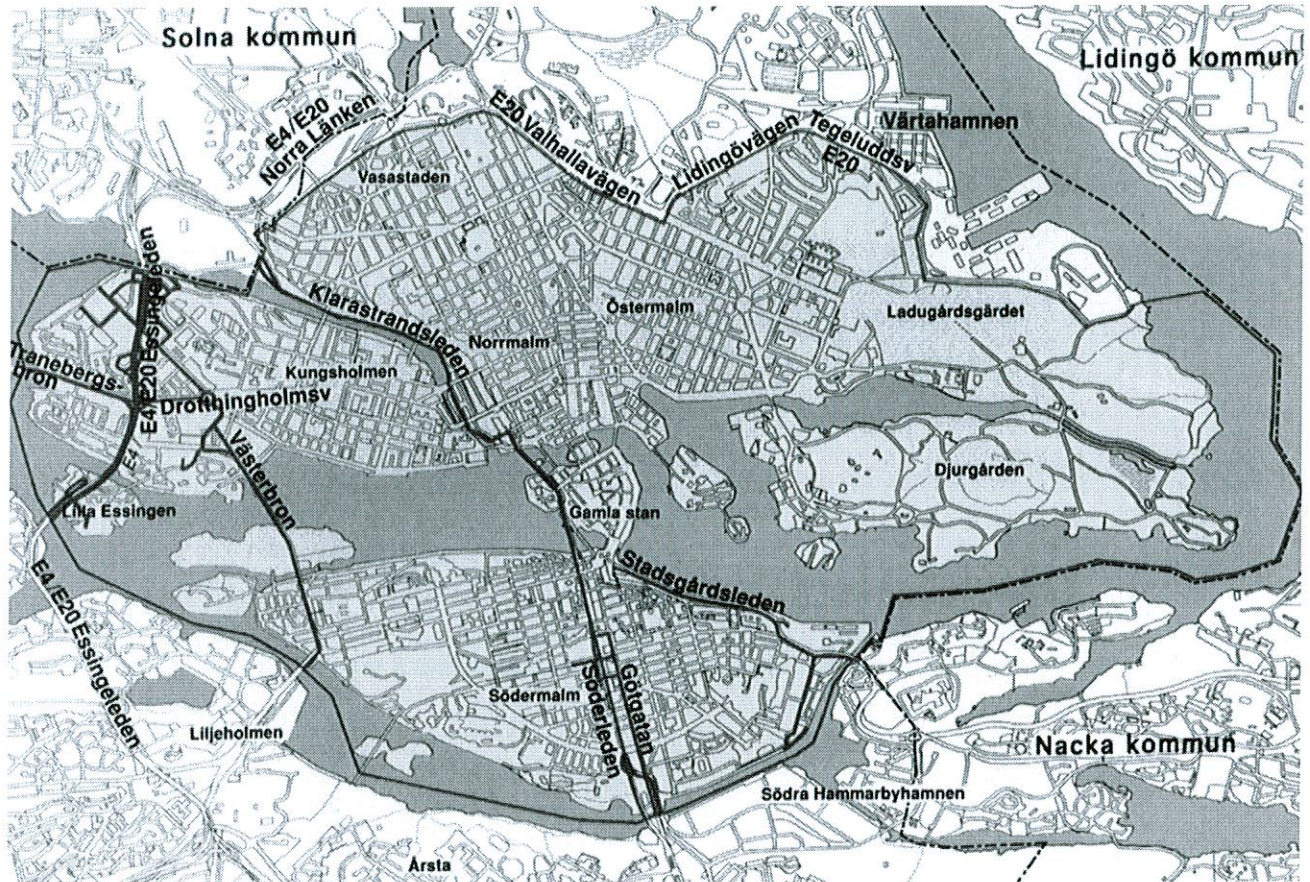


FIGURA 1: LEZ ESTOCOLMO, APROXIMADAMENTE 5X7 KM, CERCA DE 250.000 RESIDENTE Y 280.000 PUESTOS DE TRABAJO.

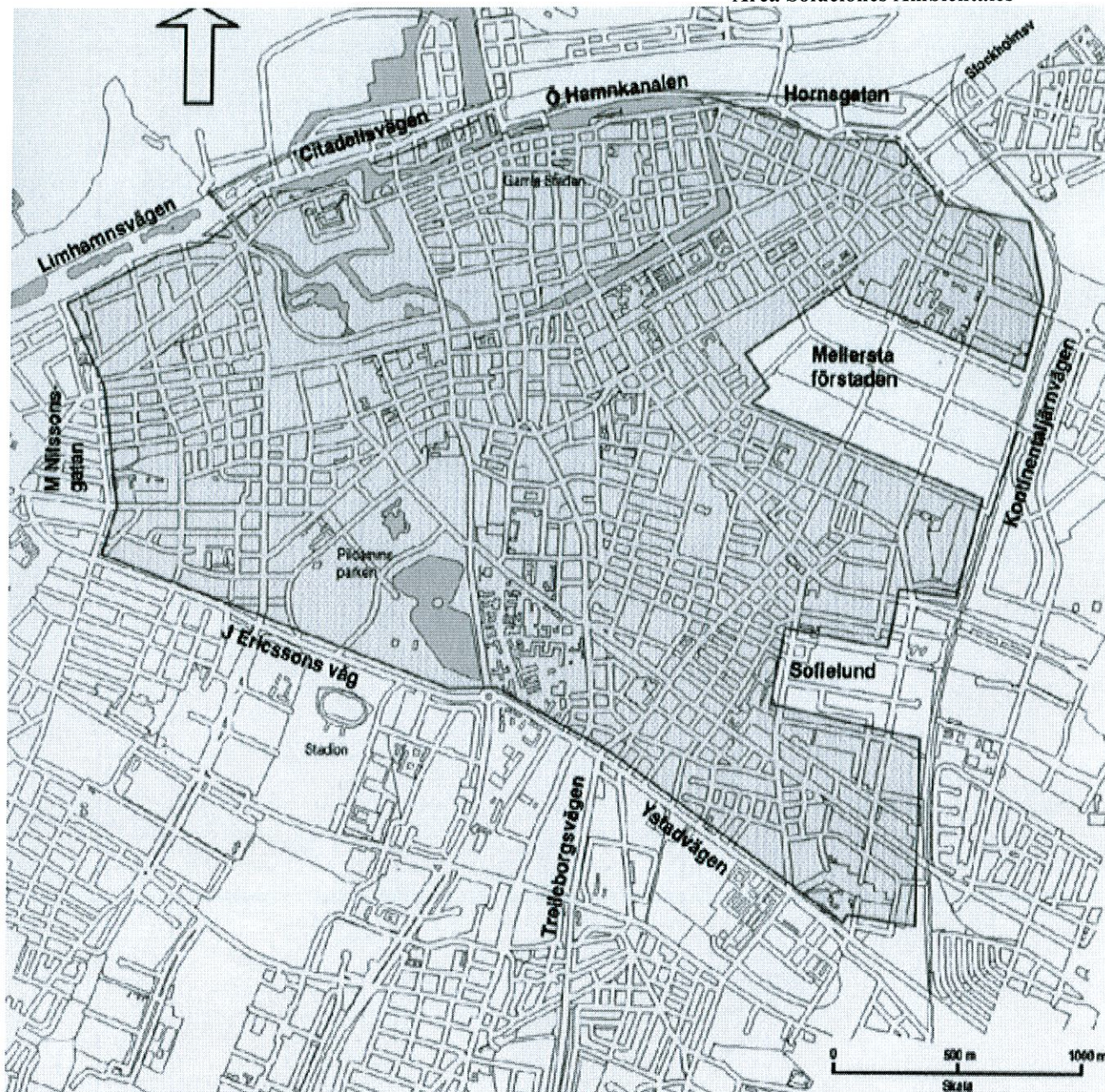


FIGURA 2: LEZ MALMO, APROXIMADAMENTE 3X3 KM, CERCA DE 80.000 RESIDENTES Y 50.000 PUESTOS DE TRABAJO.

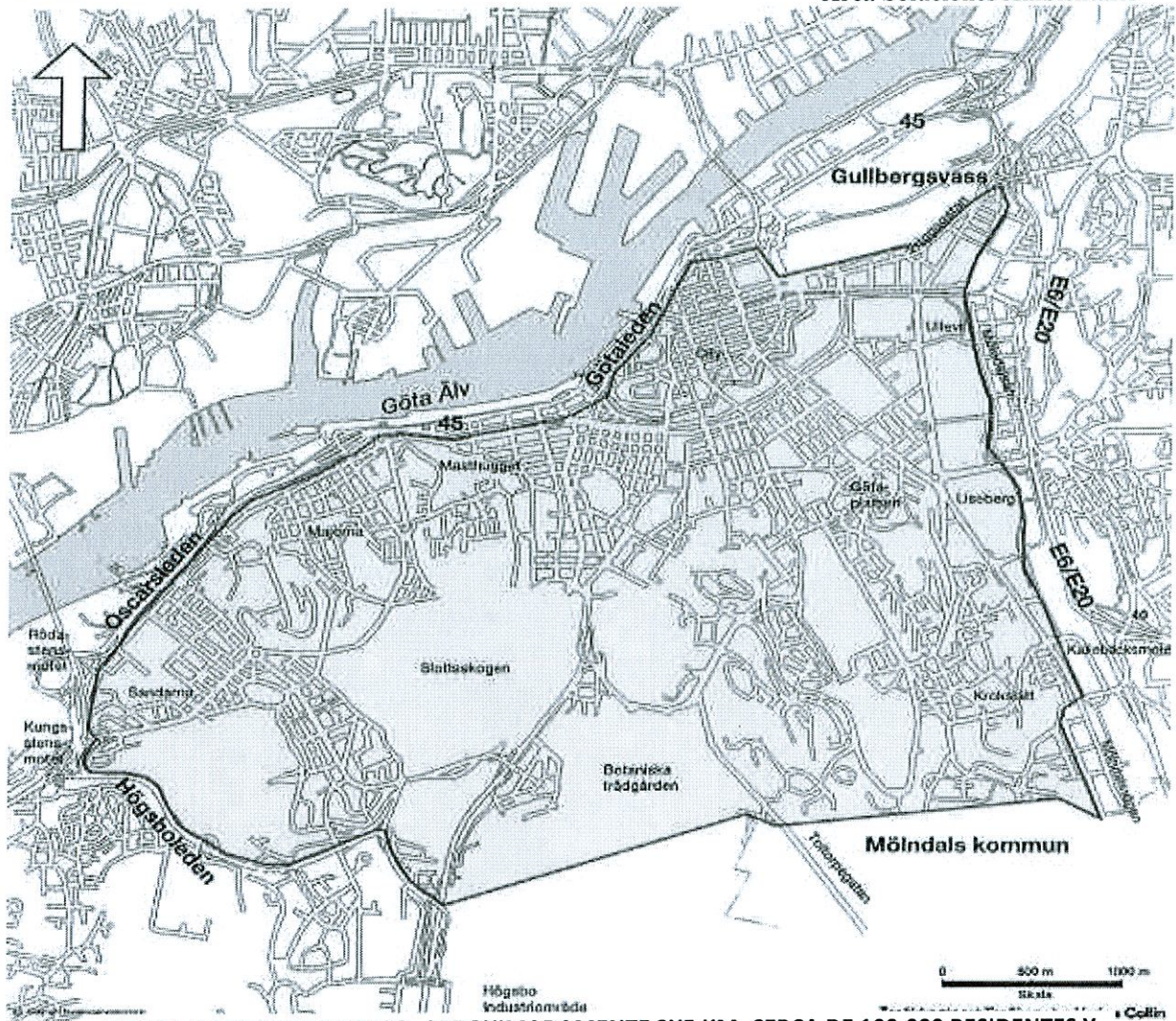


FIGURA 3: LEZ GOTENBURGO, APROXIMADAMENTE 3X5 KM, CERCA DE 100.000 RESIDENTES Y UN NÚMERO SIMILAR DE PUESTOS DE TRABAJO.

Exigencias Técnicas

Al comienzo, en 1996, la exigencia fue que los vehículos debían cumplir con una antigüedad menor a 8 años y con estándar Euro 1. Los vehículos entre 9 y 15 años de antigüedad podían operar en la zona si estaban reacondicionados con un sistema de post tratamiento de emisiones certificado o con un motor nuevo. Existía un permiso especial para aquellos vehículos que ingresaban ocasionalmente en la zona.

A partir de Enero de 2002, la exigencia para los vehículos es una antigüedad menor a 6 años. Para vehículos entre 6 y 8 años de antigüedad, se debe cumplir al menos con Euro II. Vehículos más antiguos que 8 años pueden entrar a la zona si cumplen al menos Euro 1 y están reacondicionados con un sistema de post tratamiento de emisiones certificado. Para vehículos especiales (aplicaciones especiales), incluso con estándares Pre-Euro, quedan autorizados a ingresar siempre que cuenten con un sistema de post-tratamiento de emisiones certificado.

Para el 2016 sólo se permitirán vehículos que cumplan Euro IV y a partir del 2020 el estándar mínimo será de Euro V o EEV (Enhanced Environmentally Friendly Vehicle).

Reacondicionamiento

Aquellos vehículos que sean reacondicionados con sistema de post tratamiento de emisiones deben utilizar equipos ensayados y certificados por el Swedish Motor Vehicle Inspection Company (Svensk Bilprovning), asegurando la correcta instalación del dispositivo.

Existen dos niveles de certificación para estos equipos. El Nivel B, para el cual se requiere reducciones de 80% mínimo en MP y HC (filtros de partículas con Convertidor de Oxidación) y el Nivel C, el cual requiere adicionalmente una reducción del 35% de NO_x (filtros de partículas con Convertidor de Oxidación y equipo de reducción de NO_x).

Los vehículos que cumplan con el Nivel B pueden operar hasta los 12 años de antigüedad y aquellos que cumplan con el C lo pueden hacer hasta los 14 años.

Los vehículos que renueven su motor pueden ingresar a la zona hasta por un máximo de 6 años desde el año de fabricación del motor nuevo (considerando que cumple estándar vigente al momento del cambio), periodo que se extiende si cumple adicionalmente con los niveles B o C por medio de un sistema de post tratamiento.

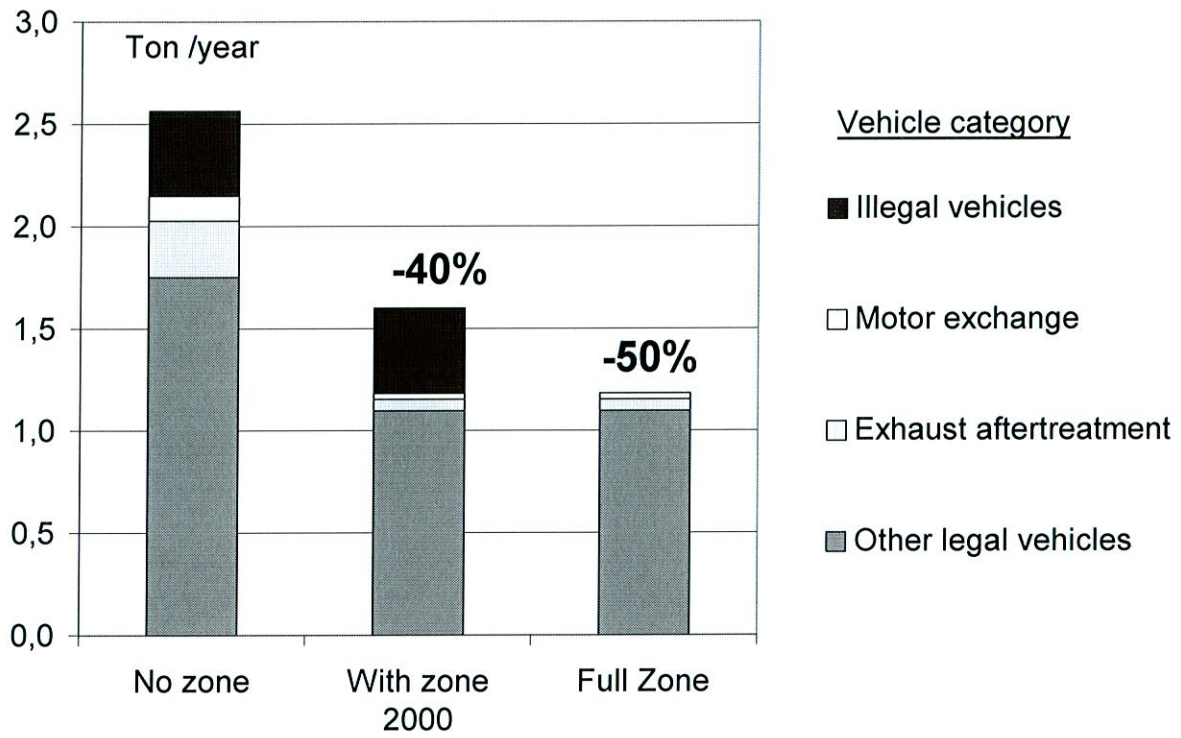
Fiscalización

La zona es fiscalizada visualmente por la policía, especialmente para los vehículos más antiguos, que deben contar con un permiso para circular (un sticker en el parabrisas). Los vehículos que ingresan ilegalmente a la LEZ, son multados. La zona no cuenta con señalización y la tasa de cumplimiento se estima en un 90%. Se trata de una zona de demarcación simple y de bajos costos de administración.

Impactos en emisiones y calidad del aire.

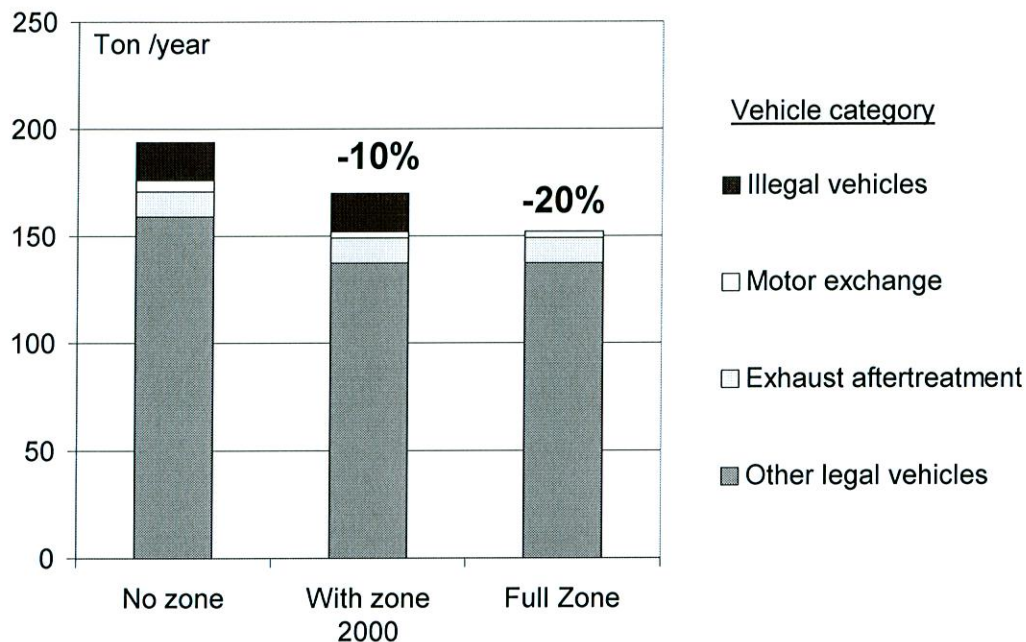
En Estocolmo, la LEZ cubre cerca del 30% de la población de la ciudad (250.000 residentes). Una evaluación de los beneficios del sistema, llevada a cabo el año 2000 (Johansson and Burman), arrojó que las emisiones de NO_x de los vehículos pesados dentro de la zona, se redujeron en un 10% y las del MP en un 40%, respecto de aquellas que se hubiesen registrado sin la LEZ (para vehículos pesados). A su vez las reducciones en la contaminación del aire fueron estimadas en 1,3% y 3% respectivamente para dichos contaminantes, respecto de las predichas sin el sistema. Estos valores son mucho menores

dado que existen otras fuentes de importancia que afectan la calidad del aire en esta ciudad. El análisis concluyó que los efectos del sistema fueron muy relevantes comparados a otras medidas implementadas por la autoridad.



Fuente: Lucy Saddler, 12th ETH Conference, Junio 2008

FIGURA 4: REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LEZ EN ESTOCOLMO.



Fuente: Lucy Saddler, 12th ETH Conference, Junio 2008

FIGURA 5: REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LEZ EN ESTOCOLMO

1.2. ZONA DE BAJA EMISIÓN EN LONDRES.

Otro ejemplo de LEZ, es la reciente incorporación de una zona en Londres. A diferencia de los casos anteriores, ésta se trata de un LEZ de gran cobertura espacial (el Greater London), con fiscalización automatizada (cámaras y reconocimiento de las patentes) y de alto costo de operación (entre 8 y 11 millones de dólares por año). Otra diferencia importante es que no es una prohibición al ingreso sino que se cobra una tarifa para aquellos vehículos que no cumplen con las exigencias técnicas.

Los criterios para la definición de esta LEZ, se entregaron en el año 2003 (Watkiss et al, 2003), a partir del estudio de los costos y beneficios que se obtendrían de su implementación y de cómo este esquema contribuiría en el cumplimiento de las metas de calidad del aire de Londres.

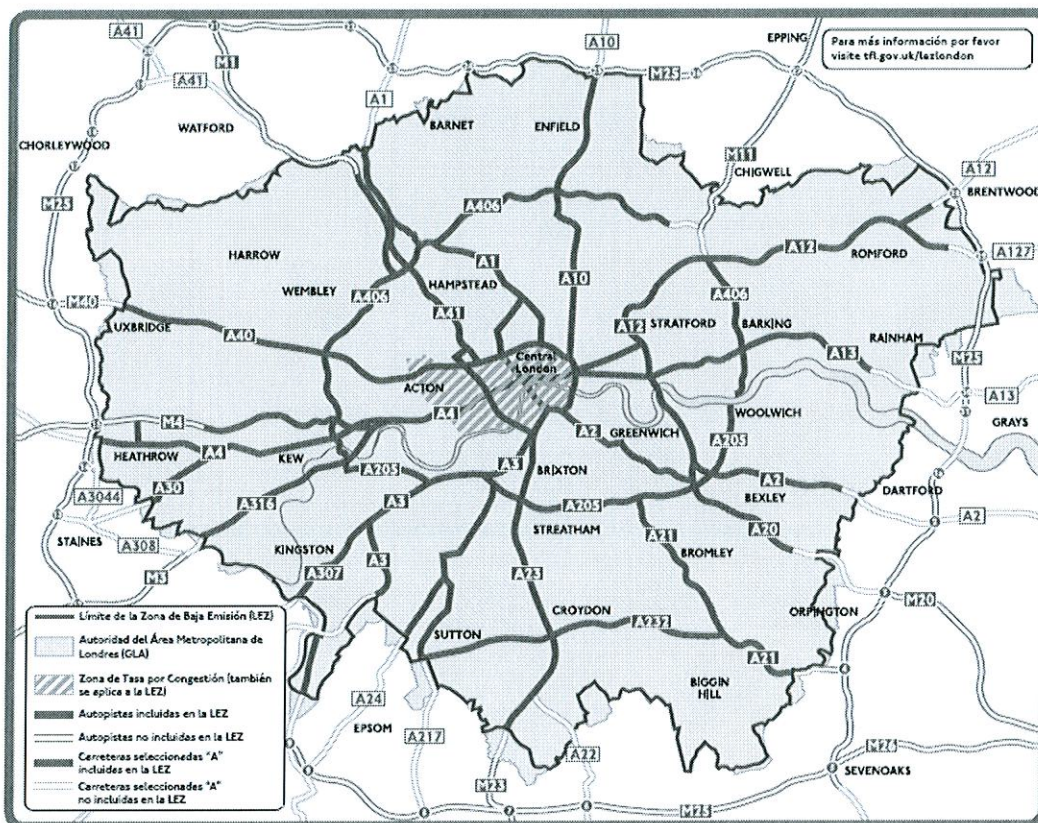


FIGURA 6: LEZ DE LONDRES.

Horario de Operación

La Zona de Baja Emisión de Londres funciona las 24 horas del día, todos los días del año, incluidos los días festivos.

Exigencias Técnicas

La exigencia aplica a vehículos comerciales de motor diesel, según se describe a continuación.

A partir del 4 de Febrero de 2008, los camiones de 12 o más toneladas de peso bruto vehicular (PVB), para ingresar a la LEZ deberán cumplir con Euro 3 en MP. Dicha exigencia aumenta a Euro 4 a partir del 3 de Enero de 2012.

El 7 de Julio de 2008 se incorporan a la exigencia los camiones entre 3,5 y 12 toneladas y los buses que excedan las 5 toneladas de PBV.

Finalmente, en Octubre de 2010, la exigencia se extiende a los vehículos medianos entre 2,5 y 3,5 toneladas de PBV, pero sólo para Euro 3 en MP.

El detalle de las exigencias se describe en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**






Tipos de vehículos y definiciones	Fecha en que se verán afectados	Estándares de emisiones requeridos
Camiones más pesados. Vehículos pesados de motor diesel que exceden las 12 toneladas de peso bruto del vehículo, incluidos los vehículos de mercancías, las caravanas a motor, los transportadores motorizados de caballos y otros vehículos especializados.	 4 de febrero de 2008 Euro III para material particulado (PM) 3 de enero de 2012 Euro IV para material particulado (PM)	Todos los vehículos Euro III cumplen con el estándar de la LEZ. A partir del 4 de febrero de 2008 el estándar de emisiones de la LEZ será Euro III para material particulado (Particulate Matter (PM)). Se asume que los vehículos matriculados por primera vez como nuevos el 1 de octubre de 2001 o después cumplen con este estándar. Los vehículos que no cumplan con los estándares de emisiones podrán cumplirlos si se modifican para cumplir con el estándar Euro III para PM (material particulado). Los vehículos que no cumplen con los estándares de emisiones de la LEZ necesitarán pagar una tasa diaria si se usan dentro de la LEZ.
Camiones más ligeros. Vehículos pesados de motor diesel entre 3,5 y 12 toneladas de peso bruto del vehículo, incluidos los vehículos de mercancías, las caravanas a motor, los transportadores motorizados de caballos y otros vehículos especializados.	 7 de julio de 2008 Euro III para material particulado (PM)	A partir del 3 de enero de 2012 los estándares de emisiones requeridos subirán a Euro IV para material patriculado (PM). Todos los vehículos Euro IV cumplirán con el estándar de la LEZ en el 2012. Se asume que los vehículos matriculados como nuevos el 1 de octubre de 2006 o después de esta fecha cumplen con este estándar.
Autobuses y autocares. Vehículos de pasajeros de motor diesel con más de ocho asientos, más el asiento del conductor, y que exceden las 5 toneladas de peso bruto del vehículo.	 3 de enero de 2012 Euro IV para material particulado (PM)	Los vehículos que no cumplan con los estándares de emisiones podrán cumplirlos si se modifican para cumplir con el estándar Euro IV para PM (material particulado). Los vehículos que no cumplen con los estándares de emisiones de la LEZ necesitarán pagar una tasa diaria si se utilizan dentro de la LEZ.
Furgonetas grandes. Vehículos de motor diesel entre 1,205 toneladas sin carga y 3,5 toneladas de peso bruto del vehículo y caravanas a motor entre 2,5 toneladas y 3,5 toneladas de peso bruto del vehículo.	 4 de octubre de 2010 Euro III para material particulado (PM)	A partir del 4 de octubre de 2010 el estándar de emisiones será Euro III para material particulado (PM). Se asume que los vehículos matriculados como nuevos el 1 de enero de 2002 o después de esta fecha cumplen con este estándar.
Microbuses. Vehículos de pasajeros de motor diesel con más de ocho asientos, más el asiento del conductor, por debajo de 5 toneladas de peso bruto del vehículo.		Los vehículos que no cumplan con los estándares de emisiones podrán cumplirlos si se modifican para cumplir con el estándar Euro III para PM (material particulado). Los conductores de los vehículos que no cumplen con los estándares de emisiones de la LEZ, necesitarán pagar una tasa diaria si conducen dentro de la LEZ.

FIGURA 7: DETALLE DE LAS EXIGENCIAS TÉCNICAS PARA LA LEZ DE LONDRES.

Reacondicionamiento

Para aquellos vehículos que no cumplan originalmente con el estándar Euro 3 para MP, pueden instalar un equipo certificado de post tratamiento de emisiones para la reducción de MP. Normalmente, esto consistiría en un filtro de partículas de flujo total de flujo parcial.

En tal caso se debe obtener certificado emitido por VOSA (Vehicle and Operator Services Agency), quien comprobará que se ha instalado un aparato debidamente certificado. Éste llevará a cabo una prueba de opacidad para confirmar que la modificación está funcionando adecuadamente.

Estos certificados se renuevan anualmente como parte de la revisión técnica o en pruebas adicionales.

Los dispositivos de post tratamiento deben ser ensayados en su eficiencia en dinamómetro de motor o en un dinamómetro de chasis, en los ciclos ETC y ESC, y deben cumplir con las eficiencias mínimas que se indican en la Tabla 1.

TABLA 2: EFICENCIAS MÍNIMAS EXIGIDAS AL SISTEMA DE POST TRATAMIENTO PARA EL CUMPLIMIENTO DE MP SEGÚN EL ESTÁNDAR DE EMISIONES DEL MOTOR.

Base Engine Euro Level	Target Euro Level for Engine with Adaptation	% Particulate Reduction	Minimum Particulate Reduction for any single test
Pre-Euro	Euro III	80%	78%
Euro I	Euro III	77%	75%
Euro II	Euro III	45%	39%
Euro I	Euro IV	95%	95%
Euro II	Euro IV	89%	88%
Euro III	Euro IV	83%	82%

Fuente: Transport for London, Low Emissions Certificate, Technical Requirements for Approval of Low Emissions Adaptation.

Fiscalización

El organismo encargado de la fiscalización de esta LEZ es el Transport for London (TfL). Además del reacondicionamiento existen otras alternativas para el cumplimiento del estándar de MP exigido, tales como el cambio del motor, acreditar que el motor cumple con el estándar original de fábrica o la conversión a gas.

La LEZ de Londres cuenta con señalética para la demarcación y se hace cumplir a través de cámaras fijas y móviles que leen la matrícula del vehículo, comprobándola con una base de datos de vehículos registrados que cumplen con los estándares. Una vez que la matrícula del vehículo ha sido identificada en la base de datos de TfL mostrando que cumple con los estándares de emisiones, que se ha pagado la tarifa o que no tiene que pagar la tasa porque su vehículo está exento, las imágenes fotográficas del vehículo se eliminan automáticamente.

Todos los operadores de vehículos no matriculados en Gran Bretaña, que cumplen con los estándares necesitan inscribir sus vehículos en TfL para liberarse del cobro de la tarifa.

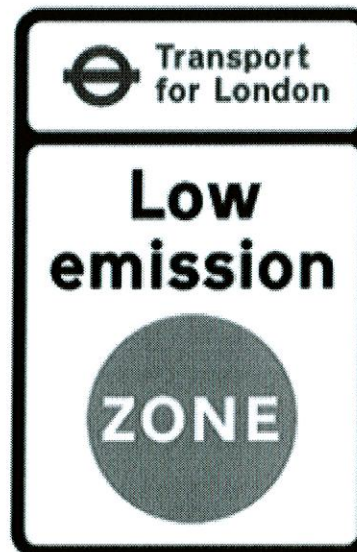


FIGURA 8: SEÑALIZACIÓN

Las tarifas que deben pagar los vehículos que no cumplen con las exigencias son de CLP \$ 180.000 (£ 200) por día, para los vehículos más grandes y de CLP \$ 90.000 (£ 100), para los más pequeños, según se describe en la siguiente ilustración.

Tasa diaria	Vehículo afectado desde la fecha del	Vehículo	Peso
£200	4 de febrero de 2008	Camiones Caravanas a motor Transportadores motorizados de caballos	Más de 12 toneladas
	7 de julio de 2008	Autobuses Autocares	Más de 5 toneladas
		Camiones Caravanas a motor Transportadores motorizados de caballos	Entre 3,5 y 12 toneladas
£100	4 de octubre de 2010	Furgonetas grandes Transportadores motorizados de caballos	Entre 1,205 sin carga y 3,5 toneladas
		Caravanas a motor	Entre 2,5 y 3,5 toneladas
		Microbuses	Menos de 5 toneladas

FIGURA 9: DETALLE DE LA TARIFA DIARÍA PARA LOS VEHÍCULOS QUE NO CUMPLEN.

Costos implementación y operación

Los costos estimados en el estudio Watkiss et al, 2003, para la fiscalización, considerando la aplicación en camiones, fueron de USD \$ 4,5 millones, en la implementación, y USD \$ 6,4 millones por año, en la operación, para una fiscalización manual. Si se considera la fiscalización automática, combinando las cámaras existentes en el sistema de tarificación vial existente en Londres (Central London Congestion Charging), mas una combinación de cámaras fijas y móviles, los costos de implementación suben a USD \$ 9,6 a USD \$ 16 millones, con un costo de operación que va entre USD \$ 8 a USD \$ 11 millones por año. En todo caso los ingresos por cobro pueden oscilar entre USD \$1,6 a USD \$6,4 millones. En todo caso, se señala en el estudio que los beneficios ambientales, por ejemplo en salud, que implica la implementación del sistema, en vehículos pesados, es mayor que los costos estimados (USD \$ 160 millones).

Impactos en emisiones y calidad del aire

El estudio (Watkiss et al, 2003) estima que se podrían obtener reducciones de emisiones de MP y NO₂, mas bien pequeñas con la implementación del sistema, pero que resultan importantes al considerar el impacto que éstas tienen en alcanzarse las metas de calidad del aire, al estudiar las áreas que dejarían de encontrarse en excedencia por MP y NO₂. Dichos impactos se muestran en la Tabla 3.

TABLA 4: IMPACTOS EN LAS EMISIONES Y EN LA CALIDAD DEL AIRE EN LA LEZ DE LONDRES (A: VEHICULOS PESADOS; B: VEHÍCULOS PESADOS Y MEDIANOS).

Contaminante	Reducción de Emisiones (respecto de línea base)			Reducción de las áreas con excedencia de la norma (relative to baseline)		
	2007	2010 A)	2010 B)	2007	2010 A)	2010 B)
NO _x (NO ₂)	1.5%	2.7%	3.8%	4.7%	12%	18.9%
PM ₁₀	9.0%	19%	23%	0%	32.6%	42.9%

Fuente: The London Low Emission Zone Feasibility Study A Summary of the Phase 2 Report to the London Low Emission Zone Steering Group

1.3. OTRAS ZONAS DE BAJA EMISIÓN.

A continuación se presenta un cuadro resumen con las características principales de otras Zonas de Baja Emisión de Europa:

TABLA 5: ESQUEMAS DE OPERACIÓN DE DIVERSAS ZBE.

LEZ	FLOTA AFECTA	EXIGENCIA	EXCEPCIONES	PERIODO OPERACIÓN	SIST. POST TRATAMIENTO O (RETROFITTING)	SUBSIDIOS	FISCALIZACIÓN
TIROL SUR (ITALIA)	TODOS LOS VEHÍCULOS (INCLUD. MOTOCICLETAS)	PROHIBICION PRE-EURO Y EURO 1, ADEMAS LOS VEHICULOS DIESEL DEBEN USAR DPF.	-----	CIERTOS PERIODOS DEL DÍA EN INVIERNO	INCENTIVADO	FONDOS PARA RETROFITTING Y USUARIOS BAJOS INGRESOS	-----
MILAN	TODOS LOS VEHÍCULOS.	APLICA TARIFA A VEHÍCULOS MAS CONTAMINANTES, ES GRATIS PARA: GAS, ELECTRICO, HIBRIDO, GASOLINA EURO 3, DIESEL EURO 4 O CON FILTRO PARTICULAS.	DESCUENTOS A RESIDENTES Y A MUTI ENTRADAS.	7:30 - 19:30	INCENTIVADO	-----	TAG
HOLANDA (19 ZBE)	VEHICULOS PESADOS	PUEDEN ENTRAR EURO 2 Y EURO 3 CON DPF Y EURO 4 O SUPERIORES.	-----	PERMANENTE	INCENTIVADO	-----	MANUAL, MIGRANDO A CAMARAS. MULTA €150
DINAMARCA (5 ZBE)	VEHICULOS PESADOS DIESEL	VEHICULOS DEBEN CUMPLIR EURO 3 PARA MP Y VEHICULOS DE 8 AÑOS Y MÁS DEBEN USAR DPF.	-----	-----	INCENTIVADO	-----	-----
NORUEGA (3 ZBE) EN IMPLEMENTACION	VEHICULOS PESADOS	APLICA TARIFA POR PESO Y NORMA DE EMISIONES:	-----	PERMANENTE	NO	-----	CAMARA Y TAG.

LEZ	FLOTA AFECTA	EXIGENCIA	EXCEPCIONES	PERIODO OPERACIÓN	SIST. POST TRATAMIENTO (RETROFITTING)	SUBSIDIOS	FISCALIZACIÓN
		<ul style="list-style-type: none"> - HASTA 12 TON, PRE EURO Y EURO 1, € 2500/AÑO, EURO 2 Y 3, € 1400/AÑO. - MAS DE 12 TON, PRE EURO Y EURO 1, € 5000/AÑO, EURO 2 Y 3, € 2900/AÑO. - EURO 4 GRATIS. - EXISTEN TARIFAS DIARIAS Y MENSUALES 					

Información adicional sobre ZBE, se puede encontrar en www.lowemissionszone.eu.

**ANEXO 2
DISTRIBUCION OPACIDAD PRT**

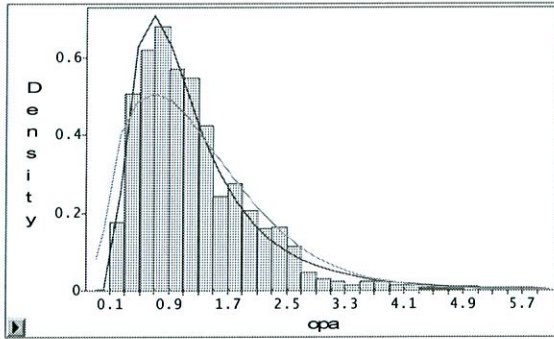


FIGURA 1: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES LIVIANOS PRE-EURO CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

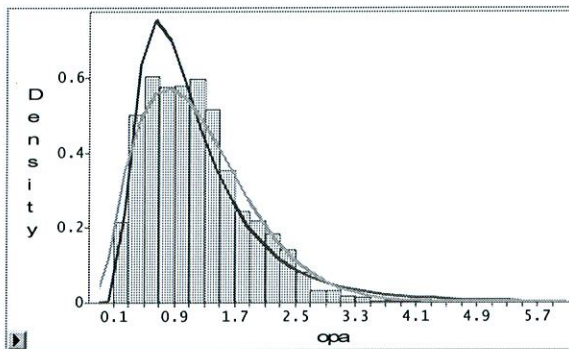


FIGURA 2: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES MEDIANOS PRE-EURO CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

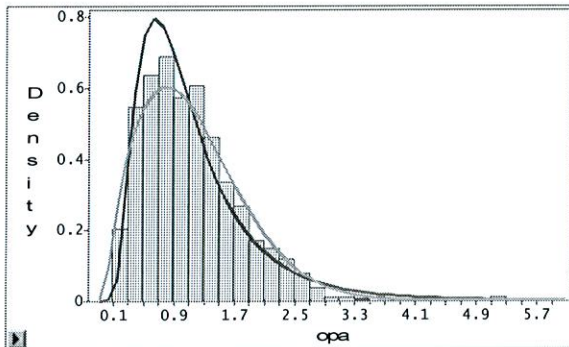


FIGURA 3: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES PESADOS PRE-EURO CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

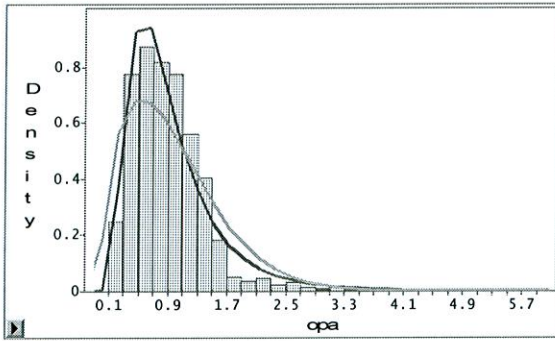


FIGURA 4: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES LIVIANOS EURO 1 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

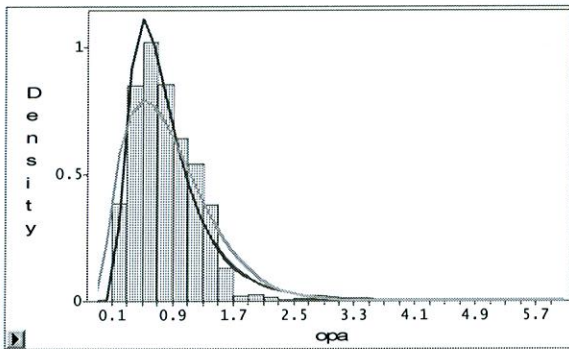


FIGURA 5: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES MEDIANOS EURO 1 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

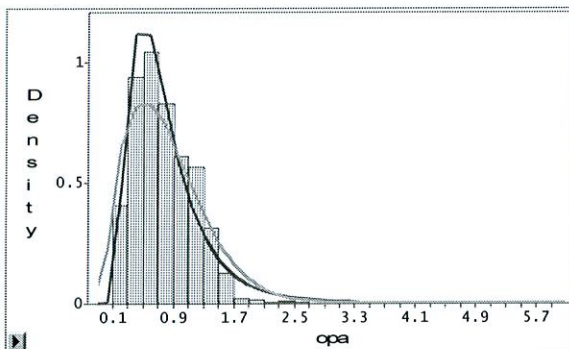


FIGURA 6: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES PESADOS EURO 1 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

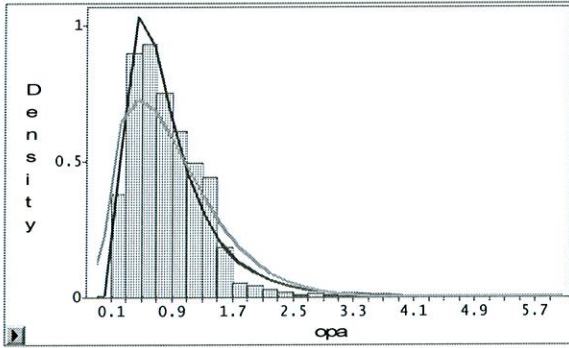


FIGURA 7: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES LIVIANOS EURO 2 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

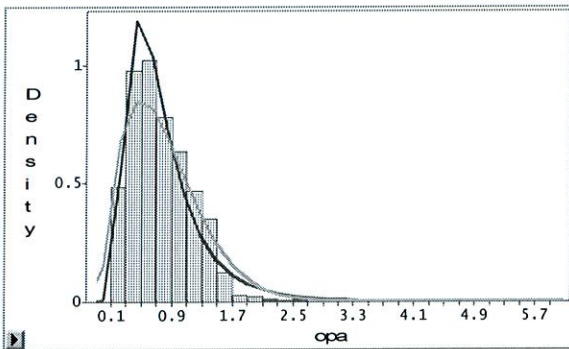


FIGURA 8: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES MEDIANOS EURO 2 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

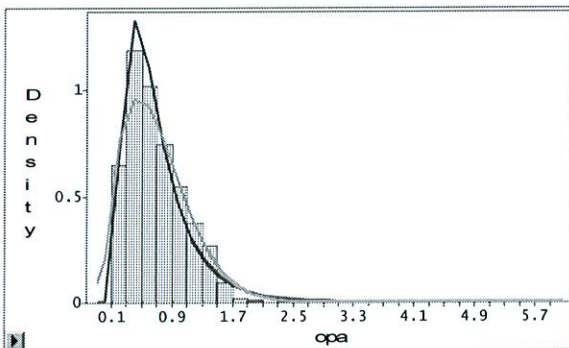


FIGURA 9: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES PESADOS EURO 2 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

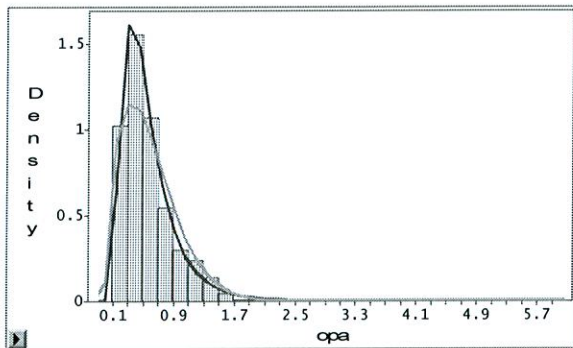


FIGURA 10: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES LIVIANOS EURO 3 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

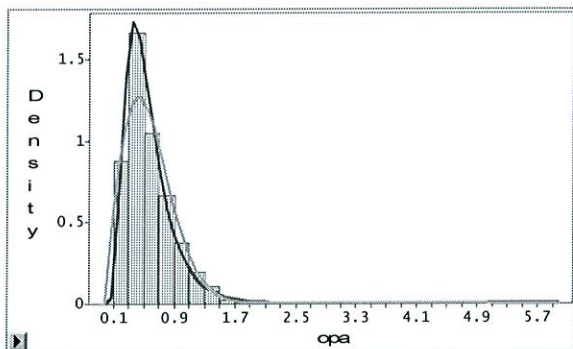


FIGURA 11: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES MEDIANOS EURO 3 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO)

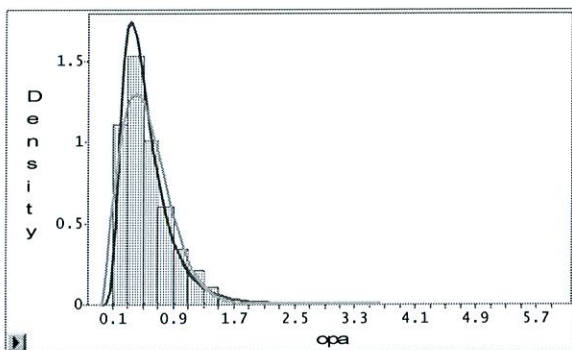


FIGURA 12: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CAMIONES PESADOS EURO 3 CON AJUSTE LOGNORMAL (EN ROJO).

ANEXO 3

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN UTILIZADOS EN EL PARQUE DE CAMIONES.

Sistema de Inyección Mecánico Lineal:

Corresponde a aquellos cuya entrega de combustible es controlada a través del acelerador del vehículo de forma mecánica, actuando este sobre una cremallera que controla la posición del elemento encargado de generar la carrera de inyección. Se trata principalmente de bombas de inyección en línea que se coordinan mecánicamente con las revoluciones del motor.

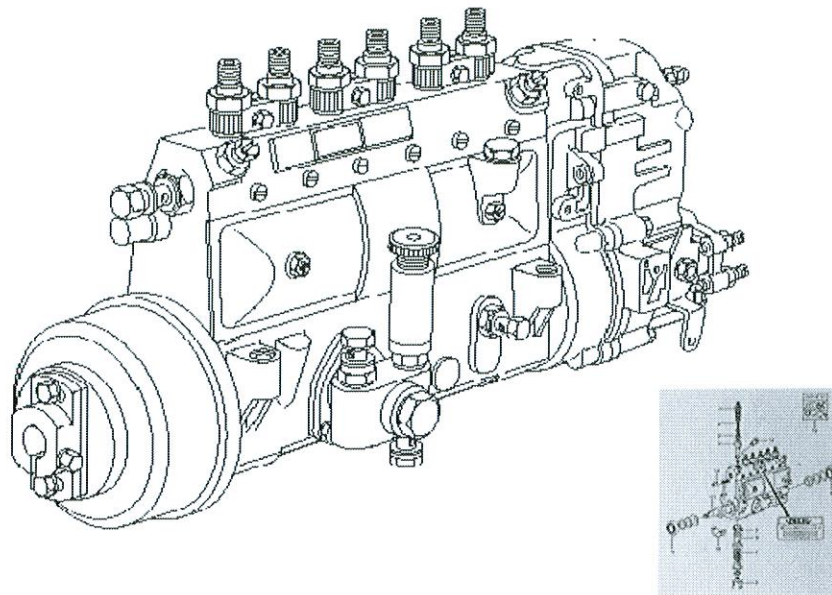


FIGURA 1: ESQUEMA DE UNA BOMBA MECÁNICA EN LÍNEA DE 6 CILINDROS

Sistema de Inyección Lineal con gestión electrónica:

Este sistema es similar a las bombas mecánicas lineales, con la diferencia que en este caso la cremallera de control de suministro es actuada electrónicamente y no mediante el pedal del acelerador, para lo cual se monitorea, mediante sensores, los puntos críticos del motor, controlando las variables de manera de asegurar el funcionamiento del motor en su punto óptimo.

Sistema de Inyección Mecánico Bomba Rotativa:

En la bomba rotativa existe una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección.

En la bomba de inyección rotativa de émbolos radiales pueden ser dos o cuatro émbolos radiales que son accionados por un anillo de levas, el comienzo de la inyección se regula por el anillo de levas, con un variador de avance.

Sistema de Inyección Bomba Rotativa con gestión electrónica:

Este sistema es similar a las bombas rotativas mecánicas, con la diferencia que es actuada electrónicamente y no mediante el pedal del acelerador, para lo cual se monitorea, mediante sensores, los puntos críticos del motor, controlando las variables de manera de asegurar el funcionamiento del motor en su punto óptimo.

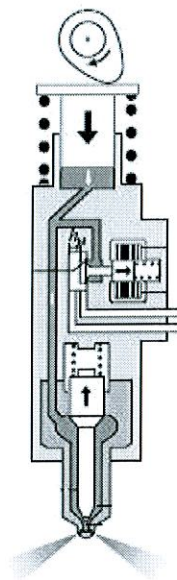
Sistema de Inyección Electrónico Common Rail:

Es un sistema de inyección de alta presión de estructura similar a la de los sistemas de inyección a gasolina, donde el combustible se hace llegar a una presión elevada hasta una rampa de inyección (de ahí su nombre Common rail) a la que se acoplan los electroinyectores, que son comandados por la unidad de control para producir la inyección de combustible en el cilindro.

La presión a la que se produce la inyección favorece considerablemente la pulverización del combustible que se vierte sobre la cámara de combustión (inyección directa), lo que supone una notable mejora del proceso de combustión, con las ventajas que reporta en reducción de combustible y de la emisión de contaminantes.

Unidad Electrónica Inyector Bomba (EUI/HEUI):

En las versiones iniciales emplea un inyector operado directamente por un árbol de levas y situado sobre el centro de la cámara de combustión para inyectar el diesel uniformemente. La inyección es controlada por un dispositivo electrónico que consigue la máxima eficiencia del combustible. La tecnología tiene un sistema de inyección en el que cada cilindro tiene su propia bomba – integrada en el inyector (inyectora bomba). Dentro de esta categoría se encuentra los siguientes tipos: EUI de accionamiento mecánico y los HEUI de accionamiento hidráulico.



**FIGURA 2: UNIDAD ELECTRÓNICA BOMBA-TUBERÍA-INYECTOR EUP (PLD,
DENOMINACIÓN MERCEDES BENZ)**

Este sistema trabaja según el mismo procedimiento que la unidad de inyector bomba. Se trata aquí de un sistema de inyección de alta presión estructurado modularmente. A diferencia de la unidad inyector bomba, el inyector y la bomba están unidos por una tubería corta de inyección. El sistema dispone de una unidad de inyección por cada cilindro del motor, la cual es accionada por el árbol de levas del motor.

Una regulación electrónica controla el comienzo de inyección y la duración de inyección (o caudal de inyección) aporta una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diesel.

**ANEXO 4
MEDICION OPACIDAD**

La opacidad en aceleración libre es un ensayo que permite, mediante un método óptico de medición, la determinación indirecta del material particulado proveniente del motor. Se basa en los fenómenos de interferencia (reflección, absorción, difracción), que producen las partículas al paso de un haz de luz dirigido hacia un sensor, mediante el cual se determina la cantidad de luz interferida en su paso a través de la pluma de humo emitida por el motor.

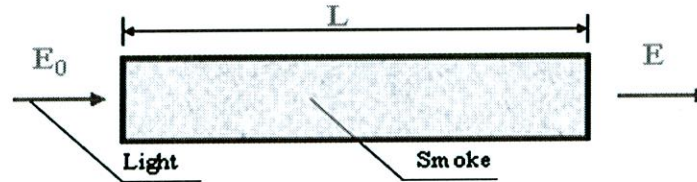


FIG. 1: ESQUEMA DE MEDICIÓN DE OPACIDAD

Conforme los términos que se muestran en la figura anterior, la opacidad se expresa como:

$$\text{Opacidad} = (E_0 - E) / E_0 = 1 - \exp(-KL)$$

Donde:

E_0 : Luz emitida.

E : Luz recibida.

K : Coeficiente de extinción.

Considerando el límite de visibilidad de la luz (500 nm), este método no permite la detección de las partículas ultrafinas, por lo cual resulta efectivo en aquellos motores con tecnologías EURO I, EURO II o EURO III, ya que tecnologías posteriores cuentan casi exclusivamente con emisiones de partículas ultrafinas.

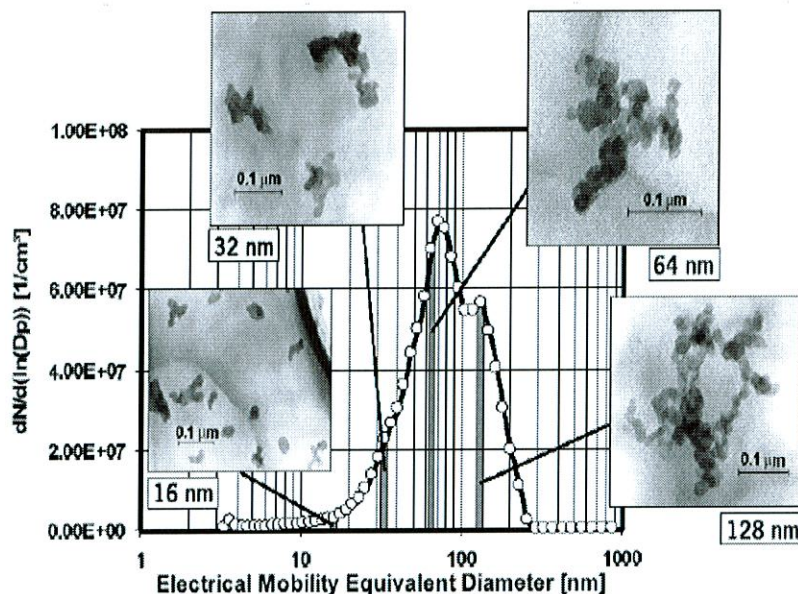


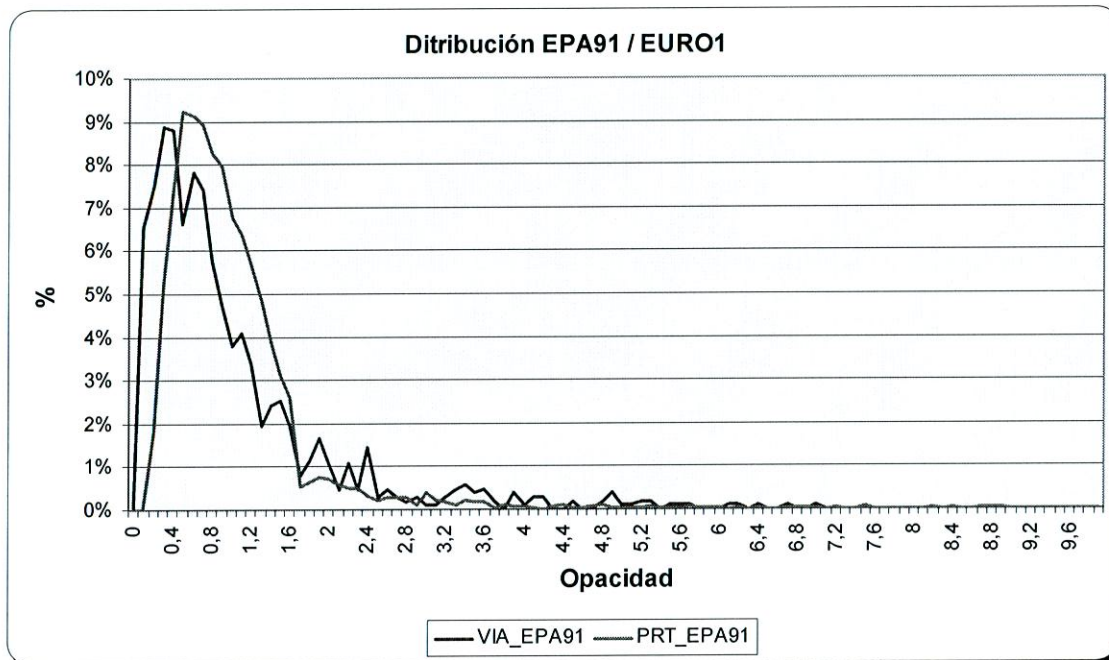
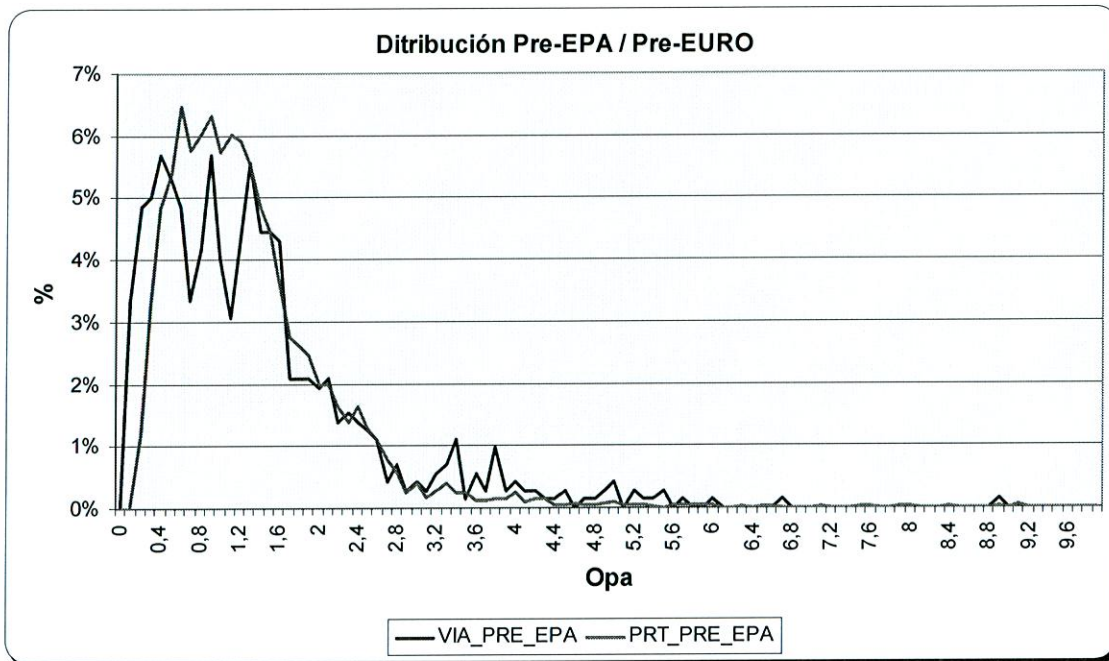
FIG. 2: DISTRIBUCIÓN CARACTERÍSTICA DEL MATERIAL PARTICULADO SÓLIDO DE UN MOTOR DIESEL (PARTÍCULAS ULTRAFINAS)

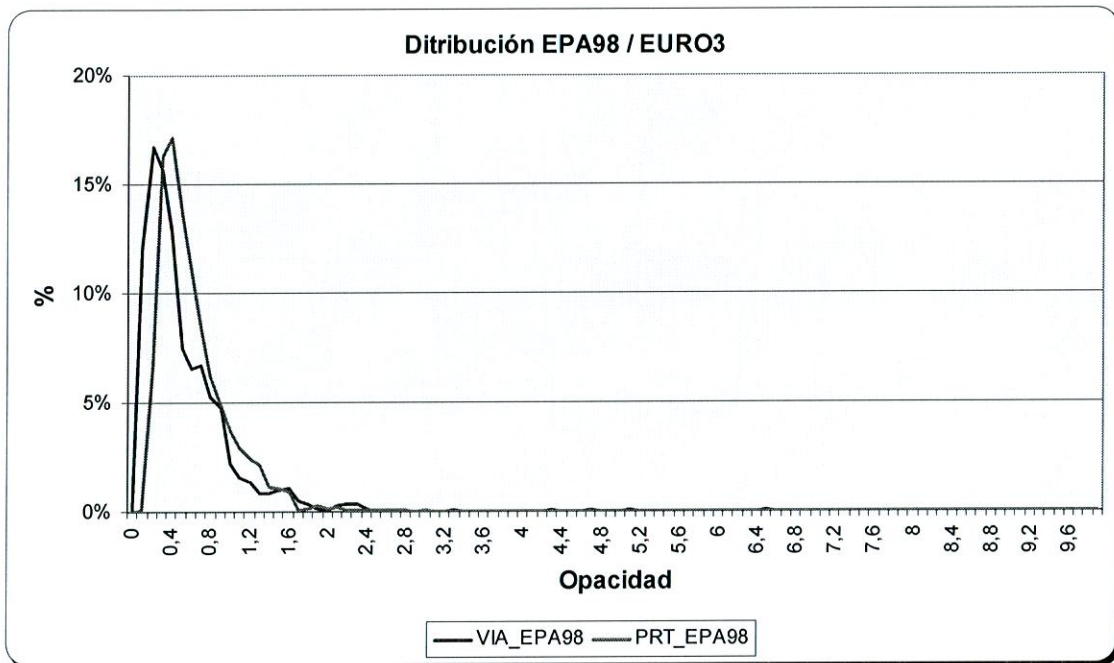
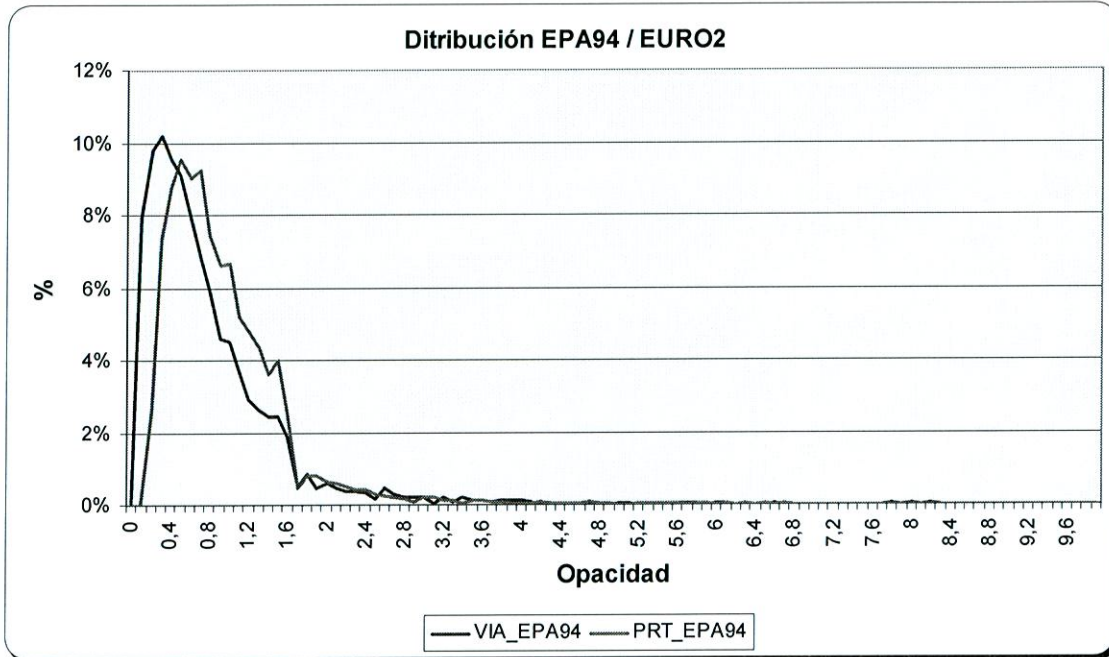
Dado el alcance de la medida, el opacímetro resulta efectivo, toda vez que se considera verificar para nivel EURO III. No obstante como parte del estudio se analizaran otras técnicas de medición y su factibilidad técnica en Chile para una futura aplicación.

En cuanto al procedimiento de ensayo, la aceleración libre del motor permite verificar el comportamiento de las emisiones en el punto de máxima inyección (punto de corte de inyección), y el comportamiento del limitador de humo¹. Pero no permite verificar el comportamiento en carga del motor.

¹ El limitador de humo es una membrana que regula, conforme la presión del turbo, la cantidad de combustible inyectado al motor, manteniendo una adecuada relación aire/combustible.

**ANEXO 5
DISTRIBUCIONES OPACIDAD PRT V/S VIA PUBLICA**





ANEXO 6
RECOPIACIÓN ANTECEDENTES NACIONALES E
INTERNACIONALES DE MEDICIÓN DE OPACIDAD EN CARGA

**RECOPIACIÓN ANTECEDENTES NACIONALES E INTERNACIONALES DE
MEDICIÓN DE OPACIDAD EN CARGA.**

Dentro de los antecedentes internacionales revisados en esta parte del estudio se consideraron:

SAE-J1667 Recommended Practice, Snap Acceleration Smoke Test Procedure for Heavy-Duty Diesel Powered Motor Vehicles, © 1996 Society of Automotive Engineers.

Es una norma que entrega las recomendaciones técnicas de la SAE para la medición de opacidad en vehículos pesados, en flujo total. Dichas recomendaciones cubren la preparación del vehículo, los instrumentos de ensayo y su calibración, y un procedimiento de medición en aceleración libre. No incluye procedimientos de medición en carga.

DIRECTIVA 96/96/CE DEL CONSEJO de 20 de diciembre de 1996 sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas a la inspección técnica de los vehículos a motor y de sus remolques.

En esta directiva de la Comunidad Europea, se indican el procedimiento de medición (en flujo parcial) y los estándares de opacidad en aceleración libre, aplicables a vehículos livianos y pesados. No incluye procedimientos de medición en carga aplicables.

REGULATION NO. 12 - REDUCTION OF DIESEL VEHICLE EMISSIONS. DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENT. Air Quality Control Commission. Estado de Colorado.

Es la regulación que rige en el Estado de Colorado para el programa de auto certificación de emisiones para flotas de vehículos pesados y que incluye como un método de medición válido, la medición de opacidad en carga, sobre dinamómetro de chasis. Se entregan detalles del procedimiento de medición y el estándar exigido.

Code of Practice for Designated Vehicle Emission Testing Centres. Issued by the Commissioner for Transport under Section 77F(1)(a) of the Road Traffic Ordinance (CAP. 374). Hong Kong.

Esta regulación de Hong Kong, aplica a los vehículos pesados de hasta y considera la realización de una prueba de opacidad en carga sobre dinamómetro chasis. Se detallan el procedimiento de medición, los estándares y criterios de evaluación.

En cuanto a los antecedentes nacionales, se aborda en este informe mas adelante y en detalle, el procedimiento de medición de opacidad en carga que hoy opera en la revisión técnica de los buses en las PRTs A1. En tal sentido se revisará el procedimiento indicado en el respectivo Manual de Revisión y en el DS N°4/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y se examinarán los resultados obtenidos con dicho procedimiento y que se encuentra en las bases de datos de la revisión técnica de las PRTs A1.

1. PROCEDIMIENTO DE OPACIDAD EN CARGA DEL ESTADO DE COLORADO.

En el estado de Colorado aplica una regulación para vehículos de más de 14 toneladas de PVB, en flotas de más de 9 vehículos, que operen en un área regulada. Dichos vehículos deben cumplir un riguroso plan de certificación de su opacidad. Para dicha certificación se establecen diversos métodos de medición, entre los cuales se detalla un procedimiento de medición de opacidad en carga sobre dinamómetro de chasis, el que se define como a continuación.

- a) Seleccionar la marcha que permita conducir el vehículo a una velocidad entre 90 y 110 km/h. sin carga y con el acelerador a fondo (WOT).
- b) Mantener al vehículo en esa condición sobre el dinamómetro hasta que la velocidad se estabilice y registrar el valor de la velocidad estabilizada.
- c) Manteniendo el acelerador a fondo, incrementar gradualmente la carga en el dinamómetro hasta alcanzar una velocidad de RPM característica del motor (± 15 RPM), mantener esta condición de carga/rpm por 10 segundos y registrar RPM del motor, Potencia y Opacidad.
- d) Mantener el acelerador a fondo e incrementar gradualmente la carga en el dinamómetro hasta alcanzar el 90% de las RPM características del motor, (± 15 RPM), mantener esta condición de carga/rpm por 10 segundos y registrar RPM del motor, Potencia y Opacidad.
- e) Mantener el acelerador a fondo e incrementar gradualmente la carga en el dinamómetro hasta alcanzar el 80% de las RPM características del motor, (± 15 RPM), mantener esta condición de carga/rpm por 10 segundos y registrar RPM del motor, Potencia y Opacidad.
- f) Mantener el acelerador a fondo e incrementar gradualmente la carga en el dinamómetro hasta alcanzar el 70% de las RPM características del motor, (± 15 RPM), mantener esta condición de carga/rpm por 10 segundos y registrar RPM del motor, Potencia y Opacidad. Con esta última medición concluye el procedimiento de medición y no se debe aplicar carga adicional.
- g) Se debe verificar la desviación del opacímetro respecto de su valor de referencia cero y verificar que esta no sea superior al 5%.

2. PROCEDIMIENTO DE OPACIDAD EN CARGA DE HONG KONG.

En la actualidad, como se indica en la letra a) anterior, en Hong Kong se aplica un procedimiento de opacidad en carga para vehículos pesados, que se basa en la determinación de la curva de potencia del motor y la medición de opacidad al 100%, 90% y 80% de la velocidad de máxima potencia que entrega la curva característica (algo parecido ocurre con el procedimiento que se aplica en Colorado). A continuación se describe el método resumidamente.

- a) El ensayo cuenta de 3 partes. La primera es un pre ensayo para verificar la identificación del vehículo y que se encuentra en condiciones técnicas de realizar. La segunda parte es para chequear si las condiciones del sistema y el vehículo son los apropiados para realizar el ensayo y la última parte es para conducir la medición de manera totalmente automatizada.
- b) Se consideran 3 puntos de medición, al 100% de las RPM características del motor, al 90% y al 80% de esa velocidad. Para todos estos puntos la opacidad máxima permitida es de $1,61 \text{ m}^{-1}$.
- c) La velocidad característica y la potencia deberán corresponder a las indicadas por el fabricante del motor.
- d) Una vez el vehículo en el dinamómetro y con la transmisión en neutro, se presionará el acelerador del vehículo hasta la condición de máximas RPM del motor. Se registra el valor de RPM obtenido.
- e) Con el dinamómetro en condición sin carga, seleccionar la marcha del vehículo que permita llegar a una velocidad de 70 km/h con el acelerador a fondo. Si la transmisión es automática no se deberá usar la condición overdrive de la caja.
- f) Si en esta etapa del ensayo se verifica que el vehículo no está en condiciones de continuar el ensayo por razones técnicas o de seguridad este será cancelado.
- g) El vehículo se ensayará en las tres condiciones de RPM establecidas (100%, 90% y 80% de la RPM característica) de forma automática y se registrarán los valores de opacidad en cada condición.

En cuanto a las operaciones mínimas del software para realizar la prueba estas se detallan a continuación:

Obtención de la Curva característica del motor:

Para obtener las RPM características del motor (potencia v/s velocidad), el software aplica el siguiente procedimiento:

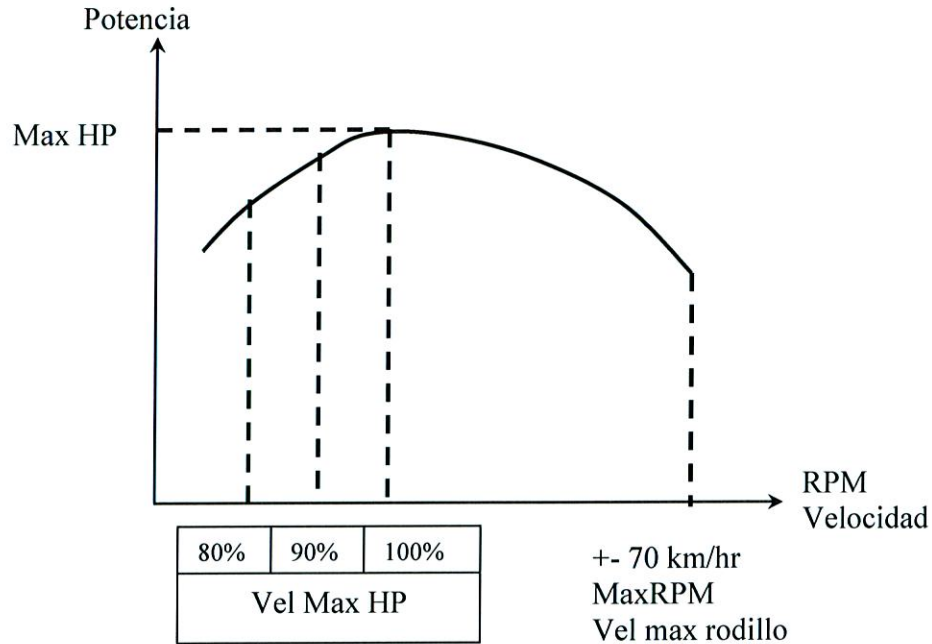


FIGURA 1: OBTENCIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DEL MOTOR EN EL DINAMÓMETRO

- 1) Elegir un cambio tal que se alcance ± 70 km/hr, con el acelerador a fondo. Nunca sobrepasar los 80 km/hr.
- 2) Rodar el vehículo con una carga mínima de 20 kW. (Punto A).
- 3) Calcular la velocidad de máxima potencia

$$\text{VelMaxHp calculada} = \text{velocidad max del rodillo} \times \frac{\text{RPM nominal del motor}}{\text{MaxRPM}}$$

- 4) Determinar la potencia nominal del motor.

$$\text{Potencia nominal del motor} = \frac{\text{Potencia mínima requerida}}{100\% - \text{Factor de Descuento de Potencia}}$$

- 5) Determinar la fuerza del rodillo.

$$\text{Fuerza del rodillo} = \frac{\text{Potencia mínima requerida}}{\text{VelMaxHp calculada}}$$

Se continúa si la fuerza del rodillo y potencia nominal del motor no sobrepasan los límites del dinamómetro.

En el modo de control de velocidad, se comienza a reducir la velocidad en pasos de velocidad que no sean superior a 0.5 km/hr (desde el punto A), cuando la velocidad del rodillo es más baja que la VelMaxHP calculada la reducción de velocidad será en pasos que no sean más de 1 km/hr.

La tasa de la rampa de reducción de velocidad no será más alta que 2 km/hr por segundo en todo el rango de velocidad.

Para cada punto de la rampa se debe registrar los valores de potencia y velocidad del dinamómetro, a fin de obtener la curva característica real de potencia máxima v/s velocidad. Con la curva anterior se busca la Velocidad de Potencia máxima medida.

Conocida la velocidad a máxima potencia, se comienza a medir opacidad al 100%, 90% y 80% de la velocidad, siempre con el acelerador a fondo.

La siguiente figura representa la curva obtenida.

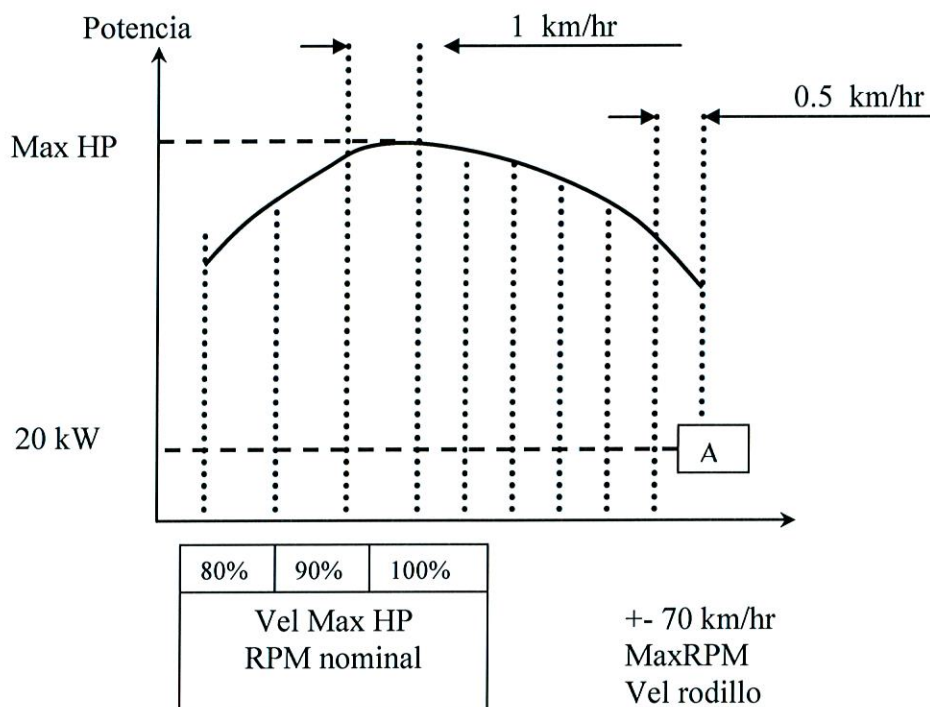


FIGURA 2: OBTENCIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DEL MOTOR EN EL DINAMÓMETRO

2.1.1.1.1. PROCEDIMIENTO NACIONAL DE MEDICIÓN DE OPACIDAD EN CARGA PARA BUSES.

Como procedimiento local de medición de opacidad en carga el DS 4/94 estipula una medición para los buses de transporte público, dicho procedimiento es descrito a continuación:

- a) Ubicar el eje traccionado del bus sobre los rodillos del dinamómetro.
- b) Desconectar accesorios del motor (aire acondicionado y otros).
- c) Verificar que no existan roturas en el sistema de escape.
- d) Poner en marcha el motor del vehículo y esperar que alcance la temperatura normal de operación. Esto se verifica en el tablero de instrumentos.
- e) Insertar la sonda de muestreo en el tubo de escape. Usar la sonda correcta de acuerdo al diámetro del tubo de escape, según recomendación del manual del instrumento.
- f) En la penúltima marcha de la caja de velocidades, con el acelerador a fondo. Se aplica carga, manteniendo el acelerador a fondo, hasta que la entrega de potencia de las ruedas del vehículo sea 45, 60 u 80 (HP), según si la potencia del motor se encuentre comprendida entre 80 y 120 (CV), 121 y 165 (CV) o sobre 165 (CV), respectivamente. Después que el motor marche en tales condiciones aproximadamente durante 5 segundos, se mide la opacidad de los gases de escape en forma continua.
- g) Retirar la sonda del tubo de escape.

TABLA 1: POTENCIAS DE ENSAYO Y LÍMITES DE OPACIDAD PARA PRUEBA EN CARAGA DE BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO

POTENCIA DEL MOTOR (CV-DIN)	POTENCIA DE ENSAYO	PORCENTAJE DE POTENCIA DEL MOTOR APLICADA	COEFICIENTE DE EXTINCIÓN K [m-1] MÁXIMO	
	[HP]		[%]	Con Sello Verde
80 a 120	45	56 – 38	1,2 (0,7)*	1,5
121 a 165	60	50 – 36		
166 ó sup.	80	48 y menos		

* Coeficiente de extinción máximo para buses destinados a prestar servicios de locomoción colectiva urbana y rural en la ciudad de Santiago, que deban cumplir con el D.S. 130/2001.

ANEXO 7
ANILLOS PERIMETRALES ZBE Y ACCESOS

Anillo Américo Vesputio y la Ruta 5 Norte-Sur.

1.1 Controles perimetrales de las zonas.

Para la identificación de lugares de control o puertas a las zonas se consideró las medianas de las vías perimetrales, vale decir, el flujo con sentido antihorario permite la operación de todo tipo de vehículos, quedando en las pistas con sentido horario restringida solo para vehículos de bajas emisiones. Este esquema permite que los controles de acceso se localicen en los puentes sobre las vías expresas o en las medianas y que los vehículos que no cumplen puedan evitar el ingreso a la zona de bajas emisiones virando a la derecha y transitando en sentido horario, tal como muestra la siguiente figura.

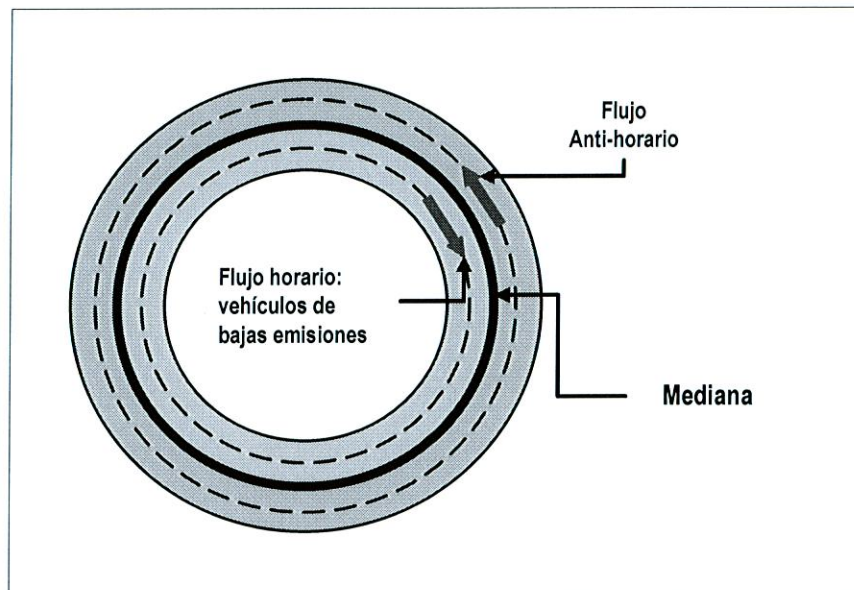


Figura 1: Discriminación de flujos pertenecientes a las ZBE.

Fuente: Elaboración propia

1.1.1 Mecanismos para lograr cumplimiento.

Para controlar la presencia de vehículos en el área de bajas emisiones es posible mecanismo punitivo, un mecanismo de tarificación o la mezcla de ambos. A continuación se describen brevemente cada uno de ellos.

- **Mecanismo punitivo:** Se considera legal la presencia de un vehículo en la zona de bajas emisiones si cumple con las exigencias técnicas de emisiones, correspondiendo en caso contrario la sanción respectiva (multa).
- **Mecanismo de tarificación:** En el caso de un esquema de tarificación es relevante cobrar por el acceso al área, para lo cual todos los accesos deben estar cubiertos de manera de asegurar la recaudación. No obstante, en este caso también se requiere un control al interior del área para detectar a vehículos que solo operan al interior del área sin cruzar sus accesos.

- **Criterio Mixto:** Podría también plantearse un esquema con tarificación y castigo punitivo a los evasores del pago, en que se tarifica la presencia de “vehículos sucios” dentro de la ZBE y se castiga a quienes no pagan en caso que sean sorprendidos.

1.1.2 Cuantificación de accesos.

El esquema de operación del área de bajas emisiones tiene directa consecuencia en la magnitud de la infraestructura que se requiere para controlarla. En un esquema automático de tarificación o de fiscalización, la localización de los puntos de control de acceso debe asegurar que los vehículos no puedan eludir el control al ingresar a la ZBE, por esta razón los puntos de control de acceso al área de bajas emisiones se dispusieron en las vías que permiten cruzar desde el exterior al interior de cada ZBE. A continuación se presenta un ejemplo ilustrativo de cada caso.

1.1.2.1 Ciudad.

Los puntos de control de acceso a la ciudad están localizados en todas aquellas rutas por las cuales los camiones pueden ingresar a la zona, es decir, son los controles más externos de la ciudad y por consecuencia representan la menor cantidad en comparación con los restantes casos.

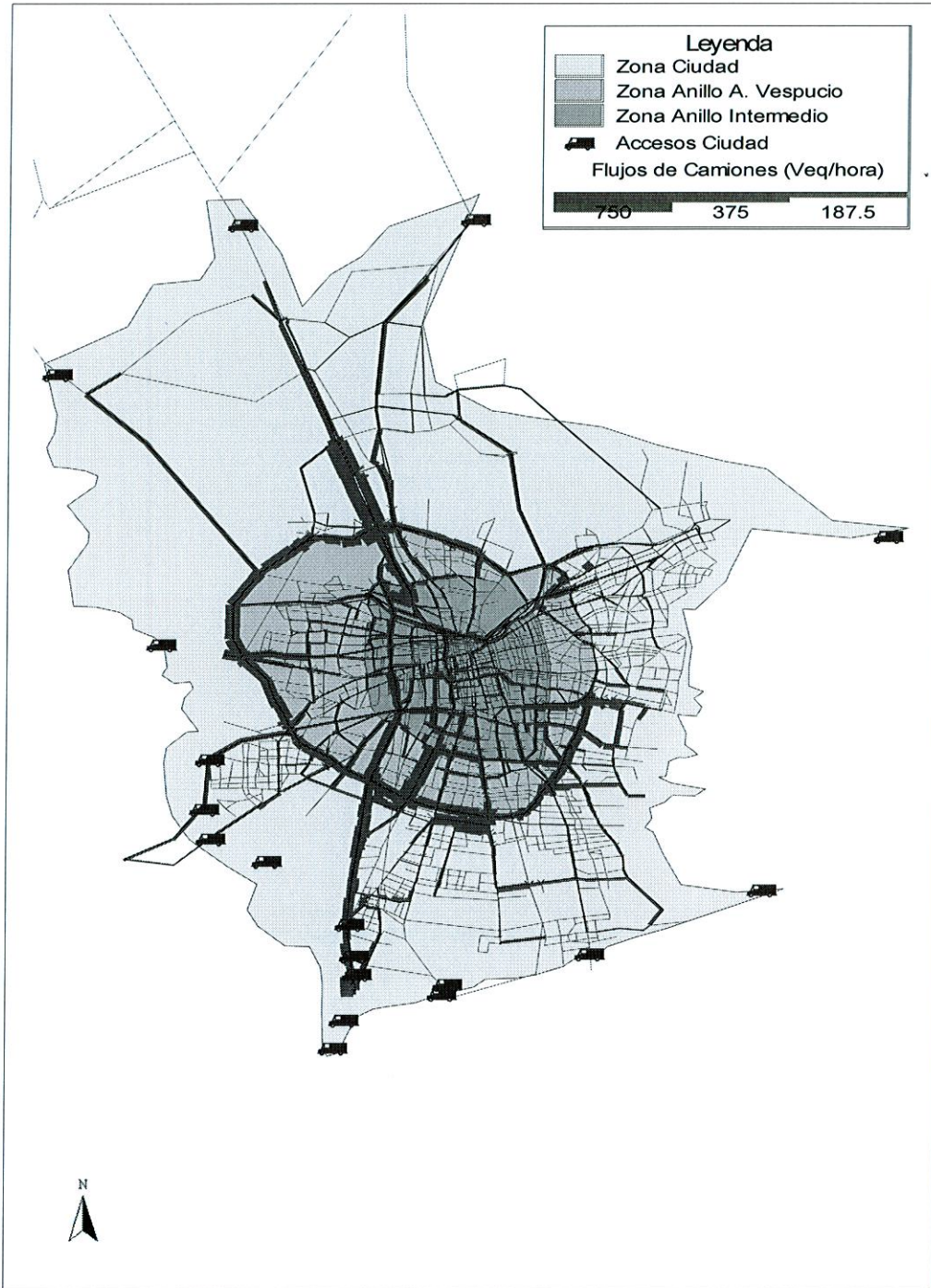


Figura 2: Puntos de Control de acceso, Zona Ciudad

1.1.2.2 Anillo Américo Vespucio.

Los puntos de control de accesos son localizados en las aperturas de las medianas o puentes sobre la trinchera de la vía expresa, de tal forma que las calzadas internas pertenecen al área de bajas

emisiones y las calzadas externas no. A continuación un ejemplo, en avenida Santa Rosa, que permite mostrar la forma en que se registró esta información en la base de datos respectiva.

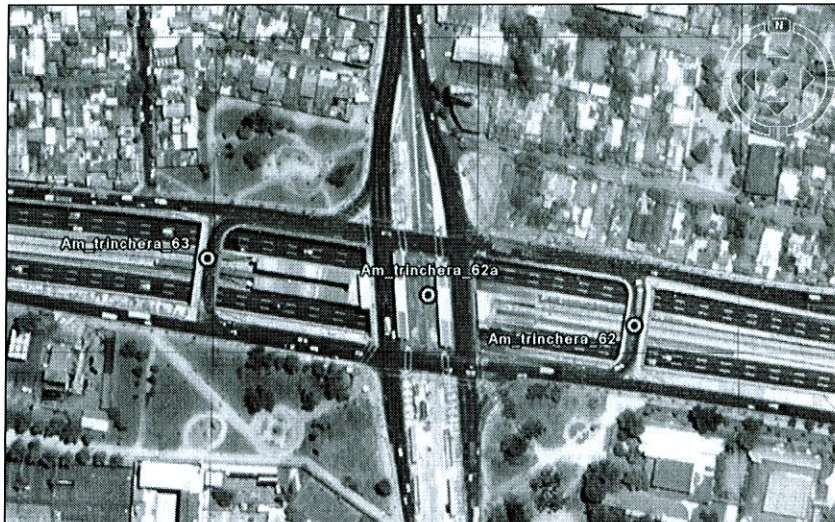


Figura 3: Ejemplo Anillo A. Vespucio, cuantificación de puntos de acceso.

NOMBRE	CALLE	PISTAS ENTRANTES	PISTAS SALIENTES	MEDIANA O BANDEJÓN	CALZADAS
Am trinchera 62	Avenida Santa Rosa	2	0	0	1
Am trinchera 62 a	Avenida Santa Rosa a	3	3	1	2
Am trinchera 63	Avenida Santa Rosa 63	0	2	0	1

Tabla 1 - Ejemplo de registro Anillo Américo Vespucio con Santa Rosa.