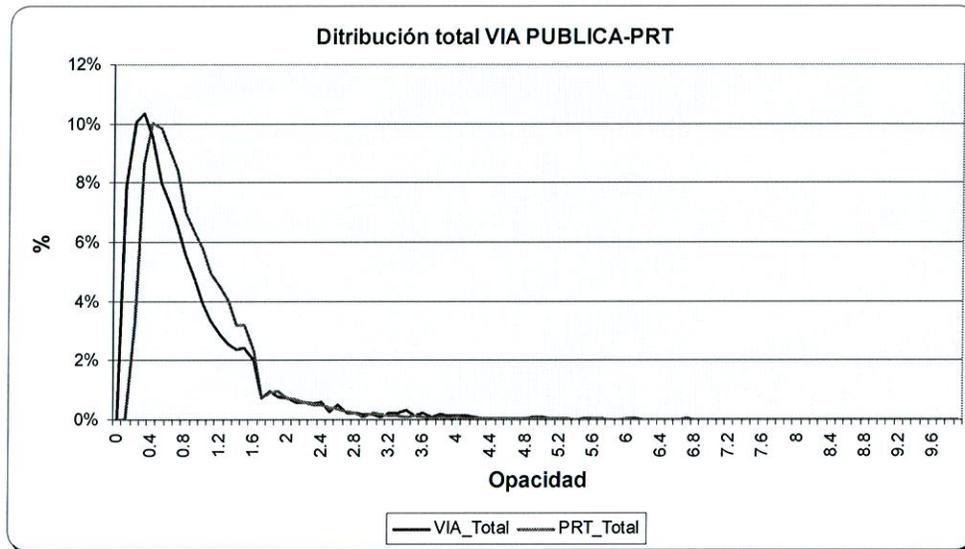


opacidad final de la prueba sino el valor del criterio que utiliza el método para validar el resultado de la misma y que es siempre menor que $0.5 \text{ [m}^{-1}\text{]}$.

Este error fue corregido en las bases de datos de PRT, recalculándose los valores de opacidad, obteniéndose las siguientes distribuciones de opacidad del parque de camiones:



Fuente: Elaboración propia.

FIG. 14: DISTRIBUCIÓN OPACIDAD CORREGIDA PARQUE DE CAMIONES PRT V/S VÍA PÚBLICA

Se observa en la Fig. 14: Distribución opacidad corregida parque de camiones PRT v/s Vía Pública, similitud entre ambas distribuciones. Las distribuciones de opacidad obtenidas separadamente para camiones Pre Epa/Pre Euro, Epa91/Euro1, Epa94/Euro2, Epa98/Euro3, se presentan en Anexo 2. A continuación se presentan los principales estadígrafos que caracterizan el comportamiento de la opacidad en el parque de camiones para las distintas categorías de camiones definidas por peso y por estándar de emisión. En dicho análisis se utilizan las distribuciones de los valores de opacidad y se incluye en el análisis el promedio como estadígrafo de tendencia central y la desviación estándar como el estadígrafo de dispersión de resultados.

TABLA 11: ESTADÍSTAFOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA OPACIDAD EN LAS REVISIONES TÉCNICAS POR CADA CATEGORÍA.

Peso	Estándar Emisión	Nº casos	Promedio	Desv. Est.	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 90	Máximo
<7,5	Pre-Euro/Pre-Epa	1574	1.16	0.99	0.68	1.07	1.66	2.38	9.76
	Euro 1/Epa 91	2943	1.02	0.73	0.55	0.84	1.18	1.51	9.34
	Euro 2/Epa 94	5771	0.60	0.72	0.49	0.77	1.15	1.48	9.61
	Euro 3/Epa 98	3307	1.36	0.41	0.32	0.48	0.73	1.09	6.58
7,5 - 16,0	Pre-Euro/Pre-Epa	2455	1.22	0.76	0.66	1.10	1.56	2.17	8.87
	Euro 1/Epa 91	2413	0.86	0.60	0.50	0.75	1.09	1.39	6.78
	Euro 2/Epa 94	3869	0.80	0.55	0.45	0.70	1.05	1.36	9.21
	Euro 3/Epa 98	2366	0.57	0.33	0.33	0.49	0.74	1.01	4.06
> 16	Pre-Euro/Pre-Epa	2096	1.16	0.71	0.64	1.04	1.50	2.07	5.26
	Euro 1/Epa 91	2596	0.82	0.56	0.47	0.71	1.05	1.35	8.15
	Euro 2/Epa 94	3927	0.71	0.47	0.39	0.62	0.94	1.26	8.39
	Euro 3/Epa 98	3444	0.56	0.32	0.31	0.47	0.72	1.02	2.51

Con la finalidad de comparar estadísticamente los resultados de opacidad en PRT v/s Vía Pública, se consideraron aquellos camiones medidos en Vía Pública con resultados de opacidad en la RM (2,237 camiones), verificando la diferencia entre las medias de opacidad de las mediciones en PRT y Vía Pública. Para ello se aplicó el Test de Diferencia entre medias, para lo cual se utilizó el estadígrafo t definido como:

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{\sigma d}{\sqrt{N}}}$$

Donde:

t = valor estadístico del procedimiento.

\bar{d} = Valor promedio o media aritmética de las diferencias entre opacidad P.

σd = desviación estándar de las diferencias entre los momentos antes y después.

N = tamaño de la muestra.

La media aritmética de las diferencias se obtiene de la manera siguiente:

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{N}$$

La desviación estándar de las diferencias se logra como sigue:

$$\sigma d = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{N - 1}}$$

Para un nivel de confianza del 95%.

A continuación se presentan los estadígrafos obtenidos en PRT y Vía Pública, como también los resultados de la aplicación del test a la diferencia entre las medias.

Peso	Estándar Emisión	PRT			VIA			t ₉₅	t _{obs}	Significancia
		Nº casos	Promedio	Desv.Est.	Nº casos	Promedio	Desv.Est.			
<7,5	Pre-Euro/Pre-Epa	142	1.2	1,07	142	1.2	0,82	1,6449	0,01	Diferencia no significativa
	Euro 1/Epa 91	445	1.2	1,17	445	1.2	0,88	1,6449	-2,13	Diferencia significativa
	Euro 2/Epa 94	786	1.0	0,82	786	1.1	1,02	1,6449	-7,00	Diferencia significativa
	Euro 3/Epa 98	313	0.7	0,4	313	1.0	0,43	1,6449	-7,57	Diferencia significativa
7,5 - 16,0	Pre-Euro/Pre-Epa	41	0.4	1,09	41	0.6	0,76	1,6829	0,37	Diferencia no significativa
	Euro 1/Epa 91	72	1.3	1,07	72	1.2	0,79	1,6663	0,32	Diferencia no significativa
	Euro 2/Epa 94	192	1.0	0,53	192	1.0	0,53	1,6449	-5,19	Diferencia significativa
	Euro 3/Epa 98	91	0.5	0,37	91	0.8	0,38	1,6618	-4,89	Diferencia significativa
> 16	Pre-Euro/Pre-Epa	10	0.4	1,37	10	0.6	0,68	NA	0,85	NA
	Euro 1/Epa 91	29	1.6	2,05	29	1.1	0,33	NA	0,59	NA
	Euro 2/Epa 94	70	1.0	0,54	70	0.8	0,54	1,6669	-3,95	Diferencia significativa
	Euro 3/Epa 98	42	0.5	0,34	42	0.8	0,34	1,682	-4,66	Diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 12: TEST DE DIFERENCIA DE MEDIAS, PRT V/S VÍA PÚBLICA.

Conforme se observa en la Tabla 12: Test de Diferencia de Medias, PRT v/s Vía Pública. existen 6 casos con diferencias significativas. En todos ellos la opacidad medida en Vía Pública resultó ser menor que la opacidad en PRT. Esto se puede explicar dado que para PRT se utilizó el resultado de la primera revisión, el que considera la peor situación desde la perspectiva de las emisiones. Considerando que los resultados de PRT representan la peor condición de emisiones en adelante se utilizarán estos resultados en el análisis. Comparaciones de las distribuciones de opacidad en PRT y Vía Pública se presentan en Anexo 5.

El comportamiento de los estadígrafos de tendencia central dan cuenta del comportamiento general de la población o categoría de vehículos frente al ensayo de opacidad. En el comportamiento de este parámetro se pueden observar las diferencias tecnológicas y de estándar de emisiones como ya vimos anteriormente. Por su parte la dispersión de los resultados es indicativa de la mejor o peor mantención de los vehículos, puesto que los vehículos con mala mantención se alejarán de la tendencia central incrementando la desviación estándar de la distribución. A continuación se grafican el promedio y la desviación estándar para todas las categorías de camiones, por peso y norma de emisiones.

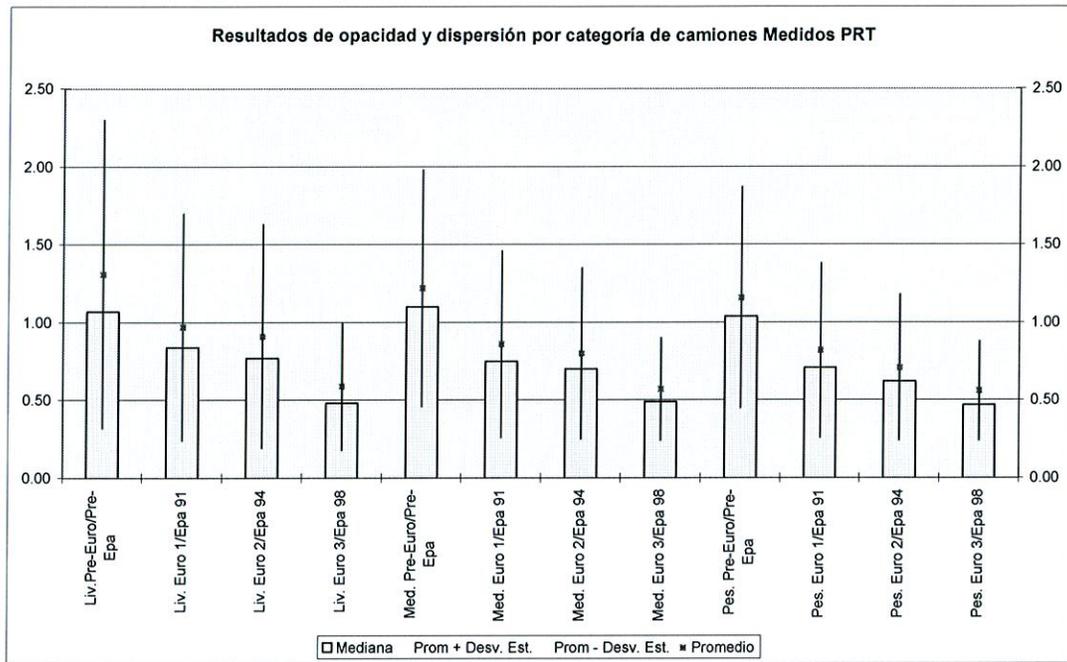


FIG. 15: RESULTADOS DE OPACIDAD Y DISPERSIÓN POR CATEGORÍA DE CAMIÓN EN LA REVISIÓN TÉCNICA.

Al analizar la evolución de la opacidad según norma de emisiones se observan dos notorios descensos en el valor promedio. El primero asociado a la implementación de la certificación de los motores por norma de ingreso con estándar Euro 1 y el segundo con la implementación del estándar Euro 3. El primer descenso en la opacidad se puede explicar por la sola incorporación de la certificación de emisiones del motor como elemento de control de las características tecnológicas de éste y la incorporación de algunos elementos de control de emisiones como el LDA en la bomba inyectora, el turbo alimentador y el Intercooler. Entre Euro 1 y Euro 2 no se observan mejoras significativas en los valores de opacidad, como tampoco la incorporación de elementos tecnológicos relevantes que pudieran explicar algún cambio. Por último la reducción de la opacidad con Euro 3 se explica por la masiva incorporación de nuevos sistemas de inyección de alta presión y con control electrónico. Una discusión sobre estos cambios tecnológicos se desarrolla en el punto 0. Este efecto de cambio tecnológico se puede apreciar también en la evolución de la media de opacidad por año de fabricación.

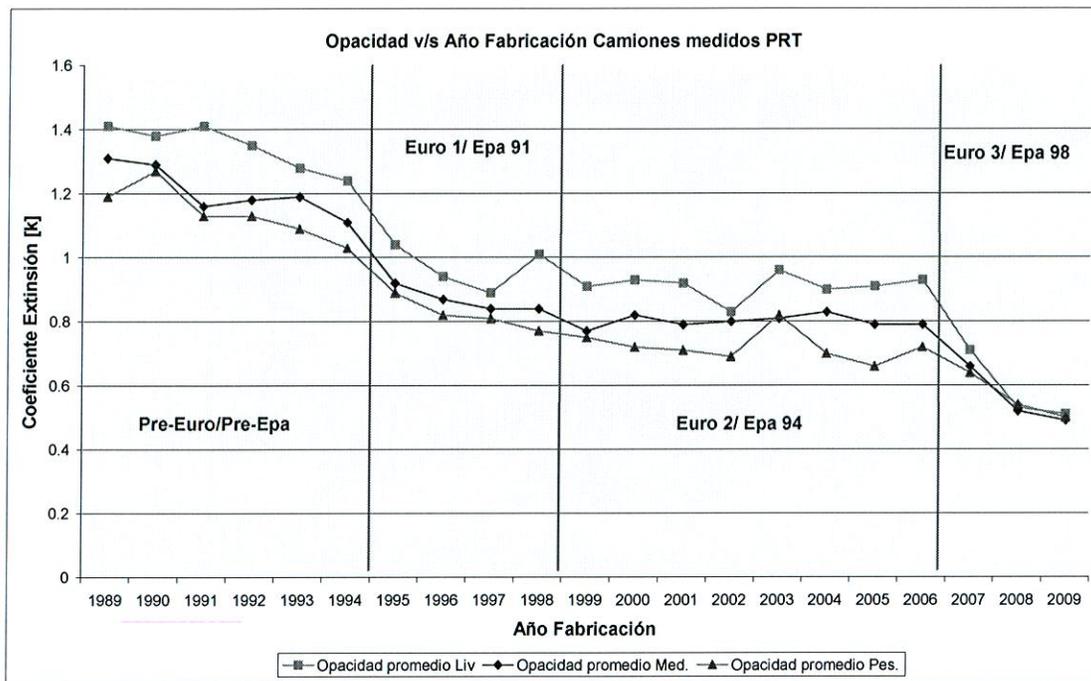


FIG. 16: EVOLUCIÓN DE LA OPACIDAD SEGÚN AÑO DE FABRICACIÓN PARA LAS MEDICIONES DE OPACIDAD EN LA REVISIÓN TÉCNICA

En particular en la Fig. 15: Resultados de opacidad y dispersión por categoría de camión en la revisión técnica., que resume los principales estadígrafos obtenidos, es posible observar que el peor comportamiento en la dispersión de los valores de opacidad corresponde a los camiones Pre-Euro, seguido de los Euro 1 y 2, y el mejor comportamiento corresponde a los camiones con motor Euro 3. A su vez dentro de los camiones Pre-Euro, son los camiones Livianos los de mayor dispersión de resultados, lo que reflejaría la existencia de un grupo importante de vehículos con falta de mantenimiento en este segmento.

3.2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DIESEL DEL PARQUE DE CAMIONES.

Según el estándar de emisión que aplique y el diseño específico del motor, éstos cuentan con distintos sistemas de inyección. Hasta los motores Euro 2 los sistemas de inyección son casi en su totalidad mecánicos, ya sea de bombas en línea o rotativas. Sin embargo con la incorporación del estándar Euro 3 casi la totalidad de los motores diesel para camiones incorporó sistemas de inyección electrónicos de alta presión. En Anexo 3 se presenta una descripción de los sistemas de inyección utilizados en el parque de camiones diesel, a

continuación se entrega la caracterización del parque de camiones de la RM según los distintos sistemas de inyección diesel. Esto a partir del levantamiento de información de sistemas de inyección de los motores certificados por el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV), sobre la base del análisis de los procesos de certificación disponibles desde Enero 2005.

En levantamiento de información realizado en el 3CV se procedido a revisar los procesos de certificación de motores Euro 3 desde Enero de 2005 a Julio de 2009, representando un total de 510 procesos de certificación. Para cada marca y modelo de motor y de camión se registró la siguiente información:

- Tipo sistema inyección.
 - a. Descripción y principio de funcionamiento.
 - b. Bomba inyectora (Marca y Código).
 - c. Inyectores (Marca y Código).
 - d. Regulador (Marca y Código).
 - e. Sobrealimentación (Marca y Código).
 - f. Unidad Electrónica de Control (Marca y Código).
 - g. Válvula EGR (Marca y Código).
 - h. Convertidor Catalítico (Marca y Código).
 - i. Filtro de Partículas (Marca y Código).

A continuación se presenta un resumen de los sistemas de inyección identificados.

Tipo Sistema de Inyección	Motores/Vehículos Certificados	
Bomba inyectora lineal	36	7.1%
Bomba inyectora lineal (MD-TICS)	5	1.0%
Bomba inyectora lineal, gestión electrónica	5	1.0%
Bomba inyectora rotativa, gestión electrónica	4	0.8%
Bomba inyectora rotativa	14	2.8%
Common Rail	195	38.3%
EUI	166	32.6%
EUI (Celect)	9	1.8%
EUP (PLD)	71	13.9%
HEUI	4	0.8%
Total general	509	100.0%

TABLA 13: RESUMEN DE LOS RESULTADOS LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN 3CV.

Se observa que los sistemas mecánicos representan tan sólo el 11% de las certificaciones, mientras que el resto cuenta con unidades de gestión electrónica. Esto se debe a que casi la

totalidad de las certificaciones catastradas correspondió a motores EURO III, que han incorporado mayoritariamente esta tecnología.

Para obtener un catastro de los sistemas de inyección diesel para el parque de camiones de la RM se procedió a cruzar la información de marca y modelo de los camiones certificados con las marcas y modelos del parque de camiones de la revisión técnica, obteniéndose los siguientes resultados de participación de los sistemas de inyección en el parque.

TABLA 14: PARTICIPACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN EN LA FLOTA DE CAMIONES RM SEGÚN ESTÁNDAR DE EMISIONES.

Estándar	Tipo Sistema	Camiones RM
Pre-Euro/Pre-Epa	Mecánica lineal o rotativa	6,455
Euro 1/Epa 91	Mecánica lineal o rotativa	8,090
Euro 2/Epa 94	Mecánica lineal o rotativa	13,728
Euro 3/Epa 98	Mecánica lineal	884
	Mecánica rotativa	112
	Lineal gestión electrónica	30
	Rotativa gestión electrónica	-
	Common rail	5,641
	EUI	1,282
	EUP	996
	HEUI	22
Total		37,240

TABLA 15: PARTICIPACIÓN TOTAL DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN EN LA FLOTA DE CAMIONES RM

Tipo Sistema	Camiones RM	Porcentaje
Mecánica lineal o rotativa	29,269	78.60%
Lineal gestión electrónica	30	0.08%
Common rail	5641	15.15%
EUI	1282	3.44%
EUP	996	2.67%
HEUI	22	0.06%
Total	37,240	100.00%

La tecnología de los sistemas de inyección diesel son determinantes en el control de las emisiones. Es el caso de los sistemas de inyección de alta presión y control electrónico (HPEI en inglés), ya que permiten controlar con gran precisión la dosificación, el tiempo de inyección y la presión de inyección. La mayoritaria participación de estos sistemas de inyección en los motores Epa 98/Euro III, explica las reducciones en la opacidad que se verifica para dichos motores. No obstante los sistemas HPEI no permiten la reducción de las partículas ultrafinas¹⁰, conforme se ha verificado en distintos estudios y mediciones¹¹.

Adicionalmente los sistemas de inyección mecánicos presentan otras desventajas, desde la perspectiva del control de las emisiones, ya que permiten fácilmente su manipulación por parte del usuario, ya sea para obtener mayor potencia en el motor o para restringir la alimentación de

¹⁰ Partículas de diámetro inferior a 1 µm.

¹¹ CONCAWE 2005

combustible durante la prueba de opacidad en aceleración libre. Esta manipulación no es posible en los sistemas electrónicos si no se cuenta con el software y el equipamiento apropiado. Por otra parte, desde la perspectiva del ajuste y la calibración, los sistemas de inyección electrónicos requieren de equipos mucho mas especializados y de mayor costo, por lo que existen muy pocos talleres habilitados para su mantención.

3.2.4. CONCENTRACIÓN DE LA FLOTA Y COSTOS DE RENOVACIÓN.

Otro elemento importante a considerar es la concentración de la industria del transporte de carga, aspecto que fue analizado a nivel nacional en el estudio “Análisis de la Eficiencia Energética en el Transporte Interurbano de Carga”, CIMA Ingeniería. A continuación se presentan los resultados de dicho análisis en la Tabla 16: Concentración de la industria y antigüedad de la flota.

Tamaño de Flota	Cantidad de empresas	Proporción	Antigüedad Promedio [años]
1 vehículo	44.223	73,3%	15,3
2 vehículos	9.051	15,0%	13,3
3 vehículos	3.122	5,2%	11,8
4 vehículos	1.377	2,3%	11,0
5 vehículos	730	1,2%	10,2
6 a 10 vehículos	1.159	1,9%	9,7
11 a 100 vehículos	630	1,0%	7,6
Más de 100 vehículos	54	0,1%	4,0
Total	60.346	100%	11,5

TABLA 16: CONCENTRACIÓN DE LA INDUSTRIA Y ANTIGÜEDAD DE LA FLOTA

Este aspecto es necesario de considerar toda vez que el mayor impacto de una ZBE apuntará a los vehículos más antiguos, los que a su vez presentan el mayor número de mono operadores. Esto tiene implicancias en el acceso al capital para la renovación de la flota.

La factibilidad económica de la renovación de flota y del reacondicionamiento con sistemas de post tratamiento depende del valor residual de los vehículos y de los costos de un camión nuevo y del reacondicionamiento respectivamente.

Para el cálculo del valor de los camiones usados se cuenta con la función establecida en el estudio “Análisis de la Eficiencia Energética en el Transporte Interurbano de Carga”, CIMA Ingeniería.

$$\frac{P_{usado}}{P_{nuevo}} = A \cdot \exp(B \cdot edad)$$

A manera de ejemplo se calculan valor residual de los camiones afectos a una exigencia mínima Epa94/EUROII, suponiendo una antigüedad máxima para éstos de 12 años (conforme calendario de implementación de la norma), los costos de renovación (conforme valor de un camión nuevo y usado) y los costos de reacondicionamiento (conforme el valor comercial de un filtro de partículas diesel para un vehículo de 14 toneladas).

TABLA 17: RELACIÓN ENTRE LOS COSTOS DE LA RENOVACIÓN Y EL REACONDICIONAMIENTO RESPECTO DEL VALOR DEL VEHÍCULOS.

Camiones	Edad promedio	Precio nuevo [\$]	A	B	Precio usado [\$]	Costo Reacond. [\$]	Costo Renovación [\$]
Livianos	12	11,343,866	0.966	-0.08	4,195,807	4,000,000	7,148,059
Medianos	12	25,979,173	0.65	-0.03	11,781,285	4,000,000	14,197,888
Pesados	12	50,714,008	0.979	-0.08	19,010,254	4,000,000	31,703,754

De la Tabla 17: Relación entre los costos de la renovación y el reacondicionamiento respecto del valor del vehículos. es posible apreciar que el reacondicionamiento tiene un costo mayor que el valor del vehículo para los camiones livianos. Adicionalmente lo más probable es que dichas flotas concentren la mayor proporción de mono operadores (al menos un 73% debiera serlo), lo que puede dificultar el financiamiento para el reacondicionamiento o la renovación de la flota. Lo más probable es que estos camiones simplemente no puedan ingresar a la ZBE durante los horarios de restricción que se establezcan.

3.3. ZONA REGULADA.

Existe en la actualidad un perímetro definido mediante el DS 18/2001, que define una zona regulada al acceso de camiones en la RM. Se trata del Anillo Américo Vespucio. El esquema de operación de esta zona se describió en el punto 3.1. Parece ser entonces esta reglamentación y esta zona en particular un buen punto de partida para la definición de una ZBE, incorporando y/o modificando a dicho esquema los aspectos propios de una ZBE destinada a la reducción de las emisiones contaminantes.

No obstante lo anterior, se propone el análisis de otros dos perímetros que definen a su vez dos zonas, una de mayor y otra de menor amplitud. En total se analizarán entonces un total de tres zonas cuyos perímetros se describen a continuación.

Zona Ciudad: Es la zona delimitada por lo controles más externos en los accesos de la ciudad. Esta zona tiene una superficie aproximada de 1340 Km².

Zona Américo Vespucio: Corresponde a la zona configurada por el interior del anillo de las calles Américo Vespucio y Av. Ossa. Esta zona tiene una superficie aproximada de 278.5 Km².

Zona Anillo Intermedio: Corresponde a la zona configurada por el interior del anillo de las calles Los Leones, José Pedro Alessandri, Macul, Froilan Roa, Departamental, Suiza, Las Rejas, Sergio Valdovinos, Jujuy, Lo Espinoza, Los Suspiros, Senador Jaime Guzmán, Roma, Dorsal, Pedro Donoso y Colombia; definida según “Habilitación vía exclusiva transporte publico en el anillo intermedio”, SECTRA 2001. Esta zona tiene una superficie aproximada de 106.5 Km².

A continuación se ilustra las tres áreas y sus respectivos perímetros incluyendo la red vial de ESTRAUS y los flujos de camiones (facilitados por SECTRA).

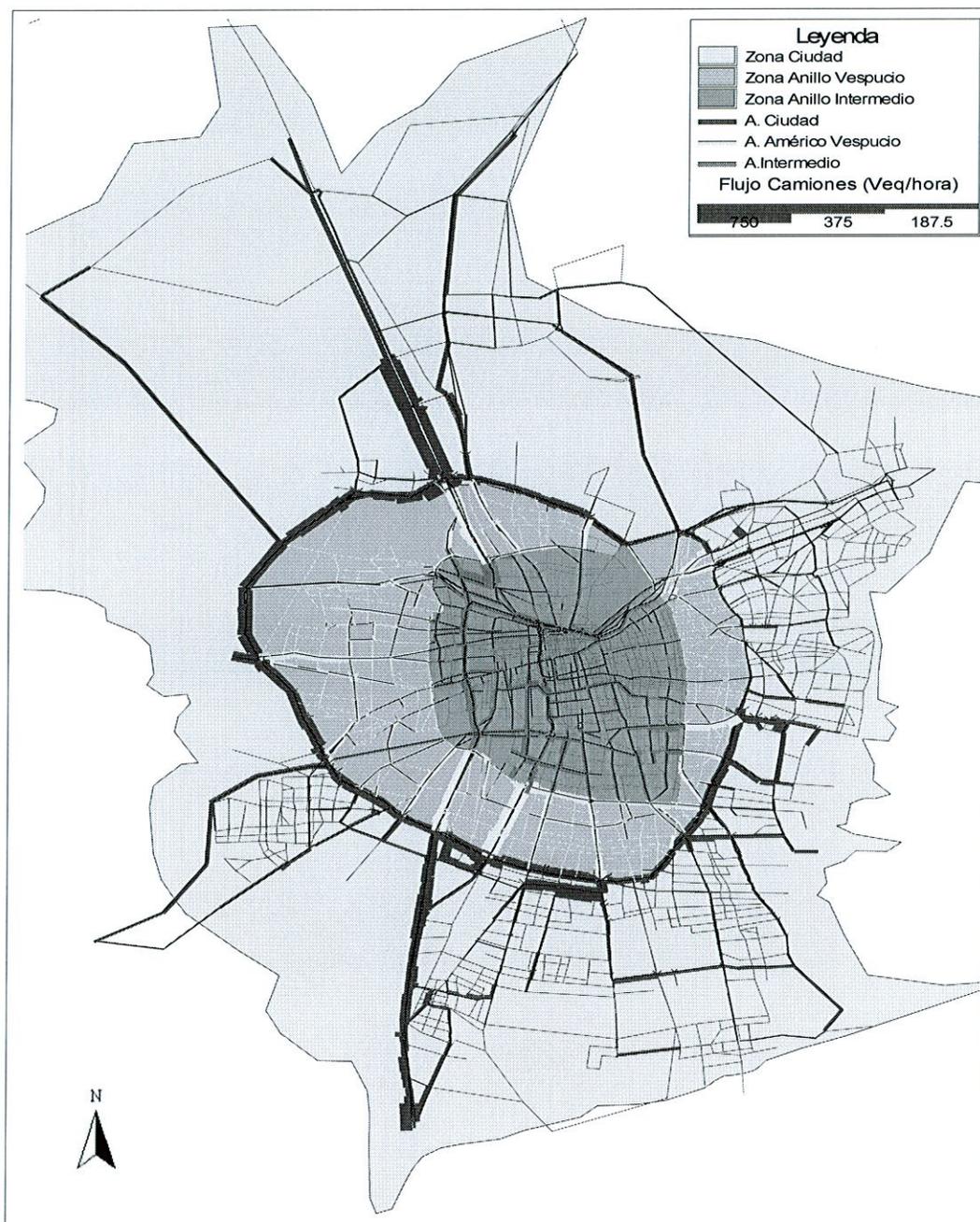


FIG. 17: ARCOS Y FLUJOS DE CAMIONES PARA POSIBLES ZONAS DE BAJA EMISIÓN

De la Fig. 17: Arcos y Flujos de Camiones para Posibles Zonas de Baja Emisión, es posible visualizar que los flujos de camiones se concentran sobre el Anillo Américo Vespucio y la Ruta 5 Norte-Sur.

Una descripción general de las características principales de dichas Zonas se presenta en la Tabla 18.

TABLA 18: CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DE BAJA EMISIÓN EN ANÁLISIS.

Zona	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Radio Promedio (Km)
Ciudad	1340	219.1	21
Américo Vespucio	278.5	62.8	9
Anillo Intermedio	106.5	40.88	6

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. Para identificar dichos accesos los puntos de control de acceso a la ZBE 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.

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.

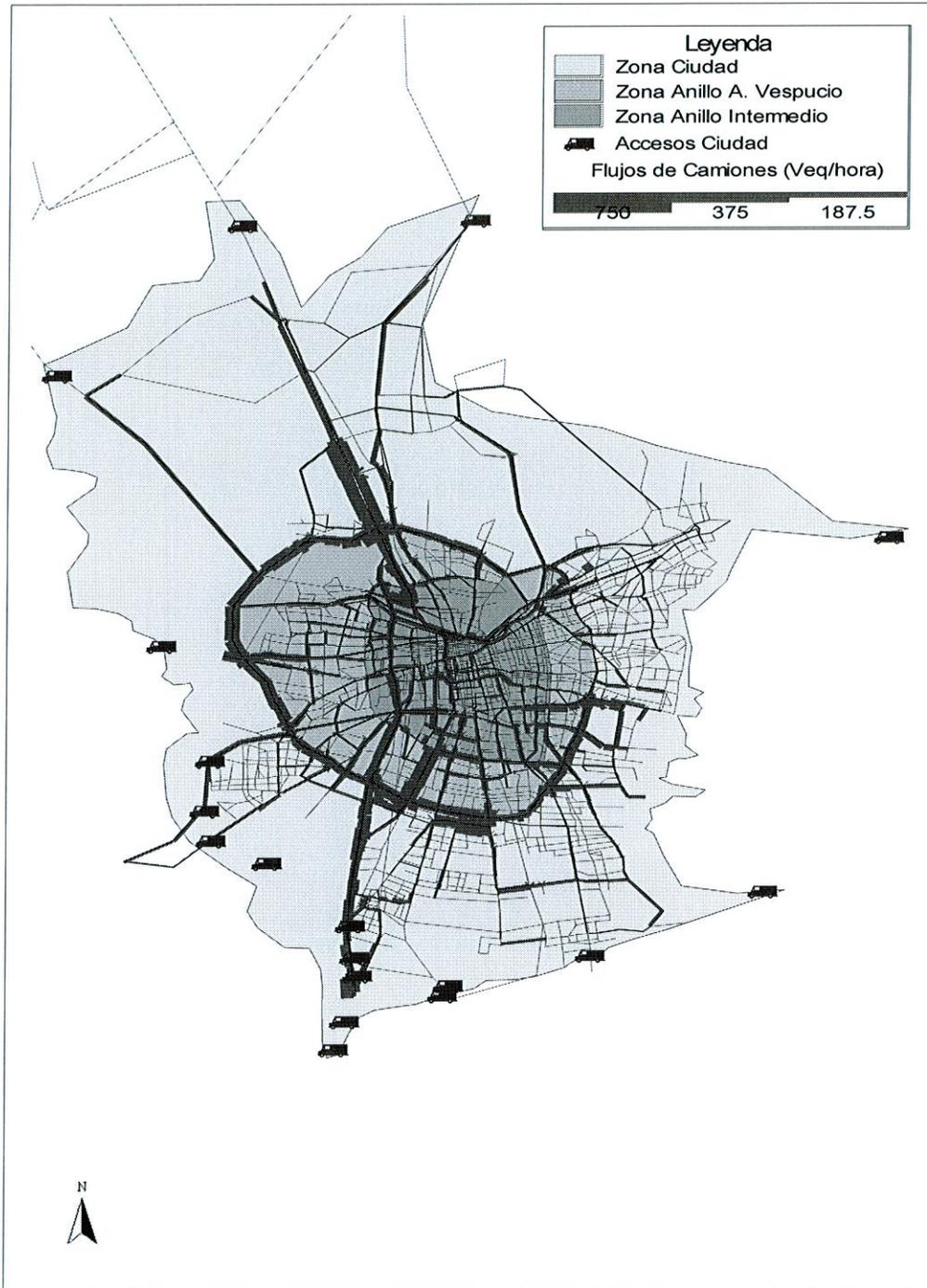


FIG. 18: PUNTOS DE CONTROL DE ACCESO, ZONA CIUDAD

Anillo Américo Vesputio.

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. Una explicación detallada de la localización de accesos en Anexo 7.

Considerando la eventual exclusión de la Autopista Central de la definición de la ZBE, se localizaron puntos de control de accesos en las salidas o entradas de la Autopista, esto es en sus ejes General Velásquez y Norte Sur.

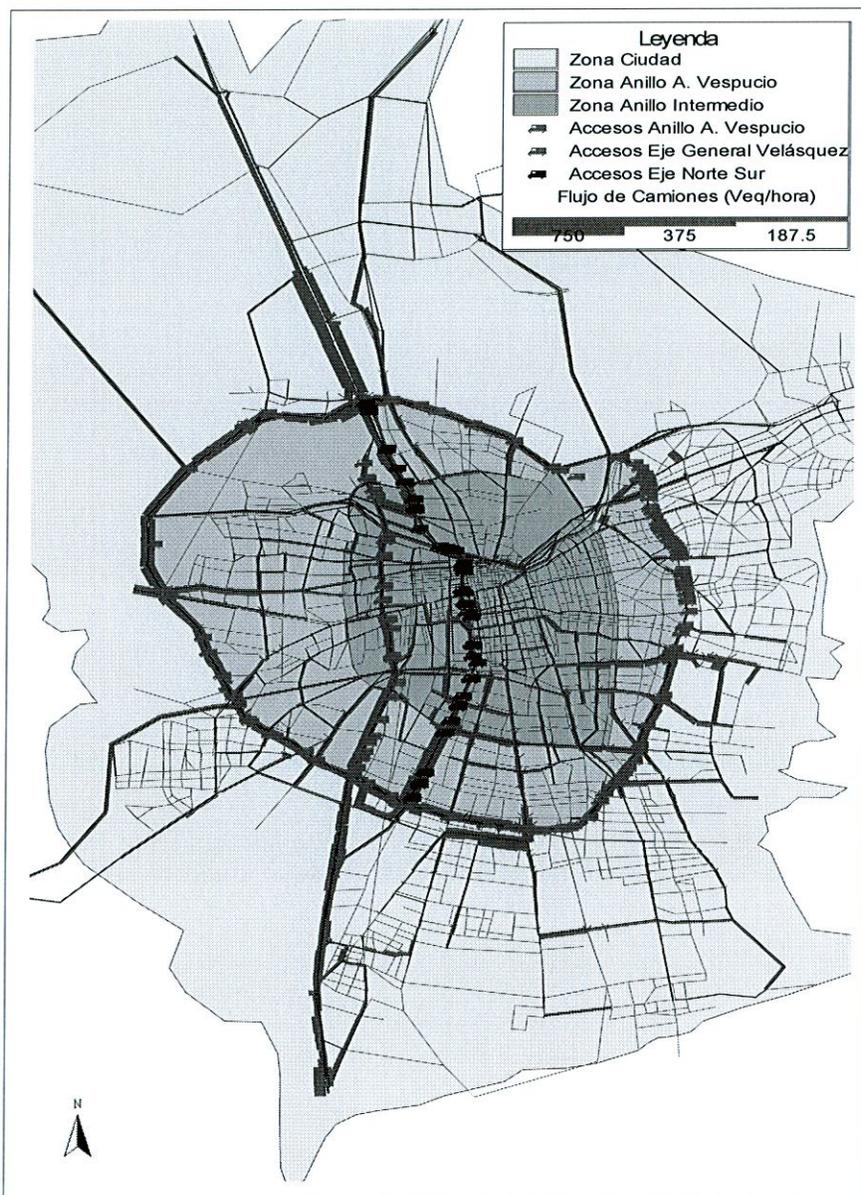


FIG. 19: PUNTOS DE CONTROL DE ACCESO ZONA AMÉRICO VESPUCIO.

Anillo Intermedio.

Los puntos de control de acceso son localizados en el eje de la vialidad constituido por medianas, en similitud a lo que ocurre con el caso Anillo Américo Vespucio. Cabiendo mencionar que se excluyen las vías exclusivas de buses de la cuantificación de las pistas entrantes o salientes.

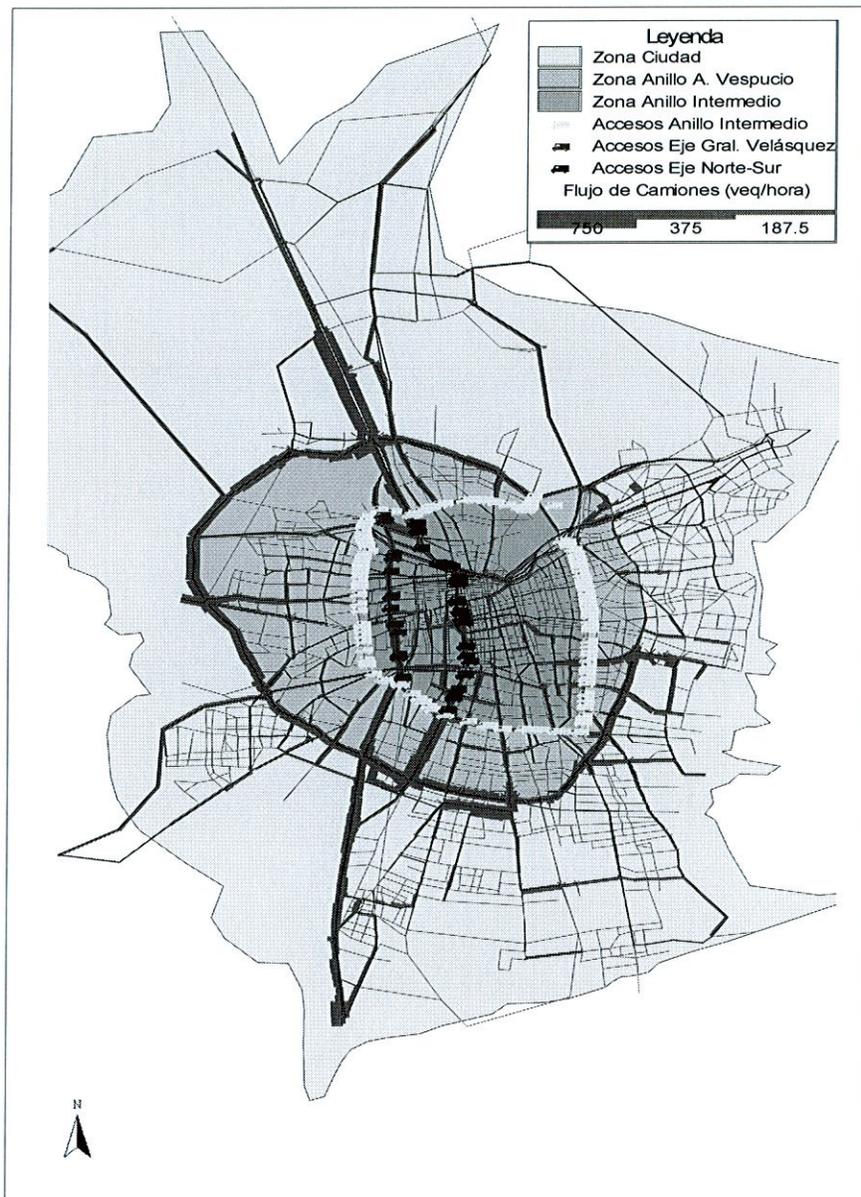


FIG. 20: PUNTOS DE CONTROL DE ACCESO ZONA ANILLO INTERMEDIO.

En resumen, la cuantificación de puntos de acceso posee criterios de localización que dependen exclusivamente de la geografía del lugar y de la estructura e infraestructura de la ruta. En la siguiente Tabla se muestra la totalidad de puntos de control de accesos por zona de estudio, para los casos donde se incluye los accesos y salidas de la autopista Central (incluye autopista Central) y donde no.

ZONA DE ESTUDIO	PUNTOS DE ACCESO	CALZADAS	PISTAS ENTRANTES	PISTAS SALIENTES	TOTAL DE PISTAS
Ciudad	18	26	31	31	62
Anillo A. Vespucio (incluye Autopista Central)	199	254	263	266	529
Anillo A. Vespucio, Sin Autopista Central	113	168	221	222	443
Anillo Intermedio (Incluye Autopista Central)	201	240	235	242	477
Anillo Intemedio, Sin Autopista Central	147	186	207	216	423

Tabla 19: Cubicación de puntos de control de accesos, según zona de estudio.

En todo caso, cualquiera que sea el área definida, ésta tiene que contar con un perímetro físico claramente definido y reconocible sobre el piso para los usuarios y debe proveer rutas alternativas. La mejor opción es definir el perímetro a partir de una vía orbital claramente comprendida por el público. En tal sentido el anillo intermedio no es de fácil comprensión para el público ya que está conformado por un conjunto de vías y no por una sola vía perimetral (Los Leones, José Pedro Alessandri, Macul, Froilan Roa, Departamental, Suiza, Las Rejas, Sergio Valdovinos, Jujuy, Lo Espinoza, Los Suspiros, Senador Jaime Guzmán, Roma, Dorsal, Pedro Donoso y Colombia). Para el caso de la RM como ZBE ésta presenta cuestiones geopolíticas que dificultan su implementación toda vez que es un punto obligado de paso entre el sur y el norte del País.

Otra ventaja del AAV es su definición en el DS 118/2001, como zona regulada, lo que la hace familiar como tal para el público.

No obstante se considera necesario conservar vías de paso para el tráfico que se realiza entre el Norte y el Sur del País y que actualmente se contemplan en el mismo DS 118/2001, como es el caso de la concesión Autopista Central.

3.4. FISCALIZACIÓN

Como se ha visto en el punto 2. de este informe, la aplicación de una ZBE utiliza esquemas de fiscalización automatizados (Londres), manuales (Suecia) o mixtos (Holanda). Dado que los costos involucrados en cada caso son sustancialmente diferentes, como así también la eficacia y complejidades en su implementación, se entregan en el presente capítulo los antecedentes recopilados respecto de dichos aspectos.

Para controlar la presencia de vehículos en el área de bajas emisiones es posible un criterio punitivo o un criterio de tarificación. En el primero solo se considera legal la presencia de un vehículo en la ZBE si éste cumple con las exigencias técnicas de emisiones correspondiendo en caso contrario la sanción respectiva. 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 operan en dicha área, sin cruzar el perímetro de la ZBE.

Si la norma es una prohibición, entonces se trata de detectar a los infractores para multarlos, esto último se consigue con un adecuado programa de control manual concentrado en las vías y horarios con mayor potencial de infractores. En este caso se disminuyen los costos, pero se disminuye también la cobertura del control.

Fiscalización automatizada

Este esquema de fiscalización automatizada opera en Londres con cámaras de reconocimiento automático de imágenes.

En la actualidad Santiago cuenta con una red de monitoreo de cámaras que entregan información en tiempo real a los organismos que las operan.

En la Tabla 6 se muestra el total de cámaras operativas según organismo. De éstas, las de la Unidad Operativa de Control de Tránsito, UOCT, poseen una distribución geográfica de un 40% en la zona que comprende el Anillo Intermedio y un 60% en Anillo Américo Vespucio, alcanzando un 100% en la zona Ciudad. Para el caso de las cámaras pertenecientes al Programa de Fiscalización, un 60% se encuentra dentro de la zona del Anillo Intermedio y un 100% para las zonas Anillo Américo Vespucio y Ciudad. No obstante éstas no cuentan con sistema de reconocimiento automático de imágenes que permitan la implementación de una fiscalización automatizada.

ZONA	CÁMARA	
	FISCALIZACIÓN	UOCT
ANILLO INTERMEDIO	12	36
ANILLO A. VESPUCIO	20	55
CIUDAD	20	91

TABLA 20: CÁMARAS DE FISCALIZACIÓN SEGÚN ORGANISMO Y ZONA DE ESTUDIO

La Figura a continuación se aprecia la distribución geográfica de las cámaras, distinguiendo las pertenecientes a la Unidad Operativa de Control de Tránsito (rojo) y las pertenecientes al Programa de Fiscalización (azul).

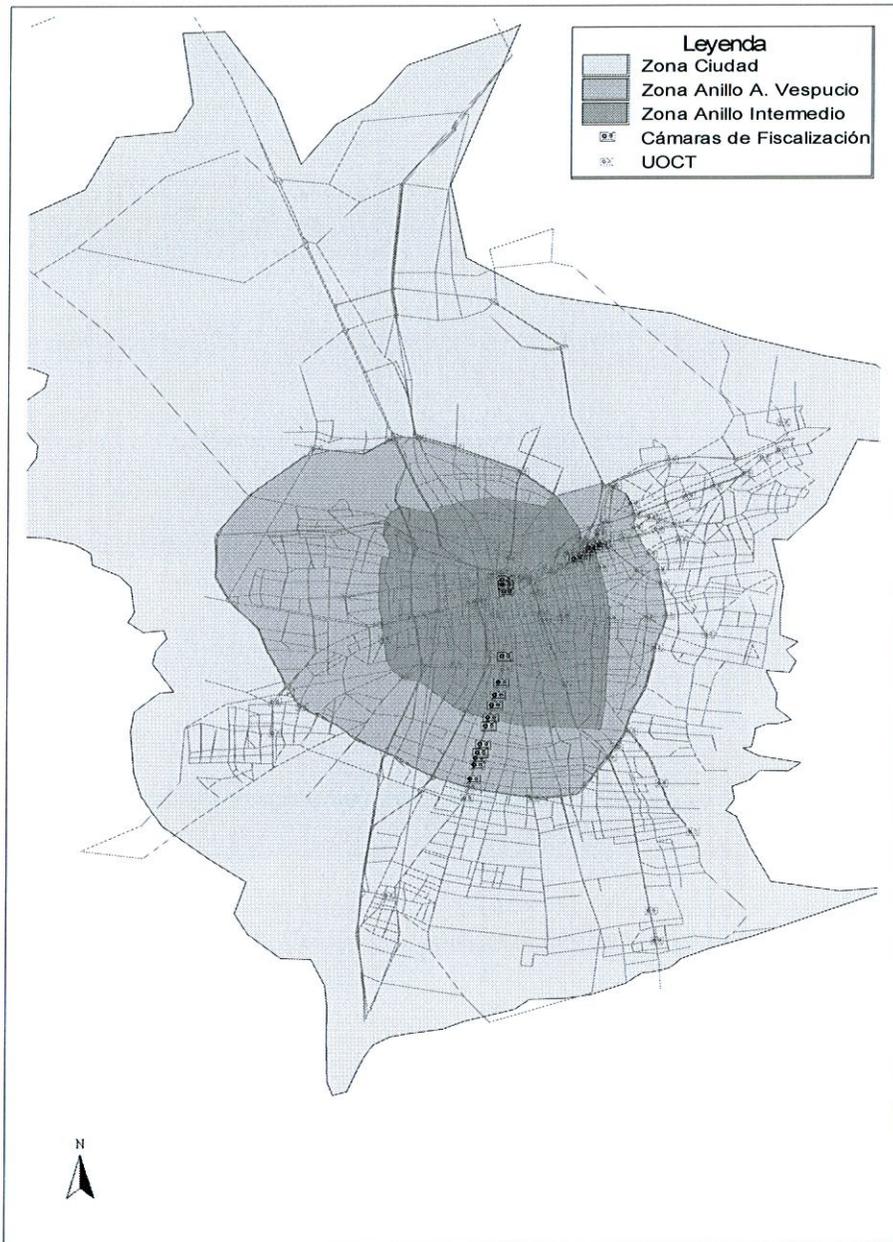


FIG. 21: CÁMARAS DE FISCALIZACIÓN SEGÚN ORGANISMO.

Para un sistema automatizado de fiscalización sobre el AAV, es necesario entonces considerar la inversión para un total de 199 puntos de acceso, a un promedio de 2 pistas por acceso. Una estimación detallada de los costos asociados a la implementación requiere el estudio de un diseño para el sistema de almacenamiento y transferencia de información y un posterior costeo.

Dado que la elaboración de dicho diseño escapa a los alcances de este estudio, se entrega una estimación referencial de los costos de inversión de implementar dicho esquema de fiscalización, considerando un costo de aproximadamente USD \$36,000 por punto de control (cámaras y demás infraestructura), mas 16 torres de comunicación inalámbrica para cubrir un perímetro de 63 km, a un costo de USD 500.000 por cada torre, obteniéndose finalmente un costo de inversión referencial de USD 15.000.000, cifra que es comparable a los USD 10.000 de costo de inversión del sistema de fiscalización de la LEZ de Londres¹².

El alto costo de un sistema automatizado de fiscalización justifica el desarrollo de una evaluación más detallada y específica sobre este punto, la que debería ser parte de las tareas de una segunda fase de implementación de la medida.

Fiscalización Manual

En la actualidad la fiscalización manual con inspectores fiscales que realiza el Programa de Fiscalización, se despliega sobre un total de 33 puntos de control exclusivo para transporte de carga, correspondiente a un 9% del total 367 puntos de control en toda la ciudad. De estos 33 puntos, 27 se sitúan al interior del Anillo Américo Vesputio, de los cuales a su vez, 7 se ubican al interior del área del Anillo Intermedio. A continuación se presenta una ilustración de los puntos de control utilizados por el Programa Nacional de Fiscalización de la Subsecretaría de Transportes, el cual fue desarrollado en base a un Sistema de Información Geográfico a partir de la información de puntos de control georeferenciados entregados por el propio Programa Nacional de Fiscalización.

La cobertura de estos puntos durante el año 2008 fue de 19,742 controles. De estos, descartando furgones, camionetas, remolques y otros tipos de vehículos no pertinentes, 15,878 controles correspondieron a camiones. Aplicando un criterio de Placa Patente Única (PPU), se obtiene una cobertura de 12,789¹³ camiones fiscalizados.

Considerando la ubicación de los puntos de control fue posible distinguir aquellos camiones controlados dentro del AAV, los que correspondieron a 5,103 vehículos (PPU sin repeticiones). De éstos 821 camiones se encontraban en infracción del DS 138/2001. Conforme la metodología de análisis del parque de camiones del punto 3.2.1, si bien no se cuenta con una estimación real del parque de camiones que circula por el AAV, es posible estimar su composición a partir de las Revisiones Técnicas. Conforme dicha composición el 21% del parque está impedido de ingresar al AAV por antigüedad. Esto significa que si no existiera la prohibición de ingreso en los controles de vía pública se hubiesen controlado 1071 camiones de mas de 12 años de antigüedad, por lo que los 821 camiones con mas de 12 años representan el 76% de los camiones con prohibición de circular por al interior del AAV. Este es entonces el

¹² Datos de costos referenciales entregados por el experto en sistemas de fiscalización Sr. Carlos Aranda, del Programa de Fiscalización.

¹³ Esta cifra considera vehículos únicos, eliminando las PPU repetidas.

porcentaje de incumplimiento de la norma. Este alto porcentaje de incumplimiento explica la similitud en la distribución tecnológica que se observa entre PRT y Vía Pública en el punto 3.2.1. (Ej: 17% v/s 16% respectivamente para la tecnología Pre-Euro)

Actualmente el programa de Fiscalización opera con 2 unidades para el control del DS 18/2001, lo que representa un costo de CLP 120,830,000 al año, por la operación de ambas unidades.

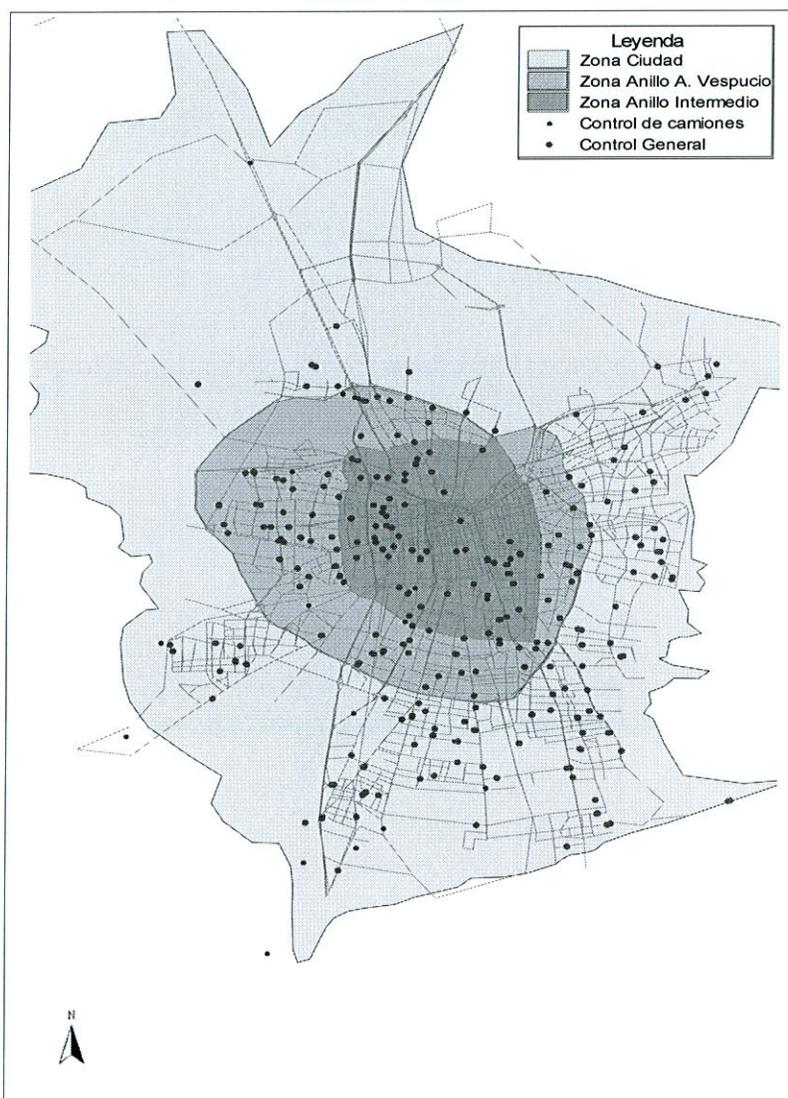


FIG. 22: PUNTOS DE CONTROL DEL PROGRAMA NACIONAL DE FISCALIZACIÓN

3.5. IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN Y MANTENCIÓN.

3.5.1. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN EN CARGA.

Una prueba de opacidad en carga se lleva a cabo en la actualidad a los Buses Urbanos de transporte público en las Plantas A1 de la Región Metropolitana. La prueba consiste en aplicar una potencia constante a las ruedas del eje de tracción del vehículo utilizando para ello un dinamómetro de chasis.

Esta prueba complementa la medición en aceleración libre pues permite verificar el comportamiento de la bomba inyectora de combustible en una condición mas real de operación, a la vez que permite evitar el falso ajuste de la bomba, que se hace restringiendo el paso de combustible, con el propósito de pasar la prueba de opacidad en aceleración libre.

Este comportamiento de “tampering” se ha registrado históricamente en los buses de locomoción colectiva y ha sido resuelto en buena parte por la realización de la prueba en carga y el sellado de la bomba inyectora. De hecho, un motor preparado intencionalmente sólo para aprobar la prueba en aceleración libre tendrá dificultades para cumplir con la potencia exigida.

Actualmente las PRTs clase A2, para la revisión técnica de camiones, cuentan con dinamómetros instalados, quedando pendiente entonces, definir el procedimiento de ensayo y el estándar de aprobación.

3.5.1.1. PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES PROPUESTOS.

La medición de opacidad en carga para vehículos pesados cuenta con casos de aplicación a nivel internacional como Hong-Kong¹⁴ y Colorado¹⁵.

Para los casos de Hong-Kong y Colorado es posible observar que el procedimiento obedece al mismo principio: la medición en las condiciones de máxima potencia.

¹⁴ Applicable to Testing Diesel. Vehicles of Gross Vehicle Weight over 5.5 Tonnes. Issued by the Commissioner for Transport under Section 77F(1)(a) of the Road Traffic Ordinance (CAP. 374).

¹⁵ DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENT, Air Quality Control Commission, REGULATION NO. 12, REDUCTION OF DIESEL VEHICLE EMISSIONS, Colorado.

Para obtener el punto de máxima potencia el procedimiento consiste en llevar el motor a su punto de máximas revoluciones o punto de corte de inyección, en una transmisión que permita rodar el vehículo sobre el dinamómetro a una velocidad en torno a los 70 km/hr. Desde ese punto de máxima R.P.M. se comienza la aplicación gradual de carga a las ruedas del vehículo, disminuyendo la velocidad y recorriendo la curva del motor hasta el punto de máxima potencia. A este procedimiento se le denomina Lug Down. Identificada la velocidad y el valor de potencia a la rueda en dicho máximo, el ensayo consiste en medir la opacidad en esas condiciones de potencia y velocidad.

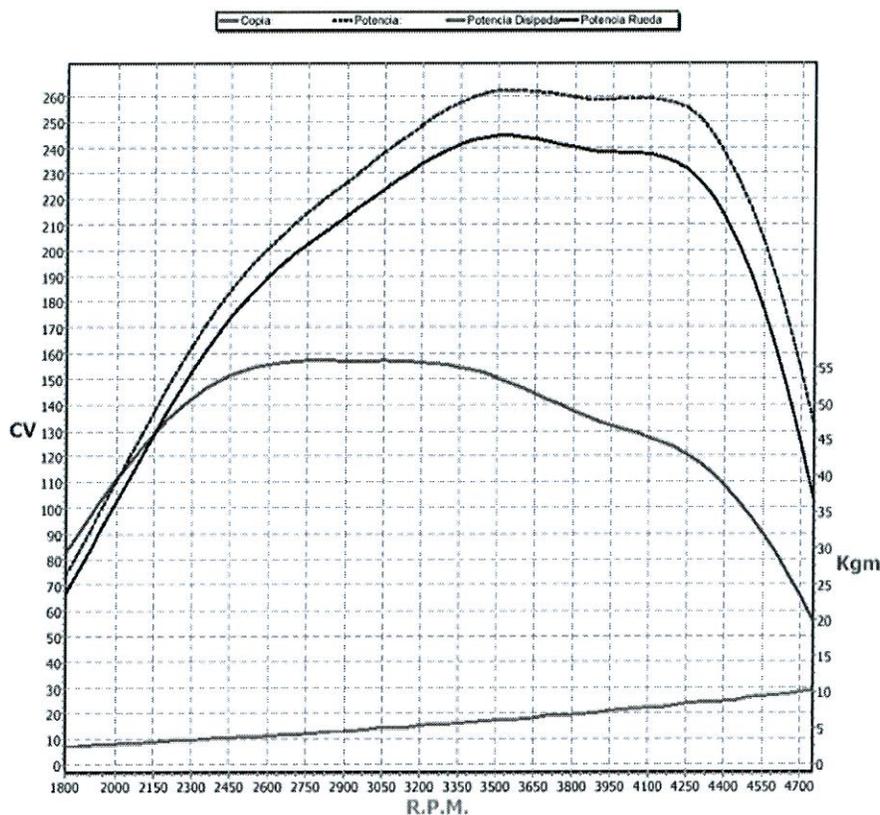


FIG. 23: CURVA DE POTENCIA DEL MOTOR.

Como parte del procedimiento de determinación de la máxima potencia de a la rueda (P_{rueda}), se determina las pérdidas de arrastre ($P_{arrastre}$) que es la potencia disipada en los neumáticos y en los roces del dinamómetro, lo que sumado a P_{rueda} permite determinar la potencia al motor (P_{motor}).

La norma define el cumplimiento de un valor de opacidad máximo en el punto de máxima potencia y de una potencia del motor mínima (90% de la potencia nominal declarada por el fabricante). Esta condición de medición de opacidad corresponde al caso mas desfavorable para las emisiones en carga pues se trata del punto de máxima inyección de combustible, donde la relación aire/combustible es la mas crítica para las emisiones.

Mayores detalles de la prueba se entregan en Anexo 6.

Por otro lado el procedimiento local de medición aplicado a los buses ha demostrado ser eficaz en la detección de los vehículos con problemas de emisiones o de potencia y puede ser una herramienta menos exigente pero más sencilla de implementar.

Este procedimiento consiste en la aplicación de una potencia constante a las ruedas del eje de tracción. La potencia a aplicar se deriva de una tabla con tres rangos según la potencia nominal del motor informada por el fabricante.

TABLA 21: TABLA DE ESTÁNDARES Y POTENCIAS DE ENSAYO PRUEBA OPACIDAD EN CARGA PARA BUSES.

Potencia del motor (CV-DIN)	Potencia de Ensayo	Coeficiente de Extinción máximo Buses $k [m^{-1}]$	
	[HP]	Con Sello Verde	Sin Sello Verde
80 a 120	45	1,2 (0,7)*	1,5
121 a 165	60		
166 ó sup.	80		

Buses Euro III avanzado entre paréntesis.

Fuente: Manual de Procedimientos y Resultados Plantas de Revisión Técnica A2.

Ambos procedimientos (Lug Down y Buses), varían en complejidad y exigencia, permitiendo cubrir una gama de posibilidades que va desde el desarrollo de la curva característica del motor, para un caso, o simplemente verificar puntos de potencia preestablecidos, para el otro.

En todo caso para el caso del procedimiento local de medición de opacidad en carga, la definición de la potencia a partir de un rango, como se define en la Tabla 21, presenta el inconveniente de que la potencia de ensayo resulta en un porcentaje variable de la potencia nominal del motor que va desde un 36% a un 56%, representando niveles de exigencia muy diferentes según la potencia nominal del motor. Es por ello que es necesario evaluar la posibilidad de perfeccionar éste procedimiento considerando como potencia de ensayo una fracción constante de la potencia nominal del motor (Ejemplo: 50%).

Para el desarrollo de esta etapa se cuenta con las instalaciones de SGS, concesionario de Revisiones Técnicas de la Región Metropolitana. SGS cuenta para la realización de los ensayos con un dinamómetro de chasis y un opacímetro de flujo parcial de las siguientes especificaciones:

Dinamómetro:

Marca: Maha
 Modelo: LPS 3000
 Potencia Rueda: 400 kW
 Velocidad Máx.: 200 km/h
 Rodillos: 318 mm (dobles)

Opacímetro:

Marca:	Maha
Modelo:	MDO2-LON
Longitud Onda:	567 nm
Norma:	Cumple norma europea de medición de opacidad.

Para la obtención de la muestra se dispone de la Planta A2 de SGS. De los camiones que mensualmente visitan la PRT se seleccionan aleatoriamente una muestra que resulte representativa del parque.

3.5.1.2. RESULTADOS MEDICIONES DE OPACIDAD EN CARGA

Para la implementación de las mediciones fue necesario dejar operativo el equipo dinamómetro de la Planta A2 de SGS, ubicada en Av. General Velásquez 10500. Dicho equipo se encontraba sin uso por varios años y presentó desperfectos en una de sus placas de circuitos integrados. El repuesto debió ser encargado a Alemania.

Asimismo el software para el manejo del equipo se vio dificultado por la existencia de llaves de seguridad en el hardware del equipo por lo que fue necesario pedir información a fábrica para desactivar dichas llaves y poder operar con el software.

Finalmente la semana del 7 de Diciembre se pudo comenzar con la realización de los ensayos sólo en una modalidad manual del procedimiento Lug Down. A continuación se presenta la distribución de los resultados obtenidos para el porcentaje de potencia nominal del motor alcanzado durante el ensayo.

TABLA 22: DISTRIBUCIÓN DEL PORCENTAJE DE LA POTENCIA NOMINAL OBTENIDA EN EL ENSAYO.

Frecuencia Acumulada			Distribución de Frecuencia		
Rangos	Nº Casos	%	Rangos	Nº Casos	%
0.00	0	0%	= 0	0	0%
>=5	0	0%	]0;5]	0	0%
<=10	0	0%	]5;10]	0	0%
<=15	3	6%	]10;15]	3	6%
<=20	3	6%	]15;20]	0	0%
<=25	5	10%	]20;25]	2	4%
<=30	6	12%	]25;30]	1	2%
<=35	6	12%	]30;35]	0	0%
<=40	10	20%	]35;40]	4	8%
<=45	12	24%	]40;45]	2	4%
<=50	15	31%	]45;50]	3	6%
<=55	21	43%	]50;55]	6	12%
<=60	22	45%	]55;60]	1	2%
<=65	26	53%	]60;65]	4	8%
<=70	29	59%	]65;70]	3	6%
<=75	34	69%	]70;75]	5	10%
<=80	39	80%	]75;80]	5	10%
<=85	43	88%	]80;85]	4	8%
<=90	44	90%	]85;90]	1	2%
<=95	47	96%	]90;95]	3	6%
<=100	49	100%	]95;100]	2	4%

Se observa en los resultados bajos porcentajes de potencia durante el ensayo, un valor recomendado internacionalmente es de al menos un 90%¹⁶ de la potencia nominal del motor durante el ensayo.

3.5.2. CALIBRACIÓN Y SELLADO DE LA BOMBA INYECTORA

En esta actividad se busca analizar una regulación para la calibración y sellado de bomba inyectora diesel, sobre la base del diagnóstico de las capacidad de talleres instalada y las características del parque de camiones de la región metropolitana.

Los motores diesel de los camiones tienen entre sus componentes principales un elemento dosificador de combustible denominado bomba inyectora, el que permite el suministro de combustible en la cantidad requerida según la exigencia de carga solicitada al motor.

Los parámetros de calibración de la bomba inyectora, que determinan la cantidad exacta de combustible suministrado según las condiciones de operación, son definidos por el fabricante del motor conforme el mejor rendimiento en potencia, torque y emisiones.

El adecuado suministro de combustible al motor, definido en la calibración de la bomba inyectora determinan la relación aire/combustible y consecuentemente las emisiones del motor, como se indica en la siguiente figura.

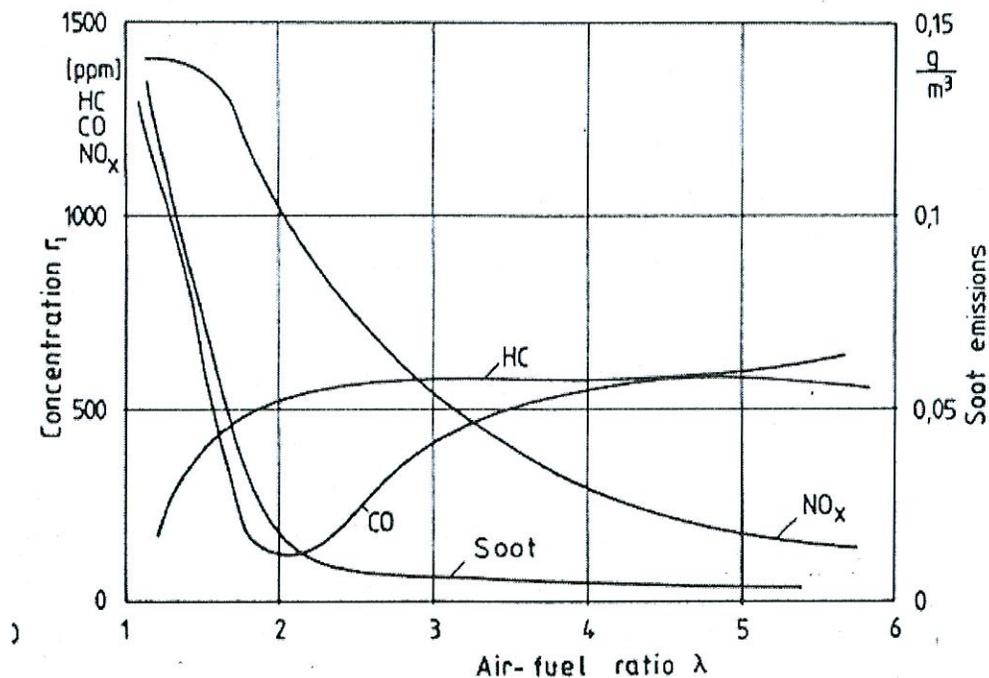


FIG. 24: COMPORTAMIENTO DE LOS CONTAMINANTES CRÍTICOS CONFORME RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE

De lo anterior, para garantizar el mejor rendimiento en emisiones de los camiones es que se propuso analizar un sistema para la calibración de las bombas inyectoras en talleres que cuenten con la infraestructura y la capacidad técnica necesaria para una correcta calibración. Asimismo analizar un sistema de sellado que permita garantizar la inviolabilidad de la bomba inyectora. De esta forma se evitaría la intervención fraudulenta de la bomba inyectora con el objetivo de aprobar en la revisión técnica en la prueba de opacidad en aceleración libre. Un ejemplo de esta conducta se registró en un estudio llevado a cabo el año 2002 por el Departamento de Fiscalización del Ministerio de Transportes, verificándose que el 78% de los buses de transporte público acudían a la revisión técnica con la bomba inyectora intervenida.

Existe hoy en día un sistema de talleres autorizados por la Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones para realizar la revisión y calibración de estas bombas. El sistema cuenta hoy día con 15 talleres autorizados, principalmente para la calibración de bombas mecánicas, y dos talleres en proceso de autorización.

Este sistema opera en conjunto con la revisión técnica, donde se les exige y verifica un certificado de calibración y un sello en la bomba de inyección, para asegurar que no haya sido intervenida.

Tabla 23: Nómima Talleres Autorizados para la Calibración de Bombas Inyectoras Diesel en Buses de Transporte Público.

Nº	Taller o Entidad	Ubicación	Nº de Resolución	Fecha de Resolución
1	Kutz & Rodríguez Diesel Limitada	Av. Carrascal Nº 6450, Cerro Navia	3878	16 de Septiembre de 2005
2	Jorge Antonio Flores	José Joaquín Prieto Nº 8590, La Cisterna	3879	16 de Septiembre de 2005
3	Dynamic Diesel Limitada	Av. Gabriela Poniente Nº 02627, La Pintana	3880	16 de Septiembre de 2005
4	Ángel Orellana Martínez	Nueva de Matte Nº 2399, Independencia	3881	16 de Septiembre de 2005
5	Ricardo Escalona Morán	Eyzaguirre Nº 1971, Puente Alto	3882	16 de Septiembre de 2005
6	Julio Inostroza Burgoa	Av. Huelén Nº 1575, Cerro Navia	3883	16 de Septiembre de 2005
7	Mario Basulto Basulto	5 de Abril Nº 3539, Estación Central	3884	16 de Septiembre de 2005
8	Servicios Cordillera	Gaspar de Orense Nº 648, Quinta Normal	3885	16 de Septiembre de 2005
9	Leonel Soriano Torres	Av. Diego Portales Nº 795, La Florida	3886	16 de Septiembre de 2005
10	María Marinakis Alcalde	Av. Independencia Nº 4051, Conchalí	3887	16 de Septiembre de 2005
11	Parada y Parada Limitada	Toesca Nº 2506, Santiago	3888	16 de Septiembre de 2005
12	Alejandro Santander Acevedo	Germán Ebbinghaus Nº 0186, Puente Alto	3889	16 de Septiembre de 2005
13	Roque Castillo Noriega	Benedicto XV Nº 440, Estación Central	3890	16 de Septiembre de 2005
14	Óscar Chaparro Salinas	Av. Recoleta Nº 1884, Recoleta	3891	16 de Septiembre de 2005
15	Emasa S.A.	San Eugenio Nº 22, Ñuñoa	3892	16 de Septiembre de 2005

Dichos talleres dan cumplimiento a los requisitos técnicos de Resolución N°15/91, la que se adjunta en Anexo 10. Los principales requisitos técnicos son los que se detallan a continuación.

TABLA 24: REQUISITOS TÉCNICOS DE TALLERES DE CALIBRACIÓN BOMBAS INYECTORAS AUTORIZADOS PARA BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO R.M.

ITEM	Requisitos Técnicos
Banco de Prueba	<p>Debe certificarse que cumple con las normas ISO 4008-1, ISO 4008-2 >(normas específicas para la fabricación de bancos de prueba).</p> <p>Debe contar con partes originales y con información de uso facilitada por el fabricante.</p>
Inyectores de Prueba	<p>Deben cumplir con norma ISO aplicable o corresponder a los indicados por el fabricante de la bomba inyectora.</p> <p>Se debe llevar un registro de su uso y programas de mantenimiento indicados por la norma.</p>
Cañerías de Alta Presión	Deben cumplir con la norma internacional ISO 4093 (dimensiones y uso).
Fluido de Calibración	Debe cumplir con la norma ISO 4113 y su viscosidad verificarse periódicamente.
Temperatura del Fluido de Calibración	Durante los ensayos el fluido de calibración debe usarse en rangos de temperatura adecuados.
Ambiente de Trabajo	Ambiente limpio e iluminado. Libre de contaminación por polvo.
Verificación del Equipamiento	Todo el instrumental y equipamiento de ensayo debe ser verificado semestralmente en su calibración y sus condiciones generales de funcionamiento, por organismo autorizado.
Programas de ensayo	Toda la información definida para la correcta calibración de la bomba inyectora debe ser la provista por el fabricante de la bomba inyectora.
Colocación de sello	La colocación de un sello autorizado y suministrado por la Casa de Moneda que impide la posterior manipulación y desajuste por parte del usuario.

Sin embargo la incorporación de los sistemas de inyección electrónico presenta aspectos técnicos específicos en su calibración que se detallan a continuación.

TABLA 25: OTROS REQUISITOS NO REGULADOS PARA SISTEMAS DE IYECCIÓN ELECTRÓNICOS.

ITEM	Requisitos Técnicos
Banco de Prueba	No existen bancos genéricos sino bancos especificados por el fabricante del sistema de inyección (Bosh, Delphi, etc.). En ocasiones es posible adaptar kits adicionales a los bancos no originales para la realización de pruebas. No obstante esta solución no permite en ocasiones la realización completa o adecuada de la calibración. Los bancos son en general automatizados y realizan los ensayos sobre la base de un software que contiene la información del fabricante del sistema de inyección.
Inyectores de Prueba	Según el sistema de inyección no aplican los inyectores de prueba (Ej: EUI).
Cañerías de Alta Presión	Según el sistema de inyección no aplican las cañerías de alta presión (Ej: EUI).
Programas de ensayo	Toda la información definida para la correcta calibración de la bomba inyectora se encuentra en un software que reemplaza al programa de ensayo tradicional.
Colocación de sello	Es necesario definir sellos o sistemas de sellado específicos para cada tipo de sistema, los que no estarán siempre visibles a la fiscalización en PRT o Vía Pública.

Con el fin de levantar un catastro de la disponibilidad de talleres y bancos de calibración para el parque de camiones se visitó un conjunto de talleres de calibración de bombas inyectoras. Los resultados de dichas visitas se presentan a continuación.

3.5.2.1. CATASTRO DE LA DISPONIBILIDAD DE TALLERES DE CALIBRACIÓN Y SU EQUIPAMIENTO.

Para abordar este aspecto se desarrolló una encuesta a los talleres de calibración de bombas inyectoras de la RM¹⁷. El formulario de la encuesta incluyó todos aquellos aspectos técnicos que se desprenden de la normativa técnica de referencia para la calibración de bombas de inyección diesel (Ver Tabla 24). La nómina de los talleres encuestados y los resultados de la encuesta se presentan en Anexo 11.

El resultado de disponibilidad de bancos de calibración se resume en la siguiente Tabla.

	Digital	Análogo	Totales
Autorizados Res 18/91	32	8	40
No Autorizados	0	20	20
Totales	32	28	60

Para estimar la capacidad de calibraciones año se ha considerado el tiempo medio por motor de 1.5 hrs. para bombas de inyección mecánicas y de 3.0 hrs. para sistemas de inyección electrónica, considerando que para la mayoría de los sistemas electrónicos se trata de inyectores bomba que se calibran por separado y que un motor de camión tiene entre 4 y 6 cilindros (un inyector bomba por cilindro)¹⁸. Bajo estas consideraciones se estimó la oferta total de calibraciones como sigue:

- Total motores inyección electrónica al año (Todos los Bancos) : 22,528 vehículos.
- Total motores inyección electrónica al año (Bancos acreditados): 19,712 vehículos.
- Total motores inyección mecánica al año (Todos los Bancos): 84,480 vehículos.
- Total motores inyección mecánica al año (Bancos acreditados, incluidos bancos digitales): 0 vehículos.

Los únicos talleres que permiten asegurar el cumplimiento de los requisitos técnicos son los acreditados, por lo que sólo se consideran éstos en las estimaciones de capacidad.

¹⁷ Una nómina inicial de talleres existentes en la R.M. se elaboró a partir de la nómina de talleres autorizados por la Seremi de Transportes y proveedores de equipos para talleres de inyección diesel.

¹⁸ Los tiempos medios de calibración fueron consultados a expertos en calibración de bombas.

En la actualidad existen del orden de 3.000 buses Transantiago sujetos a la obligación de la calibración, por lo cual la capacidad disponible de calibraciones es de 16,712 camiones al año, con sistema electrónico, ó 33,424 camiones con bomba mecánica.

Considerando los actuales inconvenientes para la correcta calibración de las bombas electrónicas (bancos especiales del fabricante de la Bomba, dificultades en el sellado) y en tanto estos no se solucionen no es recomendable incorporarlos a una exigencia de calibración. Además estas bombas difícilmente pueden ser manipuladas por el usuario.

Por lo anterior y considerando las restricciones de capacidad es que se recomienda la aplicación de esta exigencia en determinados casos.

3.6. Propuesta de Esquema Para una ZBE para Santiago

El objetivo del estudio consiste en generar los requisitos técnicos para una zona de baja emisión para la Región Metropolitana, no obstante en el desarrollo del mismo se discutieron aspectos de evaluación del impacto de la medida, considerando que la implementación de dichas exigencias puede implicar el afectar la logística del transporte de carga de la ciudad.

De la recopilación de antecedentes no se dispuso de información suficiente para estimar el parque de camiones afectado por la implementación de una ZBE para la Región Metropolitana¹⁹, como tampoco se estimó el impacto en los viajes o la cadena de distribución, cuestiones fundamental para la evaluación de los impactos.

Mediante el análisis de las bases de datos de las revisiones técnicas en la R.M. y de la fiscalización en la Vía Pública, se pudo configurar la composición del parque por norma de emisiones y peso bruto vehicular, determinándose además que el 61% de los camiones fiscalizados en las vías de la RM, cuentan con revisión técnica de otras regiones, lo que dificulta la cuantificación del parque afectado mediante el análisis de permisos de circulación o las revisiones técnicas.

No obstante lo anterior el inventario de emisiones de la Región Metropolitana otorga una importante responsabilidad en las emisiones de Material Particulado a los camiones que circulan por ésta, lo que hace urgente la implementación de medidas, a la par que se generan los antecedentes que permitan estimar los impactos en la flota de camiones y en la cadena logística de la ciudad.

En consideración de lo anterior se elabora en el presente capítulo una propuesta de ZBE para Santiago que contempla dos fases de implementación, tal que durante la implementación de la primera fase se puedan recopilar y generar los antecedentes necesarios para evaluar el impacto de una segunda fase de mayor exigencia.

A continuación se presentan algunos aspectos generales de la propuesta:

Zona Regulada:

La recomendación hecha en los estudios de factibilidad de la LEZ de Londres²⁰, consideran que el área regulada tiene que contar con un perímetro físico claramente definido y reconocible sobre el piso para los usuarios y debe proveer rutas alternativas. La mejor opción es definir el perímetro a partir de una vía orbital claramente comprendida por el público. En tal sentido el

¹⁹ El estudio "Análisis de la Eficiencia Energética en el Transporte Interurbano de Carga", CIMA Ingeniería, determina la flota de camiones a nivel nacional en 146,185, a su vez el estudio "Análisis de Regulaciones sobre el Transporte de Carga Urbano y su impacto en la Cadena Logística", en desarrollo durante esta recopilación situó el parque que ingresa al Anillo Américo Vespucio en 114,280,

²⁰ The London Low Emission Zone, Feasibility Study, Phase 1 y Phase 2.

anillo intermedio no es de fácil comprensión para el público ya que está conformado por un conjunto de vías y no por una sola vía perimetral (Los Leones, José Pedro Alessandri, Macul, Froilan Roa, Departamental, Suiza, Las Rejas, Sergio Valdovinos, Jujuy, Lo Espinoza, Los Suspiros, Senador Jaime Guzmán, Roma, Dorsal, Pedro Donoso y Colombia). Además una Zona más reducida como lo es el Anillo Intermedio, reducirá también los beneficios. Para el caso de la ciudad como ZBE ésta presenta cuestiones geopolíticas que dificultan su implementación toda vez que es un punto obligado de paso entre el sur y el norte del País.

Otra ventaja del AAV es su definición en el DS 118/2001, como zona regulada, lo que la hace familiar como tal para el público. En tal sentido se trata de una zona regulada que como tal ya se encuentra operando.

No obstante se considera recomendable conservar vías de paso para el tráfico que se realiza entre el Norte y el Sur del País y que actualmente se contemplan en el mismo DS 118/2001, como es el caso de la concesión Autopista Central.

Exigencia de emisiones:

Se propone el Material Particulado como contaminante regulado para la Zona de Baja Emisión, considerando las prioridades del PPDA, los problemas de excedencia de norma de MP en la RM y la alta toxicidad de este contaminante. En tal sentido la exigencia queda establecida según los niveles Pre-Euro/Pre-Epa, EuroI/Epa91, EuroII/Epa94, EuroIII/Epa98, según la fecha de inscripción en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados, como se describe en la siguiente Tabla:

TABLA 26: NORMAS DE EMISIÓN CAMIONES REGIÓN METROPOLITANA

Norma de Emisiones	Correspondencia	Límite MP (Euro) [gr/kW-hr]
Pre-Euro/Pre-Epa	Sin Sello	NO APLICA
Euro 1/Epa 91	Sello Verde Inscritos a Partir del 1° Sept. 1994	0.36
Euro 2/Epa 94	Sello Verde Inscritos a Partir del 1° Sept. 1998	0.15
Euro 3/Epa 98	Sello Verde Inscritos a Partir del 1° Oct. 2006	0.10

Según la Tabla 26: Normas de emisión Camiones Región Metropolitana Tabla 26 es posible verificar el cumplimiento del nivel de emisión exigido a través de la fecha de inscripción del vehículo que figure en el padrón.

3.6.1. EXIGENCIAS DE EMISIÓN DE PRIMERA FASE.

Se propone el inicio de la ZBE con una primera fase de implementación para el año 2011. Se detallan a continuación las exigencias para los vehículos que ingresen a la ZBE:

1. Nivel de Emisiones EuroII/Epa94 o superior: La exigencia de antigüedad máxima del DS 18/91, establece que los camiones de más de 12 años de antigüedad están impedidos de circular al interior del Anillo Américo Vespucio (AAV). Conforme la metodología de cálculo del Decreto (año de antigüedad es la diferencia entre el año del control y el año del vehículo), para el año 2011 sólo podrán circular camiones año 1999 en adelante, lo que conforme la Tabla 26 corresponde a camiones Euro II/Epa94 o Euro III/Epa98. Estimando el inicio de la medida para el año 2011, una exigencia EuroII/Epa94 es consistente con la exigencia del DS 18/2001 para ese año. El cumplimiento de esta exigencia se podrá acreditar mediante la fecha de inscripción en el padrón del vehículo.
2. Límite máximo de opacidad en aceleración libre y prueba en carga: Los camiones cuyo motor no cumplan con la exigencia de nivel de emisiones del punto anterior (Pre-Euro y EuroI), podrán ingresar al AAV si con motivo de la revisión semestral de emisiones de la revisión técnica, o en revisión ad-hoc, cumplen con un límite máximo de opacidad de $1,6 \text{ m}^{-1}$ y aprueban el procedimiento de medición de opacidad en carga que defina la autoridad. Para este caso el valor exigido corresponde al límite de opacidad para los motores EuroI, EuroII y EuroIII, por lo que con esta exigencia los vehículos con motores EuroI en buenas condiciones de mantenimiento también podrán acceder al AAV. Para evitar la adulteración de la bomba inyectora se aplicará una prueba en carga, lo que permitirá además verificar las emisiones en la condición de máxima inyección. Los límites máximos definidos para la prueba en carga corresponderán a los niveles equivalentes a un motor EuroII.
3. Límite máximo de opacidad en aceleración libre y calibración y sellado de la bomba inyectora: Los camiones que por razones técnicas no puedan realizar la prueba en carga indicada en el punto anterior²¹, podrán reemplazarla por la calibración y el sellado de la bomba inyectora, debiendo cumplir en todo caso con el límite máximo de opacidad en aceleración libre de $1,6 \text{ m}^{-1}$, también indicado en dicho punto. La calibración y sellado deberán realizarla conforme las disposiciones que rigen para los buses urbanos de transporte público, establecidas en la Resolución 15/91, es decir en talleres autorizados por la Seremi de Transportes.

²¹ Por ejemplo para camiones cuyo peso, trocha, tipo o tamaño de neumáticos impida la prueba sobre el dinamómetro.

Para acreditar la exigencia se utilizará el siguiente procedimiento:

1. Los vehículos con motores que cumplan niveles de emisión EuroII o superior, podrán acreditar su condición presentando su permiso de circulación, donde figura la fecha de inscripción, en cualquier Secretaria Regional Ministerial de Transportes del País, donde se le entregará un certificado de aptitud para circular por la ZBE. Dicho certificado contendrá toda la información necesaria de identificación del vehículo, siendo ingresado a la base nacional de datos de camiones autorizados. La base de datos con la información de todos los camiones autorizados a circular por la ZBE de la RM, será publicada en Internet.
2. Los vehículos que no cumplen con los niveles de emisión EuroII o superior, podrán optar al certificado de aptitud presentando a la Seremi de Transportes de la RM, los resultados de opacidad en aceleración libre y en carga (o en su defecto de calibración y sellado de la bomba inyectora expedido por un taller autorizado), certificados por una Planta de Revisión Técnica de la Región Metropolitana. Dicha autoridad administrativa emitirá el certificado de aptitud e ingresará la información a la base nacional de datos de camiones autorizados a circular en la ZBE de la RM. Para este caso el certificado tendrá una vigencia de 1 año.

Fiscalización en Vía Pública.

Dados los altos costos, las complejidades en su implementación y los requerimientos de antecedentes adicionales, se ha considerado para una primera fase la fiscalización manual sobre la base de la prohibición a la circulación dentro de la ZBE de los vehículos que no cumplan con las exigencias técnicas definidas.

Las exigencias pueden ser fiscalizadas en la vía pública por Inspectores Fiscales del Programa de Nacional de Fiscalización del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y por Carabineros de Chile.

Los camiones que circulen por la ZBE serán fiscalizados en el porte y vigencia del certificado de aptitud y en la medición de opacidad en aceleración libre. Si el camión fiscalizado en la ZBE no está autorizado será infraccionado conforme las disposiciones vigentes. Si el camión se encuentra autorizado pero no cumple con los niveles de opacidad exigidos le será retirado el certificado de aptitud, el cual será remitido a una Planta de Revisión designada por la autoridad, donde deberá ser retirado por el interesado, previa acreditación del cumplimiento del límite de opacidad y de la calibración y sellado de la bomba inyectora en un taller autorizado.

Periodo de operación:

El periodo de operación propuesto es el que actualmente aplica el DS 18/2001, es decir 24 horas del día los 365 días del año. No obstante podría ser conveniente un periodo de adaptación en que la restricción opere sólo en hora punta, para posteriormente aplicar la restricción las 24 horas del día. Esto permitirá llevar a cabo los ajustes necesarios a la medida con la información que se genere durante el periodo de adaptación.

Base legal e Implementación:

La investigación realizada a la fecha de la base legal disponible sugiere la modificación del DS 18/2001 o la creación de un nuevo DS. Esto permitiría en el corto plazo la implementación de la medida. No obstante este esquema no permite la creación de un registro para la fiscalización, toda vez que la jurisprudencia investigada señala que para la creación de tal registro se requiere de una Ley, la que en todo caso permitiría una mayor base legal y mayores sanciones a los infractores, por lo cual podría ser motivo de estudio para la segunda fase de implementación. En todo caso, para el caso de la implementación a través de un DS del MTT, los montos de las sanciones son bajas²².

Una alternativa a lo anterior es crear una ley específica que establezca una Zona de Baja Emisión, con la determinación del perímetro o espacio territorial considerado ZBE; los vehículos que no podrán ingresar a la ZBE; las condiciones técnicas de los vehículos para poder ingresar a la zona; la norma ambiental que deben cumplir tales vehículos; la forma de certificación del cumplimiento de las condiciones de los vehículos; el registro de los vehículos; la formas de fiscalización del cumplimiento de la ley; las sanciones para el evento de incumplimiento.

Según sea lo que proyecte el legislador, se puede determinar un calendario de avance en el cumplimiento de las condiciones hasta llegar al óptimo ambiental deseado.

Como bien se conoce, la tramitación de una ley implica tiempo y voluntad política para ser llevada a buen puerto, en un plazo razonable que permita el cumplimiento de los objetivos propuestos en la misma. Como ingrediente adicional, esta es una ley sumamente técnica que requerirá de fundamentos técnicos, económicos y legales sólidos para que sortee las observaciones que en esos ámbitos se le pueda hacer.

3.6.2. EXIGENCIAS DE EMISIÓN DE SEGUNDA FASE.

En orden a alinear las decisiones de mediano y largo plazo de los operadores del transporte de carga con las políticas ambientales relativas a la definición de la ZBE se hace necesario entregar un horizonte normativo también de mediano y largo plazo. En tal sentido se recomienda la definición simultánea de una segunda fase de implementación para el año 2014, la que se presenta en este capítulo.

Las exigencias técnicas propuestas para la segunda fase son:

²² Conforme Art. 198 e la Ley de Tránsito, la contravención a esta disposición se califica como una infracción grave (Multa de \$ 27.000)

1. Nivel de Emisiones EuroIII/Epa98 o superior: Este corresponde al escenario de implementación inicial de la LEZ de Londres para el año 2008. El cumplimiento de esta exigencia se podrá acreditar mediante la fecha de inscripción en el padrón del vehículo.
2. Reacondicionamiento con Filtros de Partículas (DPF) Certificados o cambio de motor: Los motores con norma de emisión anterior a Euro III, podrán ingresar al AAV, si cuentan con un filtro de partículas certificado por el Centro de Control y Certificación Vehicular o cambian el motor por uno certificado en emisiones conforme EuroIII o superior. Esta disposición de segunda fase permitirá incentivar el reacondicionamiento de aquellos camiones para los cuales la inversión en un DPF resulte rentable en la perspectiva del mediano y largo plazo. Estos vehículos deberán cumplir con valores específicos de opacidad en aceleración libre y en carga

El procedimiento de acreditación de las exigencias será similar a la fase 1. Para este caso también el certificado de aptitud que se otorgue con motivo del cumplimiento de la exigencia 2., tendrá una vigencia de 1 año, debiendo acreditarse periódicamente para estos vehículos las buenas condiciones técnicas del motor de reemplazo o del filtro de partículas. Esto mediante la verificación de opacidad y otros aspectos técnicos que se definan.

Los aspectos de fiscalización, tal como la fiscalización automática, podrán, para esta segunda fase, ser estudiadas oportunamente.

3.6.3. REACONDICIONAMIENTO CON FILTRO DE PARTÍCULAS.

En general los esquemas de ZBE permiten o estimulan el reacondicionamiento de los vehículos más antiguos con sistemas de post tratamiento, para los que se establecen requerimientos de certificación y eficiencias mínimas. En la actualidad existe una normativa para la certificación de filtros de partículas para los buses de transporte público el cual resulta fácilmente extensible para camiones.

En todo caso es recomendación del consultor no utilizar como parte del esquema la utilización de filtros abiertos o DOC ya que estos no son confiables respecto del tratamiento de las partículas ultrafinas, las más perjudiciales para la salud.

A fin de asegurar buenas condiciones técnicas de los camiones para el reacondicionamiento, se ha recomendado implementar requisitos de reacondicionamiento para la segunda fase de implementación de la exigencia (EUROIII).

Para la primera fase el reacondicionamiento no constituye una exigencia técnica, pero a fin de cumplir con la primera y segunda fase de la exigencia simultáneamente, es posible que una cantidad de operadores de transporte de carga opten por este camino.

En reemplazo de la alternativa del reacondicionamiento, para el la primera fase se ha optado por la definición de estándares de opacidad equivalentes a Euro II, junto con la calibración de la bomba inyectora y la realización de ensayos de opacidad en carga. Esta puede resultar en una alternativa menos costos de cumplimiento.

3.6.4. COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES DE MP SIN Y CON ESCENARIO NORMATIVO.

Con el propósito de cuantificar la reducción de emisiones de MP que se deriva de la implementación de la ZBE con fase 1 y fase 2, se desarrollo un modelo de cálculo de emisiones sobre la base de la corrida ESTRAUS 2010. Esta entregó los flujos de camiones por arco de la red.

Para la estimación de las emisiones se utilizó la composición del parque según peso (Liviano, Mediano y Pesado) y norma de emisiones (EuroI, EuroII y EuroIII), que entregó el análisis de las revisiones técnicas de la RM y que es consistente con la composición observada en la fiscalización en la vía pública (Ver Tabla 7). Dicha composición se distribuyó de manera homogénea en todos los arcos de la red.

Se contó también con el perfil de flujo horario para las 24 horas del día y para los 7 días de la semana, lo que permitió extrapolar los valores de flujo hora punta entregados por la corrida, al día y a la semana.

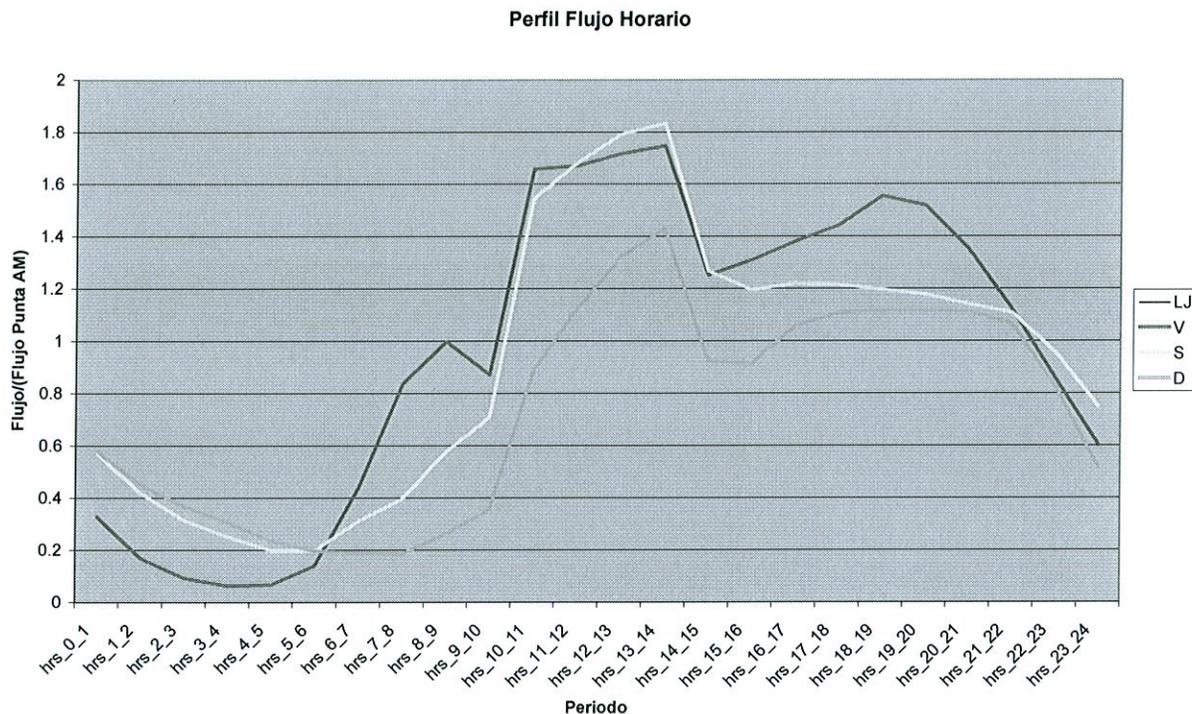


FIG. 25: PERFIL FLUJO HORARIO.

Para determinar el nivel de actividad se consideró el flujo de camiones por la longitud de cada arco (también disponible en la corrida), obteniéndose km-camión por arco. Lo anterior para el día, la semana y el año.

Como factores de emisión se utilizaron los entregados por Copert III, como función de la velocidad, evaluados a una velocidad media de 40 km/hr²³.

Un detalle de la metodología de cálculo se entrega en Anexo 12.

A continuación se presentan los resultados evaluados:

²³ Corvalán y Osses 1998, citados en el estudio "Diseño de Metodología de Compensación de Emisiones para Chatarrización de de Fuentes Móviles".

Escenario Base:**TABLA 27: EMISIÓN (TON/AÑO) SEGÚN ZBE, TECNOLÓGICA Y TAMAÑO DE CAMIÓN,
ESCENARIO BASE**

ZONA	TECNOLOGÍA	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	TOTAL EMISIÓN
0	Euro 0	10	26	19	55
0	Euro 1	10	16	15	42
0	Euro 2	13	16	9	37
0	Euro 3	5	7	5	17
1	Euro 0	5	14	10	28
1	Euro 1	5	8	8	22
1	Euro 2	7	8	5	19
1	Euro 3	3	4	3	9
TOTAL EMISIÓN		57	99	74	231