
COMISION NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE

Inventario de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana para 1997 y Proyecciones al 2005



31 de Enero de 1997

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ESTRUCTURA DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES	4
2.1 CONTAMINANTES CONSIDERADOS	4
2.2 UNIDAD BASE	4
2.3 TIPOS DE FUENTES EMISORAS	4
2.4 COBERTURA ESPACIAL	6
3. INVENTARIO DE EMISIONES 1997	7
3.1 METODOLOGÍA USADA PARA ESTIMAR EMISIONES DE FUENTES MÓVILES	7
3.1.1 ANTECEDENTES	7
3.1.2 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DESDE FUENTES MÓVILES EN EL GRAN SANTIAGO	7
3.1.3 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DESDE FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS	17
3.1.4 ESTIMACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS DE COV DESDE VEHÍCULOS A GASOLINA	19
3.1.5 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE MOTOCICLETAS	21
3.1.6 RESULTADOS	22
3.2 METODOLOGÍA USADA PARA ESTIMAR EMISIONES DE FUENTES FIJAS	24
3.2.1 ANTECEDENTES	24
3.2.2 METODOLOGÍA USADA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES	25
3.3 METODOLOGÍA USADA PARA ESTIMAR EMISIONES DE OTRAS FUENTES	30
3.3.1 COMBUSTIÓN RESIDENCIAL	30
3.3.2 EMISIONES EVAPORATIVAS DE COV	31
3.3.3 SOLVENTES DE USO DOMÉSTICO	39
3.3.4 DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES	39
3.3.5 EMISIONES BIOGÉNICAS	43
3.3.6 INCENDIOS FORESTALES Y QUEMAS REGISTRADAS E ILÍCITAS	48
3.4 METODOLOGÍA USADA PARA ESTIMAR EMISIONES DE POLVO RESUSPENDIDO	55
3.4.1 POLVO DE CALLES PAVIMENTADAS	55
3.4.2 POLVO DE CALLES SIN PAVIMENTAR	56
3.5 RESULTADOS INVENTARIO 1997	57
3.6 DISCUSIÓN	57
4. PROYECCIÓN DE EMISIONES AL 2005	60
4.1 ANTECEDENTES GENERALES	60
4.2 METODOLOGÍA USADA PARA PROYECTAR EMISIONES DE FUENTES MÓVILES	61
4.2.1 PROYECCIÓN DE EMISIONES DESDE FUENTES MÓVILES EN EL GRAN SANTIAGO	61
4.2.2 PROYECCIÓN DE EMISIONES DESDE FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS	65
4.2.3 ESTIMACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS DE COV DESDE VEHÍCULOS A GASOLINA	65
4.2.4 PROYECCIÓN DE EMISIONES DE MOTOCICLETAS	66
4.2.5 RESULTADOS	66

4.3	METODOLOGÍA USADA PARA PROYECTAR EMISIONES DE FUENTES FIJAS	68
4.3.1	ANTECEDENTES GENERALES	68
4.3.2	METODOLOGÍA DE PROYECCIÓN DE EMISIONES.	69
4.4	METODOLOGÍA USADA PARA PROYECTAR EMISIONES DE OTRAS FUENTES	76
4.5	METODOLOGÍA USADA PARA PROYECTAR EMISIONES DE POLVO RESUSPENDIDO	77
4.5.1	PROYECCIÓN EMISIONES DE CALLES PAVIMENTADAS	77
4.5.2	PROYECCIÓN EMISIONES DE CALLES SIN PAVIMENTAR	77
4.6	RESULTADOS INVENTARIO 2005	78
5.	BIBLIOGRAFÍA	79
6.	ANEXOS	80
6.1	ANEXO 1: FACTORES DE EMISIÓN DE FUENTES MÓVILES	1
6.2	ANEXO 2: EJEMPLO DE CÁLCULO DE EMISIONES GASEOSAS DE GRANDES PROCESOS .	1
6.2	ANEXO 3: FACTORES DE EMISIÓN DE FUENTES FIJAS	1
6.3	ANEXO 4: EMISIONES EVAPORATIVAS USO DE PINTURAS Y LAVASECOS	1

1. Introducción

Desde comienzos de 1993, cuando se vislumbraba la necesidad de formular un Plan de Descontaminación de largo plazo para la Región Metropolitana, esta comisión se dio a la tarea de mejorar el conocimiento de las emisiones de la ciudad. Fue así como durante el desarrollo del proyecto de cooperación entre Chile y Suecia “Mejoramiento de la Información Requerida para el Control de la Contaminación Atmosférica de la Región Metropolitana” se desarrollaron inventarios de emisiones para dos escenarios 1992 y 1994. La experiencia acumulada en el desarrollo de estos inventarios permitió identificar temas de gran relevancia pendientes hasta entonces, lo que dio origen a dos programas que se iniciaron durante 1996 a cargo del CENMA, tendientes a recoger mejor información en temas como factores de emisión de fuentes fijas y móviles y estimación de emisiones desde fuentes evaporativas, quemas agrícolas y emisiones biogénicas.

El inventario de emisiones para 1997 corresponde a una estimación de la cantidad de cada contaminante emitido a la atmósfera por los diferentes agentes económicos que conviven en la Región Metropolitana. Este inventario fue desarrollado en un sistema de información de CONAMA R.M. y su elaboración tuvo como principales objetivos identificar la participación de cada tipo de fuente en las emisiones totales y, mediante la georreferenciación de las fuentes emisoras, servir de base a la modelación de la dispersión de contaminantes. Otro objetivo para el desarrollo de estos inventarios, es estimar la reducción de emisiones que podrían producir las diferentes medidas propuestas en el Plan.

Este inventario presenta avances respecto de los anteriores, cobertura regional, uso de factores de emisión dependientes de la velocidad para vehículos a gasolina, estimación una a una de la emisiones de las fuentes fijas más importantes, etc.

La proyección de las emisiones hasta el año 2005, tiene por objetivo generar una línea base de emisiones para contrastar la situación “Con Plan de Descontaminación” vs “Sin Plan de Descontaminación”, esto permite hacer una valoración de los efectos de la implementación de las diferentes medidas del Plan.

A continuación se describe la estructura del inventario de emisiones y la metodología utilizada para generar el inventario 1997 y las proyecciones al 2005.

2. Estructura de los Inventarios de Emisiones

La estructura que se describe a continuación es común a ambos inventarios 1997 y 2005. El objetivo es aclarar que contiene cada ítem del inventario, que contaminantes considera, la cobertura espacial, el formato en que se tratan en la base de datos, etc.

2.1 Contaminantes considerados

Los contaminantes considerados en este inventario son: PM₁₀, CO, NO_x, COV y SO_x. Con respecto a los compuestos orgánicos volátiles y los óxidos de azufre se incluyen en el inventario debido a su participación en la formación de ozono y particulado secundario, a pesar que no hay condición de saturación para el SO_x y no existe norma para los COVs.

En el caso del ozono, incluido en la declaración de zona saturada, no es posible obtener un inventario de emisiones, debido a su carácter de contaminante secundario que se genera a partir de reacciones fotoquímicas entre sus precursores (COV y NO_x).

Por último, en el caso de las partículas totales en suspensión, no fue posible realizar un inventario como para los demás contaminantes sobre norma, debido principalmente a que no se han realizado suficientes estudios que permitan generar estimaciones medianamente confiables. Estos esfuerzos se han orientado principalmente a la fracción respirable del material particulado (PM₁₀). No obstante lo anterior, es claro que en un inventario de PTS los principales emisores serían el polvo resuspendido por acción del tránsito, las actividades relacionadas con la construcción y algunos procesos industriales.

2.2 Unidad base

Las emisiones están expresadas en toneladas por año para todos los contaminantes. No obstante lo anterior, dada la estructura de la base de datos de emisiones con que se cuenta, se pueden expresar las emisiones en otras unidades temporales.

2.3 Tipos de fuentes emisoras

Debido a la diversidad de fuentes de información utilizadas y a lo heterogéneo del tratamiento necesario para estimar emisiones, se consideró separarlas en cuatro tipos: Fuentes móviles, Fuentes fijas, Polvo resuspendido y Otras fuentes.

A continuación se hace una descripción detallada de los tipos de fuentes considerados en el inventario y los contaminantes estimados en cada caso:

Tabla N° 2-1

Tipos de Fuentes	Descripción	Emisiones
Fuentes Fijas		
Procesos Industriales	Emisiones desde procesos industriales. No incluye emisiones fugitivas.	Gases y PM10
Calderas Industriales	Emisiones desde calderas industriales.	Gases y PTS
Calderas de Calefacción	Emisiones desde calderas de calefacción de edificios.	Gases y PTS
Panaderías	Emisiones desde hornos de panaderías.	Gases y PTS
Otras Fuentes		
Combustión residencial	Emisiones producidas por combustión residencial de leña, kerosene, gas de cañería y gas licuado.	Gases y PM10
Emisiones evap. de COV	Emisiones producidas por la evaporación de COVs desde lavasecos, talleres de pintado de autos y uso de pinturas en casas y edificios.	COV
Solventes de uso doméstico	Emisiones producidas por evaporación de solventes domésticos.	COV
Distribución de combustibles	Emisiones producidas por evaporación en grandes estanques de almacenamiento, almacenamiento en servicentros y expendio de gasolina en los mismos.	COV
Emisiones biogénicas	Emisiones producidas por la cubierta vegetal de la región.	COV y NOx
Incendios forestales	Emisiones producidas por incendios forestales detectados en la región.	PTS, CO, COV y NOx
Quemas registradas e ilícitas	Emisiones producidas por quemas agrícolas en la región, autorizadas e ilícitas.	PTS, CO, COV y NOx
Fuentes Móviles		
Vehículos particulares	Emisiones desde vehículos particulares livianos, catalíticos y no catalíticos. Incluye emisiones desde el tubo de escape y evaporativas.	Gases y PM10
Vehículos comerciales	Emisiones desde vehículos comerciales livianos, catalíticos y no catalíticos. Incluye emisiones desde el tubo de escape y evaporativas.	Gases y PM10
Taxis	Emisiones desde taxis catalíticos y no catalíticos. Incluye emisiones desde el tubo de escape y evaporativas.	Gases y PM10
Camiones	Emisiones desde tubo de escape de camiones.	Gases y PM10
Buses	Emisiones desde tubo de escape de buses licitados y no licitados.	Gases y PM10
Motocicletas	Emisiones desde tubo de escape de motocicletas de dos y cuatro tiempos.	CO, NOx y COV
Polvo Resuspendido		
Calles Pavimentadas	Emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas por efecto del tráfico.	PM10
Calles sin pavimentar	Emisiones de polvo resuspendido desde calles no pavimentadas por efecto del tráfico.	PM10

Nota: Gases se refiere a CO, SOx, NOx y COV.

2.4 Cobertura espacial

La cobertura espacial del inventario 1997 como de la proyección para el 2005, tienden a abarcar toda la Región Metropolitana, salvo las fuentes que se señalan a continuación cuyas estimaciones abarcan el Gran Santiago: Combustión residencial, solventes de uso doméstico y polvo resuspendido desde calles no pavimentadas.

3. Inventario de Emisiones 1997

3.1 Metodología Usada para Estimar Emisiones de Fuentes Móviles

3.1.1 Antecedentes

En términos generales, la metodología de estimación de emisiones de fuentes móviles requiere determinar los flujos vehiculares asociados a la red de transporte, la participación en el flujo de diferentes categorías de vehículos y factores de emisión representativos para cada categoría de vehículos.

Para poder estimar las emisiones producidas por fuentes móviles en la Región Metropolitana, fue necesario usar dos fuentes de información distintas. La SECTRA provee modelaciones de transporte para el Gran Santiago en el escenario 1997. Esta información consiste básicamente en los flujos de transporte privado y público en la zona ya especificada. Por otra parte, para estimar las emisiones producidas en carreteras, fue necesario usar como información base los censos de tráfico en carreteras que desarrolla el MOP cada dos años. Los inventarios de fuentes móviles realizados anteriormente sólo consideraban la zona urbana de Santiago, si se considera además que la información proporcionada por SECTRA es muy detallada, a diferencia de los censos del MOP, es fácil entender la diferente profundidad con que se realizan las estimaciones en uno y otro caso.

En cualquier caso, no se dispone de la información necesaria para representar los flujos vehiculares en toda la región, por lo tanto quedarán fuera necesariamente la actividad de fuentes móviles ligada a otras zonas urbanas y caminos secundarios dentro de la Región Metropolitana.

De esta forma, en el sistema de información las fuentes móviles se representan mediante tres redes:

- Transporte público urbano (TPU)
- Transporte privado urbano (TPR)
- Transporte en carreteras

3.1.2 Estimación de Emisiones desde Fuentes Móviles en el Gran Santiago

Cabe señalar que para fines de evaluación, el PPDA incluirá los efectos de la aplicación del Plan de Transporte Urbano (PTU) dentro de la línea base. Por lo tanto, la estimación de las emisiones se realizará en los cortes temporales en los cuales se modeló el PTU, es decir, los años 1997 y 2005. Asimismo, la efectividad de las medidas a evaluar serán estimadas sobre esta base en los distintos escenarios considerados.

3.1.2.1 Descripción de la línea base: Plan de Transporte Urbano.

El Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano del Gran Santiago 1995-2010, fue desarrollado por la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte (SECTRA), con el fin de responder a los problemas de congestión que presenta la ciudad de Santiago.

Su elaboración consideró la evaluación de diversos proyectos de inversión que involucraban cambios cuantitativos y cualitativos de la oferta de infraestructura (nuevas vías, conexiones, metro, vías segregadas para transporte público, etc.), y de gestión de la demanda por transporte (tarificación vial, relocalización de actividades, etc.), para distintos escenarios de desarrollo de la ciudad. Los proyectos elegidos fueron aquellos que, en conjunto, arrojaron los mejores resultados de las simulaciones de ESTRAUS¹, en términos de nivel de servicio, mantención de la partición modal, y relaciones costo-beneficio.

La modelación del Sistema de Transporte Urbano (STU) consideró una situación de referencia (Situación Base) para los años 1991, 1997 y 2005; una situación con Plan para el año 2005 y la definición de un escenario de desarrollo urbano (Escenario de Desarrollo N°3) con proyecciones de usos de suelo, densificación urbana, etc., sobre el cual se sustenta la demanda por transporte asociada a cada corte temporal.

3.1.2.1.1 Escenario de Desarrollo Urbano.

El escenario de desarrollo urbano del Plan corresponde al nuevo Plan Regulador Metropolitano de Santiago, que reduce los límites de expansión de la R.M. y define subcentros urbanos como polos de desarrollo. Los once subcentros considerados fueron:

- | | | |
|---------------|----------------------------------|--------------|
| • Las Condes | • San Bernardo | • Quilicura |
| • La Reina | • La Cisterna | • Huechuraba |
| • La Florida | • Maipú | • Santiago |
| • Puente Alto | • Poniente (San Pablo - Neptuno) | |

Además se consideró la relocalización de estratos medios a favor de Huechuraba, Quilicura y Renca, con 60000 hogares provenientes de zona sur de Santiago, las ciudades satélite de Chicureo (11 mil hogares) y Lo Aguirre (3 mil hogares).

3.1.2.1.2 Políticas de transporte.

Las políticas de transporte que incluye el Plan son:

- Tarificación vial en dos etapas: 1997 y 2000.
- Tarificación de estacionamientos.
- Integración tarifaria con el Metro.
- Concesiones de vías segregadas para transporte público.

¹ Modelo desarrollado para Santiago, que permite estimar los costos operacionales de transporte (tiempo de viaje y consumo de combustible, entre otros), con fines de planificación estratégica.

- Inversiones en vialidad convencional: Habilitaciones o ampliaciones de vías para vehículos convencionales.
- Inversiones en vialidad especializada para transporte público: Calzadas segregadas, diseño especial de vías y paraderos.
- Desarrollo del Metro: Infraestructura, trenes y equipamiento.

3.1.2.2 Metodología de estimación de emisiones.

En el sistema de información de CONAMA R.M., las fuentes móviles son caracterizadas por categorías sobre las cuales se aplican factores de emisión por veh/km. que dependen de las siguientes variables:

- a) Tecnología del vehículo: los factores de emisión se distinguen de acuerdo a las condiciones de emisión de los motores.
- b) Ciclo de marcha: los factores de emisión también recogen el estilo de conducción de una región, es decir, la magnitud y frecuencia de las aceleraciones y frenados, pendientes u otras condiciones de carga de los vehículos, como función de la velocidad.

Por otro lado, las características operacionales de una red de transporte son recogidas a través de la definición de tipos de “calles” sobre la cual se determinan:

- a) Las categorías de vehículos definidas,
- b) la participación de estas categorías en el flujo y
- c) la distribución horaria del flujo.

Finalmente, a cada arco de la red se le define:

- a) un volumen de flujo diario,
- b) una velocidad única de operación,
- c) un tipo de calle.

Las facilidades del sistema permiten crear varias redes que pueden ser superpuestas de manera de simular los efectos del sistema de transporte en su conjunto.

Teniendo en cuenta las características del modelo Airviro, la información proveniente de los modelos de transporte que se utilizó para alimentar el modelo es la siguiente:

- a) Una red de transporte, comprendida por arcos.
- b) Tiempo de viaje y longitud de cada arco.
- c) Flujos en el arco.

Esta información fue recogida de las simulaciones ESTRAUS² de las situaciones con y sin PTU para los escenarios modelados (1997 y 2005), comprendidas en el “Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano del Gran Santiago 1995-2010”³.

² ESTRAUS: Estudio Estratégico del Sistema de Transporte Urbano de Santiago, SECTRA.

³ Información disponible en SECTRA.

Como la modelación del sistema de transporte en la evaluación del PTU se realizó sólo para dos períodos del día: la Punta Mañana (PM) y la Fuera de Punta (FP). Ha sido necesario expandir esta información a todo el día y a los fines de semana, períodos sobre los cuales trabaja Airviro (este proceso es explicado en detalle más adelante). Para ello fue necesario recoger información sobre la distribución de los flujos a distintos horarios. Ella fue obtenida de las mediciones de flujos vehiculares realizadas en el proyecto SCAT, llevado a cabo por la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT) del Ministerio de Transporte.

3.1.2.2.1 Consideraciones generales.

En primer lugar, se separó en distintas redes los flujos de transporte público y de transporte privado, debido a que operan con velocidades diferentes. Cada una de estas redes, a su vez, fueron separadas en redes congestionadas y redes no congestionadas, debido a que se tenían distintas velocidades de operación en las modelaciones realizadas por SECTRA para la punta mañana (PM) y la fuera de punta (FP).

Este procedimiento se realizó debido a que, tal como se anteriormente, Airviro trabaja sobre la base de una velocidad única en el arco.

Tomando en consideración, además, que Airviro emplea un flujo único diario en el arco sobre el cual se define una distribución horaria y semanal y una composición vehicular dada por un tipo de calle asociado. A continuación se presenta el procedimiento realizado para poder obtener los requerimientos necesarios en función de los datos obtenidos de los modelos de transporte.

3.1.2.2.2 Bases de datos de fuentes móviles.

Con el fin de adaptar los datos a los requerimientos de Airviro se realizó un procesamiento previo de manera de poder obtener:

1. las participación de las categorías de vehículos en el flujo para cada tipo de calle en cada escenario de modelación (1997 y 2005),
2. perfil diario del flujo para cada tipo de calle,
3. tipos de calle para el Gran Santiago.

A continuación se describe cómo fueron obtenidos estos resultados.

Participación de las categorías de vehículos en el flujo.

Las categorías de vehículos fueron definidas en función de los factores de emisión disponibles y de la factibilidad de reconocer distintas tecnologías mediante mediciones en algunas calles de la ciudad.

A través del Programa Prioritario N°2: Subprograma Fuentes Móviles, se midieron flujos en 15 puntos de la ciudad para las distintas categorías definidas (ver tabla siguiente). Estos puntos fueron elegidos según los siguientes criterios:

1. *Volumen de flujo*: se seleccionaron vías comprendidas entre distintos niveles de flujo. Entre 0 y 1000 veh/hr, entre 1000 y 4000 veh/hr y sobre 4000 veh/hr.
2. *Participación de camiones*: se seleccionaron vías según la participación de camiones en el flujo de menos de un 4% y de más de un 4%.
3. *Participación de buses*: se seleccionaron vías con participación de buses entre 0 y 10%, entre 10% y 20%, y más de 20%.
4. *Ubicación geográfica*: tomando en cuenta los aspectos socioeconómicos de la ciudad que influyen en la composición del flujo vehicular, se muestrearon vías en 5 zonas (Oriente, Poniente, Norte, Sur y Centro).

Categorías	
Modeladas	Medidas
Taxis y taxis colectivos catalíticos (TC)	Taxis y taxis colectivos catalíticos (TC)
Taxis y taxis colectivos no catalítico (TNC)	Taxis y taxis colectivos no catalítico (TNC)
Camiones (CAM)	Camiones de más de 2 ejes Camiones de 2 ejes Camiones livianos
Vehículos comerciales catalíticos (COMC)	Camionetas c/sello verde Furgones chicos c/sello verde Jeeps c/sello verde
Vehículos comerciales no catalíticos (COMNC)	Camionetas s/sello verde Furgones chicos s/sello verde Furgones grandes Jeeps s/sello verde
Automóviles catalíticos (AUC)	Automóviles catalíticos (AUC)
Automóviles no catalíticos (AUNC)	Automóviles no catalíticos (AUNC)
Buses licitados (BL)	-
Buses no licitados (BNL)	-

Las mediciones fueron efectuadas en días laborales entre las 7:00 y 20:00 horas a intervalos de 15 minutos, en algunos casos en forma continua y en otros en períodos de 1 hora. La metodología de selección de vías y medición está explicada en el Informe Final del Programa Prioritario N°2. “Análisis de factores de emisión de fuentes fijas y móviles. Subprograma Fuentes Móviles” de diciembre de 1996. En la tabla se muestran los puntos de medición.

Puntos de Medición de Composición de Flujo		
Punto de conteo	Tramo	Sentido
Moneda	Morandé - Alameda	O-P

Miraflores	Alameda - Moneda	S-N
Bandera	Alameda - Moneda	S-N
P.A. Cerda/A. Vespucio	-	S-N, N-S
Gral. Velázquez/Antofagasta	-	S-N, N-S
Alameda	República - Cumming	O-P, P-O
Norte Sur/Toesca	-	S-N, N-S
Rancagua/Salvador	-	P-O, S-N, N-S
V. Mackenna/Matta	-	S-N, N-S, O-P, P-O
Independencia/S. Dummont	-	S-N, N-S
Independencia/Gamero	-	O-P
P. Valdivia/Grecia	-	S-N, N-S, O-P, P-O
Apoquindo/A. Vespucio	-	S-N, N-S, O-P, P-O
Bilbao/Tobalaba	-	S-N, N-S, O-P, P-O

Mediante un análisis de las mediciones, se propuso un set de tipos de calle (road types) como se explica más adelante.

Perfil temporal del flujo.

La expansión de los períodos Punta Mañana y Fuera de Punta a un perfil horario de flujo tanto para días laborales como fin de semana fue realizado en función de en un análisis comparativo de perfiles de flujo y periodización⁴ en distintos puntos de la ciudad proveniente de datos de SCAT.

Hay que tomar en cuenta que la aplicación de la expansión del flujo se efectuó tanto para las redes de transporte privado y público como a las redes “congestionadas” y “no congestionadas” que las componían (ver punto 3.1.2.2.1). Estas últimas correspondientes a la expansión de los períodos punta y fuera de punta respectivamente.

Los puntos a analizar fueron los que se presentan en la siguiente tabla:

Punto	Intersección	Red
1	A. Vespucio/Tobalaba	120: Avenida Ossa
2	Vicuña Mackenna/D. Portales	133: Vic. Mackenna Sur
3	J.P. Alessandri/Quilín	127: Ñuñoa Sur
4	Las Condes/Padre Hurtado	107: Las Condes Poniente
5	Concha y Toro/Eyzaguirre	84: Puente Alto

⁴ La periodización consiste en asimilar a períodos de tiempo comportamientos del flujo similares.

Tal como puede observarse, en los puntos elegidos no está representado el sector poniente de la ciudad debido a que no se contó con la información correspondiente. A pesar de esta falencia, con los puntos disponibles se determinaron los perfiles de la siguiente manera:

- Se agruparon las redes de acuerdo a similitud en los perfiles de flujo considerando el nivel de flujo y la longitud de los períodos. Esta agrupación se hizo tanto para el transporte privado (vehículos livianos, taxis y camiones), como para el transporte público (buses y taxibuses).
- Una vez agrupadas las redes se asimilaron los grupos a sectores de la ciudad, de manera de poder abarcar toda la ciudad. El criterio de asimilación obedeció a una comparación cualitativa del comportamiento de los flujos en la ciudad. Por ejemplo, se asumió que el comportamiento de Puente Alto era similar a los sectores periféricos de la ciudad como San Bernardo, Maipú, etc.
- Finalmente, se construyó un perfil único por grupo, y por ende, por sector para los días laborales, sábado y domingo, tanto para el transporte privado como para el transporte público. Este perfil de comportamiento del flujo se consideró invariable para el escenario 2005. La tabla que sigue muestra los resultados obtenidos.

Tipo	Grupo	Redes	Característica común
Tte. Privado	Resto	120, 133, 127	Períodos de alto flujo en la mañana y tarde en días laborales y domingos.
	Vitacura, Las Condes, Lo Barnechea	107	Aparece un período de alto flujo los días laborales a mediodía y los sábado en la mañana.
	Puente Alto, San Bernardo y Maipú	84	Días laborales el flujo es más o menos uniforme. Aparecen períodos de alto flujo en la mañana y la tarde del día sábado.
T. Público	Resto	120, 133, 127, 84	No presenta períodos de alto flujo
	Vitacura, Las Condes, Lo Barnechea	107	Presenta períodos de alto flujo en la mañana, mediodía y tarde en días laborales. Los sábados y domingo se producen períodos de alto flujo en la mañana y tarde.

Es importante señalar la metodología utilizada adolece de un análisis más profundo en cuanto a contar con una muestra más representativa de puntos en la ciudad y contar con elementos más técnicos para la asimilación del comportamiento puntual del flujo a un área geográfica mayor. Temas que ameritan de estudios más acabados.

En cuanto a la variación anual de los flujos, se supuso que todos los meses eran equivalentes, dado que no se disponía de la capacidad para recopilar y analizar la información necesaria para hacer una distribución más realista. No obstante lo anterior, es conocido el hecho de que los meses de enero y febrero tienen un comportamiento distinto y se espera poder avanzar en este tema en los inventarios futuros.

Tipos de calle (road types)

Tomando en cuenta los distintos comportamientos espaciales, en cuanto a composición y distribución temporal que presentan los flujos de transporte privado y público se diseñó la tipificación de calles que se presenta a continuación.

Para el caso del transporte privado se generaron cuatro tipos de calle según categorías de vehículos, como se muestra en la tabla siguiente.

Tipo calle	Zona	Comunas	Características del flujo
1	Oriente	Las Condes, Providencia, La Reina y Ñuñoa	Mayor presencia de vehículos catalíticos.
2	Sur-oriente	Peñalolén, Macul y La Florida	Parque circulante mixto.
3	Centro	Santiago Centro	Alta presencia de taxis.
4	Resto	Restantes.	Parque circulante mayoritariamente no catalítico

Para el caso del transporte público se generaron dos tipos de calle según categorías de vehículos, como se muestra en la tabla siguiente.

Tipo calle	Zona	Características del flujo
1	Dentro de A. Vespucio	Mayor presencia de buses “Ecológicos”.
2	Fuera de A. Vespucio	Parque circulante mixto.

Tomando en cuenta la distribución temporal del flujo presentada anteriormente, se generó la tipificación de calles en la red de transporte privado que se muestra en la tabla siguiente.

Tipo de calle	Zona	Características temporales del flujo.
1	Resto	Altos niveles de flujo en la mañana y en la tarde los días laborales y domingo.
2	Vitacura, Lo Barnechea y Las Condes	A la situación anterior se le suma una Punta Mediodía en los días laborales y un período de alto tráfico los días sábado.
3	Pte. Alto, San Bernardo y	Flujo bastante estable durante todo el día en los días laborales. Los días sábado y domingo aparecen períodos de alto flujo en la

	Maipú	mañana y en la tarde.
--	-------	-----------------------

En el caso del transporte público se obtuvo la siguiente tipificación:

Tipo de calle	Zona	Características temporales del flujo.
1	Vitacura, Lo Barnechea y Las Condes	Altos niveles de flujo durante la mañana, la tarde y a mediodía en los días laborales. El fin de semana se presentan altos niveles de flujo en la mañana y en la tarde.
2	Resto	El flujo se mantiene estable durante el día tanto en días laborales como el fin de semana.

Evaluación de la Analizando la presencia de camiones, taxis y automóviles catalíticos y no catalíticos se propuso la definición de 34 tipos de calles como combinación de los criterios de distribución espacial y de participación en el flujo total.

3.1.2.3 Factores de Emisión

Los factores de emisión utilizados tanto para los vehículos urbanos, como en carreteras corresponden a los propuestos en el Informe Final 1996 del programa “Análisis de factores de emisión de fuentes fijas y móviles”, desarrollado por el CENMA.

Los factores de emisión para vehículos a gasolina (AUC, AUNC, COMC, COMNC, TC y TNC) fueron generados en base a mediciones en el 3CV⁵ y la correlación de éstas con curvas de velocidad vs emisiones obtenidas en CORINAIR⁶. Cabe destacar que la categoría de vehículos COMNC, contiene un 70% de vehículos comerciales livianos no catalíticos y un 30 % de vehículos comerciales livianos diesel, por lo tanto los factores de emisión son una ponderación de ambos tipos.

En cuanto a los vehículos diesel pesados (CAM y BUSES A, B y C), no fue posible generar factores de emisión dependientes de la velocidad. Los factores usados fueron elaborados por CONAMA R.M. en base a diversos antecedentes

El factor de emisión de SO₂ para todas las categorías de vehículos fue calculado usando los contenidos de azufre promedio de los combustibles que se expenden en la Región Metropolitana, considerando tasas de rendimiento propuestas por estudio CENMA.

⁵ 3CV, Centro de Control y Certificación Vehicular, dependiente del MTT.

⁶ Atmospheric Emission Inventory Guidebook, CORINAIR 1996.

Por lo extenso, los factores de emisión se presentan en el Anexo N°1 de este documento.

3.1.3 Estimación de Emisiones desde Fuentes Móviles en Carreteras

3.1.3.1 Antecedentes Generales

Los inventarios desarrollados anteriormente sólo consideraban los flujos vehiculares dentro de la zona urbana de Santiago, conocida como Gran Santiago. La necesidad de contar con alguna estimación del orden de magnitud de las emisiones producidas en el resto de la Región Metropolitana obligó a realizar las estimaciones que se describen a continuación y que por ser una primera aproximación al problema, están basadas en la información existente y a futuro debiera ser mejorada.

3.1.3.2 Metodología de Estimación de Emisiones

La metodología consistió básicamente en digitalizar las principales carreteras y caminos de la región y asignar el flujo correspondiente a cada tramo. La digitalización se realizó en base al Censo de Flujos por Carreteras para 1994, el cual cuenta con mediciones de flujos en 54 puntos de la región. Cada punto corresponde a una intersección importante y se tienen flujos promedios anuales para cada sentido de circulación. Dado que existen caminos con tráfico muy menores, se usó como criterio general el incluir sólo aquellos tramos con flujos superiores a 1000 vehículos por día. A continuación se presenta un listado de las principales vías incluidas:

- Carretera 78 (Santiago - San Antonio)
- Carretera 5 Sur
- Carretera Gral. San Martín
- Carretera 68 (Santiago - Valparaíso)
- Carretera 5 Norte
- Camino a Lonquén
- Carretera antigua a San Antonio
- Camino Malloco - San Bernardo
- Camino Alto Jahuel - Puente Alto
- Camino Buin - Alto Jahuel
- Camino al Cajón del Maipo
- Camino Hacia Lampa
- Camino Hacia Lo Pinto
- Camino San Bernardo - Alto Jahuel
- Camino Talagante - Isla de Maipo
- Cuesta Barriga

Estimación de flujos por carreteras

La información del censo de carreteras correspondía a los flujos de 1994, por lo tanto fue necesario actualizar dichos flujos a 1997. La actualización se hizo con una tasa constante del 6.4 % anual calculada en base al crecimiento de los flujos en carreteras según el tránsito controlado en las plazas de peajes de la Región Metropolitana entre 1992 y 1996 (El Paico, Angostura, Las Vegas, Zapata, Chacabuco, Lampa y Lo Prado).

Los vehículo-kilómetros recorridos totales en la región, incluyendo el Gran Santiago son del orden de 14.555 millones, de los cuales el flujo por carreteras y caminos (con más de 1000 vehs/día) corresponde al 10.4%.

Participación de las categorías de vehículos en el flujo.

En el censo del MOP, el flujo consideraba cuatro categorías: autos y station, buses y taxibuses, camionetas y camiones. La tabla que sigue muestra como se asociaron a las categorías del sistema de CONAMA R.M.

Categorías Medidas Censo MOP	Categorías modeladas
Autos y Stations	AUC y AUNC
Buses y Taxibuses	BUSES A
Camionetas	COMC y COMNC
Camiones	CAM

Para desagregar los vehículos en catalíticos y no catalíticos, el criterio fue hacerlo en forma proporcional a la composición medida en la Norte-Sur.

El análisis de la composición del flujo en los arcos permitió identificar a grandes rasgos dos tipos de composiciones de flujo, una con un alto porcentaje de camiones (28%) y otra con un menor porcentaje (15%). Los otros vehículos mantienen una composición relativamente constante en todos los arcos.

Tipos de calle (road types)

Tomando en cuenta la composición del flujo, vista en el punto anterior y la magnitud del flujo, separada en flujo alto (más de 10.000 veh/día) y flujo medio (entre 1000 y 10.000 veh/día), se generaron cuatro road types para carreteras que se presentan a continuación.

Categorías de vehs.	Tipos de Calle			
	Flujo Alto		Flujo Medio	
	28% cam	15% cam	28% cam	15% cam
AUC	18	22	18	22
AUNC	21	27	21	27
CAM	28	15	28	15
COMC	11	11	11	11
COMNC	14	14	14	14
BUSES A	8	11	8	11
Total	100	100	100	100

Perfil temporal del flujo.

La variación diaria y semanal del flujo, ante la ausencia de mejor información, se supuso igual a la medida para la Avenida Norte-Sur.

La variación anual del flujo en carreteras y caminos es mucho más marcada que en las zonas urbanas, de ahí que se pusiera especial énfasis en determinar un ciclo anual para estas vías, lo que se hizo en base a la información de las plazas de peajes de la región, cuyas mediciones están desagregadas a nivel mensual. El análisis de la información de las siete plazas de peaje permitió identificar un comportamiento muy similar en todas ellas, por lo tanto se optó por usar un ciclo promedio como se muestra a continuación.

Variación anual del flujo vehicular en carreteras y caminos

Meses	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
% flujo anual	12	11	8	8	7	7	7	8	9	8	7	8

Factores de emisión

Dos aspectos importantes a considerar en el tema de factores de emisión son la velocidad y los ciclos de marcha característicos de diferentes tipos de vías. Los factores dependientes de la velocidad de que se dispone están más asociados a condiciones urbanas de conducción, pero ante la no disponibilidad de otros factores, en carreteras se usó los mismos factores usados para zonas urbanas. Se asumió además que la velocidad promedio en carreteras es de 70 km/hr y se asignó el mismo valor a todos los arcos de la red de carreteras y caminos de la región.

Otro punto importante de destacar es que se asimiló a la categoría BUSES A (buses anteriores a 1991) a una gran variedad de buses de transporte público que circula en carreteras (buses interprovinciales, interurbanos, etc.), ante la inexistencia de información detallada de la composición etaria y tecnológica de las flotas.

3.1.4 Estimación de Emisiones evaporativas de COV desde vehículos a gasolina

Las emisiones evaporativas desde vehículos a gasolina se producen por los siguientes efectos:

- . Pérdidas durante el recorrido (Running Losses)
- . Evaporación durante el día (Diurnal)
- . Evaporación por detenciones (Hot Soak)
- . Evaporación durante el llenado del estanque (Refuelling)

Las primeras ya fueron consideradas en el factor de emisión por tubo de escape pues dependen de los kilómetros recorridos. Las evaporaciones desde el estanque durante el llenado del estanque se estiman como fuentes grupales (Distribución de combustibles). Las emisiones de los efectos restantes fueron tratadas en el sistema como emisiones desde fuentes de área; la metodología empleada se describe a continuación:

Evaporación durante el día (Diurnal)

Estas emisiones se producen cuando el vehículo está detenido debido a las variaciones de temperatura, por lo tanto ocurren principalmente durante el día y en el lugar donde permanece el vehículo. Se supuso que durante los días laborales los vehículos permanecen en los puntos de destino de los viajes que se inician en la punta de la mañana, mientras que en los fines de semana permanecen principalmente en los puntos de origen de dichos viajes (residencias). Ponderando ambas localizaciones, se obtuvo la distribución geográfica de dichas emisiones.

El monto total de dichas emisiones se calculó en base a un parque de 700.000 vehículos a gasolina. La composición de ese parque entre vehículos catalíticos y no catalíticos se obtuvo por los kilómetros recorridos por cada tipo.

Las emisiones se obtienen usando los factores de emisión de la tabla que sigue. La distribución espacial de estas emisiones se asignó en forma proporcional al número de vehículos presentes en cada zona. Por último el ciclo diario de dichas emisiones fue confeccionado en base a la forma del ciclo diario de temperaturas.

Evaporaciones por detenciones (Hot Soak)

Estas emisiones se producen después de la detención del vehículo, como consecuencia de la alta temperatura a la que se encuentra el motor. Para el cálculo de dichas emisiones se usó un número de tres viajes por vehículo por día, según propone EPA. Se supuso además, que en promedio los vehículos realizaban un viaje durante la punta de la mañana, otro durante el mediodía y un tercer viaje durante la punta de la tarde.

Para la distribución espacial de las emisiones, se supuso que en la punta de la mañana, las emisiones ocurren en los destinos de los viajes. En la punta de la tarde la distribución espacial corresponde a los orígenes de los viajes que se inician en la punta de la mañana (es decir, se supuso que en la tarde los vehículos vuelven al lugar de donde salieron durante la mañana). Para los viajes de mediodía se supuso en cambio que las emisiones se localizan en forma proporcional a los veh-km de la matriz de flujos vehiculares.

Las emisiones estimadas fueron distribuidas geográficamente en forma proporcional al número de vehículos presentes en cada zona para cada situación. Los factores de emisión utilizados aparecen en la tabla que sigue.

Emisiones Evaporativas Desde Vehículos Gasolineros (Hot Soak y Diurnal)

	Composición parque		Factor de emisión		Emisiones		
Tipo veh	%	Cantidad	Hot soak gr/evento	Diurnal gr/día	Hot soak ton/año	Diurnal ton/año	Total ton/año
Catalítico	54	376.415	0.84	2.58	346	355	701
No catalítico	46	323.585	6.85	24.67	2.429	2.916	5.345
Total	100	700.000			2.775	3.270	6.046

3.1.5 Estimación de Emisiones de Motocicletas

3.1.5.1 Antecedentes

Hasta ahora ningún inventario de fuentes móviles para Santiago había considerado las emisiones producidas por motocicletas. No existe mucha información nacional al respecto y los datos usados para esta estimación provienen de un estudio de la U. de Chile⁷

3.1.5.2 Metodología de Estimación de Emisiones de Motocicletas

En base a un parque estimado de 7000 motocicletas para 1997, de las cuales el 25% es de dos tiempos, se estimó las emisiones considerando un recorrido promedio anual de 5000 km. Los factores de emisión utilizados se presentan a continuación junto con las emisiones estimadas.

Emisiones de Motocicletas

		Factores de Emisión (gr/km)			Emisiones (ton/año)		
Motocicletas	Parque	NOx	HC	CO	NOx	HC	CO
De 2 Tiempos	1.750	0.08	15.5	22	1	136	193
De 4 Tiempos	5.250	0.30	3.56	20	8	93	525
Total	7.000				9	229	718

⁷ CONAMA R.M. 1997, Programa de Recuperación de la Calidad del Aire de la Región Metropolitana. Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile.

3.1.6 Resultados

A continuación se presentan los resultados de la estimación de emisiones desde fuentes móviles para toda la Región Metropolitana. Las emisiones aparecen desagregadas por categoría de vehículos y corresponden a las emisiones por tubo de escape. Las emisiones de COV incluyen las del tubo de escape, evaporativas que dependen de los kilómetros recorridos (Running Losses), evaporativas por detenciones (Hot soak) y las que se producen por efecto de cambios de temperatura durante el día (Diurnal). Para PM10 aparecen dos columnas, la primera corresponde a las emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas y la segunda a las emisiones propias del vehículo, es decir, desde tubos de escape.

Inventario de Emisiones de Fuentes Móviles 1997. Región Metropolitana.							
Categorías de vehículos	Recorrido Veh-km (10 ⁶)	PM10 resuspendido ton/año	PM10 tubo de escape ton/año	CO ton/año	NO _x ton/año	COV ton/año	SO _x ton/año
Vehículos particulares catalíticos AUC	3366	1149	34	10049	860	1117	138
Vehículos particulares no catalíticos AUNC	3152	969	189	103074	8618	12458	139
Subtotal vehículos particulares	6518	2118	223	113123	9478	13575	277
Camiones CAM	969	11125	920	18214	8425	2664	1302
Vehículos comerciales catalíticos COMC	1588	1184	16	4725	409	526	86
Vehículos comerciales no catalíticos COMNC	1784	1694	296	58084	4882	7034	328
Subtotal vehículos comerciales	3372	2878	312	62810	5292	7560	414
Taxis catalíticos TC	2271	768	23	6765	564	754	93
Taxis no catalíticos TNC	525	163	32	18863	1383	2217	23
Subtotal taxis	2795	931	54	25628	1947	2971	116
Buses anteriores a 1990 BUS A	407	5152	733	3252	2336	574	456
Buses entre 1991-1993 BUS B	294	3590	312	1053	1810	550	330
Buses EPA 91 BUS C	200	2443	128	549	1344	198	224
Subtotal Buses	902	11185	1173	4854	5490	1322	1010
Motocicletas				718	9	229	
TOTAL Fuentes Móviles	14555	28236	2682	225346	30640	28322	3119

Nota: Los totales no coinciden exactamente con los del inventario del PPDA.

3.2 Metodología Usada para Estimar Emisiones de Fuentes Fijas

3.2.1 Antecedentes

La gran cantidad de fuentes fijas disponibles en la base de datos de PROCEFF⁸ (del orden de 5000) y la gran diversidad que entre ellas existe obligó primero a separarlas en cuatro grandes grupos:

- Procesos
- Calderas Industriales
- Calderas de Calefacción
- Panaderías

Dada la importancia que tienen algunos procesos por su magnitud, fueron estudiados los grandes en forma separada de los pequeños. La tabla que se presenta a continuación muestra en forma esquemática cuales fueron los diferentes métodos empleados para realizar las estimaciones. Luego se hace una breve descripción de dichas metodologías. Mayores antecedentes pueden obtenerse en los documentos “Análisis de Factores de Emisión de Fuentes Fijas y Móviles” Informe Final 1996 e Informe de Avance N°1 de 1997 y en la Memoria “Efectos de la Sedimentación en la Modelación de Material Particulado en Santiago”.

⁸ PROCEFF, Programa de Control de Emisiones de Fuentes Fijas, dependiente del Servicio de Salud del Medio Ambiente.

Metodología Empleada en la estimación de Emisiones Para Cada Tipo de Fuente Fija

Tipo de fuente	Estimación de Emisiones de Gases	Estimación de Emisiones de PM10
Procesos Grandes	Fuente por fuente asociando factores de emisión EPA y con información de insumos proporcionado por estudio de procesos realizado por el PRICA	Mediciones de concentración de PTS en efluentes y flujo de gases normalizados (Mediciones realizadas con método 5 de la EPA)
Procesos Pequeños	Se asociaron al tipo “Industrial boilers and small industrial boilers” del AP42-EPA y se usaron los factores correspondientes considerando el consumo de combustible declarado en FFijas.dbf*	Mediciones de concentración de PTS en efluentes y flujo de gases normalizados (Mediciones realizadas con método 5 de la EPA)
Calderas Industriales	Se asociaron al tipo “Industrial boilers and small industrial boilers” del AP42-EPA y se usaron los factores correspondientes considerando el consumo de combustible declarado en FFijas.dbf*	Mediciones de concentración de PTS en efluentes y flujo de gases normalizados (Mediciones realizadas con método 5 de la EPA)
Calderas de Calefacción y Hornos de panaderías	Se asociaron al tipo “commercial and residential boilers” del AP42-EPA y se usaron los factores correspondientes considerando el consumo de combustible declarado en FFijas.dbf*	Mediciones de concentración de PTS en efluentes y flujo de gases normalizados (Mediciones realizadas con métodos alternativos)

(*) Cuando el combustible en cuestión no aparece en el AP42 se le asocia el más cercano.

3.2.2 Metodología Usada Para la Estimación de Emisiones

En el cálculo de las emisiones tanto gaseosas como de material particulado se han considerado todas la fuentes contenidas en la base de datos FFIJAS (año 1996) de PROCEFF, a excepción de Central Renca, cuyas emisiones fueron alimentadas en el sistema de información a partir de los cálculos del Estudio de Impacto Ambiental de Central Nueva Renca.

En el cálculo de todas las emisiones gaseosas se han utilizados los factores de emisión contenidos en el “Compilation of Air Pollutant Emission Factors”, FIFTH EDITON de Enero de 1995 de la USEPA (AP42).

3.2.2.1 Cálculo de Material Particulado.

La emisiones de material particulado de las fuentes fijas de la Región Metropolitana se han calculado a partir de la información contenida en la base FFIJAS de PROCEFF (año 1996), la cual contiene los resultados de las mediciones de emisión de material particulado realizadas hasta la fecha por los titulares de las fuentes, para así acreditar el cumplimiento de estándares de emisión establecidos por el D.S. N°4 del Ministerio de Salud.

De la información contenida en la base se ha utilizado los siguientes campos para el cálculo de la emisión anual de material particulado de todas las fuentes (Calderas Industriales (CI), Calderas Calefacción (CA) , Panaderías (PA) , Procesos (PR) y Grandes Procesos Emisores (GPR)) :

CONCEN : Concentración normalizada de material particulado [mg/m³ N⁹].

CAUDAL : Caudal de gases normalizado [m³N/h].

HRS : Horas al día de operación de la fuente [h/día].

DIAS : Días al año de operación de la fuente [días/año].

Así la emisión anual (ANUAL) es se calculó :

$$\text{ANUAL [Ton/ Año]} = \text{CONCEN} \times \text{CAUDAL} \times 10^{-6} \times \text{HRS} \times \text{DIAS} \times 10^{-3}$$

3.2.2.2 Estimación de Emisiones de Gases.

Debido a que la base FFIJAS no contiene mediciones de emisiones gaseosas, todas ellas debieron ser estimadas a partir de factores de emisión del AP42.

Por otra parte, dado a que existe una conexión directa entre el consumo de combustible y las emisiones en calderas y hornos de panadería, es posible estimar sus emisiones a partir del combustibles utilizado y su consumo.

Sin embargo, en el caso de la mayoría de los procesos, no existe una conexión directa entre la intensidad de uso del combustible y la emisión de la fuente, estando sus emisiones más bien relacionadas a la intensidad de uso de materias primas o su nivel de producción.

Así , en la estimación de emisiones de los procesos éstos deben ser abordados caso a caso, utilizando factores de emisión específicos y datos de producción. No obstante lo anterior, el gran número y variedad de los procesos de la Región Metropolitana hace imposible aplicar esta metodología a todos ellos.

⁹ N : Normalizado a atmósfera estándar

Para salvar esta dificultad, se han identificado los **Grandes Procesos Emisores** (GPR) perteneciendo éstos a 15 “Razones Sociales” con un total de 82 fuentes emisoras, las cuales son responsables del 68% de las emisiones de material particulado de la categoría Procesos. Dichos procesos identificados según su “Razón Social” pueden verse en la tabla que se presenta a continuación.

Grandes Procesos Emisores de Material Particulado PM10		
Nº	RAZON SOCIAL	Mat. Particulado [Ton/Año]
1	CEMENTO POLPAICO S.A.	627
2	VITRO-QUIMICA S.A.	73
3	CIA. IND. EL VOLCAN S.A.	51
4	SOPROCAL CALERIAS E INDS. S.A.	48
5	REFRACTARIOS CHILENOS S.A. (RECSA)	41
6	ARTRECOS CHILE S.A.	41
7	INCOMETAL S.A.	35
8	CRISTALERIAS DE CHILE S.A.	32
9	CARBOMET INDUSTRIAL S.A.	29
10	PCTOS. CHILENOS DE ACERO S.A.	28
11	CIA. ELECTRO METALURGICA S.A.	23
12	SIDERURGICA AZA S.A.	13
13	INDUSTRIAS PRINCESA LTDA.	8
14	CRISTALERIAS TORO S.A.C.I.	3
15	CERAMICAS CORDILLERA S.A.	0
	TOTAL	1053

Cabe destacar que en un principio se habían identificado 20 Razones Sociales pertenecientes a la categoría Grandes Procesos Emisores, éstas responsable del 88 % de las emisiones de Material Particulado de la categoría “Procesos”, sin embargo, al no contarse con información de producción o en algunos casos como “MOLYMET” con factores de emisión para poder estimar sus emisiones, sólo quedaron incorporados en la categoría de Grandes Proceso Emisores las 15 razones ya mencionadas, siendo el resto de las fuentes ubicado en la categoría de “Procesos”.

3.2.2.3 Cálculo de Emisiones Gaseosas a Partir del Consumo de Combustible.

Esta metodología se empleó para las fuentes clasificadas en la base FFIJAS como Calderas Industriales(CI), Calderas de Calefacción(CA), Hornos de Panaderías (PA) y Proceso(PR) excluyéndose los antes mencionados 15 Grandes Procesos Emisores.

A todas estas fuentes se les ha calculado sus emisiones a partir de su consumo de combustible y de factores de emisión de calderas inclusive a las Panaderías, esto debido a que no existen factores específicos para ésta categoría.

Los campos de la base FFIJAS utilizado en los cálculos se muestran a continuación.

CONSUMO : Consumo de combustible de la fuente [Kg/h].

HRS : Horas al día de operación de la fuente [h/día].

DIAS : Días al año de operación de la fuente [días/año].

Así la emisión anual de NOx por ejemplo se calculó de la siguiente forma :

$$\text{NOx [Ton/Año]} = \text{FAC} \times \text{CONSUMO} \times \text{HRS} \times \text{DIAS} / 1000$$

Donde,

FAC : Factor de emisión de NOx de una caldera utilizando el combustible utilizado por la fuente [Kg Emisión / Kg de Combustible].

Por otra parte, debido a que los factores de emisión del AP42 para calderas en general dependen no solo del tipo de combustible utilizado por ésta , si no también de su capacidad de consumo energético, se realizó un orden según el del consumo de las distintas fuentes contenidas en FFIJAS, llegándose a la siguiente conclusión:

- Dado que el consumo energético de las Calderas Industriales y los Proceso se encuentra en el rango (0.002 - 26.72 Mwatts) a éstos se les ha asociado factores para Industrial Boilers y Small Industrial Boilers (Ver Anexo N°3).
- Dado que el consumo energético de las Calderas de Calefacción y Panaderías se encuentra en el rango (0.0156 - 0.3828 Mwatts) a éstas se le asocio un factor de emisión de Comercial Boilers y Comercial/Residencial Boilers (Ver Anexo N°3).

Sin embargo los factores AP42 para calderas no pueden ser usados directamente en le cálculo de las emisiones de fuentes nacionales, esto debido a :

- Necesidad de representar algunos combustibles utilizados en Chile los cuales son la combinación de dos o más combustibles contemplados en el AP42
- Necesidad de incorporar el contenido de azufre (% S) del combustible nacional en el cálculo del factor final.
- Transformación de las unidades originales del factor a Kg. de Emisión/ Kg. de Combustible, para ser compatible con las unidades usadas en la base FFIJAS.

Los factores finales calculados a partir de los factores AP42 aparecen resumidos en el anexo N°3, siendo éstos los empleados en el cálculo de las emisiones gaseosas.

3.2.2.4 Cálculo de Emisiones Gaseosas de Grandes Procesos Emisores.

Esta metodología se empleo para el cálculo de emisiones de los **Grandes Procesos Emisores** (GPR) perteneciendo éstos como ya se dijo a 15 “Razones Sociales” con un total de 82 fuentes emisoras, las cuales son responsables del 68% de las emisiones de material particulado de la categoría Procesos.

Para las fuentes pertenecientes a estos procesos se calcularon las emisiones a partir de factores de emisión específicos (AP42) y de información de producción obtenida principalmente del “Estudio de Clasificación y Caracterización de las Fuentes Estacionarias de la Región Metropolitana Denominadas Procesos en la Base de Datos de PROCEFF”- Septiembre 1995 , realizada por el PRICA.

A modo de ejemplo en el anexo N°2 se presenta el cálculo de una de las fuentes de Cemento Polpaico.

3.3 Metodología Usada para Estimar Emisiones de Otras Fuentes

3.3.1 Combustión residencial

Es importante destacar que este es uno de los temas más débiles en las estimaciones realizadas para 1997 pues no se dispone de información reciente que permita buenas estimaciones. Los cálculos se basan principalmente en resultados del Inventario de Emisiones de 1989 realizado por CADE-IDEPE, actualizados según diferentes factores. es importante destacar a su vez que dicho inventario se realizó según metodologías y factores de emisión propuestos por EPA.

Sólo en el tema de uso de leña a nivel residencial se disponía de información más reciente, por lo tanto se hizo una estimación más acuciosa para un inventario 1994, estimaciones que fueron actualizadas mediante factores para un escenario 1997.

El ítem combustión residencial contiene las emisiones producidas por los combustibles usados a nivel residencial. La tabla que se presenta a continuación describe la metodología empleada en cada caso:

Tipo de Combustible	Metodología usada en la estimación de emisiones
Combustión de Leña	Estimaciones realizadas en 1994 en base a estudio “Determinación de las Emisiones de Contaminantes Provenientes de la Quema de Leña en el Area Metropolitana de Santiago” de la CNE. Actualizada en base a factores.
Combustión de gas Licuado	Inventario CADE-IDEPE 1989 actualizado con factores de crecimiento del PIB (6.3% anual)
Combustión de Gas de Cañería	Inventario CADE-IDEPE 1989 actualizado con factores de crecimiento del PIB (6.3% anual)
Combustión de Kerosene	Inventario CADE-IDEPE 1989 actualizado con factores de crecimiento del PIB (6.3% anual)

Resultados

A continuación se presentan en forma desagregada las emisiones producidas por los diferentes tipos de combustibles quemados a nivel residencial.

Emisiones Producidas por Combustión Residencial

Tipo de Combustible	PM10 Ton/año	CO Ton/año	NOx Ton/año	COV Ton/año	SO2 Ton/año
Combustión de Leña	1173	4608	161	2160	
Combustión de gas Licuado	52	127	918	35	80
Combustión de Gas de Cañería	9	286	30	9	22
Combustión de Kerosene	126	113	457	12	873
Total	1359	5134	1567	2216	975

3.3.2 Emisiones Evaporativas de COV

3.3.2.1 Antecedentes de Tema.

Las Emisiones Evaporativas corresponden a emisiones de COVs a la atmósfera debido a la evaporación de compuestos orgánicos o combustibles desde alguna etapa de un proceso, sea industrial o no, o debido a la aplicación de productos fabricados a partir compuestos orgánicos volátiles (por ejemplo, aplicación de pinturas sobre la base de solventes).

La importancia de conocer los tipos de fuentes que liberan COVs a la atmósfera en un área geográfica determinada y cuantificar sus emisiones se funda en los problemas asociados a la liberación de estos compuestos. Se distinguen tres tipos de problemas asociados a los COVs: Toxicidad, olor y capacidad para la formación de compuestos fotoreactivos.

Es importante conocer el tipo de COVs y las cantidades emitidas, en particular para determinar cuáles son las fuentes más significativas y, de esta forma, diseñar mecanismos de control adecuados.

3.3.2.2 Estimación de Emisiones Desde Lavasecos

3.3.2.2.1 Antecedentes

De acuerdo a los criterios de selección, principalmente el relacionado con la reactividad, los lavasecos son una fuente de COVs con un alto potencial de generación de ozono porque utilizan Percloroetileno, que es un alqueno. Además, es considerado un contaminante atmosférico peligroso (HAP) por la EPA (Environment Protection Agency) y como un contaminante tóxico (TAC) por el ARB (Air Resources Board, de California).

El Percloroetileno es preferido a otros solventes porque no es inflamable, no se deteriora fácilmente a temperaturas relativamente altas, es estable en presencia de agua y otros químicos, tiene un bajo punto de ebullición de modo que es fácil de destilar, seca rápidamente y tiene excelentes propiedades para remoción de impurezas. A temperatura ambiente se presenta en estado líquido, no tiene color y tiene fuerte olor.

El Percloroetileno no se fabrica en Chile, por lo tanto debe ser importado. Las principales empresas distribuidoras en nuestro país son Oxiquim S.A., Portland S.A. e Interquímica S.A (Sol. Integrales, 1995). Este solvente tiene un alto costo, por lo tanto es conveniente recuperarlo usando condensadores, separadores de agua/solventes, unidades de adsorción de carbón, etc.

3.3.2.2.2 Proceso.

En el proceso de lavado en seco se cuenta con varias etapas, partiendo con la selección de la ropa, luego por desmanchado, prelavado, enjuague, centrifugado, secado, desodorizado y planchado. Las principales etapas dentro de éstas son:

- a) Lavado: una pequeña cantidad de detergente y Percloroetileno es añadido al material que será limpiado y posteriormente agitado.
- b) Extracción: la ropa es centrifugada para recuperar el exceso de Percloroetileno.
- c) Secado: la ropa se seca con una corriente de aire caliente.

El solvente se purifica durante las etapas de lavado y extracción al pasarlo a través de un filtro que retienen los compuestos sólidos y residuos insolubles. Posteriormente el solvente es retornado a los estanques de carga o primero pasa por una etapa de destilación. Durante la etapa de secado, la corriente de aire con solvente es condensada; el líquido se lleva a un separador para recuperar el solvente, el que es retornado al estanque de carga.

3.3.2.2.3 Factores de Emisión.

En el AP-42 de la EPA se entregan factores de emisión debido al funcionamiento de lavasecos. Estos factores dependen del tipo de solvente utilizado, de las máquinas de lavado y de las tecnologías de recuperación del solvente. En el anexo N°4 aparecen factores de emisión el proceso de lavado utilizando Percloroetileno. Además de los factores de emisión de la EPA, existen otros factores desarrollados en Holanda, ver anexo citado. Estos factores son estimados una vez que se han aplicado diversas medidas de control para disminuir las emisiones de Percloroetileno.

Otra forma de estimar emisiones de Percloroetileno es aplicando un balance de masa, a partir de la cantidad consumida. Porque a pesar de la existencia de sistemas de recuperación de solvente, siempre existe un nivel de pérdidas de Percloroetileno, la que debe ser repuesta. En este caso, se asume que todo el solvente comprado es evaporado a la atmósfera, por lo tanto el factor de

emisión sería 1 kg de Percloroetileno emitido por kg de solvente repuesto al proceso. Hay que tener cuidado en este sentido porque se pueden producir diferencias debido a inventarios, lo que puede ser significativo cuando se está abriendo o cerrando un establecimiento.

Se puede asumir que todo el Percloroetileno que se vende a lavasecos se emite a la atmósfera. Estas ventas deberían coincidir con las compras para un determinado período de tiempo.

3.3.2.2.4 Caracterización de fuentes.

Para caracterizar a este sector se decidió realizar una encuesta, cuyo patrón se muestra en el Apéndice N°1. Las preguntas fueron confeccionadas después de la revisión bibliográfica, de acuerdo a los requerimientos para la utilización de factores de emisión, con el apoyo del formulario de emisiones de fuentes fijas de PROCEFF, la encuesta del estudio de Soluciones Integrales S.A. y las consultas previas a una muestra piloto.

Las encuestas se realizaron en un período comprendido entre los días 26 de noviembre y 20 de diciembre de 1996. En total se realizaron 133 encuestas a lavasecos ubicados en la Región Metropolitana.

3.3.2.2.5 Metodología de Estimación de Emisiones

Los lavasecos se concentran principalmente en el sector oriente de la capital abarcando el 68% aproximadamente del total de los establecimientos de la Región; siendo la comuna de Santiago la que concentra el 21% del total. Por otro lado, sólo 21 comunas, de un total de 51, tiene lavasecos. La cantidad total de ropa tratada en todo Santiago es de 4037 kg/día, sin considerar los lavasecos que no entregaron datos.

En cuanto al consumo de PER, la comuna de Santiago presenta el mayor valor. En el caso de la comuna de Las Condes, que es la que trata más ropa, consume menos PER incluso que la comuna de Providencia; esto indicaría que las condiciones de operación y recuperación son mejores que en otras comunas lo que se traduce en un menor consumo del solvente. En este caso, 86 (65%) de los lavasecos encuestados entregaron un valor de la cantidad de Percloroetileno consumido.

La cantidad total de Percloroetileno consumido en la Región Metropolitana, de acuerdo a los datos de las encuestas, es de 18062 Kg/mes. Esta cantidad debería ser mayor debido a los consumos de los lavasecos que no quisieron entregar datos o lo desconocían.

Para la estimación de emisiones se pueden utilizar factores de emisión o utilizar el criterio de balance de masa, es decir que todo el Percloroetileno consumido se emite a la atmósfera. Si se utiliza este último criterio, las emisiones de Percloroetileno serían de 18062 Kg/mes lo que daría una emisión anual de 217 ton/año suponiendo que existe un consumo uniforme durante todo el año.

Por otro lado, al utilizar los factores de emisión sin control, el factor de emisión correspondería a 110 g/kg de ropa tratada. De acuerdo a los resultados de la encuesta, la cantidad de ropa tratada es de 4037 kg/día; por lo tanto, las emisiones de Percloroetileno a la atmósfera corresponderían a 139 ton/año.

Comparando ambos resultados, las emisiones obtenidas a través de la cantidad de ropa tratada es un 36% menor a la obtenida a través del consumo de Percloroetileno. Esto indica que existe discordancia entre la información entregada; en algunos casos la personas que respondían las encuestas estaban más seguras de la cantidad de Percloroetileno utilizado que de la ropa tratada y viceversa.

Si se realiza una estimación del consumo de Percloroetileno para aquellos lavasecos que no entregaron datos, de acuerdo a la marca de la máquina y a las horas trabajadas, la cantidad total consumida del solvente sería de 26700 kg/mes. Por lo tanto, considerando el criterio de todo lo que se compra se emite, las emisiones de Percloroetileno en la Región Metropolitana serían de 320 ton/año.

Para contrastar la cantidad de emisiones determinadas a partir de las encuestas, se han averiguado las importaciones de Percloroetileno al país y el porcentaje de éstas que es distribuida en la Región Metropolitana. Con esto se pretende estimar las emisiones globales a través de la venta del insumo, suponiendo un factor de emisión unitario (una tonelada Percloroetileno emitido por tonelada vendida).

Se conocen las importaciones de Percloroetileno en un período comprendido entre los años 1990 y 1995, las cuales no han sufrido grandes variaciones manteniéndose en torno a un promedio de 1850 ton/año aproximadamente.

En el estudio de Soluciones Integrales S.A. se indica que el 70% del Percloroetileno importado se vende a la Región Metropolitana y que el 80% se vende a los lavasecos.

Si se consideran las importaciones del año 1995, las ventas a la Región Metropolitana, según los porcentajes de Soluciones Integrales, corresponderían a 1124 toneladas anuales. Si el 80% se vende a los lavasecos, las emisiones anuales corresponderían a 899 toneladas aproximadamente de Percloroetileno. Por otro lado, considerando el valor porcentual de Portland para la venta del solvente a lavasecos (58%), las emisiones de Percloroetileno corresponderían a 652 toneladas.

Existe una diferencia notable entre las estimaciones de emisiones de acuerdo a las encuestas y a las ventas de Percloroetileno. La cantidad estimada a través de las encuestas es 51% menor que el valor estimado con las ventas, considerando que las emisiones son 320 ton/año y 652 ton/año respectivamente.

3.3.2.2.6 Resultados

Los resultados indican que es necesario seguir trabajando en el tema porque existe una gran incertidumbre en la cantidad real de Percloroetileno utilizado en lavasecos de la Región Metropolitana. Al comparar la cantidad vendida (652 ton/año) con la utilizada (320 ton/año), no se puede cerrar el balance porque existe una diferencia de 51% en ambos valores, sin tener claro

dónde queda el resto de Percloroetileno vendido. Una hipótesis sería que no toda la cantidad vendida en la Región Metropolitana se utilice en ésta, sino que se distribuya a otras regiones del país. Para aclarar estas dudas hay que realizar un seguimiento del Percloroetileno desde su importación hasta su utilización final (dónde y cuánta cantidad).

3.3.2.3 Producción y utilización de Pinturas.

3.3.2.3.1 Antecedentes

La producción y utilización de pinturas sobre la base de solventes es considerada una fuente importante de emisiones de COVs, debido a la magnitud de sus emisiones y al tipo de compuestos que son emitidos, principalmente hidrocarburos aromáticos como tolueno y xileno, considerados de alta productividad en la formación de ozono.

En general, los ingredientes principales de una pintura son tres (Randall, 1992):

- Pigmentos
- Resinas
- Solventes

Existe un amplio rango de compuestos químicos orgánicos (solventes) utilizados, entre ellos se encuentran los del grupo hidrocarburos alifáticos y aromáticos considerados fotoreactivos. Por otro lado se utilizan alcoholes, ésteres, cetonas, etc. que particularmente consisten en aguarrás, tolueno, xileno, acetato de etilo, ciclohexanona, etil benceno, isobutil cetona, etc. En promedio, la porción volátil de la mayoría de los recubridores de superficies es 50% y la mayoría se emite durante la aplicación del recubrimiento (U.S. EPA,1995).

Además se agregan aditivos, en una pequeña dosis, para crear una determinada propiedad a la pintura; como por ejemplo, anticorrosivo, bactericida, fungicida, antioxidante, etc.

Los residuos generados en la manufactura de pinturas son material particulado (a causa del manejo de pigmentos secos), emisiones de solventes (desde estanques de almacenamiento, fugas y apertura de equipos de proceso), derrames accidentales, pinturas obsoletas o fuera de especificación (problemas de color o devoluciones del cliente), residuos debido a la limpieza de equipos y cartuchos de filtros (Randall, 1992). Alrededor del 1 a 2% de solventes se pierde aún en condiciones bien controladas. La cantidad de partículas emitidas es alrededor del 0.5 a 1% del pigmento manejado (U.S. EPA,1995).

Los residuos producto de la limpieza de equipos son los más significativos, calculándose sobre el 80% de los residuos industriales (Randall, 1992).

Los residuos debido a la aplicación, surgen de la limpieza y preparación de la superficie, emisiones de solventes, técnicas de aplicación, limpieza de equipos de aplicación (Peter, 1992).

En Estados Unidos, los límites federales de COVs son 420 g/lit para pinturas utilizadas bajo 90°C y 360 gr./lit para pinturas utilizadas sobre 90°C. Desde septiembre de 1987, todas la pinturas para

uso decorativo deben contener menos de 250 gramos de COVs por litro de pintura (Randall, 1992).

3.3.2.3.2 Factores de Emisión.

Producción de pintura

La publicación AP-42 de la EPA entrega factores de emisión para procesos productivos, que distingue dos tipos de productos: pinturas y barnices (ver anexo N°4).

El Directorio Industrial de INE (1994) incluye las industrias correspondientes al Código CIIU 3521 del rubro pinturas, que incluye el proceso de fabricación de pinturas, barnices, lacas y esmaltes. Se incluye, además, la fabricación de productos conexos tales como productos para limpiar pinceles y brochas, masillas y otros materiales de relleno (CIIU,1976). Con este código, se identificó en el directorio industrial a todas las fábricas de pinturas que operan en la Región Metropolitana.

Aplicación de Pinturas

1.- Pintura Industrial: la que a su vez se divide en:

- a) Pinturas para mantención.
- b) Pinturas utilizada en proyectos nuevos (maestranzas, ferrocarriles, estructuras, etc.).
- c) Pinturas para líneas continuas (envases, plantas, techos, tambores, electrodomésticos, etc.).
- d) Línea madera.
- e) Pinturas marinas.

2.- Pintura habitacional, que se divide en:

- a) Mantención.
- b) Construcción.

3.- Pinturas de autos.

De acuerdo a entrevistas, las empresas que tienen la más alta participación en el mercado de acuerdo al uso de pintura industrial son Stierling (60-65%), Ceresita (30%) y Chilcorrofin (10%). En cuanto a pintura habitacional, las empresas más grandes son Tricolor, Ceresita y Soquina, que abarcan el 80% del mercado aproximadamente. Por último en pinturas para automóviles, las empresas que abarcan el 80% del mercado son Baco y Sipa; Baco tiene una participación del 50-60%.

Aproximadamente el 80% de las ventas de pinturas, correspondientes al rubro industrial, se realizan a las maestranzas. Por lo tanto, una fuente importante de emisiones de COVs son estos establecimientos (Arce, 1996).

3.3.2.4 Caracterización de Fuentes de Emisión.

Proceso Productivo.

Las emisiones durante el proceso productivo son mínimas (1% aprox.), esto debido al costo que se significa desaprovechar las materias primas. Por lo tanto el estudio se concentró la aplicación de pinturas, no obstante se analizó el sector industrial para estimar los niveles de producción.

Aplicación de Pinturas.

A continuación se desarrolla cada tema de acuerdo a la clasificación del uso de pinturas dada en la sección previa.

a) Pintura Industrial.

Como ya se destacó anteriormente, la mayor parte del consumo de pinturas se realiza en maestranzas y está pendiente el tema de como tratarlas en el sistema de información de la CONAMA R.M., aunque se estimaron sus emisiones.

b) Pintura Habitacional.

Construcción.

Se debe conocer la cantidad de pintura utilizada en las nuevas construcciones, por lo tanto es necesario contactarse con las empresas productivas para conocer tal cantidad. En la entrevista realizada en pinturas Tricolor (Valdés, 1996), una de las principales empresas abastecedoras en el rubro, se indicó que una forma de comercialización importante son las ferreterías y los megamercados (los grandes supermercados). De acuerdo a esto, una forma de caracterización es averiguar las ventas de las ferreterías tomando una muestra y posteriormente distribuyéndola al resto del universo.

Posteriormente, las emisiones serían distribuidas a la región de acuerdo a los m² construidos. Si no se conoce la cantidad de pintura vendida al sector, la estimación de emisiones se puede realizar directamente con los requerimientos de pintura de acuerdo a la superficie construida y al rendimiento de la pintura.

Mantenimiento.

En este caso, nuevamente es necesario conocer la cantidad de pintura utilizada en este sector y con indicadores socioeconómicos distribuirla en la región. El procedimiento para conocer la venta al sector es el mismo que en el caso de la pintura utilizada en construcción; es decir, a través de ferreterías y megamercados.

c) Pinturas en automóviles.

Las lacas acrílicas son las que más se utilizan en el pintado de autos, seguidas de las piroxilínicas. El AP-42, entrega un factor de emisión de 0.77 toneladas de COVs por toneladas de laca utilizada.

La metodología que se seguirá para estimar las emisiones es conocer la cantidad de pintura utilizada y, posteriormente, aplicar el factor de emisión. Para ello es necesario recurrir a las empresas que fabrican las pinturas de autos. Las fabricas que cubren el 80% del mercado son tres (Raffo, 1996):

- 1) Pinturas Baco (50-60% del mercado (Arce, 1996)).
- 2) Pinturas Sipa.
- 3) Pinturas Blundell Renner.

3.3.2.4.1 Estimación de Emisiones

La metodología específica de estimación de emisiones en cada sector aparece detallada en el Informe Final 1996 del Programa Prioritario N°3 “Estimación de Emisiones Biogénicas, de Quemas Agrícolas y Evaporativas”. Algunas bases de cálculo, tales como el número de metros cuadrados construidos y los factores de emisión aparecen en el anexo N°4 de este informe.

En la tabla que se presenta a continuación, se resume la estimación de emisiones de COVs de las distintas fuentes de emisión del rubro de pinturas en la Región Metropolitana.

Estimación de emisiones de COVs en la Región Metropolitana (rubro pinturas).

Fuente Emisiones	Emisiones [ton/año]
Proceso Producción de Pinturas	602
Uso de Pinturas:	
Pintura Industrial	5.431
Pintura Habitacional:	
Construcción	2.427
Mantenición o decoración	1.618
Pintura de Autos	4.377
TOTAL	11.838

Las emisiones totales de COVs en la Región Metropolitana, considerando producción y aplicación de pinturas, corresponden a 11838 ton/año. De esta cantidad, sólo el 5% es aportado por el proceso productivo lo que ratifica que el mayor problema de contaminación del rubro de pinturas corresponden a la aplicación de estos productos.

Al sumar las emisiones producidas por la aplicación de pinturas en los distintos rubros, estimadas en forma individual a partir de porcentajes entregados por las empresas o personas entendidas en el tema, las emisiones totales corresponderían a 13853 ton/año. Este valor es un 23% mayor que el estimado a partir de la producción global de pinturas sobre la base de solventes. Este es el valor que se usó finalmente en el inventario.

En el estudio de CADE-IDEPE (CADE-IDEPE,1989), las emisiones producto del recubrimiento de superficies en el sector no industrial, correspondientes a pinturas de autos y pintura habitacional, se estimaron en 2097 ton/año, cantidad substancialmente menor (75%) en relación a la cantidad estimada en este caso (8422 ton/año).

3.3.3 Solventes de uso Doméstico

Dado que es un tema que se está comenzando a estudiar por uno de los Programas del Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), actualmente sólo se cuenta con estimaciones generadas en el Inventario de Emisiones de Santiago de 1989 realizado por CADE-IDEPE. Estos valores fueron actualizados a 1997 según el PIB.

3.3.4 Distribución de Combustibles

3.3.4.1 Antecedentes

La estimación del monto de emisiones evaporativas de COVs producto de las actividades de transporte, almacenaje y expendio de combustibles se basa en los antecedentes de dos estudios relacionados con el tema. El primero de ellos fue realizado durante 1996 por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, denominado “Estimación de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) desde Estaciones de Servicio en la Región Metropolitana”, orientado básicamente a generar una base de datos georeferenciada de todas las estaciones de servicio del Gran Santiago con la estimación de las emisiones evaporativas de cada una para un escenario 1994. El segundo estudio corresponde al realizado por CADE-IDEPE “Análisis de la Política Ambiental Nacional en la Producción, Distribución y Consumo de Combustibles” cuyo informe final está fechado en Marzo de 1997, aportó valiosa información de los consumos de combustible estimados para 1997 y las emisiones asociadas a la distribución de combustibles para el mismo año.

La participación de las estaciones de servicio en las emisiones de COV parece poco importante según inventario de 1994, aproximadamente 3.5 % del total. Sin embargo, se debe considerar que dichas emisiones corresponden a hidrocarburos sin quemar como: Benceno, Tolueno, Xileno y otros, compuestos de alta reactividad fotoquímica y con efectos adversos a la salud. Además, las estaciones de servicio se localizan muy concentradas en avenidas principales cercanas a la población y con índices de crecimiento similares a los del parque vehicular. Todo lo anterior justifica plenamente el esfuerzo de mantener una base de datos que permita estudiar las posibilidades de control sobre este tipo de fuentes.

La metodología y resultados obtenidos están contenidos en los informes citados. A continuación se presenta una visión resumida de las estimaciones realizadas y algunos aspectos metodológicos.

3.3.4.2 Estudio “Estimación de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) desde Estaciones de Servicio en la Región Metropolitana”.

La información base proviene del estudio Localización de un nuevo terminal de almacenamiento de combustible en la Región Metropolitana, y corresponde básicamente a los consumos totales de combustibles para 1994 y un listado de direcciones de todas las bencineras de la región para el mismo año. Las actividades posteriores fueron:

- Localización de las bencineras en mapa de zona urbana del Gran Santiago. De las 483 estaciones de servicio de la Región Metropolitana existentes en 1994, 423 se localizaban en el Gran Santiago.
- Un análisis estadístico basado en el número de vehículos inscritos por comuna, los viajes generados entre comunas según Encuesta Origen Destino (SECTRA, 1991) y el flujo vehicular por avenidas aledañas a las bencineras, permitió desagregar el total de ventas a nivel comunal. Dentro de cada comuna la desagregación a cada bencinera se hizo en forma proporcional al flujo vehicular.

Estimación de factores de emisión según AP42 de la EPA. Las mayores fuentes de emisiones evaporativas es el llenado de estanques subterráneos y el suministro de combustible a vehículos. Las emisiones se generan cuando los vapores de gasolina en el estanque son desplazados a la atmósfera por la gasolina que está siendo descargada. La cantidad de emisiones depende de varios factores: el método y tasa de llenado, la configuración del tanque y la temperatura, presión de vapor y composición de la gasolina. Otra fuente de emisión es la respiración de estanques subterráneos, que ocurren diariamente y son atribuibles a cambios en la presión barométrica. Las mayores emisiones evaporativas en las estaciones de servicio son producidas por la gasolina. El petróleo diesel y kerosene, por tener presiones de vapor muy bajas, no evaporan considerablemente. La tabla que se presenta a continuación presenta los factores usados:

Factores de Emisión de COV desde Estaciones de Servicio.

Efecto	Factor de emisión mg/lt
Llenado	1380

Respiración	120
Desplazamientos	1320
Derrames	80
Emisión Total	2900

Por lo tanto, el factor de emisión global es de 2900 (mg/l). Para obtener las emisiones de COV basta con multiplicar el factor de emisión por el volumen de gasolina vendida. Se ha asumido que todas las estaciones de servicio tienen el mismo factor de emisión.

Resultados del Estudio

La tabla que se presenta a continuación contiene los resultados del presente estudio, comparados con estimaciones anteriores.

Estimaciones de emisiones de COV de bencineras

Referencia	Emisiones COV ton/año	Número est. de servicio
Cade - Idepe (1988)	1193	261
CONAMA R.M. (1992)	1526	
CONAMA R.M. (1994)	1803	423

El total de emisiones evaporativas desde estaciones de servicio en Santiago alcanza a 3025 (ton/año). Este resultado es aproximadamente el doble de los resultados reportados en los estudios anteriores. Estas diferencias son atribuibles a la ampliación del universo de estaciones de servicio para Santiago y a la ampliación de la cobertura geográfica

Los volúmenes de combustible transados durante 1994 se presentan a continuación

Volúmenes de venta de combustibles en la Región Metropolitana (1994)

	Gasolina	Kerosene	Diesel	Totales
--	----------	----------	--------	---------

	m ³	m ³	m ³	m ³
Región Metropolitana	1.191.065	216.718	895.795	2.303.578
Gran Santiago	1.043.107	189.796	784.516	2.017.419

Fuente: ENAP, 1994.



Localización de Estaciones de Servicio

3.3.4.3 Estudio: Análisis de la Política Ambiental Nacional en la Producción, Distribución y Consumo de Combustibles

La extensión de este estudio hace imposible una descripción muy detallada de los contenidos. Nos remitiremos a exponer los resultados de los cálculos realizadas para estimar las emisiones evaporativas de COV en la cadena de distribución de combustibles para 1997.

Emisiones Evaporativas de COV en Cadena de Distribución de Combustibles

Etapa	Emisión COV ton/año
Estanques de almacenamiento (Maipú)	1934
Estaciones de Servicio (etapa 1)	1289
Estaciones de Servicio (etapa 2)	1736
TOTAL	4959

3.3.5 Emisiones Biogénicas

Este es un tema sobre el cual no existían antecedentes nacionales, razón por la cual esta Comisión encargó la realización de estimaciones preliminares de este fenómeno como parte del Programa Prioritario N°3 del CENMA “Estimación de Emisiones Evaporativas, Biogénicas y de Quemas Agrícolas Para la Región Metropolitana”, cuyo informe final para 1996 forma parte del expediente del PPDA. A continuación se presenta un breve resumen de la metodología empleada para estimar las emisiones biogénicas producidas en la Región.

3.3.5.1 Antecedentes generales

Los compuestos orgánicos volátiles emitidos por la biota, específicamente por la vegetación, son llamados compuestos orgánicos volátiles biogénicos (BVOCs, sigla en inglés). Estas emisiones biogénicas incluyen agentes de naturaleza química y reactividad muy diversas, siendo capaces de reaccionar con óxidos de nitrógeno resultando en la formación de ozono, que en la troposfera puede causar impactos directos sobre los organismos, incluyendo al hombre, reduciendo por ejemplo la productividad agrícola.

Algunos BVOCs son isopreno, monoterpenos y metanol. El isopreno es el más importante en razón de la cantidad que las plantas emiten: puede ser incluso mayor que las emisiones antropogénicas (Mlot, 1995). La emisión de isopreno por las plantas está muy ligada a la temperatura y a la radiación fotosintéticamente activa (PAR). También depende de la especie vegetal de que se trate, pudiendo haber especies altamente emisoras (álamo, plátano oriental) y otras que lo hacen muy escasamente (alcornoque). Al parecer, no existe una estrecha relación entre los niveles de producción de isopreno y la distancia genética entre especies (criterio taxonómico). Es así como muchas especies del género *Quercus* producen isopreno a altas tasas, pero algunas (como el alcornoque, *Quercus suber*) emiten poco o nada, incluso con temperaturas elevadas. Biológicamente, la función del isopreno en las plantas que lo producen estaría ligada a conservar la integridad de la molécula de clorofila (fundamental para el proceso de fotosíntesis) en situaciones de alta temperatura, lo que explicaría el aumento de la producción de isopreno bajo tales condiciones (Mlot, 1995).

El caso del metanol es menos estudiado, pero existen evidencias de que se produce en cantidades importantes, a tasas comparables a las del isopreno. Su emisión por las plantas estaría ligada a la temperatura y especialmente a la conductividad estomática de las hojas (MacDonald y Fall, 1993).

La producción biogénica de óxidos de nitrógeno (NOx) es más bien baja en relación a las cantidades originadas por procesos de combustión. Los NOx pueden conducir a la formación de ozono al reaccionar con diversos compuestos, entre los que se encuentran los BVOCs. A diferencia de éstos, los NOx no son producidos por la vegetación, sino como resultado de la actividad microbiana en el suelo (Mooney *et al*, 1987).

Para el caso de la Región Metropolitana de Chile, como parte del Programa Prioritario N° 3, desarrollado por CENMA, se realizó un primer esfuerzo de aproximación para la estimación de las emisiones de BVOCs en la Región durante 1996. A continuación se presenta una breve reseña de la metodología utilizada, mayores antecedentes pueden obtenerse en el informe señalado.

3.3.5.2 Metodología para la estimación de Emisiones Biogénicas.

En términos generales, las emisiones biogénicas dependen de los siguientes factores:

- Especie vegetal
- superficie cubierta por la vegetación
- temperatura
- radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Metodológicamente, se necesita por un lado conocer y ubicar en la Región las distintas fuentes emisoras, y por otro disponer de los factores de emisión de BVOCs incluyendo su probable variación estacional y diaria, para cada tipo de fuente caracterizada.

En el caso de las emisiones biogénicas las fuentes de BVOCs son las plantas, que pueden ser especies cultivadas (frutales, forestales, ornamentales y cultivos) o vegetación natural (formaciones vegetales). Es necesario conocer el tipo y extensión de la vegetación en la Región Metropolitana.

Debido a que los factores de emisión de BVOCs son distintos para cada especie vegetal, se debe saber qué especies están presentes en la Región y, lo que es más importante, cuáles de ellas son las más frecuentes o dominantes en la vegetación.

La literatura existente provee de factores de emisión para varias especies cultivadas y ornamentales, como también para las especies nativas del hemisferio norte, en especial de Europa y Estados Unidos de Norteamérica. Puesto que para las especies nativas de nuestro país, muchas de ellas endémicas del cono sur, carecemos de información directa, se recurrió a la asignación de factores conocidos para especies taxonómica o ecológicamente relacionadas.

La metodología ocupada está basada en el programa PC-BEIS, desarrollado por EPA, Estados Unidos de Norteamérica, descrita por Birth y Geron (1995). Se realizaron varias modificaciones en los archivos de entrada al programa para adaptarlo al caso de la Región Metropolitana.

El método permite estimar emisiones de BVOCs y de óxidos de nitrógeno desde el suelo en cada hora de un día en particular, para un área definida. Las tasas de emisión dependen del uso del suelo (cubierta vegetal), la masa foliar, y los factores de emisión propios de la vegetación.

Se necesitan los datos de temperatura y PAR (radiación fotosintéticamente activa) en cada hora del día a estimar. Los factores de emisión (para isopreno, monoterpenos, otros BVOCs y óxidos de nitrógeno (NOx)) de la vegetación, que están estandarizados para $PAR = 1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{seg}^{-1}$ y $T = 30^\circ\text{C}$, se expresan en $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$. En el caso de bosques, es necesario disponer además del índice de área foliar (IAF).

La emisión de isopreno se estima con $I = I_S * C_L * C_T$, siendo I_S la tasa de emisión estándar de isopreno, C_L el factor de corrección según la luz y C_T el factor de corrección por temperatura. Los factores de corrección C_L y C_T se calculan por medio de expresiones que dependen respectivamente de PAR y temperatura del momento.

La emisión de monoterpenos se calcula con $M = M_s \cdot \exp(\beta(T - T_s))$, siendo M_s la tasa de emisión estándar de monoterpenos, índice $\beta = 0,09$, T la temperatura de la hoja y T_s la temperatura estándar (303 °K).

La estimación de otros BVOCs se realiza de igual forma que para monoterpenos.

Las emisiones de NOx desde el suelo se estiman en función de la temperatura del suelo, que varía según la temperatura del aire, ocupándose distintas relaciones para el cálculo correspondiente en praderas, bosques y agricultura.

3.3.5.3 Información Vegetacional.

La información de uso del suelo para la Región Metropolitana se obtuvo de un archivo del Proyecto OTAS de nombre PAT.DBF, generado en sistema Arc-Info. Dicho archivo posee varios campos que detallan la información de más de 400 polígonos descritos para la región. Los campos contienen datos como superficie de los polígonos, tipo de formación vegetal (bosque, matorral, zona agrícola), densidad (escasa, muy clara, clara, poco densa) y especies dominantes.

De esta manera, con el programa se estimaron las emisiones de BVOCs para cada tipo de unidad de vegetación definida dentro de la Región Metropolitana. La estimación se realizará para cada hora de un día dado. Los días a utilizar son representativos de cada mes del año, aquellos con condiciones promedio. Los datos meteorológicos que se usarán corresponden a mediciones realizadas durante el año 1995 en la estación meteorológica automática instalada en La Platina por CONAMA-RM.

3.3.5.4 Factores de emisión usados.

Respecto a los factores de emisión por especie, el programa PC-BEIS posee información para gran cantidad de especies ornamentales, algunas cultivadas, y árboles nativos de los bosques de Europa y Norteamérica. Para las especies nativas de la Región Metropolitana, se asignarán factores de emisión en base a dos criterios: taxonómico y ecológico.

En general, los rangos de los factores de emisión elegidos en la asignación, por lo menos para las especies naturales más importantes (en términos de área ocupada) de la Región, son bajos. Como se comenta más adelante, los códigos asignados, que pueden no ajustarse de buen grado a la realidad, introducen incertidumbre al proceso de estimación seguido.

3.3.5.5 Resultados obtenidos.

Se realizó una estimación preliminar de las emisiones de BVOCs en la Región Metropolitana completa para el mes de Enero. Dicha estimación se basa en el supuesto de que los factores de corrección por luz y temperatura son similares en todos los casos, esto es, que los datos meteorológicos son iguales para toda la Región. También se asume que existe una proporcionalidad entre los factores de emisión de las distintas especies dominantes. De los datos del archivo PAT.DBF se agruparon los 43 tipos de polígonos, sumando las áreas totales que cada uno de ellos ocupa en la Región, excepto para el polígono de la zona agrícola, que incluye varias especies con distintas áreas (el resto sólo posee una especie en cierta área, y el resto de la superficie se asumió como sin vegetación). Primero se calcularon las emisiones para un área estándar de 10.000 ha ocupada por espinos, y se sumaron las emisiones horarias, multiplicándolas por 31, para obtener el valor mensual. Luego se calcularon las emisiones de cada tipo de polígono ponderando por los factores de emisión de las distintas especies y ponderando también por las áreas que cada tipo ocupa.

Los cálculos realizados indican que las emisiones serían del orden de 1.200 toneladas en el mes de Enero .

Emisiones biogénicas estimadas para Enero en la Región (ton/mes).

Isopreno	74.05
Monoterpeno	417.68
OVOCs	711.38
Total BVOCs	1203.10
NOx	29.89

La proyección anual de las emisiones se hizo utilizando un factor de 7.25, que pondera de diferente forma los meses dependiendo de las temperaturas medias. Esto da por resultado una emisión anual de 8722 ton/año.

Se debe tener en cuenta que existen numerosos puntos a lo largo del proceso de estimación de las emisiones de BVOCs en la Región Metropolitana que pueden ser revisados y mejorados en el futuro, con diversos grados de profundidad. Algunos de estos pasos son:

- Considerar datos meteorológicos más amplios (de más años y de más estaciones) y de casos puntuales que representen días con altas emisiones.
- Mejorar la asignación de códigos de factores de emisión.
- Considerar con mayor detalle las especies presentes en cada polígono del archivo del Proyecto OTAS.

- Perfeccionar la información de uso de suelo de la vegetación.

Como resultado de las características propias del proceso de estimación de BVOCs utilizado, se debe considerar que para períodos invernales, no se toma en cuenta el fenómeno de dormancia en que muchas especies entran. En términos generales, el programa deja de lado la fenología de las plantas, es decir los cambios que éstas experimentan a lo largo de su desarrollo ontológico y a lo largo de las estaciones del año. En relación a esto, existen evidencias de que especies como la vid manifiestan cambios en los factores de emisión según su estado fenológico (König et al, 1995).

Debe enfatizarse que las estimaciones calculadas poseen un grado de imprecisión debido al uso de factores de emisión asignados, por lo que sólo deben tomarse como referencia y punto de partida para nuevas estimaciones.

3.3.6 Incendios Forestales y Quemas Registradas e Ilícitas

3.3.6.1 Antecedentes Generales

Las quemas agrícolas e incendios forestales son fuentes potenciales de grandes cantidades de contaminantes atmosféricos.

En la Región Metropolitana las quemas más frecuentes según tipo de combustible son: quemas de rastrojos (maíz, papas, porotos, trigo, etc.), malezas, sarmientos, desechos de poda en terrenos agrícolas, etc. Otra práctica de uso frecuente en la agricultura, es la producción de humo y calor a partir de desechos vegetales y otros materiales combustibles en las noches muy frías, para mitigar los efectos de heladas sobre cultivos y frutales sensibles.

3.3.6.2 Procesos de Combustión y Tipos de Quemas

Los incendios forestales son procesos de combustión de gran escala que consumen vegetación de varios tipos, edades y tamaños en un área geográfica.

Quemas agrícolas son procesos de combustión de menor escala como quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos. Estas pueden dividirse en quemas ilegales que son las que regula el D.S. N°100 y las quemas autorizadas reguladas por el D.S. N°276.

El tamaño, intensidad y ocurrencia de una quema dependen directamente de variables tales como:

- condiciones meteorológicas

- especies vegetales
- contenido de humedad
- masa de combustible por unidad de área
- características topográficas

Durante la combustión de la materia vegetal, ya sea producto de incendios forestales o quemas, se incorporan a la atmósfera una gran cantidad de sustancias contaminantes, siendo las más importantes monóxido de carbono, compuestos orgánicos gaseosos y partículas finamente divididas, principalmente carbón no quemado. Este último material resulta ser el principal causante del efecto visual de la contaminación. En las quemas de desechos vegetales se emiten bajas cantidades de óxidos de nitrógeno. Por otra parte, se generan grandes cantidades de dióxido de carbono y vapor de agua.

La combustión incompleta de material orgánico genera material particulado, con un contenido alto de hidrocarburos aromáticos polinucleares, algunos de ellos reconocidos mutágenos y cancerígenos.

Los principales objetivos de las quemas autorizadas y no autorizadas son: reducción de peligro de incendios, preparación de terrenos, eliminación de vegetación antes de sembrar, etc.

Las principales actividades generadoras de incendios forestales son las faenas forestales, agropecuarias, recreación y deporte al aire libre, etc. Los procesos que generan mayor cantidad de contaminantes son: Quemas agrícolas, Limpieza de canales, quema de neumáticos para prevención de heladas, quema de basura e incendios.

Para las quemas agrícolas no autorizadas el tipo de detección realizada por CONAF es aérea o terrestre. De acuerdo a estadísticas, los incendios provocados por faenas forestales ocurren principalmente entre las 14:00 y 16:00 hrs. y luego entre las 20:00 y 10:00 hrs. de la mañana siguiente. Los incendios por faenas agrícolas ocurren principalmente entre las 13:00 y 17:00 hrs.

La distribución mensual de incendios muestra mayores ocurrencias entre los meses de noviembre y marzo. La duración de los vuelos es de 45 minutos a 1 hora. Se vuela todos los días. Los días de pre-emergencia se vuela dos veces al día.

No se tiene un horario fijo de vuelo. Este depende del día y personal en terreno ya que la información entregada por las detecciones aéreas (que incluye la ubicación del predio, la extensión de la superficie quemada y el tipo de combustible) es entregada a los fiscalizadores terrestres para que estas chequeen en el mismo lugar.

3.3.6.3 Metodología de Estimación de Emisiones por Quemas Agrícolas.

La estimación de emisiones a la atmósfera desde quemas esta basada en el empleo de factores de emisión, que dependen de la cantidad de combustible presente en la superficie con diferentes tipos de cubierta vegetal.

Para estimar las emisiones, se requiere conocer el material combustible que se quema y la extensión de la superficie afectada.

Los pasos a seguir para estimación de emisiones son:

- Obtención de toda la información disponible: archivos de fiscalizaciones, archivos de quemas controladas.
- Procesamiento estadístico de las bases de datos, con el fin de caracterizar la ocurrencia de quemas, tipos de combustibles, superficies afectadas, horas, ubicación geográfica.
- Cálculo de emisiones utilizando los factores de emisión para incendios en áreas agrícolas y forestales.

Factores de Emisión

Los factores de emisión propuestos por U.S. EPA (publicación AP-42) se estiman a partir de la carga de combustible presente en diferentes tipos de superficie. Las cargas de combustible consumido por incendios están en el rango de 20 a 135 ton/ha.

Los factores de emisión propuestos por EPA se estiman según:

$$F_i = p_i * L \text{ y las emisiones totales } E_i = F_i * A$$

donde

F_i factor de emisión para el contaminante “i” (masa/unidad de área quemada)

p_i tasa de producción de contaminante “i” (masa /unidad de combustible)

Para Material particulado 8.5 kg/Mg

CO 70 kg/Mg

HCT 12 kg/Mg

NOx 2 kg/Mg

SOx no significativo

L carga de combustible consumido (masa de combustible/unidad de superficie quemada)

A Superficie quemada

E_i Emisión total del contaminante “i” (masa)

Factores de emisión para incendios en áreas agrícolas y forestales

(California Air Resource Board, 1995).

	Hierba y Bosques (Grass&Woodland)		Madera y Ramas (Timber&Brush)	
	Kg/ton	Kg/ha	Kg/ton	Kg/ha
CO	45.81	37.11	117.93	716.45
NOx	0	0	27.22	11.02
TOG	8.62	6.98	170.10	68.89
TSP	7.26	5.88	285.76	115.73

3.3.6.4 Información Disponible

Gran cantidad de la información sobre quemas y toda la información estadística y bases de datos se obtuvieron de la Corporación Nacional Forestal, que es el ente fiscalizador de las quemas agrícolas ilegales y de las quemas agrícolas autorizadas y de la prevención de incendios forestales.

Para las quemas ilegales la información disponible es desde el año 1992 hasta la fecha, año que se inicio un Proyecto conjunto con la Comisión de Descontaminación de la Región Metropolitana, fue contraparte de CONAF hasta el año 1994. CONAF siguió usando el mismo sistema de toma de datos y de fiscalización. Los archivos anuales contienen información de cada quema ilegal detectada.

Para las quemas agrícolas autorizadas se tiene información desde el año 1993 a la fecha, en archivos anuales con información para cada quema autorizada. Para los Incendios se obtuvo información agregada a nivel anual.

3.3.6.5 Resultados Obtenidos

3.3.6.5.1 Estimaciones Globales de Emisiones a la atmósfera por Quemass e Incendios.

Se muestra a continuación las emisiones que se estimaron para los totales quemados por años de los diferentes tipos de vegetación.

De acuerdo a la metodología enunciada se uso la siguiente fórmula para determinar emisiones totales:

$$E_i = F_i * A$$

donde

- Fi factor de emisión para el contaminante “i” (masa/unidad de área quemada)
A Superficie quemada
Ei Emisión total del contaminante “i” (masa)

En el caso del cálculo de emisiones de incendios los factores de emisión usados fueron los que se muestran para madera y ramas en Kg/ha. En el caso de las quemas autorizadas e ilegales se usaron los factores de emisión para hierba y bosques y para madera y ramas, de acuerdo al combustible que se tuviera. La unidad era en Kg/ha.

Emisiones por año, incendios (ton/año)

Temporada	CO	NOx	COV	PTS
1991-1992	8917.65	137.17	857.47	1440.49
1992-1993	12345.87	189.90	1187.11	1994.26
1993-1994	11891.64	182.91	1143.44	1920.89
1994-1995	3178.89	48.90	305.66	513.49
Total	36334.05	558.88	3493.68	5869.13
Promedio	9083.51	139.72	873.42	1467.28

Las emisiones promedios anuales son de gran magnitud, en relación a las calculadas para las quemas, lo que nos hace pensar que los incendios tienen sin duda un aporte más relevante a la contaminación de la Región Metropolitana. Las condiciones climáticas existentes cuando sucede uno u otro crea la necesidad de fiscalizar las quemas, ya que la mayor proporción de ocurrencia de incendios es en el verano, lo que en términos de contaminación atmosférica podría ser menos relevante comparado con las quemas agrícolas las cuales se producen en pleno invierno.

Emisiones desde quemas registradas lícitas e ilícitas.

Quemas registradas, Emisiones anuales (1993-1996)					
Año	Superficie Ha	CO ton/año	TOG ton/año	TSP ton/año	NOx ton/año
1992	2230	82.74	15.56	13.11	
1993	13295	493.39	92.8	78.18	
1994	14918	553.59	104.12	87.72	
1995	8929	331.37	62.33	52.51	
Promedio anual	9843	365.27	68.70	57.88	
Quemas Ilícitas, Emisiones anuales (1993-1996)					
Promedio anual	310	44.97	5.21	7.23	0.54
Total promedio	10153	410.24	73.91	65.11	0.54

Las superficies donde se producen quemas agrícolas son considerablemente mayores las de quemas registradas que las de quemas ilegales, por lo tanto las primeras provocan mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera. Aún así no tiene ninguna relación proporcional entre lo que emiten los incendios forestales y las quemas agrícolas.

3.3.6.6 Conclusiones.

Los incendios forestales tienen un aporte más relevante en la contaminación de la Región Metropolitana, que las quemas agrícolas autorizadas y las ilegales. Además, los incendios ocurren sólo durante pocos días, por lo cual su aporte porcentual durante esos eventos a la contaminación global es mucho mayor que el que se puede estimar al comparar los valores anuales.

En cuanto a los factores de emisión calculados para los incendios y quemas, se utilizó un factor general, típico de California, el cual es una información que aporta el grado mínimo de contaminantes que están siendo emitidos a la atmósfera, pero no se sabe el grado de incertidumbre que esta estimación tiene. Por lo que se cree conveniente el poder realizar mediciones experimentales.

Las quemas controladas podría ser una de las técnicas usadas para reducir el riesgo de incendios.

Es probable que exista una relación estrecha en cuanto a los eventos de quemas con las condiciones climáticas del momento, ya que este es un dato relevante en la frecuencia y extensión de estas. Este es un dato que sería interesante evaluar.

Las quemas ilegales son poco relevantes, como aporte a las emisiones globales. El programa de fiscalización de quemas ilegales ha logrado reducir la ocurrencia de estos eventos.

Es necesario realizar una mayor fiscalización de los horarios utilizados para las quemas autorizadas.

3.4 Metodología Usada para Estimar Emisiones de Polvo Resuspendido

3.4.1 Polvo de Calles Pavimentadas

La metodología utilizada para la estimación de emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas es la misma que para las emisiones desde tubo de escape, salvo en el tema de factores de emisión que se describe a continuación.

Diversos estudios han encontrado una relación entre la magnitud del flujo vehicular de una calle y el contenido de polvo de la misma, el cual es característico de cada región. La fórmula que se usó para calcular los factores de emisión proviene de la EPA (AP-42, versión enero de 1995), pero se usarán los contenidos de polvo típicos del Gran Santiago estimados por Intec¹⁰.

$$FE = k(sL/2)^{0.65} * (W/3)^{1.5}$$

Donde:

FE : Factor de emisión (gr/km).

k : Factor de emisión base para el rango de tamaño que se requiera. Para PM10 k = 4.6.

W : Peso promedio del vehículo (ton).

sL : Carga de finos (gr/m2).

El contenido de finos se calculó como el promedio de las mediciones para los rangos de flujo que se indican en la tabla siguiente:

Factores de Emisión de PM10 (gr/km) Para Calles Pavimentadas

Categoría de veh.	Peso kg	Nivel de Flujo		
		Alto F>10.000 veh/día sL=0.18	Medio 10.000<F>500 veh/día sL=0.96	Bajo F>500 veh/día sL=4.23
AUC	1200	0.24	0.72	1.89
AUNC	1100	0.21	0.63	1.66
CAM	15000	10.75	31.92	83.69
COMC	2000	0.52	1.55	4.07
COMNC	2300	0.65	1.92	5.02
TC	1200	0.24	0.72	1.89
TNC	1100	0.21	0.63	1.66
BUS A,B y C	12000	7.69	22.84	59.88

¹⁰ Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana: “Metodología Para Estimación y Reducción de Emisiones de Polvo de Calles”. Informe Final 1994, Intec-Chile

Usando los factores de emisión señalados y las redes de transporte del Gran Santiago y de carreteras fue posible estimar las emisiones de polvo resuspendido para cada categoría de vehículo. Estos resultados se presentan en la tabla de emisiones vehiculares para 1997.

3.4.2 Polvo de Calles sin Pavimentar

Según información elaborada por Intec-Chile el año 1993, en el Gran Santiago había 1150 km de calles sin pavimentar. Estimaciones del año 1994 del MINVU proponen una cifra cercana a los 1000 km. Conversaciones actuales con este organismo permiten suponer que esta cifra no ha variado mayormente pues así como se pavimenta cierto número de kilómetros anualmente, se generan por efecto del crecimiento de la ciudad. La información recolectada por Intec está desagregada a nivel comunal, por lo tanto, para cada comuna se asignaron los km sin pavimentar a nivel de cuadrícula, en forma proporcional al número de manzanas por cuadrícula (este estudio hizo una estimación del número de manzanas presentes en cada celda de una grilla de 1x1 km sobre la zona urbana del Gran Santiago).

El factor de emisión utilizado para las estimaciones es una fórmula propuesta por Cowherd:

$$FE(PM10) = 766(sL/400)^{0.7} * (W/7)^{0.4} * (S/24)^{0.8}$$

Donde:	Carga de finos	sL = 48.2	(g/m ²)
	Peso medio veh.	W = 1.2	(ton)
	Veloc. media	S = 30	(km/hr)

Resulta así: FE (PM10) = 102.82 (g/km)

Con éste factor de emisión y suponiendo un flujo fuera de punta de 10 veh/hr, que corresponde a valores típicos observados (ya que en general los automovilistas evitan las calles de tierra), se obtiene la emisión por cuadrícula para una hora fuera de punta. Usando los ciclos temporales de las fuentes móviles se puede expandir este resultado a todo el año (factor de expansión diario de 20 y anual de 365, que multiplican al flujo horario). Teniendo en cuenta que en promedio hay 220 días secos en el año (Cade-Idepe 1989), se debe multiplicar el resultado anterior por (220/365).

De los cálculos descritos se obtiene una emisión de PM10 desde calles sin pavimentar de 4500 ton/año aproximadamente. Esto sólo considera las calles de tierra al interior de la zona urbana del Gran Santiago. No se realizó ninguna estimación de las emisiones producidas por caminos de tierra en la Región Metropolitana.

3.5 Resultados Inventario 1997

Tipo fuente	Fuente	PM10 Ton/año	CO Ton/año	NOx Ton/año	COV Ton/año	SO2 Ton/año
Fuentes Fijas	Procesos Industriales	1467	1222	5391	65	7827
	Calderas Industriales	1486	2791	5075	165	8735
	Calderas de Calefacción	190	241	418	9	427
	Panaderías	33	49	75	1	49
	TOTAL FF	3175	4303	10959	241	17037
Otras Fuentes	Combustión residencial ⁽¹⁾	1359	5134	1567	3543	975
	Emisiones evap. de COV ⁽²⁾				14076	
	Solventes de uso doméstico				1316	
	Distribución de combustibles ⁽³⁾				4959	
	Emisiones biogénicas			218	8722	
	Incendios forestales	1467	9083	140	873	
	Quemas registradas e ilícitas	65	410	1	74	
	TOTAL OF	2891	14627	1926	33563	975
Fuentes Móviles	Vehículos particulares	225	113123	9478	13575	277
	Vehículos comerciales	326	62810	5292	7560	411
	Taxis	54	25628	1947	2971	111
	Camiones	953	18859	8727	2759	1348
	Buses	1173	4854	5490	1322	1010
	Motocicletas		718	9	229	
	TOTAL FM	2730	225992	30943	28417	3157
	SUBTOTAL	8798	244921	43828	62221	21169
Polvo resuspendido	Calles Pavimentadas	28524				
	Calles sin pavimentar	4462				
	TOTAL Polvo resuspendido	32986				
	TOTAL	41784	244921	43828	62221	21169

Fuente: CONAMA R.M.

(1) Emisiones producidas por combustión de leña, kerosene, gas licuado y gas de cañería en residencias.

(2) Incluye lavasecos, talleres de pintado de autos y uso de pintura en casas y edificios.

(3) Corresponde a las emisiones producidas por evaporación en grandes estanques de almacenamiento, almacenamiento en servicentros y expendio de gasolina en los mismos.

3.6 Discusión

La actualización de los inventarios de emisiones es una tarea permanente asumida por CONAMA R.M., sobre la base de la mejor información que se pueda recolectar. En este sentido, es de suma

importancia mantener un estrecho contacto con las instituciones y organismos que pudieran proveer de información: PROCEFF, SECTRA, MINTRATEL, INE, MOP, etc..

En este contexto, es importante tener en cuenta que la fiscalización de PROCEFF se ha priorizado hacia los emisores de partículas, dado que éste es el principal problema de calidad de aire de la región y que no existe normativa para otros gases. Esto hace que para la estimación de emisiones de otros contaminantes, el universo de fuentes incluidas en sus bases de datos presente algún sesgo.

Debe intentarse a futuro la estimación de emisiones de material particulado de diferente tamaño, interesa especialmente PM_{2.5} pues, de acuerdo a resultados preliminares obtenidos con un modelo de dispersión que incorpora velocidades de decantación, las concentraciones ambientales de material particulado son muy sensibles a este fenómeno. Esto podría explicar las discrepancias existentes en el inventario de emisiones y la composición del material particulado respirable, en lo que se refiere a partículas levantadas desde las calles.

Importa además tener una idea de la participación de las diferentes fuentes emisoras en este tipo de partículas, pues es la causante de los mayores daños a la salud.

Desde un punto de vista más global, se debe considerar que la ciudad está cambiando permanentemente. Para estimar emisiones en escenarios futuros se requiere desarrollar una relación cuantitativa con las posibles localizaciones tanto industriales como residenciales. Estas ubicaciones generarán a su vez viajes entre distintas zonas. Se recomienda estudiar las formas de relacionar el inventario de emisiones con modelos de ubicación de actividades (uso de suelo) y modelos de transporte urbano, que entreguen la información requerida para cuantificar adecuadamente los escenarios futuros. La disposición de un modelo más amplio que incluya las variables mencionadas y permita evaluar estrategias de ordenamiento territorial. En este sentido el MOP ha estado trabajando desde hace ya algunos años en el modelo MEPLAN, que fue utilizado para hacer un programa estratégico de inversiones.

La extensión del inventario de emisiones al resto de la Región Metropolitana es una tarea en que se debe seguir trabajando. Ya se ha avanzado en la localización de fuentes emisoras fijas y móviles, incluyendo carreteras y caminos de toda la región, se han agregado emisiones biogénicas y de quemas e incendios.

En el tema de factores de emisión tanto de fuentes fijas como móviles, el Programa que se viene realizando con el CENMA y la Universidad de Chile desde 1996 debiera seguir mejorando la información disponible, especialmente en el tema de vehículos diesel donde no se dispone todavía de mediciones lo suficientemente confiables para Santiago.

Se debe insistir en la necesidad de seguir ampliando el rango de actividades consideradas en los inventarios venideros. El presente inventario adolece especialmente de mejor información en el

tema de emisiones evaporativas de COV proveniente de actividades industriales , así como de una mejor estimación de las emisiones de polvo (PM10 y PTS) producidas por actividades como la construcción, por citar alguna de las no incluidas hasta ahora.

4. Proyección de emisiones al 2005

4.1 Antecedentes Generales

La proyección de las emisiones se realizó de diferente forma dependiendo del tipo de fuente del que se tratara. La tabla que se presenta a continuación resume los principales criterios usados en cada caso.

Tipo de Fuente	Método de proyección al 2005
Fuentes Fijas	Índice de crecimiento de combustibles, asumiendo cambio de algunas fuentes a gas natural y teniendo en cuenta las normativas que rigen a estas fuentes emisoras. Los factores de emisión para gases siguen siendo EPA.
Fuentes Móviles	Gran Santiago: El nivel de actividad (flujos) proviene de modelaciones de SECTRA para el 2005. Carreteras y Caminos: Se usó el PIB como índice de crecimiento del flujo en carreteras y caminos. La composición del parque y los factores de emisión se proyectaron con ciertos criterios que se describen en el presente documento.
Otras Fuentes	Combustión residencial: Índices de crecimiento. Emisiones Evap. de COV: Índices de crecimiento. Distribución de Combustibles: Se asoció el crecimiento de los kilómetros recorridos al 2005, según escenario SECTRA. Emisiones biogénicas, quemas e incendios forestales se dejaron constantes pues no fue posible definir criterios para hacer una proyección.
Polvo Resuspendido	Calles pavimentadas: Se usaron los flujos de SECTRA para el 2005, los factores de emisión se supuso que permanecían constantes. Calles sin pavimentar: Se supuso que el número de kilómetros de calles sin pavimentar permanecería constante, por lo tanto las emisiones se dejaron constantes.

A continuación se describe en forma más detallada las metodologías específicas usadas para la proyección de las emisiones en los diferentes tipos de fuentes.

4.2 Metodología Usada para Proyectar Emisiones de Fuentes Móviles

4.2.1 Proyección de Emisiones desde Fuentes Móviles en el Gran Santiago

4.2.1.1 Proyección Flujos Vehiculares

En el punto 3.2.2 de este documento se describen los supuestos sobre el cual se generó el Plan de Transporte Urbano de la SECTRA 1995-2005, para dos cortes temporales 1997 y 2005. Los flujos utilizados por tanto para representar la actividad de las fuentes móviles dentro del Gran Santiago para el año 2005 fue la estimación realizada por la SECTRA para ese año. Cabe destacar que los flujos del transporte público (TPU) permanecen prácticamente constantes. A continuación se presenta una comparación de los niveles de actividad 1997 vs 2005.

	Flujo (vehs-km)	
	1997	2005
Transporte Público	765.359	763.056
Transporte Privado	12.282.000	18.963.300
Total	13.047.359	19.726.356

4.2.1.2 Proyección de la Participación de las Categorías de Vehículos en el Flujo.

Para efectos de la estimación de emisiones, era de suma importancia poder contar con una estimación no solo de los flujos y velocidades medias para un escenario 2005, sino también de la composición de dicho flujo, especialmente el porcentaje de vehículos catalíticos y no catalíticos en la ciudad. Esta proyección fue realizada como parte del Programa Prioritario N°2 Subprograma Fuentes Móviles a cargo del CENMA (más antecedentes pueden encontrarse en el Informe de Avance N°1 de 1997 de dicho programa).

Para obtener la participación de las distintas categorías de vehículos en el flujo total para el año 2005 se realizó una proyección de ellas de la siguiente manera:

- Se estimó el parque vehicular por categoría de ingreso para los años 1997 y 2005 en función de los datos utilizados en ESTRAUS para cada área de la ciudad (definida en el la EOD'91¹¹).
- Se consideró que el parque automotriz existente al año 1997 tendría una tasa de retiro del 2% anual hasta el año 2005 y que el crecimiento del parque automotriz correspondería sólo a automóviles catalíticos.
- Para distribuir el crecimiento real del parque automotriz se utilizó una tabla de probabilidades de posesión de automóvil según categoría de ingreso por zona. Asumiendo que en el caso de los rangos más ricos la posesión de automóviles sería sólo de catalíticos y en los más pobres se reasignarían los automóviles más viejos.

¹¹ Encuesta Origen Destino del Gran Santiago 1991, SECTRA.

- Se supuso que el número de buses se mantendría constante.
- Se supuso que el % de camiones se mantendría constante.
- Se supuso que las categorías obtenidas mediante análisis de composición del parque, serían extensivas a los flujos en las calles.

4.2.1.3 Perfil temporal del flujo

En el tema de los perfiles temporales del flujo, se supuso que permanecían iguales que en el escenario 1997, descrito en punto 3.2.3.2 de este documento.

4.2.1.4 Factores de Emisión

La proyección de factores de emisión es un tema sumamente complejo, más aun si se considera que ya los factores estimados para el escenario 1997 contienen incerteza. Por esto fue necesario recurrir a muchos supuestos fundados más bien en la experiencia de los profesionales que conocen del tema. Es claro por tanto que los valores presentados son referenciales y requieren de una revisión más profunda.

A continuación se detallan los criterios utilizados para cada tipo de vehículo, los factores usados finalmente se presentan en el anexo N°1 de este documento.

Vehículos Gasolineros

En los vehículos gasolineros el kilometraje recorrido tiene efecto en las emisiones de CO, NOx y COVs. Este deterioro debiera ser proporcional a la distancia recorrida (se estima una relación del tipo lineal). Un criterio para estimar este efecto es el usado por la EPA para estimar deterioro en pruebas de certificación, esto es 20% más de emisiones después de recorridos los primeros 80.000 - 100.000 kilómetros, esto es válido para el ciclo de certificación.

Parece razonable aplicar el criterio usado por EPA para deterioro de convertidor sólo para los primeros 100.000 kilómetros de un automóvil. Posterior a dicho kilometraje las emisiones deberían aumentar más por efecto del desgaste mayor de los componentes del motor, haciendo que algunos de ellos no cumpla adecuadamente sus funciones. De acuerdo a la literatura la mantención inadecuada de los vehículos aumenta las emisiones de CO y HC y disminuye las de NOx. La tabla que se muestra a continuación muestra este efecto.

Factores para castigar emisiones por deterioro de automóviles

	Vehículos sin convertidor catalítico Ciclo FTP 72 (Suecia)		Vehículos con convertidor catalítico Ciclo desconocido (Holanda)	
	inferior	superior	inferior	superior
CO	+16%	+34%	+25%	+35%
HC	+13%	+25%	+13%	+21%
NOx	-8%	-19%	-2%	-2%

Datos CENMA (muy preliminares) parecen mostrar una fuerte dependencia del % de aumento de deterioro con el tipo de ciclo de prueba. Para una misma diferencia de kilometraje el deterioro parece ser mayor para CO y HC en aquellos ciclos de conducción trabados (New York). Este deterioro debe incluir el efecto del desgaste del convertidor catalítico, de la mantención y del deterioro por kilometraje.

Los factores de emisión usados para el inventario 1997 son estimados a partir de factores CORINAIR ajustados a mediciones en el 3CV. El kilometraje promedio de los vehículos ensayados en el 3CV es de 40.000 km. Al proyectar el crecimiento del parque vehicular según un 9% de aumento de las ventas de vehículos por año, la antigüedad promedio del parque de vehículos con convertidor al año 2005 será de aproximadamente 5.6 años. Considerando un kilometraje medio anual de 15000 km./vehículo, el kilometraje promedio acumulado de este parque de vehículos será de 83.300 km./vehículo, es decir, el doble que los vehículos ensayados en el 3CV. Por tal razón dichos factores no pueden ser considerados representativos.

Para subsanar lo anterior se propone corregir por un deterioro de un 10% de todas las emisiones correspondiente a 40.000 km. según el método EPA, más un porcentaje adicional que refleje el peor grado de mantención esperado (15%) con respecto a la situación europea que afecta directamente al convertidor catalítico y que por ende es aplicable a NOx. Ese porcentaje se ha calculado conservadoramente como la mitad de la efectividad en control de CO y HC esperada para un programa IM240.

Por lo tanto, para HC, CO y NOx en vehículos catalíticos $Fe_{2005} = 1.25 * Fe_{1997}$.

Para vehículos sin convertidor catalítico los factores de emisión actualmente usados corresponden a los de CORINAIR. Ellos consideran condiciones de mantención europeas y antigüedad del parque distintas a las nacionales. El efecto más importante a considerar es el de la mayor antigüedad de este parque de vehículos, el cual para el 2005 aumentará su edad promedio en 8 años, pues no pueden ingresar nuevos vehículos de este tipo. Con un recorrido promedio de 15000 km año para estos automóviles se tiene un aumento de kilometraje de 120.000 km en ocho

años. Para HC y CO se espera que a lo menos aumente en igual proporción que por el efecto de aumento de kilometraje en autos con convertidores catalíticos (superior a 20%), más un factor adicional por peor mantención que la europea. Para NOx, la situación es distinta. Es esperable una disminución de las emisiones por efecto de desgaste de los motores. Esta disminución de acuerdo a los datos de mantención entregados previamente, se estima en 10%.

Por lo tanto, para HC y CO en vehículos sin convertidor, $Fe_{2005} = 1.3 * Fe_{1997}$, para NOx en cambio $Fe_{2005} = 0.9 * Fe_{1997}$.

Buses

Es razonable esperar que la totalidad del parque de buses el año 2005 este constituido por vehículos con certificación EPA 91 (BUS C) y EPA 94 (BUS D). Los buses EPA94 deberían tener emisiones de aproximadamente la mitad de los EPA91 para PM10 y relativamente iguales en los otros contaminantes. Suponiendo un parque de 8500 buses a esa fecha, es razonable considerar que estará constituido por fracciones similares de buses EPA91 y EPA 94.

Por razones constructivas, la dependencia de las emisiones gaseosas de los motores diesel con la mantención y el deterioro es baja. Por lo tanto se propone para las emisiones de gases mantener los actuales FE de los motores EPA91. Para PM10 existe una fuerte dependencia con la mantención. Este tipo de vehículos circula del orden de 100.000 km/año lo que acelera su deterioro. Lamentablemente no se tienen datos de deterioro de emisiones de PM10 con el kilometraje, por lo tanto se estima razonable esperar que las emisiones aumenten en un 50% respecto de la situación base 1997.

Por lo tanto, para buses EPA91 y EPA 94, HC, CO y NOx $Fe_{2005} = Fe_{1997}$ Bus EPA91

Para PM10 se usó Bus EPA91 2005 = $1.5 * Fe_{1997}$ Bus EPA91

Bus EPA94 2005 = $0.75 * Fe_{1997}$ Bus EPA91

Camiones

Para el año 2005, se espera un parque de 60.000 camiones aproximadamente, en contraste con la situación actual de 40.000. De los 60.000 camiones se espera que 15.000 sean EPA94 y 12.000 EPA91. Los factores de emisión para camiones el 2005, surgen de una ponderación usando los criterios que se indican a continuación.

Camiones EPA 94, PM10 igual que bus EPA 94 2005, gases iguales a 1997.

Camiones EPA 91, PM10 igual que bus EPA 91 2005, gases iguales a 1997.

Camiones anteriores, gases y MP10 iguales a 1997.

4.2.2 Proyección de Emisiones desde Fuentes Móviles en Carreteras

4.2.2.1 Proyección de Flujos vehiculares en Carreteras

Para la proyección de los flujos en carreteras y caminos se usó como tasa de crecimiento el PIB, del orden del 6% en el período 1997-2005. De esta manera los vehículos-kilómetros recorridos en carreteras son de 2.7 millones para el año 2005, lo que corresponde al 12% del total regional.

4.2.2.2 Proyección de la Participación de las Categorías de Vehículos en el Flujo

La composición de los flujos se mantuvo invariante, salvo para vehículos particulares y comerciales donde se proyectaron las proporciones de catalíticos y no catalíticos para el 2005 según el tipo de calle Norte-Sur, explicado en el punto 4.2.2.2

4.2.2.3 Perfil Temporal del Flujo

En el tema de los perfiles temporales del flujo, se supuso que permanecían iguales que en el escenario 1997, descrito en punto 3.2.3.2 de este documento.

4.2.3 Estimación de Emisiones evaporativas de COV desde vehículos a gasolina

La metodología para la estimación de estas emisiones es exactamente la misma que para el inventario 1997. Lo único que cambia es el tamaño y la composición del parque, el cual está estimado en base a los kilómetros recorridos por vehículos gasolineros para escenario 2005 de SECTRA. La tabla que se presenta a continuación muestra las bases de cálculo utilizadas.

Emisiones Evaporativas Desde Vehículos Gasolineros 2005 (Hot Soak y Diurnal)

Tipo veh	Composición parque		Factor de emisión		Emisiones		
	%	Cantidad	Hot soak gr/evento	Diurnal gr/día	Hot soak ton/año	Diurnal ton/año	Total ton/año
Catalítico	70	765487	0.84	2.58	705	721	1426
No catalítico	30	327437	6.85	24.67	2458	2950	5408
Total	100	1092925			3162	3672	6834

4.2.4 Proyección de Emisiones de Motocicletas

La proyección de las emisiones de motocicletas para el año 2005 se hizo en base a una tasa de crecimiento del 10% anual, conservándose la misma proporción entre las de dos tiempos y cuatro tiempos. Los factores de emisión son los mismos que para 1997. Los resultados de las proyecciones se presentan a continuación.

Proyección de Emisiones de Motocicletas

		Factores de Emisión (gr/km)			Emisiones (ton/año)		
Motocicletas	Parque	NOx	HC	CO	NOx	HC	CO
De 2 Tiempos	3751	0.08	15.5	22	1.5	291	413
De 4 Tiempos	11254	0.30	3.56	20	16.9	200	1125
Total	15005				18.4	491	1538

4.2.5 Resultados

A continuación se presentan los resultados de la estimación de emisiones desde fuentes móviles para toda la Región Metropolitana. Las emisiones aparecen desagregadas por categoría de vehículos y corresponden a las emisiones por tubo de escape. Las emisiones de COV incluyen las del tubo de escape, evaporativas que dependen de los kilómetros recorridos (Running Losses), evaporativas por detenciones (Hot soak) y las que se producen por efecto de cambios de temperatura durante el día (Diurnal). Para PM10 aparecen dos columnas, la primera corresponde a las emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas y la segunda a las emisiones propias del vehículo, es decir, desde tubos de escape.

Inventario de Emisiones de Fuentes Móviles 2005. Región Metropolitana							
Categorías de vehículos	Recorrido Veh-km (10^6)	PM10 resuspendido ton/año	PM10 tubo de escape ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	COV ton/año	SOx ton/año
Vehículos particulares catalíticos AUC	6163	1865	62	22821	2003	2422	253
Vehículos particulares no catalíticos AUNC	3264	890	196	124475	8303	14603	144
Subtotal vehículos particulares	9427	2754	257	147296	10306	17025	396
Camiones CAM	1628	22338	1189	18842	12707	3187	2188
Vehículos comerciales catalíticos COMC	3704	2440	37	13640	1214	1453	200
Vehículos comerciales no catalíticos COMNC	2145	1758	356	83560	5414	9746	394
Subtotal vehículos comerciales	5849	4198	393	97200	6628	11199	594
Taxis catalíticos TC	4322	1319	43	16039	1360	1702	177
Taxis no catalíticos TNC	195	54	12	7720	489	896	9
Subtotal taxis	4517	1373	55	23759	1849	2599	186
Buses anteriores a 1990 BUS A	145	1558	261	1158	832	204	162
Buses entre 1991-1993 BUS B	237	2542	251	847	1455	442	265
Buses EPA 91 BUS C	549	5844	527	1504	3683	543	615
Buses EPA 94 Bus D	76	820	37	209	512	76	85
Subtotal Buses	1007	10764	1075	3718	6482	1266	1127
Motocicletas				1538	18	491	
TOTAL Fuentes Móviles	22427	41427	2969	292354	37989	35767	4492

4.3 Metodología Usada para Proyectar Emisiones de Fuentes Fijas

4.3.1 Antecedentes generales

La proyección de la emisión de contaminantes producto del funcionamiento de fuentes fijas el año 2005, se ha desarrollado a partir de la información identificatoria y de emisiones, contenida en la base FFIJAS de PROCEF, proyecciones económicas, de consumo energético, cambios tecnológicos y normativa actual sobre emisiones.

Para poder manejar toda la información necesaria para las proyecciones, así como aplicar a los datos base los algoritmos necesarios que permitiesen simular los efectos futuros de la actual normativa ambiental y a su vez incorporar la información sobre cambios tecnológicos futuros, representado principalmente por la utilización de gas natural, se desarrolló una planilla EXCEL de nombre F2005D1.XLS, cuyo contenido por su extensión, nos es imposible reproducir en un anexo, sin embargo, dicho archivo se encuentra en CONAMA.RM en medio magnético.

La planilla F2005D1.XLS, cuenta con todas las fuentes contenidas en la base FFIJAS a excepción de Central Renca, cuyas emisiones fueron alimentadas directamente al sistema de información a partir del Estudio de Impacto Ambiental. A todas ellas se les ha proyectado al año 2005 su emisión de CO, NO_x, SO_x, TOC y Material Particulado, incluyéndose además sus consumos energéticos y de combustible. En la planilla también se encuentran incluidos todos los datos antes mencionados para el año 1996. Por último, se han identificado los procesos más emisores, así como las fuentes que funcionarán con gas natural el 2005.

Debido a la conexión existente entre consumo de combustible, y las emisiones en calderas y hornos de panadería, es posible proyectar sus emisiones futuras basándose en el aumento estimado de su consumo energético, el combustible utilizado, y la normativa existente. Sin embargo, en el caso de la mayoría de los procesos no existe una conexión directa entre la intensidad de uso del combustible asociado y la emisión de la fuente, estando sus emisiones más bien relacionadas a la intensidad de uso de materias primas o su nivel de producción. Es por ello que surge la necesidad de emplear dos metodologías distintas en el cálculo de emisiones de procesos productivos. Debiendo general, ser abordados caso a caso, utilizando factores de emisión específicos y proyecciones de producción. Sin embargo, debido al gran número y variedad de los procesos de la región metropolitana, esta metodología es imposible de aplicar a todos ellos. Para salvar esta dificultad, se han identificado las industrias con los procesos de mayor emisión de material particulado (17 en total), a los cuales se les ha aplicado una metodología de cálculo caso a caso. A los restantes procesos se les ha proyectado su emisión a partir de su consumo de combustible, y de factores de emisión asociados a éste.

Así, se han dividido las fuentes en las siguientes dos categorías.

a) Calderas, Hornos de Panaderías y Proceso.

Comprende todas las Calderas Industriales y de Calefacción, Hornos de Panaderías y los procesos no comprendidos entre los de mayor emisión de material particulado. A esta categoría se les ha calculado sus emisiones, a partir de su consumo de combustible y de factores de emisión.

b) Grandes Procesos Emisores.

Comprende una parte de la totalidad de los procesos de la Región Metropolitana, constituida por los procesos de las 17 industrias de mayor emisión de material particulado. A las fuentes dentro de esta categoría se les ha calculado sus emisiones caso a caso, utilizando para ello factores de emisión específicos e información de producción.

Para ambas categorías se han calculado las emisiones gaseosas para el año 2005 considerándose los siguientes contaminantes; NO_x, CO, TOC y SO_x. Así como, su proyección de emisiones de Material Particulado, con su distribución granulométrica.

4.3.2 Metodología de Proyección de Emisiones.

La metodología de cálculo a emplear estará determinada principalmente por el tipo de categoría a la cual pertenezca la fuente, y en segundo lugar por el tipo de contaminante a proyectar, ya sea éste material particulado o emisión gaseosa. A continuación se explica dicha metodología separada por categoría y contaminante.

4.3.2.1 Emisiones de Calderas, Hornos de Panadería y Procesos

En esta categoría se consideran tanto Calderas de Calefacción como Industriales, todos los Hornos de Panadería, y todos los procesos excluyéndose los Grandes Procesos Emisores.

En el caso de las emisiones gaseosas, su proyección se ha realizado a través del consumo de combustible, utilizando los factores EPA de emisión asociados a éstos. En el caso del material particulado, su proyección se ha realizado a partir de las mediciones realizadas por PROCEFF, las cuales se encuentran contenidas en la base FFIJAS.

4.3.2.1.1 Proyección de material particulado.

a) Proyección según aumento de consumo energético.

El material particulado se ha proyectado a partir de las emisiones contenidas en la base FFIJAS, considerándose un aumento de emisiones directamente proporcional al aumento de consumo energético. Para ello se han utilizado las proyecciones contenidas en el estudio realizado por ¹²CADE-IDEPE para CONAMA.

Así, la emisión del 2005 se calculó a partir la emisión del '96, según la ecuación.

$$\text{Emisión 2005} = \frac{\text{Emisión '96}}{\text{Cons. Energ. '96}} * \text{Cons. Energ. 2005} \quad (2.1)$$

Se consideró un crecimiento medio de la economía, asociado a un crecimiento del PIB de 6% anual, lo que se traduce en un crecimiento de consumo energético de 55.73 % entre 1996 y 2005.

Así, el consumo energético para el 2005 sería.

$$\text{Cons. Energ. 2005} = \text{Cons. Energ. 1996} * 1.5573 \quad (2.2)$$

reemplazando y factorizando se tiene,

$$\boxed{\text{Emisión 2005} = \text{Emisión '96} * 1.5573} \quad (2.3)$$

b) Consideraciones legales.

Por otro lado se han considerado las restricciones de emisión impuestas por el Decreto Supremo N°4/1992 del Ministerio de Salud, referentes a concentración máxima permitida y emisiones meta , éstas pueden verse resumidas en la tabla siguiente

- Calderas Puntuales (Caudal > 1000 m3/hr).
- Calderas Grupales (Caudal < 1000 m3/hr).

¹² “Análisis de la Política Ambiental Nacional en la Producción, Distribución y Consumo de Combustibles”; INFORME N°2 CARACTERIZACION DEL MERCADO DE COMBUSTIBLES. REV.1” Junio de 1996 - CADE IDEPE.

Normativa de Material Particulado.

Tipo de Fuente	PLAZOS	Nuevas Registradas después del 02/03/92	Existentes Registradas antes del 02/03/92
Puntual	31/12/97	112 mg/m ³ N y Compensar 100%	112 mg/m ³ N y Segunda Meta
Grupal	31/12/97	56 mg/m ³ N	

Segunda Meta de Emisión (kg./día) = 0.000056 x Caudal x 24 (m3/hr)

Para considerar la compensación total de las emisiones por parte de las calderas puntuales nuevas se han considerado sus emisiones igual a cero y la de las vieja igual a la meta. Como simplificación se ha calculado la meta anual (Ton/año), a partir de la meta diaria(Kg./día) multiplicada por los 365 días del año y dividida por 1000.

Debido a que las calderas grupales, no compensan sus emisiones se han proyectado según el crecimiento del consumo energético.

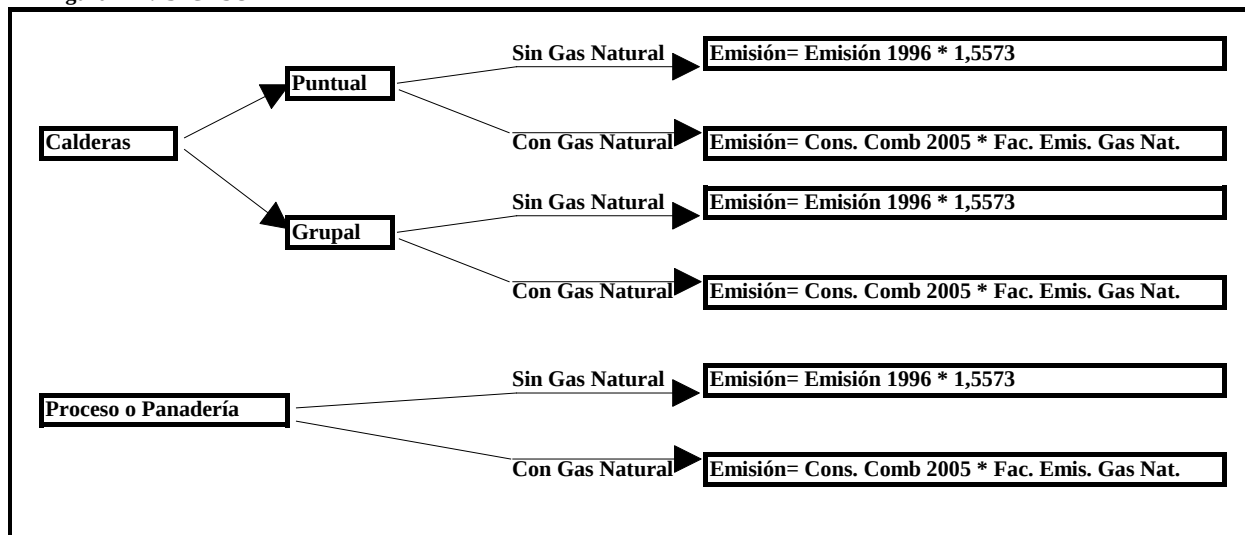
Debido a que no existe normativa clara de compensaciones para proceso, y panadería sus emisiones se han proyectado según el crecimiento del consumo energético.

c) Utilización de gas natural.

Se han identificado todas las empresas que estarán usando gas natural para el 2005. Debido a que las calderas puntuales están restringidas por el decreto N°4, esta restricción, combinada al uso de gas natural por parte de las calderas puntuales, da lugar a dos escenarios posibles, a saber:

Caso 1. Que el uso de gas natural por parte de las calderas puntuales, no considerándose compensación, origine en el 2005 una emisión de material particulado de todas las calderas, puntuales **menor a la emisión meta**. En este caso la proyección de emisiones deberá hacerse no considerando la emisión meta para las calderas puntuales, si no, la emisión originada por el consumo de gas natural, o por la proyección simple de las emisiones. Esto último debido a que las calderas que emitan más allá de la cuota de emisión meta, podrán compensar con las que emitan menos.

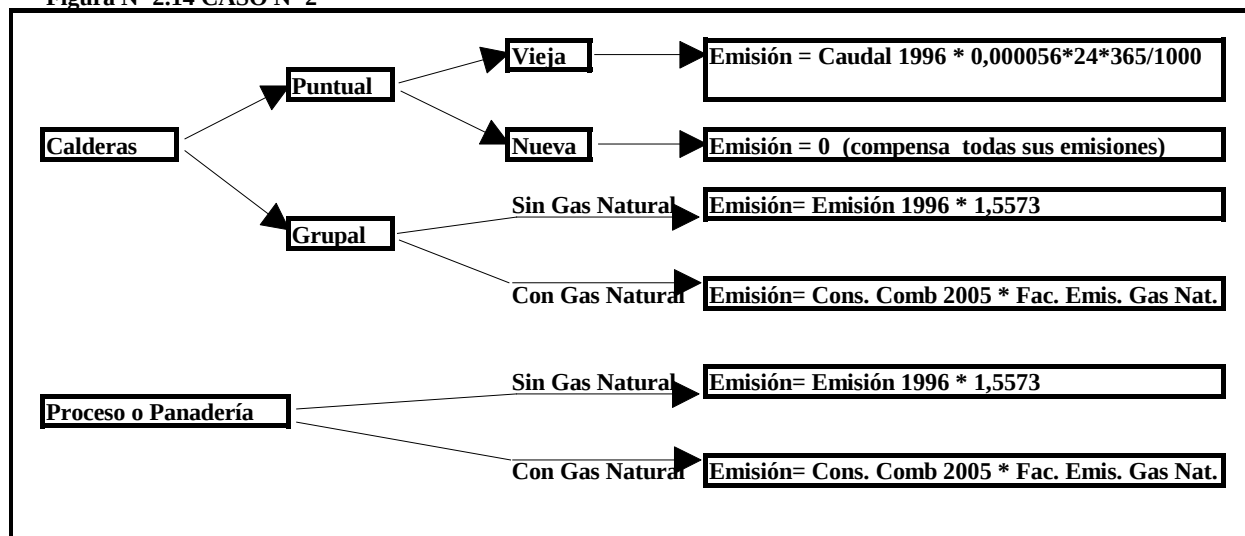
Figura N°2.13 CASO N° 1



En este caso la emisión de las calderas puntuales es de 1.355 Ton/Año.

Caso 2. Que el uso de gas natural por parte de las calderas puntuales, no considerándose compensación, origine en el 2005 una emisión de material particulado de todas las calderas, puntuales **mayor a la emisión meta**. En este caso la proyección de emisiones deberá hacerse considerando la emisión meta, y el mecanismo de compensación para las calderas puntuales, pues será la cantidad de emisiones máxima posible de emitir. En la Figura N° 2.14 se muestra tal lógica de proyección.

Figura N° 2.14 CASO N° 2



En este caso la emisión de las calderas puntuales es de 939 Ton/Año. Como puede verse la emisión para el caso N°2 es menor a la del caso N°1. Así, la lógica del caso N°2 será la utilizada

en la proyección de material particulado. Esta proyección se encuentra en el campo 2005_PM_ANO_COMP_CON GAS , de la base de datos F_2005D1.XLS.

4.3.2.1.2 Proyecciones de Gases.

La proyección de las emisiones gaseosas para el año 2005 se ha realizado a partir del consumo de combustible de las fuentes (año 1996) contenido en la base FFIJAS de PROCEFF, dicho consumo ha sido multiplicado por el poder calorífero inferior de cada combustible, obteniéndose así el consumo energético asociado a cada fuente en [Kcal/h]. El consumo energético obtenido por este procedimiento, es proyectado según el crecimiento esperado del consumo energético para el período 1996-2005, el cual a sido extraído del estudio realizado por ¹³CADE-IDEPE para CONAMA, siendo este un aumento del 55.73%, suponiendo un crecimiento medio del PIB del 6% anual. Esta proyección del consumo energético es dividida posteriormente por el poder calorífero inferior del combustible que utilizará la fuente el 2005, obteniéndose así su consumo de combustible.

Es el caso de cerca de 500 empresas de la Región Metropolitana inscritas actualmente en METROGAS, y que cambiarán su combustible actual por gas natural para el año 2005, las fuentes asociadas a estas empresas fueron identificadas una a una en la base de datos, resultando un total de aproximadamente 1500 fuentes.

La emisión de contaminantes gaseosos (NOx, CO, TOC y SOx) para el 2005, se proyectó a partir del consumo de combustible estimado para el 2005 y de factores de emisión del AP 42 para calderas.

Debido a que el cálculo de emisiones gaseosas de Procesos, a partir de factores de emisión de calderas no es una buena aproximación, se ha realizado ésta proyección sólo para los procesos de menor emisión, debido a que su gran numero, variedad y falta de información, no permiten realizar una mejor proyección. Sin embargo, para los procesos de mayor emisión (Grandes Procesos Emisores), se ha realizado una proyección a partir de factores de emisión específicos.

En el caso de las panaderías, la proyección de sus emisiones gaseosas se ha realizado utilizando factores de emisión de calderas, por no contarse con factores de emisión de literatura para éste tipo de proceso, que permitan calcular las emisiones de gases.

¹³ Cuadro 1.31. “Análisis de la Política Ambiental Nacional en la Producción, Distribución y Consumo de Combustibles; INFORME N°2 CARACTERIZACION DEL MERCADO DE COMBUSTIBLES. REV.1” Junio de 1996 - CADE IDEPE.

No se consideró entre las emisiones gaseosas proyectadas a través de su consumo de combustible a las fuentes fuera de servicio, desaparecidas, las que tienen un consumo de combustible igual a cero, que utilizan combustibles no contaminantes como es la electricidad, o a las fuentes pertenecientes a los Grandes Proceso Contaminantes, estas últimas para no duplicar su proyección de emisiones.

4.3.2.1.3 Factores de emisión.

Todos los factores de emisión empleados en la proyección de emisiones gaseosas, fueron extraídos del AP42.

Se debe aclarar que, en la base FFIJAS de PROCEFF las fuentes se hallan clasificadas en tres categorías, siendo éstas; Calderas Industriales (IN), Calderas de Calefacción (CA), Hornos de Panadería (PA), y Procesos (PR).

Debido a que los factores de emisión de calderas, en general dependen de la capacidad de consumo energético de éstas, se observó el rango de consumo de las distintas fuentes contenidas en FFIJAS, constatándose el ser posible hacer dos subdivisiones, la primera integrada por las fuentes de mayor consumo, siendo éstas las Calderas Industriales y los Procesos a las cuales se les asocio factores clasificado por el AP42 como Industrial Boilers y Small Industrial Boilers. La segunda subdivisión está integrada por las fuentes de menor consumo, Calderas de Calefacción y Panaderías, a éstas se le asocio un factor de emisión de Comercial/Residencial Boiler.

Dado que los factores de emisión para combustibles gaseosos y líquidos son expresados en el AP42 en Kg. de contaminante por m³ Gas o litros de combustible líquido respectivamente, y que por otro lado, el consumo de combustibles en la base FFIJAS, se encuentra expresado en Kg. / hr. (aún para gases), los factores de literatura han sido transformados a unidades de Kg. de contaminantes por Kg. de combustible. Para ello se dividió el factor por la densidad del gas en condiciones estándares, o del líquido respectivamente. Debe notarse que los factores de emisión para Gas licuado, entregados por el AP42 se dan en unidades de Kg. de contaminante por litros de combustible, con el gas en estado líquido.

4.3.2.2 Emisiones de Grandes Procesos Emisores.

Como ya se ha dicho debido a la gran variedad, diversidad de los procesos, no es posible realizar una proyección general de emisiones para todos ellos. Así, se procedió a la identificación de los procesos de mayor emisión de material particulado, de éstos se consideraron 17 procesos, con un total de 81 fuentes, y responsables del 69% de la emisión de material particulado (año 1996) de la clasificación Procesos (PR) de la base FFIJAS. Para estos procesos se proyectó la emisión de material particulado total (PTS), y nivel de producción para el 2005. A partir de factores de

emisión, se obtuvo su distribución por tamaño de particulado, y emisión de gases (ver Anexo N°1).

4.3.2.2.1 Proyección de material particulado.

Las proyecciones de emisión de material particulado para el 2005, se hicieron, a partir de la emisión medida del año '96 (FFIJAS), y proyectando sus emisiones según el crecimiento estimado del PIB de un 6% anual (CADE IDEPE).

Se prefirió proyectar las emisiones de material particulado utilizando el PIB y no el aumento en el uso de la energía, por considerarse más representativo del aumento de actividad de las fuentes, toda vez que muchas emisiones de procesos no están directamente asociadas al uso de combustible y sí, al aumento del nivel de producción.

Así, el aumento de emisiones en el período de nueve años comprendido entre 1996 y 2005 queda expresado por la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión mat. part. 2005} = \text{Emisión mat. part. '96} * (1.06)^9 \quad (2.4)$$

4.3.2.2.2 Proyecciones de Gases.

La proyección de gases para el año 2005 de los grandes procesos emisores, se realizó proyectando la producción de un año dado, utilizando para ello el crecimiento estimado del PIB de un 6% anual (CADE IDEPE). La información de producción se obtuvo mayoritariamente del “Estudio de Clasificación y Caracterización de las fuentes estacionarias de la región metropolitana denominadas proceso en al base de datos de PROCEFF” el cual fue realizado por PRICA - U de Chile.

De la proyección del producto o el insumo específico del proceso en cuestión, se procedió a calcular sus emisiones gaseosas utilizando para ello factores de emisión de literatura(AP42).

4.4 Metodología Usada para Proyectar Emisiones de Otras Fuentes

En el rubro de otras fuentes la mayor parte de las proyecciones corresponde al uso de factores adecuados a cada caso como se muestra en la tabla siguiente

Tipo de Fuente	Metodología de Proyección 1997-2005
Combustión Residencial	Se proyectó usando los mismos factores que para 1997.
Emisiones Evaporativas de COV	Información base 1997 proyectada según PIB
Solventes de Uso Doméstico	Información base 1997 proyectada según PIB
Distribución de Combustibles	Más adelante se detalla metodología de proyección
Emisiones Biogénicas	A falta de una metodología de proyección, se optó por conservar el mismo valor que en 1997.
Incendios Forestales	A falta de una metodología de proyección, se optó por conservar el mismo valor que en 1997.
Quemas Registradas e Ilícitas	A falta de una metodología de proyección, se optó por conservar el mismo valor que en 1997.

Distribución de Combustibles

Las emisiones evaporativas de COV asociadas a la distribución de combustibles está asociada directamente al nivel de actividades de las fuentes móviles, por lo tanto las proyecciones para el escenario 2005 recogen el efecto en el crecimiento de los kilómetros recorridos y por tanto del aumento en el consumo de gasolina.

Emisiones Evaporativas de COV en Cadena de Distribución de Combustibles

Etapas	Emisión COV ton/año
Estanques de almacenamiento (Maipú)	2851
Estaciones de Servicio (etapa1)	1900
Estaciones de Servicio (etapa2)	2559
TOTAL	7310

4.5 Metodología Usada para Proyectar Emisiones de Polvo Resuspendido

4.5.1 Proyección emisiones de calles pavimentadas

La proyección de emisiones se hizo de la misma forma que la proyección de emisiones por tubo de escape. La salvedad es que para los factores de emisión en este caso se asume que no cambian, puesto que no existía ninguna forma de estimar el contenido de polvo en las calles al año 2005.

4.5.2 Proyección emisiones de calles sin pavimentar

Para una proyección de las emisiones de calles sin pavimentar, no fue posible realizar una estimación del número de kilómetros de calles de tierra que tendríamos en el Gran Santiago para el año 2005. Por esto se asumió que se mantendrían los mismos que para 1997, dado que entre 1993 y 1997 no hubo gran variación. Así, las emisiones para el escenario 2005 son las mismas que para 1997.

4.6 Resultados Inventario 2005

Tipo fuente	Fuente	PM10 Ton/año	CO Ton/año	NOx Ton/año	COV Ton/año	SO2 Ton/año
Fuentes Fijas	Procesos Industriales	2283	1059	8390	98	8863
	Calderas Industriales	936	2301	5040	301	7064
	Calderas de Calefacción	272	224	596	22	1042
	Panaderías	53	78	134	5	167
	TOTAL FF	3544	3661	14159	425	17136
Otras Fuentes	Combustión residencial ⁽¹⁾	1487	6746	2466	5744	1588
	Emisiones evap. de COV ⁽²⁾				22260	
	Solventes de uso doméstico				2098	
	Distribución de combustibles ⁽³⁾				7310	
	Emisiones biogénicas			218	8722	
	Incendios forestales	1467	9083	140	873	
	Quemas registradas e ilícitas	65	410	1	74	
	TOTAL OF	3019	16239	2825	47081	1588
Fuentes Móviles	Vehículos particulares	257	147296	10306	17025	396
	Vehículos comerciales	393	97200	6628	11199	594
	Taxis	55	23759	1849	2599	186
	Camiones	1189	18842	12707	3187	2188
	Buses	1075	3718	6482	1266	1127
	Motocicletas		1538	18	491	
	TOTAL FM	2969	292353	37990	35767	4492
	SUBTOTAL	9532	312253	54974	83273	23216
Polvo resuspendido	Calles Pavimentadas	39966				
	Calles sin pavimentar	4462				
	TOTAL Polvo resuspendido	44428				
	TOTAL	53959	312253	54974	83273	23216

Fuente: CONAMA R.M.

(1) Emisiones producidas por combustión de leña, kerosene, gas licuado y gas de cañería en residencias.

(2) Incluye lavasecos, talleres de pintado de autos y uso de pintura en casas y edificios.

(3) Corresponde a las emisiones producidas por evaporación en grandes estanques de almacenamiento, almacenamiento en servicentros y expendio de gasolina en los mismos

5. Bibliografía

- CONAMA R.M. , 1996: Mejoramiento de la información requerida para el control de la contaminación atmosférica de la Región Metropolitana. Informe Final, proyecto de cooperación Chile - Suecia.
- CONAMA R.M., 1996: Estimación de emisiones de quemas agrícolas y evaporativas. Informe Final 1996 Programa Prioritario N°3, en desarrollo por CENMA.
- CONAMA R.M., 1996: Análisis de factores de emisión de fuentes fijas y móviles. Informe Final 1996, Subprograma Fuentes Fijas, en desarrollo por CENMA.
- CONAMA R.M., Abril 1997: Análisis de factores de emisión de fuentes fijas y móviles. Informe de avance N°1, Subprograma Fuentes Fijas, en desarrollo por CENMA.
- CONAMA R.M., 1996: Análisis de factores de emisión de fuentes fijas y móviles. Informe Final 1996, Subprograma Fuentes Móviles, en desarrollo por CENMA.
- Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana 1994: Metodologías para la estimación de reducción de emisiones de polvo de calles (Medición y determinación de factores de emisión provenientes de calles). Informe Final, desarrollado por INTEC-Chile.
- CONAMA R.M., Marzo 1997: Análisis de la política ambiental nacional en la producción, distribución y consumo de combustibles. Informe Final, desarrollado por CADE-IDEPE.
- Environmental Protection Agency Unites States (US-EPA), Compilation of Air Pollutant Emission Factors. AP-42 Fifth Edition 1995.
- CORINAIR, Febrero de 1996: Atmospheric Emission Inventory Guidebook. Volúmenes I y II.
- SECTRA Plan de Desarrollo Urbano de Transporte 1995-2005.

6. Anexos

anexo1: Factores de emisión fuentes móviles escenario 1997 y 2005

anexo2: Ejemplo de cálculo de emisiones gaseosas de Grandes Procesos.

anexo3: Factores emisión gaseosos FFijas 2005

anexo4: Responsabilidades relativas de los diferentes tipos de fuentes evaporativas.

Factores de emisión desde lavasecos

Factores de emisión de pinturas.

6.1 ANEXO 1: Factores de Emisión de Fuentes Móviles

FACTORES DE EMISION FUENTES MOVILES INVENTARIO 1997 (mg/km)											
AUC Autos particulares cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	268	254	244	236	232	231	233	238	257	288	331
SO2	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
CO	4178	3818	3502	3230	3002	2817	2675	2578	2514	2624	2909
PM10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
COV	265	257	249	243	237	232	228	225	223	223	228
AUNC Autos particulares no cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	1778	1975	2164	2345	2518	2683	2840	2989	3130	3263	3388
SO2	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
CO	101942	65873	51023	42565	36983	32970	29919	27505	23898	11040	12160
PM10	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
COV	9946	6152	4645	3805	3260	2873	2582	2354	2017	1247	1247
CAM Camiones											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	8700	8700	8700	8700	8700	8700	8700	8700	8700	8700	8700
SO2	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344
CO	18800	18800	18800	18800	18800	18800	18800	18800	18800	18800	18800
PM10	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
COV	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
COMC Vehiculos comerciales cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	268	254	244	236	232	231	233	238	257	288	331
SO2	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
CO	4178	3818	3502	3230	3002	2817	2675	2578	2514	2624	2909
PM10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
COV	265	257	249	243	237	232	228	225	223	223	228
COMNC Vehiculos comerciales no cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	1778	1975	2164	2345	2518	2683	2840	2989	3130	3263	3388
SO2	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
CO	101942	65873	51023	42565	36983	32970	29919	27505	23898	11040	12160
PM10	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166
COV	9946	6152	4645	3805	3260	2873	2582	2354	2017	1247	1247

TC Taxis cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	268	254	244	236	232	231	233	238	257	288	331
SO2	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
CO	4178	3818	3502	3230	3002	2817	2675	2578	2514	2624	2909
PM10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
COV	265	257	249	243	237	232	228	225	223	223	228
TNC Taxis no cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	1778	1975	2164	2345	2518	2683	2840	2989	3130	3263	3388
SO2	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
CO	101942	65873	51023	42565	36983	32970	29919	27505	23898	11040	12160
PM10	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
COV	9946	6152	4645	3805	3260	2873	2582	2354	2017	1247	1247
BUS A Buses anteriores a 1991											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740
SO2	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
CO	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990
PM10	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
COV	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410
BUS B Buses entre 1991 y 1993											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150
SO2	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
CO	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580
PM10	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060
COV	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
BUS C Buses EPA 91											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710
SO2	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
CO	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740
PM10	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640	640
COV	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990

FACTORES DE EMISION FUENTES MOVILES INVENTARIO 2005 (mg/km)											
AUC Autos particulares cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	335	318	305	295	290	289	291	298	321	360	414
SO2	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
CO	5223	4773	4378	4038	3753	3521	3344	3223	3143	3280	3636
PM10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
COV	331	321	311	304	296	290	285	281	279	279	285
AUNC Autos particulares no cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	1600	1778	1948	2111	2266	2415	2556	2690	2817	2937	3049
SO2	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
CO	132525	85635	66330	55335	48078	42861	38895	35757	31067	14352	15808
PM10	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
COV	12930	7998	6039	4947	4238	3735	3357	3060	2622	1621	1621
CAM Camiones											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	7805	7805	7805	7805	7805	7805	7805	7805	7805	7805	7805
SO2	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344	1344
CO	11573	11573	11573	11573	11573	11573	11573	11573	11573	11573	11573
PM10	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730
COV	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958	1958
COMC Vehiculos comerciales cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	335	318	305	295	290	289	291	298	321	360	414
SO2	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
CO	5223	4773	4378	4038	3753	3521	3344	3223	3143	3280	3636
PM10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
COV	331	321	311	304	296	290	285	281	279	279	285
COMNC Vehiculos comerciales no cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	1600	1778	1948	2111	2266	2415	2556	2690	2817	2937	3049
SO2	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
CO	132525	85635	66330	55335	48078	42861	38895	35757	31067	14352	15808
PM10	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166
COV	12930	7998	6039	4947	4238	3735	3357	3060	2622	1621	1621
TC Taxis cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	335	318	305	295	290	289	291	298	321	360	414
SO2	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
CO	5223	4773	4378	4038	3753	3521	3344	3223	3143	3280	3636
PM10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
COV	331	321	311	304	296	290	285	281	279	279	285

TNC Taxis no cataliticos											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	1600	1778	1948	2111	2266	2415	2556	2690	2817	2937	3049
SO2	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
CO	132525	85635	66330	55335	48078	42861	38895	35757	31067	14352	15808
PM10	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
COV	12930	7998	6039	4947	4238	3735	3357	3060	2622	1621	1621
BUS A Buses anteriores a 1991											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740	5740
SO2	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
CO	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990	7990
PM10	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
COV	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410
BUS B Buses entre 1991 y 1993											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150
SO2	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
CO	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580	3580
PM10	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060
COV	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
BUS C Buses EPA 91											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710
SO2	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
CO	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740
PM10	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
COV	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990
BUS D Buses EPA 94											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710	6710
SO2	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
CO	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740	2740
PM10	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
COV	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990
BUS GN Buses Gas Natural											
Veloc(km/hr)	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
NOx	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390	2390
SO2	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
CO	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400
PM10	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
COV	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050

6.2 ANEXO 2: Ejemplo de cálculo de emisiones gaseosas de Grandes Procesos .

La planilla que se presenta a continuación corresponde a una de las fuentes de la industria “Cemento Polpaico” y contiene la información necesaria para estimar emisiones gaseosas tanto para 1996 como para una proyección 2005. También aparecen factores que permiten estimar la distribución de tamaño de partículas emitidas.

Industria	Cemento Polpaico		
Llave	3490		
Producto	clinker Cemento Portland		
Proceso	Evaporación, deshidratación, calcinación reacción química		
Equipo	Horno rotatorio N°1		
Eq. de Control	ESP		
Proceso AP42	wet porcess kiln with ESP		
SCC	3-05-007-06		
Producción ´96	638750	ton/año	estimada
Producción 2005	1079155	ton/año	estimada
Emisión PM ´96	186.0607958	ton/año	medida
Emisión PM 2005	314.3457996	ton/año	estimada

Diámetro	% acumulado de masa	Emisión ´96 ton/año	Emisión 2005 ton/año	fracc masa 96 ton/año	fracc masa 2005 ton/año	
20	98%	182.34	308.06	13.02	22.00	pm20
15	91%	169.32	286.05	11.16	18.86	pm15
10	85%	158.15	267.19	2.98	5.03	pm10
6	83.4%	155.17	262.16	0.74	1.26	pm6
5	83%	154.43	260.91	35.35	59.73	pm5
2.5	64%	119.08	201.18	21.21	35.84	pm2.5
1	52.6%	97.87	165.35	97.87	165.35	pm1

	SO2	NOx	CO	TOC
F. E. (kg/ton clinker producida)	4.10	3.70	0.06	0.014
Emisión ´96 (ton/año)	2618.88	2363.38	38.33	8.94

Emisión 2005 (ton/año)	4424.53	3992.87	64.75	15.11
------------------------	---------	---------	-------	-------

6.2 ANEXO 3: Factores de Emisión de Fuentes Fijas

Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para Cald. Industriales (IN) y Procesos (PR).

Fuente : Factores Calculados a Partir de Factores EPA

Unidad del Factor : Kg Emisión/ Kg Combustible.

Código Comb.	Tipo de Comb. EPA	NOx	CO	TOC	SOx	Source Category	Densidad [Kg/l]	Poder calorifico [Kcal/Kg]
0	Sin Especificar	-	-	-	-	-		
1	Carbón	0.00375	0.00300	0.00003	0.03800	Carbón Bituminoso		6023
2	Leña	0.00075	0.00680	0.00011	0.00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
3	Petróleo N°6	0.00676	0.00061	0.00016	0.02335	Petróleo N°6	0.9765	9625
4	Petróleo N°5	0.00691	0.00063	0.00016	0.01990	Petróleo N°5	0.9548	9762
5	Petróleo N°2	0.00283	0.00071	0.00004	0.00420	Petróleo N°2	0.8493	10165
6	Gas	0.00442	0.00074	0.00012	0.00001	50% Propano + 50%Butano	5.43E-01	10734(*)
7	Kerosene	0.00283	0.00071	0.00004	0.00420	Se supone como Pet.N°2	0.7972	10418
8	Aserrin	0.00075	0.00680	0.00011	0.00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
9	Viruta	0.00075	0.00680	0.00011	0.00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
10	Aceite Quemado	0.00676	0.00061	0.00016	0.02335	N° 6 Oil Fired		9625
11	Carbón Coke	0.00375	0.00300	0.00003	0.03800	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker		6023
12	Gas de Cañería	0.00442	0.00074	0.00012	0.00001	Se supone emisión como Gas	9.16E-04	5300
13	Electricidad	-	-	-	-	-		
14	Gas Natural	0.00315	0.00079	0.00013	0.00001	Nat. Gas Comb, Small Industrial Boilers	7.10E-04	11500
30	Lef	0.00676	0.00061	0.00016	0.02335	Se supone como Petróleo N° 6	0.9765	9625
40	Superlef	0.00691	0.00063	0.00016	0.01990	Se supone como Petróleo N°5	0.9548	9762
74	Kerosene/Pet5	0.00691	0.00063	0.00016	0.01990	Se supone como Petróleo N°5		9762
870	18,26 Carb/Pet6	0.00616	0.00109	0.00013	0.02628	20%Carbón + 80%Pet. N° 6		8904
871	22,28 Carb/Pet6	0.00616	0.00109	0.00013	0.02628	20%Carbón + 80%Pet. N° 6		8904
8120	Aser,Carb,Leña	0.00375	0.00300	0.00003	0.03800	Se supone emisión como Carbón Bituminoso		6023

(*) Densidad del gas en estado líquido, según AP42 Apéndice A

Factores de Emisión EPA de Combustibles Básicos de Industrial y Small Industrial Boilers

Tipo de Combustible Epa	NO _x	CO	TOC	SO _x	Source Category	Unidad	Secc. AP42	%S (másico)
Carbón Bituminoso	3.75E-03	3.00E-03	2.80E-05	0.038	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker	[Kg/Kg]	1.1	2.0000
Desecho de Leña en Proceso	7.50E-04	6.80E-03	1.10E-04	3.70E-05	Wood Waste Comb., Stoker Boilers	[Kg/Kg]	1.6	-
Petróleo N°6	6.60E-03	6.00E-04	1.54E-04	0.0228	Industrial Boiler, N°6 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1.2000
Petróleo N°5	6.60E-03	6.00E-04	1.54E-04	0.019	Industrial Boiler, N°5 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1.0000
Petróleo N°2	2.40E-03	6.00E-04	3.00E-05	0.00357	Industrial Boiler, Destilated Oil Fired	[Kg/l]	1.3	0.2100
Propano	2.30E-03	4.00E-04	6.00E-05	7.00E-06	LPG Combustion, Industrial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0,0015(***)
Butano	2.50E-03	4.00E-04	7.00E-05	6.50E-06	LPG Combustion, Industrial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0.0015
Gas Natural	2.24E-06	5.60E-07	9.20E-08	9.60E-09	Nat. Gas Comb, Small Industrial Boilers	[Kg/l]	1.4	-

(**) Factores de Emisión para litros de Gas licuado en estado líquido.

(***) Contenido se sulfuro aproximado a Gas licuado

Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para Cald. Industriales (CA) y Procesos (PA).

Fuente : Factores Calculados a Partir de Factores EPA

Unidad del Factor : Kg Emisión/ Kg Combustible.

Código Comb	Tipo de Comb. EPA	NOx	CO	TOC	SOx	Source Category	Densidad [Kg/l]	Poder calorifico [Kcal/Kg]
0	Sin Especificar	-	-	-	-	-		
1	Carbón	0.00375	0.00300	0.00003	0.03800	Carbón Bituminoso		6023
2	Leña	0.00075	0.00680	0.00011	0.00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
3	Petróleo N°6	0.00676	0.00061	0.00020	0.02335	Petróleo N°6	0.9765	9625
4	Petróleo N°5	0.00691	0.00063	0.00020	0.01990	Petróleo N°5	0.9548	9762
5	Petróleo N°2	0.00283	0.00071	0.00008	0.00420	Petróleo N°2	0.8493	10165
6	Gas	0.00322	0.00046	0.00012	0.00001	50% Propano + 50%Butano	5.43E-01	10734(*)
7	Kerosene	0.00283	0.00071	0.00008	0.00420	Se supone como Pet.N°2	0.7972	10418
8	Aserrin	0.00075	0.00680	0.00011	0.00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
9	Viruta	0.00075	0.00680	0.00011	0.00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
10	Aceite Quemado	0.00676	0.00061	0.00020	0.02335	N° 6 Oil Fired		9625
11	Carbón Coke	0.00375	0.00300	0.00003	0.03800	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker		6023
12	Gas de Cañería	0.00322	0.00046	0.00012	0.00001	Se supone como Gas	9.16E-04	5300
13	Electricidad	-	-	-	-	-		
14	Gas Natural	0.00225	0.00046	0.00018	0.00001	Nat. Gas Comb, Small Industrial Boilers	7.10E-04	11500
30	Lef	0.00676	0.00061	0.00020	0.02335	Se supone como Petróleo N° 6	0.9765	9625
40	Superlef	0.00691	0.00063	0.00020	0.01990	Se supone como Petróleo N°5	0.9548	9762
74	Kerosene/Pet5	0.00691	0.00063	0.00020	0.01990	Se supone como Petróleo N°5		9762
870	18,26 Carb/Pet6	0.00616	0.00109	0.00016	0.02628	20%Carbón + 80%Pet. N° 6		8904
871	22,28 Carb/Pet6	0.00616	0.00109	0.00016	0.02628	20%Carbón + 80%Pet. N° 6		8904
8120	Aser,Carb,Leña	0.00375	0.00300	0.00003	0.03800	Se supone como Carbón Bituminoso		6023

(*) Densidad del gas en estado líquido, según AP42 Apéndice A

Factores de Emisión EPA de Combustibles Básicos de Comercial y Residencial Boilers

Tipo de Combustible Epa	NOx	CO	TOC	SOx	Source Category	Unidad	Secc. AP42	%S (másico)
Carbón Bituminoso	3.75E-03	3.00E-03	2.80E-05	0.038	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker	[Kg/Kg]	1.1	2.0000
Desecho de Leña en Proceso	7.50E-04	6.80E-03	1.10E-04	3.70E-05	Wood Waste Comb., Stoker Boilers	[Kg/Kg]	1.6	-
Petróleo N°6	6.60E-03	6.00E-04	1.93E-04	0.0228	Comercial/Resid. Boiler, N°6 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1.2000
Petróleo N°5	6.60E-03	6.00E-04	1.93E-04	0.019	Comercial/Resid. Boiler, N°5 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1.0000
Petróleo N°2	2.40E-03	6.00E-04	6.70E-05	0.00357	Comer./Resid. Boiler, Destilated Oil Fired	[Kg/l]	1.3	0.2100
Propano	1.70E-03	2.00E-04	6.00E-05	7.00E-06	LPG Combustion, Comercial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0,0015 (**)
Butano	1.80E-03	3.00E-04	7.00E-05	6.50E-06	LPG Combustion, Comercial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0.0015
Gas Natural	1.60E-06	3.30E-07	1.28E-07	9.60E-09	Nat. Gas Comb,Comercial Boilers	[Kg/l]	1.4	-

(**) Factores de Emisión para litros de Gas licuado en estado líquido

(***) Contenido de sulfuro aproximado a Gas licuado

6.3 ANEXO 4: Emisiones Evaporativas Uso de Pinturas y Lavasecos

Responsabilidades relativas de los diferentes tipos de fuentes evaporativas	
Fuentes (1)	Aporte a la Emisión Total [%] (2)
1.- Emisiones no Industriales	
Recubrimiento de Superficies	39.2
Bencineras	22.3
Solventes de Uso Doméstico	13.5
Lavasecos	9.3
Estanques de Almacenamiento	7.9
Pintado de Autos	7.8
Aplicación de Pesticidas	0.2
Total	100.0
2.- Emisiones Industriales	
Desengrase	32.5
Recubrimiento de Superficies	25.0
Industria Química (3)	19.8
Impresión y Estampado	7.6
Industria petróleo y derivados (3)	7.3
Industria Alimenticia (3)	6.6
Aplicación de Adhesivos	0.6
Producción de Arcilla	0.4
Industria metalmecánica	0.2
Total	100.0
3.- Otros (4)	
Almacenamiento y tratamiento de aguas residuales	-
Operaciones de pavimentación con asfalto	-
Limpieza de estanques	-
Fabricación de producto plásticos	-
Recuperación de solventes residuales	-
Impresión en Fábricas Textiles	-
Procesos Industriales	
Fabricación de pinturas y barnices	-
Estanques de almacenamiento de líquidos orgánicos	-
Producción de gomas sintéticas	-
Producción de compuestos químicos	-
Aplicación de pesticida	-
Calentadores para huertos frutales	-
Manufactura de fibra de vidrio y vidrio	-

- (1) La división de las fuentes entre industriales y no industriales es la realizada en el estudio de CADE-IDEPE.
- (2) El porcentaje de aporte de las fuentes a las emisiones totales se deduce de los resultados presentados en el estudio de CADE-IDEPE.
- (3) Se desconoce la industria específica que está involucrada en este tipo de fuente.
- (4) Información obtenida del AP-42 de la EPA.

INFORMACON USADA EN LAVASECOS

Factores de Emisión Usados Para Estimar Emisiones Desde Lavasecos

Factores de emisión de percloroetileno (proceso de transferencia).		
Fuente	Sistema Típico	Sistema bien controlado
	Kg/100 kg de ropa tratada	Kg/100 kg de ropa tratada
Lavado/secado/destilado/tratamiento material retenido en filtro	8 (1)	0.3 (2)
Disposición del filtro:		
Material retenido no tratado	14	-
Material retenido tratado	1.3	0.5-1.3
Cartucho del filtro	1.1	0.5-1.1
Disposición del residuo destilado	1.6	0.5-1.6
Otros (3)	1.5	1

Fuente: (U.S EPA,1995).

Notas:

1. Alrededor del 15% del solvente es emitido desde el lavado, 75% de secado y 5% de destilado y tratamiento de material retenido en el filtro.
2. Sistema de control: adsorbedores de carbón.
3. Diversas fuentes de emisión, tanto fugitivas desde flanges, bombas, tuberías, estanques de almacenamientos; como pérdidas fijas por la apertura y cierre de puertas, etc.

Factores de emisión, después de aplicar medidas de control	
Medidas de precaución	g/kg de ropa tratada
Sin medidas	100-120
Con “válvula medioambiental”	60-70
Trampa de agua	50-60
Carbón activado	40-50
Enfriamiento	30-40
Enfriamiento+carbón activado	20-30
Polvo filtrante	5-10

Fuente: (Sol. Integrales, 1995).

INFORMACION USADA EN PINTURAS

Factores de Emisión en Pinturas

Factores de emisión para producción de pinturas.

Tipo de Producto	Material Particulado [Kg/Mg de pigmento]	COVs [kg COV/Mg de producto]
Pintura	10	15
Barniz:		
- A partir de aceite	-	20
- Oleoresinosas	-	75
- Alquídicas	-	80
- Acrílicas	-	10

Fuente: AP-42, EPA vol. II.

Existen factores de emisión tanto para la producción como para la aplicación o uso de pinturas (U.S.EPA,1995).

Factores de emisión para aplicación de pinturas.

Tipo de recubrimiento	Factor de Emisión [kg/ton]
pintura	560
barniz	500
lacas	770
esmalte	420
cromado de zinc	660

Fuente: AP-42, EPA vol. I.

A continuación se describen brevemente los tipos de actividades que utilizan pinturas y sus factores de emisión, de acuerdo al informe AP-42 de la EPA:

- Aplicación no industrial: tiene dos categorías principales, el recubrimiento de superficies de edificaciones y la pintura de automóviles, refiriéndose a la pintura de daños y después de mucho uso. Los factores de emisión se entregan per cápita o por número de empleados, en particular para el caso de los automóviles.

Factores de emisión de COVs.

Emisiones	Mantenión de edificios [Kg/año]	Pintado de autos [Kg/año]
per cápita	2.09	0.84
por empleado	ND	2600

ND = no data.

Aplicación Industrial: aparecen diversas fuentes de emisiones y en cada una de ellas se entregan los factores de emisión respectivos, dependiendo del proceso en estudio. Entre estos se encuentra: recubrimiento de latas, esmaltado de alambres, recubrimiento de piezas metálicas (cajas, puertas, tapas, cadenas, piezas de grandes equipos, maquinaria industrial, etc.), recubrimiento de paneles de madera, recubrimiento de superficies de automóviles y camiones livianos, recubrimientos de superficies de línea blanca (refrigeradores, horno micro ondas, hornos, lavadoras, etc.), manufactura de cintas magnéticas, recubrimiento de partes plásticas para máquinas de oficina.

Otros factores de emisión para estimar emisiones, son los utilizados en el estudio de CADE-IDEPE, para el caso de uso no industrial.

Factores de emisión (estudio CADE-IDEPE).

Fuente	Factor de emisión de COV [ton/ton de pintura]
construcción y mantención de edificios	0.56
pintura de automóviles	0.75

Producción nacional de pinturas (INE, 1993).

Año	Pinturas al agua [ton]	Pinturas al aceite [ton]
1988	18337	21048
1989	18361	21977
1990	19305	21536
1991	22210	23716
1992	27323	27669

Edificación nacional aprobada e iniciada.

Año	Edificación total [m ²]
1990	7119589
1991	8633855
1992	10648396
1993	11255766
1994	11267410
1995	13101655

