

# **Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas**

## **M11 Metodología SINCA 2011**

**Santiago, Octubre del 2011**

## **Autores:**

Jaime Escobar Melero  
Juan Bordonos Nuñez  
Lincoln Norambuena Castro  
Aliosha Reinoso Durán

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>1.</b>	<b>AGRUPACIÓN DE FUENTES DE EMISIONES.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES.....</b>	<b>16</b>
2.1.	FUENTES ESTACIONARIAS PUNTUALES.....	16
2.1.1.	Combustión externa puntual .....	16
2.1.2.	Combustión interna .....	24
2.1.3.	Disposición de residuos .....	26
2.1.4.	Procesos.....	28
2.1.5.	Evaporativas .....	38
2.1.6.	Misceláneas .....	45
2.2.	FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS.....	54
2.2.1.	Fuentes de Combustión Residencial.....	54
2.2.2.	Fuentes Evaporativas Residencial .....	63
2.2.3.	Fuentes Evaporativas Comercial .....	75
2.2.4.	Disposición de residuos .....	87
2.2.5.	Quemas Agrícolas.....	94
2.2.6.	Incendios Forestales.....	100
2.2.7.	Incendios Urbanos .....	109
2.2.8.	Cigarrillos .....	111
2.2.9.	Producción de ladrillos artesanales .....	115
2.2.10.	Emisiones Biogénicas .....	118
2.2.11.	Fertilizantes y plaguicidas.....	124
2.2.12.	Crianza de Animales.....	129
2.2.13.	Construcción de Edificios.....	135
2.2.14.	Construcción de Caminos .....	138
2.2.15.	Producción de áridos.....	141
2.2.16.	Polvo Resuspendido por Tránsito de Vehículos en Calles Pavimentadas ..	149
2.2.17.	Polvo Resuspendido por Tránsito de Vehículos en Calles No Pavimentadas ..	155
2.2.18.	Preparación de Terrenos Agrícolas .....	159
2.2.19.	Erosión Eólica .....	164
2.3.	FUENTES MOVILES FUERA DE RUTA .....	169
2.3.1.	Maquinaria off road .....	169
2.3.2.	Aeropuertos.....	183
2.3.3.	Operación de buques.....	188
2.4.	FUENTES MOVILES EN RUTA .....	194
2.4.1.	Fuentes móviles en ciudades con modelación de transporte.....	194
2.4.2.	Fuentes Móviles en Ruta en Ciudades sin Red Modelada.....	292
<b>3.</b>	<b>GENERACIÓN DE EDB EN FORMATO AIRVIRO .....</b>	<b>300</b>

<b>3.1.</b>	<b>Descripción de los Módulos del Sistema .....</b>	<b>301</b>
<b>3.2.</b>	<b>Tipos de fuentes manejadas por I-Airviro .....</b>	<b>302</b>
<b>3.3.</b>	<b>Estructura de la información en una EDB .....</b>	<b>306</b>
<b>3.4.</b>	<b>Descripción de los archivos de entrada al sistema .....</b>	<b>310</b>
<b>4.</b>	<b>ANEXO 1 GLOBEIS 3.2.....</b>	<b>332</b>
<b>5.</b>	<b>ANEXO 2 CLASIFICACION DE FUENTES MOVILES .....</b>	<b>355</b>
<b>6.</b>	<b>ANEXO 3 CODIGOS CCF8.....</b>	<b>369</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>376</b>

## 1. AGRUPACIÓN DE FUENTES DE EMISIONES

Actualmente, en Chile los inventarios de emisiones son estructurados para la presentación de sus resultados en varios niveles de agregación, partiendo del nivel más específico dado por el uso de un código de clasificación de fuentes, el cual se conoce como clasificación CCF (código de clasificación de fuentes) y es análogo en estructura a la clasificación SCC (Source Classification Code) de la US EPA. En el caso de las fuentes fijas, el contenido del código CCF es equivalente al SCC de la EPA y para el resto de los tipos de fuentes la clasificación CCF es propia de Chile.

Seguidamente las fuentes individuales (CCF8) considerando su tipo de descarga (emisión por chimenea, emisión fugitiva, emisión difusa, polvo resuspendido, tubo de escape, desgaste de freno, etc.), son agrupadas en una estructura de segundo nivel en la cual se distinguen: Grupos, Sub grupos, Categorías, Sub Categorías y Rubros. Para efectuar esta asignación en el sistema SAIE de CONAMA existen tablas que relacionan las clasificaciones de segundo nivel con los CCF8s respectivos, no obstante, esta asignación no está completamente armonizada entre los distintos inventarios disponibles, por lo tanto, para la presente guía se han entregado las clasificaciones utilizadas en el Inventario de la Región Metropolitana en formato electrónico para facilitar su uso.

Finalmente es posible generar una estructura de primer nivel en forma equivalente a las tablas resúmenes de inventarios que se presentan en un Plan de Descontaminación, no obstante es importante destacar que en general para este nivel no existe una regla ya que depende de la importancia relativa de las fuentes y de la forma en que la autoridad decida abordar el Plan de Descontaminación específico, por tanto, para este primer nivel en la presente guía sólo se entrega una tabla a modo de ejemplo.

A continuación se detallan cada uno de los niveles de clasificación señalados.

- **Clasificación CCF8**

El código C.C.F. está compuesto por 8 dígitos, donde se puede distinguir el código CCF1 (primer dígito), CCF3 (tres primeros dígitos), CCF6 (seis primeros dígitos) y finalmente CCF8 (el cual corresponde al código CCF con sus ocho dígitos). Esta clasificación va de lo más general a lo particular, lo cual quiere decir que en la medida que se agregan nuevos niveles o dígitos, el código entrega información de mayor detalle de la fuente. A continuación se entrega la definición de cada uno de estos códigos:

## 1.- CCF1:

El primer dígito del código CCF se denomina CCF1 y corresponde a la primera agrupación por tipos de fuentes emisoras, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1-1: Clasificación CCF1**

CCF1	Descripción
1	Caldera de combustión externa
2	Maquinas de combustión Interna
3	Procesos industriales
4	Otras fuentes evaporativas
5	Fuentes de distribución comunales
6	Quemas e incendios forestales
7	Fuentes Móviles
8	Biogénicas
9	Otras Fuentes Emisoras

## 2.- CCF3:

El código CCF3 corresponde a los tres primeros dígitos y entrega un grado mayor de profundidad en la clasificación.

**Tabla 1-2: Clasificación CCF3**

CCF3	Descripción
101	Generación eléctrica
102	Industrial
103	Calefacción
201	Generación eléctrica
301	Manufactura química
302	Alimento y agricultura
303	Producción primaria de metal
304	Producción secundaria de metal
305	Productos minerales
307	Productos de madera, papel y pulpa
308	Goma y plásticos misceláneos
309	Fabricación de productos de metal
320	Cuero y productos de cuero
391	Recub. Industrial de Sup. (SCC 402)
392	Imprenta y Publicaciones
393	Fugas en Procesos
394	Disposición de residuos
398	Procesos no clasificados
399	Industria Manufacturera Miscelánea
402	Recubrimiento industrial de superficie

404	Terminales de almacenamiento
405	Tratamiento de Aguas
501	Evaporativas
502	Combustión
503	Polvo fugitivo
504	Actividades agrícolas
505	Crianza de animales
506	Fugitivas
507	Residenciales de NH3
601	Incendios forestales
602	Quemas agrícolas legales
603	Quemas agrícolas ilegales
701	En ruta
702	Fuera de ruta de área
703	Calles sin pavimentar
705	Fuera de ruta grilla
810	Cualquier uso de suelo
901	Procesos Industriales Varios
902	Crianza de animales

### 3.- CCF6:

El código CCF6 corresponde a los seis primeros dígitos y entrega un grado mayor de profundidad en la clasificación. Por lo extenso de esta clasificación solo se presentan algunos ejemplos, cuyo detalle se entrega en archivos magnéticos.

101002: Caldera GE Carbón  
102004: Caldera Industrial Petróleo Residual  
303005: Fabricación primaria de cobre  
304901: Fundición de acero y hierro  
404001: Estanques  
502001: Combustión residencial  
701001: Particulares

### 4.- CCF8:

El código CCF8 corresponde a los ocho dígitos y entrega un grado mayor de profundidad en la clasificación. Por lo extenso de esta clasificación solo se presentan algunos ejemplos, cuyo detalle se encuentra en el archivo Rsrc de la EDB del sistema Airviro.

---

**CCF Código: 10200499**  
**Caldera de combustión externa**  
**Industrial**  
**Caldera Industrial Petróleo Residual**  
**Caldera Industrial Petróleo Residual**

---

**CCF Código: 39100501**  
**Procesos industriales**  
**Recub. Industrial de Sup.**  
**Recubrimiento industrial de superficies**  
**Cabina de Esmalte**

---

**CCF Código: 50100601**  
**Fuentes de distribución comunales**  
**Evaporativas**  
**Lavasecos**  
**Lavaseco solvente percloroetileno**

---

**CCF Código: 70100103**  
**Fuentes Móviles**  
**En ruta**  
**Particulares**  
**Vehículos Particulares Cat. Tipo 1**

---

- **Estructura de segundo nivel**

A continuación se entrega la estructura de segundo nivel obtenida de los inventarios tomados como base para la elaboración de la presente guía (ver capítulo de alcances del estudio). Es importante destacar que se entrega en medio magnético la relación de esta estructura y los códigos de clasificación CCF utilizados en la Región Metropolitana.

**Tabla 1-3: Estructura de Inventario de emisiones segundo nivel fuentes estacionarias areales y otras**

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	RUBRO
FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS	FUENTES FIJAS	<b>Combustión</b>	Combustión externa puntual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación eléctrica</li> <li>• Calderas industriales</li> <li>• Calderas de calefacción</li> </ul>
			Combustión interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupos electrógenos</li> <li>• Industria de artes gráficas (procesos de secado)</li> <li>• Motores de combustión interna</li> <li>• Turbinas a gas</li> </ul>
		<b>Disposición de residuos</b>	Comercial/institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incineración de residuos médicos</li> </ul>
			Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incineración.</li> <li>• Quema abierta.</li> <li>• Tratamiento térmico.</li> </ul>
			Municipal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incineración</li> </ul>
		<b>Procesos</b>	Ind. metalúrgica secundaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molibdeno</li> <li>• Productos de hierro y acero</li> <li>• Productos de cobre y bronce</li> <li>• Productos de zinc</li> <li>• Productos de aluminio</li> <li>• Productos de plomo</li> <li>• Tratamiento de superficies</li> </ul>
			Ind. de productos minerales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción primaria de Cobre</li> <li>• Producción primaria de Oro</li> <li>• Producción de vidrio y fritas</li> <li>• Producción de ladrillos</li> <li>• Producción, almacenamiento y transporte de arcillas</li> <li>• Producción de cemento</li> <li>• Producción de cal</li> <li>• Producción de yeso</li> <li>• Fabricación de productos cerámicos</li> <li>• Fabricación de mezclas de asfalto</li> <li>• Manejo de áridos</li> <li>• Productos de asbesto</li> </ul>
			Industria química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria química</li> <li>• Fabricación de productos plásticos</li> <li>• Fabricación de neumáticos</li> </ul>
			Ind. madera y el papel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación y reciclaje de papel</li> <li>• Fabr. de artículos y muebles de madera</li> </ul>
			Ind. aliment. y agropecuaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento de granos</li> <li>• Panaderías</li> <li>• Faenamiento de animales</li> <li>• Deshidratación de frutas</li> <li>• Fabricación de alimentos</li> </ul>
		<b>Evaporativas</b>	Evaporativas puntuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de Combustible</li> </ul>

<b>POLVO FUGITIVO</b>	<b>AREALES</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recubrimiento ind. de superficies</li> <li>• Producción y envasado de GLP</li> <li>• Industria de artes gráficas</li> <li>• Estampado y teñido de telas</li> </ul>
		<b>Misceláneas</b>	Misceláneas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misceláneas</li> <li>• Almacenamiento de Clinker</li> <li>• Almacenamiento de Carbón</li> <li>• Transferencia de materiales</li> <li>• Tronaduras</li> </ul>
	<b>AREALES</b>	<b>Residencial</b>	Comb. ext. residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas Licuado</li> <li>• Gas de Ciudad</li> <li>• Gas Natural</li> <li>• Kerosene</li> <li>• Leña</li> </ul>
			Evaporativas residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solventes de uso doméstico</li> <li>• Pintado arquitectónico</li> <li>• Uso de Adhesivos</li> <li>• Residencial de NH3</li> <li>• Fugas residenciales de GLP</li> </ul>
	<b>AREALES</b>	<b>Comercial</b>	Evaporativas comercial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución de combustible</li> <li>• Lavasecos</li> <li>• Recubrimiento industrial de superficies<sup>1</sup></li> <li>• Aplicación de asfalto</li> <li>• Fugas comerciales de GLP</li> </ul>
			Disposición de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones rellenos sanitarios</li> <li>• Plantas de tratamiento de aguas servidas</li> </ul>
	<b>AREALES</b>	<b>Otras</b>	Quemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemas agrícolas</li> <li>• Incendios forestales</li> <li>• Incendios urbanos</li> <li>• Cigarrillos</li> <li>• Producción de ladrillos artesanales</li> </ul>
			Emisiones biogénicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las especies vegetales</li> </ul>
			Actividades agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fertilizantes y plaguicidas</li> </ul>
			Crianza de Animales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bovinos Total</li> <li>• Cerdos Total</li> <li>• Aves Total</li> <li>• Ovinos</li> <li>• Caprinos</li> <li>• Camélidos</li> <li>• Equinos</li> </ul>
<b>POLVO FUGITIVO</b>	<b>Construcción y Demolición</b>	Construcción y Demolición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de edificios</li> <li>• Construcción de caminos</li> <li>• Producción de áridos</li> </ul>	

<sup>1</sup> Debiera ser corregido a recubrimiento comercial de superficies. En general en esta categoría se han incluido los talleres de automóviles.

		<b>Polvo Resuspendido</b>	Polvo Resuspendido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calles pavimentadas en red urbana</li> <li>• Calles sin pavimentar</li> <li>• Calles pavimentadas en red de carreteras</li> <li>• Calles sin pavimentar asociadas a áridos</li> <li>• Calles sin pavimentar asociadas a rellenos sanitarios</li> <li>• Calles sin pavimentar en sitios industriales</li> <li>• Calles pavimentadas en sitios industriales</li> </ul>
		<b>Preparación de terrenos agrícolas</b>	Preparación de terrenos agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cereales y chacras</li> <li>• Cultivos Industriales</li> <li>• Hortalizas</li> <li>• Frutales</li> </ul>
		<b>Erosión</b>	Erosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosión Eólica Sitios Eriazos</li> <li>• Erosión Eólica desde pilas de acopio de material</li> </ul>

**Tabla 1-4: Estructura de Inventario de emisiones segundo nivel fuentes móviles**

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	RUBRO
<b>FUENTES MOVILES</b>	<b>FUERA DE RUTA</b>	<b>Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta</b>	Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria agrícola</li> <li>• Maquinaria de construcción</li> <li>• Maquinaria dentro de rellenos sanitarios</li> <li>• Maquinaria dentro de plantas de áridos</li> <li>• Operación Maquinaria Interna en la Industria (cargadores frontales, bulldozer)</li> <li>• Camiones dentro de plantas de áridos</li> <li>• Camiones dentro de rellenos sanitarios</li> <li>• Aeronaves en Aeropuertos</li> <li>• Maquinaria de apoyo en tierra en aeropuertos</li> <li>• Operación de Buques</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terminales y depósitos de buses</li> </ul>
		<b>FUENTES MÓVILES EN RUTA</b>	<b>Vehículos livianos</b>	<b>Vehículos Particulares</b> (sedan y SW)
	<b>Vehículos de Alquiler</b> (Taxis básicos)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1</li> <li>• Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 2</li> <li>• Vehículos de Alquiler No Catalíticos</li> <li>• Vehículos de Alquiler Otros</li> </ul>
	<b>Vehículos Comerciales</b> (Jeep, camionetas particulares y comerciales, furgón comercial y furgón de pasajeros)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1</li> <li>• Vehículos Comerciales Cat. Tipo 2</li> <li>• Vehículos Comerciales No Catalíticos</li> <li>• Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1</li> <li>• Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2</li> </ul>
	<b>Motos</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motos de Dos Tiempos Convencional</li> <li>• Motos de Dos Tiempos Tipo 1</li> <li>• Motos de Cuatro Tiempos Convencional</li> <li>• Motos de Cuatro Tiempos Tipo 1</li> </ul>

FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS			<b>Taxis Colectivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1</li> <li>• Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 2</li> <li>• Taxis Colectivos No Catalíticos</li> </ul>
		<b>Camiones</b>	<b>Camiones Livianos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones Livianos Diesel Convencional</li> <li>• Camiones Livianos Diesel Tipo 1</li> <li>• Camiones Livianos Diesel Tipo 2</li> <li>• Camiones Livianos Diesel Tipo 3</li> </ul>
			<b>Camiones Medianos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones Medianos Diesel Convencional</li> <li>• Camiones Medianos Diesel Tipo 1</li> <li>• Camiones Medianos Diesel Tipo 2</li> <li>• Camiones Medianos Diesel Tipo 3</li> </ul>
			<b>Camiones Pesados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones Pesados Diesel Convencional</li> <li>• Camiones Pesados Diesel Tipo 1</li> <li>• Camiones Pesados Diesel Tipo 2</li> <li>• Camiones Pesados Diesel Tipo 3</li> </ul>
		<b>Buses</b>	<b>Buses Licitados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buses Licitados Urbanos Diesel VTT</li> <li>• Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1</li> <li>• Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2</li> </ul>
			<b>Buses Rurales e Interurbanos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buses Interurbanos Diesel Convencional</li> <li>• Buses Interurbanos Diesel Tipo 1</li> <li>• Buses Interurbanos Diesel Tipo 2</li> <li>• Buses Rurales Diesel Convencional</li> <li>• Buses Rurales Diesel Tipo 1</li> <li>• Buses Rurales Diesel Tipo 2</li> </ul>
	<b>Comerciales</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buses particulares</li> </ul>	
	<b>Vehículos livianos</b>	<b>Vehículos Particulares</b> (sedan y SW)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos Particulares Cat. Tipo 1</li> <li>• Vehículos Particulares Cat. Tipo 2</li> <li>• Vehículos Particulares No Catalíticos</li> <li>• Vehículos Particulares Otros</li> </ul>	
		<b>Vehículos Comerciales</b> (Jeep, camionetas particulares y comerciales, furgón comercial y furgón de pasajeros)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1</li> <li>• Vehículos Comerciales Cat. Tipo 2</li> <li>• Vehículos Comerciales No Catalíticos</li> <li>• Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1</li> <li>• Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2</li> </ul>	
	<b>Camiones</b>	<b>Camiones Livianos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones Livianos Diesel Convencional</li> <li>• Camiones Livianos Diesel Tipo 1</li> <li>• Camiones Livianos Diesel Tipo 2</li> <li>• Camiones Livianos Diesel Tipo 3</li> </ul>	

			<b>Camiones Medianos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones Medianos Diesel Convencional</li> <li>• Camiones Medianos Diesel Tipo 1</li> <li>• Camiones Medianos Diesel Tipo 2</li> <li>• Camiones Medianos Diesel Tipo 3</li> </ul>
			<b>Camiones Pesados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones Pesados Diesel Convencional</li> <li>• Camiones Pesados Diesel Tipo 1</li> <li>• Camiones Pesados Diesel Tipo 2</li> <li>• Camiones Pesados Diesel Tipo 3</li> </ul>
		<b>Buses</b>	<b>Buses Rurales e Interurbanos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buses Interurbanos Diesel Convencional</li> <li>• Buses Interurbanos Diesel Tipo1</li> <li>• Buses Interurbanos Diesel Tipo 2</li> <li>• Buses Rurales Diesel Convencional</li> <li>• Buses Rurales Diesel Tipo 1</li> <li>• Buses Rurales Diesel Tipo 2</li> </ul>
			<b>Comerciales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buses particulares</li> </ul>

- Estructura de Primer nivel

A continuación se entrega a modo de ejemplo una estructura de primer nivel utilizada en la VI Región en donde se destaca el aporte de la industria del cobre y la combustión de biomasa. Es necesario reiterar que tal como ha sido mencionado anteriormente, este nivel es estructurado según los objetivos que tenga la autoridad para el inventario.

**Tabla 1-5: Estructura de Inventario de emisiones primer nivel**

<b>FUENTES MOVILES Y AREALES</b>	<b>Estacionarias</b>	Industria (otras)
		Industria Cobre
		Combustión de Leña
		Otras residenciales
		Evap. Comerciales
		Quemas Agrícolas
		Incendios Forestales
		Otras Areales
	<b>Móviles</b>	Buses licitados
		Otros buses
		Camiones
		Vehículos Livianos
		Fuera de Ruta

<b>POLVO RESUSPENDIDO</b>	<b>Construcción y Demolición</b>	Construcción de Edificios
		Construcción de Caminos
	<b>Polvo Resuspendido</b>	Calles pavimentadas
		Calles no pavimentadas
	<b>Preparación de Terrenos Agrícolas</b>	Cereales y chacras
		Cultivos Industriales
		Hortalizas
		Frutales

Finalmente es importante destacar que actualmente el listado de tipos de fuentes más utilizado internacionalmente corresponde al del IPCC llamado CRF (Common Reporting Format)<sup>2</sup>. Este listado está enfocado en gases de efecto invernadero (GEI), es por esto que se debe completar el listado para cubrir todos los contaminantes de interés. En Europa se ha desarrollado un sistema llamado NFR (Nomenclature For Reporting), el cual corresponde a una ampliación del CRF para otros contaminantes.

Por lo tanto será necesario en próximas actualizaciones de esta Guía revisar las clasificaciones existentes con el objeto de manejar en el país nomenclaturas comparables a las usadas internacionalmente, sin embargo, en el marco del presente estudio no fue recomendable cambiar el listado dado lo extenso de este trabajo al tener que reclasificar todos los inventarios existentes.

<sup>2</sup> Esta estructura se basa en la codificación y la nomenclatura definidas en las Directrices del IPCC de 1996 y el marco común para la generación de informes (MCGI) o CRF por sus siglas en inglés, utilizados por la CMNUCC. En general los volúmenes de las Directrices del IPCC del año 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero también utilizan esta nomenclatura.

## 2. METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES

A continuación se presentan las metodologías de estimación de emisiones agrupadas según la clasificación propuesta para el inventario de emisiones presentada en la Tabla 1-3: Estructura de Inventario de emisiones segundo nivel fuentes estacionarias areales y otras 1-3: Estructura de Inventario de emisiones segundo nivel fuentes estacionarias areales y otras y Tabla 1-4: Estructura de Inventario de emisiones segundo nivel fuentes móviles.

### 2.1. FUENTES ESTACIONARIAS PUNTUALES

#### 2.1.1. Combustión externa puntual

##### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub grupo</b>	: Fuentesfijas
<b>Categoría</b>	: Combustión
<b>Subcategoría</b>	: Combustión externa puntual
<b>Rubro</b>	: Generación eléctrica, calderas industriales, calderas de calefacción.
<b>Metodología</b>	: METODOLOGIA AP 42, Fifth Edition, Volume I, SEPTIEMBRE DE 1998.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up.
<b>Factores de Emisión</b>	: AP 42, Fifth Edition, Volume I, SEPTIEMBRE DE 1998. Y ESPECIATE EPA
<b>Fuente de Información</b>	: Consumo de combustible por fuente, según DS 138/2005 MINSAL
<b>Organismo Sectorial</b>	: MINSAL

Las emisiones de las fuentes estacionarias se producen al quemar algún tipo de combustible en las fuentes industriales, ya sea para la producción de vapor, agua caliente o calentamiento de fluidos industriales.

- **Metodología de cálculo de emisiones**

La metodología general empleada para la estimación de emisiones de este tipo de actividades es la siguiente:

$$E = fe * Na * \left(1 - \frac{Ea}{100}\right)$$

**Ecuación 1**

Donde:

E: Emisión.

Fe: Factor de emisión.

Na: Nivel de actividad diaria, semanal y mensual de la fuente estimada.

Ea: Eficiencia de abatimiento

- **Niveles de actividad**

El nivel de actividad corresponde al consumo de combustible informado por los titulares de las fuentes, al MINSAL a través del DS 138/2005.

Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo anual asociado a cada combustible por un factor de emisión.

- **Factores de emisión**

Los factores de emisión son reemplazados con muestreos oficiales cuando se dispone de ellos para las fuentes y contaminantes estimados. En este caso, los factores de emisión específicos se muestran en la Tabla 2-.

- **Perfiles de Especiación**

En las siguientes tablas se presentan los perfiles de especiación para la categoría:

**Tabla 2-1**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
CAL-PET2-SEF%			Calderas combustión petróleo diesel	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
S32	0002	S231	0,487	FORMALDEHYDE

S32	0002	N_BUTA	0,122	N-BUTANE
S32	0002	N_HEX	0,108	N-HEXANE
S32	0002	S18	0,055	ISOMERS OF PENTANE
S32	0002	S1	0,052	ISOMERS OF HEXANE
S32	0002	S3	0,047	ISOMERS OF OCTANE
S32	0002	N_PENT	0,047	N-PENTANE
S32	0002	I_BUTA	0,041	ISOBUTANE
S32	0002	S2	0,026	ISOMERS OF HEPTANE
S32	0002	N_PROP	0,012	PROPANE
S32	0002	N_HEPT	0,003	N-HEPTANE

**Tabla 2-2**

Nombre de perfil		Tipo de fuente		
CAL-GNC-SEF%		Caldera combustión Gas Natural		
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
S32	0003	S53	0,56	METHANE
S32	0003	N_BUTA	0,09	N-BUTANE
S32	0003	S18	0,09	ISOMERS OF PENTANE
S32	0003	S231	0,08	FORMALDEHYDE
S32	0003	N_PENT	0,06	N-PENTANE
S32	0003	BENZE	0,04	BENZENE
S32	0003	N_PROP	0,04	PROPANE
S32	0003	TOLUE	0,02	TOLUENE
S32	0003	CYHEXA	0,01	CYCLOHEXANE
S32	0003	S1	0,01	ISOMERS OF HEXANE

**Tabla 2-3**

Nombre de perfil		Tipo de fuente		
CAL-PET5-SEF%		Caldera combustión petróleo 5		
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
S32	0001	S231	0,42	FORMALDEHYDE
S32	0001	S242	0,28	ACETONE
S32	0001	N_BUTA	0,14	N-BUTANE
S32	0001	S53	0,11	METHANE

**Tabla 2-4**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
CAL-PET6-SEF%			Caldera combustión petróleo 6	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
S32	0001	S231	0,42	FORMALDEHYDE
S32	0001	S242	0,28	ACETONE
S32	0001	N_BUTA	0,14	N-BUTANE
S32	0001	S53	0,11	METHANE

**Tabla 2-5**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
CAL MAD COM-SEF%			Caldera combustión madera	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
S32	1084	S53	0,3839	METHANE
S32	1084	BENZE	0,1891	BENZENE
S32	1084	S137	0,1647	ETHYL ALCOHOL
S32	1084	ETHENE	0,1638	ETHYLENE
S32	1084	ETHANE	0,0521	ETHANE
S32	1084	PROPE	0,02	PROPYLENE
S32	1084	N_PROP	0,0137	PROPANE
S32	1084	UNID	0,0069	UNIDENTIFIED
S32	1084	LBUT1E	0,0049	1-BUTENE
S32	1084	I_BUTA	0,0009	ISOBUTANE

**Tabla 2-6**

Nombre de perfil	Tipo de fuente
Caldera generación eléctrica carbón	Caldera generación eléctrica de carbón pulverizado, con quemador tangencial y precipitador electrostático.
Table 1.1-6. CUMULATIVE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION AND SIZE-SPECIFIC EMISSION FACTORS FOR DRY BOTTOM BOILERS BURNING PULVERIZED BITUMINOUS AND SUBBITUMINOUS COAL, Controlled ESP	
AP-42 Data	<b>Profile Compositions</b>
<b>Wt.</b>	Particle Size

	( $\mu\text{m}$ )
<b>%.</b>	<b>Description</b>
79	15
67	10
50	6
29	2,5
14	1

**Tabla 2-7**

<b>Nombre de perfil</b>	<b>Tipo de fuente</b>
Caldera generación eléctrica carbón	Caldera generación eléctrica de carbón carbón granulado, con combustión sobre parrilla móvil, con ciclón simple
Table 1.1-10. CUMULATIVE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION AND SIZE-SPECIFIC EMISSION FACTORS FOR OVERFEED STOKERS BURNING BITUMINOUS COAL, Multiple Cyclones Controlled).	
AP-42 Data	<b>Profile Compositions</b>
<b>Wt.</b>	Particle Size ( $\mu\text{m}$ )
<b>%.</b>	<b>Description</b>
60	15
55	10
49	6
43	2,5
39	1

**Tabla 2-8**

<b>Nombre de perfil</b>		<b>Tipo de fuente</b>		
Caldera generación eléctrica carbón		Caldera generación eléctrica		
SPECIATE Data		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB ID</b>	<b>Prof ID. in DB</b>	<b>Chem. Code</b>	<b>Wt. Fract.</b>	<b>Chemical Description</b>
	3193		0,02375	Arsénico
	3193		0,02533333	Plomo
	3193		5,96441667	Hierro
	3193		0,03483333	Manganeso
	3193		0,01345833	Níquel
	3193		0,04829167	Vanadio
	3193		0,11795833	Zinc
	3193		9,95916667	Aluminio
	3193		0,00316667	Antimonio
	3193		0,477375	Azufre

	3193		1,99183333	Calcio
	3193		2,02270833	Magnesio
	3193		1,23341667	Potasio
	3193		0,007125	Selenio
	3193		17,8948333	Silicio
	3193		0,396625	Sodio
	3193		0,80670833	Titanio

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas por la combustión industrial, se distribuyen fuente a fuente de acuerdo a su localización geográfica en UTM, la que es informada por los titulares de las fuentes mediante el DS 138/2005.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones, se efectúa mediante los datos declarados de horas de operación diaria y semanal y los consumos de combustible informados mensualmente mediante el DS 138/2005.

**Tabla 2-8: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para Calderas Industriales y de Calefacción.  
[Kg. Emisión/ Kg Combustible].**

Tipo de Combustible	PTS	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	TOC	SO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub> RM <sup>3</sup>	NH <sub>3</sub>	Categoría de fuente
Carbón <sup>4</sup>	0,008	0,00296	0,00112	0,00375	0,003	0,00003	0,0551	0,0551	0,000862	Carbón bituminoso, Coke.
Leña <sup>5</sup>	0,0032	0,00288	0,00243	0,00075	0,0068	0,00011	0,00004	0,0004	0,0011	Leña, aserrín, viruta.
Petróleo N°6 <sup>6</sup>	0,00181	0,00129	0,00094	0,00676	0,00061	0,00061	0,02364	0,0197	0,00011	Petróleo N°6, LEF.
Petróleo N°5 <sup>7</sup>	0,00129	0,00092	0,00067	0,00691	0,00063	0,00004	0,0199	0,0197	0,00012	Petróleo N°5, Súper LEF
Petróleo N°2 <sup>8</sup>	0,00029	0,00014	0,00003	0,00283	0,00071	0,00005	0,0042	0,0001	0,00014	Petróleo N°2, petróleo diesel, kerosene.
Gas <sup>9</sup>	0,00017	0,00017	0,00017	0,00441	0,00076	0,00008	0,00031	0,00025	0,000066	Gas licuado, gas de cañería.
Gas natural <sup>10</sup>	0,00017	0,00017	0,00017	0,00226	0,00189	0,00012	0,00028	0,00028	3,9E-08	Gas natural, biogas.

<sup>3</sup> Valores estimados con contenidos de azufre regulados por PPDA.

<sup>4</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11201, Coal-Fired Power Plant PM 2,5 = 29% del PTS

<sup>5</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11801, Wood-Fired Boiler PM 2,5 = 16% del PTS

<sup>6</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11501, Oil-Fired Power Plant PM 2,5 = 52% del PTS

<sup>7</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11501, Oil-Fired Power Plant PM 2,5 = 52% del PTS

<sup>8</sup> Especiate, EPA, PRONUM 12710, Boiler - Pet 2 Fuel Oil Fired PM 2,5 = 74% del PTS

<sup>9</sup> Especiate, EPA, PRONUM 42107, Natural Gas Home Appliances PM 2,5 = 95% del PTS

<sup>10</sup> Especiate, EPA, PRONUM 42107, Natural Gas Home Appliances PM 2,5 = 95% del PTS

**Tabla 2-9: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para Calderas de Generación Eléctrica.  
[Kg. Emisión/ Kg Combustible].**

Tipo de Combustible	PTS	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	TOC	SO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	Categoría de fuente
Carbón <sup>11</sup>	0,04	0,0092	0,0068	0,00375	0,00071	0,00003	0,01083	0,00086	Carbón bituminoso, Coke.
Leña <sup>12</sup>	0,000338	0,00025	0,000219	0,00138	0,00375	0,000106	0,000156	0,0011	Leña, aserrín, viruta.
Petróleo Nº6 <sup>13</sup>	0,00228	0,00214	0,00156	0,000752	0,00008	0,000017	0,00301	0,00011	Petróleo Nº6, LEF.
Petróleo Nº5 <sup>14</sup>	0,000198	0,000140	0,000098	0,000752	0,00008	0,000017	0,00301	0,00011	Petróleo Nº5, Súper LEF
Petróleo Nº2 <sup>15</sup>	0,000032	0,000016	0,0000038	0,000384	0,00008	0,000004	0,000477	0,00014	Petróleo Nº2, petróleo diesel, kerosene.
Gas <sup>16</sup>	0,00017	0,00017	0,00017	0,00441	0,00076	0,00008	0,00031	0,000066	Gas licuado, gas de cañería.
Gas natural <sup>17</sup>	0,00011	0,00011	0,00011	0,00534	0,00137	0,0000351	0,000217	2,7E-08	Gas natural, biogas.

<sup>11</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11201, Coal-Fired Power Plant PM 2,5 = 29% del PTS

<sup>12</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11801, Wood-Fired Boiler PM 2,5 = 16% del PTS

<sup>13</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11501, Oil-Fired Power Plant PM 2,5 = 52% del PTS

<sup>14</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11501, Oil-Fired Power Plant PM 2,5 = 52% del PTS

<sup>15</sup> Especiate, EPA, PRONUM 12710, Boiler - Pet 2 Fuel Oil Fired PM 2,5 = 74% del PTS

<sup>16</sup> Especiate, EPA, PRONUM 42107, Natural Gas Home Appliances PM 2,5 = 95% del PTS

<sup>17</sup> Especiate, EPA, PRONUM 42107, Natural Gas Home Appliances PM 2,5 = 95% del PTS

## 2.1.2. Combustión interna

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub grupo</b>	: Fuentes fijas
<b>Categoría</b>	: Combustión
<b>Subcategoría</b>	: Combustión interna
<b>Rubro</b>	: Grupos electrógenos, industria de artes gráficas (procesos de secado), motores de combustión interna, Turbinas a gas.
<b>Metodología</b>	: METODOLOGIA AP 42, Fifth Edition, Volume I, SEPTIEMBRE DE 1998.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Botom Up.
<b>Factores de Emisión</b>	: AP 42, Fifth Edition, Volume I, ABRIL 2000.
<b>Fuente de Información</b>	: Consumo de combustible por fuente, según DS 138/2005 MINSAL
<b>Organismo Sectorial</b>	: MINSAL

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones de las fuentes estacionarias se producen al quemar algún tipo de combustible en las fuentes industriales, ya sea para la producción de vapor, generación de energía eléctrica o fuerza mecánica en motores industriales.

La metodología general empleada para la estimación de emisiones de este tipo de actividades es la siguiente:

$$E = fe * Na * \left(1 - \frac{Ea}{100}\right) \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- E : Emisión
- Fe : Factor de emisión
- Na : Nivel de actividad
- Ea : Eficiencia de abatimiento

- **Niveles de actividad**

El nivel de actividad corresponde al consumo de combustible informado por los titulares de las fuentes, al MINSAL a través del DS 138/2005.

Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo anual asociado a cada combustible por un factor de emisión.

- **Factores de emisión**

Los factores emisión para esta subcategoría de fuentes se muestran a continuación.

**Tabla 2-10: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para Grupos Electrónicos y motores industriales. [Kg. Emisión/ Kg Combustible].**

Tipo de Combustible	PTS	MP10	MP2,5	NOx	CO	TOC	SOx	NH <sub>3</sub>	Categoría de fuente
Petróleo Nº2	0,00563	0,00282	0,00068	0,0801	0,0173	0,00636	0,00425	0,000141	Diesel, kerosene.
Gasolina	0,00182	0,00182	0,00182	0,00296	0,018	0,0381	0,000153	0,0000662	Gasolina.
Gas natural	0,000204	0,000204	0,000204	0,352	0,064	0,0218	0,0001	0,000000039	Gas natural, biogas.

**Tabla 2-11: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para turbinas de generación eléctrica. [Kg. Emisión/ Kg Combustible].**

Tipo de Combustible	PTS	MP10	MP2,5	NOx	CO	TOC	SOx	NH <sub>3</sub>	Categoría de fuente
Petróleo Nº2	0,00023	0,00017	0,000028	0,0171	0,000064	0,000008	0,00413	0,00014	Diesel.
Petróleo Nº2, con inyección de vapor	0,00023	0,00017	0,000028	0,0047	0,000064	0,000008	0,00413	0,00014	Diesel.
Gas natural	0,00011	0,00011	0,00011	0,00534	0,00137	0,000035	0,000217	0,000000027	Gas natural, biogas.

- **Perfiles de Especiación**

En las siguientes tablas se presentan los perfiles de especiación para la categoría:

Tabla 2-9

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
GNC-SEF%			Turbinas gas natural	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>

	ID.			
ID	in DB	Code	Fract.	Description
S32	0007	S53	0,7	METHANE
S32	0007	S231	0,3	FORMALDEHYDE

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas por la combustión interna industrial, se distribuyen fuente a fuente de acuerdo a su localización geográfica en UTM, la que es informada por los titulares de las fuentes mediante el DS 138/2005.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones, se efectúa mediante los datos declarados de horas de operación diaria y semanal y los consumos de combustible informados mensualmente mediante el DS 138/2005.

### 2.1.3. Disposición de residuos

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub grupo</b>	: Fuentes fijas
<b>Categoría</b>	: Disposición de residuos
<b>Subcategoría</b>	: Comercial/institucional, Industrial, Municipal.
<b>Rubro</b>	: Incineración de residuos médicos, Incineración, Quema abierta, Tratamiento térmico.
<b>Metodología</b>	: METODOLOGIA AP 42, Fifth Edition, Volume I, SEPTIEMBRE DE 1998.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up.
<b>Factores de Emisión</b>	: AP 42, Fifth Edition, Volume I, Supplement B, October 1996.
<b>Fuente de Información</b>	: Consumo de combustible y Niveles de producción por fuentes, según DS 138/2005 MINSAL
<b>Organismo Sectorial</b>	: MINSAL

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones de las fuentes estacionarias se producen al quemar algún tipo de residuo en un sistema de incineración.

La metodología general empleada para la estimación de emisiones de este tipo de actividades es la siguiente:

$$E = fe * Na * \left(1 - \frac{Ea}{100}\right)$$

**Ecuación 3**

Donde:

- E : Emisión
- fe : Factor de emisión
- Na : Nivel de actividad
- Ea : Eficiencia de abatimiento

- **Niveles de actividad**

Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo anual asociado al combustible utilizado y a los niveles de residuos procesados por un factor de emisión reportado al MINSAL a través del DS 138/2005.

- **Factores de Emisión**

Los factores de emisión asociados a la incineración de residuos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 2-10: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para hornos de incineración. [Kg. Emisión/ Ton residuo].**

Tipo de Fuente	PTS	NOx	CO	TOC	SOx
Horno rotatorio con filtro de mangas, residuos médicos	0,154	2,63	0,0194	0,0205	0,324
Horno con control de aire y filtro de	0,0876	1,78	1,48	0,343	0,422

mangas, residuos médicos					
Horno con control de aire y filtro de mangas, residuos municipales	0,0895	1,83	0,232	-	0,715
Horno con doble cámara de combustión, filtro de mangas, residuos municipales	0,0664	2,51	0,96	-	0,221
Quema abierta de residuos municipales	8	3	42	15	0,5
Horno incinerador hospitalario	1,5145	1,78	1,48	0,15	-

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas por la combustión interna industrial, se distribuyen fuente a fuente de acuerdo a su localización geográfica en UTM, la que es informada por los titulares de las fuentes mediante el DS 138/2005.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones, se efectúa mediante los datos declarados de horas de operación diaria y semanal y los consumos de combustible o producción informados mensualmente mediante el DS 138/2005.

#### 2.1.4. Procesos

##### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub grupo</b>	: Fuentesfijas
<b>Categoría</b>	: Procesos
<b>Subcategoría</b>	: Ind. Metalúrgica secundaria, Ind. de Productos Minerales, Industria Química, Ind. Madera y el Papel, Ind. Aliment. y Agropecuaria
<b>Rubro</b>	: Molibdeno, Productos de hierro y acero, Productos de cobre y bronce, Productos de zinc, Productos de aluminio, Productos de plomo, Tratamiento de superficies, Producción primaria de Cobre, Producción primaria de Oro, Producción de vidrio y fritas, Producción de ladrillos, Producción, almacenamiento y transporte de arcillas, Producción de cemento, Producción de cal y reciclaje de papel, Fabr. de artículos y muebles de madera, Procesamiento de granos, Panaderías, Faenamiento de

	animales, Deshidratación de frutas, Fabricación de alimentos, Vinos y licores
<b>Metodología</b>	: METODOLOGIA AP 42, Fifth Edition, Volume I, SEPTIEMBRE DE 1998.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up.
<b>Factores de Emisión</b>	: AP 42, Fifth Edition, Volume I, ABRIL 2000.
<b>Fuente de Información</b>	: Consumo de combustible y Niveles de producción por fuentes, según DS 138/2005 MINSAL
<b>Organismo Sectorial</b>	: MINSAL

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones de las fuentes estacionarias se producen al quemar algún tipo de combustible en las fuentes industriales, normalmente para el secado de productos, o durante la operación de labores de molienda, tamizado, almacenamiento, transporte, carga y descarga de materias primas o productos.

La metodología general empleada para la estimación de emisiones de este tipo de actividades es la siguiente:

$$E = fe * Na * \left(1 - \frac{Ea}{100}\right)$$

**Ecuación 4**

Donde:

- E : Emisión
- Fe : Factor de emisión
- Na : Nivel de actividad
- Ea : Eficiencia de abatimiento

- **Niveles de actividad**

El nivel de actividad corresponde a consumo de combustible y/o producción informado por los titulares de las fuentes, al MINSAL a través del DS 138/2005.

Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo anual asociado a cada combustible o los niveles de materias primas o productos procesados por un factor de emisión.

- **Factores de emisión**

A continuación se entrega una lista de los factores de emisión reportados en los estudios de inventarios de emisiones. En aquellos casos en los cuales no se reporten los factores de emisión se debe recurrir directamente al AP-42 de la EPA.

**Tabla 2-14: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para hornos de Cemento. [Kg. Emisión/ Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	NOx	CO	TOC	SOx	NH3
Horno seco con precipitador electroestático	0,5	2,1	1,8	0,059	0,54	0,0051
Horno seco con filtro de mangas	0,1	2,1	1,8	0,059	0,54	0,0051
Enfriadera con filtro de mangas	0,068	-	-	-	-	-
Molienda de materia prima con filtro de mangas	0,0062	-	-	-	-	-
Molienda de cemento con filtro de mangas	0,0012	-	-	-	-	-
Transporte de materia prima en cinta con filtro de mangas	0,000015	-	-	-	-	-

**Tabla 2-15: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para hornos de Cal. [Kg. Emisión/Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	NOx	CO	SOx
Horno rotatorio con precipitador electroestático	0,086	1,7	1,1	1,1
Molienda de materia prima con filtro de mangas	0,00021	-	-	-
Tamizado primario con filtro de mangas	0,003			
Tamizado secundario con filtro de mangas	0,000065	-	-	-
Transporte de materia prima en cinta	1,1	-	-	-
Transporte de productos molidos con filtro de mangas	0,000044			
Transferencias a camiones con control	0,31			
Transferencias a camiones sin control	0,75			

**Tabla 2-16: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones de MP en molindas de granos.  
[Kg. Emisión/Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	PM10	PM2,5
Descarga sin control de camiones	0,09	0,029	0,005
Limpieza por vibración con filtro de mangas	0,0375	0,0095	0,0016
Secado de granos	0,11	0,0275	0,0047
Molienda de granos con filtro de mangas	0,006	0,006	0,006

**Tabla 2-17: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones de MP en molindas de minerales.  
[Kg. Emisión/Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	PM10
Molienda primaria	0,2	0,02
Molienda secundaria	0,6	0,06
Molienda terciaria	1,4	0,08
Cargas y transferencias	0,06	0,03

**Tabla 2-18: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para hornos de Cerámicas.  
[Kg. Emisión/ Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	NOx	CO	TOC	SOx
Horno a gas natural	0,245	0,27	1,65	0,215	1,54
Enfriamiento	2,3				

**Tabla 2-19: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para hornos de Vidrio.  
[Kg. Emisión/ Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	NOx	CO	TOC	SOx
Horno para envases de vidrio con precipitador electrostático	0,1	3,1	0,1	0,1	1,7

**Tabla 2-20: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para hornos de Ladrillos.  
[Kg. Emisión/ Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	NOx	CO	TOC	SOx
Horno a gas natural	0,432	0,1575	0,54	0,012	0,3
Horno a aserrín	0,4185	0,1665	0,72	0,081	0,3

**Tabla 2-21: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para hornos de Ladrillos refractarios.[Kg. Emisión/ Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	NOx	CO	TOC	SOx
Horno túnel	0,432	0,1575	0,54	0,012	0,3

**Tabla 2-22: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para hornos de producción de asfalto para pavimentos. [Kg. Emisión/ Ton producto].**

Tipo de Fuente	PTS	PM10	PM2,5	NOx	CO	TOC	SOx	CO2
Horno batch con filtro de mangas	0,021	0,013	0,004	0,06	0,2	0,004	0,006	18,5
Horno rotatorio continuo con filtro de mangas	0,016	0,011	0,003	0,027	0,065	0,016	0,005	16,5

**Tabla 2-23: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas de panaderías. [Kg. Emisión/ Kg Combustible].**

Tipo de Combustible	PTS	PM10	PM2,5	NOx	CO	TOC	SOx	NH <sub>3</sub>	Categoría de fuente
Carbón <sup>18</sup>	0,003	0,00201	0,0000870	0,00375	0,003	0,00003	0,038	0,000862	Carbón bituminoso, Coke.
Leña <sup>19</sup>	0,0032	0,00288	0,0005120	0,00075	0,0068	0,00011	0,00004	0,00109	Leña, aserrín, viruta.
Petróleo N°6 <sup>20</sup>	0,00125	0,000775	0,0006500	0,00676	0,00061	0,00016	0,02335	0,000113	Petróleo N°6, LEF.
Petróleo N°5 <sup>21</sup>	0,00089	0,00055	0,0004628	0,00691	0,00063	0,00016	0,0199	0,000115	Petróleo N°5, Súper LEF
Petróleo N°2 <sup>22</sup>	0,0002	0,0001	0,0001480	0,00283	0,00071	0,00004	0,0042	0,000141	Petróleo N°2, petróleo diesel, kerosene.
Gas <sup>23</sup>	0,00013	0,000065	0,0001235	0,00442	0,00074	0,00012	0,00001	0,0000662	Gas licuado, gas de cañería.
Gas natural <sup>24</sup>	0,00017	0,00017	0,0001615	0,00315	0,00079	0,00013	0,00001	3,87E-08	Gas natural, biogas.

**Tabla 2-24: Factores de Emisión para Chancado en Producción Primaria de Cobre (kg Contaminante/ton procesada)**

Factores de Emisión			
Table 11.24-1 (Metric Units). Emission Factors For Metallic Minerals Processing		Factores De Emisión (Kg./Ton)*	
		PTS	MP10
Chancado Primario	Materiales de Baja Humedad	0,2	0,02
	Materiales de Alta Humedad	0,01	0,004

<sup>18</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11201, Coal-Fired Power Plant PM 2,5 = 29% del PTS

<sup>19</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11801, Wood-Fired Boiler PM 2,5 = 16% del PTS

<sup>20</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11501, Oil-Fired Power Plant PM 2,5 = 52% del PTS

<sup>21</sup> Especiate, EPA, PRONUM 11501, Oil-Fired Power Plant PM 2,5 = 52% del PTS

<sup>22</sup> Especiate, EPA, PRONUM 12710, Boiler - Pet 2 Fuel Oil Fired PM 2,5 = 74% del PTS

<sup>23</sup> Especiate, EPA, PRONUM 42107, Natural Gas Home Appliances PM 2,5 = 95% del PTS

<sup>24</sup> Especiate, EPA, PRONUM 42107, Natural Gas Home Appliances PM 2,5 = 95% del PTS

Chancado Secundario	<b>Materiales de Baja Humedad</b>	<b>0,6</b>	<b>0,06</b>
	Materiales de Alta Humedad	0,03	0,012
Chancado Terciario	<b>Materiales de Baja Humedad</b>	<b>1,4</b>	<b>0,08</b>
	Materiales de Alta Humedad	0,03	0,01

Fuente: Factores EPA incluidos en el Capítulo 11, Sección 11.24 "Metallic Minerals Processing", Tabla 11.24-1.

**Tabla 2-25: Factores de Emisión fundición primaria de cobre.**  
[Kg. Emisión/ Ton Concentrado].

Fuente	PTS	PM <sub>10</sub>	SOx	Plomo	Arsénico
Horno de secado de concentrado	5	5	0,5	-	-
Horno eléctrico de refinación	50	29	45	-	-
Horno convertidor	18	10,6	300	0,135	0,0001
Horno flach	70	41,5	410		
Emisiones fugitivas de hornos convertidores	2,2	2,1	65		0,087

**Tabla 2-26: Factores de Emisión fundición secundaria de metales.**  
[Kg. Emisión/ Ton metal procesado].

Fuente	PTS	PM <sub>10</sub>	SOx	Plomo	VOC	NOx
Horno crisol fundiendo aluminio	0,95	0,85	-	-	-	-
Horno reverbero fundiendo aluminio	2,15	1,29	-	-	0,1	-
Horno crisol fundiendo latón o bronce	11	6,2	0,25	-	-	-
Horno de inducción fundiendo cobre	3,5	3,5	-	-	-	-
Horno de inducción fundiendo latón o bronce	10	10	-	-	-	-
Horno Kettle de refinación de plomo	0,02	0,006	-	-	-	-
Horno reverbero fundiendo plomo	162	-	40	-	-	0,15

**Tabla 2-27: Factores de Emisión producción de Coke.**  
[Kg. Emisión/ Ton coke].

Fuente	PTS	CO	SOx	TOC	NOx	NH3	Benceno	Tolueno	Arsénico	Plomo	Hg
Carga de horno de coke	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Escapes por puertas	0,26	0,011	0,02	0,0028	0,0007	-	-	-	-	-	-
Escapes operacionales	0,047	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Horno de coke	0,695	0,032	0,049	0,038	0,0097	0,006	0,016	0,000025	0,0000175	0,0000274	0,000000169
Horno de combustión	0,2	0,34	1,47	0,047	0,82	-	0,0075	0,0033	0,00000164	0,00000222	-

de gases										
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Tabla 2-28: Factores de Emisión producción de hierro y acero.  
[Kg. Emisión/ Kg metal].**

Fuente	PTS	CO
Alto horno	39,5	-
Desulfuración del metal fundido	0,55	-
Horno de oxigenación básico	14,25	69,0
Horno de arco eléctrico	19,0	9
Horno de hogar abierto	10,55	-

**Tabla 2-29: Factores de Emisión refinerías de petróleo.  
[Kg. Emisión/ 10<sup>3</sup> L alimentación].**

Fuente	PTS	CO	SOx	VOC	NOx	NH3
Unidad de craking catalítico sin control	0,695	39,2	1,413	0,63	0,204	0,155
Unidad de destilación al vacío				0,14		
Recuperación de vapores y antorchas		0,012	0,077	0,002	0,054	
Unidad de cokificación sin control	1,5					
Planta de separación agua/aceite				0,6		
Torres de enfriamiento, kg/10 <sup>6</sup> L alimentados				0,7		

- Perfiles de Especiación**

En las siguientes tablas se presentan los perfiles de especiación para la categoría:

**Tabla 2-30**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
HOR GAS REF-SEF%			Horno gas refinería	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
S32	0004	N_BUTA	0,231	N-BUTANE
S32	0004	ETHANE	0,209	ETHANE
S32	0004	N_PROP	0,189	PROPANE
S32	0004	PROPE	0,175	PROPYLENE
S32	0004	S231	0,076	FORMALDEHYDE

S32	0004	S53	0,076	METHANE
S32	0004	I_BUTA	0,044	ISOBUTANE

**Tabla 2-31**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
Torres de Enfriamiento			Refinery cooling towers fugitive emission	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
CA	0035	43122	1	ISOMERS OF PENTANE

**Tabla 2-32**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
Antorcha Blow-Down Enap			Antorchas	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
CA	0051	43202	0,2868236	ETHANE
CA	0051	43204	0,2868236	PROPANE
CA	0051	43201	0,1912157	METHANE
CA	0051	43502	0,1912157	FORMALDEHYDE

**Tabla 2-33**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
Caldera CO Enap			Caldera de CO	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
CA	0029	43502	0,5030627	FORMALDEHYDE
CA	0029	43201	0,3551031	METHANE
CA	0029	43105	0,1282317	ISOMERS OF HEXANE

**Tabla 2-34**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
Horno vidrio			Horno Vidrio.	
SPECIATE		<b>Profile</b>	<b>10-5-08</b>	Glass Furnace

Data		Compositions		
DB	Prof ID.	Chem.	Wt.	Chemical
ID	in DB	Code	Fract.	Description
	2710230		0,018	NITRATES
	2710230		50,341	SULFATES
	2710230		0,023	Arsénico
	2710230		0,194	Plomo
	2710230		0,034	Hierro
	2710230		0,003	Cadmio
	2710230		0,218	Cromo
	2710230		0,003	Manganeso
	2710230		0,004	Níquel
	2710230		0,006	Vanadio
	2710230		0,023	Zinc
	2710230		0,028	Aluminio
	2710230		0,002	Antimonio
	2710230		17,512	Azufre
	2710230		0,009	Bario
	2710230		0,004	Bromo
	2710230		0,461	Calcio
	2710230		0,02	Cloro
	2710230		0,003	Estroncio
	2710230		0,032	Fosforo (Amarillo o Blanco)
	2710230		0,154	ELEMENTAL CARBON
	2710230		1,05	ORGANIC CARBON
	2710230		0,044	Molibdeno
	2710230		0,001	Plata
	2710230		1,835	Potasio
	2710230		0,013	Rubidio
	2710230		0,014	Selenio
	2710230		0,374	Silicio
	2710230		0,025	Flúor

**Tabla 2-34**

Nombre de perfil		Tipo de fuente		
Producción primaria de cobre		Producción de Cobre - Compuesta		
SPECIATE Data		Profile Compositions	10-5-08	
DB	Prof ID.	Chem.	Wt.	Chemical
ID	in DB	Code	Fract.	Description
	91008		1,511	Antimonio
	91008		25	Arsénico
	91008		0,385	Bismuto

	91008		0,63	Cadmio
	91008		0,0105	Cromo
	91008		0,73	Cobre
	91008		4,95	Flúor ion
	91008		0,012	Galio
	91008		0,0365	Indio
	91008		0,29	Hierro
	91008		15,988	Plomo
	91008		0,01	Manganeso
	91008		0,13	Molibdeno
	91008		0,0055	Níquel
	91008		0,346	Potasio
	91008		0,64	Selenio
	91008		0,024	Plata
	91008		0,004	Estroncio
	91008		0,05	Azufre
	91008		0,4205	Estaño
	91008		0,003	Vanadio
	91008		4,5625	Zinc
	91008		0,0075	Zirconio

**Tabla 2-35**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
Producción primaria de cobre			Producción de Cobre en convertidores – Compuesto de captura secundaria.	
SPECIATE Data		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB ID</b>	<b>Prof ID. in DB</b>	<b>Chem. Code</b>	<b>Wt. Fract.</b>	<b>Chemical Description</b>
	2921130		2,033	Antimonio
	2921130		15,099	Arsénico
	2921130		0,601	Cadmio
	2921130		1,344	Cobre
	2921130		0,08	Indio
	2921130		0,584	Hierro
	2921130		24,207	Plomo
	2921130		0,027	Molibdeno
	2921130		0,004	Níquel
	2921130		0,073	Potasio
	2921130		0,149	Plata
	2921130		0,415	Estaño
	2921130		0,02	Ytrio
	2921130		4,805	Zinc

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas por la combustión interna industrial, se distribuyen fuente a fuente de acuerdo a su localización geográfica en UTM, la que es informada por los titulares de las fuentes mediante el DS 138/2005.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones, se efectúa mediante los datos declarados de horas de operación diaria y semanal y los consumos de combustible o producción informados mensualmente mediante el DS 138/2005.

### 2.1.5. Evaporativas

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub grupo</b>	: Fuentesfijas
<b>Categoría</b>	: Evaporativas
<b>Subcategoría</b>	: Evaporativas puntuales
<b>Rubro</b>	:Almacenamiento de Combustible, Recubrimiento ind. de superficies, Producción y envasado de GLP, Industria de artes gráficas, Estampado y teñido de telas
<b>Metodología</b>	: La metodología general empleada para la estimación de emisiones de este tipo de actividades es la contabilización de los consumos de solventes utilizados, se considera que el total del consumo de ellos se emite como emisión evaporativa. El nivel de actividad corresponde a consumo de solventes informado por los titulares de las fuentes, al MINSAL a través del DS 138/2005MINSAL o bien mediante estudios específicos basados en visitas directas a la industria. Para el caso de estanques de almacenamiento de combustible se utiliza la metodología de la EPA incluida en su programa TANKS, la cual estima en función del tipo de estanque distintos tipos de fugas asociadas al almacenamiento del combustible o sustancia química.
<b>Tipo de</b>	: Bottom Up.

<b>Metodología</b>	
<b>Factores de Emisión</b>	: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 4: Evaporation Loss Sources, April 1981. En el caso de almacenamiento de combustibles se utiliza el sistema TANKS de la EPA
<b>Fuente de Información</b>	: Consumo de solventes por fuentes, según DS 138/2005 MINSAL o bien mediante estudios específicos basados en visitas directas a la industria En el caso de estanques de almacenamiento de combustibles los datos para caracterizar los tipos de estanques así como los datos de la cantidad de productos almacenados por mes deben ser obtenidos directamente en campañas de visitas a los establecimientos que almacenan combustibles o sustancias químicas.
<b>Organismo Sectorial</b>	: MINSAL

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones de las fuentes estacionarias se producen al usar algún tipo de solvente en las fuentes industriales, normalmente para el limpiado y reparación de piezas, dilución de pintura o desengrase de superficies. En el caso de estanque de almacenamiento de combustibles las emisiones se producen principalmente por fugas del sistema que los contiene.

- **Niveles de actividad**

Las emisiones se determinan con el consumo de solvente anual asociado a cada fuente de emisión.

Con respecto a los estanques de almacenamiento de combustibles las emisiones de COV se evalúan dependiendo del tipo de estanque de almacenamiento y se calculan utilizando como herramienta el programa "TANKS Model", disponible en la página web de la EPA. Este programa permite estimar las emisiones para tres tipos de estanques y requiere de datos sobre sus características, como: dimensiones, tipo y cantidad de compuesto almacenado durante el año, color del estanque, si está a la intemperie, además de datos meteorológicos del lugar, como: temperatura máxima y mínima, radiación (todas expresadas como promedio mensual) y la presión atmosférica.

Para estanques de techo flotante externo, se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$L_t = L_r + L_{wd} + L_f \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

- $L_t$  : pérdidas totales [kg/año]
- $L_r$  : pérdidas por los bordes de los sellos [kg/año]
- $L_{wd}$  : pérdidas por retiro de líquido orgánico [kg/año]
- $L_f$  : pérdidas por fitting del techo, [kg/año]

Para estanques de techo flotante interno, se utiliza la siguiente expresión:

$$L_t = L_r + L_{wd} + L_f + L_d \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- $L_t$  : pérdidas totales [kg/año].
- $L_r$  : pérdidas por los bordes de los sellos [kg/año].
- $L_{wd}$  : pérdidas por retiro de líquido orgánico [kg/año].
- $L_f$  : pérdidas por fitting del techo [kg/año].
- $L_d$  : pérdidas por juntas de la cubierta [kg/año].

- **Perfiles de Especiación**

En las siguientes tablas se presentan los perfiles de especiación para la categoría:

**Tabla 2-34**

Nombre de perfil		Tipo de fuente		
Imprentas		Para todas las imprentas		
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
EPA	9026	43118	0,1675	MINERAL SPIRITS
EPA	9026	43560	0,1435	METHYLISOBUTYL KETONE
EPA	9026	43377	0,125	CARBITOL
EPA	9026	43201	0,1001	METHANE
EPA	9026	43552	0,0678	METHYLETHYL KETONE
EPA	9026	43205	0,042	PROPENE
EPA	9026	43444	0,0376	ISOPROPYLACETATE
EPA	9026	43434	0,0343	N-PROPYLACETATE
EPA	9026	43551	0,0306	ACETONE

EPA	9026	43202	0,03	ETHANE
EPA	9026	43502	0,0273	FORMALDEHYDE
EPA	9026	45202	0,0244	TOLUENE
EPA	9026	43248	0,0182	CYCLOHEXANE
EPA	9026	43213	0,017	BUTENE
EPA	9026	45456	0,016	BUTYLISOPROPYLPHTHALATE
EPA	9026	43204	0,015	PROPANE
EPA	9026	43224	0,0149	1-PENTENE
EPA	9026	45452	0,0125	DIBUTYLPHTHALATE
EPA	9026	43435	0,01	N-BUTYLACETATE
EPA	9026	45106	0,0088	ISOMERS OF DIETHYLBENZENE
EPA	9026	43301	0,0075	METHYL ALCOHOL
EPA	9026	43304	0,0075	ISOPROPYL ALCOHOL
EPA	9026	43305	0,0075	N-BUTYL ALCOHOL
EPA	9026	45203	0,0075	ETHYLBENZENE
EPA	9026	45102	0,005	ISOMERS OF XYLENE
EPA	9026	43155	0,0046	ISOMERS OF HEPTADECANE
EPA	9026	90030	0,0041	HEXADECANE
EPA	9026	43203	0,0025	ETHYLENE
EPA	9026	43156	0,0021	ISOMERS OF OCTADECANE
EPA	9026	90049	0,0021	METHYLUNDECANE
EPA	9026	43212	0,0013	N-BUTANE
EPA	9026	90127	0,0011	NONADECANE
EPA	9026	90096	0,001	TRIMETHYLOCTANES
EPA	9026	90077	0,0006	ETHYLOCTANE
EPA	9026	90126	0,0006	EICOSANE
EPA	9026	90097	0,0004	TRIMETHYLDECANE
EPA	9026	90125	0,0004	HENEICOSANE
EPA	9026	43273	0,0003	CYCLOHEXENE
EPA	9026	90071	0,0003	DIMETHYLUNDECANE
EPA	9026	43114	0,0002	ISOMERS OF PENTADECANE
EPA	9026	43125	0,0002	C10 OLEFINS
EPA	9026	45304	0,0002	C5 ALKYLPHENOLS
EPA	9026	43332	0,0001	DIMETHYLOCTANOL
EPA	9026	43333	0,0001	DIMETHYLHEPTANOL
EPA	9026	43334	0,0001	METHYLHEPTANOL
EPA	9026	43335	0,0001	METHOXYETHOXYETHANOL
EPA	9026	45330	0,0001	BIPHENYLOL
EPA	9026	45706	0,0001	N-PHENYLANILINE
EPA	9026	90130	0,0001	CARYOPHYLLENE

**Tabla 2-35**

Nombre de perfil		Tipo de fuente	
Almacenamiento de Crudo		Refinery crude oil storage tanks	
	<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	

<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
EPA	1211	43212	0,2271	N-BUTANE
EPA	1211	43204	0,1897	PROPANE
EPA	1211	43220	0,1329	N-PENTANE
EPA	1211	43911	0,1122	2-METHYL-BUTANE
EPA	1211	43910	0,0606	2-ME-PROPANE
EPA	1211	43202	0,0451	ETHANE
EPA	1211	43231	0,0389	HEXANE
EPA	1211	43229	0,0312	2-METHYLPENTANE
EPA	1211	99999	0,0302	UNIDENTIFIED
EPA	1211	43262	0,0215	METHYLCYCLOPENTANE
EPA	1211	43230	0,0179	3-METHYLPENTANE
EPA	1211	43232	0,0131	HEPTANE
EPA	1211	43248	0,0124	CYCLOHEXANE
EPA	1211	43261	0,0121	METHYLCYCLOHEXANE
EPA	1211	43242	0,0087	CYCLOPENTANE
EPA	1211	43295	0,0077	3-METHYLHEXANE
EPA	1211	43912	0,007	2,2,4-TRIME-PENTANE
EPA	1211	43263	0,005	2-METHYLHEXANE
EPA	1211	43276	0,0038	2,3-DIMETHYLBUTANE
EPA	1211	45202	0,0035	TOLUENE
EPA	1211	43233	0,0034	OCTANE
EPA	1211	45201	0,0032	BENZENE
EPA	1211	43296	0,003	2-METHYLHEPTANE
EPA	1211	43274	0,0022	2,3-DIMETHYLPENTANE
EPA	1211	43291	0,0016	2,2-DIMETHYLBUTANE
EPA	1211	43298	0,0015	3-METHYLHEPTANE
EPA	1211	90010	0,0014	M-XYLENE AND P-XYLENE
EPA	1211	43247	0,0011	2,4-DIMETHYLPENTANE
EPA	1211	43288	0,0011	ETHYLCYCLOHEXANE
EPA	1211	45203	0,0005	ETHYLBENZENE
EPA	1211	45204	0,0004	O-XYLENE

**Tabla 2-36**

<b>Nombre de perfil</b>			<b>Tipo de fuente</b>	
Almacenamiento de Agua Rass			Almacenamiento de agua Rass	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
CA	0802	43235	0,06957	N-NONANE

CA	0802	98149	0,06487	2,4-DIMETHYLOCTANE
CA	0802	90072	0,05988	METHYL PROPYLCYCLOHEXANES
CA	0802	98147	0,05888	2,4,5-TRIMETHYLHEPTANE
CA	0802	90083	0,04268	ETHYLMETHYLCYCLOHEXANES
CA	0802	98155	0,04188	2-METHYLDECANE
CA	0802	90047	0,04168	2-METHYLNONANE
CA	0802	45105	0,03739	ISOMERS OF BUTYLBENZENE
CA	0802	90076	0,02479	DIMETHYLNONANE
CA	0802	45205	0,02259	M-XYLENE
CA	0802	45107	0,02229	TRIMETHYLBENZENES (MIXED)
CA	0802	98039	0,02149	C10 INTERNAL ALKENES
CA	0802	90120	0,02109	ISOPROPYLCYCLOHEXANE
CA	0802	98060	0,02009	TRIMETHYLCYCLOHEXANE
CA	0802	90101	0,01679	BUTYLCYCLOHEXANE
CA	0802	45204	0,01559	O-XYLENE
CA	0802	98146	0,01489	2-METHYLOCTANE
CA	0802	43111	0,0112	ISOMERS OF DODECANE
CA	0802	43146	0,0098	C11 INTERNAL ALKENES
CA	0802	45209	0,0098	N-PROPYLBENZENE
CA	0802	90069	0,0095	DIMETHYLETHYLCYCLOHEXANE
CA	0802	90049	0,0091	METHYLUDECANE
CA	0802	90105	0,0077	PROPENYLCYCLOHEXANE
CA	0802	90107	0,0067	METHYLDECENE
CA	0802	43567	0,0064	TETRAMETHYLPENTANONE
CA	0802	46753	0,006	T-DECAHYDRONAPHTHALENE
CA	0802	43288	0,0059	ETHYLCYCLOHEXANE
CA	0802	46748	0,0055	METHYLDECALINS
CA	0802	90098	0,0055	TETRAMETHYLCYCLOPENTANE
CA	0802	98091	0,0055	DIMETHYLHEPTANES
CA	0802	90109	0,0055	PROPYL HEPTENE
CA	0802	90110	0,0055	DIETHYLMETHYLCYCLOHEXANES
CA	0802	45202	0,005	TOLUENE
CA	0802	90090	0,005	ETHYL PROPYLCYCLOHEXANES
CA	0802	98059	0,0047	TRANS-1,3-DIMETHYLCYCLOHEXANE
CA	0802	98062	0,0045	DIETHYLCYCLOHEXANE
CA	0802	90063	0,0043	2,4-DIMETHYL-1-PENTENE
CA	0802	90111	0,0043	ISOPROPYLMETHYLCYCLOHEXANE
CA	0802	45303	0,0038	C10 ALKYLPHENOLS
CA	0802	99915	0,0038	1-METHYL-2-ETHYLBENZENE
CA	0802	45203	0,0035	ETHYLBENZENE
CA	0802	90096	0,0035	TRIMETHYLOCTANES
CA	0802	98046	0,0035	NAPHTHALENE
CA	0802	90095	0,0035	TRIMETHYLHEXENE
CA	0802	90081	0,0034	ETHYLHEXANE
CA	0802	98048	0,0034	INDENE
CA	0802	43152	0,0032	ISOMERS OF UNDECYNE

CA	0802	45215	0,0031	T-BUTYLBENZENE
CA	0802	90074	0,0029	DIMETHYLDECANE
CA	0802	45801	0,0026	CHLOROBENZENE
CA	0802	90071	0,0024	DIMETHYLUNDECANE
CA	0802	90077	0,0021	ETHYLOCTANE
CA	0802	43397	0,0017	TRIMETHYLCYCLOHEXANOL
CA	0802	90113	0,0017	PENTYLINDENECYCLOHEXANE
CA	0802	45304	0,0017	C11 ALKYLPHENOLS
CA	0802	90066	0,0017	NONADIENE
CA	0802	46202	0,0017	OCTAHYDROINDENES
CA	0802	43566	0,0015	TRIMETHYLCYCLOPENTANONE
CA	0802	45320	0,0015	DIMETHYLBENZYLALCOHOL
CA	0802	43147	0,0012	C12 INTERNAL ALKENES
CA	0802	43336	0,001	OCTANOL
CA	0802	90112	0,001	DIMETHYOCTYNE DIOL
CA	0802	98025	0,001	A-PINENE
CA	0802	90118	0,001	OCTAHYDROPENTALENE
CA	0802	90082	0,001	ETHYLMETHYLHEXANE
CA	0802	45245	0,001	C11 DIALKYL BENZENES
CA	0802	43151	0,0007	ISOMERS OF DECYNE
CA	0802	43112	0,0005	ISOMERS OF TRIDECANE
CA	0802	46601	0,0005	TETRAMETHYLTHIOUREA
CA	0802	90114	0,0005	DIMETHYLBUTYLCYCLOHEXANE
CA	0802	46602	0,0005	BENZOTHIAZOLE
CA	0802	43229	0,0002	2-METHYLPENTANE
CA	0802	90097	0,0002	TRIMETHYLDECANE
CA	0802	43261	0,0002	METHYLCYCLOHEXANE
CA	0802	43267	0,0002	1-NONENE

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas, se distribuyen fuente a fuente de acuerdo a su localización geográfica en UTM, la que es informada por los titulares de las fuentes mediante el DS 138/2005 y en el caso de estanques las coordenadas son obtenidas a partir de las visitas a las instalaciones.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones, se efectúa mediante los datos declarados de horas de operación diaria y semanal y los consumos de solventes informados mensualmente mediante el DS 138/2005. Y en el caso de estanques el sistema TANKS requiere de las cantidades almacenadas mensualmente.

## 2.1.6. Misceláneas

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub grupo</b>	: Fuentesfijas
<b>Categoría</b>	: Misceláneas
<b>Subcategoría</b>	: Misceláneas
<b>Rubro</b>	: Almacenamiento de Clínker, Almacenamiento de Carbón, Transferencia de materiales, Tronaduras.
<b>Metodología</b>	: La metodología de estimación de emisiones depende del tipo de fuente que se trate, es decir la metodología es caso a caso.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up.
<b>Factores de Emisión</b>	: Generalmente AP 42, Fifth Edition.
<b>Fuente de Información</b>	: En general para este tipo de fuentes la información debe ser obtenida directamente en campañas de visitas a los establecimientos en donde se encuentran estas fuentes.
<b>Organismo Sectorial</b>	: MINSAL

A continuación se entregan las metodologías para las fuentes del tipo misceláneas encontradas en los estudios de referencia:

### 1. Almacenamiento de Clínker

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Para calcular las emisiones de material particulado proveniente de las operaciones de descarga y embarque de clínker, se usa la metodología propuesta por la EPA, en la Sección 11.9, Tabla 11.9-2 (Metric Units) "Emission Factor Equations For Uncontrolled Open Dust Sources At Western Surface Coal Mines".

$E = NA$  (cantidad de material transferido\* FE (factor de emisión)**Ecuación 7**

- **Niveles de actividad**

La información relativa a la cantidad de material transferido es obtenida directamente desde el titular del establecimiento.

- **Factores de emisión**

Las variables que intervienen en el cálculo del factor de emisión corresponden al % de humedad del material además de la altura de caída del mismo.

Se distinguen dos ecuaciones para el cálculo de los FE:

$$\frac{0.0046 (d)^{1.1}}{(M)^{0.3}}$$

**Ecuación 8**  
**FE para PTS**

$$\frac{0.0029 (d)^{0.7}}{(M)^{0.3}}$$

**Ecuación 9**  
**FE para MP15**

Donde,

M = % humedad del material

d = Altura de caída del material desde la tolva hasta el medio receptor (m)

Los factores de emisión para MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub> resultan de la multiplicación del factor "k" por la ecuación para el FE de MP<sub>15</sub><sup>25</sup> y PTS, respectivamente.

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas las coordenadas son obtenidas a partir de las visitas a las instalaciones.

---

<sup>25</sup> MP<sub>15</sub>: material particulado bajo 15 µm.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones es obtenida con preguntas específicas en fichas que son completadas en las visitas a terreno.

## **2. Almacenamiento de Carbón**

En este caso se distinguen los siguientes tipos de emisiones:

- Carga y descarga de carbón
- Harneado y Chancado de Carbón
- Erosión Eólica Pila de Acopio de Carbón

La metodología para estimar las emisiones de las pilas de carbón producto de la erosión eólica se describe en la sección correspondiente a Erosión en la categoría Polvo Fugitivo dentro de esta guía metodológica.

- Movimiento de Maquinaria Interno

En este caso la metodología se encuentra descrita en movimiento de maquinaria en la sección Fuentes Fuera de Ruta.

- **Metodología de cálculo de emisiones**

- Carga y descarga de carbón

$E = NA$  (cantidad de material cargado\* FE (factor de emisión) **Ecuación 10**

- Harneado y Chancado de Carbón

$E = NA$  (cantidad de carbón procesado\* FE (factor de emisión)**Ecuación 11**

- **Niveles de actividad**

La información relativa a la cantidad de material transferido y procesado es obtenida directamente desde el titular del establecimiento.

- **Factores de emisión**

- Carga y descarga de carbón

Para el cálculo de las emisiones de material particulado se usa la fórmula siguiente, obtenida de la Sección 13.2.4 del AP42 de la EPA. Ésta metodología es usada en la transferencia discreta y continua de material a través de distintos medios.

$$E = k \times 0,0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} [kg / Ton] \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

- E: factor de emisión (kg/ton de material transferido)
- k: multiplicador del tamaño de partícula, adimensional
- U: velocidad promedio del viento (m/s)
- M: contenido de humedad del material (%)

El valor de k es obtenido de la siguiente tabla:

**Tabla 2-37: Valor de k**

Multiplicador del tamaño de partícula aerodinámica (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2,5 µm
0,74	0,48	0,35	0,2	0,053

Fuente: EPA. AP42. Sección 13.2.4

- Harneado y Chancado de Carbón

Los factores de emisión usados para el chancado y harneado de carbón fueron obtenidos desde la Sección 11.24, del AP-42 Tabla 11.24-1 "Emission Factors For Metallic Minerals Processing". Los factores están en unidades de kg de MP/ton de material procesado.

**Tabla 2-38: Emisiones Harneado y Chancado de Carbón.**

FUENTE	FE MP <sub>10</sub> (kg/ton)
Chancado de Carbón	0,012
Harneado de Carbón	0,16

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas, las coordenadas son obtenidas a partir de las visitas a las instalaciones.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones es obtenida con preguntas específicas en fichas que son completadas en las visitas a terreno relativas a los horarios de funcionamiento.

### **3. Transferencia de materiales**

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Dentro de las operaciones identificadas de descarga de materiales se encuentra por ejemplo las descargas desde camiones de gran minería a botaderos, stocks y la descarga de material extraído para procesos de chancado.

Para el cálculo de emisiones por transferencia de materiales se usa la misma metodología que en el caso de carga y descarga de carbón, propuesta por EPA en el Capítulo 13 "Miscellaneous Sources", Sección 13.2 "Fugitive Dust Sources", Subsección 13.2.4 "Aggregate Handling And Storage Piles".

- **Niveles de actividad**

La información relativa a la cantidad de material transferido es obtenida directamente desde el titular del establecimiento.

- **Factores de emisión**

Ver Carga y descarga de carbón.

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas, las coordenadas UTM son obtenidas a partir de las visitas a las instalaciones.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones es obtenida con preguntas específicas en fichas que son completadas en las visitas a terreno relativas a los horarios de funcionamiento.

#### **4. Tronaduras**

- **Metodología de cálculo de emisiones**

El material de la mina que se deberá extraer está constituido principalmente de roca sólida, esta debe ser fracturada mediante explosivos para permitir su remoción y posterior extracción. Este proceso es conocido como tronadura.

La metodología usada para el cálculo de las emisiones de material particulado corresponde a la propuesta por EPA en su Capítulo 11, Sección 11.9 "Western Surface Coal Mining", Tabla 11.9-2 "*Blasting*".

La ecuación de cálculo de emisiones está en función del área de cada tronadura y está en unidades de kilogramo de material particulado por tronadura.

La siguiente ecuación es utilizada para calcular el factor de emisión correspondiente:

$$E[\text{kg / tronada}] = 0,00022 \times (A)^{1,5}$$

**Ecuación 13**

Donde el nivel de actividad "A" corresponde al área de la tronadura en m<sup>2</sup> cuya información es obtenida directamente desde el titular del establecimiento. 0,00022 corresponde al factor de emisión de la metodología

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas, las coordenadas UTM son obtenidas a partir de las visitas a las instalaciones.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones es obtenida con preguntas específicas en fichas que son completadas en las visitas a terreno relativas a los horarios de funcionamiento.

## **5. Emisiones de Polvo Resuspendido por erosión eólica**

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Respecto a las emisiones de material particulado proveniente de la erosión eólica, éstas pueden ser estimadas a partir de la utilización de metodología EPA, en su modelo *Wind Erosion Model*, WEM.

La siguiente ecuación resume la metodología de estimación de emisiones de polvo por la acción erosiva del viento:

$$E = E_f * A$$

Dónde:

E= Emisión de material particulado (ton/año)

E<sub>f</sub> = Factor de Emisión

A= Área erosionable (ha)

La ecuación se encuentra en función de parámetros meteorológicos y de parámetros característicos del tipo de partícula:

$$E = \frac{k * \sum_{i=1}^N (9,813 * A * (58 * (u_i - u_t)^2) + 25 * (u_i - u_t))}{2000}$$

$$u_i = 0,056 * u_d$$

Dónde:

E<sub>f</sub> : Factor de emisión (ton/año)

K : Factor aerodinámico de partículas (adimensional)

N : Número de días en que se excede la velocidad de fricción.

A : Área expuesta (ha).

u<sub>i</sub> : Velocidad de fricción en la superficie (m/s)

u<sub>t</sub> : Velocidad de fricción umbral a la altura del anemómetro (m/s)

u<sub>d</sub> : Máxima velocidad del viento del día i (m/s)

### Valores de k Según Tamaño de Partícula

Factor Aerodinámico	PTS	MP <sub>10</sub>	MP <sub>2,5</sub>
K	1,0	0,5	0,075

El valor de  $u_i$  (velocidad de fricción en la superficie) es determinado por la moda de la distribución del tamaño de partículas existentes en muestras del sitio eriazo considerado. Con esta velocidad de fricción en la superficie se calcula la velocidad de fricción a la altura del anemómetro mediante la siguiente relación.

$$u_i = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0} \quad (z > z_0)$$

Dónde:

- u : Velocidad del viento (m/s).
- $u^*$  : Velocidad de fricción (m/s)
- z : Altura del anemómetro sobre la superficie (m)
- $z_0$  : Rugosidad del terreno (m)
- 0,4 : Constante de Karman (adimensional)

La siguiente tabla entrega los valores de  $u_i$  para distintos tamaños de partícula.

**Tabla 2-39: Valores de  $u_i$  Para Distintos Tamaños de Partícula**

Nº Tamiz	Apertura (mm)	Punto Medio (mm)	$u^*$ (cm/s)
5	4	---	---
9	2	3	100
16	1	1,5	76
32	0,5	0,75	58
60	0,25	0,375	43

Fuente: EPA, AP42 Tabla 13.2.5-1

Esta metodología considera cada día en que la velocidad del viento sobrepasa la velocidad de fricción.

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas, las coordenadas UTM son obtenidas a partir de las visitas a las instalaciones.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones está determinada por la superficie expuesta a erosión dentro del área de estudio.

## 2.2. FUENTES ESTACIONARIAS AREALES Y OTRAS

### 2.2.1. Fuentes de Combustión Residencial

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Residencial
<b>Subcategoría</b>	: Combustión Externa Residencial
<b>Rubro</b>	: Gas licuado, gas de ciudad, gas natural, kerosene y leña
<b>Metodología</b>	<p>: Se basa en consumos de combustibles y factores de emisión del contaminante en estudio, en función del tipo de combustible. Métodos de asignación comunal del consumo de combustible, generalmente en función de la población comunal.</p> <p>Respecto a leña, la metodología utilizada corresponde a metodología EPA, la cual consiste en multiplicar el consumo de leña por un factor de emisión másico por contaminante, es decir, emisión expresada en masa de contaminantes por masa de combustible quemado.</p> <p>En el caso de leña es importante destacar que existen otras metodologías, las que pueden ser utilizadas cuando se dispone de información de encuestas que permitan distinguir los consumos en forma más detallada, diferenciando distintos tipos de artefactos y contenidos de humedad en la leña consumida. No obstante, no existe a la fecha una metodología definitiva que considere todas estas variables. En los estudios de referencia: <i>Referencia 6</i>, <i>Referencia 7</i> y <i>Referencia 10</i> es posible obtener mayores antecedentes en relación a este tipo de metodologías.</p>
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down.
<b>Factores de Emisión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agencia Ambiental de California (CARB)</li> <li>• AP42, EPA</li> <li>• RADIANT 1991 para NH3</li> <li>• Para leña: AP 42, Quinta Edición, Volumen I, 1998.</li> </ul>
<b>Fuente de Información</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumos de combustibles provenientes de Informes Estadísticos Anuales de la SEC.</li> <li>• Consumo de leña según información disponible en Encuesta</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>CASEN desarrollada por MIDEPLAN</li> <li>Estudio "Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile", CNE, 2006.</li> <li>Información de población, Censo de Población, INE.</li> </ul>
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC).</li> <li>Ministerio de Planificación (MIDEPLAN)</li> </ul>

- Metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones de esta fuente de área se producen al quemar algún tipo de combustible en las residencias particulares, ya sea para los usos de calefacción, calentar agua o la cocción de alimentos.

Los combustibles que se estudian en esta sección son los que se indican en la tabla siguiente.

**Tabla 2-40: Combustibles asociados a las emisiones provenientes de la combustión residencial**

<b>Combustibles asociados a combustión residencial</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kerosene</li> <li>Gas licuado GLP</li> <li>Gas natural GN</li> <li>Gas de ciudad – gas propano diluido GPD</li> <li>Leña</li> </ul>

Las emisiones dependen del tipo de combustión, la composición del combustible y del tipo de equipo donde se produce la combustión. Sin embargo, para el caso de nuestro país en donde no se cuenta con mediciones locales que puedan especificar factores de emisión en función del tipo de equipo, de la operación local y de las características de la composición de los combustibles locales, la metodología planteada trabaja con factores de emisión obtenidos de la literatura internacional. Los estudios de referencia permiten aplicar un ajuste a los factores de emisión de SO<sub>2</sub> de acuerdo al contenido de azufre de los combustibles locales.

Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo anual asociado a cada combustible por un factor de emisión, de acuerdo a la siguiente expresión general:

$$E = FE \cdot Na \text{Ecuación 14}$$

Donde:

- E : Emisiones del contaminante en estudio [ton/año]  
FE : Factor de emisión del contaminante en estudio, en función del tipo de combustible [Ton/kg combustible]  
Na : Nivel de actividad, definido en este caso por el consumo anual de combustible [kg/año]

- **Niveles de actividad**

Los niveles de actividad para el caso de la combustión residencial corresponden a los niveles de consumos de cada uno de los combustibles en cuestión. Los consumos de GLP, gas natural, gas de ciudad y kerosene deben ser extraídos de los reportes estadísticos anuales que reporta la SEC en su página web.

Respecto a los consumos de gas natural de tipo residencial, la SEC considera dentro del registro residencial los consumos utilizados por las calderas de calefacción de edificios residenciales. El MINSAL por medio del D.S 138 tiene registrados los consumos de gas natural de cada una de las calderas a nivel país, por lo tanto, estos consumos deben ser restados de los consumos reportados por la SEC para evitar el doble conteo.

Respecto a la estimación de los consumos de leña a nivel nacional, se debe utilizar como información base la metodología empleada en el documento *Estimation of Emissions from Residential Wood Combustion (RWC) in Chile* – Carmen Gloria Contreras. Básicamente, esta metodología utiliza la información de la encuesta CASEN del número de hogares muestreados por comuna que consumen leña, separados en áreas rurales y urbanas y los kilogramos estimados de leña consumidos en dichos hogares, generando luego una expansión al total de hogares reales existentes en la comuna a partir de la información reportada por el Censo de Población del INE.

La CASEN es una encuesta de caracterización socioeconómica a nivel nacional de responsabilidad del Ministerio de Planificación. Si bien esta encuesta se realiza cada tres años, ésta entrega información importante que debe ser considerada, debido a la falta de encuesta de consumos de leña específicos en las regiones del país, salvo algunas ciudades en las cuales se han efectuado encuestas en el marco de estudios asociados a evaluaciones ambientales. Respecto a los antecedentes de población, se debe utilizar el Censo de Población de INE realizado cada 10 años en nuestro país, por lo que para el año de evaluación del inventario de emisiones a realizar de ser necesario se deberá utilizar la información de proyecciones que entrega el mismo instituto de estadísticas.

La metodología de estimación del consumo de leña a nivel comunal se plantea en párrafos posteriores en el punto de "Distribución espacial".

Las estimaciones de emisiones en general se han enfocado a la leña consumida en las regiones V hasta la XII región dado que estas regiones representan el 98% del consumo total de leña a nivel nacional<sup>26</sup>.

- **Factores de emisión para GLP, GC, GN, Kerosene y Leña**

Los factores de emisión para GLP, GC, GN y Kerosene provienen de dos fuentes de información: una corresponde al AP-42 de la EPA y la otra a la Agencia Ambiental de California (CARB). Los nombres de los documentos de referencia son:

1. "External Combustion Sources", Natural Gas Combustion, AP42 EPA, Revisión Julio de 1998.
2. "External Combustion Sources", Fuel Oil Combustión, AP42 EPA, Revisión Septiembre de 1998.
3. Residential Fuel Combustión, Section 7.3, CARB, Revisión marzo 1993.
4. Para leña: AP 42, quinta edición, Volumen I, septiembre de 1998.

Para el caso del SO<sub>2</sub>, se deben aplicar factores de ajuste a los factores de emisión reportados en la literatura internacional, de acuerdo a los contenidos de azufre correspondientes a la realidad local. Estos factores de ajuste deberán ser verificados y ajustados, si corresponde, cada vez que se desarrolle un inventario de emisiones en base a las variaciones de los contenidos de azufre en el tiempo, ya sea por nuevas normativas o por mejoras de las características de los combustibles más allá de lo que dicte la norma. En este sentido, los valores de contenidos de azufre que deberán ser considerados serán aquellos registrados por la SEC durante el año de evaluación del inventario y no los que dicte la normativa. Esto debido a que, por lo general, las compañías de combustibles líquidos y gaseosos nacionales entregan productos con características de mejor calidad que lo que dicta la norma, sin embargo, las compañías de combustibles locales pueden abastecer parte de los mercados. Como en Chile existe libertad de importación, se deben considerar también las características de los combustibles importados, los cuales pueden estar más al límite de las especificaciones de la norma.

---

<sup>26</sup> SINIA 2004

Las tablas se indican los factores de emisión a utilizar para la generación de los inventarios de emisiones nacionales. Estos fueron obtenidos luego de aplicar las transformaciones de unidades necesarias a los valores de referencia internacional.

Respecto a los factores de emisión asociados a la combustión residencial del GLP, la documentación del AP-42 presenta factores de combustión de GLP pero representativos de combustión comercial e industrial y no específicamente asociados a combustión de tipo residencial. Debido a lo anterior se ha optado por utilizar, dentro de los inventarios nacionales, los factores reportados por la CARB como factores representativos de la combustión de tipo residencial, los cuales en general presentan menores tasas de emisión.

**Tabla 2-41: Factores de Emisión por Combustión Residencial de GLP.**

Contaminante	FE (Kg/10 <sup>3</sup> m3)	Tabla CARB	Fecha Revisión	Ranking
CO	222,00	S/N	03/1993	No reporta
NOx	1092,00	S/N	03/1993	No reporta
SO2	1,68	S/N	03/1993	No reporta
VOC	87,60	S/N	03/1993	No reporta
PM10	33,60	S/N	03/1993	No reporta
PM2.5	0,00	S/N	03/1993	No reporta

S/N = Sin Número

Fuente: Residential Fuel Combustión, Section 7.3, CARB, Marzo 1993.

La documentación del AP-42 no contiene factores de emisión específicos de kerosene. Sin embargo, a la fecha, en los inventarios desarrollados por CONAMA se le ha asignado a kerosene los factores de emisión de destilado de petróleo reportados dentro de dicha documentación, según lo recomendado por la Emissions Inventory Improvement Program (EIIP). Cabe mencionar que dentro de la documentación de la EPA se encuentra un paper elaborado por Bernd H. Haneke<sup>27</sup> en donde se indica que, para obtener el factor de emisión de kerosene a partir del destilado de petróleo, es recomendable aplicar un factor de corrección al factor de destilado de petróleo que represente la razón entre poderes caloríficos de estos combustibles. El factor de ajuste correspondería a 0,98 de acuerdo a los poderes caloríficos reportados por la CNE. La tabla siguiente entrega los factores de emisión a utilizar, a los cuales ya se les ha aplicado el factor de ajuste.

**Tabla 2-42: Factores de Emisión por Combustión Residencial de Kerosene.**

Contaminante	FE (Kg/10 <sup>3</sup> m3)	Tabla AP-42	Fecha Publicación	Ranking
CO	588,00	1.3-1	09/1998	A

<sup>27</sup>Paper denominado "A National Methodology and Emission Inventory for Residential Fuel Combustion".

Nox	2116,80	1.3-1	09/1998	A
SO2	5009,76	1.3-1	09/1998	A
VOC	82,32	1.3-3	09/1998	A
PM10	127,01	1.3-7	09/1998	D
PM2.5	97,61	1.3-7	09/1998	D

Fuente: "External Combustion Sources", Fuel Oil Combustión, AP42 EPA, Sept. 1998.

En relación a los factores de emisión provenientes de la combustión residencial de gas natural, los factores reportados dentro de la documentación de la CARB corresponden a los mismos valores indicados por las metodologías del AP-42. Estos factores de emisión, según lo indicado en la referencia del AP-42, son representativos de la combustión residencial asociada a calefacción de espacios. Dentro de la documentación de la CARB se presenta un documento en donde se presentan factores de emisión de combustión de gas natural según tipo de usos en una residencia particular, a saber, calefacción de espacios, calentar agua y cocinar. Estos factores, en general, no distan significativamente respecto a los valores reportados por el AP-42. Sus mayores diferencias se dan para el caso de las emisiones de monóxido de carbono en donde los factores asociados a la utilización del gas natural para cocinar son un 60% más altos en comparación con el factor de emisión relativo a calefacción de espacios del AP-42. Aun si se quisieran utilizar estos factores de emisión, en nuestro país no se tienen registros oficiales de cuánto consumo existe por tipo de uso y región<sup>28</sup>. En Temuco y Padre Las Casas se hizo una encuesta de consumos de leña en donde además se consultó por el consumo de los tres tipos de usos de gas natural mencionados anteriormente, sin embargo este detalle no se tiene para todas las regiones del país y menos de manera generalizada para toda una región. Al respecto, se debe considerar que la matriz de consumos energéticos de tipo residencial según región o zona geográfica del país.

La siguiente tabla indica los factores de emisión que se deben utilizar para la combustión residencial de gas natural. Los factores de emisión CO y NOX provienen de valores indicados como combustión residencial dentro del estudio de la EPA. Los factores de emisión de VOC, PM y SO<sub>2</sub> representan a todas las fuentes de combustión de gas natural y no exclusivamente al sector residencial.

Los factores de emisiones que deben utilizarse para la estimación de emisiones provenientes de la combustión de gas de ciudad son aquellos reportados por el AP-42 como factores de gas natural. El gas de ciudad es un gas manufacturado, generalmente a partir de nafta y biogás y las emisiones generadas deberían ser muy similares a las provenientes de la combustión residencial de gas natural.

<sup>28</sup> Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustible.

**Tabla 2-43: Factores de Emisión por Combustión Residencial de Gas Natural y Gas de Ciudad**

Contaminante	FE (Kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Tabla AP-42	Fecha Publicación	Ranking
CO	640	1.4-1	07/1998	B
Nox	1504	1.4-1	07/1998	B
SO2	9,6	1.4-2	07/1998	A
VOC	88	1.4-2	07/1998	C
PM10	30,4	1.4-2	07/1998	B
PM2.5	30,4	1.4-2	07/1998	B
TOC	176	1.4-2	07/1998	B
PM (total)	121,6	1.4-2	07/1998	D

Fuente: "External Combustion Sources", Natural Gas Combustion, AP42 EPA, Julio 1998.

La siguiente tabla indica los factores de emisión de NH<sub>3</sub> provenientes de la combustión residencial de GLP, GN y Gas de Ciudad. Estos factores fueron proporcionados a CONAMA como recomendación de RADIANT Corporation en la generación del inventario base 2000 de CONAMA R.M.

**Tabla 2-44: Factores de Emisión por Combustión Residencial para NH<sub>3</sub>**

Combustible	NH <sub>3</sub>	Unidad	Ranking
GLP	3,780 x 10 <sup>-3</sup>	Kg/Ton	No disponible
GN	8,339 x 10 <sup>-3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	No disponible
GC	2,64827 x 10 <sup>-6</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	No disponible

Fuente: Dickson R.J. et al., Development of the Ammonia Emission Inventory for the Southern California Air Quality Study Report prepared for the California Air Resources Board, Sacramento CA by RADIANT Corporation, Sacramento CA, Sept., 1991.

En la siguiente tabla se presentan los factores de emisión que deben ser utilizados para la estimación de emisiones de combustión de leña.

**Tabla 2-45: Factores de emisión por combustión de leña (gr/kg)**

	MP <sub>10</sub>	MP <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COV	SO <sub>x</sub>
Factor	15,3	15,0	1,4	115,4	26,5	0,2
Ranking	B	B	B	B	C	B

Fuente: EPA, AP-42, quinta edición, volumen I, septiembre de 1998, Sección 1.10 Residential Wood Stoves.

- **Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas por la combustión residencial de GLP, gas natural, kerosene y gas de ciudad, ésta se efectúa a nivel comunal utilizando una distribución en base a la participación poblacional de cada comuna respecto al total regional. Los informes estadísticos anuales de la SEC no entregan información comunal, solo a nivel regional. Cabe mencionar que en los casos en los cuales el combustible no sea utilizado en todas las comunas de la región (por ejemplo, el gas natural solo es distribuido en algunas comunas dentro de una región) o bien solo sea utilizado en áreas urbanas, los consumos de combustibles (niveles de actividad) se deben asignar geográficamente solo a las comunas o zonas dentro de una comuna en las cuales se tenga certeza que efectivamente se consume el combustible en evaluación.

Respecto a la leña, a partir de información generada por la Encuesta Casen, se obtienen estimaciones a nivel comunal para áreas urbanas y rurales de consumo de leña, tomando como base la metodología empleada en el documento *Estimation of Emissions from Residential Wood Combustion (RWC) in Chile* – Carmen Gloria Contreras.

A continuación se entregan los pasos metodológicos a seguir para la obtención de la consumo de leña a nivel comunal:

- Extraer de la CASEN el número de hogares que no consumen leña, el número de hogares que sí consumen, y los kilogramos consumidos, por comuna, separados en urbano y rural.
- A partir del total de hogares registrados en la CASEN, por comuna, obtener el porcentaje de hogares que consumen leña, separados en rural y urbano.
- Extraer del Censo de Población del INE la información de número de hogares por comuna, separados en urbano y rural
- Como los reportes de la CASEN asociados a hogares que consumen leña no están expandidos a toda la comuna sino que CASEN solo reporta los muestreos efectuados, se debe efectuar un proceso de expansión al total comunal. Para esto se debe multiplicar el porcentaje de consumo de leña a nivel urbano (a partir de datos CASEN) por el número de hogares de tipo urbano en la comuna (a partir de datos del Censo de Población), y lo mismo a nivel rural.
- Luego se debe obtener la leña ocupa por cada hogar al año, de los hogares que usan leña, separado en urbano y rural, a partir de las estadísticas de la CASEN y luego expandir al total comunal.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones se efectúa aplicando perfiles semanales y mensuales a cada fuente emisora. Los perfiles mensuales son obtenidos a partir de los registros de ventas mensuales para cada región que reporta la SEC en su Informe Estadístico Anual. Respecto al perfil semanal, se asume que el consumo por lo general no se diferencia entre días de semana.

Respecto a la leña, a partir del estudio "*Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile*", CNE, 2006, se obtienen curvas de consumo mensual para obtener una distribución temporal anual y diaria.

En el caso de la distribución semanal horaria estos ciclos han sido desarrollados a partir de las encuestas disponibles y sus resultados se han sido aplicados al resto del país.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-SpeciatiionProfiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En la tabla que sigue a continuación, se muestra la especiación de sustancias para material particulado, proveniente del consumo residencial de leña:

**Tabla 2-46: Especiación de Sustancias (%)**

SUSTANCIA	PORCENTAJE (%)
Acetaldehyde	0,24
Benzo(a)pyrene	0,9
Butyraldehyde	2,08
Formaldehyde	0,66
Isobutyraldehyde	1,7
Naphthalene	43,65
Propionaldehyde	0,18
Phenol	6,84
Acenaphthene	1,22
Acenaphthylene	7,19

Chrysene	2,39
Dibenz(a,h)anthracene	0,04
Fluoranthene	3,63
Fluorene	2,59
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,66
Phenanthrene	16,84
Pyrene	3,35
Benzo(b)fluoranthene	1,14
Benzo(e)pyrene	0,09
Coronene	0,03
Cyclopenta(cd)pyrene	0,22
Perylene	0,06
Anthanthrene	0,08
BENZO(C)PHENANTHRENE	0,07
PENTANOL	0,25
BENZO(G,H,I) FLUORANTHENE	1,3
METHYL-ANTHRACENES	0,93
C2-ALKYL-ANTHRACENES	0,17
CYCLOPENTA-ANTHRACENES	0,14
METHYL-FLUORANTHENES	0,4
METHYL-BENZANTHRACENES	0,21
C2-ALKYL-BENZANTHRACENES	0,41
BENZOPYRENES	0,29
DIBENZANTHRACENES	0,03
DIBENZOPYRENES	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

### 2.2.2. Fuentes Evaporativas Residencial

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Residencial
<b>Subcategoría</b>	: Evaporativas residencial
<b>Rubro</b>	: Solventes de uso doméstico, Pintado arquitectónico, Usos de Adhesivos, Residencial de NH <sub>3</sub> , Fugas residenciales de GLP
<b>Metodología</b>	: La metodología general empleada para la estimación de emisiones de solventes domésticos, pintado arquitectónico y

	uso de adhesivos, es la contabilización de los consumos de productos en donde se considera que la cantidad total de solventes que estos contienen se emite como emisión evaporativa. En el caso de GLP se asume directamente un % de pérdida a partir del consumo total.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down.
<b>Factores de Emisión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adhesivos y Pintura Arquitectónica: Agencia Ambiental de California (CARB)</li> <li>• Solventes de usos domestico: USA-EPA</li> <li>• RADIAN 1991 para NH3</li> <li>• PEMEX Fugas de GLP</li> </ul>
<b>Fuente de Información</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solventes de uso doméstico: Encuesta de Presupuestos Familiares que realiza el INE cada 10 años.</li> <li>• Pintura arquitectónica: antecedentes INE Anuario Ventas Físicas e información de Aduana para el caso de exportaciones e importaciones de pintura</li> <li>• Adhesivos: antecedentes INE Anuario Ventas Físicas e información de Aduana para el caso de exportaciones e importaciones de adhesivos.</li> <li>• NH<sub>3</sub>: Censo de Población, INE.</li> <li>• Consumos de GLP provenientes de Informes Estadísticos Anuales de la SEC.</li> <li>• Información de población, Censo de Población, INE.</li> </ul>
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INE</li> <li>• ADUANA</li> <li>• Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC).</li> </ul>

- **Metodología de cálculo de emisiones**

La metodología general de estimación de emisiones provenientes del uso de solventes domésticos se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = C * FE \text{Ecuación 15}$$

Donde:

E : Emisiones anuales de COV [ton/año].

FE : Factor de emisión de COV [% de COV en el producto]

C : Consumo de solvente anual [ton/año]

Con respecto a las emisiones de COV provenientes de la aplicación de pinturas se desagregan en tres sectores dependiendo del tipo de pintura y de su utilización, de la forma como se indica a continuación:

- Sector residencial (pintura arquitectónica)
- Sector comercial (talleres de pintado de vehículos)
- Sector industrial (recubrimiento industrial de superficies)

La diferenciación metodológica entre ellos no se presenta precisamente por su ecuación de estimación de emisión, cuyos conceptos teóricos presentan la misma base metodológica, sino más bien en el proceso de cuantificación de los niveles de actividad o consumos de pinturas para los diferentes sectores.

La metodología general de estimación de emisiones provenientes del pintado arquitectónico se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = C * FE \text{Ecuación 16}$$

Donde:

E : Emisiones anuales de COV [ton/año].

FE : Factor de emisión de COV [Kg de COV/Ton del producto consumido]

C : Consumo de pintura anual [ton/año]

La metodología general de estimación de emisiones provenientes del uso de adhesivos domésticos se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = V_s * F_{Es} + V_a * F_{Ea} \text{Ecuación 17}$$

Donde:

- E : emisiones de COV producto de la aplicación de adhesivos (ton/año)  
V<sub>s</sub> : venta de adhesivo base solvente (ton/año).  
F<sub>Es</sub> : factor de emisión del adhesivo base solvente (ton COV/ton de adhesivos)  
V<sub>a</sub> : venta de adhesivo base acuosa (ton/año).  
F<sub>Ea</sub> : factor de emisión base acuosa (ton COV/ton de adhesivos)

La metodología general de estimación de emisiones provenientes fugas de GLP se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = C * P_c \text{Ecuación 18}$$

Donde:

- E : emisiones de COV producto de fuga de GLP (ton/año)  
C : Consumo de gas por sector ya sea residencial o comercial [ton/año].  
P<sub>c</sub> : Porcentaje de pérdida por sector de consumo [%].

La metodología general de estimación de emisiones proveniente de emisiones residenciales de NH<sub>3</sub> se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = P * F_E \text{Ecuación 19}$$

Donde:

- E : Emisiones anuales [ton/año].  
P : Número de personas.  
F<sub>E</sub> : Factor de emisión por persona de NH<sub>3</sub>.

- **Niveles de actividad**

En el caso de solventes de uso doméstico se utiliza la Encuesta de Presupuestos Familiares que realiza el INE cada 10 años. La última encuesta, se efectuó durante los años 2006 y 2007 cuyos resultados actualmente se están procesando. En base a esta encuesta se obtienen consumos per cápita y luego esta cantidad se expande para las ciudades que no cuentan con la encuesta según la población existente.

Los productos que se consideran parte del grupo de solventes de uso doméstico se listan a continuación:

4632: Líquidos para limpiar y desmanchado res.

4633: Cera para pisos.

4634: Desodorantes ambientales.

4635: Insecticidas, fumigantes y desinfectantes.

9131: Cosméticos.

9153: Perfume, colonia y lociones.

9154: Desodorante.

9155: Otros del grupo 915, como champú, perfume, desodorante y otros.

En el caso de pintura arquitectónica, el proceso de cálculo de emisiones requiere la cuantificación del consumo de pinturas desagregadas en base acuosa, en base a solventes y en el uso de diluyentes o adelgazantes que se requieren para la aplicación de pinturas en base a solventes. Esta información no se encuentra detallada a nivel regional por lo que los valores obtenidos a nivel nacional de ventas físicas de pinturas durante el año en estudio, se ponderan por un factor que se asume representativo de la actividad económica en la región el cual es calculado en base al PIB registrado en el año y región en cuestión. Finalmente el consumo de diluyente asociado a la aplicación de pinturas en base a solventes se asume, según especialistas del rubro industrial de pinturas, como un 12% de la cantidad de pintura en base a solvente a utilizar. Con respecto a la división de los consumos por sectores: sector residencial (pintura arquitectónica), sector comercial (talleres de pintado de vehículos), sector industrial (recubrimiento industrial de superficies), en general, esta subdivisión requiere de estudios específicos para catastrar los talleres de autos y las actividades industriales de recubrimiento industrial de superficies (metodología bottom up en este caso), a partir de lo cual es posible estimar los consumos de estos sectores y restarlo al consumo total del país.

En el caso de adhesivos de usos doméstico se requiere la cuantificación del consumo de adhesivo desagregadas en base acuosa y en base a solventes; esta información se obtiene de antecedentes INE Anuario Ventas Físicas e información de Aduana para el

caso de exportaciones e importaciones de adhesivos, pero esta información no se encuentra detallada a nivel regional por lo que los valores obtenidos a nivel nacional de ventas físicas de adhesivos durante el año en estudio, se ponderan por un factor que se asume representativo de la actividad económica en la región el cual es calculado en base al PIB registrado en el año y región en cuestión.

En el caso de fugas de GLP, el consumo de gas licuado es recopilado por la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC), a partir de los cuales se realiza el cálculo de la fuga generada. Para hacer la diferenciación entre los sectores de consumo se supone que el consumo residencial corresponde a las estadísticas de gas envasado de la SEC y el Comercial e industrial está dado por las estadísticas de gas a granel de la SEC. Finalmente para el caso industrial el consumo de GLP se obtiene del D.S. 138/2005 MINSAL y este valor se descuenta a las estadísticas de gas a granel para obtener el consumo comercial de GLP.

En el caso de emisiones residenciales de NH<sub>3</sub> por persona; residuos sólidos y líquidos de niños y residuos de adultos, se trabaja con la estadística de población del INE

Para estimar el número de animales domésticos, se asume que existe una proporción de 122 perros por cada 1000 personas y una a proporción de 83 gatos por cada 1000 personas.

Con respecto a las emisiones asociadas al uso de pañales en niños, se trabaja con datos proporcionados por el INE de acuerdo a tramos de edad con niños menores de 3 años, que estarían en edad de usar pañales.

- **Factores de emisión**

Los solventes de uso domésticos están constituidos por compuestos orgánicos volátiles y no volátiles, que no son necesariamente reactivos. Como consecuencia de esto, los factores de emisión están asociados al porcentaje de compuestos volátiles del producto, los cuales corresponden al valor de la formulación, donde se supone que todo el compuesto se volatiliza.

**Tabla 2-47: Factores de Emisión para Solventes de Uso Doméstico**

Producto	Factor [%/p COV]		
	Promedio	Mín	Máx
4632: Líquidos para limpiar y desmanchadores <sup>1</sup>	9.1	1.0	42.0
4633: cera para pisos	35.2	2.0	96.0
4634: desodorantes ambientales	67.3	35.5	95.0
4635: insecticidas, fumigantes y desinfectantes <sup>2</sup>	71.4	10.8	100.0

9154: desodorante	66.4	43.8	79.5
-------------------	------	------	------

Fuente: USA-EPA

<sup>1</sup>: equivalente a "all purpose cleaners summary".

<sup>2</sup>: se juntaron dos categorías: "insect sprays summary" y "herbicidas y fungicidas".

Los factores de emisión a utilizar para el cálculo de emisiones asociadas a la aplicación de pintura arquitectónica, son los propuestos por la Agencia Ambiental de California, los que se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla 2-48: Factores de Emisión para Pinturas**

Producto	FE [Kg/m <sup>3</sup> ]	FE [kg/Ton]
Pintura base agua	52,50	52,50 <sup>a</sup>
Pintura base solvente	343,62	343,62 <sup>a</sup>
Adelgazante	766,90	995,97 <sup>b</sup>

a: se utilizó una densidad promedio de 1 kg/lt

b: se utilizó una densidad de 0.77 kg/lt. Este valor corresponde a TOG.

Para el caso de adhesivos los factores de emisión, se ha tenido que considerar que hoy en día existen adhesivos en base agua que por su formulación no emiten emisiones de COV. Además se han considerado nuevos estudios internacionales asociados a la generación de factores de emisión de esta fuente; los valores actualizados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2-49: Factores de emisión para uso de adhesivos**

Naturaleza de la base de adhesivos	FE [kg COV/ton]
Solvente	430,9
Agua	0,00

Fuente:

Agencia Ambiental de California  
(CARB), SECTION 3.7 ADHESIVES  
AND SEALANTS .2007

Cabe señalar que el factor de emisión considerado para adhesivo base solvente, presenta un valor de 430,9 [kg COV/ton] en comparación con los valores considerados en años anteriores de 558,0 [kg COV/ton] y para el tipo de adhesivo base agua presenta ahora un valor de 0 [kg COV/ton] en comparación con los valores considerados en años anteriores de 40,8 [kg COV/ton], por lo tanto no se reportarán niveles de actividad para esta última categoría.

En el caso de fugas de GLP, el factor de emisión está relacionado con los porcentajes de fuga. La metodología de estimación de dichos porcentajes se ha basado en el estudio realizado por la Empresa Nacional de Petróleos Mexicanos, PEMEX<sup>29</sup>.

En dicho estudio se realizaron mediciones en los puntos críticos de almacenamiento y envasado de gas, también se realizaron estimaciones en instalaciones industriales, domésticas y comerciales basadas en el consumo del equipo, su eficiencia y el tiempo de uso, así como los hidrocarburos no quemados durante el consumo para cada sector. Del estudio realizado por PEMEX, se han derivado porcentajes de fugas, los cuales se utilizan para estimar las emisiones de GLP y se presentan en la siguiente tabla.

---

<sup>29</sup>“Efectos de los componentes del Gas Licuado de Petróleo en la Acumulación de Ozono en la Atmósfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México”. Memoria Técnica del Estudio, PEMEX. 1997.

**Tabla 2-50: Porcentajes de Fugas de GLP**

Punto de Fuga	Porcentaje de fuga* (%)
Sector residencial +	2,7
Sector comercial +	1,6
Sector industrial +	1,5

\* : porcentajes en peso  
 + : incluye las emisiones debido a las instalaciones y al gas no quemado en el momento del consumo.  
 Fuente: Estudio de PEMEX.  
 Nota: Los porcentajes de fuga han sido derivados de la realidad mexicana, se recomienda tomar estos porcentajes con cautela y como referencia.

Los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones residenciales de NH<sub>3</sub> son los proporcionados por el estudio "Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report for the Southern California Air Quality Study", desarrollado por RADIANT, en Septiembre de 1991 y por "Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report", desarrollado por la EPA en Agosto de 1994.

**Tabla 2-51: Factores de Emisión Residenciales de NH<sub>3</sub>**

CATEGORIA	CONTAM	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
Residenciales NH <sub>3</sub>	Respiración humana	NH <sub>3</sub>	1,59	(gr NH3/per/año)	"Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report", desarrollado por la EPA en agosto de 1994
	Transpiración humana	NH <sub>3</sub>	249,48	(gr NH3/per/año)	
	Caseras	NH <sub>3</sub>	22,68	(gr NH3/per/año)	
	Con pañal de género 1	NH <sub>3</sub>	3126,84	(gr NH3/niño año)	
	Con pañal desechable	NH <sub>3</sub>	163,296	(gr NH3/niño año)	
	Personas	NH <sub>3</sub>	22,68	(gr NH3/per/año)	
	Perros	NH <sub>3</sub>	2,49	(KgNH3/animal)	
	Gatos	NH <sub>3</sub>	0,81	(KgNH3/animal)	

- Distribución espacial**

Respecto a la distribución espacial de las emisiones para todos los tipos de fuentes de esta sección, ésta se efectúa a nivel comunal utilizando una distribución en base a la participación poblacional de cada comuna respecto al total regional.

- **Distribución temporal**

- Solventes de uso domestico

En este caso la encuesta de presupuesto familiares entrega estadísticas separadas por mes a partir de lo cual se construye el perfil mensual del nivel de actividad de este tipo de fuente. Con respecto al perfil semanal se sugiere seguir un perfil de temperatura diario promedio.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-SpeciacionProfiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En la tabla que sigue a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes de solventes de uso doméstico:

**Tabla 2-52: Especiación de Sustancias (%)**

SUSTANCIA	(%)
Acetone	1,4
Formaldehyde	0,6
Naphthalene	4,5
Ethyl alcohol	36,9
Butane-iso	5,3
Isopropyl alcohol	38,5
Propylene glycol	3,2
GLYCOL ETHER	8,3
N-BUTYL ACETATE	1,3
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

- Uso de Pinturas y Adhesivos

Los perfiles mensuales son obtenidos a partir de estadísticas mensuales entregadas por el INE en el Anuario Ventas Físicas. Con respecto al perfil semanal se sugiere seguir un perfil de temperatura diario promedio.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En la tabla que sigue a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes del uso de pinturas y adhesivos:

**Tabla 2-53: Especiación de Sustancias (%)**

SUSTANCIA	(%)
Acetone	1,27
Ethylbenzene	0,54
Methyl ethyl ketone	0,54
Methyl isobutyl ketone	0,36
Toluene	37,88
Trimethylbenzene, mixed isomers	0,11
Xylene, mixed isomers	3,7
Xylene, ortho	4,47
Methyl cyclohexene	3,61
Cyclohexane	0,52
Ethyl acetate	2,04
2,4-Dimethylpentane	1,7
Ethylcyclopentane	0,22
ISOMERS OF NONANE	2,79
HEPTANE	2,94
2,4-DIMETHYLHEXANE	7,2
ETHYLCYCLOHEXANE	1,43
BUTYL CELLOSOLVE	6,48
N-BUTYL ACETATE	9,5
C5 ESTER	1,26
METHYL AMYL KETONE	0,83
2-METHYL-3-HEXANONE	3,75
ISOMERS OF ETHYLTOLUENE	0,2
TRIMETHYLCYCLOPENTANE	0,17
DIMETHYLCYCLOHEXANE	4,01
TRIMETHYLCYCLOHEXANES	1,66
METHYLHEPTENE	0,15

DIMETHYLHEPTANES	0,67
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

- Fugas de GLP

Los perfiles mensuales son obtenidos a partir de los registros de ventas mensuales de GLP para cada región que reporta la SEC en su Informe Estadístico Anual. Con respecto al perfil semanal sólo se ha usado criterio de ingeniería asumiendo fugas durante todas las horas del día.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En la tabla que sigue a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes de las fugas de gas licuado petróleo:

SUSTANCIA	(%)
N-butane	9,58
Ethane	1,51
Isobutane	2,46
Isopentane (2-Methylbutane)	0,34
N-pentane	0,1
Propane	85,57
Propylene	0,13
Sin identificar	0,31
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

- Emisiones de NH<sub>3</sub>

En este caso se suponen invariantes las emisiones con los meses del año. Con respecto al perfil semanal sólo se ha usado criterio de ingeniería asumiendo fugas durante todas las horas del día, pero se recomienda dar un peso mayor a las horas del día.

### 2.2.3. Fuentes Evaporativas Comercial

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Comercial
<b>Subcategoría</b>	: Evaporativas Comercial
<b>Rubro</b>	: Distribución de combustible, Lavasecos, Recubrimiento, industrial de superficies, Aplicación de asfalto, Fugas comerciales de GLP
<b>Metodología</b>	: En este caso las metodologías son expresadas mediante un nivel de actividad por un factor de emisión y para la obtención del factor de emisión existen expresiones específicas para su obtención.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down. : Bottom UP (opcional para el caso de lavasecos y talleres de pintura de autos)
<b>Factores de Emisión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución de combustible: EPA-AP42 y SEC</li> <li>• Lavasecos: Factor de emisión propuesto por CENMA</li> <li>• Recubrimiento, industrial de superficies (talleres de auto): Agencia Ambiental de California (CARB)</li> <li>• Aplicación de Asfalto: Emission Inventory Procedural Manual, vol III, Methods for Assessing Area Source Emissions in California</li> <li>• PEMEX Fugas de GLP</li> </ul>
<b>Fuente de Información</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución de combustible: Consumos de combustibles provenientes de Informes Estadísticos Anuales de la SEC.</li> <li>• Lavasecos: Encuesta de la RM año 2006, ADUANA, desarrollo de encuesta directa</li> <li>• Recubrimiento Industrial de Superficies: Encuesta directa</li> <li>• Aplicación de Asfalto: MOP y MINVU</li> <li>• Consumos de GLP provenientes de Informes Estadísticos Anuales de la SEC y datos de consumo industrial de GLP provenientes del D.S. 138/2005 MINSAL para hacer el balance y establecer el consumo comercial.</li> </ul>
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC).</li> <li>• ADUANA.</li> <li>• MOP y MINVU.</li> <li>• Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC).</li> </ul>

- **Metodología de cálculo de emisiones**

- Distribución de combustible

La distribución de gasolina incluye dos operaciones emisoras de compuestos orgánicos volátiles:

1. Transporte
2. Expendio final

Las emisiones evaporativas de COV durante el transporte de combustible, se originan en el desplazamiento o generación de vapores durante la carga y descarga del combustible y dependen del modo de operación y de la tecnología de control empleada. Las emisiones son mayores en el caso que los camiones no cuenten con sistema de traspaso de vapores.

Las emisiones del transporte se calculan usando la expresión presentada en la siguiente ecuación:

$$E = C * LI \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

- E : Emisión de VOC por transporte de combustible en Ton de VOC/Año
- LI : Factor de emisión por pérdidas por llenado en Ton de COV/m<sup>3</sup> de líquido cargado.
- C : Cantidad de combustible cargado en un año en m<sup>3</sup> de líquido cargado/año

En el caso de expendio final de combustible se identifican las siguientes fuentes evaporativas de COV:

1. Llenado de los estanques subterráneos de gasolina desde camiones distribuidores.
2. Respiración de estanques en el momento del llenado o vaciado.
3. Llenado de los estanques de los vehículos.
4. Derrames accidentales durante el expendio.

Las emisiones del expendio de combustible se calculan usando la expresión presentada en la siguiente ecuación:

$$E = C * (FE1+FE2+FE3+FE4) \text{Ecuación 21}$$

Donde:

- E : Emisión de VOC por transporte de combustible en mg de VOC/Año
- FE1 : Factor de emisión por llenado de los estanques subterráneos de gasolina desde camiones distribuidores expresado en mg/l transferido.
- FE2 : Factor de emisión por respiración de estanques en el momento del llenado o vaciado.
- FE3 : Factor de emisión por llenado de los estanques de los vehículos expresado en mg/l transferido
- FE4 : Factor de emisión por derrames accidentales durante el expendio expresado en mg/l transferido.
- C : Cantidad de combustible vendido en estaciones de servicio litros/año

- Lavasecos

Las emisiones del lavasecos se calculan usando la expresión presentada en la siguiente ecuación:

$$E = C * FE \text{Ecuación 22}$$

Donde:

- E : Emisiones anuales de COV [ton/año]
- C : Consumo de percloroetileno anual [ton/año]
- FE : Factor de emisión de COV [ton/ton]

- Recubrimiento, industrial de superficies

En este caso las emisiones se refieren básicamente a talleres de auto que corresponde a una actividad comercial de recubrimiento de superficies.

La metodología es la misma utilizada para pintado arquitectónico residencial.

- Aplicación de asfalto

Las superficies y pavimentos de asfalto están compuestos por un agregado compactado y un adhesivo de asfalto. En esta categoría de fuente se manejan las emisiones de hidrocarburos de la evaporación de estos adhesivos.

La caracterización del asfalto se basa en el solvente que es utilizado como diluyente, y el tiempo necesario para su curado (por ejemplo, la gasolina o nafta son utilizadas como diluyentes para un curado rápido, mientras que el Kerosene y otros aceites combustibles de baja volatilidad son utilizados para un curado medio y lento).

Las emisiones de COV provienen de la evaporación del solvente destilado de petróleo que se utiliza para licuar el cemento asfáltico. El tipo y cantidad de diluyente usado son las dos variables principales que afectan las emisiones COVs totales y el tiempo en el que se presentan.

La metodología general de estimación de emisiones provenientes de la aplicación de asfalto y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = C * FE \text{Ecuación 23}$$

Donde:

E : Emisiones anuales de COV [ton/año].  
FE : Factor de emisión de COV [ton/año]  
C : Calles asfaltadas [Km/año]

- Fugas comerciales de GLP

Ver la sección fugas residenciales de GLP.

- **Niveles de actividad**

- Distribución de combustible

Para estimar las emisiones por transporte y expendio de combustible se asume que las ventas corresponden al combustible distribuido desde las plantas de almacenamiento, el que es transportado y comercializado en las estaciones de servicios localizadas en la Región. Esta información proviene de los informes estadísticos anuales de la SEC.

- Lavasecos

El proceso de cálculo de emisiones requiere de la cuantificación del consumo de percloroetileno de los lavasecos existentes en el área de estudio. Según la Asociación de Industriales Químicos ASIQUM, en el mercado se está usando aún percloroetileno y se encuentra en proyecto el uso de otro producto que lo reemplace, pero oficialmente este todavía no entra en vigencia, y según información entregada por empresas distribuidoras de percloroetileno, el consumo ha disminuido debido al uso de mejores tecnologías en las máquinas y a la calidad de la ropa utilizada.

Por otro lado los valores reportados por Aduana de importaciones y exportaciones para poder obtener un valor más actualizado de consumo incluye el percloroetileno utilizado en los procesos de "metal mecánica", "limpieza" como desengrasante, y los "lavasecos", pero esta información solo incluye los totales, no la desagregación por actividad, por tanto no es posible obtener el valor consumido específicamente por lavasecos.

Una primera aproximación efectuada consiste en utilizar un consumo per cápita para la Región Metropolitana según la última encuesta realizada por el CENMA para el año 1996 y proyectada en el mismo estudio para el año 2005 y aplicar esta valor según la población existente en la zona de estudio.

Finalmente es recomendable actualizar la encuesta para poder actualizar las tasas de consumo actuales de este producto.

- Recubrimiento, industrial de superficies

Ver descripción de niveles de actividad para pintado arquitectónico residencial.

- Aplicación de asfalto

Los niveles de actividad están dados por los kilómetros de calles que son asfaltadas anualmente. Esta información es proporcionada por el MOP, a través del documento "Red Vial Nacional, dimensionamiento y características" y por el MINVU quien maneja información de programas de pavimentación participativa.

- Fugas comerciales de GLP

Ver sección de fugas residenciales de GLP.

- **Factores de emisión**

- Distribución de combustible

Para el transporte de combustible el factor de emisión proviene del AP-42 de la EPA de los Estados Unidos y está dado por la expresión presentada en la siguiente ecuación.

$$L_1 = 12.46 \frac{SPM}{T} \left( 1 - \frac{E_{ff}}{100} \right)$$

**Ecuación 24**

Donde:

- $L_1$  : Pérdidas por llenado [libras/ 1000 gal líquido cargado].
- $S$  : Factor de saturación
- $P$  : Presión de vapor real del líquido cargado.
- $M$  : Peso molecular de vapores [lb/Lb mol].
- $T$  : Temperatura del líquido cargado °R ( = ° F + 460)
- $E_{ff}$  : Eficiencia de recuperación de vapores.

El factor de saturación ( $S$ ) involucrado en el cálculo depende del modo de operación de la carga de los líquidos. En este caso, se utiliza el valor que supone llenado sumergido de estanque dedicado normal, con traspaso de vapores ( $S=1$ ). La tabla siguiente muestra los distintos factores de saturación según modo de operación de carga de líquidos.

**Tabla 2-54: Factor de Saturación (S) que depende del modo de llenado de los estanques de camiones**

Tipos de transporte	Modo de operación	Factor S
	Llenado sumergido de estanque limpio	0,50
	Llenado sumergido de estanque dedicado normal	0,60
Camiones tanque	<b>Llenado sumergido de estanque dedicado con traspaso de vapores</b>	<b>1,00</b>
o vagones tanque	Llenado por rociado de estanque limpio	1,45
	Llenado por rociado de estanque dedicado con traspaso de vapores	1,45
	Llenado por rociado de estanque con traspaso de vapores	1,00

Fuente: AP-42, EPA 1995.

La tabla siguiente muestra los valores de los parámetros incluidos en la ecuación anterior. Reemplazando los valores se obtiene el factor de emisión actualizado de COV, para el transporte de combustible, ver tabla subsiguiente.

**Tabla 2-55: Variables para estimar las pérdidas de COV en el transporte de combustible**

Variable	Valor	Unidad
S	Factor de saturación	1
P	Presión de vapor real del líquido cargado	9,68
M	Peso molecular de vapores [lb/Lb mol].	66
T	Temperatura del líquido cargado °R ( = ° F + 460)	540
Eff	Eficiencia de recuperación de vapores.	85.5

Fuente: AP-42, EPA

**Tabla 2-56: Factor de Emisión para COV para el transporte de combustibles**

Valor	Unidad
L <sub>1</sub>	2,138
L <sub>1</sub>	0,256 x 10 <sup>-3</sup>

Para el expendio de combustible el factor de emisión proviene del AP-42 de la EPA de los Estados Unidos, a excepción del factor asociado al llenado de estanques de vehículos sin control, que fue desarrollado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Éste, se obtuvo a partir de muestreos representativos de la realidad nacional.

La tabla siguiente muestra un resumen de los factores de emisión asociados al expendio de gasolina.

**Tabla 2-57: Factores de Emisión de COV para las etapas de expendio final de gasolina**

ETAPA	Factor de Emisión (mg/l transferido)	Observación
1. Llenado de estanques y camiones	<b>880</b>	<b>Alimentación sumergida<sup>1</sup></b>
	1.380	Llenado por rociado directo <sup>1</sup>
	40	Llenado con traspaso de vapores <sup>1</sup>
2. Respiración de estanques <sup>1</sup>	<b>120</b>	---
3. Llenado de estanques de Vehículos	<b>1.013</b>	<b>Llenado no controlado<sup>2</sup></b>
	132	Llenado controlado <sup>1</sup>
4. Derrames <sup>1</sup>	<b>80</b>	---
<b>Factor de Emisión total</b>	<b>2093</b>	mg/l = 10 <sup>-6</sup> Ton/m <sup>3</sup>

1. FUENTE: AP-42, EPA

2. FUENTE: SEC

- Lavasecos

En la siguiente tabla se entrega el factor de emisión utilizado para lavasecos

**Tabla 2-58: Factores de emisión para uso de percloroetileno**

Actividad	Factor de Emisión
Uso de percloroetileno en lavasecos	1 Ton de VOC/ 1 Ton percloroetileno consumido

Fuente: CENMA, basado en Criterio EPA, donde el 100% del percloroetileno consumido se evapora

- Recubrimiento, industrial de superficies

Ver Tabla 2-Tabla 2-48: Factores de Emisión para Pinturas.

- Aplicación de asfalto

El factor de emisión para esta actividad se encuentra representado por la siguiente ecuación, cuya referencia es el Emission Inventory Procedural Manual, vol III, Methods for Assessing Area Source Emissions in California.

$$FE = \frac{A * e * \frac{Vd}{100}}{0.001} * \frac{\rho d}{1000} * Peva \quad \text{Ecuación 25}$$

En la siguiente tabla se presentan los valores por defecto utilizados para generar el factor de emisión señalado anteriormente:

**Tabla 2-59: Valores por defecto para estimar el factor de emisión por aplicación de asfalto**

<b>A</b>	5	Ancho del metro lineal (5 metro)
<b>E</b>	0.1	espesor del metro lineal (0.1 metro)
<b>Vd</b>	0.48	Porcentaje en volumen del diluyente contenido en la mezcla.
<b>Rd</b>	0.81	Densidad del diluyente en kg/l caso kerossene
<b>Peva</b>	0.7	Porcentaje del diluyente que se evapora. (70 %)

- Fugas comerciales de GLP

Ver Tabla en sección de fugas residenciales de GLP

- **Perfiles de Especiación**

En las siguientes tablas se presentan los perfiles de especiación para la categoría:

**Tabla 2-60: Especiación (%)**

Nombre de perfil		Tipo de fuente		
Talleres de pintura		Talleres de pintura		
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
S32	2546	TOLUE	0,2776	TOLUENE
S32	2546	S242	0,1523	ACETONE
S32	2546	S259	0,1002	OXYGENATES
S32	2546	S205	0,1	CELLOSOLVE ACETATE
S32	2546	S999	0,0959	UNDEFINED VOC
S32	2546	S136	0,0756	METHYL ALCOHOL
S32	2546	MP_XYL	0,0704	M-XYLENE AND P-XYLENE
S32	2546	S1101	0,0352	UNDEFINED AROMATIC
S32	2546	ETBZ	0,0257	ETHYLBENZENE
S32	2546	O_XYL	0,0228	O-XYLENE

S32	2546	S140	0,0109	N-BUTYL ALCOHOL
S32	2546	S243	0,0101	METHYL ETHYL KETONE
S32	2546	S245	0,008	METHYL ISOBUTYL KETONE
S32	2546	N_HEX	0,0073	N-HEXANE
S32	2546	PENA2M	0,0041	2-METHYLPENTANE
S32	2546	PENA3M	0,0039	3-METHYLPENTANE
S32	2546	TOLUE	0,2776	TOLUENE
S32	2546	S242	0,1523	ACETONE
S32	2546	S259	0,1002	OXYGENATES
S32	2546	S205	0,1	CELLOSOLVE ACETATE
S32	2546	S999	0,0959	UNDEFINED VOC
S32	2546	S136	0,0756	METHYL ALCOHOL
S32	2546	MP_XYL	0,0704	M-XYLENE AND P-XYLENE
S32	2546	S1101	0,0352	UNDEFINED AROMATIC
S32	2546	ETBZ	0,0257	ETHYLBENZENE
S32	2546	O_XYL	0,0228	O-XYLENE
S32	2546	S140	0,0109	N-BUTYL ALCOHOL
S32	2546	S243	0,0101	METHYL ETHYL KETONE
S32	2546	S245	0,008	METHYL ISOBUTYL KETONE
S32	2546	N_HEX	0,0073	N-HEXANE
S32	2546	PENA2M	0,0041	2-METHYLPENTANE
S32	2546	PENA3M	0,0039	3-METHYLPENTANE

- **Distribución espacial**

- Distribución de combustible

Las emisiones para este sector son obtenidas a nivel regional dado que las estadísticas de la SEC son a este nivel, posteriormente estas son distribuidas a nivel comunal mediante el uso de información de número de gasolineras por comuna o bien por los kilómetros recorridos por los vehículos en dicha comuna, cuyo dato puede ser obtenido de la metodología de fuentes móviles en ruta.

- Lavasecos

La distribución espacial de las emisiones se efectúa a nivel comunal utilizando una distribución en base a la participación poblacional de cada comuna respecto al total regional.

- Recubrimiento, industrial de superficies

La encuesta de talleres debiera ser georreferenciada con el objeto de distribuir espacialmente.

- Aplicación de asfalto

Las emisiones de esta actividad son reportadas a nivel comunal y para esto se usan las estadísticas del MOP y MINVU separadas a este nivel de desagregación.

- Fugas comerciales de GLP

En este caso en el pasado sólo se ha utilizado distribución en base a la población existente a nivel comunal.

- **Distribución temporal**

- Distribución de combustible

Las estadísticas de la SEC entregan información distribuida mensualmente lo cual permite construir el perfil mensual de las emisiones. Con respecto al perfil semanal, si consideramos que las mayores emisiones son por el llenado de estanques de los vehículos, se sugiere distribuir las emisiones utilizando un perfil de flujo diario característico para la zona de estudio proveniente de la metodología de estimación de emisiones de fuentes móviles en ruta.

- Lavasecos

Para lavasecos no se ha profundizado la generación del perfil mensual y se ha supuesto hasta la fecha un perfil invariante con los meses. Con respecto al perfil diario se recomienda considerar un funcionamiento de Lunes a Sábado en horario 9 AM a 18 PM.

- Recubrimiento, industrial de superficies

La encuesta de talleres debiera considerar la variable estacional para distribuir en meses y los turnos de trabajo para considerar la distribución semanal horaria, en este último caso en general se puede considerar un horario de funcionamiento comercial de Lunes a Sábado en horario 9 AM a 18 PM

- Aplicación de asfalto

Para la distribución temporal se utilizan las estadísticas bases del MOP y MINVU separadas por los meses en que se efectuó la pavimentación. En el caso de la distribución horaria se recomienda el uso de un perfil de temperatura promedio diario.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En la tabla que sigue a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes de aplicación de asfalto:

**Tabla 2-61: Especiación (%)**

SUSTANCIA	(%)
Benzene	9,5
Ethylene	2
Propane sultone	5,5
Propylene oxide	3,9
Butane-iso	11,2
Butane-normal	10,1
Pentane	5,3
Hexane	8,8
Ethanethiol	4,6
Methane	15,7
Butene	5,9
ISOMERS OF HEXANE	8,1
C-7 CYCLOPARAFFINS	3,7
ISOMERS OF PENTANE	5,7
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

- Fugas comerciales de GLP

Los perfiles mensuales son obtenidos a partir de los registros de ventas mensuales de GLP para cada región que reporta la SEC en su Informe Estadístico Anual. Con respecto al perfil semanal sólo se ha usado criterio de ingeniería asumiendo fugas durante todas las horas del día.

## 2.2.4. Disposición de residuos

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Disposición de residuos
<b>Rubro</b>	: Emisiones rellenos sanitarios, quema abierta de basura, plantas de tratamiento de aguas servidas
<b>Metodología</b>	: Modelo de generación de metano de la EPA en el caso de rellenos sanitarios y factores de emisión en el caso de plantas de agua servida
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom UP
<b>Factores de Emisión</b>	: "Development of the Ammonia Emission Inventory for the Southern California Air Quality Study", desarrollado por RADIAN, en Septiembre de 1991 y por "Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report"
<b>Fuente de Información</b>	: MINSAL castro de rellenos sanitarios : SISS informes de gestión sanitaria
<b>Organismo Sectorial</b>	: MINSAL (rellenos sanitarios) : SISS (plantas de agua servida)

- **Metodología de cálculo de emisiones**

- Rellenos Sanitarios

Debido a la actividad microbiana en los rellenos sanitarios, se genera CH<sub>4</sub> y otros gases como producto de la descomposición anaerobia de los desechos. Aproximadamente 500 m<sup>3</sup> de metano y 450 m<sup>3</sup> de dióxido de carbono son producidos por cada tonelada de materia orgánica que se descompone de acuerdo al esquema siguiente:



La generación de gas tiene su nivel más alto el segundo año después de su disposición, y sigue emitiendo una vez terminada la operación del relleno sanitario.

Además de las emisiones de gas, se debe considerar las emisiones de los camiones y maquinarias que circulan en el interior de los rellenos (para esto ver fuentes Off Road)

La metodología de estimación de emisiones utilizada es la del modelo US EPA:

$$Q_{CH_4} = L_o R (e^{-kc} - e^{-kt})$$

**Ecuación 26**

Donde:

- $Q_{CH_4}$  = Tasa de generación de metano en el tiempo t, m<sup>3</sup>/año.
- $L_o$  = Potencial de generación de metano m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/Mg.
- R = Tasa de depósito durante el la vida activa de relleno.
- e = Base de logaritmo natural.
- k = Constante de la tasa de generación de metano.
- c = Tiempo transcurrido desde que cierre del relleno, en años (c=0 si aún esta activo).
- t = Tiempo desde que comenzó a funcionar el relleno, en años.
- $L_o$  = 100 m<sup>3</sup>/Ton según recomendación EPA para la mayoría de los rellenos sanitarios.

**Tabla 2-62:Valores para k.**

Lluvia mm/año	Valor k
< 635	0.02
> 635	0.04

Fuente: AP42, EPA

Cuando la emisión de gas se estabiliza, éste se compone aproximadamente en un 40% de CO<sub>2</sub>, 55% de CH<sub>4</sub> y un 5% de N y otros gases.

Se deberán considerar las medidas de control de emisión de gases, si existen, en cada relleno sanitario al momento de calcular emisiones de gas.

Finalmente, la emisión de un contaminante  $p$  para un año, puede ser estimada mediante la siguiente ecuación:

$$UM_p = Q_p * \left[ \frac{MW_p * 1atm}{8.205 \times 10^{-5} (m^3 atm / gmol^\circ K)(1000g / kg)(273 + T^\circ K)} \right]$$

**Ecuación 27**

Donde:

$UM_p$  : Masa emitida del contaminante p en kg/año.

$MW_p$  : Peso molecular de p en g/gmol.

$Q_p$  : Tasa de emisión de p.

$T$  : Temperatura del gas en °C.

Con respecto al control de emisiones, las emisiones de gases normalmente son controladas mediante la instalación de tuberías captadoras, que conducen el gas a sistemas de combustión internas, llamas o turbinas. Los sistemas de control no son eficaces en un cien por ciento, por lo tanto, se debe calcular la eficiencia de estos. Se utilizará la metodología EPA que se describe a continuación para este cálculo:

$$CM_p = \left[ UM_p * \left( 1 - \frac{\eta_{col}}{100} \right) \right] + \left[ UM_p * \frac{\eta_{col}}{100} * \left( 1 - \frac{\eta_{cnt}}{100} \right) \right] \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

$CM_p$  : Masa controlada de contaminante p emitido, kg/año.

$UM_p$  : Masa de contaminante p emitida, kg/año.

$\eta_{col}$  : Eficiencia de sistema de recolección de gas del vertedero, en porcentaje.

$\eta_{cnt}$  : Eficiencia del sistema de utilización del contaminante, en porcentaje.

En el caso que no se disponga de información respecto de los sistemas de quema de gas, se consideraron los siguientes criterios recomendados por EPA para rellenos sanitarios: se asume una eficiencia promedio de captación de biogás del 30%, con un contenido promedio del 55% de metano (CH<sub>4</sub>) y con una eficiencia de combustión del 98% del gas captado en la antorcha.

**Tabla 2-63: Factores de Emisión para Combustión del Biogás en Llama como Mecanismo de Control**

Contaminante	Factores (kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> de CH <sub>4</sub> )
NO <sub>2</sub>	650
CO	12000
Material Particulado (MP10)	270

Fuente: Tabla 2.4-4 "Municipal Solid Waste Landfills" de Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42).

- Plantas de Aguas Servidas

En el caso de las plantas de tratamiento, se utilizan factores de emisión en función del volumen de aguas tratadas.

$$E = NA * FE \qquad \text{Ecuación 29}$$

Donde:

E : Emisiones anuales de NH<sub>3</sub> [ton/año].  
FE : Factor de emisión [ mg/lit]  
NA : Tratamiento de la planta (lit/hr)

- **Niveles de actividad**

- Rellenos Sanitarios

Los niveles de actividad necesarios para la estimación de emisiones son: cantidad de residuos dispuestos en cada relleno sanitario desde su inicio de actividades, vida útil, existencia de sistemas de abatimiento de emisiones.

- Plantas de Aguas Servidas

En este caso la información de cantidad de agua tratada proviene de la SISS.

- **Factores de emisión**

- Rellenos Sanitarios

Ver metodología general

- Plantas de Aguas Servidas

Los factores de emisión utilizados son los proporcionados por el estudio "Development of the Ammonia Emission Inventory for the Southern California Air Quality Study",

desarrollado por RADIAN, en Septiembre de 1991 y por "Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report", desarrollado por la EPA en Agosto de 1994.

**Tabla 2-64: Factores de emisión Plantas de Tratamiento.**

FACTORES DE EMISION			
PLANTAS DE TRATAMIENTO <sup>30</sup>	Plantas de Tratamiento	3,33	Mg de NH <sub>3</sub> /lt

- Perfiles de Especiación**

En las siguientes tablas se presentan los perfiles de especiación para la categoría:

**Tabla 2-11**

Nombre de perfil			Tipo de fuente	
Tratamiento de Residuos Líquidos			Coveral drainage/separation pits	
		<b>Profile Compositions</b>	<b>10-5-08</b>	
<b>DB</b>	<b>Prof ID.</b>	<b>Chem.</b>	<b>Wt.</b>	<b>Chemical</b>
<b>ID</b>	<b>in DB</b>	<b>Code</b>	<b>Fract.</b>	<b>Description</b>
CA	0031	43212	0,143	N-BUTANE
CA	0031	43105	0,122	ISOMERS OF HEXANE
CA	0031	43220	0,12	N-PENTANE
CA	0031	43231	0,119	N-HEXANE
CA	0031	43122	0,101	ISOMERS OF PENTANE
CA	0031	43204	0,059	PROPANE
CA	0031	43116	0,052	C8 CYCLOPARAFFINS
CA	0031	43214	0,045	ISOBUTANE
CA	0031	43201	0,029	METHANE
CA	0031	45201	0,024	BENZENE
CA	0031	43202	0,017	ETHANE

- Distribución espacial**

En general MINSAL maneja información gerorreferenciada de los Rellenos Sanitarios.

Con respecto a las plantas de aguas servidas en este caso también se obtienen las coordenadas específicas de su ubicación.

<sup>30</sup> Se supone que en promedio una persona en la RM utiliza 11.42 lts/hr de agua. Ref. (SISS)

- **Distribución temporal**

Tanto el caso de plantas de aguas servidas como rellenos sanitarios sus emisiones son continuas durante el año

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-SpeciationProfiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En las tablas que siguen a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes de Rellenos Sanitarios y Planta de Tratamientos de Aguas Servidas, respectivamente:

Rellenos Sanitarios:

**Tabla 2-65**

SUSTANCIA	(%)
1,1,1-trichloroethane	0,00
1,1,2,2-tetrachloroethane	0,00
1,1,2-trichloroethane	0,00
1,1-dichloro-1-fluoroethane	0,01
1,1-dichloroethane	0,01
1,1-dichloroethene (vinylidene chloride)	0,00
1,2-dichloropropane	0,00
Acetone	0,01
Acrylonitrile	0,01
Benzene	0,02
Bromodichloromethane	0,01
Carbon disulfide	0,00
Carbon tetrachloride	0,00
Carbonyl sulfide	0,00
Chlorobenzene	0,00
Chlorodifluoromethane	0,00
Chloroform	0,00
Dichlorobenzene (mixed isomers)	0,00
Dichlorodifluoromethane	0,05

Dichloromethane (methylene chloride)	0,03
Dimethyl sulfide	0,01
Ethane	0,63
Ethyl alcohol	0,03
Ethyl chloride	0,00
Ethyl mercaptan	0,00
Ethylbenzene	0,01
Ethylene dibromide	0,00
Ethylene dichloride	0,00
Isomers of xylene	0,03
Isopropyl alcohol	0,07
Methane	98,60
Methyl chloride	0,00
Methyl ethyl ketone (2-butanone)	0,01
Methyl isobutyl ketone	0,00
Methyl mercaptan	0,00
N-butane	0,01
N-hexane	0,01
N-pentane	0,01
Perchloroethylene	0,02
Propane	0,01
Toluene	0,36
Trans-1,2-dichloroethene	0,01
Trichloroethylene	0,01
Trichlorofluoromethane	0,00
Vinyl chloride	0,01
Sin determinar	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Plantas de Tratamientos de Aguas Servidas:

**Tabla 2-66**

SUSTANCIA	(%)
1,1,1-trichloroethane	9,06
1,1-dichloroethene (vinylidene chloride)	0,04
1,3-butadiene	0
1,3-dichlorobenzene (m-dichlorobenzene)	0,02

1,4-dioxane	0,03
2,4,5-trichlorophenol	0
Acetaldehyde	0,14
Acetone	0,15
Acrolein (2-propenal)	0
Benzene	0,4
Carbon tetrachloride	0,06
Chlorobenzene	0,01
Chlorofluorohydrocarbons	0,01
Chloroform	6,87
Di(2-ethylhexyl)phthalate	0,03
Dichloromethane (methylene chloride)	10,55
Ethylbenzene	0
Ethylene dibromide	0,02
Ethylene dichloride	0,04
Formaldehyde	0,72
Hexachlorobenzene	0
Isomers of xylene	5,88
O-dichlorobenzene	0,03
P-dichlorobenzene	1,05
P-xylene	0,03
Perchloroethylene	8,6
Phenol (carbolic acid)	0,25
Styrene	0,02
Toluene	4,88
Trichloroethylene	1,06
Vinyl chloride	0,05
Desconocido	50
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

### 2.2.5. Quemias Agrícolas

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Quemias

<b>Rubro</b>	: Quemadas agrícolas
<b>Metodología</b>	: Metodología actualizada por la CARB (junio 2005) asociada a quemadas de residuos agrícolas, "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology".
<b>Tipo de Metodología</b>	: La metodología disponible puede ser aplicada de manera Top Down y Bottom Up. Sin embargo se utiliza tipo top down debido al nivel de actividad que se posee.
<b>Factores de Emisión</b>	: Se utilizan aquellos reportados en el Attachment B - Waste Burn Emission Factors, Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, CARB.
<b>Fuente de Información</b>	- Censo Agropecuario / Agropecuarias-Informe Anual, INE - Registros efectuados por CONAF con formato anual, y distribución comunal y mensual.
<b>Organismo Sectorial</b>	- Instituto Nacional de Estadísticas, INE - Corporación Nacional Forestal, CONAF

- **Metodología de cálculo de emisiones**

La CARB presentó en junio de 2005 una actualización metodológica respecto al cálculo de emisiones asociado a quemadas de residuos agrícolas, "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology"<sup>31</sup>, cuya metodología se toma como guía para la estimación de emisiones de esta fuente.

Las emisiones producto de quemadas agrícolas se obtienen de la siguiente ecuación:

$$E = S * FE * FC \qquad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

- E : Emisiones anuales [ton/año].
- S : Superficie en hectáreas consumidas por quemadas agrícolas.
- FE : Factor de emisión del contaminante considerado [lbs/Ton]
- FC : Factor de carga [ton/acre]

<sup>31</sup><http://o3.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full17-17.pdf>

- **Niveles de actividad**

Los niveles de actividad requeridos para la aplicación metodológica, son la cantidad de hectáreas quemadas por tipo de cultivo. CONAF ha indicado que las hectáreas reportadas dentro de sus registros de quemas agrícolas legales e ilegales son inferiores a lo que ellos estiman que deberían ser. Esta situación se podría deber a que no todo lo que se quema se registra. Es por esta razón que se plantea utilizar las hectáreas por tipo de cultivos registradas dentro del Censo Agropecuario del INE y a esas hectáreas aplicarle un factor de reducción por reutilización de los rastrojos. CONAF de la VI región indicó en estudio efectuado para CONAMA-DICTUC<sup>32</sup> en el año 2007, que a las hectáreas reportadas en el Censo se le debería aplicar alrededor de un 15% de reducción por reutilización de rastrojos provenientes de los cultivos, es decir, que no todos los rastrojos agrícolas son quemados sino que queda un porcentaje que es reutilizado para otros fines. Al respecto, CONAF VII indicó utilizar 10% de reducción. Para las estimaciones de emisiones a nivel se considerará utilizar un valor de 10% de reducción respecto a los valores reportados de hectáreas de cultivos agrícolas dentro del Censo Agropecuario del INE.

Los tipos de cultivo, reportados en el Censo Agropecuario, que deben ser considerados son: trigo, avena, maíz y cebada, debido a que son los principales cultivos agrícolas nacionales, representando casi el 90% de la superficie cultivada a nivel nacional de cultivos anuales esenciales<sup>33</sup>. Estos tipos de cultivo se encuentran dentro de la clasificación de cereales.

- **Factores de emisión**

La metodología de la CARB presentan factores de emisión detallados por tipos de cultivos agrícolas en distintas situaciones de actividad agrícola, como actividades asociadas a quemas de residuos y rastrojos agrícolas generados en la etapa de cosecha, actividades asociadas a podas y actividades de disminución de pastizales y hierbas, y también se presentan las cargas de combustible por superficie consumida. Sin embargo, debido a la carencia de información nacional sobre los niveles de actividades requeridos para cada caso presentado por la CARB se ha optado por considerar solamente las quemas de rastrojos agrícolas de los cultivos asociados a cereales mencionados anteriormente.

---

<sup>32</sup> “Estudio Diagnóstico Plan De Gestión Calidad Del Aire VI Región”, desarrollado por DICTUC para CONAMA, 2007.

<sup>33</sup> Agropecuarias 2006-2007, Informe anual INE

Los factores de emisión se encuentran en libras de contaminante por toneladas de cultivo o especie quemada. Como se observa en la siguiente tabla, los factores vienen dados por tipo de cultivo, por lo tanto, y como ya se mencionado, para poder aplicar esta metodología, es necesario contar con información de las hectáreas quemadas por tipo de cultivo.

La siguiente tabla indica los factores de emisión por tipo de cultivo que deben ser utilizados para la estimación de emisiones.

**Tabla 2-67: Factores de emisión para quema agrícolas por tipo de cultivo.**

Cultivo	Factores de Emisión (lbs/Ton)						Factor de Carga (Ton/ha)
	PM10	PM2,5	NOx	SO2	COV	CO	
Trigo	10,60	10,10	4,30	0,90	7,60	123,60	4,8
Avena	20,70	19,70	4,50	0,60	10,30	136,00	4,0
Cebada	14,30	13,80	5,10	0,10	15,00	183,70	4,3
Maíz	11,40	10,90	3,30	0,40	6,60	70,90	10,5

Fuente: Attachment B - Waste Burn Emission Factors, Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, CARB.

La metodología indica la utilización de factores de carga por hectárea, que en caso de las quemas agrícolas se componen de los rastrojos resultantes de la cosecha de los cultivos. Debido a que la producción de los distintos cultivos varía dependiendo de la región en la que se desarrollen, y no se posee información específica de producción de rastrojos para cada región del país, se deben considerar los factores de carga por defecto que se presentan en la tabla anterior, en la columna "Factor de Carga".

- **Distribución espacial**

Para desagregar la información de tipos de cultivo a nivel comunal se trabaja con la información comunal proveniente del último Censo Agropecuario disponible.

- **Distribución temporal**

Se debe trabajar con los reportes generados por CONAF, con información mensual de los registros de quemas agrícolas.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En la tabla que siguen a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes de Quemadas Agrícolas:

**Tabla 2-68: Especiación (%)**

SUSTANCIA	(%)
Methane	15,8487908
Acetylene	2,113172106
Ethylene	8,217891524
Ethane	5,693824842
1,2-propadiene	0,187837521
Propylene	5,869922517
Propane	3,052359709
1-butene	0,763089927
Isobutylene (isobutene)	0,469593801
Trans-2-butene	0,234796901
Cis-2-butene	0,293496126
1,3-butadiene	0,528293027
N-butane	0,352195351
Isobutane	0,088048838
1-pentene	0,04695938
N-pentane	0,146748063
2-methyl-1-butene	0,041089458
Isopentane (2-Methylbutane)	0,105658605
Isoprene (2-methyl-1,3-butadiene)	0,293496126
Cyclopentene	0,11739845
4-methyl-1-pentene	0,09391876
1-hexene	0,076308993
N-hexane	0,293496126
2-methylpentane (isohexane)	0,469593801
N-heptane	0,469593801
1-octene	0,02347969
Terpenes	0,088048838

Benzene	0,821789152
Toluene	0,152617985
Isomers of xylene	0,058699225
Ethylbenzene	0,176097676
Styrene	0,176097676
C1-MW 178 PAH	0,146748063
Methyl alcohol	11,73984503
Ethyl alcohol	0,105658605
N-propyl alcohol	0,234796901
N-butyl alcohol	0,07043907
Cyclopentanol	0,099788683
Phenol (carbolic acid)	0,005869923
Formaldehyde	8,217891524
Acetaldehyde	3,815449636
Acrolein (2-propenal)	1,056586053
Propionaldehyde	0,469593801
Butyraldehyde or butanal	0,123268373
Hexaldehyde	0,07043907
Heptanal	0,005869923
Acetone	3,698051186
Methyl ethyl ketone (2-butanone)	2,582765907
2,3-Butanedione	5,282930265
Methyl propyl ketone (2-pentanone)	0,041089458
Heptanone	0,011739845
Octanone	0,11739845
Benzaldehyde	0,052829303
Furan	2,934961259
2-methyl-furan	0,07043907
3-methyl-furan	0,017609768
2-ethylfuran	0,005869923
2,4-dimethyl-furan	0,011739845
2,5-dimethyl-furan	0,176097676
Tetrahydrofuran	0,035219535
2,3-dihydrofuran	0,029349613
2,3-benzofuran	0,02347969
Furfural	2,171871331
Methyl formate	0,146748063

Methylacetate	0,586992252
Acetonitrile	1,056586053
Formic acid	1,291382954
Acetic acid	4,695938014
Methyl chloride	1,408781404
Methyl bromide	0,017609768
Methyl iodide	0,005869923
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

## 2.2.6. Incendios Forestales

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Quemadas
<b>Rubro</b>	: Incendios forestales
<b>Metodología</b>	: Metodología actualizada por la CARB, "Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology, October 2004.
<b>Tipo de Metodología</b>	: La metodología disponible puede ser aplicada de manera Top Down y Bottom Up, sin embargo se utiliza tipo top down debido al nivel de actividad que se posee.
<b>Factores de Emisión</b>	: Factores de emisión reportados por la CARB, "Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology October 2004, y para pastizales "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, junio 2005". Los factores de carga se obtienen del estudio "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002.
<b>Fuente de Información</b>	: Registros efectuados por CONAF con formato anual, y distribución mensual y comunal.
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	: Corporación Nacional Forestal (CONAF)

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Los incendios forestales son procesos de combustión incontrolados, de gran tamaño que consumen vegetación de variadas especies y tamaños en un área geográfica.

La metodología utilizada corresponde a la presentada por la CARB, y su documentación se presenta en la "Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology October 2004.

Para realizar la estimación se requiere de información sobre el tipo de material que se quema y la superficie afectada, además de los factores de emisión para cada tipo de material y los factores de carga por especie.

Las emisiones se obtienen de la siguiente ecuación:

$$E = S * FE * FC \qquad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

E : Emisiones anuales [ton/año].

S : Superficie en hectáreas consumidas por incendios forestales.

FE : Factor de emisión del contaminante considerado [lbs/Ton]

FC : Factor de carga [ton/acre]

- **Niveles de actividad**

Los niveles de actividad representan la superficie afectada por incendios de vegetación natural e incendios de plantaciones forestales, desagregadas por comuna, información reportada por CONAF en su página web<sup>34</sup>, en donde se definen a los pastizales, matorrales y bosque nativo como vegetación natural, y pinos y eucaliptus como plantaciones forestales. Sin embargo, la información reportada en internet no es suficiente para la estimación requerida, debido a que los reportes indican las hectáreas consumidas durante la temporada que CONAF considera como período de evaluación, el cual corresponde a la temporada noviembre-abril. Importante es mencionar que dentro del presente estudio se efectuó una reunión con CONAF, como organismo sectorial asociado a esta fuente, a partir de la cual el consultor indicó la necesidad de contar con información de los registros mensuales de dos periodos consecutivos para obtener la información requerida para el año en que se esté desarrollando el inventario de emisiones. Por ejemplo, si el año del inventario en evaluación es el año 2006, se requiere contar con los registros de la temporada 2005-2006 y 2006-2007 y así obtener los meses correspondientes al año 2006 de cada temporada.

---

<sup>34</sup><http://www.conaf.cl/>

- **Factores de emisión**

Los factores de emisión utilizados en el cálculo de emisiones dependen del diámetro del tronco de los árboles de las plantaciones, lo que tiene directa relación con la edad de la plantación (pino y eucaliptos). La siguiente tabla detalla los factores de emisión para cada edad de plantación y condición de humedad. Se deben considerar aquellos factores de emisión indicados dentro del tipo de humedad "moderada" (mod en la tabla siguiente).

Para distribuir la edad de las plantaciones se debe considerar la información de las plantaciones de pino quemadas, distribuida por edad y comuna, y distribuir la superficie quemada con estas proporciones, a fin de utilizar la metodología de estimación de emisiones.

**Tabla 2-69: Factores de emisión en lbs/ton por tipo de vegetación quemada y humedad.**

	MP10			MP2,5			CO			CH4		
	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry
Residuos, Madera 0-1 in	9,3	9,3	9,3	7,9	7,9	7,9	52,4	52,4	52,4	2,1	2,1	2,1
Madera 1-3 in	14,0	14,0	14,0	11,9	11,9	11,9	111,4	111,4	111,4	4,5	4,5	4,5
Madera 3+ in	26,6	21,6	19,1	22,5	18,3	16,2	268,9	205,8	174,4	10,8	8,2	7,0
Hierba, arbustos	25,1	25,1	25,1	21,3	21,3	21,3	249,2	249,2	249,2	10,0	10,0	10,0
Hojarasca, compuesto de hojas y ramillas	28,2	30,4	30,4	23,9	25,8	25,8	288,6	316,1	316,1	11,5	12,6	12,6
Ramas aéreas combustibles	25,1	25,1	25,1	21,3	21,3	21,3	249,2	249,2	249,2	10,0	10,0	10,0
	TNMHC			NH3			NOx			SO2		
	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry
Residuos, Madera 0-1 in	3,7	3,7	3,7	0,5	0,5	0,5	8,2	8,2	8,2	2,5	2,5	2,5
Madera 1-3 in	7,8	7,8	7,8	1,1	1,1	1,1	8,0	8,0	8,0	2,5	2,5	2,5
Madera 3+ in	18,8	14,4	12,2	2,7	2,1	1,7	7,3	7,6	7,7	2,2	2,3	2,4
Hierba, arbustos	17,4	17,4	17,4	2,5	2,5	2,5	7,4	7,4	7,4	2,3	2,3	2,3
Hojarasca,	20,2	22,1	22,1	2,9	3,2	3,2	7,2	7,1	7,1	2,2	2,2	2,2

compuesto de hojas y ramillas												
Ramas aéreas combustibles	17,4	17,4	17,4	2,5	2,5	2,5	7,4	7,4	7,4	2,3	2,3	2,3

Fuente: CARB, "Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology October 2004"

Respecto a la asignación de factores de emisión por tipo de vegetación y sus características, se tienen las siguientes consideraciones:

Para las plantaciones cuya edad esté entre 0 y 10 años, se consideran los factores de emisión correspondientes al promedio del rango 0-1 in y 1-3 in. Para los rangos 11 a 17 años y 18 años y más se consideran los factores de emisión correspondientes al rango 3 y más in. Respecto a la categoría bosque nativo (denominado arbolado en los registros de CONAF), se consideran los factores de emisión correspondientes al rango 3 y más pulgadas.

Respecto al matorral, se considerarán los factores de emisión definidos por la categoría "herb, shrub and regen".

Respecto a los factores de emisión seleccionados para representar las tasas de emisión de pastizales, estos fueron tomados del estudio presentado por la CARB en la "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology"<sup>35</sup> y se presentan en tabla siguiente.

**Tabla 2-70: Factores de emisión asociados a pastizales (lb/ton)**

	MP10	MP2,5	CO	NOx	SO2
Pastizal	15,90	15,18	113,95	4,49	0,61

Fuente.: CARB en la "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology"

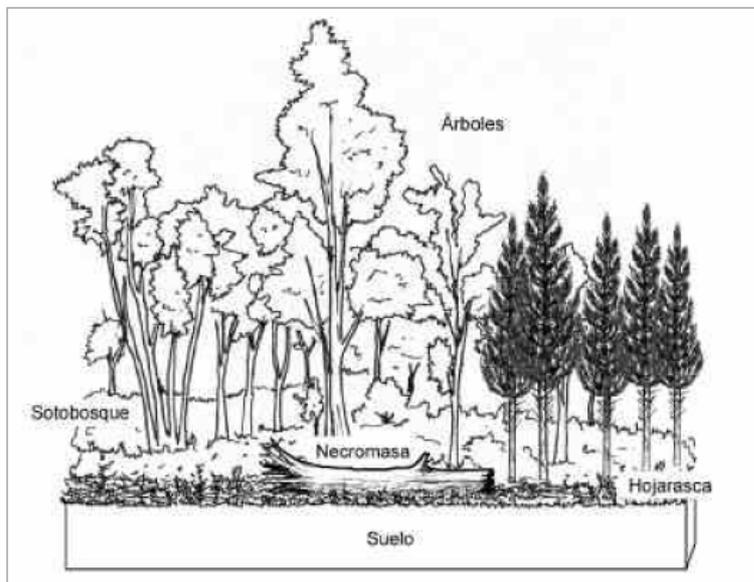
## Asignación de factores de emisión según tipo de materia quemada

La biomasa presente en las plantaciones forestales se compone de:

- Biomasa arbórea aérea
- Biomasa raíces
- Sotobosque
- Hojarasca
- Necromasa

<sup>35</sup> <http://o3.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-17.pdf>

La siguiente figura esquematiza los distintos componentes del bosque mencionados anteriormente.



**Figura 1: Componentes del bosque y plantación.**

Fuente: "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002

Por lo tanto, para seleccionar el factor de emisión y el factor de carga de plantaciones forestales se deben considerar cada una de las componentes antes mencionadas y asignarles un factor según sus características. En la siguiente tabla se presentan los factores de emisión asignados, de acuerdo a la clasificación del citado estudio de la CARB.

**Tabla 2-71: Tipo de materia y factor de emisión asignado.**

Tipo de materia	FE asignado
Biomasa arbórea aérea	(Wood 0 - 3 in) o (Wood 3+ in)
Biomasa raíces	Litter, wood 0-3 in
Sotobosque	Herb, shrub, regen
Hojarasca	Duff
Necromasa	Wood 3+ in

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de CARB, "Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology October 2004

## Factores de carga para arbustos y pastizales

En la siguiente tabla se muestran los factores de carga de combustible, para arbustos y pastizal, que se deben considerar para el cálculo de emisiones, según tipo de materia seca de vegetación. Se recomienda trabajar con distintos factores de carga según

región para los distintos tipos de vegetación considerados. Es posible generar distintos valores de factores de carga mediante factores de corrección aplicados los valores entregados en el presente documento; estos factores de corrección pueden ser generados a partir del criterio experto de personal de CONAF.

**Tabla 2-72: Factores de carga por tipo de materia seca de vegetación y desechos forestales**

Especie	Factor de carga (Ton/ha)
Arbustos	15
Pastizal	4

Fuente: CONAF VI región

### Factores de carga para plantaciones forestales y bosque nativo

Las siguientes tablas muestran los factores de carga según especie para distintos predios considerados en el estudio "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono"<sup>36</sup>.

**Tabla 2-73: Biomasa en plantaciones de Pino Radiata (ton/ha).**

Edad	Predio	GA m2/ha	Biomasa arbórea aérea	Biomasa raíces	Hojarasca	Soto-bosque	Necro-bosque	Total
2	Los Pinos	0,67	6,69	1,7	8,26	14,71	22,89	54,24
3	Los Pinos	2,5	3,83	0,97	10,56	3,26	4,68	23,31
3	Mardoñal	3,88	13,35	3,4	3,11	0,35	24,01	44,21
5	Los Pinos	6,82	4,93	1,25	9,93	11,85	50,99	78,95
7	Los Pinos	13,57	40,72	10,36	13,61	11,17	1,79	77,65
7	Mardoñal	9,98	30,69	7,8	0,56	0,7	15,61	55,36
8	Los Pinos	14,47	35,14	8,94				
12	Mardoñal	15,29	67,85	17,25	1,06	3,03	8,56	97,75
15	Mardoñal	38,01	208,42	53	2,37	5,48	6,59	275,86
16	Los Pinos	22,56	115,13	29,28	8,12	14,74	12,64	179,9
18	Los Pinos	30,33	164,23	41,76	5,55	9,81	4,13	225,48
19	Mardoñal	35,43	203,08	51,64	0,47	3,97	2,12	261,29
23	Los Pinos	32,27	197,95	50,34	8,34	22,21	13,26	292,1
23	Mardoñal	36,75	221,92	56,44	1,07	3,56	4,18	287,17

Fuente: "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002

**Tabla 2-74: Biomasa en plantaciones de Eucaliptus (ton/ha).**

Edad	Predio	GA	Biomasa	Biomasa	Hojarasca	Soto-	Necro-	Total
------	--------	----	---------	---------	-----------	-------	--------	-------

<sup>36</sup> Estudio: Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono, Universidad Austral De Chile 2002.

		m2/ha	arbórea aérea	raíces		bosque	bosque	
2	Chaihuin	3,25	33,34	7,2	0,87	1,99	25,77	69,16
3	Chaihuin	9,64	49,79	10,75	2,79	6,26	27,03	96,62
6	La Promesa	13,34	57,07	12,32	11,78	16	25,66	122,84
7	Chaihuin	20,62	97,93	21,14	9,95	9,77	39,08	177,86
7	La Promesa	18,05	76,11	16,43	12,91	13,68	17,41	136,54
8	Chaihuin	14,35	62,07	13,4	7,14	6,74	37,91	127,26
8	La Promesa	19,72	87,41	18,87	9,75	2,95	24,24	143,22
9	Chaihuin	30,54	144,97	31,3	8,46	7,78	48,65	241,16
11	Chaihuin	29,42	144,63	31,22	15,65	16,71	2,48	210,68
11	La Promesa	15,7	71,93	15,53	4,88	5,82	44,92	143,07

Fuente: "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002

**Tabla 2-75: Biomasa en Bosque Nativo (ton/ha).**

Tipo Bosque	N/ha	GA m2/ha	Biomasa arbórea aérea	Biomasa raíces	Soto-bosque	Hojarasca	Necro-bosque	Total
<b>NATIVO</b>								
<b>SV andes</b>								
Boquial	1703	103,93	856,75	245,8	4,74	16,89	153,87	1278,06
Putraique	1052	104,74	921,07	264,25	24,6	18,23	76,92	1305,08
San Juan	670	145,69	1207,59	346,46	3,36	17	45,44	1619,85
<b>SV costa</b>								
Buenaventura	2562	61,16	340,73	97,75	1,62	12,63	25,57	478,30
Chaihuín	4240	72,64	396,83	113,85	3,01	35,4	102,92	652,00
Llancacura	2281	106,92	704,84	202,22	7,98	19,57	136,7	1071,31
<b>RORACO</b>								
Jauja con manejo	1532	41,75	269,65	77,36	12,76	24,58	37,33	421,68
Jauja sin manejo	2106	70,66	460,6	132,15	6,86	26,86	52,53	678,99

Fuente: "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002

Se debe utilizar un promedio de los factores de carga reportados en el estudio de la Universidad Austral, los cuales se pueden observar en las siguientes tablas para cada componente de la biomasa de plantaciones forestales.

**Tabla 2-76: Factores de carga considerados (ton/ha) en plantaciones de *Pinus radiata***

Edad Plantación	Biomasa arbórea	Biomasa raíces	Hojarasca	Soto-bosque	Necro-bosque
-----------------	-----------------	----------------	-----------	-------------	--------------

	aérea				
0 A 10	9,67	0,00	6,58	6,01	8,57
11 A 17	65,23	0,00	3,85	7,75	4,63
>=18	103,83	0,00	3,29	9,91	3,26

Fuente: Elaboración propia a partir del "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002

**Tabla 2-77: Factores de carga considerados (ton/ha) en plantaciones de *Eucalyptus globulus***

Edad Plantación	Biomasa arbórea aérea	Biomasa raíces	Hojarasca	Soto-bosque	Necro-bosque
0 A 10	38,04	0,00	7,96	8,15	15,36
11 A 17	54,14	0,00	10,27	11,27	11,85
>=18	54,14	0,00	10,27	11,27	11,85

Fuente: Elaboración propia a partir del "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002

Para el bosque nativo se considera el promedio de la biomasa correspondiente a bosques de la Cordillera de la Costa.

**Tabla 2-78: Factores de carga considerados (ton/ha) en *Bosque nativo – SV Costa***

Tipo Bosque	Biomasa ton/ha					Total
	Biomasa arbórea aérea	Biomasa raíces	Soto-bosque	Hojarasca	Necro-bosque	
<b>SV costa</b>	240,40	0,00	4,20	22,53	44,20	733,87

Fuente: Elaboración propia a partir del "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002

Para la categoría "otras plantaciones" se utiliza la biomasa promedio de las plantaciones *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. Por otro lado, se debe considerar que la biomasa de raíces no es consumida por el fuego y que el 50% de la masa del árbol es consumida en un incendio.

**Tabla 2-79: Factores de carga considerados (ton/ha) para *Otras Plantaciones***

Edad Plantación	Biomasa arbórea aérea	Biomasa raíces	Hojarasca	Soto-bosque	Necro-bosque
0 A 10	11,93	0,00	7,27	7,08	5,98
11 A 17	29,84	0,00	7,06	9,51	4,12
>=18	39,49	0,00	6,78	10,59	3,78

Fuente: Elaboración propia a partir del "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002.

- **Distribución espacial**

La distribución espacial se debe efectuar utilizando la información de hectáreas consumidas a nivel comunal en los registros de CONAF.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal se debe efectuar utilizando la información de hectáreas consumidas a nivel mensual en los registros de CONAF.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En la tabla que sigue a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes de Incendios Forestales:

**Tabla 2-80: Especiación (%)**

SUSTANCIA	(%)
Acetylene	8,4
1,3-butadiene	0,52
N-butane	0,24
1-butene	0,81
Isomers of butene	0,92
Ethane	10,47
Ethylene	19,11
Isobutane	0,11
Methane	9,82
3-methyl-1-butene	0,17
1-propyne	0,41
Isomers of pentane	0,15
Propane	0,35
Propylene	3,93
No Identificado	44,59
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

## 2.2.7. Incendios Urbanos

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Quemadas
<b>Rubro</b>	: Incendios Urbanos
<b>Metodología</b>	: Agencia Ambiental de California (CARB), sección 7.14 Structure and Automobile Fires.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down
<b>Factores de Emisión</b>	: Agencia Ambiental de California (CARB), sección 7.14 Structure and Automobile Fires.
<b>Fuente de Información</b>	: Comandancia regional de bomberos
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	: Bomberos

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones generadas por los incendios urbanos son estimadas utilizando la metodología proveniente de Agencia Ambiental de California (CARB), sección 7.14 Structure and Automobile Fires. Esta metodología considera el número de siniestros ocurridos durante el período de estudio y una tasa de emisión que representa los kilogramos de contaminante por siniestro ocurrido. La ecuación siguiente resume el cálculo de emisiones para este tipo de fuente:

$$E = K * FE \text{Ecuación 32}$$

Donde:

- E : emisiones anuales [ton/año].  
K : número de siniestros ocurridos en un año.

FE:factor de emisión del contaminante considerado.

- **Niveles de actividad**

El número de siniestros debe ser obtenidos a partir de las estadísticas del número de Siniestros reportados por Comandancia Regional de Bomberos de la zona de estudio.

- **Factores de emisión**

Los factores de emisión son proporcionados por la Agencia Ambiental de California (CARB) y se presentan a continuación.

**Tabla 2-81: Factores de emisión para incendios urbanos**

	<b>TOC*</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>MP</b>	<b>CO</b>	<b>NH<sub>3</sub></b>
kg/siniestro	8,0909	2,3182	6,2727	97,7273	1,9070
ton/siniestro	0,0081	0,0023	0,0063	0,0977	0,0019

Fuente: CARB, California.

\*TOC: Compuestos orgánicos totales

- **Distribución espacial**

La distribución espacial se efectúa en general a nivel comunal basado en las estadísticas que entrega bomberos.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal se efectúa en general a nivel mensual basado en las estadísticas que entrega bomberos.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-SpeciationProfiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

## 2.2.8. Cigarrillos

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Quemadas
<b>Rubro</b>	: Cigarrillos
<b>Metodología</b>	: En este caso se dispone de un factores de emisión por el consumo de un cigarrillo y la emisión total se obtiene mediante una estimación de la población que fuma en una determinada zona geográfica
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down
<b>Factores de Emisión</b>	: Estudio "Toxic Volatile Organic Compounds in Environmental Tobacco Smoke: Emission Factor for Modeling Exposures of California Populations", CARB.
<b>Fuente de Información</b>	: INE, Servicios de Aduana.
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	: INE, Servicios de Aduana

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones provenientes de este tipo de fuente se obtienen al multiplicar un factor de emisión por el nivel de consumo en la población. Los factores se derivan de estudios referentes al tipo y cantidad de emisiones producidas por la quema del tabaco.

El nivel de consumo se obtiene de la sumatoria entre las cantidades producidas a nivel nacional y las importaciones para luego restar las exportaciones efectuadas en el país, tal como se muestra en la siguiente ecuación.

$$C = PN + I - E$$

**Ecuación 33**

Donde:

C : consumo neto [cigarrillos/año]

PN : producción nacional  
[cigarrillos/año]

I : importaciones [cigarrillos/año]

E : exportaciones [cigarrillos/año]

La información de producción nacional se obtiene a través de INE, mientras que las cantidades importadas y exportadas a través de los servicios de Aduana.

La información disponible permite obtener solamente el consumo nacional. Para obtener el consumo de cigarrillos por región se debe obtener el consumo per- cápita a nivel nacional dividiendo el consumo nacional por el número de habitantes mayores de 15 años del país (se realiza el supuesto que la población fumadora supera esa edad), tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$C_p = \frac{C_N}{P_N}$$

**Ecuación 34**

Donde:

C<sub>p</sub>: consumo per-cápita nacional [ton/año-habitante]

C<sub>N</sub>: consumo neto nacional [ton/año]

P<sub>N</sub>: población nacional mayor a 15 años [habitantes]

Luego, se debe multiplicar la cantidad de habitantes mayor a 15 años de la zona en análisis por el consumo per-cápita calculado en el paso previo:

$$C_{IV} = C_p * P_{VI}$$

**Ecuación 35**

Donde

C<sub>VI</sub>: consumo en la zona [ton/año]

P<sub>VI</sub>: población de la zona mayor a 15 años [habitantes]

Finalmente, el consumo de cigarrillos per-cápita obtenido para la zona se multiplica por el factor de emisión respectivo obteniendo de esta manera las emisiones para el contaminante en cuestión.

El consumo de cigarrillos genera emisiones de material particulado muy fino el que está constituido por al menos 150 sustancias tóxicas, entre las que se encuentran el ácido arsenioso, quinoleína, acroleína, aldehídos, fenoles, bensoalfapirenos, metales pesados como plomo, cobre y estaño. Esto constituye una fuente considerable de emisión en lugares cerrados y mal ventilados, siendo parte importante de la contaminación intradomiciliaria.

- **Niveles de actividad**

Los niveles de actividad están dados por el consumo de cigarrillos que existe en la zona en estudio. Para esto se deben tener los datos respecto a la producción nacional anual de cigarrillos, la cual se encuentra disponible en el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y también valores acerca de las importaciones y exportaciones de cigarrillos al año, disponible en los Servicios de Aduana del país.

- **Factores de emisión**

La siguiente Tabla indica los factores de emisión utilizados para ser utilizados en el cálculo de emisiones, los cuales provienen del estudio "Toxic Volatile Organic Compounds in Environmental Tobacco Smoke: Emission Factor for Modeling Exposures of California Populations", desarrollado por California Air Resources Board.

**Tabla 2-82: Factores de emisión consumo de cigarrillos**

<b>Contaminante</b>	<b>FE [mg/cig]</b>
Amoniaco	5,2
Material particulado	8

Fuente: California Air Resources Board

- **Distribución espacial**

La distribución espacial se hace a nivel comunal en base a la población residente obtenida del censo del INE.

- **Distribución temporal**

En general se asumen las emisiones entre las 06 AM a las 23 horas para días laborales y entre las 09 AM y las 23 horas para días Domingo.

Con respecto al perfil mensual de emisiones, éste proviene de estadísticas mensuales de producción de cigarrillos.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-SpeciationProfiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

## 2.2.9. Producción de ladrillos artesanales

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Quemadas
<b>Rubro</b>	: Producción de ladrillos artesanales
<b>Metodología</b>	: En general la metodología corresponde a un factor de emisión por consumo de combustible utilizado para la cocción del horno, multiplicado por el número de ladrillos.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top down (a partir de la estimación de producción o del número de obras de ladrillos en la zona de estudio)
<b>Factores de Emisión</b>	: AP-42 sección 1.1 combustión de Carbón Bituminoso y Sub-Bituminoso, para caldera con alimentación manual de carbón Tablas 1.1-3 y 1.1-20 y SESMA, Noviembre de 2003
<b>Fuente de Información</b>	: Volumen V de los Manuales del Programa de Inventario de Emisiones en México, SEREMIs de Salud.
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	: SEREMI de Salud

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Antes del año 2005 las emisiones de la producción de ladrillos artesanales, provenían principalmente de la combustión de leña, viruta y carbón en el proceso. Sin embargo, en la actualidad existen acuerdos de producción limpia y en los cuales se ha incorporado el gas licuado en el proceso.

$E = NA$  (cantidad de ladrillos producidos) \*FE **Ecuación 36**

Finalmente es importante señalar que la metodología aquí descrita corresponde a los tipos de hornos de ladrillos artesanales existentes en la Región Metropolitana pero en otras zonas del país como por ejemplo Linares, la forma de construcción de estas es distinta y en general no se utiliza carbón entre capas.

- **Niveles de actividad**

Como referencia, en la Región Metropolitana el nivel de actividad promedio para un horno de ladrillos artesanales es del orden de los 65.000 ladrillos por año<sup>37</sup>, la cual es desarrollada principalmente en los meses de verano correspondientes al período Septiembre – Marzo, dado que el mal tiempo impide la actividad, considerando que los ladrillos deben ser secados al aire libre y por tanto la lluvia puede destruir la producción del material no cocido. Para el resto de las zonas del país en donde exista esta actividad, el período de lluvias también debe ser considerado.

En relación a las emisiones, estas se provocan principalmente por el empleo de leña, viruta y carbón en el proceso. Para su estimación se utilizaron los datos proporcionados por SESMA en su página WEB<sup>38</sup> en los cuales se indica que por ladrillo promedio fabricado se requieren 180 gr de leña, 140 gr de carbón y 40 gr de viruta en promedio.

Para estimar la cantidad de emisiones generadas en la producción de ladrillos en la zona en estudio, se deben tener los siguientes datos: cantidad total de hornos y producción total aproximada de ladrillos por año. Esta información y la respectiva a variables asociadas es posible obtenerla en las SEREMI de Salud, municipios o sobrevolando la zona de estudio.

- **Factores de emisión**

En el caso de la leña, el Volumen V de los Manuales del Programa de Inventario de Emisiones en México recomiendan para la combustión de leña en hornos de ladrillo artesanal la utilización de los factores de emisión presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 2-83: Factores de Emisión Utilizados Para Combustión de Leña y viruta en la producción de ladrillos artesanales.**

Contaminante	Factor (gr/kg)
PM <sub>10</sub>	17,3
CO	126,3
SOx	0,2
NOx	1,3
VOC	114,5
CO <sub>2</sub>	1700

Fuente: AP-42, Sección 1.9-4, Tabla 1.9-1

<sup>37</sup> Valor proporcionado por SESMA.

<sup>38</sup> Ver <http://www.sesma.cl/sitio/pag/destacamos/indexjs3destac008.asp> y memoria de título Jaime Escobar Melero

En el caso del carbón se deben considerar los valores presentados en la siguiente tabla recomendados por SESMA. En general el carbón utilizado por los fabricantes proviene de Lota en el caso de la región Metropolitana, por lo tanto corresponde a un tipo Sub-Bituminoso con un porcentaje de azufre del 5% máximo, valor introducido en el factor recomendado por EPA en la tabla para la estimación de los SO<sub>x</sub>.

**Tabla 2-84: Factores de Emisión Utilizados para la Combustión de Carbón en la producción de ladrillos artesanales.**

Contaminante	Factor (gr/kg)
PM <sub>10</sub>	3,1
CO	137,5
SO <sub>x</sub> (1)	80
NO <sub>x</sub>	4,55
VOC (2)	5

Fuente: AP-42 sección 1.1 combustión de Carbón Bituminoso y Sub- Bituminoso, para caldera con alimentación manual de carbón Tablas 1.1-3 y 1.1-20

(1): El factor indicado por EPA corresponde a  $32 \cdot 5 \cdot S$ , en donde S corresponde al porcentaje de azufre en peso (5% en el caso del carbón de Lota)

(2): En el caso de los COV el factor de emisión fue obtenido del sistema FIERE de la EPA

Una de las medidas de Producción Limpia incorporadas a esta actividad para reducir las emisiones de contaminantes es realizar un cambio tecnológico drástico en el combustible utilizado para la producción de ladrillos: cambio de leña por gas licuado como combustible.

La implementación de los Acuerdos de Producción Limpia (APL) en el país corresponden al año 2005. El cambio tecnológico que conlleva dicho APL se asocia a la utilización de únicamente gas licuado en la fabricación de ladrillos, esto involucra un cambio en el factor de emisión a utilizar en la ecuación de cálculo de emisiones

**Tabla 2-85: Factor de emisión de MP10 por la utilización de gas licuado**

Factor de emisión (mg/m <sup>3</sup> )	
MP <sub>10</sub>	15

Fuente: SESMA, Noviembre de 2003.

Nota: no se han estimado los factores de emisión para los otros contaminantes provenientes de la combustión.

- **Distribución espacial**

En general se requiere de la confección de catastros. Se recomienda se sobrevolar la zona identificando la ubicación de las obras de ladrillo ya que obtener información de su ubicación es muy complicado, debido a que hay un mercado informal de producción de ladrillos.

- **Distribución temporal**

En el caso del perfil mensual se deben considerar meses en los cuales no hay lluvias.

Con respecto al perfil semanal en general el proceso es del tipo bath y por lo tanto se asumen emisiones durante todos los días y todas las horas

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

## 2.2.10. Emisiones Biogénicas

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Emisiones biogénicas
<b>Rubro</b>	: Todas las especies vegetales
<b>Metodología</b>	Bottom Up: Se utiliza el modelo GloBEIS (Global Biosphere Emissions and Interactions System) versión 3.0, desarrollado por el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR) de Estados Unidos, en conjunto con la Corporación Internacional ENVIRON

<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up
<b>Factores de Emisión</b>	Bottom Up: Los Factores de emisión son aquellos definidos para Globeis 3.2. Estos factores se basan en el trabajo de Guenther y colaboradores (1993). Top Down: Factores de emisión asignados según el tipo de ecosistema por sector geográfico
<b>Fuente de Información</b>	: CONAF; CONAMA; Censo Nacional Agropecuario (INE); Red Meteorológica del Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA); Estadísticas Forestales elaboradas por el Instituto Forestal (INFOR), Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile” (CONAF-CONAMA) año 2000.
<b>Organismo Sectorial</b>	- Corporación Nacional Forestal (CONAF) - CONAMA - INE

- **Introducción a la metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones biogénicas corresponden a compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos a la atmósfera por fuentes naturales siendo la vegetación, tanto natural como plantaciones forestales y cultivos agrícolas, los principales emisores. Las emisiones de COV de origen vegetal, están compuestas principalmente por dos tipos de hidrocarburos: isoprenos y monoterpenos.

Los COV junto con óxidos de nitrógenos (NOx), en presencia de radiación solar, realizan una cadena de reacciones que conducen a la formación de oxidantes fotoquímicos, principalmente ozono (Arya S.P., 1999., Colbeck I. y Mackenzie, A.R., 1994).

El desarrollo histórico de los métodos y algoritmos para estimar las emisiones naturales se puede dividir en tres generaciones.

La primera generación de algoritmos apareció a finales de los años 70 los cuales básicamente establecían relaciones entre el material emitido, la temperatura de la hoja y la radiación solar. (Zimmerman 1979b, Tingey et al. 1980).

Durante la década de los años ochenta se desarrolló la segunda generación de algoritmos con mejores resoluciones espaciales e incluían parámetros más detallados y precisos sobre las características de los ecosistemas y factores climáticos de las diferentes zonas estudiadas. (Lamb et al. 1987, Lamb et al. 1993).

Dentro de estos modelos que incluyen algoritmos de segunda generación se incluyen

los de evaluación de la dispersión de contaminantes atmosféricos realizados por la EPA de Estados Unidos (Agencia de Protección Ambiental, por sus siglas en inglés) está el modelo BEIS (Sistema de Inventario de Emisiones Biogénicas, de sus siglas en inglés) desarrollado para estimar emisiones de VOCs y NOX para ser luego utilizados como datos de entrada a modelos de química atmosférica (Pierce y Waldruff, 1991). Este modelo utiliza un algoritmo desarrollado por Guenther et al (1991) para estimar la emisión de hidrocarburos volátiles no metánicos; y un algoritmo de Williams et al (1992b) para la estimación de las emisiones de NO. Actualmente este modelo se encuentra en su versión 3.12, incluye mejoras en cuanto a la base de datos utilizada para la estimación los índices de emisión y los parámetros meteorológicos.

Los últimos desarrollos en metodologías para la estimación de emisiones, son los llamados modelos de tercera generación los cuales están diseñados para utilizarse en conjunto con modelos fotoquímicos de formación de ozono y aerosoles. Además, pueden incorporar datos con un alto grado de resolución, provenientes de satélites, como son los datos de vegetación y radiación solar.

De igual forma, estos modelos de tercera generación se basan en Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) y pueden adaptarse a modelos meteorológicos de pronóstico. Uno de los modelos más avanzados es el GLOBEIS (Global Biosphere Emission and Interaction System) desarrollado por la EPA y el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR, por sus siglas en inglés).

Para realizar el cálculo de emisiones biogénicas con GLOBEIS, es necesario determinar las especies vegetales presentes en cada celda definida en el dominio junto con la densidad de masa foliar de la especie.

## **A) Metodología de estimación de emisiones a Bottom Up**

La metodología Bottom Up considera la utilización del modelo GloBEIS (Global Biosphere Emissions and Interactions System), GloBEIS es una macro ejecutable en Microsoft Acces, bajo plataforma Windows, desarrollada por el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR) de Estados Unidos, en conjunto con la Corporación Internacional ENVIRON.

La versión 3.2 del modelo posee tres modos de cálculo de emisiones; BEIS2, BEIS2 modificado y GloBEIS3. Cada modo difiere en los algoritmos utilizados y en las variables que considera. El modo utilizado fue el GloBEIS3.

El modo GloBEIS3 utiliza las siguientes variables de entrada:

- Definición del dominio

- Identificación de las clases de uso de suelo (CUS)
- Temperatura
- Radiación fotosintéticamente activa (PAR) o cobertura nubosa
- Velocidad del viento
- Humedad específica
- Índice de área foliar (LAI)
- Índice de sequía de Palmer
- Temperatura anterior

Las cuatro primeras variables son obligatorias para correr el modelo, las variables restantes pueden ser utilizadas dependiendo de la disponibilidad de la información y del objetivo del estudio, por ejemplo evaluar el desempeño del modelo o investigar sobre el efecto de la variación de la temperatura y de la sequía en las emisiones.

La definición del dominio corresponde a la identificación de cada celda donde se realizará el cálculo de emisiones y debe incluir dos identificadores, área total y coordenadas geográficas. El cálculo será realizado a nivel comunal por lo que cada celda corresponde a una comuna de la región. El resto de las variables se definen para cada celda señalada en el dominio.

Para realizar la estimación de emisiones biogénicas es necesario determinar las especies vegetales presentes en cada celda definida en el dominio junto con la densidad de masa foliar del individuo.

### **Niveles de actividad**

El cálculo de emisiones biogénicas se realizó para tres unidades de análisis del área de estudio: Vegetación natural, cultivos agrícolas y plantaciones forestales.

La base cartográfica para determinar la superficie de cada tipo de vegetación se obtiene de la cartografía (escala 1:250.000) del "Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile" (CONAF-CONAMA) actualizado para el año 2006.

### **Especies vegetales por unidad de análisis**

Para determinar las especies vegetales presentes en la vegetación natural de la zona de estudio se utiliza la base de datos del "Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile" (CONAF-CONAMA), que incluye el tipo de vegetación (bosque, matorral, pradera, etc) la cobertura y las seis especies principales.

Para definir las especies presentes en los cultivos agrícolas se utilizó información del VII Censo Nacional Agropecuario (INE, 2007), consistente en información sobre superficie de cultivos agrícolas a escala comunal.

### **Densidad de masa foliar**

La Densidad de Masa Foliar (DMF) es asignada de acuerdo al tipo de vegetación y la cobertura indicada en los catastros disponibles. Debido a que existen valores de DMF para especies vegetales de usos de suelo definidos para Chile, se recomienda como base los valores de DMF que Globeis almacena en sus tablas internas.

Una vez asignada la DMF total de las clases de uso de suelo, según el tipo de vegetación, se debe asignar la DMF para cada especie vegetal presente.

- **Distribución espacial**

La distribución espacial está determinada por la información de los distintos catastros de uso de suelo disponibles, los cuales se encuentran georreferenciados y cubre casi la totalidad del país.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones está determinada por la variación de las temperaturas y la radiación solar a lo largo del año, pues estas poseen una alta influencia en las emisiones biogénicas. Estas variables son consideradas en la información de entrada requerida por el modelo GloBEIS.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a lo descrito en, "Global Biosphere Emissions and Interaction System (GloBEIS3), Versión 3.2.

En la tabla que sigue a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes de Emisiones Biogénicas:

Monoterpenos:

Monoterpenos	Fracción
$\alpha$ -pinene	0,28
$\beta$ -pinene	0,20
$\Delta^3$ -carene	0,13
sabinene	0,07
d-Limonene	0,07
$\beta$ -phellandrene	0,05
r-cymene	0,04
myrcene	0,03
camphene	0,01
camphor	0,01
bornyl acetate	0,01
$\alpha$ -thujene	0,01
terpinolene	0,01
$\alpha$ -terpinene	0,01
$\gamma$ -terpinene	0,01
ocimene	0,01
1,8-cineole	0,01
piperitone	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>

Otros COVs:

Otros COV	Fracción
methanol	0,50
ethanol	0,06
acetone	0,10
butanone	0,02
ethane	0,01
hexenyl acetate	0,03
ethene	0,05
hexenal	0,03
hexenol	0,03
acetaldehyde	0,05
propene	0,04
butene	0,02

formaldehyde	0,02
hexanal	0,02
acetic acid	0,01
formic acid	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>

En el Anexo N°1 se presentan las instrucciones para cargar y ejecutar el modelo gloBEIS 3.2.

### 2.2.11. Fertilizantes y plaguicidas

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Actividades Agrícolas
<b>Rubro</b>	: Fertilizantes y plaguicidas
<b>Metodología</b>	: SAIE
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top down
<b>Factores de Emisión</b>	:AP-42 Section 9.2.2 – EPA
<b>Fuente de Información</b>	:Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Subdepartamento de Plaguicidas y Fertilizantes, División de Protección Agrícola
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	: Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

- **Metodología de cálculo de emisiones**

La metodología general para el cálculo de emisiones de COV provenientes de la aplicación de distintos tipos de pesticidas a cultivos agrícolas, está incorporada en el Sistema de Administración de Inventarios (SAIE) de CONAMA R.M. Los distintos tipos de pesticidas son tratados como tipos de descarga, de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla.

**Tabla 2-86: Tipos de Pesticidas**

Tipo de Descarga	Descripción
Acaricidas	Utilizado en el control de ácaros y arañas
Bactericidas	Controla enfermedades causadas por bacterias
Fungicida	Controla enfermedades causadas por hongos
Herbicidas	Controlan las malezas
Insecticidas	Controlan insectos
Raticidas	Controla plagas de ratas

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones por marca de pesticida, pueden ser calculadas a través de la siguiente expresión:

$$E_{m,d} = FE_{m,d} \times C_m \quad \text{Ecuación 37}$$

Donde:

- $E_{m,d}$  : Emisiones de la marca m, relacionadas al tipo de descarga d, en Toneladas de COV por tipo de pesticida/año
- $FE_{m,d}$  : Factor de emisión la marca m para el tipo de descarga d, en Toneladas de COV para el tipo de pesticida/Hectáreas del tipo de cultivo
- $C_m$  : Consumo de pesticida de marca m en la Región de estudio, en (Toneladas/año)

- **Niveles de actividad**

Según la metodología, los niveles de actividad están dados por el consumo de pesticidas por marca, estos datos pueden ser obtenidos de la Declaración de ventas de Plaguicidas en la zona en estudio.

- **Factores de emisión**

La generación de los factores de emisión requiere de la siguiente información por cada marca de producto:

- Tipos de formulaciones de pesticidas: donde se entrega el porcentaje de COV de ingrediente inerte (PVI). Se debe tener un listado de tipos de formulación manejados por el sistema y los tipos de aplicación asociados a cada uno, tal como se muestra en la Tabla 7-58. Es importante mencionar que el factor de emisión del ingrediente activo, depende del tipo de aplicación. Por otra parte es importante destacar que el sistema considera un tipo de aplicación no especificado para el caso que una marca

no posea esta información, en este caso PVI corresponde simplemente a un valor promedio de todos los tipos de formulación existentes.

- Lista de ingredientes activos utilizados por las distintas marcas: donde se debe especificar el nombre del ingrediente y la presión de vapor en mmHg, dato fundamental para localizar el factor de emisión del ingrediente activo. Por fines operativos el sistema considera un tipo de ingrediente activo "no especificado", el cual se utiliza cuando no se posee esta información y se le asigna una presión de vapor promedio de todos los ingredientes activos de la lista.
- Factores de emisión para ingredientes activos: El sistema cuenta con una lista de factores de emisión (EF) para los distintos tipos de ingredientes activos componentes de marcas de pesticidas. Estos factores dependen principalmente del tipo de aplicación del pesticida y de la presión de vapor del ingrediente activo (expresado en mm de Hg), al igual que en los casos anteriores, el sistema genera valores promedios por tipos de aplicación cuando no se conoce la presión de vapor o un valor promedio total cuando no se conoce ni el tipo de aplicación ni la presión de vapor, tal como se muestra en la Tabla 7-59.
- Información de marcas de pesticidas:
  - Nombre de la marca
  - Lista de ingredientes activos y porcentaje de cada uno en la mezcla PA<sub>i</sub>
  - Porcentaje de ingrediente inerte de la mezcla (PI)
  - Tipo de formulación
  - Tipo de Pesticida
  - Toneladas anuales de pesticida de por marca consumidas en el área de estudio.

**Tabla 2-87: Tipos de formulación de pesticidas por tipo de aplicación**

Tipo de Formulación	PVI (%)	Tipo de Aplicación
Aceites	66,0	Aplicación Superficial
Concentrado acuoso	21,0	Aplicación Superficial
Concentrado Diluible (acuoso)	21,0	Aplicación Superficial
Concentrado Emulsificable	56,0	Aplicación Superficial
Dilución Seca	28,0	Incorporación Solida
Gas Presurizado	29,0	Aplicación Superficial
Gel, Pasta, crema	40,0	Aplicación Superficial
Granulado / Escamas	25,0	Incorporación Solida
Líquido / Sprays / brumas presuriza	39,0	Aplicación Superficial
Material Impregnable	38,0	Aplicación Superficial
Micro Encapsulados	23,0	Incorporación Solida
Pellet / tableta / torta / briqueta	27,0	Incorporación Solida
Pintura / Recubrimiento	64,0	Aplicación Superficial
Polvo	21,0	Incorporación Solida
Polvo Diluible en Agua	25,0	Aplicación Superficial
Polvo Soluble	12,0	Aplicación Superficial
Soluciones/líquido (listo para el u	20,0	Aplicación Superficial
Suspensión	15,0	Aplicación Superficial
<b>No Especificada</b>	<b>31,7</b>	<b>No Especificada</b>

Fuente: AP-42 Section 9.2.2 – EPA

**Tabla 2-88: Factores de Emisión para Ingredientes Activos**

Tipo de Aplicación	Presión Inicial (mmHg)	Presión Final (mmHg)	Factor (EF) (Ton de COV/Ton Ingrediente)
Aplicación Superficial	0	9,999E-07	0,465
Aplicación Superficial	0,0001	9,999999	0,58
Aplicación Superficial	0,000001	9,99999E-05	0,35
Incorporación Solida	0,0001	9,999999	0,052
Incorporación Solida	1E-10	9,999E-07	0,0027
Incorporación Solida	0,000001	9,99999E-05	0,021
Incorporación Solida	0	0	0,0252
<b>No Especificada</b>	<b>0</b>	<b>9,999999</b>	<b>0,20114</b>

Fuente: AP-42 Section 9.2.2 - EPA

Los Factores de Emisión por marca, quedan dados por:

$$FEM_m^{cov} = \left( \sum_i \frac{PA_{i,m}}{100} \times EF_i(Ta, Pv) \right) + \left( \frac{PI_m}{100} \times \frac{PVI_m(Tf, Ta)}{100} \right) \quad \text{Ecuación 38}$$

Donde:

$FEM_m^{COV}$  : Corresponde al factor de emisión de COV para la marca m en Ton de COV por Ton del pesticida

$PA_{i,m}$  : Porcentaje del ingrediente activo i de la marca m

$EF_i(Ta,Pv)$  : Factor de emisión del ingrediente activo i, dependiente del tipo de aplicación (Ta) y de la presión de vapor (Pv)

$PI_m$  : Porcentaje de ingrediente inerte de la marca m

$PVI_m$  : Porcentaje de COV del ingrediente inerte de la marca m, que depende del tipo de formulación (Tf) y Tipo de aplicación (Ta) de la marca m.

- **Distribución espacial**

La distribución espacial se realiza considerando los tipos de cultivo existente en cada zona.

- **Distribución temporal**

En general esto depende del tipo de cultivo, por lo tanto para los inventarios se ha supuesto un perfil mensual que solo depende de los días sin lluvia en cada mes, considerando que estos productos no se aplican con lluvia.

Con respecto al perfil diario, en general estos productos no se aplican en los horarios con rocío y se asume su aplicación entre las 16:00 hrs y las 24 horas de Lunes a Domingo.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

En la tabla que sigue a continuación, se muestra la especiación de sustancias para las emisiones provenientes de Plaguicidas:

**Tabla 2-89: Especiación de Sustancias (%)**

SUSTANCIA	(%)
Benzene	12,3
Propane sultone	1,8
Toluene	5
Butane-iso	1,4
Butane-normal	4,4
Pentane	3,2
Hexane	3,7
Xylene, mixed isomers	15
ISOMERS OF HEXANE	8,1
C-7 CYCLOPARAFFINS	15,4
C-8 CYCLOPARAFFINS	1,6
MINERAL SPIRITS	15
ISOMERS OF PENTANE	3,1
METHYLENE BROMIDE	10
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

## 2.2.12. Crianza de Animales

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Areales
<b>Categoría</b>	: Otras
<b>Subcategoría</b>	: Crianza de animales
<b>Rubro</b>	: Bovinos, Cerdos, Aves, Ovinos, Caprinos, Camélidos, Equinos
<b>Metodología</b>	: Metodología planteada por ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, 1994: Ammonia emissions to air in Western Europe. Technical report no. 62, Brussels, Belgium)
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down
<b>Factores de Emisión</b>	: AP-42 de la EPA, Factores de emisión proporcionados por el estudio "Development of the Ammonia Emission Inventory for the Southern California Air Quality Study", desarrollado por RADIAN, en Septiembre de 1991
<b>Fuente de Información</b>	: Censo Nacional Agropecuario (INE), SAG.

• **Metodología de cálculo de emisiones**

En general, las emisiones de amoníaco asociadas a la crianza de animales provienen de 4 actividades: alojamiento de animales, almacenaje de estiércol, pastoreo (rumiantes y equinos) y aplicación de estiércol sobre el suelo. Las emisiones de NH3 provenientes de estas actividades se pueden explicar y globalizar en la siguiente ecuación planteada dentro del estudio “Current and Future Emissions of Ammonia in China” por International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria<sup>39</sup>.

$$EL_{i,l} = \sum_j L_{j,l} \sum_k \sum_{s=1}^4 [ef_{i,j,l,s} (1 - \eta_{i,k,z}) X_{i,j,k,l}] \text{Ecuación 39}$$

Donde:

- I, j, k, l : Provincia, tipo de animal, técnica de abatimiento, año
- Z : Se refiere a las actividades asociadas a la crianza de animales (alojamiento, almacenaje, pastoreo y aplicación)
- L : Población animal (en cabezas)
- EL : Factor de emisión (en Kg NH<sup>3</sup> / animal por año)
- η : Eficiencia de reducción de técnicas de abatimiento
- X : Porcentaje de implementación de la técnica de abatimiento

Metodología de estimación de Emisiones

La metodología se basa principalmente en la metodología planteada por ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, 1994: Ammonia emissions to air in Western Europe. Technical report no. 62, Brussels, Belgium) y las actualizaciones de factores de emisión en el marco de los estudios efectuados en el AP-42 de la EPA.

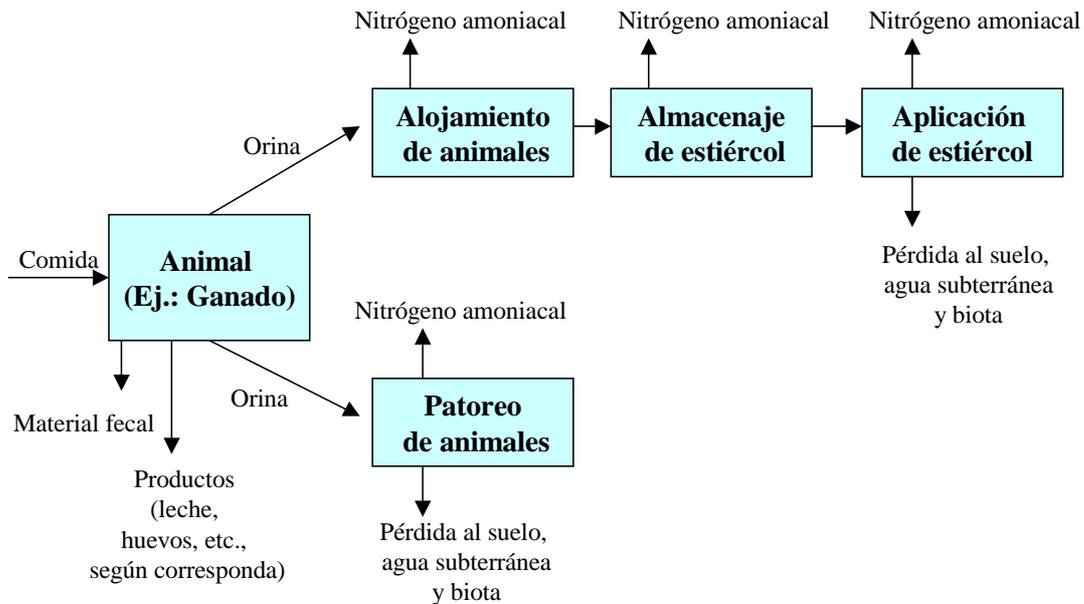
La metodología de estimación de emisiones asociadas a la crianza de animales se enmarca dentro de cuatro grupos de actividades:

- Alojamiento de animales
- Almacenaje de estiércol

<sup>39</sup><http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei10/ammonia/klimont.pdf>

- Aplicación de estiércol al suelo (como fertilizante)
- Pastoreo de animales

El siguiente diagrama esquematiza el flujo de actividades generadoras de amoníaco que serán considerados en las actividades asociadas a la crianza de animales.



**Figura 2: Diagrama de actividades asociadas a crianza de animales y del flujo de nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>)**

Las expresiones utilizadas para estimar las emisiones de estas actividades son:

$$Alojamientos = \left( \frac{N_{anim} * N_{exin}}{1000} \right) - N_{slurry}$$

$$Aplicación\ al\ suelo = Factor\ I * N_{slurry}$$

$$Pastoreo = \frac{N_{anim} * Factor\ H * N_{exout}}{1000}$$

**Ecuación 40**

Donde:

$N_{anim}$  : Número de animales por tipo y provincia.

$N_{exin}$  : Nitrógeno excretado en los alojamientos, por categoría de animal al año.

$N_{slurry}$  : Monto de nitrógeno del estiércol líquido disponible al momento de ser esparcido.

- $N_{\text{exout}}$  : Nitrógeno excretado fuera de los alojamientos al año.  
 Factor H : Fracción del nitrógeno excretado en las fecas y orinas, que se transforma en  $\text{NH}_3$ .  
 Factor I : Factor de emisión que relaciona el total de nitrógeno aplicado como estiércol.

Las variables que forman parte de las ecuaciones anteriores dependen, a su vez, del número y tipo de animales existentes en la Región, siendo este último el nivel de actividad de este rubro. La expresión general para las emisiones de  $\text{NH}_3$  se presenta en la siguiente ecuación (las expresiones originales se pueden ver en la referencia):

$$E_{\text{NH}_3} = FE_{\text{NH}_3} * N_{\text{anim}} = 1.21FE_{\text{NH}_3\text{-N}} * N_{\text{anim}} \quad \text{Ecuación 41}$$

Donde:

- $E_{\text{NH}_3}$  : emisión anual de amoniaco [Ton/año]  
 $FE_{\text{NH}_3}$  : factor de emisión de amoniaco [Ton/animal/año]  
 $FE_{\text{NH}_3\text{-N}}$  : factor de emisión nitrógeno amoniacal [Ton/animal/año]

- **Niveles de actividad**

Los niveles de Actividad se obtienen a partir de la información publicada por el INE, en el Censo Agropecuario más actualizado, donde se encuentra el número de animales a nivel comunal.

- **Factores de emisión**

Los factores de emisión de nitrógeno amoniacal varían según la categoría animal. Las expresiones separadas por tipo de actividad se indican a continuación:

## - Alojamiento

$$\text{Cerdos y aves } FE_{NH3-N} = \frac{(FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365 * 0.5}{1000}$$

$$\text{Otros animales } FE_{NH3-N} = \frac{(FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365}{1000}$$

### Ecuación 42 y Ecuación 43

Los otros animales se refiere a: bovinos, ovinos, caprinos, camélidos y equinos.

## - Aplicación al suelo

Los otros animales se refiere a: bovinos, ovinos, caprinos, camélidos y equinos.

$$\text{Cerdos y aves } FE_{NH3-N} = \frac{FactorI}{1000} [N_{exin} - (FactorC * FactorF + FactorC * FactorG) * 365 * 0.5]$$

donde  $N_{exin} = N_{ex} * FactorC$

$$\text{Otros animales } FE_{NH3-N} = \frac{FactorI}{1000} [N_{exin} - (FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365]$$

donde  $N_{exin} = N_{ex} * \left[ \frac{FactorC + FactorD * FactorE}{FactorC + FactorE(1 - FactorC)} \right]$

### Ecuación 44 y Ecuación 45

## - Pastoreo

$$\text{Cerdos y aves } FE_{NH3-N} = \frac{FactorH}{1000} * N_{ex} * (1 - FactorC)$$

$$\text{Otros animales } FE_{NH3-N} = \frac{FactorH}{1000} * N_{ex} * \left[ 1 - \frac{FactorC + FactorD * FactorE}{FactorC + FactorE(1 - FactorC)} \right]$$

### Ecuación 46 y Ecuación 47

Los valores de los Factores *C, D, E, F, G, H, I* y de *Nex* dependen del tipo de animal. El significado de estas variables es el siguiente:

- Factor C : representa el período del año que el animal permanece en estabulación con dieta de invierno.
- Factor D : representa el período del año que el animal permanece en estabulación con dieta de verano.
- Factor E : representa la diferencia entre las dietas con respecto al valor proteico.
- Factor F : representa las emisiones provenientes tanto de los alojamientos como de las producidas desde los lugares de almacenamiento del estiércol para época invernal.
- Factor G : representa las emisiones provenientes tanto de los alojamientos como de las producidas desde los lugares de almacenamiento del estiércol para época estival.
- Factor H : representa la fracción de nitrógeno excretado en las fecas y orina que se transforma en NH<sub>3</sub>, provenientes del pastoreo.
- Factor I : representa una fracción del nitrógeno aplicado como estiércol al suelo que se transforma en NH<sub>3</sub>. Está asociado al total de nitrógeno aplicado en forma sólida y líquida.
- Nex : representa la excreción de nitrógeno en las diferentes categorías de animales.

**Tabla 2-90: Factores para diferentes tipos de animales.**

Categoría	Factor C	Factor D	Factor E	Factor F <sup>1</sup>	Factor G <sup>1</sup>	Factor H	Factor I	Nex <sup>2</sup>
Bovinos <sup>3</sup>	0,50	0,50	1,00	0,04493	0,05869	0,080	0,220	59,540
Cerdos <sup>3</sup>	1,00	0,00	0,00	0,01441	0,01441	0,000	0,140	14,730
Ovinos	0,08	0,00	1,00	0,00581	0,00581	0,046	0,220	12,000
Caprinos	0,08	0,00	1,00	0,00581	0,00581	0,046	0,220	12,000
Camélidos	0,08	0,00	1,00	0,00581	0,00581	0,046	0,220	12,000
Equinos	0,08	0,00	1,00	0,02423	0,02423	0,046	0,220	50,000
Aves <sup>3</sup>	1,00	0,00	0,00	0,0002	0,00020	0,000	0,190	0,546
Otras Aves <sup>3 4</sup>	1,00	0,00	0,00	0,00018	0,00018	0,000	0,072	0,404

Fuente: INIA, 1998.

<sup>(1)</sup> unidades en Kg/animal/día

<sup>(2)</sup> unidades en Kg/animal/año

<sup>(3)</sup> Modificado en SAIE 2001.

<sup>(4)</sup> Incluye patos, pavos y gansos.

## • Distribución espacial

Se realiza a partir de la información de registros comunales del Censo Agropecuario disponible.

- **Distribución temporal**

En general en los estudios analizados no existe una descripción clara de cómo se efectúa la distribución temporal de estas emisiones. Para el caso del perfil mensual se asume que este es invariante con los meses y en el caso del perfil diario se consideran los horarios de alojamiento, pastoreo y aplicación al suelo asignando valores 100 desde las 20:00 horas hasta las 07 de la mañana y valores 30 durante el día.

### 2.2.13. Construcción de Edificios

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Polvo Fugitivo
<b>Categoría</b>	: Construcción y demolición
<b>Subcategoría</b>	: Construcción y demolición
<b>Rubro</b>	: Construcción de edificios
<b>Metodología</b>	: Metodología CARB, la cual se basa en el tiempo en que demora la realización de la obra y en la superficie de terreno intervenida.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down
<b>Factores de Emisión</b>	: CARB, Section 7.7 Building Construction Dust”, revision septiembre de 2002.
<b>Fuente de Información</b>	: Anuario de Edificación, INE.
<b>Organismo Sectorial</b>	- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) - INE

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Para la construcción de viviendas y edificios se realizan excavaciones, movimiento de materiales y tierra, esto produce emisión de polvo resuspendido a la atmósfera en cantidades difíciles de cuantificar. Estas emisiones pueden tener un gran impacto local de forma temporal en la calidad del aire.

La metodología para la estimación de emisiones, proveniente de la documentación de la CARB, se basa en un factor de emisión, en el tiempo en que demora la realización de la

obra y en la superficie de terreno intervenida, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$E = A * T * FE \quad \text{Ecuación 48}$$

Donde:

E : emisiones de material particulado [kg/año]

A : área intervenida en la construcción [m<sup>2</sup>]

T : tiempo de duración de la obra [mes]

FE : factor de emisión de material particulado [kg/m<sup>2</sup>-mes]

- **Niveles de actividad**

Los niveles de actividad necesarios para esta fuente emisora corresponden a la superficie construida por comuna, para el año en evaluación, separada en residencial, comercial y servicios. Se considera una duración de las obras de en promedio 6 meses para construcción de viviendas y 11 meses para el sector comercio y servicios.

La información de superficie construida es obtenida de estadísticas INE para el año de interés, a partir de su Anuario de Edificación.

- **Factores de emisión**

El factor de emisión utilizado para este tipo de fuente es el reportado por la CARB, Sección 7.7 "Building Construction Dust" (Revised September 2002), que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2-91: Factores de emisión para construcción [kg/m<sup>2</sup>-mes].**

Tipo de Construcción	Factor de Emisión (kg/m <sup>2</sup> -mes)	
	PTS	MP10
Viviendas, comercio y servicio	0,0556	0,0272

Fuente: CARB Section: 7.7 Building Construction Dust", revisión 2002.

Los factores de emisión presentados consideran el efecto de la humectación como medida de abatimiento de polvo resuspendido por movimiento de material. Se asume un 50% de eficiencia al aplicar esta medida, por lo tanto si los factores de emisión son

utilizados para actividades de construcción donde no se utiliza el riego, el valor del factor debería ser el doble para reflejar la emisión real de polvo del proceso de construcción.

Así mismo, respecto a la variable geográfica, en nuestro país existe variedad climática, por lo tanto, en algunas zonas geográficas en periodos invernales puedan no necesitar humectar sus terrenos intervenidos u otra medida similar. A sí mismo, puede que el levantamiento de material particulado en algunas zonas del país de ambientes más húmedos presenten tasas de emisiones inferiores, sin embargo, no existen los antecedentes técnicos para aplicar factores de ajustes a los obtenidos de la literatura internacional.

- **Distribución espacial**

Se debe solicitar a INE el reporte de las edificaciones con resolución comunal.

- **Distribución temporal**

Para obtener el tiempo de duración de las obras, se considera que las obras de viviendas tienen una duración de 6 meses, y las construcciones comerciales tienen una duración de 11 meses.

Respecto a la temporalidad real de las edificaciones, las municipalidades registran, a partir de sus permisos de edificación, antecedentes que pueden servir como base para esta actividad, sin embargo, se estima como una actividad que no es de fácil acceso o actualización periódica.

## 2.2.14. Construcción de Caminos

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Polvo Fugitivo
<b>Categoría</b>	: Construcción y demolición
<b>Subcategoría</b>	: Construcción y demolición
<b>Rubro</b>	: Construcción de caminos
<b>Metodología</b>	: Metodología CARB, la cual se basa en el tiempo en que demora la realización de la obra y en la superficie de terreno intervenida.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down
<b>Factores de Emisión</b>	: CARB, "Section 7.8 Road Construction Dust, CARB" revisión agosto 1997.
<b>Fuente de Información</b>	- Programas de Pavimentación Participativa, MINVU. - Registros de construcción de caminos, MOP
<b>Organismo Sectorial</b>	- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) - Ministerio de Obras Públicas (MOP, Dirección de Vialidad)

- **Metodología de cálculo de emisiones**

La metodología para la estimación de emisiones se basa en un factor de emisión, en el tiempo en que demora la realización de la obra y en la superficie de terreno intervenida, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$E = A * T * FE \text{Ecuación 49}$$

Donde:

- E : emisiones de material particulado [Ton/año]
- A : área intervenida en la construcción [m<sup>2</sup>]
- T : tiempo de duración de la obra [mes]
- FE : factor de emisión de material particulado [kg/m<sup>2</sup>-mes]

El área que es afectada por la construcción de caminos se estima a partir de los kilómetros de caminos construidos y de la superficie intervenida por kilómetro dependiendo del tipo de vía autopista, carretera, calle en ciudad<sup>40</sup>.

Los kilómetros de caminos construidos en un año son divididos en los tres tipos de caminos mencionados en el párrafo anterior y el valor de superficie por kilómetro construido se obtiene a partir del número de pistas, ancho de las pistas y el ancho de la berma para cada tipo de camino. Los valores se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2-92: Superficie por kilómetro de camino construido.**

Parámetros	Tipo de camino		
	Autopista	Carretera	Calle en ciudad
Número de pistas	5	3	2
Ancho por pista [m]	4	4	4
Ancho de la berma [m]	3(m)*4=12	6(m)*2=12	6(m)*2=12
Ancho del camino [m] <sup>*</sup>	32	24	20
Área por kilómetro [m <sup>2</sup> ] <sup>**</sup>	32000	24000	20000

\*Ancho del camino [m] = pistas x ancho de pista + ancho de berma.

\*\* Área por kilómetro [m<sup>2</sup>] = 1 kilómetro x Ancho x (1000 m/1 km)

Fuente: CARB, "Section 7.8 Road Construction Dust, CARB" revisión agosto 1997.

Los valores mostrados en la tabla anterior, son conservadores debido a que no consideran los posibles movimientos de tierra que se realizan en las inmediaciones del camino. Se estima que la duración de las obras es de aproximadamente 12 meses.

### • Niveles de actividad

La red vial del país está bajo la gestión de dos instituciones públicas: el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU).

- El MOP está a cargo de las concesiones y de la red interurbana, la cual se divide en Red Básica y Red comunal.
- El MINVU está a cargo de la red vial urbana, a excepción de los caminos públicos administrados por el MOP.

Para estimar la emisión de polvo resuspendido producto de la construcción de caminos, en vías bajo la gestión del MOP, para un año determinado, se obtiene la diferencia en caminos totales existentes entre diciembre del año anterior al de evaluación y diciembre del año en evaluación. Esta información es obtenida del informe "Red Vial Nacional,

<sup>40</sup> Los tipos de caminos señalados en la literatura corresponden a freeway, highway y city&county. El tipo freeway corresponde a carreteras donde no se paga peaje.

Dimensionamiento y Características” publicado por el MOP. Al respecto, esta información es reportada en la página web de Vialidad del MOP, sin embargo, entrega antecedentes a nivel regional y no con resolución comunal. La solicitud de información se debe gestionar con MOP-Vialidad, poniendo énfasis en la resolución comunal de la información.

Respecto a los caminos bajo la gestión de MINVU, se debe gestionar la solicitud de información ante MINVU respecto a los registros de construcción de caminos a nivel comunal, para dos años consecutivos, con fines de obtener las diferencias entre ambos registros. Se deben solicitar los registros de los “Programas de Pavimentación Participativa” a nivel comunal.

- **Factores de emisión**

El factor de emisión utilizado para la evaluación de las emisiones asociadas a la construcción de caminos, proviene de la documentación reportada por la CARB, “Section 7.8 Road Construction Dust, CARB” revisión Agosto 1997.

**Tabla 2-93:Factor de emisión para construcción de caminos (kg/m<sup>2</sup>-mes)**

<b>Factor de emisión</b>	<b>MP10</b>
Construcción de caminos	0,0272

Fuente: Western Regional Air Partnership (WRAP) 2006

- **Distribución espacial**

Se estima a partir de los antecedentes que genere MOP y MINVU con desagregación de tipo comunal.

- **Distribución temporal**

Se estima que la duración de las obras es de aproximadamente 12 meses para la construcción de caminos a cargo del MOP y 6 meses para la construcción a cargo de MINVU.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

### 2.2.15. Producción de áridos

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Polvo Fugitivo
<b>Categoría</b>	: Construcción y demolición
<b>Subcategoría</b>	: Construcción y demolición
<b>Rubro</b>	: Producción de áridos
<b>Metodología</b>	: AP-42, Fifth Edition; "Compilation of Pollutant Emission Factors, AP-42: Chapter 13.2.4 "Agregate Handling and Storage Piles", En general la metodología depende de la cantidad de aridos producida y existen factores de emisión para cada etapa del proceso.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom up (visitando cada planta de aridos) ya que en general pueden existir variantes en cada proceso.
<b>Factores de Emisión</b>	: "Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001", basado en la documentación AP-42; Respecto a actualizaciones, el AP-42 5ta edición, Agosto 2004, capítulo 11.19.2 "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing"
<b>Fuente de Información</b>	: "Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y Ambientales" realizado por la Asociación Nacional de Arideros (ANA)
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	: Municipios, Seremis de Salud

- **Metodología de cálculo de emisiones**

La ecuación general para estimar emisiones de producción de áridos según el último reporte de la AP-42, Fifth Edition es la siguiente:

$$E = Fe * A * (1 - Ea/100)$$

**Ecuación 50**

Donde:

- E = Emisión (ton/año)
- Fe = Factor de emisión
- A = Nivel de actividad
- Ea = Eficiencia de abatimiento (%)

Dentro de la producción de áridos existen diferentes actividades asociadas a la emisión de polvo fugitivo MP<sub>10</sub>, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2-94: Tipos de fuentes o actividades emisoras asociadas a la producción de áridos.**

ACTIVIDAD	
a)	Extracción en el Frente
b)	Emisión por transferencias discretas de material
c)	Emisión por transferencias continuas de material
d)	Emisión por operaciones de chancado.
e)	Emisión por clasificación
f)	Emisión por acopio de productos
g)	Emisión por circulación en caminos sin pavimentar interior natural
h)	Tamizado

#### a) Extracción en el Frente

Las emisiones asociadas con la extracción de material corresponden a la suma de actividades producidas por el funcionamiento de una retroexcavadora y por transferencias discretas de material al cargar el material en los camiones que transportan el material extraído a un establecimiento.

#### b) Transferencias discretas de material (kg/ton)

Las transferencias discretas de material corresponden a operaciones donde una cantidad fija de material es transferida desde el balde de pala, tolva de camión etc, hasta otra superficie receptora. Tales operaciones se realizan principalmente en el carguío de camiones y en la alimentación del buzón de alimentación y chancadores de las plantas de procesamiento de los áridos.

En la tabla siguiente se ilustran las etapas del proceso en donde se producen este tipo de transferencias.

**Tabla 2-95: Etapas del proceso donde se producen transferencias discretas.**

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
Carguío de camiones	Carga material desde el lugar de extracción hasta la planta
Chancado primario	Cuando los camiones descargan material en los buzones de los chancadores
Retiro del material	Al cargar el material procesado en los camiones que lo retiran de la planta.

c) Transferencias continuas de material

Las transferencias continuas de material corresponden a operaciones ininterrumpidas (durante un intervalo de tiempo prolongado), donde un material es transferido desde una correa transportadora o elemento similar hacia un elemento o superficie receptora.

d) Actividades de Chancado

Las operaciones de chancado pueden constituir fuentes significativas de emisión de material particulado, si realiza un proceso en seco o si son controladas con algún sistema de abatimiento o control de polvo. Una parte importante la constituyen las partículas pesadas (de gran diámetro), las cuales sedimentan cerca de la fuente (dentro del área de las instalaciones). Los factores que inciden mayormente en la emisión de material particulado son la humedad de la roca, el contenido de finos, el tipo de equipos involucrados, las prácticas de operación y las condiciones climáticas (principalmente viento y precipitación).

e) Actividades de clasificación de material pétreo

Las operaciones de harneo generalmente separan los flujos de proceso en dos o tres fracciones, previo a la etapa de chancado, mediante el uso de parrillas vibratorias. El uso de harneros permite asegurar la granulometría del producto.

f) Acopio de Material (Kg/día/Ha)

Las partículas finas presentes en una superficie expuesta al viento pueden ser emitidas a la atmósfera si la velocidad del viento incidente sobrepasa cierto valor límite que permite que se genere un arrastre de las partículas (erosión eólica),

El estudio de esta fuente emisora (EPA, reporte AP-42) ha concluido que la erosión de una superficie se produce en lapsos muy breves de tiempo (del orden de un par de minutos). Por lo general se requieren velocidades de viento superiores a 20 km/hr.

g) Levantamiento de polvo por tránsito de camiones (Kg/km – viajes) por caminos sin pavimentar.

La metodología actualizada para estimar las emisiones generadas por esta actividad se presentan en la sección "Maquinaria dentro de plantas de áridos".

- **Niveles de actividad**

Para el caso de la RM la información necesaria se obtuvo de los resultados de emisiones del estudio "Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y Ambientales" realizado por la Asociación Nacional de Arideros (ANA) efectuada el año 2003, además para poder calcular las emisiones se debe considerar la variación del PIB del sector de la construcción de la zona en estudio.

Para el resto de las zonas del país en general no ha sido posible disponer de esta información. En este caso se recomienda consultar a cada municipio.

- **Factores de emisión**

a) Extracción en el Frente

Para calcular las emisiones por la carga de material a camiones se usó la metodología incluida en la sección 11.9 Western Surface Coal Mining (Tabla 11.9-2 "Emission Factor Equations for Uncontrolled Open Dust Sources at Western Surface Coal Mines").

Para este caso se usó la fuente "Truck Loading", siendo los factores de emisión y ecuaciones asociadas al cálculo, las siguientes:

**Tabla 2-96: Factores de Emisiones Carga Camiones**

Contaminante	Ecuaciones para Factor de Emisiones
PTS	$\frac{0,580}{(M)^{1,2}}$
MP15	$\frac{0,0956}{(M)^{0,9}}$

**Tabla 2-97: Factor Especiación Carga Camiones**

Fracción	Factor de Especiación
MP10	0,75 <sup>(1)</sup>
MP2,5	0,019 <sup>(2)</sup>

- (1) Factor a multiplicarse por la ecuación de MP15  
(2) Factor a multiplicarse por la ecuación de PTS

b) Transferencias discretas de material (kg/ton)

Para esta actividad, se utiliza como referencia lo indicado por "Compilation of Pollutant Emission Factors, AP-42: Chapter 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles", cuyo cálculo de factor de emisión se detalla a continuación:

$$Fe = \frac{0.0016 * 0,35 * (U/2,2)^{1,3}}{(M/2)^{1,4}} \text{ [Kg/ton]} \quad \text{Ecuación 51}$$

Donde:

U: Velocidad del viento (m/s)

M: Humedad del material

c) Transferencias continuas de material

Para el cálculo del factor de emisión se utiliza la siguiente ecuación referida a lo indicado en "Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001", basado en la documentación AP-42.

$$Fe = \frac{K (0,0009)(s/5)(U/2,2)(H/3)}{(M/2)^2} \text{Ecuación 52}$$

Donde:

Fe : factor de emisión Kg/ton

K : Coeficiente de tamaño de partícula emitida adimensional

S : Contenido de finos del material, en %

U : Velocidad del viento al momento de la transferencia en m/s

H : Altura de caída del material, en metros

M : Contenido de humedad del material, en %

d) Actividades de Chancado

Los factores de emisión actualmente utilizados están descritos en la publicación "Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001" basados en el reporte AP-42 y consideran dos tipos de roca mineral, según el contenido de humedad: material seco (con humedad inferior a 4% en peso) y material húmedo (mayor que 4%). Los factores son los siguientes:

**Tabla 2-98: Factor de emisión para PM-10**

<b>Chancador</b>	<b>Sin mitigación &lt; 4% humedad</b>	<b>Con mitigación &gt; 4% humedad</b>
Primario	0.004	0.00029
Secundario	0.012	0.00029
Terciario	0.001	0.00029

Fuente: Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y Ambientales, 2003.

Los valores representan kilogramos de PM10 por cada tonelada de material sometido a chancado. Las tasas de emisión (por ejemplo, kg/día) se determinan multiplicando los factores de emisión de la tabla por la cantidad de toneladas de material sometidas al chancado durante el intervalo de tiempo considerado.

Respecto a actualizaciones, el AP-42 5ta edición, Agosto 2004, capítulo 11.19.2 "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing" indica que el factor de emisión para PM10 en el chancador terciario es de 0,0012 (kg/mg). Para el chancador primario y secundario el reporte no entrega datos disponibles, sin embargo señala que el valor del chancador terciario se puede utilizar como límite superior:

**Tabla 2-99: Factor de emisión para PM10**

<b>Chancador</b>	<b>Sin mitigación &lt; 4% humedad</b>	<b>Con mitigación &gt; 4% humedad</b>
Primario	Dato no disponible*	Dato no disponible*
Secundario	Dato no disponible*	Dato no disponible*
Terciario	0.0012 kg/mg	0.00027

Ref: "Compilation of Pullutant Emission Factors, AP-42: cap 11.19.2 "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing"

\*Se recomienda utilizar el valor del chancador terciario como límite superior para el chancador primario y secundario.

e) Actividades de clasificación de material pétreo

El factor de emisión para el harneo de materiales secos (< 4% humedad) es:

**Tabla 2-100: Factor de emisión para PM-10  
FE harneo de materiales secos (kg/ton)**

0.06

Ref. Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001.

**Tabla 2-101: Factor de emisión para el harneo con control**

Tipo	FE harneo con control (Kg/ton)
Sin Mitigación PM <sub>10</sub>	0,0043
Con Mitigación PM <sub>10</sub>	0,00037

Ref. Table 11.19.2-1 (Metric Units) en la AP-42: cap 11.19.2 "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing".

f) Acopio de Material (kg/día/há)

La ecuación utilizada para estimar el factor de emisión de polvos fugitivos generado por el acopio de material en terreno es:

$$Fe = 1.9 * (s/1.5) (f/15) (365-p) / 365 \quad \text{Ecuación 53}$$

Donde:

Fe : Factor de emisión (Kg/día/Ha)

S : Contenido de finos del suelo o material apilado

F : Porcentaje del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s a la altura media de la pila

p : Número de días al año con precipitación igual o mayor que 0,254 mm

g) Levantamiento de polvo por tránsito de camiones (Kg/km – viajes) por caminos sin pavimentar.

La metodología actualizada para estimar las emisiones generadas por esta actividad se presentan en la sección "Maquinaria dentro de plantas de áridos".

h) Tamizado

Los factores de emisión recomendado por la EPA para operaciones de proceso de roca molida (Table 11.19.2-1 (Metric Units). Emission Factors For Crushed Stone Processing Operations) son los siguientes:

**Tabla 2-102: Factores de Emisión – Tamizado**

<b>Fracción del MP</b>	<b>Factor de Emisión [Kg./Ton Procesada]</b>
PTS	0,15
MP10	0,03

- **Distribución espacial**

En general se debe disponer del catastro de plantas de áridos en la zona de estudio y obtener en terreno las coordenadas UTM de la ubicación de cada una de ellas.

- **Distribución temporal**

En general esta información puede ser obtenida mediante una consulta directa a cada planta de árido o bien se puede considerar para el perfil mensual la misma forma que tiene el nivel de construcción en la zona en estudio obtenido de estadísticas de construcción del INE y para el perfil diario asumir un turno normal de trabajo de la 08 AM a las 18 PM de Lunes a Viernes.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-SpeciationProfiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

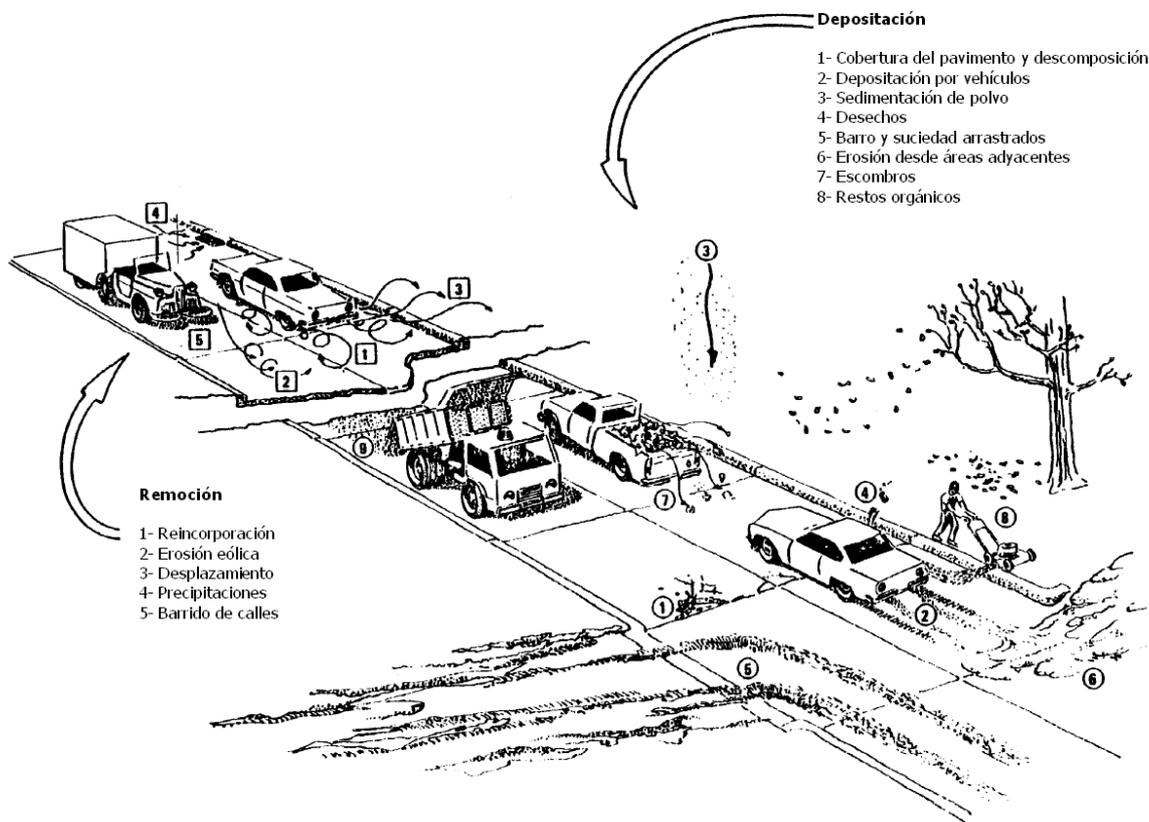
## 2.2.16. Polvo Resuspendido por Tránsito de Vehículos en Calles Pavimentadas

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Polvo Fugitivo
<b>Categoría</b>	: Polvo resuspendido
<b>Subcategoría</b>	: Polvo resuspendido
<b>Rubro</b>	: Calles pavimentadas en red urbana, calles pavimentadas en red de carreteras y calles pavimentadas en sitios industriales.
<b>Metodología</b>	: Metodología EPA
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up.
<b>Factores de Emisión</b>	: AP-42 de la EPA, basada en mediciones de SILT locales o valores por defecto.
<b>Fuente de Información</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campañas de mediciones de SILT disponibles</li> <li>- O bien carga de finos según AP-42, Capítulo 13 Tabla 13.2.1-3</li> <li>- Información de red vial y flujos vehiculares obtenida de modelos de transporte de SECTRA o campañas específicas.</li> <li>- Plan Nacional de Censos de Tránsito del Departamento de Vialidad del MOP</li> </ul>
<b>Organismo Sectorial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte (SECTRA)</li> <li>• CONAMA</li> <li>• MOP</li> </ul>

#### • Introducción a la metodología de cálculo de emisiones

El tránsito de vehículos por vías pavimentadas y no pavimentadas genera la resuspensión del polvo depositado en éstas. La siguiente figura muestra los distintos mecanismos que aportan polvo y los que lo remueven desde las calles pavimentadas y no pavimentadas.



**Figura 3: Mecanismos de deposición y remoción de polvo en las calles.**

Las metodologías tradicionalmente utilizadas para la estimación de emisiones de polvo resuspendido por tránsito vehicular, tanto en calles pavimentadas como en calles sin pavimentar, son las descritas en el documento AP-42 de la EPA. Estas metodologías poseen varias actualizaciones desde su creación, siendo la última la realizada en noviembre del año 2006.

Además de la metodología descrita por la EPA, existen diversos estudios y mediciones para estimación de emisiones de polvo resuspendido por tránsito vehicular, tanto calles pavimentadas como sin pavimentar.

En calles sin pavimentar se han desarrollado factores de emisión alternativos, pero se ha realizado muy poco trabajo para corroborar estos factores desarrollados. Dentro de estos estudios se encuentran: Barnard et. al., 1987, 1988; Becker and Takle, 1979; Claiborn et. al., 1995; Dyck and Stukel, 1976; McCaldin and Heidel, 1978; Moosmuller, et. al., 1998; Pinnick et. al., 1985; Williams et. al., 1988, 1989.

En calles pavimentadas los resultados de algunos estudios han entregado resultados que son significativamente más altos que los obtenidos con los factores del AP-42 para calles con bajos flujos de vehículos (menores a 10.000 vehículos diarios), y menores que los obtenidos con factores del AP-42 para altos volúmenes de tráfico (mayores a 10.000 vehículos diarios) (Wittorff et. Al., 1994; venkatram et. Al., 1999). En 1994 un estudio conducido por Hurrll y Zimmer en Denver, generó factores de emisión para MP10 que tenían directa relación con el volumen de tráfico vehicular como una función potencial; con excepción de las vías expresas, las emisiones estimadas fueron significativamente menores que las estimadas con la metodología EPA.

En diversos inventarios de emisiones nacionales, en los que posteriormente se ha realizado una modelación de estas emisiones, se ha encontrado sistemáticamente una sobreestimación de las emisiones estimadas con la metodología descrita en el AP-42 de la EPA. A pesar de los potenciales errores en los factores de emisión del AP-42 para calles pavimentadas y sin pavimentar, en la actualidad no existen estudios que sustenten nuevos factores de emisión. Los factores del AP-42 para calles pavimentadas y sin pavimentar poseen un extenso desarrollo y actualizaciones, así como la mayor cantidad de información relativa a mediciones.

Las metodologías descritas en el AP-42 para calles pavimentadas y sin pavimentar consideran el contenido de silt<sup>41</sup> del camino, que tiene directa relación con el polvo resuspendido por tránsito vehicular, el cual varía dependiendo del tipo de calle y del flujo vehicular. Debido a que normalmente no existen mediciones específicas de contenidos de silt para distintas zonas, se recomienda utilizar los contenidos de silt recomendados por la EPA en su metodología como una primera aproximación, hasta contar con valores locales medidos.

- **Metodología de cálculo de emisiones en calles pavimentadas en red urbana, carreteras y sitios industriales.**

A continuación se describe la metodología de estimación de emisiones proveniente de la resuspensión de material particulado sobre calles pavimentadas, metodología presentada en la última edición del AP-42, correspondiente a Diciembre de 2006.

$$E_{pa} = E_d(1 - P/4N) \quad \text{Ecuación 54}$$

$$\text{Con, } E_d = e * F * L \quad \text{Ecuación 55}$$

---

<sup>41</sup>Material menor a 72µm.

Donde:

Epa : tasa de emisión anual (o del período bajo estudio) de partículas para el tramo de calle pavimentada [g/año].

Ed : tasa de emisión diaria de partículas para el tramo de calle pavimentada [g/día].

p : días con precipitaciones mayores de 0.254 mm. Durante el periodo considerado.

N : número de días del periodo de estudio (365 en el caso anual)

e : factor de emisión de partículas por calles [g/vehículo-km].

F : flujo vehicular diario [vehículos/día].

L : longitud del tramo [km].

### • Factores de emisión

Los factores de emisión de polvo desde calles pavimentadas, ecuación de cálculo de emisiones incorporadas a MODEM, corresponden a las versiones de diciembre del año 2006 del AP-42 de la EPA relativo a fuentes misceláneas de emisiones de polvo fugitivo desde calles pavimentadas<sup>42</sup>.

El factor de emisión se puede obtener de la siguiente forma:

$$e = k \left( \frac{Sp}{2} \right)^{0.65} \left( \frac{W}{3} \right)^{1.5} - C \text{ Ecuación 56}$$

Donde:

Sp : contenido de material fino, fracción de polvo de diámetro  $\leq 75$  micrones [g/m<sup>2</sup>].

k : constante, depende del tamaño de partícula a considerar [gr/VKT].

W : peso promedio de la categoría de vehículo en movimiento [ton].

C : factor de emisión de ajuste, asociado a emisiones de escape y desgaste de frenos y neumáticos.

El valor de la constante  $k$  varía según el tamaño de partícula como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 2-103: Valores de k, según tamaño de partícula**

Tamaño de partícula	Valores de k en [gr/VKT].
MP 2.5	0.66
MP 10	4.6

42<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>

MP 15	5.5
MP 30*	24

Se asocia a PTS. Fuente: AP42 2006.

Respecto a la carga de sedimentos de material fino de la superficie del camino, debido a la carencia de estudios sobre el tema en la mayoría de las ciudades de Chile, se deben considerar los valores por defecto del AP-42 Capítulo 13, Cuadro 13.2.1-3, valores que se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 2-104: Carga de finos**

Flujo vehicular (v/día)	≤ 500	> 500 ≤ 10.000	> 10.000
Carga de finos (g/m <sup>2</sup> )	0,6	0,11*	0,03

\* En AP-42 se encuentra separado en flujos entre 500-5000 y 5000-10000, con valores de 0,2 y 0,06 respectivamente.

Fuente.: AP42, 2000.

El valor de W será obtenido de valores promedio utilizados para vehículos en movimiento. La siguiente tabla entrega estos valores:

**Tabla 2-12: Valor de W**

Tipo de vehículo	Peso (ton)
Vehículos Particulares	1,2
Vehículos Comerciales	2
Motos	0,2
Buses	17,2
Camiones Livianos	7,5
Camiones Medianos Diesel	12
Camiones Pesados	45

Fuente: Inventario de emisiones RM 2005.

Para el caso de la variable C, el AP 42 recomienda los siguientes valores (Table 13.2.1-2. EMISSION FACTOR FOR 1980'S VEHICLE FLEET EXHAUST, BRAKE WEAR AND TIRE WEAR):

$$C_{MP10} = 0,1005 \text{ (gr/VKT)}$$

$$C_{MP2,5} = 0,1317 \text{ (gr/VKT)}$$

- **Niveles de actividad**

Para ciudades con modelación de transporte, los niveles de actividad, flujos vehiculares y peso promedio de los vehículos que circulan por cada tramo de la red vial, son obtenidos a partir de la modelación de emisiones desarrollada por MODEM.

En el caso de carreteras esta información proviene del MOP principalmente el censo de tráfico y la red vial de carreteras.

En el caso de sitios industriales la información es obtenida directamente desde el titular del establecimiento.

- **Distribución espacial**

En el caso de ciudades con modelos de transporte estos entregan los arcos georreferenciados y por lo tanto es posible asignar los polvos de calles a este nivel de detalle.

En el caso de carreteras también se posee la red georreferenciada (red vial georreferenciada entregada manejada por la Dirección de Vialidad) y al igual que en el caso anterior es posible llegar a este nivel de detalle.

En el caso de sitios industriales la georreferenciación también es a nivel de camino y en general se obtiene directamente desde el titular del establecimiento.

- **Distribución temporal**

En el caso de ciudades que cuentan con modelo de transporte y en donde se ha corrido el sistema MODEM de SECTRA se cuenta con perfiles temporales de flujo que permiten distribuir las emisiones en los meses y horas de la semana. En aquellas ciudades en donde no se cuenta con esta información se deberán efectuar directamente conteos vehiculares.

En el caso de carreteras se cuenta con el Plan Nacional de Censo y Tránsito el cual entrega información de flujos vehiculares a partir de los cuales es posible obtener perfiles de flujo por estaciones del año y perfiles horarios en ciertos puntos los cuales pueden ser expandidos al resto de la red.

En el caso de sitios industriales se obtienen antecedentes directamente desde el titular del establecimiento.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-SpeciationProfiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

### 2.2.17. Polvo Resuspendido por Tránsito de Vehículos en Calles No Pavimentadas

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Polvo Fugitivo
<b>Categoría</b>	: Polvo resuspendido
<b>Subcategoría</b>	: Polvo resuspendido
<b>Rubro</b>	: Calles sin pavimentar en red urbana e interurbana, asociadas a plantas de árido y establecimientos industriales en general
<b>Metodología</b>	: Metodología EPA
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up.
<b>Factores de Emisión</b>	: AP-42 de la EPA, actualización noviembre 2006. Ecuación (1a) en el caso de caminos al interior de sitios industriales y ecuación (1b) en caminos públicos.
<b>Fuente de Información</b>	- AP-42. - Información de red vial con información de los flujos y tipo de carpeta, MOP, Vialidad. - Registros de déficit de calles sin pavimentar, MINVU, a través de planillas de registro histórico de Programas de Pavimentación Participativa.
<b>Organismo Sectorial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MOP, Vialidad</li> <li>• MINVU</li> </ul>

- **Metodología de cálculo de emisiones**

La metodología utilizada para el cálculo de las emisiones corresponde a la presentada en la última edición de la agencia ambiental de USA, EPA, correspondiente a Noviembre de 2006.

La tasa anual de emisiones para tramos de calle sin pavimentar, se estima como el producto entre la tasa de emisión diaria y el número de días del año, restando los días con precipitaciones mayores a 0.25 mm, como se indica en la siguiente expresión:

$$E_{\text{anual}} = e \times F \times L \times (365-d) \text{Ecuación 57}$$

Donde :

- $E_{\text{anual}}$  : Emisión anual de partículas para el tramo de calle sin pavimentar [g/día].
- $E$  : Factor de emisión de partículas por calle (gr/vehículo-km)
- $F$  : Flujo vehículo diario (vehículo/día)
- $L$  : Longitud del tramo (km)
- $d$  : número de días con precipitaciones mayores de 0,25mm

La emisión diaria es obtenida sacando un promedio diario a partir del cálculo anual.

- **Factores de emisión**

- Caminos públicos (red urbana e interurbana)

El factor de emisión utilizado se indica en la siguiente ecuación:

$$e = \frac{k \left[ \frac{s}{12} \right]^a \left[ \frac{V}{30} \right]}{\left[ \frac{m}{0.5} \right]^c} - C \quad \text{Ecuación 58}$$

Donde:

- $e$  : factor de emisión [lb/millas recorridas].  
 $k$  : factor de corrección por tamaño de partículas [adimensional], ( $k = 1,8$  para PM10)  
 $s$  : contenido de partículas finas en la superficie de la calle [%].  
 $V$  : velocidad promedio de los vehículos en el tramo evaluado [mph].  
 $m$  : contenido de humedad de la superficie [%]  
 $C$  : factor de emisión de ajuste, asociado a emisiones de escape y desgaste de frenos y neumáticos  
 $a, d, c$  : constantes

Para obtener las emisiones en gramos por kilómetro recorrido, se debe multiplicar el factor de emisión por 281,9.

**Tabla 2-106: Valores para constantes según tamaño de partícula.**

Tamaño de Partícula	K (lb/VMT)	a	c	d
MP30 (PTS)	6,0	1	0,3	0,3
MP 10	1,8	1	0,2	0,5
MP 2,5	0,18	1	0,2	0,5

Fuente: Tabla 13.2.2-2 AP42, EPA.

Para el caso de la variable  $C$ , el AP 42 recomienda los siguientes valores (Table 13.2.2-4. EMISSION FACTOR FOR 1980'S VEHICLE FLEET EXHAUST, BRAKE WEAR AND TIRE WEAR):

$$C_{MP10} = 0,00036 \text{ (lb/VMT)}$$

$$C_{MP2,5} = 0,00047 \text{ (lb/VMT)}$$

VMT: Vehículos millas recorridas, 1 lb/VMT = 281.9 g/VKT

- Caminos al interior de establecimientos industriales (áridos, rellenos sanitarios, establecimientos industriales en general)

$$E = k (s/12)^a (W/3)^b$$

**Ecuación 59**

Donde:

$E$ : factor de emisión [lb/millas recorridas].

$k$ : factor de corrección por tamaño de partículas [adimensional], ( $k = 1,8$  para PM10)

$s$ : contenido de partículas finas en la superficie de la calle [%].

$a$ ;  $d$ : constantes

**Tabla 2-13: Valores para constantes según tamaño de partícula.**

Tamaño de Partícula	K (lb/VMT)	a	b
MP30 (PTS)	4,9	0,7	0,45
MP 10	1,5	0,7	0,45
MP 2,5	0,15	0,9	0,45

Fuente: Tabla 13.2.2-2 AP42, EPA.

### • Niveles de actividad

Los niveles de actividad para esta fuente corresponden a los kilómetros existentes sin pavimentar y el flujo de vehículos promedio diario que circula por estas vías.

Para esto en general se recurre a las siguientes fuentes de información:

- Información de red vial con información de flujos y tipo de carpeta, MOP, Vialidad.
- Registros de déficit de calles sin pavimentar, MINVU, a través de planillas de registro histórico de Programas de Pavimentación Participativa.
- En el caso de caminos sin pavimentar en establecimientos industriales la información requerida generalmente se obtiene en forma directa del titular del establecimiento.

En general para determinar el flujo por las vías sin pavimentar existe muy poca información y en este caso se recurre a conteos vehiculares en períodos característicos para determinar el flujo requerido.

### • Distribución espacial y temporal

A partir de los registros mencionados de MOP y MINVU los cuales entregan los datos a nivel mensual.

En el caso de establecimientos industriales estos datos también son solicitados al titular.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

### 2.2.18. Preparación de Terrenos Agrícolas

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Polvo Fugitivo
<b>Categoría</b>	: Preparación de terrenos agrícolas
<b>Subcategoría</b>	: Preparación de terrenos agrícolas
<b>Rubro</b>	: Cereales y chacras, Cultivos Industriales, Hortalizas y Frutales
<b>Metodología</b>	: Esta categoría estima emisiones de material particulado debido a la preparación del terreno agrícola para la plantación, siembra, según corresponda, y posterior cosecha. Las operaciones que se incluyen en esta categoría son el despeje, labranza, arado y cualquier otra operación mecánica que tenga por objeto la preparación de la tierra.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down en base al tipo de cultivo por comuna
<b>Factores de Emisión</b>	: "Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997"
<b>Fuente de Información</b>	: Ceso agropecuario del INE
<b>Organismo Sectorial Relevante</b>	: INE

- **Metodología de cálculo de emisiones**

$$E_{ci} = FE * A_{ci} * PA_{ci} \quad \text{Ecuación 60}$$

Donde:

$E_{ci}$  : emisiones del cultivo tipo i [ton/año]

FE : factor de emisión [ton/pasadas]

$A_{ci}$  : superficie del cultivo tipo i [acres]

$PA_{ci}$  : operaciones por acre del cultivo tipo i [pasadas/acre]

Para el caso de frutales, es importante tener en consideración al momento de hacer el cálculo que este debiera ser efectuado solamente sobre aquella superficie preparada para el año del inventario en estudio y no para el total de hectáreas existentes.

- **Niveles de actividad**

La información de nivel de actividad proviene principalmente del censo agropecuario del INE.

- **Factores de emisión**

El factor de emisión que utiliza la metodología de la California Air Resources Board. (CARB) proviene del "AP-42 4<sup>ta</sup> edición Section 11.2.2", el cual se describe a continuación:

$$Fe = \frac{4.8 * k * s^{0.6}}{2000} \quad \text{Ecuación 61}$$

Donde :

Fe : factor de emisión [ton/pasadas]

K : depende de la fracción del tamaño de partícula de interés. Para PM-10 el valor de k usado en California ("Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997") corresponde a 0,148.

s : contenido de fino en el material. Cuando no se cuenta con este tipo información la EPA recomienda un valor 18%.

El factor de emisión de EPA no considera una asociación entre la humedad del suelo y las emisiones. Sin embargo, la metodología de la California Air Resources Board. (CARB) aconseja aplicar reducciones al factor de emisión en las épocas invernales, debido a que las emisiones del polvo son reducidas cuando la humedad del suelo es más alta. Por lo

tanto, la metodología incorpora una corrección de la emisión durante los meses más húmedos del año, valores de 25 y 50% recomendados por CARB, aplicando el primero para los meses de Mayo y Agosto y el segundo para Junio y Julio. Cabe mencionar que estos valores de corrección provienen de la metodología internacional que ha sido tomada como base para los inventarios nacionales, y como tales se consideran como valores de referencia, y su aplicación se evalúa según el área de estudio, dado que en zonas de casi nulas precipitaciones esta corrección no es aplicable.

En la siguiente tabla se entrega una lista de los factores utilizados por tipo de cultivo

**Tabla 2-108: Factores de Emisión para Preparación de Terrenos Agrícolas.**

CATEGORIA	CONTAM.	FACTOR DE EMISIÓN	UNIDAD	FUENTE	
<b>Cereales y Chacras</b>	Arroz (con cáscara)	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)	El Factor de emisión del "AP -42 4ta edición Section 11.2.2" . Agencia Ambiental de California "Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997"
	Avena (grano seco)	PTS	0,000313817	(ton PTS/ha)	
	Cebada cervecera	PTS	0,000313817	(ton PTS/ha)	
	Cebada forrajera	PTS	0,000313817	(ton PTS/ha)	
	Centeno	PTS	0,000313817	(ton PTS/ha)	
	Maíz (grano seco)	PTS	0,001255268	(ton PTS/ha)	
	Quínoa	PTS	0,001255268	(ton PTS/ha)	
	Trigo blanco	PTS	0,000313817	(ton PTS/ha)	
	Trigo candeal	PTS	0,000313817	(ton PTS/ha)	
	Triticale	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)	
	Arveja (grano seco)	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)	
	Chícharo	PTS	0,001255268	(ton PTS/ha)	
	Garbanzo	PTS	1,8829E-05	(ton PTS/ha)	
	Lenteja	PTS	0,001255268	(ton PTS/ha)	
	Papa	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)	
Poroto de consumo interno	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)		
Poroto de exportación	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)		
<b>Cultivo Industrial</b>	Amaranto	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)	El Factor de emisión del "AP -42 4ta edición Section 11.2.2" . Agencia Ambiental de California "Section 7.4 Agricultural Land
	Cedrón	PTS	0,000392271	(ton PTS/ha)	
	Curagüilla (rama)	PTS	0,000392271	(ton PTS/ha)	
	Linaza (semilla)	PTS	0,000941451	(ton PTS/ha)	

	Maní	PTS	0,001882902	(ton PTS/ha)	Preparation, CARB, 1997"
	Manzanilla	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)	
	Maravilla	PTS	0,000392271	(ton PTS/ha)	
	Mimbre	PTS	0,000282435	(ton PTS/ha)	
	Piretro	PTS	0,000282435	(ton PTS/ha)	
	Remolacha azucarera	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)	
	Soya o poroto de soya	PTS	0,000392271	(ton PTS/ha)	
	Tabaco	PTS	0,000313817	(ton PTS/ha)	
	Otros	PTS	0,001569085	(ton PTS/ha)	
<b>Hortaliza</b>	Acelga	PTS	0,00141218	(ton PTS/ha)	El Factor de emisión del "AP -42 4ta edición Section 11.2.2" . Agencia Ambiental de California "Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997"
	Achicoria	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Ají	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Ajo	PTS	0,00125527	(ton PTS/ha)	
	Albahaca	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Alcachofa	PTS	0,00094145	(ton PTS/ha)	
	Alcayota	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Apio	PTS	0,00141218	(ton PTS/ha)	
	Arveja verde	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Berenjena	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Betarraga	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Brócoli	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Cebolla de guarda	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Cebolla temprana	PTS	0,00141218	(ton PTS/ha)	
	Choclo	PTS	0,00125527	(ton PTS/ha)	
	Cilantro	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Coliflor	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Endibia	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Espárrago	PTS	0,00062763	(ton PTS/ha)	
	Espinaca	PTS	0,00141218	(ton PTS/ha)	
	Haba	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Huerta casera	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)	
	Lechuga	PTS	0,00141218	(ton PTS/ha)	
	Melón	PTS	0,00125527	(ton PTS/ha)	
Orégano	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)		
Otras	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)		
Pepino de ensalada	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)		
Pepino dulce	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)		

Perejil	PTS	0,00141218	(ton PTS/ha)
Pimiento	PTS	0,00219672	(ton PTS/ha)
Poroto granado	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)
Poroto verde	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)
Puerro	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)
Rabanito	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)
Repollo	PTS	0,00141218	(ton PTS/ha)
Sandía	PTS	0,00125527	(ton PTS/ha)
Tomate de consumo fresco	PTS	0,00219672	(ton PTS/ha)
Tomate industrial	PTS	0,00219672	(ton PTS/ha)
Zanahoria	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)
Zapallito Italiano	PTS	0,00125527	(ton PTS/ha)
Zapallo temprano y guarda	PTS	0,00125527	(ton PTS/ha)
otras	PTS	0,00156909	(ton PTS/ha)

- **Distribución espacial**

Esta se efectúa a nivel comunal según los tipos de cultivos entregados por el Censo agropecuario del INE.

- **Distribución temporal**

Según los tipos de cultivo presentes en la zona se deben identificar los meses en que se efectúa la preparación de sus terrenos.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

## 2.2.19. Erosión Eólica

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes Estacionarias Areales y otras
<b>Sub Grupo</b>	: Polvo Fugitivo
<b>Categoría</b>	: Erosión
<b>Subcategoría</b>	: Erosión
<b>Rubro</b>	: Erosión Eólica desde sitios eriazos y desde pila de acopio de material
<b>Metodología</b>	: En el caso de erosión eólica desde sitios eriazos se utiliza la metodología EPA, en su modelo Wind Erosion Model, WEM. En el caso de erosión eólica desde pilas de acopio la metodología general es la recomendada por la EPA en el AP 42 de la EPA, Fifth Edition.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down
<b>Factores de Emisión</b>	: Erosión desde Sitios eriazos el factor de emisión se obtiene del Wind Erosion Model de la EPA. En el caso de Erosión eólica desde pilas de acopio la metodología proviene del AP 42 de la EPA, Fifth Edition.
<b>Fuente de Información</b>	: En el caso de sitios eriazos en general la información debe ser obtenida directamente en terreno mediante una visita a la zona de estudio en algunos casos existen registros en los municipios respectivos.  En el caso de pilas de acopio, en general la información debe ser obtenida de estudios específicos que consideren visitas a los establecimientos en donde se encuentran estas fuentes .
<b>Organismo Sectorial</b>	: Registros municipales de sitios eriazos MINSAL (Erosión eólica desde pilas de acopio)

- **Metodología de cálculo de emisiones**

- Erosión Eólica desde sitios eriazos

La Emisión por erosión eólica desde sitios eriazos se calcula utilizando la siguiente metodología:

$$E = Fe * A$$

**Ecuación 59**

Donde :

E : Emisión de material particulado (ton/año).  
Fe : factor de emisión  
A : Área erosionable (ha)

- Erosión Eólica desde pilas de acopio

La Emisión por erosión eólica desde pilas de acopio se calcula utilizando la siguiente metodología:

$$E = FE * Am$$

**Ecuación 60**

Donde :

E : Emisión anual de partículas para el tramo de calle sin pavimentar [g/día].  
FE : Factor de emisión de PTS kg-día/ha de superficie activa  
Am : Área expuesta [Ha]

- **Niveles de actividad**

- Erosión Eólica desde sitios eriazos

El nivel de actividad para este tipo de fuente está dado por la superficie expuesta a erosión eólica. En general los sitios eriazos deben ser identificados directamente en visitas a terreno en la zona de estudio.

- Erosión Eólica desde pilas de acopio

En el caso de erosión eólica desde pilas de acopio los datos se obtiene directamente de visitas a terreno de las instalaciones donde ese encuentra la pila, en algunos casos estos datos pueden ser entregados en la declaración de emisiones del D.S. 138/2005 MINSAL.

- **Factores de emisión**

- Erosión Eólica desde sitios eriazos

Respecto al factor de emisión, éste se obtiene a partir de la siguiente ecuación, el cual se encuentra en función de parámetros meteorológicos y de parámetros característicos del tipo de partícula:

$$E = \frac{k * \sum_{i=1}^N (9,813 * A * (58 * (u_i - u_t)^2) + 25 * (u_i - u_t))}{2000} \quad \text{Ecuación 61}$$

$$u_i = 0,056 * u_d$$

Donde:

- Ef : Factor de emisión (ton/año)
- K : Factor aerodinámico de partículas (adimensional)
- N : Número de días en que se excede la velocidad de fricción.
- A : Área expuesta (ha).
- u<sub>i</sub> : Velocidad de fricción en la superficie (m/s)
- u<sub>t</sub> : Velocidad de fricción umbral a la altura del anemómetro (m/s)
- u<sub>d</sub> : Máxima velocidad del viento del día i (m/s)

**Tabla 2-14: Valores de k según tamaño de partícula**

	PTS	MP10	MP2,5
k	1,0	0,5	0,075

El valor de u<sub>i</sub> (velocidad de fricción en la superficie) es determinado por la moda de la distribución del tamaño de partículas existentes en muestras del sitio eriazo considerado. Con esta velocidad de fricción en la superficie se calcula la velocidad de fricción a la altura del anemómetro mediante la siguiente relación.

$$u_t = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0} \quad (\mathbf{z > z_0}) \quad \text{Ecuación 62}$$

Donde:

- u: Velocidad del viento (m/s).

- u\*: Velocidad de fricción.
- z: Altura del anemómetro sobre la superficie en metros.
- z<sub>0</sub>: Rugosidad del terreno en metros.
- 0,4: Constante de Karman (adimensional)

La siguiente tabla entrega los valores de u<sub>i</sub> para distintos tamaños de partícula.

**Tabla 2-15: Valores de u<sub>t</sub> para distintos tamaños de partícula.**

Nº tamiz	Apertura (mm)	Punto medio (mm)	u* (cm/s)
5	4		
9	2	3	100
16	1	1,5	76
32	0,5	0,75	58
60	0,25	0,375	43

Fuente: EPA, AP42 Tabla 13.2.5-1

Esta metodología considera cada día en que la velocidad del viento sobrepasa la velocidad de fricción, por tanto deben ser considerados los registros de velocidad del viento de cada día del año para el escenario de evaluación del inventario.

- o Erosión Eólica desde pilas de acopio

Determinación del Factor de Emisión para PTS y MP<sub>10</sub>.

$$FE = 1.9 \left( \frac{s}{1.5} \right) \left( \frac{f}{15} \right) \left( \frac{365-p}{365} \right) \quad \text{Ecuación 63}$$

Donde:

- FE : Factor de emisión de PTS kg-día/ha de superficie activa
- s : Contenido de Silt en %.
- f : porcentaje de tiempo en que el viento excede 5,4 (m/s)
- p : días con precipitación sobre 0,25 mm de agua

Relación MP10/PTS = 0,5

Determinación del Área de la pila expuesta.

$$Am = \pi \times r \times (r^2 + h^2)^{0.5} \quad \text{Ecuación 64}$$

Donde:

$Am$  : Área expuesta [Ha]  
 $r$  : Radio de la base de la pila  
 $h$  : Altura de la pila

- **Distribución espacial**

- Erosión Eólica desde sitios eriazos

Respecto a la distribución espacial de las emisiones estas se distribuyen sitio a sitio de acuerdo a su localización geográfica en UTM.

- Erosión Eólica desde pilas de acopio

Respecto a la distribución espacial de las emisiones estas se distribuyen fuente a fuente de acuerdo a su localización geográfica en UTM, la que puede ser informada en algunos casos por los titulares de las fuentes mediante el DS 138/2005 y pero en general este dato deberá ser obtenido a partir de las visitas a las instalaciones.

- **Distribución temporal**

- Erosión Eólica desde sitios eriazos

Según la metodología de cálculo, las emisiones dependen (entre otras variables) de la velocidad del viento. Existe una velocidad llamada velocidad de fricción umbral a la altura del anemómetro, que indica la velocidad del viento a la cual comienza a producirse erosión según las características del suelo, por tanto la distribución temporal de las emisiones se debe realizar en función de la cantidad de veces al mes en el que se supera esta velocidad umbral del viento.

- Erosión Eólica desde pilas de acopio

Para la distribución temporal se requiere conocer las características de la pila mes a mes, lo cual debe ser consultado directamente al establecimiento en donde esta se encuentra. Es decir la variación mensual vendrá dada principalmente por la variación del área expuesta ya que en el caso del factor de emisión este se ha determinado con condiciones representativas de todo el año y se asume un valor único anual.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

## 2.3. FUENTES MOVILES FUERA DE RUTA

### 2.3.1. Maquinaria off road

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes móviles
<b>Sub Grupo</b>	: Fuentes móviles fuera de ruta
<b>Categoría</b>	: Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta
<b>Subcategoría</b>	: Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta
<b>Rubro</b>	: Maquinaria agrícola, Maquinaria dentro de plantas de áridos, Maquinaria de construcción, Maquinaria dentro de rellenos sanitarios, Operación Maquinaria Interna en la Industria (cargadores frontales, bulldozer)
<b>Metodología</b>	: Metodología EPA descrita en el documento "EPA420-P-04-009, April 2004, NR-009c, Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition".
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down y Bottom Up. En general la metodología base es equivalente para todos los tipos de usos de maquinaria y sólo varían la cantidad de supuestos utilizados según el nivel de información disponible en relación a los tipos de maquinaria según tipo de actividad y sus horas de uso.  Sólo en los casos en los cuales se conoce la flota de maquinarias y sus horas de funcionamiento es posible hablar de metodología Bottom Up y esto corresponde a aquellos casos en los cuales la información es obtenida de una visita directa a las instalaciones, encontrándose frecuentemente en este caso la maquinaria industrial, maquinaria de rellenos sanitarios y plantas de árido. Para el resto de los casos en general el uso de maquinaria se determina en forma indirecta a partir de las hectáreas por tipo de cultivo en el caso de maquinaria de uso agrícola y las estadísticas de edificación por número de pisos en el caso de maquinaria de construcción.

<b>Factores de Emisión</b>	: En general los factores de emisión de maquinaria dependen de la potencia del motor medida en HP y la metodología considera ajustes por deterioro.
<b>Fuente de Información</b>	: Maquinaria agrícola: censo agropecuario del INE : Maquinaria de construcción: información maneja por área de construcción en INE : Maquinaria de uso industrial, rellenos sanitarios y planta de áridos: obtenida directamente apartir de vistas a las instalaciones. Adicionalmente existe información Plantas de Revisión Técnica de la Región, a partir de la cual es posible determinar potencia y año de fabricación promedio de la maquinaria, no obstante, se debe destacar que esta información no es completa con respecto al parque total de maquinaria ya que según lo informado por el Ministerio de Transporte, aquella maquinaria que nunca sale del lugar en donde es utilizada, no debe hacer esta revisión.
<b>Organismo Sectorial</b>	: INE, Municipios

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Para el cálculo de emisiones de fuentes móviles fuera de ruta se utiliza la metodología EPA descrita en el documento "*EPA420-P-04-009, April 2004, NR-009c, Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling--Compression-Ignition*". Estas fuentes serán consideradas como fuentes de zona, no como fuentes de arco, debido a la dificultad de localizar geográficamente el lugar de emisión.

Esta metodología se basa en la siguiente ecuación:

$$E_{i,k} = EF_i * T_k * C_k * W \quad \text{Ecuación 65}$$

Donde:

- $E_{i,k}$  : Emisiones del contaminante  $i$  producidas por un vehículo tipo  $k$  [gr]  
 $EF_{ik}$  : Factor de emisión del contaminante  $i$  para los vehículos tipo  $k$  [gr/hp-h]  
 $T_k$  : Tiempo de operación promedio de los vehículos del tipo  $k$  [h]  
 $C_k$  : Porcentaje de carga (respecto a la potencia nominal) durante la operación normal de los vehículos tipo  $k$   
 $W$  : Potencia nominal [hp]

- **Niveles de actividad**

En general para todo tipo de maquinaria el nivel de actividad requerido para el cálculo de emisiones es el número de horas de funcionamiento por tipo de maquinaria.

- Maquinaria de uso agrícola

En el caso de maquinaria agrícola se considera para el cálculo el uso de tractores y cosechadoras, ya que gran parte del resto de la maquinaria agrícola se adosa a tractores para su uso.

Se consideraron cuatro actividades principales en que se utiliza esta maquinaria: Aradura, Rastra, Aplicación de líquidos y Cultivación. Para cada actividad se estimó un número de horas de utilización según tipo de cultivo y maquinaria, que es finalmente el nivel de actividad por hectárea.

La siguiente tabla resume las horas asignadas a cada actividad por maquinaria y tipo de cultivo en los inventarios de emisiones de referencia utilizados para la confección de la presente guía.

**Tabla 2-16: Horas de uso de maquinaria por hectárea según actividad y tipo de cultivo.**

Actividad	Cereales y Chacras	Industriales	Hortalizas	Frutales
Aradura	2	2	2	0
Rastra	4	4	4	0
Aplicación de líquidos	2	2	4	2
Cultivación	1	1	1	0
<b>Tractor (total)</b>	9	9	11	2
<b>Cosechadora</b>	2	2	0	0

Fuente: Estudio: "ESTUDIO DIAGNÓSTICO PLAN DE GESTIÓN CALIDAD DEL AIRE VI REGIÓN", Desarrollado por CONAMA, año 2007 y 2008.

Para obtener el número total de horas de uso por tipo de maquinaria se utilizó la superficie por hectárea por tipo de cultivo, provenientes del censo agropecuario del INE

- o Maquinaria de Construcción

El nivel de actividad de este tipo de fuente se asocia al número de horas promedio de funcionamiento de cada una de las maquinarias utilizadas en obras de edificación en función de los metros cuadrados de emplazamiento.

Se consideraron los siguientes tipos de maquinaria: retroexcavadora chica, retroexcavadora, compactadoras, vibradores de hormigón y grúas. Estas son las maquinarias más utilizadas en construcciones de uno y más pisos, según información entregada expertos en el área de la construcción.

En las siguientes Tablas, se especifica la maquinaria considerada según número de pisos edificados y según la superficie construida de emplazamiento<sup>43</sup>. A partir de esta información es posible determinar el número de horas promedio utilizadas al año por comuna.

**Tabla 2-17:Maquinaria utilizada en edificación y horas promedio de trabajo.**

Pisos	M2 prom.	Excavación De Fundación		Retroexcavadora		Compactador					
		Retroexcavadora chica (gato)				Doble Tambor		Placa		Pata pata hidropison	
		N <sup>a</sup>	Horas de uso promedio	N <sup>a</sup>	Horas de uso promedio	N <sup>a</sup>	Horas de uso prom.	N <sup>a</sup>	Horas de uso prom.	N <sup>a</sup>	Horas de uso promedio
1	60	1	3,50					1	1,50		
2	80	1	5,00					1	2,50		
3	200			1	8,00	1	6,50	1	6,00	1	3,00
4	350			1	8,00	1	27,30	1	10,50	1	5,25

**Tabla 2-18:Maquinaria utilizada en edificación y horas promedio de trabajo.**

Piso	M2	Grúa		Retroexcavadora		Compactador					
		N	Horas de			Doble Tambor		Placa		Pata pata hidropison	
		N <sup>a</sup>	Horas de	N <sup>a</sup>	Horas de	N <sup>a</sup>	Horas de	N	Horas de	N <sup>a</sup>	Horas de

<sup>43</sup> Referencia: Estudio “ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA 2005”, desarrollado por CONAMA R.M año 2006 y 2007

s	promedio	a	uso promedio		uso promedio		uso promedio	a	uso promedio		uso promedio
5	<b>500</b>	1	312,50	1	70,00	1	60,94	1	37,50	1	18,75
6	<b>500</b>	1	406,25	1	70,00	1	60,94	1	37,50	1	18,75
7	<b>500</b>	1	528,13	1	70,00	1	60,94	1	37,50	1	18,75
8	<b>500</b>	1	686,56	1	70,00	1	60,94	1	37,50	1	18,75
9 o +	<b>500</b>	1	892,53	1	70,00	1	60,94	1	37,50	1	18,75

**Tabla 2-19:Maquinaria utilizada en edificación y horas promedio de trabajo**

Motor Gasolinero chico vibrar hormigón (6 hp)				
Pisos	M2 promedio	Número	Horas de uso promedio	
			Fundación	Llenado cadenas
1	<b>60</b>	1	1,50	3,00
2	<b>80</b>	1	2,25	4,50
3	<b>200</b>	1	6,30	12,60
4	<b>350</b>	1	11,03	22,05
5	<b>500</b>	1	51,19	102,38
6	<b>500</b>	1	81,90	163,80
7	<b>500</b>	1	81,90	196,56
8	<b>500</b>	1	81,90	235,87
9+	<b>500</b>	1	81,90	283,05

En el estudio de referencia los valores de factor de carga se obtuvieron de la EPA 420-P-04-005, Abril 2004, "Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling". Por otra parte, se considera un factor de edad > 1 cuando no se cuenta con información exacta de la antigüedad de la maquinaria.

Los valores utilizados fueron los siguientes:

**Tabla 2-20:Valores utilizados para Factor de Carga y Potencia, según tipo de maquinaria**

Maquinaria	Ck	W (Hp)
Retroexcavadora Chica	0,5	80
Retroexcavadora	0,53	228
Cargador Frontal	0,5	80
Compactador	0,8	40
Vibrador de Hormigón Chico	0,8	10

Grúa	0,3	5
------	-----	---

Fuente: "ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA 2005", desarrollado por CONAMA R.M año 2006 y 2007

- Maquinaria de uso en rellenos sanitarios

Para el cálculo de emisiones de las fuentes móviles que funciona al interior de los rellenos sanitarios se deberán emplear las metodologías para fuentes móviles fuera de ruta descritas anteriormente en la parte "Metodología de cálculo de emisiones", considerando las emisiones provenientes de tubo de escape.

El nivel de actividad para este tipo de fuente está dado por las horas de funcionamiento de la maquinaria y de su potencia. Esta información es obtenida a partir de visitas a las instalaciones o bien solicitada en forma directa a los titulares del establecimiento en donde operan.

- Maquinaria de uso en plantas de áridos

Las emisiones de esta fuente son calculadas en base a los resultados del estudio efectuado por la Asociación Nacional de Arideros (ANA), efectuada el año 2003. Por lo tanto, para determinar las emisiones correspondientes al año en estudio, se debe considerar la variación del PIB del sector construcción.

Además, se debe conocer la cantidad de horas de funcionamiento de los camiones, kilómetros recorridos, potencia y los datos específicos del tipo de combustible usado. Esta información se puede obtener en visitas a las instalaciones o bien solicitándola en forma directa a los titulares del establecimiento donde operan.

- **Factores de emisión**

A continuación se muestran las tablas con los valores de consumo de combustible y factores de emisión para HC, CO, NOx Y MP según potencia de motor y tecnología, empleados en toda la subcategoría "Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta". Además se muestra el factor de ajuste trancientes según tipo de maquinaria.

**Tabla 2-21: Consumo de combustible y factores de emisión para HC, CO, NOx y MP según potencia de motor y tecnología.**

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO <sub>x</sub>	PM
>0 to 11	Base	0.408 <sup>b</sup>	1.5	5.0	10.0	1.0
	Tier 0		1.5	5.0	10.0	1.0
	Tier 1		0.7628	4.1127	5.2298	0.4474
	Tier 2		0.5508	4.1127	4.3	0.50
	Tier 4A		0.5508	4.1127	4.3	0.28
	Tier 4B		0.5508	4.1127	4.3	0.28
>11 to 16	Base	0.408 <sup>b</sup>	1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 0		1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 1		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 2		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 4A		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
	Tier 4B		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
>16 to 25	Base	0.408 <sup>b</sup>	1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 0		1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 1		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 2		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 4A		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
	Tier 4B		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
>25 to 50	Base	0.408 <sup>b</sup>	1.8	5.0	6.9	0.8
	Tier 0		1.8	5.0	6.9	0.8
	Tier 1		0.2789	1.5323	4.7279	0.3389
	Tier 2		0.2789	1.5323	4.7279	0.3389
	Tier 4A		0.2789	1.5323	4.7279	0.20
	Tier 4		0.1314	0.153	3.0000	0.0184

(Continuación Tabla anterior)

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO <sub>x</sub>	PM
>50 to 75	Base	0.408	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.99	3.49	6.9	0.722
	Tier 1		0.5213	2.3655	5.5988	0.4730
	Tier 2		0.3672	2.3655	4.7	0.24
	Tier 4A		0.1836	2.3655	3.0	0.20
	Tier 4		0.1314	0.237	3.00	0.0184
>75 to 100	Base	0.408	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.99	3.49	6.9	0.722
	Tier 1		0.5213	2.3655	5.5988	0.4730
	Tier 2		0.3672	2.3655	4.7	0.24
	Tier 3B		0.1836	2.3655	3.0000	0.30
	Tier 4		0.1314	0.237	3.00	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.237	0.276	0.0092
>100 to 175	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.3384	0.8667	5.6523	0.2799
	Tier 2		0.3384	0.8667	4.1	0.18
	Tier 3		0.1836	0.8667	2.5	0.22
	Tier 4		0.1314	0.087	2.50	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.087	0.276	0.0092
>175 to 300	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.3085	0.7475	5.5772	0.2521
	Tier 2		0.3085	0.7475	4.0	0.1316
	Tier 3		0.1836	0.7475	2.5	0.15
	Tier 4		0.1314	0.075	2.50	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.075	0.276	0.0092

**(Continuación Tabla anterior)**

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO <sub>x</sub>	PM
>300 to 600	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.2025	1.3060	6.0153	0.2008
	Tier 2		0.1669	0.8425	4.3351	0.1316
	Tier 3		0.1669	0.8425	2.5	0.15
	Tier 4		0.1314	0.084	2.50	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.084	0.276	0.0092
>600 to 750	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.1473	1.3272	5.8215	0.2201
	Tier 2		0.1669	1.3272	4.1	0.1316
	Tier 3		0.1669	1.3272	2.5	0.15
	Tier 4		0.1314	0.133	2.50	0.0092
	Tier 4N		0.1314	0.133	0.276	0.0092
>750 except generator sets	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.2861	0.7642	6.1525	0.1934
	Tier 2		0.1669	0.7642	4.1	0.1316
	Tier 4		0.2815	0.076	2.392	0.069
	Tier 4N		0.1314	0.076	2.392	0.0276
Gen sets >750 to 1200	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.2861	0.7642	6.1525	0.1934
	Tier 2		0.1669	0.7642	4.1	0.1316
	Tier 4		0.2815	0.076	2.392	0.069
	Tier 4N		0.1314	0.076	0.460	0.0184
Gen sets >1200	Base	0.367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0.68	2.70	8.38	0.402
	Tier 1		0.2861	0.7642	6.1525	0.1934
	Tier 2		0.1669	0.7642	4.1	0.1316
	Tier 4		0.2815	0.076	0.460	0.069
	Tier 4N		0.1314	0.076	0.460	0.0184

Fuente: AP42 EPA

**Tabla 2-22: Factor de ajuste tranciente según tipo de maquinaria.**

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF	HC	CO	NOx		PM		BSFC
			Assignmen t	Base- T3	Base-T3	Base, T0- T2	Tier 3	Base, T0- T2	Tier 3	Base-T3
2270001000	Recreational Vehicles All	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270001020	Recreational Vehicles Snowmobiles	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001030	Recreational Vehicles All Terrain Vehicles	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001040	Recreational Vehicles Minibikes	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001050	Recreational Vehicles Golf Carts	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001060	Recreational Vehicles Speciality Vehicle Carts	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002003	Construction Equipment Pavers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002006	Construction Equipment Tampers/Rammers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002009	Construction Equipment Plate Compactors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002015	Construction Equipment Rollers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002018	Construction Equipment Scrapers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002021	Construction Equipment Paving Equipment	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002024	Construction Equipment Surfacing Equipment	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002027	Construction Equipment Signal Boards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002030	Construction Equipment Trenchers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002033	Construction Equipment Bore/Drill Rigs	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002036	Construction Equipment Excavators	Excavator	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002039	Construction Equipment Concrete/Industrial Saws	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002042	Construction Equipment Cement & Mortar Mixers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002045	Construction Equipment Cranes	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002048	Construction Equipment Graders	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002051	Construction Equipment Off-highway Trucks	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002054	Construction Equipment Crushing/Proc. Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002057	Construction Equipment Rough Terrain Forklifts	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002060	Construction Equipment Rubber Tire Loaders	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002063	Construction Equipment Rubber Tire Dozers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002066	Construction Equipment Tractors/Loaders/Backhoes	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002069	Construction Equipment Crawler Dozer	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002072	Construction Equipment Skid Steer Loaders	SSLoader	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002075	Construction Equipment Off-Highway Tractors	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002078	Construction Equipment Dumpers/Tenders	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002081	Construction Equipment Other Construction Equipment	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01

2270003010	Industrial Equipment Aerial Lifts	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270003020	Industrial Equipment Forklifts	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01

### Continuación Tabla

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF	HC	CO	NOx		PM		BSFC
			Assignment	Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	Base-T3
2270003030	Industrial Equipment Sweepers/Scrubbers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003040	Industrial Equipment Other General Industrial Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003050	Industrial Equipment Other Material Handling Equipment	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270003060	Industrial Equipment AC\Refrigeration	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003070	Terminal Tractors	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270004000	Lawn & Garden Equipment ALL	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004010	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004011	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004015	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004016	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004020	Lawn & Garden Equipment Chain Saws < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004021	Lawn & Garden Equipment Chain Saws < 6 HP Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004025	Lawn & Garden Equipment Trimmers/Edgers/Brush Cutters	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004026	Lawn & Garden Equipment Trimmers/Edgers/Brush Cutters (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004030	Lawn & Garden Equipment Leafblowers/Vacuums	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004031	Lawn & Garden Equipment Leafblowers/Vacuums Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004035	Lawn & Garden Equipment Snowblowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004036	Lawn & Garden Equipment Snowblowers Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004040	Lawn & Garden Equipment Rear Engine Riding Mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004041	Lawn & Garden Equipment Rear Engine Riding Mowers (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004045	Lawn & Garden Equipment Front Mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004046	Lawn & Garden Equipment Front Mowers Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004050	Lawn & Garden Equipment Shredders < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004051	Lawn & Garden Equipment Shredders < 6 HP Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003030	Industrial Equipment Sweepers/Scrubbers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003040	Industrial Equipment Other General Industrial Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003050	Industrial Equipment Other Material Handling Equipment	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270003060	Industrial Equipment AC\Refrigeration	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

2270003070	Terminal Tractors	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270004000	Lawn & Garden Equipment ALL	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004010	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004011	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004015	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004016	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

### Continuación Tabla

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF	HC	CO	NOx		PM		BSFC
			Assignment	Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	Base-T3
2270004055	Lawn & Garden Equipment Lawn & Garden Tractors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004056	Lawn & Garden Equipment Lawn & Garden Tractors (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004060	Lawn & Garden Equipment Wood Splitters	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004061	Lawn & Garden Equipment Wood Splitters Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004065	Lawn & Garden Equipment Chippers/Stump Grinders	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004066	Lawn & Garden Equipment Chippers/Stump Grinders (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004071	Lawn & Garden Equipment Commercial Turf Equipment (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004075	Lawn & Garden Equipment Other Lawn & Garden Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004076	Lawn & Garden Equipment Other Lawn & Garden Equipment (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270005010	Farm Equipment 2-Wheel Tractors	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005015	Farm Equipment Agricultural Tractors	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005020	Farm Equipment Combines	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005025	Farm Equipment Balers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005030	Farm Equipment Agricultural Mowers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005035	Farm Equipment Sprayers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005040	Farm Equipment Tillers > 6 HP	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005045	Farm Equipment Swathers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005050	Farm Equipment Hydro Power Units	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270005055	Farm Equipment Other Agricultural Equipment	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005060	Farm Equipment Irrigation Sets	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006000	Light Commercial ALL	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006005	Light Commercial Generator Sets	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006010	Light Commercial Pumps	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006015	Light Commercial Air Compressors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006020	Light Commercial Gas Compressors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006025	Light Commercial Welders	ArcWelder	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270006030	Light Commercial Pressure Washers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

2270007005	Logging Equipment Chain Saws > 6 HP	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270007010	Logging Equipment Shredders > 6 HP	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270007015	Logging Equipment Forest Equipment	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270008005	Airport Service Equipment Airport Support Equipment	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270009010	Other Underground Mining Equipment	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270010010	Other Oil Field Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020005	Recreational Pleasure Craft, Inboards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020010	Recreational Pleasure Craft, Outboards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020015	Recreational Pleasure Craft, Personal Water Craft	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020025	Recreational Pleasure Craft, Sailboat Aux. Outboard	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2285002015	Railway Maintenance	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18

### Factor de deterioro asociado:

$$DF = 1 + A * (\text{factor de edad})^b \quad \text{Para factor de edad} \leq 1$$

$$DF = 1 + A \quad \text{Para factor de edad} > 1$$

A : Constante según tipo de contaminante/tecnología.

b : Constante, para vehículos diesel se considera b=1 para un factor de deterioro lineal.

$$\text{Factor de edad} = \frac{(\text{horas}_{\text{acumuladas}} * \text{factor}_{\text{de}_{\text{carga}}})}{\text{vida}_{\text{media}_{\text{a}_{\text{carga}_{\text{completa}}}}} \quad \text{Ecuación 66}$$

**Tabla 2-23: Factor de deterioro (A) para motores diesel fuera de ruta**

Pollutant	Relative Deterioration Factor (A) (% increase/%useful life)			
	Base/Tier 0	Tier 1	Tier 2	Tier 3+
HC	0.047	0.036	0.034	0.027
CO	0.185	0.101	0.101	0.151
NOx	0.024	0.024	0.009	0.008
PM	0.473	0.473	0.473	0.473

Fuente: AP42 EPA

### Factor de ajuste MP10:

La emisión de MP depende del contenido de sulfuro en el combustible, por tanto el factor de emisión para MP se calcula usando:

$$EF_{adj} (MP) = EF_{SS} * TAF * DF - S_{MPadj}$$
**Ecuación 67**

$$S_{MPadj} = BSFC * 453.6 * 7.0 * soxcnv * 0.01 * (soxbas - soxdsl)$$
**Ecuación 68**

BSFC : Uso de combustible (lb/hp-hr)

453.6 : Conversión de libras a gramos.

7.0 : Ramos de MP sulfato / gramos MP sulfuro

$S_{MPadj}$  : Factor de ajuste de emisión por variación de contenido de sulfuro en el combustible.

soxcnv : gramos MP sulfuro por gramos de sulfuro combustible consumido

0.01 : conversión de porcentaje a fracción

soxbas : porcentaje de peso por defecto de sulfuro en el combustible

soxdsl : porcentaje de peso de sulfuro en combustible

Existe un valor base para soxcnv = 0.02247 y para soxbas el valor por defecto es de 0.33.

- **Distribución espacial**

Para el caso de maquinaria de uso agrícola y maquinaria de la construcción, las emisiones se distribuyen a nivel comunal ya que a este nivel de desagregación se dispone de los datos base: tipos de cultivo provenientes del censo agropecuario y estadísticas de edificación ambas del INE.

Par el caso de maquinaria industrial, rellenos sanitarios y plantas de áridos, en general se posee las coordenadas UTM del lugar en donde estas operan.

- **Distribución temporal**

En este caso la distribución temporal de las emisiones esta en directa relación al ciclo temporal de la actividad en que se utiliza la maquinaria.

En el caso de maquinaria agrícola el ciclo temporal dependerá del tipo de cultivo existente en la zona y la estacionalidad del tipo de cultivo.

Con respecto a maquinaria industrial las estadísticas de edificación poseen base mensual y con esta información se distribuye igualmente el uso de maquinaria

Con respecto a maquinaria industrial y plantas de áridos el ciclo temporal sigue la misma forma de los niveles de producción reportados a partir de las fichas que generalmente son completadas en vistas a terreno o bien es posible obtener en forma directa las horas de funcionamiento mensual consultando este dato en forma directa.

En el caso de rellenos sanitarios el perfil mensual sigue la misma tendencia que la cantidad de residuos dispuestos en forma mensual.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

### 2.3.2. Aeropuertos

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes móviles
<b>Sub Grupo</b>	: Fuentes móviles fuera de ruta
<b>Categoría</b>	: Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta
<b>Subcategoría</b>	: Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta
<b>Rubro</b>	: Aeronaves en Aeropuertos, Maquinaria de apoyo en tierra en aeropuertos y unidades de poder auxiliarGSE/APU.
<b>Metodología</b>	: Las emisiones para estos rubros son estimadas mediante el modelo EDMS, Emissions and Dispersion Modeling System, preparado por el Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up
<b>Factores de Emisión</b>	: Administrador directamente por el Sistema EDMS.
<b>Fuente de Información</b>	: Sistema Estadístico de Tráfico Aéreo de la Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile.
<b>Organismo</b>	: Dirección General de Aeronáutica Civil.

- **Metodología de cálculo de emisiones**

- Aeronaves

Los antecedentes técnicos presentados por el *Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy Washington, DC* indican que la metodología general de estimación de emisiones provenientes de las actividades de las aeronaves dentro de aeropuertos debe seguir la siguiente secuencia metodológica:

**Tabla 2-24: Secuencia metodológica internacional**

1. Determinar la capa de mezcla atmosférica usada para definir los tiempos asociados a cada una de las fases del ciclo LTO<sup>44</sup>.
2. Determinar el nivel de actividad del aeropuerto representado por el número de ciclos LTO.
3. Definir la flota principal que hace uso del aeropuerto durante el periodo.
4. Seleccionar los factores de emisión a utilizar.
5. Estimar los tiempos en cada uno de los modos o fases del ciclo.
6. Calcular emisiones basadas en el nivel de actividad del aeropuerto, los tiempos definidos por fase del ciclo y los factores de emisión seleccionados.
7. Repetir los pasos 2, 3, 4 y 5 para cada tipo de aeronave que utiliza el aeropuerto

En este punto es importante destacar que el sistema EDMS, ya tiene incorporado dentro de su estructuración sistémica cada uno de los requerimientos indicados en la metodología internacional.

En relación a la estimación de los tiempos de las fases de Ascenso (después del despegue) y aproximación (antes del aterrizaje), las guías internacionales proveen factores de emisión por defecto basados en tiempos calculados para una altura de mezcla de 915 metros o 3000 pies. En este sentido se recomienda usar la condición más desfavorable para la zona de estudio ya que mientras mayor es la capa de mezcla mayor serán las emisiones calculadas para aeronaves en el ciclo de referencia y que afectan las condiciones de calidad del aire local.

Con respecto al tiempo asignado a cada una de las fases del ciclo LTO este depende del tipo de aeronave y lo entrega directamente el modelo EDMS.

En general las emisiones totales por ciclo LTO para un tipo de avión dado son calculadas con la siguiente ecuación:

---

<sup>44</sup> Ciclo LTO: ciclo de aterrizaje y despegue, en inglés Landing and Take-Off Cycle

$$E_{ij} = TIM_{jk} \times \frac{FF_{jk}}{1000} \times EF_{ijk} \times NE_j \quad \text{Ecuación 69}$$

Donde :

- $E_{ij}$  = Emisión para el contaminante i para un avión tipo j.
- $TIM_{jk}$  = Tiempo en minutos asociado al modo k para un avión tipo j.
- $FF_{jk}$  = Flujo de combustible para el modo k (kg/min) para cada motor usado en el tipo de avión j.
- $EF_{ijk}$  = Factor de emisión para el contaminante i para un avión j operando en el modo k del ciclo LTO.
- $NE_j$  = Número de motores usados en el avión tipo j.

Una vez realizado el cálculo para cada tipo de aeronave, las emisiones totales para este tipo de aeronave son calculadas multiplicando las emisiones de un ciclo por la cantidad de ciclos LTO que ese tipo de avión realizó en el año de estudio. De igual manera para obtener las emisiones totales de toda la flota se suman los cálculos realizados para cada tipo de avión.

En definitiva, el nivel de actividad asociado a las aeronaves queda dado por el número de ciclos LTO (Landing Take Off) y el tiempo asociado a cada fase, simulando la duración y estado de carga del motor durante las etapas de acercamiento a la pista, movimiento sobre la pista, despegue y ascenso, las que definen en conjunto un ciclo LTO. La Organización Internacional de Aviación Civil, ICAO, establece los procedimientos de ensayo definidos para los motores de aeronaves y contempla la toma de muestras de gases de escape mientras se efectúa un ciclo LTO de referencia.

- Maquinaria de apoyo en tierra en aeropuertos y unidades de poder auxiliar GSE/APU

El EDMS puede ser utilizado en cuanto al GSE/APU por flota de aeronaves (LTO Based) o por la flota de equipos en tierra (Population Based), esto quiere decir que el equipo de apoyo GSE/APU puede ser determinado por el propio sistema a partir de los LTO por tipo de avión (LTO Based) o bien incorporando directamente la información real de equipos existentes (Population Based). En los inventarios evaluados las estimaciones fueron efectuadas usando (LTO Based), con lo cual no fue necesario calcular y utilizar la flota de equipos en tierra.

- **Niveles de actividad**

- Aeronaves

El inventario de emisiones atmosféricas generadas por las aeronaves asociadas a los aeropuertos, se realiza mediante la sistematización de la información de sus niveles de actividad, que están constituidos por el número de operaciones durante el año por cada tipo de aeronave. La información es recopilada por la Dirección General de Aeronáutica Civil (D.G.A.C.).

La actividad o movimiento de interés de las aeronaves en el aeropuerto queda definido por los ciclos LTO.

Un ciclo LTO comienza cuando la aeronave desciende de la altitud crucero, se acerca al aeropuerto y aterriza. El segundo paso es la etapa de taxi/idle mientras está en la losa después de aterrizar hasta que apaga motores. Los próximos tres pasos del ciclo corresponden al procedimiento de despegue: taxi/idle hasta posicionarse en la cabeza de la pista, despegue y elevación. Cabe destacar que el cálculo de emisiones en base al ciclo LTO no considera aquella porción del vuelo cuando la aeronave se encuentra a altura crucero por sobre la capa de mezcla atmosférica, ya que las emisiones no impactan sobre el aeropuerto propiamente tal.

La caracterización de la flota de aeronaves se realizó utilizando la información del Sistema Estadístico de Tráfico Aéreo de la Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile. Esta información entrega despegues y aterrizajes para los distintos tipos de aeronaves y porcentaje de utilización de la pista por tipo de aeronave al mes. Los tipos de aeronaves fueron comparados con el Manual de Tipos de Aeronaves de la ICAO<sup>45</sup>, entre otras fuentes de información, para obtener una correcta identificación de los distintos tipos de aviones y de los motores asociados a cada una de ellos.

- Maquinaria de apoyo en tierra en aeropuertos y unidades de poder auxiliar GSE/APU

La determinación de los tipos de equipo de apoyo en tierra así como sus niveles de actividad son determinados en forma automática por el sistema EDMS en función del nivel de actividad de los tipos de aeronaves (LTO Based).

---

<sup>45</sup> Internacional Civil Aviation Organization, por sus siglas en inglés

- **Factores de emisión**

- Aeronaves

Un modelo de aeronave puede usar distintos tipos de motores. En este contexto, el modelo EDMS tiene dentro de su base de datos el listado de factores de emisión por modelo de avión y tipo de motor específico. Sin embargo, hay casos en los cuales no se encuentra dentro de dicha base de datos la definición de factores para algún tipo de modelo de avión/motor que circula dentro de los aeropuertos del país. Así, para aquellos casos en los cuales no se encuentra el factor de emisión específico, la asignación de dicho factor se efectúa asumiendo para dicho avión/motor el nivel de actividad de aquel tipo más representativo dentro del grupo.

- Maquinaria de apoyo en tierra en aeropuertos y unidades de poder auxiliar GSE/APU

En el modo utilizado para operar el modelo EDMS (LTO Based) el sistema estima automáticamente las emisiones considerando niveles de potencia y horas de funcionamiento estimados por el propio sistema en función del tipo de aeronave y el número de ciclos LTO.

- **Distribución espacial**

Para la distribución espacial de las emisiones el sistema EDMS solicita como entrada el layout georreferenciado del aeropuerto con lo cual el sistema asigna las emisiones en los lugares en donde se realizan las actividades que las generan.

- **Distribución temporal**

Las estadísticas de la D.G.A.C entregan el número de ciclos LTO por tipo de avión en las horas efectivas en que estos se realizaron, lo cual permite saber con exactitud los ciclos temporales mensuales y horarios de las emisiones. Por otra parte, con respecto a Maquinaria de apoyo en tierra en aeropuertos y unidades de poder auxiliar GSE/APU estos siguen el mismo comportamiento de los ciclos LTO.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciation Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

### 2.3.3. Operación de buques

#### Metodología Top Down:

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes móviles
<b>Sub Grupo</b>	: Fuentes móviles fuera de ruta
<b>Categoría</b>	: Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta
<b>Subcategoría</b>	: Maquinaria vehicular y otras fuera de ruta
<b>Rubro</b>	: Operación de Buques
<b>Metodología</b>	: Metodología propuesta en este estudio, basada en: Inventory of Air Pollutant Emissions from Marine Vessels, Final Report, prepared by Booz-Allen & Hamilton for the California Air Resources Board, March 1991. Analysis of Marine Emissions in South Coast Air Basin, by Acurex Environmental Corporation for the USEPA, 1999.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Top Down
<b>Factores de Emisión</b>	: Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data, February 2000, EPA
<b>Fuente de Información</b>	: Actividad marítima portuaria y comercial de DIRECTEMAR y Balance nacional de energía, de la CNE.
<b>Organismo Sectorial</b>	: DIRECTEMAR.

- **Metodología de cálculo de emisiones**

Las emisiones procedentes de esta categoría de fuente, abarcan todo el transporte marítimo, desde las pequeñas embarcaciones hasta los trasatlánticos y buques de

carga, impulsados principalmente por motores diesel de baja, mediana y alta velocidad y, en ocasiones, por turbinas de vapor o de gas.

Los datos de consumo de combustible y los factores de emisión del método Top Down son específicos del tipo de combustible y se aplican a los datos de la actividad usados para la navegación.

El cálculo se basa en la cantidad de combustible quemado en el sector de transporte marino y en los factores de emisión.

La ecuación para la navegación marítima es la siguiente:

$$E = \sum (\text{Combustible consumido a} * \text{Factor de Emisión a}) \text{Ecuación 70}$$

Donde:

E = Emisiones

a = tipo de combustible (diesel, residual, etc.)

Los factores de emisión asociados al método son los siguientes:

**Tabla 2-25: Factores de Emisión kg/ton combustible**

Combustible	PTS	NOx	CO	SOx	NMVOC	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Diesel Marino	1,1	72	7,4	10	2,4	0,05	0,08	3170
Petróleo residual	6,7	72	7,4	54	2,4	0,05	0,08	3170

Los consumos de combustible se obtienen del balance nacional de energía, reportado por la Comisión Nacional de Energía (CNE), para el Sector Transporte Marítimo y para el sector pesca.

El método propuesto asume que el 25% del petróleo residual, y 75% del diesel marino vendido en puerto es utilizado en puerto; que todo el aceite destilado es utilizado en embarcaciones de motor y que todo el aceite residual, en barcos de vapor.

La distribución geográfica de las emisiones se obtiene de la multiplicación de las emisiones totales estimadas por el porcentaje de operaciones de recaladas desarrolladas en cada puerto del país, información recopilada por la DIRECTEMAR.

La distribución temporal de las emisiones, se efectúa mediante las estadísticas de operaciones de recaladas desarrolladas en cada puerto del país, información recopilada por la DIRECTEMAR.

## Metodología Botom Up:

### Resumen descriptivo:

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes móviles fuera de ruta
<b>Categoría</b>	: Embarcaciones
<b>Subcategoría</b>	: Tránsito de barcos
<b>Rubro</b>	: No aplica
<b>Metodología</b>	: Metodología propuesta en este estudio, basada en: Inventory of Air Pollutant Emissions from Marine Vessels, Final Report, prepared by Booz-Allen & Hamilton for the California Air Resources Board, March 1991. Analysis of Marine Emissions in South Coast Air Basin, by Acurex Environmental Corporation for the USEPA, 1999.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up
<b>Factores de Emisión</b>	: Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data, February 2000, EPA
<b>Fuente de Información</b>	: Actividad marítima portuaria y comercial de DIRECTEMAR
<b>Organismo Sectorial</b>	: DIRECTEMAR.

Las emisiones procedentes de esta categoría de fuente, abarcan todo el transporte marítimo, desde las pequeñas embarcaciones hasta los transatlánticos y buques de carga, impulsados principalmente por motores diesel de baja, mediana y alta velocidad y, en ocasiones, por turbinas de vapor o de gas.

Los datos de consumo de combustible y los factores de emisión del método Bottom Up son específicos del tipo de combustible y se aplican a los datos de la actividad usados para la navegación separados por cada una de las naves que desarrollaron actividades en cada puerto.

El cálculo se basa en la cantidad de combustible quemado en el sector de transporte marino y en los factores de emisión.

El Factor de Emisión es resumido en la siguiente forma:

$$E \text{ (g/kW-hr)} = a \text{ (factor carga)}^{-x} + b \text{Ecuación 71}$$

Donde E es la emisión por unidad de trabajo o factor de emisión.

La tabla siguiente muestra un resumen con los parámetros necesarios para calcular factores de emisión para HC, CO, NOx, NO<sub>2</sub>, PM, CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, aplicando la ecuación anterior.

**Tabla 2-26: Parámetros para calcular factores de emisión  
(todo tipo de motores)**

CONTAMINANTE	Exponente (X)	Interceptación (b)	Coefficiente (a)
<b>MP</b>	1,5	0,2551	0,0059
<b>NOx</b>	1,5	10,4496	0,1255
<b>NO<sub>2</sub></b>	1,5	15,5247	0,1887
<b>SO<sub>2</sub></b>	N/A	N/S	2,3735
<b>CO</b>	1	N/S	0,8378
<b>HC</b>	1,5	N/S	0,0667
<b>CO<sub>2</sub></b>	1	648,6	44,1000

N/A es no aplicable, N/S es no estadísticamente significativa  
Fuente: Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data, February 2000, EPA

Con el fin de obtener las emisiones absolutas en gramos se debe aplicar la Ecuación 72. Si no se tienen los datos de origen, para calcular la potencia (HP) de un navío es posible utilizar funciones que la relacionan con el peso DWT<sup>46</sup>. El DWT es el peso total contenido considerando carga, combustible, pasajeros, comida, agua y tripulación. Para el caso de los navíos de altamar se establecieron relaciones peso potencia para cuatro tipos, estas son:

Carga pesada y banqueros	:	HP =	9.070 + 0,101 (DWT)
Carga general	:	HP =	3.046 + 0,288 (DWT)
Container/RORO/Autocarriers/Refrigerados	:	HP =	2.581 + 0,719 (DWT)
De Pasajeros	:	HP =	-4.877 + 6,81 (DWT)

La siguiente figura muestra el cálculo para obtener la potencia en HP.

<sup>46</sup>DWT: Tonelada de Peso Muerto, en sus siglas en inglés, obtenido de la página web <http://www.e-ships.net> ingresando el nombre de cada embarcación.

	B	C	D	E	F	G
	NOMBRE BUQUE	Nº ENTRADAS	CLASE	DWT	HP ESTIMADO	kW
16	AUSTRALGAS	19,00	LPG TANKER	28.261,00	=9070+0,101*(E16)	8.892,00
17	BOW PACIFICO	12,00	CHEMICAL/OIL TANKER	18.657,00		8.168,66
18	BOW AMERICAS	2,00	CHEMICAL TANKER	19.707,00		8.247,75
19	KIWI SPIRIT	5,00	CHEMICAL TANKER	19.161,00		8.206,62
20	SWAN LAKE	1,00	CHEMICAL/OIL TANKER	10.579,00		7.560,26

Figura 4: Cálculo HP.

Como los factores de emisión están en unidades de [gr/kW-hr], se calcula la potencia de cada embarcación en kW, como se muestra en la siguiente figura:

$$kW = \frac{HP \times 745,7}{1000} \text{ Ecuación 72}$$

	B	C	D	E	F	G
	NOMBRE BUQUE	Nº ENTRADAS	CLASE	DWT	HP ESTIMADO	kW
16	AUSTRALGAS	19,00	LPG TANKER	28.261,00		11.924,36
17	BOW PACIFICO	12,00	CHEMICAL/OIL TANKER	18.657,00		8.168,66
18	BOW AMERICAS	2,00	CHEMICAL TANKER	19.707,00		8.247,75
19	KIWI SPIRIT	5,00	CHEMICAL TANKER	19.161,00		8.206,62
20	SWAN LAKE	1,00	CHEMICAL/OIL TANKER	10.579,00		7.560,26

Figura 5: Cálculo kW.

La siguiente tabla muestra los factores de carga sugeridos para el cálculo de emisiones de acuerdo al modo de operación que se esté evaluando.

Tabla 2-27: Factores de carga sugeridos (% de potencia máxima continua)

TIPO	MODO DE OPERACIÓN		
	CRUCERO	BAJO CRUCERO	MANIOBRA
Carga Pesada y Tanqueros	80	40	20
Carga General	80	35	20
Pasajeros	80	20	10

Container/RORO/ Autocarrier/refrigerado	80	30	15
Otros No altamar	80	40	20

Fuente: Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data, February 2000, EPA

Para calcular las emisiones de motores auxiliares utilizados en la estadía de un navío, se utilizan las mismas variables de la tabla señalada aplicables al factores de emisión señalado y son evaluados con un factor de carga igual a uno (es decir a carga completa).

La siguiente tabla muestra los valores sugeridos de potencia a utilizar en los sistemas auxiliares.

**Tabla 2-28: Cargas sugeridos en kW. Para cálculo equipos auxiliares**

	Bajo Crucero	Maniobra	Estadía
<b>Pasajeros</b>	5.000	5.000	5.000
<b>Otros</b>	750	1.250	1.000

Fuente: Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data, EPA

Para el cálculo de las emisiones es necesario contar con la información de las horas de operación de cada embarcación que entró al puerto durante el año en estudio y para cada modo de operación.

- **Distribución espacial**

La distribución geográfica de las emisiones se obtiene de la identificación de las coordenadas geográficas de cada puerto en estudio, así como de los sitios de estadía y las zonas de maniobra, información recopilada por la DIRECTEMAR.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones, se efectúa mediante las estadísticas de operaciones de recaladas desarrolladas en cada puerto del país, información recopilada por la DIRECTEMAR.

- **Especiación**

La especiación se realiza de acuerdo a la metodología descrita en el Memorandum-Speciación Profiles and Assignment Files Located on EMCH de la USEPA (2002), cuya última actualización data del 7 de Enero del año 2009.

## 2.4. FUENTES MOVILES EN RUTA

### 2.4.1. Fuentes móviles en ciudades con modelación de transporte

#### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	: Fuentes móviles
<b>Sub Grupo</b>	: Fuentes móviles en ruta y fuentes móviles en carreteras
<b>Categoría</b>	: Vehículos livianos, Camiones, Buses
<b>Subcategoría</b>	: Vehículos Particulares (sedan y SW), Vehículos de Alquiler (Taxis básicos), Vehículos Comerciales (Jeep, camionetas particulares y comerciales, furgón comercial y furgón de pasajeros), Motos, Taxis Colectivos, Camiones Livianos, Camiones Medianos, Camiones Pesados, Buses Licitados, Buses Rurales e Interurbanos, Comerciales
<b>Rubro</b>	: Clasificaciones CCF8 de fuentes móviles (ver Anexo 2 y 3)
<b>Metodología</b>	: MODEM 5.0, la cual es aplicable de manera directa en zonas que cuentan con modelo de transporte Etraus o Vivaldi, o bien se genera un archivo de entrada equivalentes, a partir de estudios específicos. En el caso de carreteras se utiliza la misma metodología pero los archivos de entrada se construyen a partir de la información de manual de carreteras del MOP y del censo de carreteras.
<b>Tipo de Metodología</b>	: Bottom Up.
<b>Factores de Emisión</b>	: COPERT IV; Programas experimentales para determinación de factores de deterioro.
<b>Fuente de Información</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Archivos provenientes de modelaciones de transporte de SECTRA modelo Etraus y Vivaldi u otras salidas de modelos de transporte</li> <li>• Bases de datos provenientes de Plantas de Revisión Técnica y Permisos de Circulación para caracterización de la composición vehicular.</li> <li>• Censo de carreteras del Ministerio de Transporte</li> <li>• Estudios específicos que generan información de transporte</li> </ul>

	equivalente a la información generada por los modelos de transporte desde el punto de vista de los inventarios de emisiones
<b>Organismo Sectorial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Transporte</li> <li>• Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte (SECTRA)</li> <li>• INE.</li> </ul>

### • Metodología general de cálculo de emisiones vehiculares

La metodología general para estimar las emisiones vehiculares consiste en estimar un nivel de actividad para ciertas categorías vehiculares y asociarles a cada una de estas categorías un nivel de emisión promedio o factor de emisión, el cual a su vez puede estar multiplicado por un factor de corrección (Ecuación 73).

Dependiendo del tipo de emisión que se desea calcular, el nivel de actividad puede estar representado de distintas maneras, por ejemplo en el caso de emisiones por el sistema de escape y desgaste de frenos y neumáticos, el nivel de actividad estará dado por el kilometraje recorrido por cada tipo de vehículo (flujo del tipo de vehículo \* longitud del arco medido en km-vehículos), en el caso de polvo resuspendido el nivel de actividad está dado por el kilometraje diario de vehículos en cada arco que compone la red vial y en este caso no se distinguen tipos específicos de vehículos, no obstante el método de cálculo utiliza el peso promedio del parque, el cual debe ser determinado a partir de una composición de vehículos que circulan por cada arco, en el caso de emisiones evaporativas durante el día el nivel de actividad está dado por número de vehículos en la zona de estudio por el número de viajes de cada vehículo, en el caso de partidas en frío el nivel de actividad se expresa como una fracción o porcentaje del nivel de actividad de los kilómetros recorridos totales, etc.

En el caso de los factores de emisión estos pueden estar expresado en función de la velocidad para el caso de emisiones por el sistema de escape, en función de la temperatura en caso de emisiones evaporativas, contenido de material fino (silt) y peso promedio del parque en el caso de polvo resuspendido, etc.

Finalmente la metodología considera para algunos tipos de emisiones, factores de corrección, que en el caso del sistema de escape estos factores se consideran por el efecto de la composición del combustible y el deterioro del parque vehicular y en el caso de partidas en frío existe un factor de corrección dado por la expresión ( $e_{frío}/e_{caliente}$ ) que permite obtener los factores de emisión de partidas en frío en función de los factores de emisión en caliente.

$$E_i = \sum_k \text{ Nivel de actividad}_k \times FE_{ik} \times FC_{ik}$$

**Ecuación 73**

Donde,

- E<sub>i</sub> : Emisiones del contaminante considerado i.
- Nivel de actividad<sub>k</sub> : Nivel de actividad de la categoría vehicular k.
- FE<sub>ik</sub> : Factor de emisión del contaminante i para la categoría k.
- FC<sub>ik</sub> : Factor de corrección del factor de emisión del contaminante i para la categoría k. Estos factores pueden ser más de uno en la ecuación, por ejemplo corrección simultánea por composición del combustible y deterioro del parque vehicular.
- k : Categoría vehicular "k" considerada en la metodología específica.

- Contaminantes Considerados

Los contaminantes que se encuentran considerados en la metodología de cálculo de emisiones se indican en el cuadro siguiente:

**Tabla 2-29: Contaminantes Considerados**

Contaminantes considerados
Material Particulado Respirable (PM <sub>10</sub> )
Material Particulado Respirable Fino (PM <sub>2.5</sub> )
Especiación del Material Particulado
Monóxido de Carbono (CO)
Hidrocarburos Totales (HCT)
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )
Óxidos de Azufre (SO <sub>2</sub> )
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )
Especiación de COV
Consumo de Combustible (CC)*

\*Si bien el CC no es un contaminante, también está incorporado dentro de la metodología y su uso es de gran utilidad para efectuar validaciones con estadísticas locales de consumo de combustible.

- Tipos de emisiones que son consideradas en los cálculos (tipos de descarga)

La metodología general de cálculo de emisiones asume que estas provienen de tres fuentes fundamentales: las derivadas del motor cuando éste se encuentra en condiciones de operación estables (emisiones en caliente), aquellas provenientes del

motor cuando éste se encuentra frío (emisiones por partidas en frío) y por último aquellas denominadas evaporativas (emisiones de hidrocarburos evaporados). Además se consideran las emisiones de polvo resuspendido generadas por el paso de los vehículos, el desgaste de freno y desgaste de neumáticos (agrupadas como desgaste en la ecuación). Las emisiones totales serán, en consecuencia, la suma de estos cinco tipos de emisiones, como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 2-30: Desagregación de las emisiones totales según su tipo de descarga**

<b>Desagregación de las emisiones totales</b>		
$E_{total} = E_{caliente} + E_{partidas\ en\ frío} + E_{evaporativas} + E_{polvo} + E_{desgastes}$	<b>Ecuación 74</b>	
Donde:		
$E_{total}$ :		Emisiones totales del contaminante considerado
$E_{caliente}$ :		Emisiones en caliente, fase estabilizada del motor
$E_{partidas\ en\ frío}$ :		Emisiones por partidas en frío
$E_{evaporativas}$ :		Emisiones por evaporación <sup>47</sup>
$E_{polvo}$ :	Emisiones provenientes del polvo resuspendido por la circulación de vehículos sobre calles pavimentadas y no pavimentadas	
$E_{desgaste}$ :	Emisiones por desgaste de frenos, neumáticos y superficie	

Por su parte, se considera que las emisiones evaporativas en fuentes móviles provienen de tres fuentes primarias:

**Tabla 2-126: Fuentes primarias de emisiones evaporativas**

<b>Tipos de Emisiones Evaporativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones durante el día (diurnal)</li> <li>• Emisiones por detenciones en caliente (hot soak emissions)</li> <li>• Pérdidas durante el recorrido (running losses)</li> </ul>

Las emisiones por partidas en frío se asocian a las emisiones producidas en aquella porción del viaje de un vehículo en la cual la conducción se realiza en condiciones de temperatura de motor inferiores a las normales de diseño. Estas emisiones se destacan

<sup>47</sup> Relevantes para especies de Compuestos Orgánicos Volátiles No Metánicos en vehículos a gasolina

aún más cuando se estiman emisiones en ciudades donde el largo del viaje promedio es corto y las temperaturas son bajas.

Las emisiones evaporativas durante el día (diurnal) se asocian a las variaciones de temperatura naturales que se presentan durante el día. Las emisiones por detenciones en caliente (hot soak) se originan cuando el motor del vehículo es apagado (posterior a haber efectuado un recorrido), en donde el calor remanente calienta las líneas de combustible que ya no están fluyendo produciendo emisiones evaporativas. Estas emisiones pueden dividirse en "hot soak", cuando la temperatura del agua de refrigeración del motor al ser apagado está por sobre los 70°C, y en "warm soak", cuando la temperatura es menor a 70°C. Finalmente, se tienen las emisiones evaporativas generadas por pérdidas durante el recorrido (running losses) las cuales también se diferencian según el grado de temperatura del motor, definiéndose "hot running losses" cuando la temperatura del agua refrigerante del motor se encuentra sobre los 70°C y "warm running losses" cuando se encuentra por debajo de este valor.

Las fuentes anteriores se hacen significativas al tratarse de vehículos a gasolina (vehículos de ciclo Otto), por lo que el cálculo se refiere a este segmento del grupo de fuentes móviles en ruta.

Desde el punto de vista de la metodología utilizada para el cálculo de emisiones, se distinguen dos tipos: metodología para cálculo de emisiones por arco y metodología para cálculo de emisiones por zonas, cuya aplicación de cada una depende del tipo de descarga de emisión que se estime.

- Metodología tipo arco

La metodología tipo Arco corresponde a una metodología Bottom Up en MODEM 5.0 y se basa en la existencia de una red vial, e idealmente la disposición de salidas de modelos de transporte o bien campañas de conteos vehiculares. Cada arco tiene asociado características de operación básicas<sup>48</sup>, en un horario determinado (por ejemplo, punta mañana), lo que permite tener valores de velocidad y flujos para cada arco.

A través de la aplicación de esta metodología se calculan los siguientes tipos de emisiones:

---

<sup>48</sup>Capacidad, velocidades, longitud y flujos entre otros.

**Tabla 2-31: Emisiones calculadas con metodología tipo arco**

<b>Emisiones Tipo Arco</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Emisiones en caliente provenientes del sistema de escape de los vehículos.</li><li>• Consumo de combustible (CC)<sup>49</sup>. Aunque no se trata de emisiones, bajo esta metodología también se calcula el consumo de combustible para las diferentes categorías.</li><li>• Emisiones provenientes de desgaste de frenos, neumáticos.</li><li>• Emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas.</li></ul>

La presente metodología se encuentra basada en la Guía Metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, publicada por CONAMA el año 2009.

La metodología general para este tipo de emisiones corresponde a:

○ **Emisiones en caliente provenientes del sistema de escape de los vehículos**

$$E_{ijkhda} = F_{jp} \cdot CAM_{pkj} \cdot PF_{jkhd} \cdot FE(v_{kjhd})_{ik} \cdot FCC_{ka} \cdot FCD_{ka} \cdot L_j$$

**Ecuación 75**

*Donde:*

$E_{ijkhda}$  : Emisiones [gr/hora] del contaminante considerado "i", en un arco "j" para la categoría vehicular "k" en una hora "h" de un día "d" para un año de evaluación "a".

$F_{jp}$  : Flujo vehicular [veh/h] total en el arco "j" para la categoría vehicular "p", para un día "d"=lunes-jueves en la hora punta mañana (AM). En este caso el valor de PF (perfil de flujo) es igual a 1 en el horario punta (PF=1), para el resto de las horas y día de la semana el flujo

<sup>49</sup>Se dispone, al igual que factores de emisión, factores de consumo de combustible expresados en [grComb/km] por lo que la aplicación de esta metodología por arcos se hace extensiva también a este cálculo. En este sentido es importante destacar que la incorporación de este factor permite una primera validación del inventario al comparar los resultados con estadísticas locales de consumo de combustibles.

es obtenido a partir del perfil de flujo (expansión temporal del flujo vehicular).

La categoría vehicular "p" corresponde a aquella entregada directamente por la fuente de información base del flujo vehicular, la cual puede estar dada por:

- Modelo de transporte en el caso de Gran Valparaíso.
- Plan Nacional de Censos de Tránsito del Departamento de Vialidad del MOP e información de peajes concesionados en el caso de redes interurbanas.
- Conteos vehiculares, estudios de impacto vial, estudios de gestión de tránsito, estudios de demanda, información de recorridos de transporte público y camiones, otros estudios de transporte disponibles en ciudades o poblados que no cuentan con modelo de transporte.

$CAM_{pkj}$  : Composición en horario punta<sup>50</sup> (día "d"=lunes-jueves y h= 8 AM) para desagregar las categorías vehiculares "p" en tipos de vehículos "k" para el arco "j", medido en [%] aplicada a los flujos entregados en forma directa para el horario punta. En el caso de utilizar modelos de transporte, esta composición también debe ser determinada en los horarios fuera de punta y punta tarde. En general todos los arcos pertenecientes a un mismo sector o tipo de calle, poseen los mismos valores de "CAM" para descomponer las categorías vehiculares "p" en las categorías "k" requeridas por la metodología de estimación de emisiones.

$PF_{jkhd}$  : Perfil de flujo o fracción del flujo total (Flujo jkhd) correspondiente a la categoría "k" para el arco "j" para la hora "h" de un día "d"), medido en [%]. En general todos los arcos pertenecientes a un mismo tipo de calle poseen los mismos valores de "PF" para cada categoría vehicular "k".

$FE(v_{kjhd})_{ik}$  : Factor de emisión [gr/km\*veh] del contaminante "i", para la categoría vehicular "k", en función de la velocidad "vkjhd" en [km/h] que corresponde a la velocidad para la hora "h" del día d para el tipo de vehículo "k" en el arco "j". Es importante aclarar que las velocidades

---

<sup>50</sup> La guía original del RETC considera esta variable como composición promedio diaria ( $CPD_{pkj}$ ), no obstante en la metodología definitiva esta composición esta dada para el horario específico en el cual se cuenta con información directa del flujo vehicular principalmente hora punta y en el caso de ciudades con modelo de transporte se agrega hora fuera de punta y punta tarde.

se obtienen para las categorías vehiculares entregadas por la fuente de información base (categorías "p"), no obstante la velocidad se utiliza en forma idéntica para cada tipo de vehículo "k" obtenido a partir de la categoría "p". La obtención de la velocidad depende del tipo de información base:

- Modelo de transporte
- Red Interurbana
- Ciudades intermedias y poblados sin modelo de transporte

$FCC_{ka}$  : Factor de corrección por composición del combustible locales para la categoría "k", según las propiedades del combustible en el año de evaluación "a", medido en [%]. En general este factor depende del tipo de combustible que posee la categoría "k".

$FCD_{ka}$  : Factor de corrección por deterioro para la categoría "k" en el año de evaluación "a", medido en [%]. En general este factor depende del kilometraje de los vehículos y debe ser determinado en función del kilometraje promedio de la categoría "k" en el año "a". Para esta esto en el presente estudio se ha desarrollado una metodología basada en mediciones con el método ASM en el caso de vehículos livianos y medianos y análisis de información de revisiones técnicas en el caso de vehículos pesados.

$L_j$  : Largo del arco evaluado "j" [km].

$d$  : Día característico tipo "d": lunes-jueves, viernes, sábado y domingo.

$K$  : Categorías vehiculares en función del uso y de la tecnología requeridas por el modelo de emisiones.

A continuación se describe cada uno de los elementos que componen la metodología tipo zona:

#### a) Información de flujos modelados en red vial ( $F_{jp}$ )

La información de flujo entregada por el modelo de transporte para la aplicación de la metodología se encuentra generalmente desagregada en ruta fija y ruta variable, existiendo una desagregación adicional de la ruta fija en: buses licitados, taxis colectivos, camiones, buses rurales y buses interurbanos. Estos valores vienen expresados vehículos/hora.

## b) Clasificación de fuentes móviles en ruta (categorías "k")

Dentro de las fuentes móviles en ruta, considerando las características de las flotas locales y la información disponible, para el cálculo de emisiones se consideran en términos generales las siguientes categorías básicas de vehículos:

- Vehículos livianos particulares
- Vehículos livianos comerciales
- Vehículos de alquiler
- Taxis colectivos
- Buses transporte público
- Buses transporte interurbano y rural
- Camiones livianos, medianos y pesados
- Motocicletas

No obstante, para el proceso de cálculo de emisiones se utilizan categorías más desagregadas para el correcto uso de factores de emisión en función del tipo de vehículo, su tecnología y uso. En la sección correspondiente a los factores de emisión se describen en detalle las categorías a ser utilizadas para el desarrollo del inventario de emisiones.

## c) Sectorización

Para efectuar un cálculo de emisiones más adecuado que guarde relación con el comportamiento tanto del flujo vehicular a lo largo del día como de su composición vehicular en distintos sectores dentro de una ciudad, se hace necesario zonificar el área de estudio.

Para el diseño de la zonificación se usa, un esquema compatible con la zonificación adoptada en los estudios de ciudades intermedias<sup>51</sup>. La ventaja de esta adopción es que se intenta uniformar la definición espacial de las ciudades de Chile, a modo de disponer de bases comunes, por ejemplo, zonificaciones compatibles entre el Censo Nacional de Población y Vivienda, Servicio de Impuestos Internos y Encuestas de Origen Destino (EOD) de Viajes. Esto ha sido aplicado desde 2001 en las encuestas de origen y destino de viajes<sup>52,53</sup>, en especial, por las facilidades que ofrece la tecnología de los sistemas de

---

<sup>51</sup> Diagnóstico del Sistema de Transporte Urbano de Ciudades Intermedias, SECTRA (1997-2000), ejecutados individualmente por distintas empresas consultoras

<sup>52</sup> Encuesta de Origen y Destino del Gran Santiago 2001-2002. SECTRA-DICTUC (2003).

<sup>53</sup> Encuestas Origen-Destino de Viajes en Ciudades Intermedias, IV Etapa. Encuesta de Movilidad en Regiones (10 ciudades). SECTRA-DICTUC (2002-2005).

información geográfica (SIG), dado que al disponer de entidades espaciales comunes, usualmente manzanas, se puede conformar diferentes agrupaciones y combinar diferentes atributos asociados a estas entidades.

En consecuencia, para la estimación de emisiones de fuentes móviles en ruta se utiliza una sectorización con la mayor compatibilidad entre las zonas EOD definidas en cada ciudad. Idealmente, debiera ser la misma zonificación EOD, es decir, la unidad mínima es una zona EOD, sin embargo, por razones prácticas y económicas se adoptan zonas que pueden ser agrupaciones de zonas EOD enteras y conexas entre sí. En ningún caso se dividen zonas EOD. La principal ventaja de esta adopción, aparte de aquellas de carácter práctico y universal citadas anteriormente, es que corresponde a la zonificación de la modelación estratégica del sistema de transporte urbano de cada ciudad y de cuyos resultados se toma la información para el cálculo de emisiones.

Otra ventaja de esta definición, es que la información del sistema de transporte está en permanente actualización de parte de SECTRA, tanto de carácter estratégico (cada 5 años) como táctico (estudios menores de distinta índole). Las actualizaciones, en lo relacionado a zonificación, consisten en la incorporación de cambios como proyectos inmobiliarios, proyectos viales o cambio de uso del suelo y por la incorporación de nuevas manzanas al contexto urbano de cada ciudad.

Como síntesis se puede indicar que los sectores reflejan, fundamentalmente, similares características geográficas, socioeconómicas de la población y de operación vehicular.

En términos de la metodología de estimación de emisiones, estos sectores permiten aplicar el concepto de tipo de calle ya que a arcos de un mismo sector se les asignan composiciones y perfiles temporales de flujo equivalentes.

En la actualización actual del sistema MODEM que desarrolló SECTRA se ha ampliado el concepto de sectores geográficos tipo polígonos a rutas (sectores lineales) lo cual es aplicado directamente a las unidades de negocios troncales de Transantiago, ya que en este caso, para cada ruta se dispone de información de perfil temporal y composición de buses según su tecnología. Además se ha incorporado una sectorización tipo polígono especial para los buses alimentados ya que estos se agrupan en 10 zonas, una para cada unidad de negocio. Aplicaciones similares podrían ser requeridas en otras ciudades del país.

#### d) Composición del flujo vehicular ( $CAM_{pkj}$ )

Tal como se ha mencionado la información que entrega el modelo de transporte sólo trae flujos modelados de vehículos de flujo variable y flujo fijo: taxis colectivos, buses licitados, y camiones (categorías "p").

Por tanto, es necesario complementar esta información para llegar a las categorías más específicas requeridas por la metodología (categorías k). En el caso de MODEM 5.0 se requiere de composiciones para el horario punta obtenidas a partir de datos provenientes de campañas de caracterización de flujos vehiculares en caso que estén disponibles y principalmente datos provenientes de plantas de revisión técnica del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT) y permisos de circulación del INE.

Esta caracterización del flujo vehicular en cuanto a su composición específica hace posible obtener la mejor "fotografía" posible acerca de las diferentes clases de vehículos que circulan diariamente por cada ciudad y conocer sus proporciones relativas, vale decir, qué porcentaje del flujo variable total corresponde a vehículos particulares, cuántos a vehículos comerciales, cuántos a taxis básicos. Posteriormente, hay que conocer qué porcentaje del flujo de vehículos particulares corresponde a vehículos particulares sin convertidor catalítico y cuántos a con convertidor catalítico, etc. Esto es necesario ya que la estimación de emisiones debe desagregarse en diferentes categorías vehiculares "k" debido a las apreciables diferencias de emisiones entre un tipo de vehículo y otro.

#### e) Expansión temporal de flujos vehiculares ( $PF_{jkhd}$ )

Los modelos de transporte entregan solamente evaluaciones o asignaciones de flujos para ciertas horas específicas de modelación, generalmente uno en horario de punta y otro fuera de punta. Entonces, como el modelo de emisiones requiere calcular emisiones en un periodo continuo de tiempo, es necesario extrapolar estas asignaciones a todas las horas del día, a días característicos de la semana y a todo el año, para lo cual se debe contar con dos perfiles de flujo: un perfil semanal horario y un perfil mensual. En este sentido, los conteos continuos de flujos en terreno entregan la información relevante para su obtención.

Así, en la Ecuación 75, se tiene la siguiente expresión:  $F_{jp} = CAM_{pkj} \cdot PF_{jkhd}$ , en donde el flujo modelado " $F_{jp}$ " es en primer lugar descompuesto en las categorías requeridas por la metodología (categorías "k") y luego cada flujo en ese horario punta, es expandido al resto de las horas y tipos de días mediante el factor " $PF_{jkhd}$ ", con lo cual es posible obtener una matriz de flujo semanal para el arco en estudio.

Finalmente, para obtener el flujo expandido al mes se debe en primer lugar sumar todas las emisiones de la matriz de flujo semanal obtenida y luego este valor debe ser multiplicado por el número de semanas equivalentes para el mes, lo cual puede ser: 31/7, 30/7 o 28/7 en función del número de días del mes en particular.

f) factores de emisión de fuentes móviles en ruta ( $FE(V_{kjhd})_{ik}$ ):

A continuación se presenta un cuadro resumen de la aplicación de la legislación chilena respecto de la cual se generan los factores de emisión:

**Tabla 2-32: Legislación Chilena a Enero 2011, R.M, V y VI y Resto País.**

CATEGORÍA VEHÍCULO	COBERTURA	Sept. 1992	Sept. 1993	Sept. 1994	Sept. 1995	Sept. 1996	Sept. 1997	Sept. 1998	Sept. 2001	Sept. 2002	Ene. 2004	Ene. 2005	Mar. 2006	Jun. 2006	Sept. 2006	Oct. 2006	Mar. 2007	Ene. 2010		
Vehículo Liviano Pasajeros Gasolina	RM	EPA 83										EPA 94 O EURO 3								
	V - VI	EPA 83										EPA 83		EPA 94 O EURO 3						
	RESTO PAÍS	Sin Norma	EPA 83										EPA 83		EPA 94 O EURO 3					
Vehículo Liviano Pasajeros Diesel	RM	EPA 83										EPA 94 O EURO 3	TIER 1 CAL O EURO 4							
	V - VI	EPA 83										EPA 83		EPA 94 O EURO 3						
	RESTO PAÍS	Sin Norma	EPA 83										EPA 83		EPA 94 O EURO 3					
Vehículo Liviano Comercial Gasolina	RM	EPA 83					EPA 91					EPA 94 O EURO 3								
	V - VI	EPA 83					EPA 83					EPA 91		EPA 94 O EURO 3						
	RESTO PAÍS	Sin Norma	EPA 83					EPA 83					EPA 91		EPA 94 O EURO 3					
Vehículo Liviano Comercial Diesel (1)	RM	EPA 83					EPA 91					EPA 94 O EURO 3	TIER 1 CAL/EURO 4							
	V - VI	EPA 83					EPA 83					EPA 91		EPA 94 O EURO 3						
	RESTO PAÍS	Sin Norma	EPA 83					EPA 83					EPA 91		EPA 94 O EURO 3					
Vehículo Mediano Gasolina y Diesel	RM				EPA 83			EPA 91			EPA 94 O EURO 3									
	V - VI				EPA 83			EPA 83			EPA 91		EPA 94 O EURO 3							
	RESTO PAÍS				Sin Norma										EPA 91		EPA 94 O EURO 3			
Vehículo Pesado Diesel (2)	RM				EPA 91 O EURO I			EPA 94 O EURO II						EPA 98 O EURO III						
	IV - X				EPA 91 O EURO I			EPA 94 O EURO II						EPA 98 O EURO III						
	RESTO PAÍS				Sin Norma										EPA 94 O EURO II		EPA 94 O EURO II			
Buses Urbanos y Rurales (3)	RM	EPA 91 O EURO I			EPA 94 O EURO II			EPA 98 O EURO III			EPA 98 O EURO III AVANZADO							EPA 98/MP EPA 2007 O EURO III AV. /MP EURO IV (Con DPF)		
Motocicletas	TOTAL PAÍS								EPA 78/ EURO I (4)											

Fuente: Elaboración propia a partir de DS 211/1991, DS 55/1994, DS 54/1994, DS 130/2001, DS 82/1993 y DS 104/2000

(1) Tier 1 Cal o Euro IV, comienza a regir desde Marzo 2006 para V. Comerciales Tipo 1, Tipo 2 y Clase 1, Mientras que para Clase 2 y Clase 3, la vigencia es desde Marzo de 2007

(2) En Octubre de 2006, aplica Euro III para motores Diesel con Sistemas más avanzados

(3) Antes de Marzo de 2006, aplica Euro III para motores Diesel con Sistemas más avanzados, después de Marzo 2006 aplica a todo vehículo diesel

(4): EURO II Menor 50 CC

La tabla a continuación representa la legislación vigente en la Región Metropolitana que fue modificada por el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica publicado en el año 2010.

**Tabla 2-33: Legislación Chilena vigente a Septiembre 2012, PPDA, R.M.**

CATEGORÍA VEHÍCULO	Cobertura	Ene, 2011	Abril, 2011	Sept. 2011	Ene, 2012	Sept. 2012
Vehículo Liviano Pasajeros Gasolina	RM	EPA 94 O EURO 3	Tier 2 Bin 8 O Euro IV			
	V - VI	EPA 94 O EURO 3	EPA 94 O EURO 3			
	RESTO PAÍS	EPA 94 O EURO 3	EPA 94 O EURO 3			
Vehículo Liviano Pasajeros Diesel	RM	TIER 1 CAL O EURO IV		Tier 2 Bin 5 O Euro Va		
	V - VI	EPA 94 O EURO 3				
	RESTO PAÍS	EPA 94 O EURO 3				
Vehículo Liviano Comercial Gasolina	RM	EPA 94 O EURO 3	Tier 2 Bin 8 O Euro IV			
	V - VI	EPA 94 O EURO 3	EPA 94 O EURO 3			
	RESTO PAÍS	EPA 94 O EURO 3	EPA 94 O EURO 3			
Vehículo Liviano Comercial Diesel (1)	RM	TIER 1 CAL/EURO IV		Tier 2 Bin 5 O Euro 5 (*)		
	V - VI	EPA 94 O EURO 3				
	RESTO PAÍS	EPA 94 O EURO 3				
Vehículo Mediano Gasolina	RM	EPA 94 O EURO 3	Tier 2 Bin 8 O Euro 4			
	V - VI	EPA 94 O EURO 3	EPA 94 O EURO 3			
	RESTO PAÍS	EPA 94 O EURO 3	EPA 94 O EURO 3			
Vehículo Mediano Diesel	RM	EPA 94 O EURO 3	Tier 2 Bin 8 O Euro 4			Tier 2 Bin 5 O Euro 5a
	V - VI	EPA 94 O EURO 3	EPA 94 O EURO 3			
	RESTO PAÍS	EPA 94 O EURO 3	EPA 94 O EURO 3			
Vehículo Pesado Diesel (2)	RM	EPA 98 O EURO III			EPA 98/ MP EPA 2007 O EURO III/ MP EURO IV (6)	
	V - VI	EPA 98 O EURO III			EPA 98 O EURO III	
	RESTO PAÍS	EPA 94 O EURO II				
Buses Urbanos y Rurales (3)	RM	EPA 98 O EURO III	EPA 98/MP EPA 2007 O EURO III AV. /MP EURO IV (Con DPF)			EPA 2004/ MP EPA 2007 O EURO IV (7)
Motocicletas	RM	EPA 2006 / Tier 2 O Euro III (5)				
	V - VI	EPA 78/ EURO I (4)				
	RESTO PAÍS	EPA 78/ EURO I (4)				

Fuente: Elaboración propia a partir de DS 211/1991, DS 55/1994, DS 54/1994, DS 130/2001, DS 82/1993, DS 104/2000 y PPDA 2010

(1) Tier 1 Cal o Euro 4, comienza a regir desde Marzo 2006 para V. Comerciales Tipo 1, Tipo 2 y Clase 1, Mientras que para Clase 2 y Clase 3, la vigencia es desde Marzo de 2007

(2) En Octubre de 2006, aplica Euro III para motores Diesel con Sistemas más avanzados

(3) Antes de Marzo de 2006, aplica Euro III para motores Diesel con Sistemas más avanzados, después de Marzo 2006 aplica a todo vehículo diesel

(4): EURO II Menor 50 CC

(5): EPA 2006 para Clase 1 y 2 y Tier 2 para clase 3.

(6): EPA 2007 o EURO IV para MP

(7): EPA 2007 para MP

Conforme el cuadro anterior se presenta a continuación la aplicación de FE de acuerdo a los niveles normativos europeos asimilables a cada nivel de la regulación:

**Tabla 2-34: Cuadro de Asimilación Niveles Normativos Chileno-Europeo y Copert IV.**

CATEGORÍA (LEGISLACIÓN CHILENA)	COMBUSTIBLE	NIVEL NORMATIVO (LEGISLACIÓN CHILENA)	CATEGORÍAS MODEM	CATEGORÍA LEGISLACIÓN EUROPEA (ASIMILADA)	NIVEL NORMATIVO (LEGISLACIÓN EUROPEA)	CATEGORÍAS ADICIONALES (COPERT IV)	FE
VLP (1) (PBV<2,7 TON)	GASOLINA	CONVENCIONAL	VLP GASOLINA NO CATALÍTICO	VLP (PBV<2,5 TON)	PRE-EURO	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		EPA 83	VLP GASOLINA TIPO 1		EURO 1	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		EPA 94/EURO 3	VLP GASOLINA TIPO 2		EURO 3	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
	DIESEL	CONVENCIONAL	NO DISPONIBLE		CONVENCIONAL	CC < 2 Lts.	COPERT IV
		EPA 83	VLP DIESEL TIPO 1			EURO 1	SIN CATEG. ADICIONALES
		EPA 94/EURO 3	VLP DIESEL TIPO 2		EURO 3	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		TIER 1 CAL/EURO 4	VLP DIESEL TIPO 3		EURO 4	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
VLC (2) (PBV<2,7 TON)  Y  VM (PBV: [2,7-3,8] TON)	GASOLINA	CONVENCIONAL	VLC GASOLINA NO CATALÍTICO	VC (PBV<3,5 TON)	CONVENCIONAL	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		EPA 83	VLC GASOLINA TIPO 1		EURO 1	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		EPA 91	NO DISPONIBLE		EURO 2	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		EPA 94/EURO 3	VLC GASOLINA TIPO 2		EURO 3	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
	DIESEL	CONVENCIONAL	NO DISPONIBLE		CONVENCIONAL	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		EPA 83	VLC DIESEL TIPO 1		EURO 1	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		EPA 91	NO DISPONIBLE		EURO 2	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		EPA 94/EURO 3	VLC DIESEL TIPO 2		EURO 3	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		TIER 1 CAL/EURO 4	VLC DIESEL TIPO 3		EURO 4	SIN CATEG. ADICIONALES	COPERT IV
		VP	DIESEL		CONVENCIONAL	CAMION LIVIANO CONVENCIONAL	VP

CATEGORÍA (LEGISLACIÓN CHILENA)	COMBUSTIBLE	NIVEL NORMATIVO (LEGISLACIÓN CHILENA)	CATEGORÍAS MODEM	CATEGORÍA LEGISLACIÓN EUROPEA (ASIMILADA)	NIVEL NORMATIVO (LEGISLACIÓN EUROPEA)	CATEGORÍAS ADICIONALES (COPERT IV)	FE	
(CAMIÓN)							PBV < 7,5 TON	
			CAMION MEDIANO CONVENCIONAL				PBV: [7,5-16] TON	COPERT IV
								PBV:[12-14] TON
			CAMION PESADO CONVENCIONAL				PBV > 16 TON	COPERT IV
								PBV:[26-28] TON
		EPA 91/EURO 1	CAMION LIVIANO TIPO 1			EURO 1	PBV < 7,5 TON	COPERT IV
							PBV < 7,5 TON	
			CAMION MEDIANO TIPO 1				PBV: [7,5-16] TON	COPERT IV
								PBV:[12-14] TON
			CAMION PESADO TIPO 1				PBV > 16 TON	COPERT IV
								PBV:[26-28] TON
		EPA 94/EURO 2	CAMION LIVIANO TIPO 2			EURO 2	PBV < 7,5 TON	COPERT IV
							PBV < 7,5 TON	
			CAMION MEDIANO TIPO 2				PBV: [7,5-16] TON	COPERT IV
								PBV:[12-14] TON
			CAMION PESADO TIPO 2				PBV > 16 TON	COPERT IV
								PBV:[26-28] TON
EPA 98/EURO 3	CAMION LIVIANO TIPO 3		EURO 3	PBV < 7,5 TON	COPERT IV			
				PBV < 7,5 TON				
	CAMION MEDIANO TIPO 3			PBV: [7,5-16] TON	COPERT IV			
					PBV:[12-14] TON			
	CAMION PESADO TIPO 3			PBV > 16 TON	COPERT IV			
					PBV:[26-28] TON			
VP (BUS URBANO, BUS RURAL, BUS PARTICULAR)		CONVENCIONAL	BUS CONVENCIONAL		CONVENCIONAL	MIDI: PBV<15 TON	COPERT IV	
							STD: PBV: [15-18]TON	URB: UBUS MIDI <= 15t
							ART: PBV>18 TON	OTR: UBUS STD [15-18]t
		EPA 91/EURO 1	BUS TIPO 1		EURO 1	MIDI: PBV<15 TON	COPERT IV	
							STD: PBV: [15-18]TON	URB: UBUS MIDI <= 15t
							ART: PBV>18 TON	OTR: UBUS STD [15-18]t
		EPA 94/EURO 2	BUS TIPO 2		EURO 2	MIDI: PBV<15 TON	COPERT IV	
							STD: PBV: [15-18]TON	URB: UBUS MIDI <= 15t
							ART: PBV>18 TON	OTR: UBUS STD [15-18]t
		EPA 98/EURO 3	BUS TIPO 3		EURO 3	MIDI: PBV<15 TON	COPERT IV	
							STD: PBV: [15-18]TON	URB: UBUS MIDI <= 15t

CATEGORÍA (LEGISLACIÓN CHILENA)	COMBUSTIBLE	NIVEL NORMATIVO (LEGISLACIÓN CHILENA)	CATEGORÍAS MODEM	CATEGORÍA LEGISLACIÓN EUROPEA (ASIMILADA)	NIVEL NORMATIVO (LEGISLACIÓN EUROPEA)	CATEGORÍAS ADICIONALES (COPERT IV)	FE
						ART: PBV>18 TON	OTR: UBUS STD [15-18]t
MOTOCICLETA	GASOLINA	CONVENCIONAL	2.TIEMPOS CONVENCIONAL	MOTOCICLETA	CONVENCIONAL	> 50 CC 2.TIEMPOS CONVENCIONAL	COPERT IV
			4.TIEMPOS CONVENCIONAL			> 50 CC 4.TIEMPOS CONVENCIONAL	COPERT IV
		EURO I	2.TIEMPOS TIPO I		EURO I	> 50 CC 2.TIEMPOS TIPO I	COPERT IV
			4.TIEMPOS TIPO I			> 50 CC 4.TIEMPOS TIPO I	COPERT IV

Fuente: Elaboración Propia a partir de Legislación Chilena, Copert IV y Legislación Europea.

(1): Se refiere a Vehículos Livianos de Pasajeros Particulares, Vehículos de Alquiler y a Taxis Colectivos

(2): Se refiere a Vehículos livianos comerciales de uso particular y a Vehículos livianos comerciales de uso de empresa

Los Contaminantes a los cuales se les asignó un factor de emisión son:

- CO: Monóxido de Carbono
- HC: Hidrocarburos
- NOx: Óxidos de Nitrógeno.
- MP: Material particulado.
- CC: Consumo de combustible.
- SO2: Dióxido de Azufre
- CO2: Dióxido de Carbono.
- CH4: Metano.
- N2O: Óxido Nitroso.
- NH3: Amonio

A continuación se presentan los factores de emisión obtenidos desde Copert IV<sup>54</sup> de forma genérica cuando existen fórmulas generales, posteriormente se presentan los Factores de Emisión para cada una de las categorías vehiculares, por tecnología.

Las ecuaciones presentadas a continuación son válidas para los contaminantes criterios y el consumo de combustible (CO, HC, NOx, MP y CC), en la sección posterior se presentaran las ecuaciones generales para SO2, CO2, CH4, N2O y NH3.

- Vehículos livianos de pasajeros.

Las categorías contenidas en Vehículos livianos de pasajeros corresponden a las señaladas en Tabla 2-42, Tabla 2-43y Tabla 2-44, es decir, vehículos livianos de pasajeros Gasolineros, diesel, híbridos y GNC. Según el uso se clasifican también en vehículos de Alquiler y Taxis colectivos. Se debe aclarar que los factores de emisión de

<sup>54</sup>Cuando existan excepciones se mencionará en la categoría correspondiente.

éstos últimos son los mismos que los factores de los vehículos livianos de pasajeros según el respectivo tipo de combustible, por lo que toda la información y factores presentados en adelante son válidos para dichas categorías.

### **Gasolina:**

Para los vehículos convencionales se considera la fórmula específica por contaminante (CO, NOx y HC), y por tecnología desarrollada en Copert IV. Para los Euro 1<sup>55</sup> y posteriores la fórmula es la siguiente.

$$EF = (a + c * V + e * V^2) / (1 + b * V + d * V^2) \text{Ecuación 768}$$

Donde a, b, c, d y e corresponden a constantes y V a la velocidad. En la tabla correspondiente (ver Tabla 2-43), fueron reemplazados los valores de la ecuación por las constantes respectivas, conforme tecnología y contaminante.

Para los vehículos a gasolina no se consideran los factores de emisión de Material Particulado propuestos por Copert IV, debido a que éstos se proponen para vehículos de inyección directa.

### **Diesel:**

Para los vehículos diesel convencionales, se consideró la fórmula específica por contaminante y tecnología desarrollada en Copert IV (ver Tabla 2-43), esta categoría no se consideró en los anteriores modelos de emisión. Para los Euro 1 y posteriores la fórmula para CO, NOx, HC y MP es la siguiente.

$$EF = \frac{a+c*V+e*V^2}{1+b*V+d*V^2} + f/V \text{Ecuación 779}$$

Donde a, b, c, d, e y f corresponden a constantes y V a la velocidad. En la tabla correspondiente (Tabla 2-43), fueron reemplazados los valores de la ecuación por las constantes respectivas.

---

<sup>55</sup> En adelante se utilizará indistintamente la nomenclatura de la normativa chilena o la equivalente europea según la

Tabla **2-33**, de equivalencias.

## Híbridos:

No existe sino un reducido número de éstos vehículos en el País, menor a las 500 unidades de vehículos livianos de pasajeros. De todas formas se ha considerado su factor de emisión de Copert IV, el que corresponden a vehículos menores a 1,6 litros, por lo que solo son considerados sólo como vehículos livianos. La ecuación para CO, NOx y HC es la siguiente:

$$EF = (a + c * V + e * V^2) \text{Ecuación 78}$$

Donde a, c y e corresponden a constantes y V a la velocidad. En la tabla correspondiente (ver Tabla 2-44), fueron reemplazados los valores de la ecuación por las constantes respectivas, conforme tecnología y contaminante.

## GNC:

El parque de vehículos a GNC en el País corresponde a vehículos duales convertidos mediante kits instalados en vehículos a gasolina. No es posible saber el resultado en emisiones de cada instalación y no existen datos de emisiones para estos vehículos en uso. A su vez COPERT no entrega Factores de Emisión para este combustible en vehículos livianos. En tal caso se ha adoptado un criterio conservador, el cual hace referencia a la obligación de los kits de cumplir con la misma norma de emisiones que el vehículo a gasolina, por lo que se han considerado, respecto de los contaminantes criterio (CO, HC, NOx), los factores correspondientes a los vehículos a gasolina.

En cuanto a la especiación de los COV, se han aproximado las emisiones de COV a 100% de CH<sub>4</sub><sup>56</sup>.

Para el consumo de combustible (CC), se ha considerado que el GLP (para el cual si existen valores en Copert IV), es un combustible gaseoso de similar poder calorífico, por lo que considerando una misma eficiencia del ciclo termodinámico de un motor otto, permite aproximar el valor de CC al reportado en Copert IV para GLP. Para las emisiones de SO<sub>2</sub> se ha considerado un contenido de azufre del GNC de 150 ppm m/m.

Los factores de emisión se presentan en la Tabla 2-44.

- Vehículos livianos comerciales y vehículos medianos.

---

<sup>56</sup> La composición del GNC es de sobre el 90% CH<sub>4</sub>.

Estas corresponden a dos categorías normativas distintas en la legislación chilena, pero para las cuales Copert IV define idénticos factores de emisión, para los distintos niveles normativos. A su vez los vehículos livianos comerciales se han dividido en Vehículos livianos comerciales uso particular (gasolineros, diesel y GNC) y en vehículos livianos comerciales de uso empresa, considerando que éstas categorías difieren en su nivel de actividad. Es decir, si bien los factores de emisión se presentan separadamente para estas categorías en razón de una adecuada modelación del calendario normativo y del nivel de actividad, los factores de emisión por nivel normativo son los mismos.

La distinción entre vehículo liviano y mediano en el parque es posible analizando la información de PRT. La definición de la categoría vehicular provendrá de la descripción de tipo de vehículo que se hace en las bases de Revisión Técnica, conforme la tabla siguiente:

**Tabla 2-35: Tipo Vehículo v/s categoría vehicular en PRT.**

<b>Tipo Vehículo en PRT</b>	<b>Categoría Vehicular</b>
Automóvil y Station Wagon o similares.	Vehículo Liviano de Pasajeros
Furgón, Camioneta, Todo Terreno, Jeep o similares con revisión técnica Tipo B.	Vehículo Liviano Comercial
Furgón, Camioneta, Todo Terreno, Jeep o similares con revisión técnica Tipo A.	Vehículo Mediano
Bus Urbano, Bus Interurbano, Bus Privado o Camión	Vehículo Pesado

### **Gasolina:**

Para los vehículos convencionales y para EPA83 y posteriores se consideró la fórmula específica por contaminante y tecnología desarrollada en Copert IV. Se debe aclarar que EPA91 no se consideró en modelos anteriores.

En la tablase presentan los valores detallados para esta categoría.

### **Diesel:**

Para los vehículos convencionales y para los EPA83 y posteriores se consideró la fórmula específica por contaminante y tecnología desarrollada en Copert IV. Se debe aclarar que EPA91 no se consideró en modelos anteriores. Para el consumo de combustible en tecnologías posteriores a EPA83, no existen valores en Copert IV, por lo

que se igualaron a EPA83, según metodología utilizada el modelo generado para la R.M. 2008.

En la Tabla 2- se presentan los valores detallados para estas categorías.

### **Híbridos:**

Se utilizan los valores correspondientes a vehículos livianos de pasajeros, no desarrollándose factores de emisión específicos para Vehículos livianos comerciales.

### **GNC:**

Se realizan los mismos supuestos que en el caso de los vehículos livianos de pasajeros. Los factores de emisión se presentan en la Tabla 2-.

- Motocicletas.

Las motocicletas consideradas para el cálculo de factores de emisión corresponden a motocicletas con cilindrada >50 c.c., de dos y de cuatro tiempos, ya que no existen modelos de motocicletas homologados por debajo de esta cilindrada.

### **De dos tiempos:**

La ecuación para el cálculo de los factores de emisión para motocicletas de dos tiempos convencionales y Euro 1 es la siguiente:

$$EF = (a + c * V + e * V^2) \text{Ecuación 79}$$

Donde a, c y e corresponden a constantes y V a la velocidad.

Para Euro 2 y Euro 3, los factores están determinados por la siguiente ecuación:

$$EF = EF_{Euro 1} * CF \text{Ecuación 80}$$

Donde  $EF_{Euro 1}$  es el factor de emisión correspondiente a Euro 1 y CF es un factor de corrección. En la Tabla 2- se presentan los factores con las constantes reemplazadas.

### **De cuatro tiempos:**

La ecuación para el cálculo de los factores de emisión para motocicletas de cuatro tiempos convencionales y Euro 1 es la siguiente:

$$EF = (a + c * V + e * V^2)$$
 Ecuación 81

Donde a, c y e corresponden a constantes y V a la velocidad.

Para Euro 2 y Euro 3, los factores están determinados por constantes, según ciclo urbano, rural y autopista, los que se muestran en la Tabla 2-46.

Dada la gran diversidad de clasificaciones presentadas en Copert IV para motocicletas, se utilizaron los siguientes supuestos:

- **Motocicletas de dos y cuatro tiempos**, se utilizó la clasificación de Copert IV para convencionales, Euro 1, Euro 2 y Euro 3, para contaminantes criterio y consumo de combustible, en dos rangos de velocidades:
  - Entre 10 y 60 km/h
  - Entre 60 y 110 km/h
- **Motocicletas de cuatro tiempos**, para esta categoría de motocicletas, en específico, se seleccionaron ponderadores de los factores de emisión con cilindradas <250, entre 250 y 750 y >750 c.c. Los ponderadores fueron calculados a partir de la nómina de motocicletas homologadas en el 3CV, los valores para cada rango de cilindrada corresponde a 74,0%; 10,6% y 15,4%, respectivamente.

Se debe hacer alusión que para las motocicletas de cuatro tiempos no se presentan los factores de emisión de Material Particulado propuestos por Copert IV, debido a que éstos son relevantes solo para las motocicletas de dos tiempos. Para este último caso el factor de emisión de emisión de MP se presenta en la Tabla 2-.

- Vehículos pesados-camiones.

Los vehículos pesados- camiones en Copert IV utilizan una serie de ecuaciones genéricas que dependen del peso del camión. También se desarrollan diversos factores dependiendo de la gradiente y el factor de carga. En los factores desarrollados en el presente informe se asumió una gradiente de cero y un factor de carga de 50%. La clasificación para cada tipo de camión seleccionada de Copert se presenta a continuación.

- **Camiones Livianos**, se utilizó la clasificación de Copert IV denominada RT  $\leq 7.5t$ , para todas las tecnologías. Los factores de emisión se presentan en la Tabla 2-47.
- **Camiones Mediano**, se utilizó la clasificación de Copert IV denominada RT  $\leq 12-14t$ , para todas las tecnologías. Los factores de emisión se presentan en la Tabla 2-48.
- **Camiones Pesado**, se utilizó la clasificación de Copert IV denominada RT  $\leq 26-28t$ , para todas las tecnologías. Los factores de emisión se presentan en la Tabla 2-49.
- Vehículos pesados-buses.

Los vehículos pesados- buses en Copert IV utilizan una serie de ecuaciones genéricas que dependen de del tipo de bus, ya sea estándar, articulado, urbano, etc. También se desarrollan diversos factores dependiendo de la gradiente y el factor de carga. En los factores desarrollados en el presente informe se asumió una gradiente de cero y un factor de carga de 50%. La clasificación para cada tipo de bus seleccionada de Copert IV se presenta a continuación.

- **Buse Interurbanos**, se utilizó la clasificación de Copert IV denominada Coach Std  $\leq 18t$ , para todas las tecnologías. Los factores de emisión se presentan en la Tabla 2-50.
- **Buses Licitados Urbanos**, se utilizó la clasificación de Copert IV denominada Ubus Midi  $\leq 15t$ , para todas las tecnologías. Los factores de emisión se presentan en la Tabla 2-51.
- **Buses Particulares e Institucionales y Rurales**, se utilizó la clasificación de Copert IV denominada Ubus Std  $> 15-18t$ , para todas las tecnologías. Los factores de emisión se presentan en la Tabla 2-52.
- **Buses Transantiago**, Se utilizó la clasificación realizada por UNTEC (2008) para la R.M., para buses Euro 3.
- **Tabla 2-53** En la tabla correspondiente (Tabla 2-52) se presentan los factores de emisión.

### **Consideraciones Varias:**

- Los factores de emisión para CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub>, se presentan bajo las condiciones de conducción urbano, rural y autopista, las velocidades a las que se refieren las clasificaciones antes señaladas son:
  - Urbano: 10-60 km/h.
  - Rural: 60-80 km/h.
  - Autopista: 80-130 km/h.
- En Copert IV existen distinciones por cilindradas para la obtención de diversos factores de emisión, a continuación se realiza un detalle de los valores seleccionados y las ponderaciones correspondientes:

Para vehículos particulares, de alquiler y taxis colectivos a gasolina, se presentan los siguientes casos:

- ✓ **Consumo de Combustible -Convencional, Euro 1, Euro 3 y Euro 4- y NOx-Convencional:** se realiza una ponderación con las tres cilindradas que se presentan en los factores Copert IV, estas corresponden a <1,4, entre 1,4-2,0 y >2,0l, asignando un factor ponderador X, Y y Z correspondiente a la distribución de la cilindrada resultante de una encuesta realizada en la V Región en plantas de revisiones técnicas a 417 vehículos livianos. En este caso los valores de los factores ponderadores son los siguientes: X=11,51%; Y= 70,74%; Z=17,75%, respectivamente. Con un error estadístico de un 4,8%.

Para vehículos particulares, de alquiler y taxis colectivos diesel, se presentan los siguientes casos:

- ✓ **NOx-Convencional; Consumo de Combustible - Euro 1, Euro 3, Euro 4 y Euro 5- y HC-Euro 1 y Euro 3-** : se realiza una ponderación con las dos cilindradas que se presentan en los factores Copert IV, estas corresponden a <2,0 y >2,0l, asignando un factor ponderador X e Y correspondiente a la distribución de la cilindrada resultante de una encuesta realizada en la V Región en plantas de revisiones técnicas a 417 vehículos livianos. En este caso los valores de los factores son los siguientes: X=82,25% e Y= 17,75%, respectivamente. Con un error estadístico de un 4,8%.

### **Otros Contaminantes:**

## Dióxido de Azufre (SO2)

La ecuación para el cálculo de los factores de emisión del Dióxido de Azufre (SO2) es la siguiente:

$$EF_{SO_2} = 2 * k * CC \text{Ecuación 82}$$

### Donde

**K:** Contenido de azufre (Se considera en el cálculo 30 ppm de azufre para vehículos a gasolina y 350 ppm para diesel, para el año 2008, según el DS319/2006, para GNC se consideran 150 ppm)

**CC:** Consumo de Combustible

## Dióxido de Carbono (CO2)

La ecuación para el cálculo de los factores de emisión del dióxido de Carbono (CO2) es la siguiente:

$$EF_{CO_2} = 44,011 * \left[ \left( \frac{CC}{12,011 + 1,008 * R} \right) - \left( \frac{CO}{28,011} \right) - \left( \frac{HC}{13,85} \right) - \left( \frac{E_{ec}}{12,011} \right) - \left( \frac{E_{om}}{13,85} \right) \right]$$

Ecuación 83

En donde  $E_{ec}$  corresponde a la fracción de carbono elemental respecto a MP y  $E_{om}$  corresponde a la fracción de carbono orgánico respecto a MP. R corresponde a 1,8 para vehículos a gasolina, 2 para vehículos diesel y 3,9 para GNC, considerando un 95% de CH4 en GNC.

En los factores de emisión propuestos desde Copert IV se presentan el carbono orgánico y elemental en función del MP.

En relación a  $E_{ec}$  y  $E_{om}$ , para las categorías en que no existía ésta información se utilizó la fórmula de Copert III, que no hace la distinción de  $E_{ec}$  y  $E_{om}$ , dichas categorías se mencionan a continuación.

- Vehículos particulares diesel, Euro 5.
- Vehículos livianos comerciales diesel, Euro 5.
- Motocicletas de dos tiempos, Euro 3.
- Vehículos híbridos.

- Vehículos GNC.

La ecuación Copert III para CO<sub>2</sub>, es la siguiente:

$$EF_{CO_2} = 44,011 * \left[ \left( \frac{CC}{12,011 + 1,008 * R} \right) - \left( \frac{CO}{28,011} \right) - \left( \frac{HC}{13,85} \right) - \left( \frac{MP}{12,011} \right) \right]$$

Ecuación 84

### Metano (CH<sub>4</sub>):

Los factores de emisión para el metano, para cada categoría vehicular y tecnología, son presentados según el ciclo de conducción, urbano, rural y autopista, cuando están disponibles. Los factores de emisión presentados en cada tabla corresponden a Hot Emission.

Aclaraciones y supuestos de CH<sub>4</sub>: Para vehículos híbridos no existen factores de emisión para este contaminante. Para el caso de vehículos particulares y comerciales diesel en Euro 5 tampoco existen factores, por lo que se procedió a utilizar los factores de Euro 4.

### Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O):

Los factores de emisión para el óxido nitroso en Copert IV se presentan por ciclo de conducción (U, R y A), según tecnología y contenido de azufre. Estos son determinados por la siguiente ecuación:

$$EF_{N_2O} = (a * K + b) * EF_{base}$$

Ecuación 85

Donde:

K: Kilometraje del vehículo.

a y b: Constantes.

$EF_{base}$ : Valor base del factor de emisión, según tecnología y contenido de azufre.

Aclaraciones y supuestos de N<sub>2</sub>O: El contenido de azufre determinado para N<sub>2</sub>O en la región de Valparaíso corresponde a 30 ppm de azufre para el año 2008, según el DS 319/2006, es por ello que los valores seleccionados del contenido de azufre para cada categoría y tecnología, contienen los 30 ppm.

En la tabla a continuación se presentan el contenido de azufre utilizado por tecnología y categoría vehicular, desde Copert IV. Sólo se presenta la información para vehículos a

gasolina, tanto particular como comercial, puesto que en el resto de las categorías los FE no son dependientes del contenido de azufre.

**Tabla 2-36: Contenido de Azufre, en ppm para factores de emisión N2O.**

Categoría	Contenido de azufre N2O, ppm	Urbano	Rural	Autopista
Vehículos particulares gasolineros no catalíticos		Todo	Todo	Todo
Vehículos particulares gasolineros Euro 1		0 - 350	0-30	0-30
Vehículos particulares gasolineros Euro 3		0 - 30	0 - 30	0 - 30
Vehículos particulares gasolineros Euro 4		0 - 30	0 - 30	0 - 30
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros no catalíticos		Todo	Todo	Todo
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 1		0 - 350	0 - 350	0 - 350
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 2		0 - 350	0 - 350	0 - 350
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 3		0 - 30	0 - 30	0 - 30
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 4		0 - 30	0 - 30	0 - 30

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

También se debe señalar que para vehículos híbridos no existen factores de emisión para este contaminante. Para el caso de vehículos particulares y comerciales diesel en Euro 5 tampoco existen factores, por lo que se procedió a utilizar los factores de Euro 4.

Para buses Licitados urbanos, particulares e institucionales y rurales solo existen factores N2O para la condición de conducción de Urbano.

Finalmente para camiones, ya sean livianos, medianos y pesados, en Copert IV no existen factores de emisiones para N2O, por lo que solo para este caso se utilizó la información disponible desde Copert III.

### **Amoniaco (NH3):**

Los factores de emisión para el amoniaco en Copert IV se presentan por ciclo de conducción (U, R y A), según tecnología y contenido de azufre. Éstos son determinados por la siguiente ecuación:

$$EF_{NH3} = (a * K + b) * EF_{base} \text{ Ecuación 86}$$

Donde:

K : Kilometraje del vehículo.

a y b : Constantes.

$EF_{base}$  : Valor base del factor de emisión, según tecnología y contenido de azufre.

Aclaraciones y supuestos de NH3: El contenido de azufre determinado para NH3 en la región de Valparaíso corresponde a 30 ppm de azufre para el año 2008, según el DS 319/2006, es por ello que los valores seleccionados del contenido de azufre para cada categoría y tecnología, contienen los 30 ppm.

En la tabla a continuación se presentan el contenido de azufre utilizado por tecnología y categoría vehicular, desde Copert IV. Sólo se presenta la información para vehículos a gasolina, tanto particular como comercial, puesto que en el resto de las categorías los FE no son dependientes del contenido de azufre.

**Tabla 2-37: Contenido de Azufre, en ppm para factores de emisión NH3.**

<b>Categoría Contenido de azufre NH3, ppm</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	<b>Autopista</b>
Vehículos particulares gasolineros no catalíticos	Todo	Todo	Todo
Vehículos particulares gasolineros Euro 1	0-150	0-150	0-150
Vehículos particulares gasolineros Euro 3	0 - 30	0 - 30	0 - 30
Vehículos particulares gasolineros Euro 4	0 - 30	0 - 30	0 - 30
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros no catalíticos	> 0	> 0	> 0
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 1	> 0	0-150	0-150
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 2	> 0	0-150	0-150
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 3	0 - 30	0 - 30	0 - 30
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 4	0 - 30	0 - 30	0 - 30

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV

Se debe señalar que para los vehículos a GNC no se encuentran disponibles los factores de emisión para NH3. Finalmente, para buses Licitados urbanos, particulares e institucionales y rurales solo existen factores NH3 para la condición de conducción de Urbano.

Desde la Tabla 2-42 a la

Tabla 2-53 se presentan los Factores de emisión propuestos para la V región.

### **Especiación:**

En algunos casos resulta conveniente para mayor detalle en el análisis una descomposición de ciertos tipos de emisiones en subcomponentes o especies. Tal es el caso del NOx en NO y NO2, del Material Particulado en Número de Partículas Sólidas y en Carbono Elemental y Carbono Orgánico, y del COV (o HC en la nomenclatura presentada en los FE) en sus numerosas especies. A continuación se presenta la especiación de dichos contaminantes.

## Número Partículas Sólidas

En la siguiente tabla se presentan los factores de emisión [# /km] para el número de partículas sólidas, según ciclo de conducción urbano, rural y autopista. También se separa por categoría y tecnología vehicular. Las tecnologías disponibles en Copert IV corresponden a Euro 1, 2, 3 y Euro 3 con DPF. La nomenclatura CRDPF corresponde a filtros de partículas regenerados continuamente.<sup>57</sup> Como se puede apreciar en la tabla, los factores de emisión no dependen de la velocidad del vehículo y fueron obtenidos en mediciones en laboratorios bajo condiciones que maximicen las concentraciones.

**Tabla 2-38: Número Partículas Sólidas [ $<50-1000$  nm]**

Contaminante	Categoría	Tecnología	Factor de Emisión (#/km)		
			Urbano	Rural	Autopista
Número de Partículas Sólidas ( $<50-1000$ nm)	Vehículo de pasajero diesel	Euro 1	2,32E+14	2,02E+14	1,85E+14
		Euro 2	2,15E+14	1,89E+14	1,73E+14
		Euro 3	2,11E+14	1,71E+14	1,62E+14
		Euro 3 DPF	9,40E+10	6,80E+10	3,52E+11
	Buses (1)	Euro 2 & 3	4,78E+14	1,78E+14	2,14E+14
		Euro 2 & 3 + CRDPF	9,47E+12	4,17E+12	7,84E+12
	Buses Interurbanos (1)	Euro 2 & 3	5,70E+14	1,99E+14	1,78E+14
		Euro 2 & 3 + CRDPF	1,13E+13	4,66E+12	6,77E+12
	Vehículos Pesados (3,5 - 7 Ton) (1)	Euro 2 & 3	2,21E+14	1,06E+14	1,34E+14
		Euro 2 & 3 + CRDPF	4,39E+12	2,50E+12	4,90E+12
	Vehículos Pesados (7-14 Ton) (1)	Euro 2 & 3	4,70E+14	1,95E+14	1,97E+14
		Euro 2 & 3 + CRDPF	9,34E+12	4,58E+12	7,20E+12
	Vehículos Pesados (14-32 Ton) (1)	Euro 2 & 3	7,35E+14	3,01E+14	2,61E+14
		Euro 2 & 3 + CRDPF	1,46E+13	7,06E+12	9,55E+12

Fuente: Elaboración propia a partir de Copert IV.

Nota: (1) Rango velocidad entre 10-100 km/hr.

## División de MP en Carbono Elemental y Orgánico

Copert IV a diferencia de Copert III realiza una separación del Material Particulado en Carbono Elemental y Orgánico, por ser importantes en la composición del MP y porque ambos afectan negativamente la salud y el medio ambiente.

La información es presentada en la siguiente tabla según categoría vehicular y tecnología. También se agrega una columna de valores de incertidumbre, recolectado

<sup>57</sup>Traducción propia de “Continuously Regenerated Particle Filters”

de diversa literatura, dado que está es variable y en algunos casos bastante alta, sobre todo para el carbono orgánico, no significando que no se pueda obtener la información, de hecho en Copert IV se obtuvo a través de mediciones en estudios de laboratorios para vehículos a gasolina y diesel. La incertidumbre presentada en la tabla representa a una flota promedio y no a vehículos individuales.

Por otro lado, la división de EC y OM, asume un bajo contenido de azufre, menor a 50 ppm, dado que la contribución de sulfato a MP es generalmente baja.

**Tabla 2-39: División de MP en Carbono Elemental y Orgánico.**

Categoría	Estándar Euro	EC/PM2.5 (%)	OM/EC (%)	Incertidumbre (%)
<b>vehículo de pasajero y comerciales diesel</b>	Convencional	55	70	10
	Euro 1	70	40	10
	Euro 2	80	23	10
	Euro 3	85	15	5
	Euro 4	87	13	5
	Euro 3, Euro 4, Euro 5	10	500	50
	Euro 3, Euro 4, Euro 5	20	200	50
<b>Vehículos Pesados Diesel</b>	Convencional	50	80	20
	Euro I	65	40	20
	Euro II	65	40	20
	Euro III	70	30	20
	Euro IV	75	25	20
	Euro IV	75	25	20
	Euro VI	15	300	30
<b>Motocicletas 2 ruedas (2T)</b>	Convencional	10	900	50
	Euro 1	20	400	50
	Euro 2	20	400	50
<b>Motocicletas 2 ruedas (4T)</b>	Convencional	15	560	50
	Euro 1	25	300	50
	Euro 2	25	300	50
	Euro 3	25	250	50

Fuente: Elaboración propia a partir de Copert IV.

### **Especiación Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).**

Finalmente, en Copert IV se presenta la especiación de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), como porcentaje del peso, según grupo de COV, especies, tecnologías y categoría vehicular. Respecto a la tecnología, esta se divide para los vehículos de

pasajeros a gasolina en convencional y Euro 1 y posteriores, para el caso de la misma categoría a diesel esta se divide en Inyección directa (DI) e indirecta (IDI), finalmente se presenta información para vehículos pesados y LPG.

La especiación de COV para motocicletas de cuatro tiempos fueron estimados, en Copert IV, usando la especiación de vehículos convencionales a gasolina.

Las fracciones que se presentan en la tabla, se deben aplicar al total de los NMCOV. El remanente para llegar a 100 de fila final (Tabla 2-41), es asumido que corresponde a PAHs y POPs.

**Tabla 2-40: Especiación Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).**

Grupo	Especies	Fracción NMVOC (% wt.)				
		Gasolina y 4 Tiempos		Vehículo de pasajero y comercial Diesel IDI & DI	Vehículos pesados	LPG
		Convencionales	Euro 1 y posteriores			
ALCANOS	ethane	1,65	3,19	0,33	0,03	2,34
	propane	0,47	0,65	0,11	0,1	49,85
	butane	2,9	5,24	0,11	0,15	15,5
	isobutane	1,29	1,59	0,07	0,14	6,95
	pentane	1,78	2,15	0,04	0,06	0,35
	isopentane	4,86	6,81	0,52		1,26
	hexane	1,29	1,61			
	heptane	0,36	0,74	0,2	0,3	0,18
	octane	0,56	0,53	0,25		0,04
	2-methylhexane	0,8	1,48	0,45	0,63	0,25
	nonane	0,06	0,16	0,67		0,01
	2-methylheptane		0,57	0,12	0,21	0,09
	3-methylhexane	0,56	1,14	0,22	0,35	0,19
	decane	0,22	0,19	1,18	1,79	
	3-methylheptane	0,4	0,54	0,2	0,27	0,08
	Alkanes C10-C12	0,03	1,76	2,15		0,01
Alkanes C>13	0,06	1,45	17,91	27,5		
<b>CICLOALCANOS</b>	All	0,88	1,14	0,65	1,16	0,1
ALQUENOS	ethylene	8,71	7,3	10,97	7,01	5,2
	propylene	4,87	3,82	3,6	1,32	5,19
	propadiene		0,05			
	1-butene	0,5	0,73			
	isobutene	4,21	2,22	1,11	1,7	0,63
	2-butene	1,27	1,42	0,52		0,53
	1,3-butadiene	1,42	0,91	0,97	3,3	0,15
	1-pentene	0,09	0,11			
	2-pentene	0,23	0,34			
	1-hexene		0,17			
dimethylhexene		0,15				
ALQUINOS	1-butyne	0,05	0,21			
	propyne	0,76	0,08			
	acetylene	5,5	2,81	2,34	1,05	1,28

Fuente: Elaboración propia a partir de Copert IV.

**Tabla 2-41: Especiación Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). (Cont.)**

Grupo	Especies	Fracción NMVOC (% wt.)				
		Gasolina y 4 Tiempos		Vehículo de pasajero y comercial Diesel	Vehículos pesados	LPG
		Convencionales	Euro 1 y posteriores	IDI & DI		
<b>ALDEHÍDOS</b>	formaldehyde	2,08	1,7	12	8,4	1,56
	acetaldehyde	0,59	0,75	6,47	4,57	1,81
	acrolein	0,16	0,19	3,58	1,77	0,59
	benzaldehyde	0,6	0,22	0,86	1,37	0,03
	crotonaldehyde	0,02	0,04	1,1	1,48	0,36
	methacrolein		0,05	0,77	0,86	0,1
	butyraldehyde		0,05	0,85	0,88	0,11
	isobutanaldehyde			2,09	0,59	
	propionaldehyde	0,11	0,05	1,77	1,25	0,7
	hexanal			0,16	1,42	
	i-valeraldehyde			0,11	0,09	0,01
	valeraldehyde		0,01	0,41	0,4	
	o-tolualdehyde	0,19	0,07	0,24	0,8	
	m-tolualdehyde	0,38	0,13	0,34	0,59	
p-tolualdehyde	0,19	0,06	0,35			
<b>CETONAS</b>	acetone	0,21	0,61	2,94		0,78
	methylethylketone	0,11	0,05	1,2		
<b>AROMÁTICOS</b>	toluene	12,84	10,98	0,69	0,01	1,22
	ethylbenzene	4,78	1,89	0,29		0,24
	m,p-xylene	6,66	5,43	0,61	0,98	0,75
	o-xylene	4,52	2,26	0,27	0,4	0,26
	1,2,3 trimethylbenzene	0,59	0,86	0,25	0,3	0,05
	1,2,4 trimethylbenzene	2,53	4,21	0,57	0,86	0,25
	1,3,5 trimethylbenzene	1,11	1,42	0,31	0,45	0,08
	styrene	0,57	1,01	0,37	0,56	0,02
	benzene	6,83	5,61	1,98	0,07	0,63
	C9	3,12	4,21	0,78	1,17	0,25
	C10		3,07			
	C>13	6,01	3,46	13,37	20,37	
<b>TOTAL</b>		<b>99,98</b>	<b>99,65</b>	<b>99,42</b>	<b>96,71</b>	<b>99,98</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Copert IV.

## Especiación de MP

En este caso se dispone de un perfil de especiación para vehículos Diesel en general proveniente del sistema Speciate de la EPA.

<b>Perfil especiación Vehículos Diesel para PTS (Pronum 32202)</b>	
<b>Especie</b>	<b>Porcentaje</b>
Chromium(III)	0,002
Aluminio	1
Bario	0,077
Boro	0,13
Cobre	0,025
Plomo	1,3
Manganeso	0,039
Fosforo (Amarillo o Blanco)	0,15
Zinc	0,16
Estroncio	0,014
Titanio	0,014
Niquel	0,003
Silicio	1,6
Hierro	0,6
Calcio	0,7
Potasio	0,17
Magnesio	0,9
Zirconio	0,004
Azufre	2,7
Sodio	0,8
ORGANIC CARBON	20,9
SULFATES	4,9
ELEMENTAL CARBON	54,8

**Tabla 2-42: Vehículos Livianos de Pasajeros Gasolineros.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Gasolina (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros Gasolineros convencionales</b>	CO	gr/km	$281 * V^{-0,63}$
		HC	gr/km	$30,34 * V^{-0,693}$
		NOx	gr/km	$0,1151 * (1,173 + 0,0225 * V - 0,00014 * V^2) + 0,7074 * (-0,00004 * V^2 + 0,0217 * V + 1,360) + 0,1775 * (1,5 + 0,03 * V + 0,0001 * V^2)$
		CC urbano	gr/km	$0,1151 * (521 * V^{-0,554}) + 0,7074 * (681 * V^{-0,583}) + 0,1775 * (979 * V^{-0,628})$
		CC rural	gr/km	$0,1151 * (55) + 0,7074 * (67) + 0,1775 * (80)$
		CC autopista	gr/km	$0,1151 * (0,386 * V + 24,143) + 0,7074 * (0,471 * V + 29,286) + 0,1775 * (0,414 * V + 46,867)$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00003 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,02 * MP) / 12,011) - ((49 * 0,02 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	131
		CH4 rural	mg/km	86
		CH4 autopista	mg/km	41
		N2O urbano	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 10$
		N2O rural	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 6,5$
		N2O autopista	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 6,5$
		NH3 urbano	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 2$
NH3 rural	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 2$		
NH3 autopista	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 2$		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Materia Particulado MP no se considera para vehículos particulares a gasolina.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Gasolina (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros Gasolineros EPA83</b>	CO	gr/km	$(1,12E+01 + -1,02E-01 * V + 6,77E-04 * V^2) / (1 + 1,29E-01 * V + -9,47E-04 * V^2)$
		HC	gr/km	$(1,35E+00 + -6,77E-03 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,78E-01 * V + -1,27E-03 * V^2)$
		NOx	gr/km	$(5,25E-01 + -1,00E-02 * V + 9,36E-05 * V^2) / (1 + 0 * V + 0 * V^2)$
		CC urbano	gr/km	$0,1151 * ((1,91E+02 + 1,17E+00 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,29E-01 * V + -7,23E-04 * V^2)) + 0,7074 * ((1,99E+02 + 3,46E-01 * V + 0 * V^2) / (1 + 8,92E-02 * V + -5,38E-04 * V^2)) + 0,1775 * ((2,30E+02 + -4,26E-02 * V + 0 * V^2) / (1 + 6,94E-02 * V + -4,46E-04 * V^2))$
		CC rural	gr/km	$0,1151 * ((1,91E+02 + 1,17E+00 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,29E-01 * V + -7,23E-04 * V^2)) + 0,7074 * ((1,99E+02 + 3,46E-01 * V + 0 * V^2) / (1 + 8,92E-02 * V + -5,38E-04 * V^2)) + 0,1775 * ((2,30E+02 + -4,26E-02 * V + 0 * V^2) / (1 + 6,94E-02 * V + -4,46E-04 * V^2))$
		CC autopista	gr/km	$0,1151 * ((1,91E+02 + 1,17E+00 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,29E-01 * V + -7,23E-04 * V^2)) + 0,7074 * ((1,99E+02 + 3,46E-01 * V + 0 * V^2) / (1 + 8,92E-02 * V + -5,38E-04 * V^2)) + 0,1775 * ((2,30E+02 + -4,26E-02 * V + 0 * V^2) / (1 + 6,94E-02 * V + -4,46E-04 * V^2))$

	SO2	gr/km	$2*0,00003*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,25*MP)/12,011)-((2,5*0,25*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	26
	CH4 rural	mg/km	16
	CH4 autopista	mg/km	14
	N2O urbano	mg/km	$(8,81E-07*K+0,92)*23,2$
	N2O rural	mg/km	$(1,31E-06*K+0,851)*23,2$
	N2O autopista	mg/km	$(1,30E-06*K+0,846)*4,7$
	NH3 urbano	mg/km	$(0,00E+00*K+1)*70$
	NH3 rural	mg/km	$(5,94E-08*K+0,999)*131$
	NH3 autopista	mg/km	$(5,94E-08*K+0,998)*73,3$

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Materia Particulado MP no se considera para vehículos particulares a gasolina.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Gasolina (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros gasolineros EPA94/Euro 3</b>	CO	gr/km	$(7,17E+01 + 1,14E+01 * V + 0 * V^2)/(1 + 3,54E+01 * V + -2,48E-01 * V^2)$
		HC	gr/km	$(5,57E-02 + -1,10E-03 * V + 1,25E-05 * V^2)/(1 + 3,65E-02 * V + -1,88E-04 * V^2)$
		NOx	gr/km	$(9,29E-02 + -1,49E-03 * V + 6,53E-06 * V^2)/(1 + -1,22E-02 * V + 3,97E-05 * V^2)$
		CC urbano	gr/km	$0,1151 * ((1,70E+02 + 4,18E-01 * V + 4,99E-03 * V^2)/(1 + 9,28E-02 * V + -4,52E-04 * V^2)) + 0,7074 * ((2,17E+02 + 2,53E-01 * V + 9,65E-03 * V^2)/(1 + 9,60E-02 * V + -4,21E-04 * V^2)) + 0,1775 * ((2,53E+02 + 5,02E-01 * V + 0 * V^2)/(1 + 9,02E-02 * V + -4,69E-04 * V^2))$
		CC rural	gr/km	$0,1151 * ((1,70E+02 + 4,18E-01 * V + 4,99E-03 * V^2)/(1 + 9,28E-02 * V + -4,52E-04 * V^2)) + 0,7074 * ((2,17E+02 + 2,53E-01 * V + 9,65E-03 * V^2)/(1 + 9,60E-02 * V + -4,21E-04 * V^2)) + 0,1775 * ((2,53E+02 + 5,02E-01 * V + 0 * V^2)/(1 + 9,02E-02 * V + -4,69E-04 * V^2))$
		CC autopista	gr/km	$0,1151 * ((1,70E+02 + 4,18E-01 * V + 4,99E-03 * V^2)/(1 + 9,28E-02 * V + -4,52E-04 * V^2)) + 0,7074 * ((2,17E+02 + 2,53E-01 * V + 9,65E-03 * V^2)/(1 + 9,60E-02 * V + -4,21E-04 * V^2)) + 0,1775 * ((2,53E+02 + 5,02E-01 * V + 0 * V^2)/(1 + 9,02E-02 * V + -4,69E-04 * V^2))$
		SO2	gr/km	$2*0,00003*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,15*MP)/12,011)-((3*0,15*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	3
		CH4 rural	mg/km	2
		CH4 autopista	mg/km	4
		N2O urbano	mg/km	$(1,85E-06*K+0,829)*1,3$
		N2O rural	mg/km	$(1,35E-06*K+0,875)*0,3$
		N2O autopista	mg/km	$(1,49E-06*K+0,967)*0,19$
		NH3 urbano	mg/km	$(1,31E-06*K+0,862)*1,9$
NH3 rural	mg/km	$(5,90E-08*K+0,994)*29,5$		

		NH3 autopista	mg/km	(5,95E-08*K+0,999)*64,6
--	--	---------------	-------	-------------------------

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1)Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2)Materia Particulado MP no se considera para vehículos particulares a gasolina.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Gasolina (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros gasolineros BIN8/Euro 4</b>	CO	gr/km	$(1,36E-01 + -8,91E-04 * V + 0 * V^2)/(1 + -1,41E-02 * V + 4,99E-05 * V^2)$
		HC	gr/km	$(1,18E-02 + -3,47E-05 * V + 8,84E-07 * V^2)/(1 + 0 * V + 0 * V^2)$
		NOx	gr/km	$(1,06E-01 + -1,58E-03 * V + 7,10E-06 * V^2)/(1 + 0 * V + 0 * V^2)$
		MP	gr/km	NA
		CC urbano	gr/km	$0,1151*((1,36E+02 + -1,65E+00 * V + 3,12E-02 * V^2)/(1 + 2,60E-02 * V + 2,28E-04 * V^2))+0,7074*((1,74E+02 + 3,64E-01 * V + 8,74E-03 * V^2)/(1 + 6,85E-02 * V + -2,47E-04 * V^2))+0,1775*((2,85E+02 + -1,37E-01 * V + 0 * V^2)/(1 + 7,28E-02 * V + -4,16E-04 * V^2))$
		CC rural	gr/km	$0,1151*((1,36E+02 + -1,65E+00 * V + 3,12E-02 * V^2)/(1 + 2,60E-02 * V + 2,28E-04 * V^2))+0,7074*((1,74E+02 + 3,64E-01 * V + 8,74E-03 * V^2)/(1 + 6,85E-02 * V + -2,47E-04 * V^2))+0,1775*((2,85E+02 + -1,37E-01 * V + 0 * V^2)/(1 + 7,28E-02 * V + -4,16E-04 * V^2))$
		CC autopista	gr/km	$0,1151*((1,36E+02 + -1,65E+00 * V + 3,12E-02 * V^2)/(1 + 2,60E-02 * V + 2,28E-04 * V^2))+0,7074*((1,74E+02 + 3,64E-01 * V + 8,74E-03 * V^2)/(1 + 6,85E-02 * V + -2,47E-04 * V^2))+0,1775*((2,85E+02 + -1,37E-01 * V + 0 * V^2)/(1 + 7,28E-02 * V + -4,16E-04 * V^2))$
		SO2	gr/km	2*0,00003*CC
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,15*MP)/12,011)-((3*0,15*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	2
		CH4 rural	mg/km	2
		CH4 autopista	mg/km	0
		N2O urbano	mg/km	(6,61E-07*K+0,931)*1,9
		N2O rural	mg/km	(2,61E-06*K+0,726)*0,3
		N2O autopista	mg/km	(3,30E-06*K+0,918)*0,17
		NH3 urbano	mg/km	(1,31E-06*K+0,862)*1,9
		NH3 rural	mg/km	(5,90E-08*K+0,994)*29,5
		NH3 autopista	mg/km	(5,95E-08*K+0,999)*64,6

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1)Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2)Materia Particulado MP no se considera para vehículos particulares a gasolina.

**Tabla 2-43: Vehículos Livianos Pasajeros Diesel.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Diesel (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros diesel convencional</b>	CO	gr/km	$5,41301 * V^{-0,574}$
		HC	gr/km	$4,61 * V^{-0,937}$
		NOx	gr/km	$0,8225 * (0,918 - 0,014 * V + 0,000101 * V^2) + 0,1775 * (1,331 - 0,018 * V + 0,000133 * V^2)$
		MP	gr/km	$0,45 - 0,0086 * V + 0,000058 * V^2$
		CC urbano	gr/km	$118,489 - 2,084 * V + 0,014 * V^2$
		CC rural	gr/km	$118,489 - 2,084 * V + 0,014 * V^2$
		CC autopista	gr/km	$118,489 - 2,084 * V + 0,014 * V^2$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,55 * MP) / 12,011) - ((0,7 * 0,55 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	28
		CH4 rural	mg/km	12
		CH4 autopista	mg/km	8
		N2O urbano	mg/km	0
		N2O rural	mg/km	0
		N2O autopista	mg/km	0
		NH3 urbano	mg/km	1
NH3 rural	mg/km	1		
NH3 autopista	mg/km	1		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Diesel (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros diesel EPA83</b>	CO	gr/km	$(9,96E-01 + -1,88E-02 * V + 1,09E-04 * V^2) / (1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V$
		HC	gr/km	$0,8225 * ((1,42E-01 + -2,01E-03 * V + 1,15E-05 * V^2) / (1 + 1,38E-02 * V + -1,90E-05 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,59E-01 + -2,46E-03 * V + 1,21E-05 * V^2) / (1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V)$
		NOx	gr/km	$(3,10E+00 + -6,18E-03 * V + 4,22E-04 * V^2) / (1 + 1,41E-01 * V + -5,03E-04 * V^2) + 0/V$
		MP	gr/km	$(1,14E-01 + -2,33E-03 * V + 2,26E-05 * V^2) / (1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V$
		CC urbano	gr/km	$0,8225 * ((1,45E+02 + -1,88E-01 * V + 9,47E-03 * V^2) / (1 + 6,73E-02 * V + -3,17E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		CC rural	gr/km	$0,8225 * ((1,45E+02 + -1,88E-01 * V + 9,47E-03 * V^2) / (1 + 6,73E-02 * V + -3,17E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		CC autopista	gr/km	$0,8225 * ((1,45E+02 + -1,88E-01 * V + 9,47E-03 * V^2) / (1 + 6,73E-02 * V + -3,17E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$

		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * V^2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,7 * MP) / 12,011) - ((0,4 * 0,7 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	11
		CH4 rural	mg/km	9
		CH4 autopista	mg/km	3
		N2O urbano	mg/km	2
		N2O rural	mg/km	4
		N2O autopista	mg/km	4
		NH3 urbano	mg/km	1
		NH3 rural	mg/km	1
		NH3 autopista	mg/km	1

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Diesel (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros diesel EPA94/Euro 3</b>	CO	gr/km	$(1,69E-01 + -2,92E-03 * V + 1,25E-05 * V^2) / (1 + 0 * V + 0 * V^2) + 1,1/V$
		HC	gr/km	$0,8225 * ((9,65E-02 + -2,38E-04 * V + 1,93E-06 * V^2) / (1 + 1,03E-01 * V + -7,24E-05 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((9,12E-02 + -1,68E-03 * V + 8,94E-06 * V^2) / (1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V)$
		NOx	gr/km	$(2,82E+00 + 6,69E-02 * V + -4,63E-04 * V^2) / (1 + 1,98E-01 * V + -1,43E-03 * V^2) + 0/V$
		MP	gr/km	$(5,15E-02 + -8,80E-04 * V + 8,12E-06 * V^2) / (1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V$
		CC urbano	gr/km	$0,8225 * ((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2) / (1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		CC rural	gr/km	$0,8225 * ((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2) / (1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		CC autopista	gr/km	$0,8225 * ((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2) / (1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * V^2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,85 * MP) / 12,011) - ((0,15 * 0,85 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	3
		CH4 rural	mg/km	0
		CH4 autopista	mg/km	0
		N2O urbano	mg/km	9
		N2O rural	mg/km	4
		N2O autopista	mg/km	4
		NH3 urbano	mg/km	1
NH3 rural	mg/km	1		
NH3 autopista	mg/km	1		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas aparte.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Diesel (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros diesel TIER1 CAL/Euro 4</b>	CO	gr/km	$0,0175+86,42*(1+EXP((V+117,67)/21,99))^{-1}$
		HC	gr/km	$(3,47E-02 + -6,41E-04*V + 1,12E-05*V^2)/(1 + 2,69E-02*V + 1,59E-03*V^2) + 0/V$
		NOx	gr/km	$(1,11E+00 + -2,02E-02 * V + 1,48E-04 * V^2)/(1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V$
		MP	gr/km	$(4,50E-02 + -5,39E-04 * V + 3,48E-06 * V^2)/(1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V$
		CC urbano (2)	gr/km	$0,8225*((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2)/(1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V)+0,1775*((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2)/(1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		CC rural (2)	gr/km	$0,8225*((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2)/(1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V)+0,1775*((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2)/(1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		CC autopista (2)	gr/km	$0,8225*((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2)/(1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V)+0,1775*((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2)/(1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,87*MP)/12,011)-((0,13*0,87*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	0
		CH4 rural	mg/km	0
		CH4 autopista	mg/km	0
		N2O urbano	mg/km	9
		N2O rural	mg/km	4
		N2O autopista	mg/km	4
NH3 urbano	mg/km	1		
NH3 rural	mg/km	1		
NH3 autopista	mg/km	1		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas aparte.

(2) No existen valores de CC para Euro 4 Diesel, se igualó a Euro 3.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Pasajeros Diesel (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros diesel BIN5/Euro 5</b>	CO	gr/km	$(0,0175+86,42*(1+EXP((V+117,67)/21,99))^{-1})*(1-0\%)$
		HC	gr/km	$((3,47E-02 + -6,41E-04*V + 1,12E-05*V^2)/(1 + 2,69E-02*V + 1,59E-03*V^2) + 0/V)*(1-0\%)$
		NOx	gr/km	$((1,11E+00 + -2,02E-02 * V + 1,48E-04 * V^2)/(1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V)*(1-28\%)$
		MP	gr/km	$((4,50E-02 + -5,39E-04 * V + 3,48E-06 * V^2)/(1 + 0 * V + 0 * V^2) + 0/V)*(1-95\%)$

	CC urbano	gr/km	$0,8225 * ((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2) / (1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
	CC rural	gr/km	$0,8225 * ((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2) / (1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
	CC autopista	gr/km	$0,8225 * ((1,62E+02 + 2,18E+00 * V + -1,28E-02 * V^2) / (1 + 1,23E-01 * V + -7,76E-04 * V^2) + 0/V) + 0,1775 * ((1,95E+02 + 1,87E-01 * V + 9,99E-03 * V^2) / (1 + 7,19E-02 * V + -3,32E-04 * V^2) + 0/V)$
	SO2	gr/km	2*0,00035*CC
	CO2	gr/km	44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-(MP/12,011))
	CH4 urbano	mg/km	0
	CH4 rural	mg/km	0
	CH4 autopista	mg/km	0
	N2O urbano	mg/km	9
	N2O rural	mg/km	4
	N2O autopista	mg/km	4
	NH3 urbano	mg/km	1
	NH3 rural	mg/km	1
	NH3 autopista	mg/km	1

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) No existen valores de CC, CH4 y N2O, para Euro 5 Diesel, se igualó a Euro 4.

(3) Fórmula Copert III, dado que no se presenta en Copert IV información para  $E_{ec}$  y  $E_{om}$ .

**Tabla 2-44: Otros Vehículos Livianos de Pasajeros.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Otros Vehículos Livianos Pasajeros (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Pasajeros a GNC<sup>(2)</sup> EPA83<sup>(3)</sup></b>	CO	gr/km	$(1,12E+01 + -1,02E-01 * V + 6,77E-04 * V^2) / (1 + 1,29E-01 * V + -9,47E-04 * V^2)$
		HC	gr/km	$(1,35E+00 + -6,77E-03 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,78E-01 * V + -1,27E-03 * V^2)$
		NOx	gr/km	$(5,25E-01 + -1,00E-02 * V + 9,36E-05 * V^2) / (1 + 0 * V + 0 * V^2)$
		CC urbano	gr/km	$0,00720 * V^2 - 0,9250 * V + 74,625$
		CC rural	gr/km	$0,00720 * V^2 - 0,9250 * V + 74,625$
		CC autopista	gr/km	$0,00720 * V^2 - 0,9250 * V + 74,625$
		SO2	gr/km	2*0,00015*CC
		CO2 <sup>(7)</sup>	gr/km	44,011*((CC/(12,011+1,008*3,9))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-(MP/12,011))
		CH4 urbano	mg/km	$(1,35E+00 + -6,77E-03 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,78E-01 * V + -1,27E-03 * V^2)$
		CH4 rural	mg/km	$(1,35E+00 + -6,77E-03 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,78E-01 * V + -1,27E-03 * V^2)$
		CH4 autopista	mg/km	$(1,35E+00 + -6,77E-03 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,78E-01 * V + -1,27E-03 * V^2)$

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

- (1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.  
 (2) Vehículos a gasolina duales convertidos a GNC.  
 (3) Para vehículos EPA94/Euro 3, cambiar FE de CO, HC y NOx por equivalentes de vehículos a gasolina.  
 (4) Material Particulado MP no se considera para vehículos particulares a GNC.  
 (5) Para Amonio no se presentan factores de emisión en Copert III ni Copert IV para vehículos a GNC.  
 (6) Factor de emisión para SO<sub>2</sub>, considera contenido de Azufre en el GNC de 150 ppm m/m.  
 (7) Fórmula Copert III, dado que no se presenta en Copert IV información para  $E_{ec}$  y  $E_{om}$ .  
 (8) Las emisiones de HC se aproximan a 100% metano.  
 (9) Para N<sub>2</sub>O no se presentan factores de emisión en Copert III ni Copert IV para vehículos a GNC.  
 (10) Para CC no existe valor en COPERT para vehículos livianos a GNC. Se utiliza valor de GLP considerando que GNC es un combustible gaseoso de similar poder calorífico.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Otros Vehículos Livianos Pasajeros (1)	Vehículos Livianos Pasajeros híbridos	CO	gr/km	$3,293 * V^{(-1,165)}$
		HC	gr/km	$(2,21E-03 + -4,44E-05 * V + 3,00E-07 * V^2)$
		NOx	gr/km	$(-1,00E-02 + 6,54E-04 * V + -3,76E-06 * V^2)$
		CC urbano	gr/km	$(3,8E+01 + -2,95E-01 * V + 2,99E-03 * V^2)$
		CC rural	gr/km	$(3,8E+01 + -2,95E-01 * V + 2,99E-03 * V^2)$
		CC autopista	gr/km	$(3,8E+01 + -2,95E-01 * V + 2,99E-03 * V^2)$
		SO <sub>2</sub>	gr/km	$2*0,00003*CC$
		CO <sub>2</sub> (4)	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-(MP/12,011))$

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

- (1) Para Taxis-colectivos y Vehículos de alquiler se consideran iguales factores de emisión que para Particulares gasolineros, por lo que no se presentan en tablas apartes.  
 (2) Materia Particulado MP no se considera para vehículos particulares híbridos.  
 (3) Para Metano, Óxido Nitroso y Amonio no se presentan factores de emisión en Copert III ni Copert IV para vehículos híbridos.  
 (4) Fórmula Copert III, dado que no se presenta en Copert IV información para  $E_{ec}$  y  $E_{om}$ .

**Tabla 2-1451: Vehículos Livianos Comerciales Gasolineros.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Vehículos Livianos Comerciales Gasolineros (1)	Vehículos Livianos Comerciales de uso particular gasolineros convencionales.	CO	gr/km	$57,789 + -1,5132 * V + 0,01104 * V^2$
		HC	gr/km	$5,4734 + -0,117 * V + 67,7E-05 * V^2$
		NOx	gr/km	$1,9547 + 0,0179 * V$
		CC urbano	gr/km	$0,0167*V^2 - 2,649*V + 161,51$
		CC rural	gr/km	$0,0167*V^2 - 2,649*V + 161,51$
		CC autopista	gr/km	$0,0167*V^2 - 2,649*V + 161,51$
		SO <sub>2</sub>	gr/km	$2*0,00003*CC$
		CO <sub>2</sub>	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,02*MP)/12,011)-((49*0,02*MP)/13,85))$
		CH <sub>4</sub> urbano	mg/km	131
		CH <sub>4</sub> rural	mg/km	86

		CH4 autopista	mg/km	41
		N2O urbano	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 10$
		N2O rural	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 6,5$
		N2O autopista	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 6,5$
		NH3 urbano	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 2$
		NH3 rural	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 2$
		NH3 autopista	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 2$

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Materia Particulado MP no se considera para vehículos livianos comerciales a gasolina.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos Livianos Comerciales Gasolina (1)</b>	<b>Vehículos Livianos Comerciales de uso particular gasolineros EPA83</b>	CO	gr/km	$19,127 + -0,5215 * V + 0,0037 * V^2$
		HC	gr/km	$0,5462 + -0,01047 * V + 5,77E-05 * V^2$
		NOx	gr/km	$0,666 + -0,009 * V + 7,55E-05 * V^2$
		CC urbano	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		CC rural	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		CC autopista	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00003 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,25 * MP) / 12,011) - ((2,5 * 0,25 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	26
		CH4 rural	mg/km	16
		CH4 autopista	mg/km	14
		N2O urbano	mg/km	$(2,33E-06 * K + 0,53) * 41,5$
		N2O rural	mg/km	$(2,90E-06 * K + 0,747) * 18,5$
		N2O autopista	mg/km	$(2,87E-06 * K + 0,739) * 9,4$
		NH3 urbano	mg/km	$(0,00E+00 * K + 1) * 70$
		NH3 rural	mg/km	$(5,94E-08 * K + 0,999) * 131$
NH3 autopista	mg/km	$(5,94E-08 * K + 0,998) * 73,3$		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Materia Particulado MP no se considera para vehículos comerciales a gasolina.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Comerciales Gasolina (1)</b>	<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros EPA91</b>	CO	gr/km	$(19,127 + -0,5215 * V + 0,0037 * V^2) * (1 - 0,39)$
		HC	gr/km	$(0,5462 + -0,01047 * V + 5,77E-05 * V^2) * (1 - 0,76)$
		NOx	gr/km	$(0,666 + -0,009 * V + 7,55E-05 * V^2) * (1 - 0,66)$
		CC urbano (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		CC rural (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$

	CC autopista (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
	SO2	gr/km	$2 * 0,00003 * CC$
	CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,25 * MP) / 12,011) - ((2,5 * 0,25 * MP) / 13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	17
	CH4 rural	mg/km	13
	CH4 autopista	mg/km	11
	N2O urbano	mg/km	$(2,40E-06 * K + 0,68) * 23,9$
	N2O rural	mg/km	$(2,67E-06 * K + 0,76) * 12,2$
	N2O autopista	mg/km	$(2,50E-06 * K + 0,75) * 7,7$
	NH3 urbano	mg/km	$(1,47E-06 * K + 0,964) * 143$
	NH3 rural	mg/km	$(5,95E-08 * K + 0,999) * 148$
	NH3 autopista	mg/km	$(5,94E-08 * K + 0,999) * 83,3$

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Materia Particulado MP no se considera para vehículos livianos comerciales a gasolina.

(3) CC no existe en Copert IV, se igualó a Euro 1, según metodología UNTEC (2008).

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Comerciales Gasolina (1)</b>	<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros EPA94/Euro 3</b>	CO	gr/km	$(19,127 + -0,5215 * V + 0,0037 * V^2) * (1 - 0,48)$
		HC	gr/km	$(0,5462 + -0,01047 * V + 5,77E-05 * V^2) * (1 - 0,86)$
		NOx	gr/km	$(0,666 + -0,009 * V + 7,55E-05 * V^2) * (1 - 0,79)$
		CC urbano (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		CC rural (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		CC autopista (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00003 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,15 * MP) / 12,011) - ((3 * 0,15 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	3
		CH4 rural	mg/km	2
		CH4 autopista	mg/km	4
		N2O urbano	mg/km	$(2,81E-06 * K + 0,64) * 7,4$
		N2O rural	mg/km	$(1,27E-06 * K + 0,837) * 1,4$
		N2O autopista	mg/km	$(1,27E-06 * K + 0,837) * 1,4$
		NH3 urbano	mg/km	$(1,31E-06 * K + 0,862) * 1,9$
		NH3 rural	mg/km	$(5,90E-08 * K + 0,994) * 29,5$
		NH3 autopista	mg/km	$(5,95E-08 * K + 0,999) * 64,6$

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Materia Particulado MP no se considera para vehículos livianos comerciales a gasolina.

(3) CC no existe en Copert IV, se igualó a EPA83, según metodología UNTEC (2008).

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Comerciales Gasolina (1)	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros BIN8/Euro 4	CO	gr/km	$(19,127 + -0,5215 * V + 0,0037 * V^2) * (1 - 0,72)$
		HC	gr/km	$(0,5462 + -0,01047 * V + 5,77E-05 * V^2) * (1 - 0,94)$
		NOx	gr/km	$(0,666 + -0,009 * V + 7,55E-05 * V^2) * (1 - 0,90)$
		CC urbano (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		CC rural (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		CC autopista (3)	gr/km	$0,0195 * V^2 - 3,09 * V + 188,85$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00003 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,15 * MP) / 12,011) - ((3 * 0,15 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	2
		CH4 rural	mg/km	2
		CH4 autopista	mg/km	0
		N2O urbano	mg/km	$(6,57E-07 * K + 0,925) * 1,2$
		N2O rural	mg/km	$(6,33E-06 * K + 0,278) * 0,3$
		N2O autopista	mg/km	$(6,33E-06 * K + 0,278) * 0,3$
NH3 urbano	mg/km	$(1,31E-06 * K + 0,862) * 1,9$		
NH3 rural	mg/km	$(5,90E-08 * K + 0,994) * 29,5$		
NH3 autopista	mg/km	$(5,95E-08 * K + 0,999) * 64,6$		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Materia Particulado MP no se considera para vehículos livianos comerciales a gasolina.

(3) CC no existe en Copert IV, se igualó a EPA83, según metodología UNTEC (2008).

**Tabla 2-142: Vehículos livianos comerciales Diesel.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Comerciales Diesel (1)	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel convencionales	CO	gr/km	$20E-05 * V^2 - 0,0256 * V + 1,8281$
		HC	gr/km	$1,75E-05 * V^2 - 0,00284 * V + 0,2162$
		NOx	gr/km	$81,6E-05 * V^2 - 0,1189 * V + 5,1234$
		MP	gr/km	$1,25E-05 * V^2 - 0,000577 * V + 0,288$
		CC urbano	gr/km	$0,02113 * V^2 - 2,65 * V + 148,91$
		CC rural	gr/km	$0,02113 * V^2 - 2,65 * V + 148,91$
		CC autopista	gr/km	$0,02113 * V^2 - 2,65 * V + 148,91$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,55 * MP) / 12,011) - ((0,7 * 0,55 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	28
		CH4 rural	mg/km	12
		CH4 autopista	mg/km	8

		N2O urbano	mg/km	0
		N2O rural	mg/km	0
		N2O autopista	mg/km	0
		NH3 urbano	mg/km	1
		NH3 rural	mg/km	1
		NH3 autopista	mg/km	1

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Comerciales Diesel (1)</b>	<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel EPA83</b>	CO	gr/km	$1,076 + - 0,026 * V + 22,3E-05 * V^2$
		HC	gr/km	$0,2162 + - 0,00284 * V + 1,75E-05 * V^2$
		NOx	gr/km	$2,0247 + - 0,03181 * V + 24,1E-05 * V^2$
		MP	gr/km	$0,1932 + - 0,004885 * V + 4,5E-05 * V^2$
		CC urbano	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC rural	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC autopista	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,7 * MP) / 12,011) - ((0,4 * 0,7 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	11
		CH4 rural	mg/km	9
		CH4 autopista	mg/km	3
		N2O urbano	mg/km	2
		N2O rural	mg/km	4
		N2O autopista	mg/km	4
		NH3 urbano	mg/km	1
		NH3 rural	mg/km	1
NH3 autopista	mg/km	1		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Comerciales Diesel (1)</b>	<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel EPA91</b>	CO	gr/km	$(1,076 + - 0,026 * V + 22,3E-05 * V^2) * (1 - 0)$
		HC	gr/km	$(0,2162 + - 0,00284 * V + 1,75E-05 * V^2) * (1 - 0)$
		NOx	gr/km	$(2,0247 + - 0,03181 * V + 24,1E-05 * V^2) * (1 - 0)$
		MP	gr/km	$(0,1932 + - 0,004885 * V + 4,5E-05 * V^2) * (1 - 0)$
		CC urbano (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC rural (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$

	CC autopista (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
	SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$
	CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,8 * MP) / 12,011) - ((0,23 * 0,8 * MP) / 13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	7
	CH4 rural	mg/km	3
	CH4 autopista	mg/km	2
	N2O urbano	mg/km	4
	N2O rural	mg/km	6
	N2O autopista	mg/km	6
	NH3 urbano	mg/km	1
	NH3 rural	mg/km	1
	NH3 autopista	mg/km	1

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Para el Consumo en combustible en EPA91 diesel, no existe FE Copert IV, por lo que se igualó a EPA83.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Comerciales Diesel (1)</b>	<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel EPA94/Euro 3</b>	CO	gr/km	$(1,076 + - 0,026 * V + 22,3E-05 * V^2) * (1 - 0,18)$
		HC	gr/km	$(0,2162 + - 0,00284 * V + 1,75E-05 * V^2) * (1 - 0,38)$
		NOx	gr/km	$(2,0247 + - 0,03181 * V + 24,1E-05 * V^2) * (1 - 0,16)$
		MP	gr/km	$(0,1932 + - 0,004885 * V + 4,5E-05 * V^2) * (1 - 0,33)$
		CC urbano (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC rural (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC autopista (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,85 * MP) / 12,011) - ((0,15 * 0,85 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	3
		CH4 rural	mg/km	0
		CH4 autopista	mg/km	0
		N2O urbano	mg/km	9
		N2O rural	mg/km	4
		N2O autopista	mg/km	4
		NH3 urbano	mg/km	1
		NH3 rural	mg/km	1
NH3 autopista	mg/km	1		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas aparte.

(2) Para el Consumo en combustible en Euro 3 diesel, no existe FE Copert IV, por lo que se igualó a EPA83.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos livianos comerciales Diesel (1)</b>	<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel BIN8/Euro 4</b>	CO	gr/km	$(1,076 + - 0,026 * V + 22,3E-05 * V^2) * (1 - 0,35)$
		HC	gr/km	$(0,2162 + - 0,00284 * V + 1,75E-05 * V^2) * (1 - 0,77)$
		NOx	gr/km	$(2,0247 + - 0,03181 * V + 24,1E-05 * V^2) * (1 - 0,32)$
		MP	gr/km	$(0,1932 + - 0,004885 * V + 4,5E-05 * V^2) * (1 - 0,65)$
		CC urbano (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC rural (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC autopista (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,87 * MP) / 12,011) - ((0,13 * 0,87 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	0
		CH4 rural	mg/km	0
		CH4 autopista	mg/km	0
		N2O urbano	mg/km	9
		N2O rural	mg/km	4
		N2O autopista	mg/km	4
NH3 urbano	mg/km	1		
NH3 rural	mg/km	1		
NH3 autopista	mg/km	1		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas aparte.

(2) Para el Consumo en combustible en Euro 4 diesel, no existe FE Copert IV, por lo que se igualó a EPA83.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Vehículos livianos comerciales Diesel (1)</b>	<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel BIN5/Euro 5</b>	CO	gr/km	$(1,076 + - 0,026 * V + 22,3E-05 * V^2) * (1- 0,35)$
		HC	gr/km	$(0,2162 + - 0,00284 * V + 1,75E-05 * V^2) * (1- 0,77)$
		NOx	gr/km	$(2,0247 + - 0,03181 * V + 24,1E-05 * V^2) * (1-0,51)$
		MP	gr/km	$(0,1932 + - 0,004885 * V + 4,5E-05 * V^2) * (1-0,9825)$
		CC urbano (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC rural (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		CC autopista (2)	gr/km	$0,0198 * V^2 - 2,506 * V + 137,42$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00035 * CC$
		CO2 (3)	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 2)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - (MP / 12,011))$
		CH4 urbano	mg/km	0
		CH4 rural	mg/km	0
		CH4 autopista	mg/km	0
		N2O urbano	mg/km	9
		N2O rural	mg/km	4
		N2O autopista	mg/km	4
		NH3 urbano	mg/km	1
		NH3 rural	mg/km	1
NH3 autopista	mg/km	1		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Para el Consumo en combustible en Euro 5 diesel, no existe FE Copert IV, por lo que se igualó a EPA83.

(3) Fórmula Copert III, dado que no se presenta en Copert IV información para  $E_{ec}$  y  $E_{om}$ .

(4) Para Metano y Óxido Nitroso no se presentan factores de emisión en Copert IV para vehículos Euro 5 Diesel, por lo que se igualaron a Euro 4.

**Tabla 2-143: Otros Vehículos livianos comerciales.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Otros Vehículos livianos comerciales (1)</b>	<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular a GNC<sup>(2)</sup> EPA83<sup>(3)</sup></b>	CO	gr/km	$19,127 + - 0,5215 * V + 0,0037 * V^2$
		HC	gr/km	$0,5462 + - 0,01047 * V + 5,77E-05 * V^2$
		NOx	gr/km	$0,666 + - 0,009 * V + 7,55E-05 * V^2$
		CC urbano	gr/km	$0,00720 * V^2 - 0,9250 * V + 74,625$
		CC rural	gr/km	$0,00720 * V^2 - 0,9250 * V + 74,625$
		CC autopista	gr/km	$0,00720 * V^2 - 0,9250 * V + 74,625$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00015 * CC$
		CO2 <sup>(7)</sup>	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 3,9)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - (MP / 12,011))$
		CH4 urbano	mg/km	$(1,35E+00 + - 6,77E-03 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,78E-01 * V + - 1,27E-03 * V^2)$
		CH4 rural	mg/km	$(1,35E+00 + - 6,77E-03 * V + 0 * V^2) / (1 + 1,78E-01 * V + - 1,27E-03 * V^2)$

		CH4 autopista	mg/km	$(1,35E+00 + -6,77E-03 * V + 0 * V^2)/(1 + 1,78E-01 * V + -1,27E-03 * V^2)$
--	--	---------------	-------	---

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1) Para vehículos livianos comerciales de uso de empresa y vehículos medianos se consideran iguales factores de emisión que para vehículos livianos comerciales de uso particular, por lo que no se presentan en tablas apartes.

(2) Vehículos a gasolina duales convertidos a GNC.

(3) Para vehículos EPA91 y EPA94/Euro 3, cambiar FE de CO, HC y NOx por equivalentes de vehículos a gasolina.

(4) Material Particulado MP no se considera para vehículos particulares a GNC.

(5) Para Amonio no se presentan factores de emisión en Copert III ni Copert IV para vehículos a GNC.

(6) Factor de emisión para SO2, considera contenido de Azufre en el GNC de 150 ppm m/m.

(7) Fórmula Copert III, dado que no se presenta en Copert IV información para  $E_{ec}$  y  $E_{om}$ .

(8) Las emisiones de HC se aproximan a 100% metano.

(9) Para N2O no se presentan factores de emisión en Copert III ni Copert IV para vehículos a GNC.

(10) Para CC no existe valor en COPERT para vehículos livianos a GNC. Se utiliza valor de GLP considerando que GNC es un combustible gaseoso de similar poder calorífico.

**Tabla 2-144: Motocicletas 2 Tiempos.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Motocicletas	Motocicletas de dos tiempos sin norma (10-60 km/h)	CO	gr/km	$-0,00100 * V^2 + 0,1720 * V + 18,10$
		HC	gr/km	$0,00350 * V^2 - 0,4090 * V + 20,10$
		NOx	gr/km	$0,00003 * V^2 - 0,0020 * V + 0,064$
		MP	gr/km	0,2
		CC urbano	gr/km	$4,440E+01 + -6,028E-01 * V + 6,300E-03 * V^2$
		SO2	gr/km	$2 * 0,00003 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC/(12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO/28,011) - (HC/13,85) - ((0,1 * MP)/12,011) - ((9 * 0,1 * MP)/13,85))$
	Motocicletas de dos tiempos sin norma (60-110 km/h)	CO	gr/km	$1,000E-04 * V^2 + 5,000E-02 * V + 2,150E+01$
		HC	gr/km	$3,000E-04 * V^2 - 5,240E-02 * V + 1,060E+01$
		NOx	gr/km	$-2,000E-05 * V^2 + 4,900E-03 * V + 1,570E-01$
		MP	gr/km	0,2
		CC rural	gr/km	$1,820E+01 + 2,375E-01 * V + -5,000E-04 * V^2$
		CC autopista	gr/km	$1,820E+01 + 2,375E-01 * V + -5,000E-04 * V^2$
	Motocicletas de dos tiempos sin norma (Toda velocidad)	SO2	gr/km	$2 * 0,00003 * CC$
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC/(12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO/28,011) - (HC/13,85) - ((0,1 * MP)/12,011) - ((9 * 0,1 * MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	150
		CH4 rural	mg/km	150
		CH4 autopista	mg/km	150
		N2O urbano	mg/km	2
		N2O rural	mg/km	2
		N2O autopista	mg/km	2
	NH3 urbano	mg/km	2	

	NH3 rural	mg/km	2
	NH3 autopista	mg/km	2

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Motocicletas	Motocicletas de dos tiempos Euro 1 (10-60 km/h)	CO	gr/km	$-0,0063*V^2+0,715*V-6,9$
		HC	gr/km	$(-0,00100*V^2+0,0970*V+3,90)$
		NOx	gr/km	$0,00002*V^2-0,0010*V+0,032$
		MP	gr/km	0,08
		CC urbano	gr/km	$1,780E+01+2,008E-01*V+-1,100E-03*V^2$
	Motocicletas de dos tiempos Euro 1 (60-110 km/h)	CO	gr/km	$-7,000E-04*V^2+1,570E-01*V-6,000E+00$
		HC	gr/km	$(-3,000E-04*V^2+3,250E-02*V+5,200E+00)$
		NOx	gr/km	$-2,000E-05*V^2+4,100E-03*V+-1,520E-01$
		MP	gr/km	0,08
		CC rural	gr/km	$1,460E+01+2,425E-01*V+-1,000E-03*V^2$
	CC autopista	gr/km	$1,460E+01+2,425E-01*V+-1,000E-03*V^2$	
	Motocicletas de dos tiempos Euro 1 (Toda velocidad)	SO2	gr/km	$2*0,00003*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,2*MP)/12,011)-((4*0,2*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	$150*(1-34\%)$
		CH4 rural	mg/km	$150*(1-29\%)$
		CH4 autopista	mg/km	$150*(1-35\%)$
		N2O urbano	mg/km	2
		N2O rural	mg/km	2
		N2O autopista	mg/km	2
NH3 urbano		mg/km	2	
NH3 rural		mg/km	2	
NH3 autopista	mg/km	2		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Motocicletas	Motocicletas de dos tiempos Euro 2 (10-60 km/h)	CO	gr/km	$(-0,0063*V^2+0,715*V-6,9) * (0,688)$
		HC	gr/km	$(-0,00100*V^2+0,0970*V+3,90) * (3,00E-01)$
		NOx	gr/km	$(0,00002*V^2-0,0010*V+0,032) * (3,70E+00)$
		MP	gr/km	0,04
		CC urbano	gr/km	$(1,780E+01+2,008E-01*V+-1,100E-03*V^2)*(9,10E-01)$
	Motocicletas de dos tiempos Euro 2 (60-110 km/h)	CO	gr/km	$(-7,000E-04*V^2+1,570E-01*V-6,000E+00) * (6,88E-01)$
		HC	gr/km	$(-3,000E-04*V^2+3,250E-02*V+5,200E+00) * (3,00E-01)$
		NOx	gr/km	$(-2,000E-05*V^2+4,100E-03*V+-1,520E-01) * (3,70E+00)$
		MP	gr/km	0,04
		CC rural	gr/km	$(1,460E+01+2,425E-01*V+-1,000E-03*V^2)*(9,10E-01)$
	CC autopista	gr/km	$(1,460E+01+2,425E-01*V+-1,000E-03*V^2)*(9,10E-01)$	
	Motocicletas de dos tiempos Euro 2 (Toda velocidad)	SO2	gr/km	$2*0,00003*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,2*MP)/12,011)-((4*0,2*MP)/13,85))$

	<b>velocidad)</b>	CH4 urbano	mg/km	150*(1-80%)
		CH4 rural	mg/km	150*(1-79%)
		CH4 autopista	mg/km	150*(1-80%)
		N2O urbano	mg/km	2
		N2O rural	mg/km	2
		N2O autopista	mg/km	2
		NH3 urbano	mg/km	2
		NH3 rural	mg/km	2
		NH3 autopista	mg/km	2

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Motocicletas</b>	<b>Motocicletas de dos tiempos Euro 3 (10-60 km/h)</b>	CO	gr/km	$(-0,0063*V^2+0,715*V-6,9) * (0,167)$
		HC	gr/km	$(-0,00100*V^2+0,0970*V+3,90) * (1,20E-01)$
		NOx	gr/km	$(0,00002*V^2-0,0010*V+0,032) * (1,00E+01)$
		MP	gr/km	0,012
		CC urbano	gr/km	$(1,780E+01+2,008E-01*V+-1,100E-03*V^2)*(7,00E-01)$
	<b>Motocicletas de dos tiempos Euro 3 (60-110 km/h)</b>	CO	gr/km	$(-7,000E-04*V^2+1,570E-01*V-6,000E+00) * (1,67E-01)$
		HC	gr/km	$(-3,000E-04*V^2+3,250E-02*V+5,200E+00) * (1,20E-01)$
		NOx	gr/km	$(-2,000E-05*V^2+4,100E-03*V+-1,520E-01) * (1,00E+01)$
		MP	gr/km	0,012
		CC rural	gr/km	$(1,460E+01+2,425E-01*V+-1,000E-03*V^2)*(7,00E-01)$
	CC autopista	gr/km	$(1,460E+01+2,425E-01*V+-1,000E-03*V^2)*(7,00E-01)$	
	<b>Motocicletas de dos tiempos Euro 3 (Toda velocidad)</b>	SO2	gr/km	2*0,00003*CC
		CO2 (1)	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-(MP/12,011))$
		CH4 urbano	mg/km	150*(1-92%)
		CH4 rural	mg/km	150*(1-91%)
		CH4 autopista	mg/km	150*(1-92%)
		N2O urbano	mg/km	2
		N2O rural	mg/km	2
		N2O autopista	mg/km	2
		NH3 urbano	mg/km	2
		NH3 rural	mg/km	2
NH3 autopista		mg/km	2	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

(1) Fórmula Copert III, dado que no se presenta en Copert IV información para  $E_{ec}$  y  $E_{om}$ .

**Tabla 2-46: Motocicletas 4 Tiempos.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Motocicletas</b>	<b>Motocicletas de cuatro tiempos sin norma (10-60 km/h)</b>	CO	gr/km	$0,7400*(1,93E-02*V^2-1,92E+00*V+6,83E+01)+0,106*(1,39E-02*V^2+-1,42E+00*V+5,50E+01)+0,154*(1,23E-02*V^2+-1,19E+00*V+4,28E+01)$
		HC	gr/km	$0,7400*(1,90E-03*V^2-2,11E-01*V+6,95E+00)+0,106*(1,50E-03*V^2+-1,64E-01*V+5,51E+00)+0,154*(2,20E-03*V^2+-2,57E-01*V+9,28E+00)$

	NOx	gr/km	$0,7400*(5,00E-05*V^2 - 1,00E-03*V + 9,00E-02) + 0,106*(5,00E-05*V^2 + -9,00E-04*V + 9,20E-02) + 0,154*(5,00E-05*V^2 + -8,00E-04*V + 1,00E-01)$
	CC urbano	gr/km	$0,7400*(6,79E+01 + -1,87E+00*V + 1,89E-02*V^2) + 0,106*(2,73E-02*V^2 + -2,85E+00*V + 9,89E+01) + 0,154*(2,87E-02*V^2 + -3,11E+00*V + 1,16E+02)$
<b>Motocicletas de cuatro tiempos sin norma (60-110 km/h)</b>	CO	gr/km	$0,7400*(1,70E-03*V^2 + 1,21E-01*V + 9,50E+00) + 0,106*(9,00E-04*V^2 + -9,90E-03*V + 1,78E+01) + 0,154*(5,00E-04*V^2 + 1,24E-01*V + 6,90E+00)$
	HC	gr/km	$0,7400*(9,00E-04*V^2 - 1,41E-01*V + 6,42E+00) + 0,106*(1,00E-05*V^2 + 5,00E-04*V + 8,60E-01) + 0,154*(1,00E-04*V^2 + -3,10E-02*V + 3,29E+00)$
	NOx	gr/km	$0,7400*(2,00E-05*V^2 + 6,00E-04*V + 1,02E-01) + 0,106*(2,00E-05*V^2 + 7,00E-04*V + 1,04E-01) + 0,154*(2,00E-05*V^2 + 8,00E-04*V + 1,12E-01)$
	CC rural	gr/km	$0,7400*(8,00E-04*V^2 + 1,61E-01*V + 1,15E+01) + 0,106*(2,10E-03*V^2 + -1,55E-01*V + 2,92E+01) + 0,154*(1,80E-03*V^2 + -1,64E-01*V + 3,70E+01)$
	CC autopista	gr/km	$0,7400*(8,00E-04*V^2 + 1,61E-01*V + 1,15E+01) + 0,106*(2,10E-03*V^2 + -1,55E-01*V + 2,92E+01) + 0,154*(1,80E-03*V^2 + -1,64E-01*V + 3,70E+01)$
<b>Motocicletas de cuatro tiempos sin norma (Toda velocidad)</b>	SO2	gr/km	2*0,00003*CC
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011 + 1,008*1,8)) - (CO/28,011) - (HC/13,85) - ((0,15*MP)/12,011) - ((5,6*0,15*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	200
	CH4 rural	mg/km	200
	CH4 autopista	mg/km	200
	N2O urbano	mg/km	2
	N2O rural	mg/km	2
	N2O autopista	mg/km	2
	NH3 urbano	mg/km	2
NH3 rural	mg/km	2	
NH3 autopista	mg/km	2	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Nota:

(1) No se considera MP para motocicletas de cuatro tiempos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Motocicletas</b>	<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 1 (10-60 km/h)</b>	CO	gr/km	$0,7400*(-4,68E-04*V^2 + 1,08E-01*V + 9,33E+00) + 0,106*(1,51E-03*V^2 + -4,02E-02*V + 8,73E+00) + 0,154*(2,79E-03*V^2 + -3,42E-01*V + 1,71E+01)$
		HC	gr/km	$0,7400*(-1,53E-04*V^2 + 3,44E-03*V + 1,21E+00) + 0,106*(1,59E-04*V^2 + -2,58E-02*V + 1,78E+00) + 0,154*(3,36E-04*V^2 + -5,12E-02*V + 2,68E+00)$
		NOx	gr/km	$0,7400*(7,66E-05*V^2 + -2,73E-03*V + 2,32E-01) + 0,106*(5,23E-05*V^2 + 4,30E-04*V + 1,91E-01) + 0,154*(1,43E-04*V^2 + -5,32E-03*V + 1,94E-01)$
		CC urbano	gr/km	$0,7400*(8,40E-03*V^2 + -6,77E-01*V + 3,57E+01) + 0,106*(6,44E-03*V^2 + -6,96E-01*V + 4,65E+01) + 0,154*(7,22E-03*V^2 + -1,08E+00*V + 7,66E+01)$

<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 1 (60-110 km/h)</b>	CO	gr/km	$0,7400*(-4,68E-04*V^2+1,08E-01*V+9,33E+00)+0,106*(1,51E-03*V^2+-4,02E-02*V+8,73E+00)+0,154*(2,79E-03*V^2+-3,42E-01*V+1,71E+01)$
	HC	gr/km	$0,7400*(0,00E+00*V^2+0,00E+00*V+8,70E-01)+0,106*(1,59E-04*V^2+-2,58E-02*V+1,78E+00)+0,154*(3,36E-04*V^2+-5,12E-02*V+2,68E+00)$
	NOx	gr/km	$0,7400*(7,66E-05*V^2+-2,73E-03*V+2,32E-01)+0,106*(5,23E-05*V^2+-4,30E-04*V+1,91E-01)+0,154*(1,43E-04*V^2+-5,32E-03*V+1,94E-01)$
	CC rural	gr/km	$0,7400*(8,40E-03*V^2+-6,77E-01*V+3,57E+01)+0,106*(6,44E-03*V^2+-6,96E-01*V+4,65E+01)+0,154*(7,22E-03*V^2+-1,08E+00*V+7,66E+01)$
	CC autopista	gr/km	$0,7400*(8,40E-03*V^2+-6,77E-01*V+3,57E+01)+0,106*(6,44E-03*V^2+-6,96E-01*V+4,65E+01)+0,154*(7,22E-03*V^2+-1,08E+00*V+7,66E+01)$
<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 1 (Toda velocidad)</b>	SO2	gr/km	$2*0,00003*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*1,8))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,25*MP)/12,011)-((3*0,25*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	$200*(1-29\%)$
	CH4 rural	mg/km	$200*(1-28\%)$
	CH4 autopista	mg/km	$200*(1-34\%)$
	N2O urbano	mg/km	2
	N2O rural	mg/km	2
	N2O autopista	mg/km	2
	NH3 urbano	mg/km	2
NH3 rural	mg/km	2	
NH3 autopista	mg/km	2	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Nota:

(1) No se considera MP para motocicletas de cuatro tiempos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Motocicletas</b>	<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 2 (10-60 km/h)</b>	CO	gr/km	U=6,472
		HC	gr/km	U=1,053
		NOx	gr/km	U=0,195
		CC urbano	gr/km	$0,7400*(8,40E-03*V^2+-6,77E-01*V+3,57E+01)+0,106*(6,44E-03*V^2+-6,96E-01*V+4,65E+01)+0,154*(7,22E-03*V^2+-1,08E+00*V+7,66E+01)$
	<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 2 (60-110 km/h)</b>	CO	gr/km	R= 5,947 ; A=9,309
		HC	gr/km	R= 0,557; A=0,612
		NOx	gr/km	R= 0,265; A=0,531
		CC rural	gr/km	$0,7400*(8,40E-03*V^2+-6,77E-01*V+3,57E+01)+0,106*(6,44E-03*V^2+-6,96E-01*V+4,65E+01)+0,154*(7,22E-03*V^2+-1,08E+00*V+7,66E+01)$
		CC autopista	gr/km	$0,7400*(8,40E-03*V^2+-6,77E-01*V+3,57E+01)+0,106*(6,44E-03*V^2+-6,96E-01*V+4,65E+01)+0,154*(7,22E-03*V^2+-1,08E+00*V+7,66E+01)$
	<b>Motocicletas de cuatro</b>	SO2	gr/km	$2*0,00003*CC$

	<b>tiempos Euro 2 (Toda velocidad)</b>	CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,25 * MP) / 12,011) - ((3 * 0,25 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	200*(1-32%)
		CH4 rural	mg/km	200*(1-54%)
		CH4 autopista	mg/km	200*(1-54%)
		N2O urbano	mg/km	2
		N2O rural	mg/km	2
		N2O autopista	mg/km	2
		NH3 urbano	mg/km	2
		NH3 rural	mg/km	2
		NH3 autopista	mg/km	2

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Nota:

(1) No se considera MP para motocicletas de cuatro tiempos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Motocicletas</b>	<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 3 (10-60 km/h)</b>	CO	gr/km	U=4,705
		HC	gr/km	U=0,628
		NOx	gr/km	U=0,126
		CC urbano	gr/km	$0,7400 * (8,40E-03 * V^2 + -6,77E-01 * V + 3,57E+01) + 0,106 * (6,44E-03 * V^2 + -6,96E-01 * V + 4,65E+01) + 0,154 * (7,22E-03 * V^2 + -1,08E+00 * V + 7,66E+01)$
	<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 3 (60-110 km/h)</b>	CO	gr/km	R=1,581; A=2,241
		HC	gr/km	R=0,193; A=0,179
		NOx	gr/km	R=0,150; A=0,329
		CC rural	gr/km	$0,7400 * (8,40E-03 * V^2 + -6,77E-01 * V + 3,57E+01) + 0,106 * (6,44E-03 * V^2 + -6,96E-01 * V + 4,65E+01) + 0,154 * (7,22E-03 * V^2 + -1,08E+00 * V + 7,66E+01)$
		CC autopista	gr/km	$0,7400 * (8,40E-03 * V^2 + -6,77E-01 * V + 3,57E+01) + 0,106 * (6,44E-03 * V^2 + -6,96E-01 * V + 4,65E+01) + 0,154 * (7,22E-03 * V^2 + -1,08E+00 * V + 7,66E+01)$
	<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 3 (Toda velocidad)</b>	SO2	gr/km	2*0,00003*CC
		CO2	gr/km	$44,011 * ((CC / (12,011 + 1,008 * 1,8)) - (CO / 28,011) - (HC / 13,85) - ((0,25 * MP) / 12,011) - ((2,5 * 0,25 * MP) / 13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	200*(1-59%)
		CH4 rural	mg/km	200*(1-84%)
		CH4 autopista	mg/km	200*(1-86%)
		N2O urbano	mg/km	2
		N2O rural	mg/km	2
		N2O autopista	mg/km	2
		NH3 urbano	mg/km	2
		NH3 rural	mg/km	2
NH3 autopista		mg/km	2	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Nota:

(1) No se considera MP para motocicletas de cuatro tiempos.

**Tabla 2-47: Camiones Livianos.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Livianos	Camiones livianos diesel sin norma	CO	gr/km	$(1,331007267+(21,84497431/(1+EXP((( -1)^{-0,504971269}+(0,312821696*\ln(V))))+(0,047556882*V))))$
		HC	gr/km	$(1/(((0,0000255845*(V^2))+(0,015857327*V))+0,11191229))$
		NOx	gr/km	$((9,468632772+(0,044296468*V))+((-0,327015573-0,044296468)*(1-EXP((( -1)^*0,044431139)*V)))/0,044431139)$
		MP	gr/km	$((0,246679579+(0,98444883*EXP((( -1)^*0,057388565)*V)))+(1,357528458*EXP((( -1)^*0,267497365)*V))$
		CC urbano	gr/km	$(1/((( -1,91572782364273E-06*(V^2))+(0,00022762309493391*V))+0,00230855727238828))$
		CC rural	gr/km	$(1/((( -1,91572782364273E-06*(V^2))+(0,00022762309493391*V))+0,00230855727238828))$
		CC autopista	gr/km	$(1/((( -1,91572782364273E-06*(V^2))+(0,00022762309493391*V))+0,00230855727238828))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2)-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,5*MP)/12,011)-((0,8*0,5*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	85
		CH4 rural	mg/km	23
		CH4 autopista	mg/km	20
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30
		N2O autopista (1)	mg/km	30
NH3 urbano	mg/km	3		
NH3 rural	mg/km	3		
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Livianos	Camiones livianos diesel Euro I	CO	gr/km	$((2,762608227+(0,004218898*V))+((-0,138811741-0,004218898)*(1-EXP((( -1)^*0,055438902)*V)))/0,055438902)$
		HC	gr/km	$((0,130363868+(0,655681829*EXP((( -1)^*0,04140847)*V)))+(0,579903628*EXP((( -1)^*0,179881863)*V))$
		NOx	gr/km	$((8,131803541+(0,024220075*V))+((-0,407155212-0,024220075)*(1-EXP((( -1)^*0,065873609)*V)))/0,065873609)$
		MP	gr/km	$(0,096416727+(3,437798543/(1+EXP((( -1)^{-1,419390951}+(0,249711482*\ln(V))))+(0,054873079*V))))$
		CC urbano	gr/km	$((0,000300364313299663*(V^2,68877245308691))+(465,2532001309*(V^{-0,439861821573344}))$
		CC rural	gr/km	$((0,000300364313299663*(V^2,68877245308691))+(465,2532001309*(V^{-0,439861821573344}))$
		CC autopista	gr/km	$((0,000300364313299663*(V^2,68877245308691))+(465,2532001309*(V^{-0,439861821573344}))$

	SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	85
	CH4 rural	mg/km	23
	CH4 autopista	mg/km	20
	N2O urbano (1)	mg/km	30
	N2O rural (1)	mg/km	30
	N2O autopista (1)	mg/km	30
	NH3 urbano	mg/km	3
	NH3 rural	mg/km	3
	NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Camiones Livianos</b>	<b>Camiones livianos diesel Euro 2</b>	CO	gr/km	$(1/((( -0,000401996*(V^2))+(0,056093806*V))+0,251138399))$
		HC	gr/km	$((0,078487704+(0,408108803*EXP((( -1)*0,039071896)*V)))+(0,415617456*EXP((( -1)*0,170177395)*V)))$
		NOx	gr/km	$((8,952916843+(0,019499319*V))+((( -0,460742353-0,019499319)*(1-EXP((( -1)*0,068871083)*V)))/0,068871083))$
		MP	gr/km	$(1/((( -0,003546227*(V^2))+(0,430120738*V))+5,352030296))$
		CC urbano	gr/km	$((79,2923051995812+(0,691265263701946*EXP((( -1)*0,0443036616705716)*V)))+(160,749812580608*EXP((( -1)*0,0710898726022404)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((79,2923051995812+(0,691265263701946*EXP((( -1)*0,0443036616705716)*V)))+(160,749812580608*EXP((( -1)*0,0710898726022404)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((79,2923051995812+(0,691265263701946*EXP((( -1)*0,0443036616705716)*V)))+(160,749812580608*EXP((( -1)*0,0710898726022404)*V)))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	85
		CH4 rural	mg/km	23
		CH4 autopista	mg/km	20
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30
		N2O autopista (1)	mg/km	30
NH3 urbano	mg/km	3		
NH3 rural	mg/km	3		
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Livianos	Camiones livianos diesel Euro 3	CO	gr/km	$((0,384175686+(1,848048637*EXP(((1)*0,050961954)*V)))+(1,93685793*EXP(((1)*0,269738392)*V)))$
		HC	gr/km	$EXP((1,617969791+(-3,956024394/V))+(-0,928626415*\ln(V)))$
		NOx	gr/km	$((0,007370392*(V^1,215724521))+31,19256136*(V^-0,770235703)))$
		MP	gr/km	$((0,13884336+(0,139633163*EXP(((1)*0,04368305)*V)))+(0,042585757*EXP(((1)*0,13884336)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((0,000522014929286038*(V^2,55885160394032))+437,509114853118*(V^-0,421565701925295)))$
		CC rural	gr/km	$((0,000522014929286038*(V^2,55885160394032))+437,509114853118*(V^-0,421565701925295)))$
		CC autopista	gr/km	$((0,000522014929286038*(V^2,55885160394032))+437,509114853118*(V^-0,421565701925295)))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,7*MP)/12,011)-((0,3*0,7*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	85
		CH4 rural	mg/km	23
		CH4 autopista	mg/km	20
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30
		N2O autopista (1)	mg/km	30
NH3 urbano	mg/km	3		
NH3 rural	mg/km	3		
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Livianos	Camiones livianos diesel Euro 4	CO	gr/km	$(0,0312408626703776+(0,573353408054832/(1+EXP(((1)*0,0392688823522455)+(0,498883262568034*\ln(V)))+(0,0383970840239307*V))))$
		HC	gr/km	$(1/(((0,00762634884911874*(V^2))+2,49039216016707*V))+20,1411188422034))$
		NOx	gr/km	$((15,2832157750178*(1,01661409126031^V))*V^-0,803918129100159))$
		MP	gr/km	$((0,00593783423389255+(0,0261019462622365*EXP(((1)*0,0390682933993047)*V)))+(0,0723450866830862*EXP(((1)*0,168339868083922)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((80,7747877793519+(0,444182617447664*EXP(((1)*0,0475210568991935)*V)))+(179,623239920551*EXP(((1)*0,075265353328602)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((80,7747877793519+(0,444182617447664*EXP(((1)*0,0475210568991935)*V)))+(179,623239920551*EXP(((1)*0,075265353328602)*V)))$

CC autopista	gr/km	$((80,7747877793519+(0,444182617447664*EXP((-1)*-0,0475210568991935)*V)))+(179,623239920551*EXP((-1)*0,075265353328602)*V))$
SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,75*MP)/12,011)-((0,25*0,75*MP)/13,85))$
CH4 urbano	mg/km	85
CH4 rural	mg/km	23
CH4 autopista	mg/km	20
N2O urbano (1)	mg/km	30
N2O rural (1)	mg/km	30
N2O autopista (1)	mg/km	30
NH3 urbano	mg/km	3
NH3 rural	mg/km	3
NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

**Tabla 2-48: Camiones Medianos.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Medianos	Camiones medianos diesel sin norma	CO	gr/km	$((1,640797049+(7,537075258*EXP((-1)*0,056913342)*V)))+(11,81221497*EXP((-1)*0,227682504)*V))$
		HC	gr/km	$(0,243760788+(7,108262596/(1+EXP((((-1)*3,512368294)+(1,609276014*\ln(V)))+(-0,006700569*V))))$
		NOx	gr/km	$((23,96352103+(0,024770117*V))+((-1,010405864-0,024770117)*(1-EXP((-1)*0,05860668)*V)))/0,05860668)$
		MP	gr/km	$((0,257464183+(1,128831958*EXP((-1)*0,055287588)*V)))+(2,072721177*EXP((-1)*0,23150736)*V))$
		CC urbano	gr/km	$(1/((( -1,10842815512624E-06*(V^2)))+(0,000150552030374214*V)))+0,00101451259677115))$
		CC rural	gr/km	$(1/((( -1,10842815512624E-06*(V^2)))+(0,000150552030374214*V)))+0,00101451259677115))$
		CC autopista	gr/km	$(1/((( -1,10842815512624E-06*(V^2)))+(0,000150552030374214*V)))+0,00101451259677115))$
		SO2	gr/km	2*0,00035*CC
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-(0,5*MP)/12,011)-((0,8*0,5*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	85
		CH4 rural	mg/km	23
		CH4 autopista	mg/km	20
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30
		N2O autopista (1)	mg/km	30
NH3 urbano	mg/km	3		
NH3 rural	mg/km	3		
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Medianos	Camiones medianos diesel Euro I	CO	gr/km	$((0,790317454+(3,611931597*EXP((-1)*0,056898683)*V)))+(5,463776594*EXP((-1)*0,273781481)*V))$
		HC	gr/km	$(0,178064013+(2,237821499/(1+EXP((((-1)*3,89160728)+(1,64983358*\ln(V)))+(-0,002558935*V))))$
		NOx	gr/km	$((16,14980498+(0,005917768*V))+((-0,825360977-0,005917768)*(1-EXP((-1)*0,071153101)*V)))/0,071153101)$
		MP	gr/km	$((0,156206861+(0,750557266*EXP((-1)*0,059557597)*V)))+(0,784750538*EXP((-1)*0,190122669)*V))$
		CC urbano	gr/km	$(1/((( -1,10842815512624E-06*(V^2)))+(0,000150552030374214*V)))+0,00101451259677115))$
		CC rural	gr/km	$(1/((( -1,10842815512624E-06*(V^2)))+(0,000150552030374214*V)))+0,00101451259677115))$

	CC autopista	gr/km	$\frac{1}{(((0,000012904797975722*(V^2))+(0,000168239652397563*V))+0,00142011865978317))}$
	SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	85
	CH4 rural	mg/km	23
	CH4 autopista	mg/km	20
	N2O urbano (1)	mg/km	30
	N2O rural (1)	mg/km	30
	N2O autopista (1)	mg/km	30
	NH3 urbano	mg/km	3
	NH3 rural	mg/km	3
	NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Camiones Medianos</b>	<b>Camiones medianos diesel Euro 2</b>	CO	gr/km	$(1/(((0,000199058*(V^2))+(0,030107337*V))+0,133525099))$
		HC	gr/km	$(0,124965177+(1,623406179/(1+EXP(((1)*3,173558849)+(1,416265763*\ln(V)))+(0,006760562*V))))$
		NOx	gr/km	$((5,038052299+(12,01627632*EXP(((1)*0,071868829*V)))+(1472,9743*EXP(((1)*1,22281171*V))))$
		MP	gr/km	$((0,295842247+(0,00221347*V))+((-0,009872294-0,00221347)*(1-EXP(((1)*0,029307067*V)))/0,029307067))$
		CC urbano	gr/km	$(1/(((1,30079777653565E-06*(V^2))+(0,000168681125921504*V))+0,00166669123857194))$
		CC rural	gr/km	$(1/(((1,30079777653565E-06*(V^2))+(0,000168681125921504*V))+0,00166669123857194))$
		CC autopista	gr/km	$(1/(((1,30079777653565E-06*(V^2))+(0,000168681125921504*V))+0,00166669123857194))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	85
		CH4 rural	mg/km	23
		CH4 autopista	mg/km	20
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30

		N2O autopista (1)	mg/km	30
		NH3 urbano	mg/km	3
		NH3 rural	mg/km	3
		NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Camiones Medianos</b>	<b>Camiones medianos diesel Euro 3</b>	CO	gr/km	$((0,731687394+(3,664578531*EXP(((1)*0,056368339)*V)))+(5,230288291*EXP(((1)*0,229406725)*V)))$
		HC	gr/km	$(0,083736033+(1,321044345/(1+EXP((((1)*4,5313518)+(1,893487259*\ln(V)))+(-0,010385315*V))))))$
		NOx	gr/km	$((3,759612732+(8,839918673*EXP(((1)*0,058209544)*V)))+(32,81190933*EXP(((1)*0,324655578)*V)))$
		MP	gr/km	$(0,007530003+(0,481778215/(1+EXP((((1)*4,577414646)+(1,880644864*\ln(V)))+(-0,022416579*V))))))$
		CC urbano	gr/km	$(1/(((1,25110663618204E-06*(V^2)))+(0,000164240816414678*V)))+0,00147486189135326))$
		CC rural	gr/km	$(1/(((1,25110663618204E-06*(V^2)))+(0,000164240816414678*V)))+0,00147486189135326))$
		CC autopista	gr/km	$(1/(((1,25110663618204E-06*(V^2)))+(0,000164240816414678*V)))+0,00147486189135326))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,7*MP)/12,011)-((0,3*0,7*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	85
		CH4 rural	mg/km	23
		CH4 autopista	mg/km	20
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30
		N2O autopista (1)	mg/km	30
		NH3 urbano	mg/km	3
		NH3 rural	mg/km	3
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Camiones Medianos</b>	<b>Camiones medianos diesel Euro 4</b>	CO	gr/km	$(0,0359591812933324+(0,414096502412669/(1+EXP((((1)*3,95027709752422)+(1,72844274016971*\ln(V)))+(-0,00812652630772875*V))))))$
		HC	gr/km	$(0,00296784711664847+(0,076745023887104/(1+EXP((((1)*4,43356156829053)+(1,88976661022612*\ln(V)))+(-0,0126167746818614*V))))))$

	NOx	gr/km	$((2,39225386913061+(5,26904751969034*EXP((-1)*0,0649514942871914)*V)))+(41,2441926557917*EXP((-1)*0,54563689173399)*V))$
	MP	gr/km	$((0,010835504189757+(0,0448963133304809*EXP((-1)*0,0429401006385573)*V)))+(0,140516325338579*EXP((-1)*0,164229315527863)*V))$
	CC urbano	gr/km	$(1/((-1,33025182250335E-06*(V^2)))+(0,000176016626455859*V))+0,00152331368797982))$
	CC rural	gr/km	$(1/((-1,33025182250335E-06*(V^2)))+(0,000176016626455859*V))+0,00152331368797982))$
	CC autopista	gr/km	$(1/((-1,33025182250335E-06*(V^2)))+(0,000176016626455859*V))+0,00152331368797982))$
	SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,75*MP)/12,011)-((0,25*0,75*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	85
	CH4 rural	mg/km	23
	CH4 autopista	mg/km	20
	N2O urbano (1)	mg/km	30
	N2O rural (1)	mg/km	30
	N2O autopista (1)	mg/km	30
	NH3 urbano	mg/km	3
	NH3 rural	mg/km	3
	NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

**Tabla 2-49: Camiones Pesados.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Camiones Pesados</b>	<b>Camiones pesados diesel sin norma</b>	CO	gr/km	$((1,643101748+(8,134118834*EXP((-1)*0,05421108)*V)))+(15,86435435*EXP((-1)*0,275320506)*V))$
		HC	gr/km	$((0,24633781+(1,531679942*EXP((-1)*0,024523098)*V)))+(5,369917585*EXP((-1)*0,124006849)*V))$
		NOx	gr/km	$((9,893414035+(20,11845202*EXP((-1)*0,046169039)*V)))+(94,28352062*EXP((-1)*0,537881651)*V))$
		MP	gr/km	$((0,355389814+(1,431561875*EXP((-1)*0,049009129)*V)))+(2,59731971*EXP((-1)*0,247362041)*V))$
		CC urbano	gr/km	$((230,898545662676+(666,989178610959*EXP((-1)*0,0510509526598625)*V)))+(5141,67058484724*EXP((-1)*0,556974731846176)*V))$
		CC rural	gr/km	$((230,898545662676+(666,989178610959*EXP((-1)*0,0510509526598625)*V)))+(5141,67058484724*EXP((-1)*0,556974731846176)*V))$
		CC autopista	gr/km	$((230,898545662676+(666,989178610959*EXP((-1)*0,0510509526598625)*V)))+(5141,67058484724*EXP((-1)*0,556974731846176)*V))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$

		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,5*MP)/12,011)-((0,8*0,5*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30
		N2O autopista (1)	mg/km	30
		NH3 urbano	mg/km	3
		NH3 rural	mg/km	3
		NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Camiones Pesados</b>	<b>Camiones pesados diesel Euro I</b>	CO	gr/km	$((1,343702487+(5,735352711*EXP(((1)*0,051478863)*V)))+(13,72923448*EXP(((1)*0,277004302)*V)))$
		HC	gr/km	$((0,321334358+(1,369133419*EXP(((1)*0,030076077)*V)))+(4,165284449*EXP(((1)*0,13081482)*V)))$
		NOx	gr/km	$((6,937778301+(14,76494302*EXP(((1)*0,04713967)*V)))+(93,36927797*EXP(((1)*0,550739161)*V)))$
		MP	gr/km	$((0,246246968+(1,196432192*EXP(((1)*0,049662375)*V)))+(2,797639169*EXP(((1)*0,211100124)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((201,80527029554+(523,535820661854*EXP(((1)*0,049423050788441)*V)))+(17421,4796042017*EXP(((1)*0,809907162438699)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((201,80527029554+(523,535820661854*EXP(((1)*0,049423050788441)*V)))+(17421,4796042017*EXP(((1)*0,809907162438699)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((201,80527029554+(523,535820661854*EXP(((1)*0,049423050788441)*V)))+(17421,4796042017*EXP(((1)*0,809907162438699)*V)))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30
		N2O autopista (1)	mg/km	30
		NH3 urbano	mg/km	3
		NH3 rural	mg/km	3
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Pesados	Camiones pesados diesel Euro 2	CO	gr/km	$(1/(((-0,000109606*(V^2))+0,017406484*V))+0,077921721))$
		HC	gr/km	$((0,162905538+(0,82800979*EXP(((1)*0,024811964)*V)))+(2,670014481*EXP(((1)*0,124882856)*V)))$
		NOx	gr/km	$((7,205365648+(16,40013568*EXP(((1)*0,047819706)*V)))+(55,70026673*EXP(((1)*0,444673458)*V)))$
		MP	gr/km	$((0,52247315+(0,004490651*V))+((-0,016281407-0,004490651)*(1-EXP(((1)*0,024923115)*V)))/0,024923115)$
		CC urbano	gr/km	$((195,476155665251+(464,243926657849*EXP(((1)*0,0471738612383144)*V)))+(22777,7239789702*EXP(((1)*0,88418501143649)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((195,476155665251+(464,243926657849*EXP(((1)*0,0471738612383144)*V)))+(22777,7239789702*EXP(((1)*0,88418501143649)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((195,476155665251+(464,243926657849*EXP(((1)*0,0471738612383144)*V)))+(22777,7239789702*EXP(((1)*0,88418501143649)*V)))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano (1)	mg/km	30
		N2O rural (1)	mg/km	30
		N2O autopista (1)	mg/km	30
		NH3 urbano	mg/km	3
NH3 rural	mg/km	3		
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Pesados	Camiones pesados diesel Euro 3	CO	gr/km	$(1,245883584+(103,7005375/(1+EXP(((1)*1,390631247)+(0,54345175*\ln(V)))+(0,039006643*V))))$
		HC	gr/km	$((0,135938586+(0,715880748*EXP(((1)*0,023466651)*V)))+(2,798782825*EXP(((1)*0,123459782)*V)))$
		NOx	gr/km	$((5,583009757+(14,57249962*EXP(((1)*0,051040352)*V)))+(45,6518828*EXP(((1)*0,309240088)*V)))$
		MP	gr/km	$((0,100820481+(0,424449763*EXP(((1)*0,041643679)*V)))+(0,864328027*EXP(((1)*0,159945937)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((199,101296810716+(496,037924788222*EXP(((1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*EXP(((1)*0,573715458508514)*V)))$

	CC rural	gr/km	$((199,101296810716+(496,037924788222*EXP(((1-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*EXP(((1-1)*0,573715458508514)*V)))$
	CC autopista	gr/km	$((199,101296810716+(496,037924788222*EXP(((1-1)*0,0466183266185801)*V)))+(3798,31076366067*EXP(((1-1)*0,573715458508514)*V)))$
	SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,7*MP)/12,011)-((0,3*0,7*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	175
	CH4 rural	mg/km	80
	CH4 autopista	mg/km	70
	N2O urbano (1)	mg/km	30
	N2O rural (1)	mg/km	30
	N2O autopista (1)	mg/km	30
	NH3 urbano	mg/km	3
	NH3 rural	mg/km	3
	NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Camiones Pesados	Camiones pesados diesel Euro 4	CO	gr/km	$((0,0745281495049888+(0,265667111853625*EXP(((1-1)*0,0343551503558403)*V)))+(0,752705539154099*EXP(((1-1)*0,145904389808048)*V)))$
		HC	gr/km	$((0,00884607379813376+(0,0473325176022521*EXP(((1-1)*0,0328271721941077)*V)))+(0,158205345469862*EXP(((1-1)*0,139438004382483)*V)))$
		NOx	gr/km	$((3,4707217299484+(7,88033924891821*EXP(((1-1)*0,0483725151105196)*V)))+(53,3788421289147*EXP(((1-1)*0,48545604568473)*V)))$
		MP	gr/km	$((0,0169934910769834+(0,0803525898578503*EXP(((1-1)*0,0403881930689998)*V)))+(0,256780337192614*EXP(((1-1)*0,167029598473817)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((185,204846602321+(468,859933107248*EXP(((1-1)*0,0467556820265726)*V)))+(4328,60809105834*EXP(((1-1)*0,58700550137036)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((185,204846602321+(468,859933107248*EXP(((1-1)*0,0467556820265726)*V)))+(4328,60809105834*EXP(((1-1)*0,58700550137036)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((185,204846602321+(468,859933107248*EXP(((1-1)*0,0467556820265726)*V)))+(4328,60809105834*EXP(((1-1)*0,58700550137036)*V)))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,75*MP)/12,011)-((0,25*0,75*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70

	N2O urbano (1)	mg/km	30
	N2O rural (1)	mg/km	30
	N2O autopista (1)	mg/km	30
	NH3 urbano	mg/km	3
	NH3 rural	mg/km	3
	NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O desde Copert III

**Tabla 2-50: Buses Interurbanos.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Buses Interurbanos</b>	<b>Buses interurbanos diesel sin norma</b>	CO	gr/km	$((1,2374142610252+(8,43448089347279*EXP(((1-1)*0,0470146076535067)*V)))+(17,7156732639217*EXP(((1-1)*0,223856493432231)*V)))$
		HC	gr/km	$((0,164335084865499+(0,0236742853138661*V))^{(-1/0,837803220941278)})$
		NOx	gr/km	$0,0000159725232388885*(V^2)+(0,00252178534954003*V)+0,0153555743505594)$
		MP	gr/km	$((0,277394459399096+(1,50797491755461*EXP(((1-1)*0,0455149911697088)*V)))+(2,67500447628517*EXP(((1-1)*0,230306720507304)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((191,094101496311+(738,280641648805*EXP(((1-1)*0,0530257854241657)*V)))+(2369,61308055718*EXP(((1-1)*0,381587794681817)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((191,094101496311+(738,280641648805*EXP(((1-1)*0,0530257854241657)*V)))+(2369,61308055718*EXP(((1-1)*0,381587794681817)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((191,094101496311+(738,280641648805*EXP(((1-1)*0,0530257854241657)*V)))+(2369,61308055718*EXP(((1-1)*0,381587794681817)*V)))$
		SO2	gr/km	2*0,00035*CC
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,5*MP)/12,011)-((0,8*0,5*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano	mg/km	30
		N2O rural	mg/km	30
		N2O autopista	mg/km	30
		NH3 urbano	mg/km	3
		NH3 rural	mg/km	3
		NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Interurbanos	Buses interurbanos diesel Euro I	CO	gr/km	$((1,01974341308004+(6,04164185183975*EXP(((1-1)*0,0439503981326785)*V)))+(12,8806568134191*EXP(((1-1)*0,202538170719922)*V)))$
		HC	gr/km	$((0,332351787247489+(2,17331289615912*EXP(((1-1)*0,0374389701024122)*V)))+(3,41566105651941*EXP(((1-1)*0,151043954326755)*V)))$
		NOx	gr/km	$((6,31670636044002+(21,4906993117648*EXP(((1-1)*0,0583340033221574)*V)))+(85,7766356671849*EXP(((1-1)*0,382956540968124)*V)))$
		MP	gr/km	$((0,186272041887835+(1,11854340829562*EXP(((1-1)*0,0402385038628884)*V)))+(1,43430862113027*EXP(((1-1)*0,177601630123017)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((175,161626205305+(646,643177204604*EXP(((1-1)*0,0514166524577739)*V)))+(3159,81891806033*EXP(((1-1)*0,432772373623944)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((175,161626205305+(646,643177204604*EXP(((1-1)*0,0514166524577739)*V)))+(3159,81891806033*EXP(((1-1)*0,432772373623944)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((175,161626205305+(646,643177204604*EXP(((1-1)*0,0514166524577739)*V)))+(3159,81891806033*EXP(((1-1)*0,432772373623944)*V)))$
		SO2	gr/km	2*0,00035*CC
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano	mg/km	11
		N2O rural	mg/km	9
		N2O autopista	mg/km	7
NH3 urbano	mg/km	3		
NH3 rural	mg/km	3		
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Interurbanos	Buses interurbanos diesel Euro 2	CO	gr/km	$((1,0008850031912+(5,92534609673967*EXP(((1-1)*0,0526151095799285)*V)))+(16,031866052335*EXP(((1-1)*0,244223968035646)*V)))$
		HC	gr/km	$(1/(0,170452633296351+(0,0409644447872211*V)))$
		NOx	gr/km	$((6,83481038799362+(24,2137681687706*EXP(((1-1)*0,0565719217055109)*V)))+(81,2148544422182*EXP(((1-1)*0,358042508344665)*V)))$
		MP	gr/km	$((0,109356689160901+(0,424929311536733*EXP(((1-1)*0,0444988627049973)*V)))+(0,792130437431232*EXP(((1-1)*0,259271964140274)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((173,847511007266+(596,162545047804*EXP(((1-1)*0,048974075282995)*V)))+(3566,31377631362*EXP(((1-1)*0,459079093021153)*V)))$

	CC rural	gr/km	$((173,847511007266+(596,162545047804*EXP((-1)*0,048974075282995)*V)))+(3566,31377631362*EXP((-1)*0,459079093021153)*V))$
	CC autopista	gr/km	$((173,847511007266+(596,162545047804*EXP((-1)*0,048974075282995)*V)))+(3566,31377631362*EXP((-1)*0,459079093021153)*V))$
	SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	175
	CH4 rural	mg/km	80
	CH4 autopista	mg/km	70
	N2O urbano	mg/km	11
	N2O rural	mg/km	9
	N2O autopista	mg/km	6
	NH3 urbano	mg/km	3
	NH3 rural	mg/km	3
	NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Buses Interurbanos</b>	<b>Buses interurbanos diesel Euro 3</b>	CO	gr/km	$((1,08632604031267+(6,46823166382744*EXP((-1)*0,0457909676088093)*V)))+(15,0010348169023*EXP((-1)*0,221904651804259)*V))$
		HC	gr/km	$(0,227231246172132+(15,6623993601925/(1+EXP((-1)*0,530825258433305)+(0,64893877880533*\ln(V)))+(0,0270342446309713*V))))$
		NOx	gr/km	$((5,30542698745506+(21,8812199241423*EXP((-1)*0,0529967144180243)*V)))+(90,0551365078442*EXP((-1)*0,247649925809256)*V))$
		MP	gr/km	$(0,0824673698756213+(1,06820321325441/(1+EXP((-1)*2,35097203495455)+(1,08187915615308*\ln(V)))+(0,0118433684419714*V))))$
		CC urbano	gr/km	$((0,452232380842497+(700,026927912708*EXP((-1)*0,0528349965193726)*V)))+(3813,80268106653*EXP((-1)*0,452232380842497)*V))$
		CC rural	gr/km	$((0,452232380842497+(700,026927912708*EXP((-1)*0,0528349965193726)*V)))+(3813,80268106653*EXP((-1)*0,452232380842497)*V))$
		CC autopista	gr/km	$((0,452232380842497+(700,026927912708*EXP((-1)*0,0528349965193726)*V)))+(3813,80268106653*EXP((-1)*0,452232380842497)*V))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,7*MP)/12,011)-((0,3*0,7*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano	mg/km	5
		N2O rural	mg/km	5
N2O autopista	mg/km	4		

	NH3 urbano	mg/km	3
	NH3 rural	mg/km	3
	NH3 autopista	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Interurbanos	Buses interurbanos diesel Euro 4	CO	gr/km	$(0,0681730616055373+(2,16890242564152)/(1+EXP(((1-1)*1,69231714063082)+(1,15487817176261*\ln(V))))+(0,0126517312697002*V))))$
		HC	gr/km	$(0,0109056147989939+(1,02147340072376)/(1+EXP(((1-1)*0,581420694990767)+(0,706338179056865*\ln(V))))+(0,0247219886779823*V))))$
		NOx	gr/km	$((3,28872039233486+(12,3535876017876*EXP(((1-1)*0,0531036482044292)*V)))+(47,1957136966233*EXP(((1-1)*0,277569463120213)*V))))$
		MP	gr/km	$((0,0202230137174546+(0,14512021281482*EXP(((1-1)*0,0520082218904074)*V)))+(0,460849925080576*EXP(((1-1)*0,227087949802011)*V))))$
		CC urbano	gr/km	$((180,597864459991+(684,674248298268*EXP(((1-1)*0,0536662990482137)*V)))+(4077,74009360636*EXP(((1-1)*0,458265247215033)*V))))$
		CC rural	gr/km	$((180,597864459991+(684,674248298268*EXP(((1-1)*0,0536662990482137)*V)))+(4077,74009360636*EXP(((1-1)*0,458265247215033)*V))))$
		CC autopista	gr/km	$((180,597864459991+(684,674248298268*EXP(((1-1)*0,0536662990482137)*V)))+(4077,74009360636*EXP(((1-1)*0,458265247215033)*V))))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,75*MP)/12,011)-((0,25*0,75*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano	mg/km	11,2
		N2O rural	mg/km	13,8
		N2O autopista	mg/km	11,4
		NH3 urbano	mg/km	3
NH3 rural	mg/km	3		
NH3 autopista	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

**Tabla 2-51: Buses Licitados Urbanos.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Licitados urbanos	Buses licitados urbanos diesel sin norma	CO	gr/km	$((2,53310265848634+(14,3555053868527*EXP(((1-1)*0,0631886600581939)*V)))+(29,6107801517052*EXP(((1-1)*0,359007591718)*V))))$
		HC	gr/km	$((1,52275925270464+(8,95337780283218*EXP(((1-1)*0,0602916594221877)*V)))+(54,15319879171*EXP(((1-1)*0,438063102412409)*V))))$
		NOx	gr/km	$((6,99500201445407+(21,0876283529072*EXP(((1-1)*0,0748455995085243)*V)))+(688321,46646523*EXP(((1-1)*2,06707746441885)*V))))$

	MP	gr/km	$((0,428892310643271+(2,71980434789255*EXP(((1)*0,0615340456641078)*V)))+(6,24184470196358*EXP(((1)*0,305662906484128)*V)))$
	CC urbano	gr/km	$((185,310579137752+(728,021489653163*EXP(((1)*0,0784402227582714)*V)))+(911005,637718214*EXP(((1)*1,49102439960919)*V)))$
	CC rural	gr/km	$((185,310579137752+(728,021489653163*EXP(((1)*0,0784402227582714)*V)))+(911005,637718214*EXP(((1)*1,49102439960919)*V)))$
	CC autopista	gr/km	$((185,310579137752+(728,021489653163*EXP(((1)*0,0784402227582714)*V)))+(911005,637718214*EXP(((1)*1,49102439960919)*V)))$
	SO2	gr/km	2*0,00035*CC
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,5*MP)/12,011)-((0,8*0,5*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	175
	CH4 rural	mg/km	80
	CH4 autopista	mg/km	70
	N2O urbano	mg/km	30
	NH3 urbano	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Buses Licitados urbanos</b>	<b>Buses licitados urbanos diesel Euro I</b>	CO	gr/km	$((0,77137005429584+(4,38558944957644*EXP(((1)*0,0535829852886603)*V)))+(5,6583498434077*EXP(((1)*0,191888126892919)*V)))$
		HC	gr/km	$((0,322110802278382+(1,63236520506951*EXP(((1)*0,061947848820842)*V)))+(15,7069730147478*EXP(((1)*0,564903632404684)*V)))$
		NOx	gr/km	$((4,98743324459909+(17,5462114483592*EXP(((1)*0,076206809831916)*V)))+(17248,3897659034*EXP(((1)*1,4907698115943)*V)))$
		MP	gr/km	$((0,174841837195839+(0,924002326209009*EXP(((1)*0,0665960481047174)*V)))+(32,6699194838594*EXP(((1)*0,99484108846699)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$(1/(((-1,26926400682527E-06*(V^2)))+(0,000168204291132713*V)))+0,000937848133366241))$
		CC rural	gr/km	$(1/(((-1,26926400682527E-06*(V^2)))+(0,000168204291132713*V)))+0,000937848133366241))$
		CC autopista	gr/km	$(1/(((-1,26926400682527E-06*(V^2)))+(0,000168204291132713*V)))+0,000937848133366241))$
		SO2	gr/km	2*0,00035*CC
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
			N2O urbano	mg/km
	NH3 urbano	mg/km	3	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Licitados urbanos	Buses licitados urbanos diesel Euro 2	CO	gr/km	$(0,294444133592442+(7,67811287557201/(1+EXP(((1-1)*3,89313856643345)+(1,69372598945914*\ln(V)))+(-0,00669628972287365*V))))$
		HC	gr/km	$((0,20706234042683+(1,1188995011114*EXP(((1-1)*0,0629368054672374*V)))+(9,64731484273651*EXP(((1-1)*0,536033834272477*V))))$
		NOx	gr/km	$((5,25154028977105+(18,5136710457335*EXP(((1-1)*0,0740434730132141*V)))+(2779,01263543827*EXP(((1-1)*1,14875407049243*V))))$
		MP	gr/km	$(0,0893669622791931+(0,415452560317313*EXP(-0,0726715881828184*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((146,567795850206+(474,496872983833*EXP(((1-1)*0,0743339066037899*V)))+(10230354,3068603*EXP(((1-1)*1,99415048670657*V))))$
		CC rural	gr/km	$((146,567795850206+(474,496872983833*EXP(((1-1)*0,0743339066037899*V)))+(10230354,3068603*EXP(((1-1)*1,99415048670657*V))))$
		CC autopista	gr/km	$((146,567795850206+(474,496872983833*EXP(((1-1)*0,0743339066037899*V)))+(10230354,3068603*EXP(((1-1)*1,99415048670657*V))))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
N2O urbano	mg/km	12		
NH3 urbano	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Licitados urbanos	Buses licitados urbanos diesel Euro 3	CO	gr/km	$EXP((4,16444529739403+(-3,51975018621111/V)))+(-1,03846951294544*\ln(V))$
		HC	gr/km	$((0,18481109331432+(0,950389106717416*EXP(((1-1)*0,0616751733848658*V)))+(9,84942741066971*EXP(((1-1)*0,57244391267455*V))))$
		NOx	gr/km	$(1,98332929688237+(92,1371379289988/(1+EXP(((1-1)*0,919753210284612)+(1,16006019048807*\ln(V)))+(-0,000486919790100603*V))))$
		MP	gr/km	$(0,0824881143637167+(0,363233767936217*EXP(-0,0665619402934083*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((154,224301018509+(506,669415680286*EXP(((1-1)*0,0746321739540793*V)))+(13593124,6526038*EXP(((1-1)*2,03140084807286*V))))$
		CC rural	gr/km	$((154,224301018509+(506,669415680286*EXP(((1-1)*0,0746321739540793*V)))+(13593124,6526038*EXP(((1-1)*2,03140084807286*V))))$
		CC autopista	gr/km	$((154,224301018509+(506,669415680286*EXP(((1-1)*0,0746321739540793*V)))+(13593124,6526038*EXP(((1-1)*2,03140084807286*V))))$

	SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,7*MP)/12,011)-((0,3*0,7*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	175
	CH4 rural	mg/km	80
	CH4 autopista	mg/km	70
	N2O urbano	mg/km	6
	NH3 urbano	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Buses Licitados urbanos</b>	<b>Buses licitados urbanos diesel Euro 4</b>	CO	gr/km	$((0,0574182020679691+(0,480236966961724*EXP(((1)*0,0598373639362655)*V)))+(0,601168602771788*EXP(((1)*0,231298588840528)*V)))$
		HC	gr/km	$((0,00894328338755251+(0,0539165889834116*EXP(((1)*0,0624665940454801)*V)))+(0,404735896001811*EXP(((1)*0,504846584944577)*V)))$
		NOx	gr/km	$(1,98299423073155+(31,4522336627376/(1+EXP(((1)*1,18103322893077)+(1,05766434425937*\ln(V))))+(0,0151951907560165*V)))$
		MP	gr/km	$((0,0138458839497117+(0,109052002045894*EXP(((1)*0,0653800662014408)*V)))+(0,321726762276094*EXP(((1)*0,308515812985508)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$(1/((-1,32810602444673E-06*(V^2))+(0,00017468518629601*V))+0,000985626617358069))$
		CC rural	gr/km	$(1/((-1,32810602444673E-06*(V^2))+(0,00017468518629601*V))+0,000985626617358069))$
		CC autopista	gr/km	$(1/((-1,32810602444673E-06*(V^2))+(0,00017468518629601*V))+0,000985626617358069))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,25*0,75*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano	mg/km	12,8
		NH3 urbano	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

**Tabla 2-52: Buses Rurales y Particulares e Institucionales.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Particulares e Institucionales y rurales	Buses particulares e institucionales diesel sin norma	CO	gr/km	$((2,06009658797102+(12,4887688587286*EXP(((1)*0,0505255998584954)*V)))+(23,5557007665851*EXP(((1)*0,211694370574096)*V)))$
		HC	gr/km	$((0,729005985398433+(5,27683496706808*EXP(((1)*0,0522550898062261)*V)))+(28,1631776942575*EXP(((1)*0,358045190114825)*V)))$
		NOx	gr/km	$(10,9405646505257+(33,6358775966976*EXP(((1)*0,0719192109094799)*V)))$
		MP	gr/km	$((0,330392709350419+(2,12626141356873*EXP(((1)*0,0531758407457396)*V)))+(4,3197507742442*EXP(((1)*0,223814793279102)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((216,443587975171+(812,927971989443*EXP(((1)*0,0678242873099692)*V)))+(156466,268157966*EXP(((1)*1,14658015563429)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((216,443587975171+(812,927971989443*EXP(((1)*0,0678242873099692)*V)))+(156466,268157966*EXP(((1)*1,14658015563429)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((216,443587975171+(812,927971989443*EXP(((1)*0,0678242873099692)*V)))+(156466,268157966*EXP(((1)*1,14658015563429)*V)))$
		SO2	gr/km	2*0,00035*CC
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,5*MP)/12,011)-((0,8*0,5*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
N2O urbano	mg/km	30		
NH3 urbano	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Particulares e Institucional es y rurales	Buses particulares e institucionales diesel Euro I	CO	gr/km	$(1/(0,0590276769213079+(0,0123794565168397*V)))$
		HC	gr/km	$((0,344339282281007+(1,97556227639746*EXP(((1)*0,0524563996148317)*V)))+(12,4509232851955*EXP(((1)*0,441753379929044)*V)))$
		NOx	gr/km	$((31,9073040842316+(-0,0216485197526044*V))+((-2,13385494968916--0,0216485197526044)*(1-EXP(((1)*0,0883032877351713)*V)))/0,0883032877351713))$
		MP	gr/km	$(1/(((0,000145182007348376*(V^2))+(0,0707255508462423*V))+0,411713000205326))$
		CC urbano	gr/km	$((189,016313313149+(650,877463193704*EXP(((1)*0,0675316687575619)*V)))+(2948894,4640992*EXP(((1)*1,71276232066011)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((189,016313313149+(650,877463193704*EXP(((1)*0,0675316687575619)*V)))+(2948894,4640992*EXP(((1)*1,71276232066011)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((189,016313313149+(650,877463193704*EXP(((1)*0,0675316687575619)*V)))+(2948894,4640992*EXP(((1)*1,71276232066011)*V)))$

	SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	175
	CH4 rural	mg/km	80
	CH4 autopista	mg/km	70
	N2O urbano	mg/km	12
	NH3 urbano	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Buses Particulares e Institucional es y rurales</b>	<b>Buses particulares e institucional es diesel Euro 2</b>	CO	gr/km	$((11,8955256871342+(-0,0159405859257982*V))+((-1,00479006566861-0,0159405859257982)*(1-EXP(((1)*0,100335336466763)*V)))/0,100335336466763))$
		HC	gr/km	$((0,235792239598881+(1,39402527860679*EXP(((1)*0,0566473804137163)*V)))+(10,9828352155318*EXP(((1)*0,507803202245263)*V)))$
		NOx	gr/km	$(6,53723270740573+(128,918291648142/(1+EXP(((1)*0,749160869317697)+(0,452362447844676*ln(V)))+(0,0470717668581435*V))))))$
		MP	gr/km	$(0,114057293662852+(0,517385292936967*EXP(-0,0633308347265525*V)))$
		CC urbano	gr/km	$(189,916479584143+(640,218297661017*EXP(-0,0712640456776551*V)))$
		CC rural	gr/km	$(189,916479584143+(640,218297661017*EXP(-0,0712640456776551*V)))$
		CC autopista	gr/km	$(189,916479584143+(640,218297661017*EXP(-0,0712640456776551*V)))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,65*MP)/12,011)-((0,4*0,65*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
			N2O urbano	mg/km
	NH3 urbano	mg/km	3	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Buses Particulares e Institucionales y rurales</b>	<b>Buses particulares e institucionales diesel Euro 3</b>	CO	gr/km	$EXP((4,49459237978435+(-3,87613016307628/V))+(-1,04287581210089*\ln(V)))$
		HC	gr/km	$((0,203552960707172+(1,1801818895166*EXP(((1)*0,0539596546222477)*V)))+(10,3079031432216*EXP(((1)*0,52183677102291)*V)))$
		NOx	gr/km	$(3,97204458653341+(93,4011475168263/(1+EXP(((1)*1,1663708654914)+(1,13974993702192*\ln(V)))+(0,0115236421967199*V))))$
		MP	gr/km	$((0,0941400678390497+(0,453225667665789*EXP(((1)*0,0555842529466689)*V)))+(1250,73523278467*EXP(((1)*1,74277938177595)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((193,61077011167+(617,446606071137*EXP(((1)*0,0659151515019985)*V)))+(52222212,2276168*EXP(((1)*2,21550769693125)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((193,61077011167+(617,446606071137*EXP(((1)*0,0659151515019985)*V)))+(52222212,2276168*EXP(((1)*2,21550769693125)*V)))$
		CC autopista	gr/km	$((193,61077011167+(617,446606071137*EXP(((1)*0,0659151515019985)*V)))+(52222212,2276168*EXP(((1)*2,21550769693125)*V)))$
		SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
		CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,7*MP)/12,011)-((0,3*0,7*MP)/13,85))$
		CH4 urbano	mg/km	175
		CH4 rural	mg/km	80
		CH4 autopista	mg/km	70
		N2O urbano	mg/km	6
NH3 urbano	mg/km	3		

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
<b>Buses Particulares e Institucionales y rurales</b>	<b>Buses particulares e institucionales diesel Euro 4</b>	CO	gr/km	$((0,07034141230147+(0,6036094751893*EXP(((1)*0,0555850437807941)*V)))+(0,757440920028454*EXP(((1)*0,236884670740502)*V)))$
		HC	gr/km	$((0,00971069850301404+(0,0673409702895783*EXP(((1)*0,055134497167)*V)))+(0,475556106350036*EXP(((1)*0,47633293826866)*V)))$
		NOx	gr/km	$((24,2160304631022+(-0,0271187623874645*V))+((-2,22459286826097--0,0271187623874645)*(-1-EXP(((1)*0,114349812592948)*V)))/0,114349812592948))$
		MP	gr/km	$((0,0163975182182857+(0,13512990542155*EXP(((1)*0,0607437558948542)*V)))+(0,405570960885754*EXP(((1)*0,304358596146081)*V)))$
		CC urbano	gr/km	$((182,662733446995+(611,197341831563*EXP(((1)*0,0676029874987043)*V)))+(8033392,96527131*EXP(((1)*1,90035407203748)*V)))$
		CC rural	gr/km	$((182,662733446995+(611,197341831563*EXP(((1)*0,0676029874987043)*V)))+(8033392,96527131*EXP(((1)*1,90035407203748)*V)))$

	CC autopista	gr/km	$((182,662733446995+(611,197341831563*EXP(((1)*0,0676029874987043)*V)))+(8033392,96527131*EXP(((1)*1,90035407203748)*V)))$
	SO2	gr/km	$2*0,00035*CC$
	CO2	gr/km	$44,011*((CC/(12,011+1,008*2))-(CO/28,011)-(HC/13,85)-((0,75*MP)/12,011)-((0,25*0,75*MP)/13,85))$
	CH4 urbano	mg/km	175
	CH4 rural	mg/km	80
	CH4 autopista	mg/km	70
	N2O urbano	mg/km	12,8
	NH3 urbano	mg/km	3

Fuente: Elaboración Propia a partir de Copert IV.

Notas:

(1): N2O y NH3 solo urbanos.

**Tabla 2-53: Buses Transantiago.**

Clasificación	Categoría	Contaminante	Unidad	Factor de Emisión
Buses Transantiago	Transantiago B7, Euro 3	CO	gr/km	$75,810162*V^{-0,91547861}$
		HC	gr/km	$0,68909223*V^{-0,68433797}$
		NOx	gr/km	$74,628603*V^{-0,59085208}$
		MP	gr/km	$((0,094140068+(0,453225668*EXP(((1)*0,055584253)*V)))+(1250,735233*EXP(((1)*1,742779382)*V)))*1,13$
		CC	gr/km	$((193,6107701+(617,4466061*EXP(((1)*0,0659152)*V)))+(52222212,2276168*EXP(((1)*2,2155077)*V)))$
	Transantiago B9, Euro 3 Art.	CO	gr/km	$126,09434*V^{-0,67157603}$
		HC	gr/km	$1,3897904*V^{-0,56531276}$
		NOx	gr/km	$65,32461*V^{-0,55464236}$
		MP	gr/km	$(0,11219273+(0,536012049*EXP(-0,056185529*V)))*2,31$
		CC	gr/km	$(242,1164493+(697,7329442*EXP(-0,0605924*V)))$

Fuente: Factores de emisión para R.M., UNTEC (2008).

### g) Velocidad ( $v_{kjhd}$ )

En la metodología descrita, el modelo de transporte entregará en forma directa las velocidades en los horarios de modelación para cada arco de la red vial estratégica, entre estas se tiene:

- Velocidad punta y libre obtenida de la corrida punta
- Velocidad fuera de punta
- Velocidad punta tarde

Para el caso de los vehículos livianos lo que se determina es el tiempo de viaje a partir de una función de flujo demora llamada BPR. Posteriormente este tiempo es transformado en velocidad utilizando la longitud de cada arco.

Para el resto de los vehículos de ruta fija la velocidad se obtiene como una fracción de la velocidad de flujo variable para lo cual existe un factor de corrección para cada categoría de arco vial manejada por el modelo de transporte. No obstante estos valores ya estarán disponibles en los horarios de modelación.

Al igual que en el caso de los flujos vehiculares las velocidades también están disponibles sólo para los horarios de modelación, por tanto se requiere de una metodología para ser utilizada en el resto de los horarios. Para esto se utilizará la última actualización de las funciones BPR (Bureau of Public Roads) y los factores de corrección señalados para ruta fija.

A continuación se describe el modelo de velocidades señalado:

En general, funciones flujo-demora o BPR de la forma siguiente:

$$t_a = t_a^o \left( 1 + \alpha_a \left( \frac{\sum_v f_v}{k} \right)^{\beta_a} \right) \quad \text{Ecuación 87}$$

Donde,

- $t_a$  : Tiempo de viaje en auto en el arco a (vehículo de flujo variable)
- $t_a^o$  : Tiempo de viaje en auto a flujo libre en el arco a
- $\sum_v f_v$  : Sumatoria del flujo de vehículos ( $v$ ) que circulan por el arco evaluado, en vehículos equivalentes
- $k$  : Capacidad del arco a
- $\alpha, \beta$  : Parámetro entregado por la categoría del arco según el período de modelación

Un aspecto importante a destacar es que la BPR utiliza el flujo equivalente a un vehículo liviano. Es así por ejemplo que el flujo de camiones livianos y medianos tiene un flujo equivalente a 2, es decir, equivale a dos vehículos livianos y por tanto su flujo se suma al flujo equivalente del arco como flujo real\*2 (número equivalente) = flujo equivalente.

En el caso de camiones pesados el número equivalente corresponde a 2,5, en el caso de bus articulado (160 pasajeros), bus de 75 o 90 pasajeros, los números equivalentes corresponden a: 3, 2.5 y 2.5 respectivamente.

Para determinar la velocidad de vehículos de flujo variable a partir de la utilización de la BPR, para los horarios del día distintos a aquellos de la modelación de transporte y distintos a aquellos horarios identificados como flujo libre, se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_a = \frac{\text{Longitud}}{t_a} \quad \text{Ecuación 880}$$

En donde:

- $V_a$  : Velocidad de vehículos de flujo variable para el arco evaluado, obtenido a partir de la BPR.  
*Longitud* : Longitud del arco evaluado.  
 $t_a$  : Tiempo de viaje en auto (vehículo de flujo variable) para el arco evaluado, obtenido a partir de la BPR.

En general, para determinar la velocidad de los otros modos de transportes de ruta fija, se utilizan factores de corrección, entregados por el modelo de transporte, los cuales se aplican sobre la velocidad de flujo variable según la siguiente ecuación:

$$V_v = \frac{V_a}{\text{Fac}_v} \quad \text{Ecuación 89}$$

En donde:

- $V_v$  : Velocidad del vehículo tipo  $v$  para el arco evaluado, en donde  $v$  = taxi colectivo, bus urbano, bus rural e interurbano, camión.  
 $V_a$  : Velocidad de vehículos de flujo variable para el arco evaluado.  
 $\text{Fac}_v$  : Factor de corrección entregado por la categoría del arco para obtener la velocidad de los vehículos tipo  $v$ .

Tal como se dijo los factores de corrección de los modos de transporte de ruta fija serán utilizados para corregir la velocidad en los otros períodos del día distintos a la modelación de transporte y distintos periodos de flujo libre.

De esta manera, el cálculo de la velocidad para los tipos de vehículos distintos a vehículos de flujo variable estará dado por la siguiente ecuación:

$$V_{v,BPR} = \frac{V(BPR)}{\text{Fac}_v} \quad \text{Ecuación 90}$$

Donde:

- $V_{\nu, BPR}$  : Velocidad de la categoría vehicular  $\nu$  en función de la velocidad de vehículos de flujo variable obtenida a partir de la BPR, con  $\nu =$  taxis colectivos, buses urbanos, buses rurales e interurbanos y camiones.
- $V(BPR)$  : Velocidad del flujo variable obtenida a partir de la BPR.
- $Fac_{\nu}$  : Factor de corrección, entregado por la categoría del arco, para obtener la velocidad de los vehículos tipo  $\nu$ , con  $\nu =$  taxis colectivos, buses urbanos, buses rurales e interurbanos y camiones.

La siguiente tabla entrega un resumen de la aplicación de la metodología de obtención de la velocidad según el período del día.

**Tabla 2-54: Matriz de visualización de asignación de velocidades según el período del día y tipo de vehículos (día laboral)**

Hora	VARIABLE	BUS_URB	TXC	CAMION	BUS_RI
0	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
1	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
2	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
3	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
4	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
5	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
6	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
7	BPR (am)	Vel bus (BPRam)	Vel txc (BPRam)	Vel cam (BPRam)	Vel ri (BPRam)
8	ESTRAUS <sup>AM</sup>				
9	BPR (am)	Vel bus (BPRam)	Vel txc (BPRam)	Vel cam (BPRam)	Vel ri (BPRam)
10	ESTRAUS <sup>FP</sup>				
11	ESTRAUS <sup>FP</sup>				
12	BPR (fp)	Vel bus (BPRfp)	Vel txc (BPRfp)	Vel cam (BPRfp)	Vel ri (BPRfp)
13	BPR (fp)	Vel bus (BPRfp)	Vel txc (BPRfp)	Vel cam (BPRfp)	Vel ri (BPRfp)
14	BPR (fp)	Vel bus (BPRfp)	Vel txc (BPRfp)	Vel cam (BPRfp)	Vel ri (BPRfp)
15	BPR (fp)	Vel bus (BPRfp)	Vel txc (BPRfp)	Vel cam (BPRfp)	Vel ri (BPRfp)
16	BPR (fp)	Vel bus (BPRfp)	Vel txc (BPRfp)	Vel cam (BPRfp)	Vel ri (BPRfp)
17	BPR (fp)	Vel bus (BPRfp)	Vel txc (BPRfp)	Vel cam (BPRfp)	Vel ri (BPRfp)
18	ESTRAUS <sup>PT</sup>				
19	BPR (fp)				
20	BPR (fp)	Vel bus (BPRfp)	Vel txc (BPRfp)	Vel cam (BPRfp)	Vel ri (BPRfp)
21	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
22	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE
23	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE	VEL_LIBRE

Cabe mencionar que como las motos no se encuentran modeladas dentro de los modelos de transporte, éstas se consideran con la misma velocidad de los vehículos de flujo variable.

Otro aspecto importante de mencionar, es que las funciones flujo-demora (BPR que permiten determinar el tiempo de viaje en función del flujo en el arco) tienen restricciones de uso cuando el flujo del arco es mayor a su capacidad. En el caso de ESTRAUS cuando el flujo es mayor al de su capacidad no se utiliza la BPR, en su reemplazo se utiliza una función llamada XSlope. Esta función corresponde a una recta construida a partir de un punto tomado de la función BPR evaluada al flujo de capacidad máxima del arco, y una pendiente a la que se le denomina XSlope. Pero con respecto a este caso en la metodología de estimación de emisiones de fuentes móviles se acordó por parte de SECTRA, que de existir flujos mayores a la capacidad del arco en este caso el flujo se tomara igual a la capacidad, lo cual implica que no será necesario utilizar la función XSlope en el modelo de emisiones.

Por otra parte, al aplicar la BPR es posible obtener velocidades fuera de los rangos de operación normal del parque vehicular en la ciudad, en este caso se acordó asignar una velocidad mínima de 5 (km/h) y una velocidad máxima de 100 (km/h) y 120 (km/h), en arcos de la red urbana y red interurbana, respectivamente. Por lo tanto, si el valor obtenido a partir de la aplicación de la BPR es menor a 5 (km/h), el modelo debe asignar una velocidad de 5 (km/h) en esa hora para el arco específico. De modo análogo se procederá si la velocidad obtenida supera los 100 (km/h) en un arco de la red urbana y 120 (km/h) en arcos de la red interurbana.

Finalmente en el caso de corredores segregados el modelo de transporte entrega la velocidad en forma directa y este valor se asume constante durante todo el día.

#### h) Factor de corrección por composición del combustible ( $FCCK_{ka}$ )

En base a las metodologías de corrección de factores de emisión indicadas en COPERT III, es factible hacer correcciones a los factores de material particulado, NOx, CO y COV de acuerdo a las mejoras en la composición de los combustibles, mediante la siguiente ecuación:

$$FE_{Corr} = ( F'_{Corr} / F_{Corr} ) \times FE \text{Ecuación 93}$$

En donde,

$FE_{Corr}$  = factor de emisión corregido

$F'_{Corr}$  = factor de corrección de vehículos diesel asociado a mejora de combustibles

$F_{Corr}$  = factor de corrección base de vehículos diesel

$FE$  = factor de emisión original

Las ecuaciones de factores de corrección en base a los parámetros asociadas a las características de los combustibles se diferencian en vehículos pesados a diesel y vehículos livianos a diesel, cuyas ecuaciones se muestran en la siguiente tabla. Estas ecuaciones fueron utilizadas para corregir los factores de emisión utilizados dentro del presente estudio.

**Tabla 2-55: Ecuaciones asociadas a factores de corrección de vehículos a diesel<sup>58</sup>**

<p><b>Veh. Pesados a diesel:</b>  <math>F_{Corr} = [0,06959 + 0,00006 \cdot DEN + 0,00065 \cdot PAH - 0,00001 \cdot CN] \cdot [1 - 0,0086 \cdot (450 - S)/100]</math></p> <p><b>Veh. Livianos y pasajeros a diesel:</b>  <math>F_{Corr} = [-0,3879873 + 0,0004677 \cdot DEN + 0,0004488 \cdot PAH + 0,0004098 \cdot CN + 0,0000788 \cdot T95] \cdot [1 - 0,015 \cdot (450 - S)/100]</math></p> <p>Donde:  DEN = Densidad a 15°C [kg/m<sup>3</sup>]  S = Contenido de Azufre en ppm  PAH = Porcentaje de Policíclicos Aromaticos Contenidos  CN = Número de Cetano  T95 = Temperatura final de destilación en °C</p>
---

Fuente: Copert III.

La tabla a continuación muestra los parámetros de los combustibles que regirán para el escenario 2010<sup>59</sup>, cuya composición, particularmente en lo que se refiere al contenido de azufre disminuido, aportará a reducir las emisiones de material particulado, así como también las emisiones de SO<sub>2</sub>.

**Tabla 2-56: Parámetros de combustibles**

Propiedad	1996 Base Fuel (market average)	Fuel 2010 Regiones*
Cetane Number [-]	51	50
Density at 15oC [kg/m <sup>3</sup> ]	840	840
T95 [°C]	350	338
PAH [%]	9	11
Sulphur [ppm]	400	50
Total Aromatics [%]	28	35

\*Diario Oficial, Martes 17 de Enero de 2006, Establece Especificaciones de Calidad de Combustibles, Artículo 1º.

Finalmente, luego de aplicar los valores en las ecuaciones anteriores, se obtiene un factor de corrección de 0,9794 para vehículos pesados a diesel y 0,9395 para vehículos livianos.

<sup>58</sup> Ecuaciones ocupadas para  $F_{Corr}$  y  $F'_{Corr}$

<sup>59</sup> Los factores de emisión que son utilizados en el escenario 2005 ya fueron modificados en el marco del estudio de Inventario de Emisiones de CONAMA.

i) Factor de corrección por deterioro ( $FCD_{k_{ka}}$ )

Los FE en caliente (HOT EMISSIONS), modelados por COPERT, son el resultado de cientos de mediciones realizadas en programas de investigación tal como ARTEMIS<sup>60</sup>, en múltiples ciclos de conducción<sup>61</sup>. De esta forma el modelo consiguió cubrir con una gran cantidad de mediciones y modos de conducción, los valores de FE para las distintas categorías vehiculares.

No obstante dichas mediciones, al efectuarse respecto de flotas vehiculares europeas llevan implícitas dos variables locales: el nivel tecnológico y el deterioro de los vehículos de dicho parque.

Como se ha dicho el nivel tecnológico viene determinado por los estándares de emisión exigidos por la legislación local, la que implica la incorporación de tecnología relativamente estándar para el abatimiento de los contaminantes de los vehículos en ruta (Ejemplo: convertidor catalítico, EGR, inyección electrónica, etc.). En tal sentido, respecto de los vehículos en su condición original de fábrica, los FE definidos por COPERT tienen correspondencia con el parque local.

Respecto del deterioro de las emisiones de los vehículos se trata de una variable local que depende de aspectos tales como los hábitos de mantenimiento y la implementación de programas locales de inspección y mantenimiento (como la revisión técnica).

En tal sentido COPERT modela el Factor de Deterioro de las emisiones (MC), mediante la siguiente curva:

$$MC = A^M \times M^{MEAN} + B^M \quad \text{Ecuación 91}$$

Donde:

$MC$  : Factor de corrección por kilometraje promedio de la flota.

$A^M$  : Deterioro de las emisiones por kilómetro de recorrido.

$B^M$  : Factor de corrección para obtener las emisiones de la flota nueva.

$M^{MEAN}$  : Kilometraje promedio de la flota.

COPERT IV, contempla factores de deterioro para Vehículos livianos de pasajeros y vehículos livianos comerciales.

---

<sup>60</sup> Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems

<sup>61</sup> El Proyecto ARTEMIS, consideró la medición de los vehículos en al menos 15 ciclos de conducción diferentes.

Para la construcción de un modelo de deterioro se requiere en el óptimo contar con mediciones en ciclos de conducción para vehículos de diferente antigüedad. Sin embargo un programa de esta naturaleza resulta prohibitivo, por lo cual se propone trabajar con las mediciones en carga (ASM) del parque de la Región Metropolitana en las PRT y complementar con una campaña de medición en la V Región.

En tal sentido se analizaron los resultados de 1 año de medición de vehículos livianos de pasajero, livianos comerciales y medianos, sometidos a la prueba ASM. Los contaminantes analizados correspondieron al CO, HC y NO. Respecto de este contaminante, se puede afirmar que cerca del 90% de las emisiones de NOx (NO+NO<sub>2</sub>), corresponden a NO y que los mecanismos de control de emisiones para el NOx son los mismos que para el NO, por lo cual se considera el NO un indicador de las emisiones del NOx.

Para poder utilizar los resultados de las mediciones de un año de revisiones técnicas en la estimación del deterioro de las emisiones del parque, es necesario hacer una serie de consideraciones que se enumeran a continuación.

### **Deterioro de las concentraciones v/s deterioro de las emisiones**

Las emisiones en masa de unos vehículos responden a la siguiente ecuación:

$$M = \rho * Q * C \quad \text{Ecuación 92}$$

Donde:

- $\rho$  : Densidad del contaminante en estudio.
- $Q$  : Volumen de los gases de escape.
- $C$  : Concentración volumétrica del contaminante en estudio.

Finalmente como visto, la masa del contaminante emitido dependerá del caudal volumétrico de los gases de escape durante el ciclo de conducción y de la concentración del contaminante en estudio en cada instante del ciclo de conducción. Finalmente la masa de contaminante emitido será la integración en el tiempo del caudal y la concentración.

La prueba ASM se realiza a una velocidad constante (caudal y concentración constantes), por lo que un aumento en las concentraciones de los contaminantes implica linealmente un aumento en la masa del contaminante emitido. De esta forma es posible, a través del deterioro de las concentraciones determinar proporcionalmente el deterioro en las emisiones, en los dos puntos de medición del ASM: 40 y 24 [km/hr].

No obstante lo anterior requiere que la comparación se realice para cada vehículo en sucesivas mediciones de ASM, para kilometrajes distintos, para obtener una curva de deterioro.

Dado que contamos con sólo un año de mediciones, lo que permite tener una radiografía de las emisiones de todo el parque de vehículos, se hace necesaria la comparación entre vehículos de distinta antigüedad asumiendo un nivel de actividad promedio por año para estimar finalmente el deterioro por kilometraje.

De esta forma se visualizarán las mayores emisiones de los vehículos más antiguos como un deterioro de las emisiones del parque.

Para que esta metodología funcione correctamente será necesario considerar el efecto normativo y el efecto tecnológico. En el gráfico que sigue se muestra el efecto en las emisiones del progreso tecnológico y normativo, en los vehículos homologados en el 3CV:

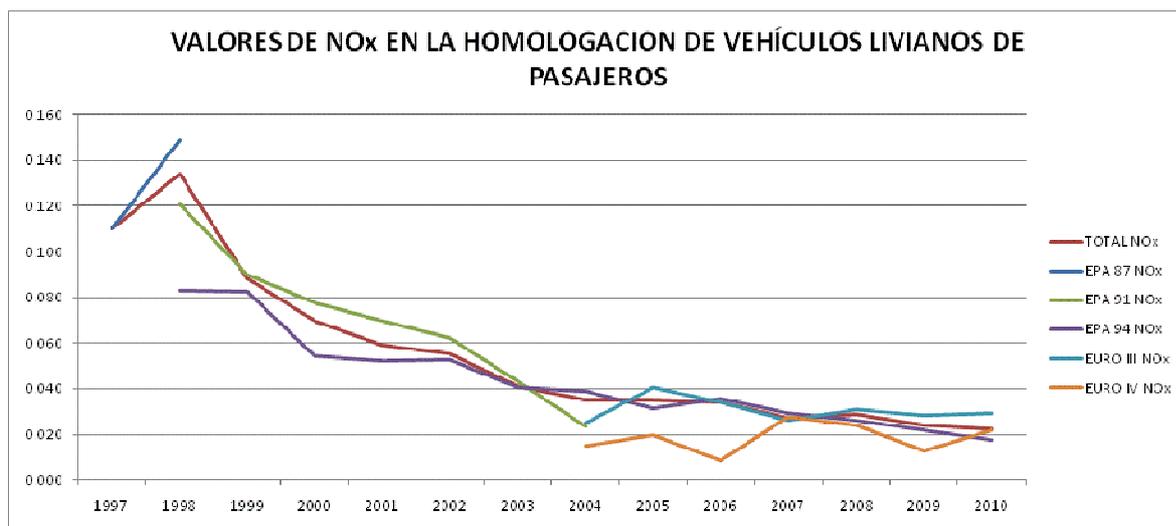


Figura 6

Otro efecto a considerar es el caudal de gases de escape como una función de la cilindrada u otras características como la eficiencia del motor.

Para eliminar ambos efectos se ha hecho el análisis por marca-modelo de vehículos, distinguiendo también por peso y cilindrada, comparando aquellos año-modelos que corresponden al mismo nivel tecnológico y normativo.

Por último los resultados obtenidos para la determinación del factor de deterioro difieren dependiendo del modo ASM que se analice. Este efecto tiene su origen en

las diferentes cargas a las cuales está sometido el motor del vehículo en ambos modos, es decir, dependiendo del nivel energético al cual el vehículo es sometido el deterioro es diferente.

Considerando lo anterior y con el objetivo de ponderar el factor de deterioro para los dos modos del método ASM (5015 y 2525), se propone utilizar la metodología de los Bins de VSP (Potencia Especifica Vehicular) utilizada en el modelo IVE ([www.issrc.org](http://www.issrc.org)). La metodología del modelo IVE ha sido utilizada en diferentes estudios anteriores nacionales e internacionales. Del estudio "Análisis y Desarrollo de Ciclos de Conducción por Categoría Vial para Santiago" desarrollado por Sistemas Sustentables por encargo de Sectra se obtiene la siguiente tabla que indica la proporción del tiempo que los vehículos se mantienen en las situaciones energéticas Bin 11, Bin 12 y Bin 13 de VSP.

Tabla 2-57: Proporción del tiempo de vehículos en situaciones energéticas

Horario	Bin 11- ralentí	Bin 12-2525	Bin 13- 5015	Vel [km/h]
Punta Mañana	43 %	19 %	15 %	28
Fuera de Punta	37 %	19 %	16 %	32

La situación de Bin 11 corresponde a una situación de ralentí, se observa que los vehículos de pasajeros livianos se mantienen en esta situación entre un 37% y un 43 %. La situación de Bin 12 es comparable a la situación a la que es sometido un vehículo en modo ASM2525 y se observa que los vehículos de pasajeros livianos se mantienen en esta situación un 19% del tiempo para ambos horario. Por último, la situación de Bin 13 se asemeja a la situación ASM 5015 y los vehículos de pasajeros livianos se mantienen en esta situación entre un 15% y un 16% del tiempo.

Es importante destacar que los vehículos en Santiago están entre el 72% y el 77% del tiempo en estas tres situaciones energéticas, por lo tanto el determinar las emisiones y los factores de deterioro para estas tres situaciones es primordial para el inventario de emisiones.

Por otra parte, debido a que los patrones de conducción son diferentes en diferentes ciudades es importante determinar los porcentajes de permanencia en los diferentes niveles energéticos para el resto de las ciudades de la Quinta Región.

Para considerar este efecto, los resultados en ambos modos de ASM se ponderaron según su proporción indicada en la tabla anterior.

A continuación, como ejemplo, se presentan las curvas de regresión lineal para uno de los modelos de vehículos:

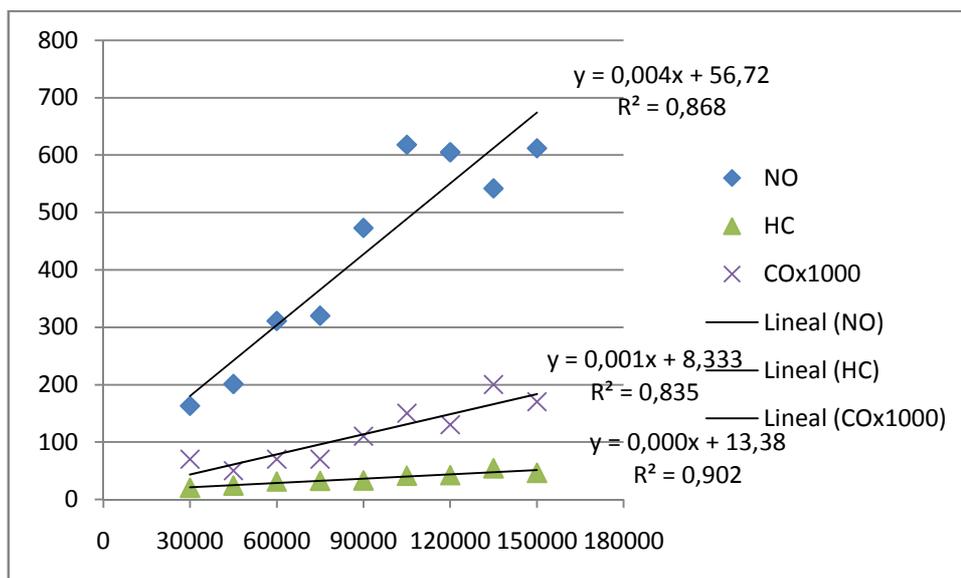


Figura 7

Se realizó el análisis de deterioro para las diez marcas más vendidas y finalmente se obtuvo el Factor de Deterioro (FD) promedio del parque como la siguiente expresión:

**Tabla 2-58: FD Promedio del Parque**  
**REGION METROPOLITANA**  
**FD(30K-100K)=1+m(KM-30000)**

		NO	CO	HC
	<b>M</b>	4.42E-05	2.63E-05	1.39E-05
RM	<b>FD30</b>	1	1	1
RM	<b>FD80</b>	3.209488	2.315058	1.695283
COPERT	<b>FD80</b>	1.25088	1.1686	1.16452
RM	<b>FD100</b>	4.093283	2.841082	1.973396
COPERT	<b>FD160</b>	1.57	1.91	1.44

Para ajustar estos resultados a las condiciones reales de deterioro de la V Región se realizó un programa experimental de mediciones en la PRT de San Antonio y de Placilla, mediante el método ASM.

Los resultados de dichas mediciones fueron normalizados según cilindrada e IE, para obtener valores comparables. Los resultados normalizados de emisiones para cada contaminante y modo de medición se presentan a continuación.

**Tabla 2-59: Resultados normalizados programa experimental**

	PROMED IO	PROMED IO	% AUMENT O	IC V REGION		SIGNIFICAN TE	PROMEDIO V REG S/Sello	RAZON S/C SELLO
	RM	V REG		SUP.	INF.			
<b>CO2525</b>	0.14	0.18	32%	0.24	0.13	NO	0.73	3.96
<b>HC2525</b>	0.20	0.30	48%	0.37	0.22	SI	0.75	2.56
<b>NOx2525</b>	0.18	0.32	80%	0.40	0.25	SI	0.78	2.42
<b>CO5015</b>	0.20	0.19	-6%	0.25	0.13	NO	1.06	5.62
<b>HC5015</b>	0.29	0.38	31%	0.45	0.30	SI	1.03	2.74
<b>NOx5015</b>	0.34	0.44	30%	0.52	0.36	SI	0.74	1.69

En la Tabla anterior es posible observar una comparación del nivel de emisiones, en el modo 2525 y 5015, para los tres contaminantes regulados, determinándose una diferencia estadísticamente significativa para los incrementos en HC y NOx. Para dichos contaminantes se obtuvo un factor de incremento de las emisiones para la V Región, que resulta de la ponderación de cada modo en el ciclo real de conducción (ver **Tabla 2-60**). En la tabla anterior se puede observar también una comparación entre el nivel de emisión normalizado de vehículos catalíticos (sello verde) y no catalíticos (sin sello). La razón entre ambos valores obtenido para las mediciones experimentales, ponderado por modo de medición, se compara a continuación con dicha razón obtenida a partir del factor de emisión COPERT para vehículos convencionales, a fin de garantizar una adecuada relación entre emisiones de vehículos sello verde y sin sello.

**Tabla 2-60: Factor de incremento de emisiones y razón sin y con sello verde**

	TOTAL	RAZON S/C SELLO	
	AUMENTO	S/SELLO EXP.	S/SELLO COPERT
<b>CO TOTAL</b>		4.70	5.10
<b>HC TOTAL</b>	1.40	2.64	4.50
<b>Nox TOTAL</b>	1.58	2.10	0.78

Como se puede observar de la Tabla anterior para los resultados de NOx el factor de emisión de vehículo convencional, para una velocidad urbana de 20 km/h resulta en menores emisiones para esta categoría que para vehículos catalíticos (0.78), lo que es

inverso a las características tecnológicas de ambas categorías y a la razón obtenida en el programa experimental (2.1). Para corregir este hecho se aplicará un factor de deterioro para este contaminante en vehículos convencionales (2.7).

Finalmente se presentan los Factores de Deterioro para la V Región, ajustados según los resultados del programa experimental.

**Tabla 2-61: FD Promedio del Parque V Región**

		V REGION		
		FD(30K-100K)=1+m(KM-30000)		
		NO	CO	HC
m		7.80E-05	2.63E-05	2.53E-05
V	<b>FD30</b>	1	1	1
V	<b>FD80</b>	4.90	2.31	2.27
COPERT	<b>FD80</b>	1.25	1.17	1.16
V	<b>FD100</b>	6.46	2.84	2.77
COPERT	<b>FD160</b>	1.57	1.91	1.44

- **Metodología de cálculo de emisiones proveniente del desgaste de frenos y neumáticos CORINAIR COPERT IV - Simplificada**

La metodología base de estimación de emisiones corresponde a:

$$E_d = \sum_k NA_k \times FE_{d,k} \qquad \text{Ecuación 93}$$

Donde,

$E_d$  : Emisiones [gr] de material particulado provenientes de la descarga  $d$

$NA_k$  : Nivel de actividad de la categoría vehicular  $k$  [km]

$FE_{d,k}$  : Factor de emisión de material particulado para la categoría vehicular  $k$  y tipo de descarga  $d$  [gr/km]

$k$  : Categoría vehicular (vehículos livianos, buses, camiones, motos)

$d$  : Tipo de descarga (desgaste de frenos, desgaste de neumáticos y de la superficie)

Los factores de emisión se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2-62: Factores de emisión de material particulado de descargas por desgaste de frenos, neumáticos y de superficie, según Metodología Simplificada de COPERT IV.**

<b>Categoría Vehicular</b>	<b>Desgaste de Neumáticos (g/km)</b>	<b>Desgaste de Frenos (g/km)</b>	<b>Desgaste de superficie (g/km)</b>
Motocicletas	0,0028	0,0037	0,0030
Autos Livianos	0,0064	0,0073	0,0075
Camiones Livianos	0,0101	0,0115	0,0075
Camiones Pesados y Buses	0,0270	0,0320	0,0380

○ **Metodología de cálculo de emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas AP-42 EPA**

La metodología de estimación de emisiones de polvo resuspendido proviene de la última actualización del AP-42 de la EPA, año 2006.

A continuación se describe la metodología de estimación de emisiones proveniente de la resuspensión de material particulado sobre calles pavimentadas, metodología presentada en la última edición del AP-42.

$$Epa = Ed(1 - P/4N)$$

con  $Ed = e * F * L$

**Ecuación 94**

Donde:

Epa : tasa de emisión anual (o del período bajo estudio) de partículas para el tramo de calle pavimentada [g/año].

Ed : tasa de emisión diaria de partículas para el tramo de calle pavimentada [g/día].

p : días con precipitaciones mayores de 0.254 mm. durante el periodo considerado.

N : número de días del periodo de estudio (365 en el caso anual).

Ed : tasa de emisión diaria por tramo [g/día].

e : factor de emisión de partículas por calles [g/vehículo-km].

F : flujo vehicular diario [vehículos/día].

L : longitud del tramo [km].

Los factores de emisión de polvo desde calles pavimentadas, corresponden a la última versión (año 2006) del AP-42 de la EPA relativo a fuentes misceláneas de emisiones de polvo fugitivo desde calles pavimentadas<sup>62</sup>. El factor de emisión se puede obtener de la siguiente forma:

$$e = k \left( \frac{Sp}{2} \right)^{0,65} \left( \frac{W}{3} \right)^{1,5} - C \quad \text{Ecuación 95}$$

Donde,

- Sp : contenido de material fino, fracción de polvo de diámetro  $\leq 75$  micrones [g/m<sup>2</sup>].
- k : constante, depende del tamaño de partícula a considerar [gr/VKT].
- W : peso promedio de la categoría de vehículo en movimiento [ton].
- C : factor de emisión de ajuste, asociado a emisiones de escape y desgaste de frenos y neumáticos.

El valor de la constante  $k$  varía según el tamaño de partícula como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 2-63: Valores de k, según tamaño de partícula**

Tamaño de partícula	Valores de k en [gr/VKT].
PM 2.5	0.66
PM 10	4.6
PM 15	5.5
PM 30*	24

**Fuente: AP42**

\* Se asocia a PTS.

Respecto a la carga de sedimentos de material fino de la superficie del camino, la tabla siguiente entrega los valores por defecto del AP-42 Capítulo 13, Cuadro 13.2.1-3.

**Tabla 2-64: Carga de finos**

Flujo vehicular (v/día)	$\leq 500$	$> 500 \leq 10.000$	$> 10.000$
Carga de finos (g/m <sup>2</sup> )	0,6	0,11*	0,03

**Fuente: AP42**

<sup>62</sup><http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>

\* En AP-42 se encuentra separado en flujos entre 500-5000 y 5000-10000, con valores de 0,2 y 0,06 respectivamente.

Respecto a la Región Metropolitana la carga de sedimentos de material fino que debe ser utilizada se entrega en la siguiente tabla:

**Tabla 2-65: Carga de finos en calles pavimentadas**

Flujo (v/día)	Carga de finos (g/m <sup>2</sup> )
≤ 500	4,2
> 500 ≤ 10000	0,96
> 10000	0,18

**Fuente: INTEC**

El valor de W será obtenido de valores promedio utilizados para vehículos en movimiento. La siguiente tabla entrega estos valores:

**Tabla 2-66: Peso de vehículos**

Tipo de vehículo	Peso (ton)
Vehículos Particulares	1,2
Vehículos Comerciales	2
Motos	0,2
Buses	17,2
Camiones Livianos	7,5
Camiones Medianos Diesel	12
Camiones Pesados	45

**Fuente: Inventario de emisiones RM 2005, DICTUC.**

## Espección de MP

En este caso se dispone de un perfil de espección proveniente del sistema Speciate de la EPA.

Perfil espección polvo de calles	
Especie	Porcentaje
Aluminio	1,649
Antimonio	0,008
Arsénico	0,015
Azufre	0,111
Bario	0,028

Bromo	0,004
Cadmio	0,004
Calcio	0,887
Chromium (III)	0,005
Cloro	0,021
Cobre	0,051
Estaño	0,011
Estroncio	0,008
Fosforo (amarillo o blanco)	0,032
Hierro	1,03
Manganeso	0,024
Mercurio	0,204
Niquel	0,002
Potasio	0,268
SULFATES	0,075
Silicio	5,274
Titanio	0,112
Vanadio	0,007
Zinc	0,129
Zirconio	0,001

- Metodología tipo zona

En la metodología tipo Zona, las emisiones difusas (principalmente las originadas en la evaporación de combustibles líquidos) no son calculadas por arco sino con una metodología Top Down a nivel de zonas geográficas más extensas (generalmente comunas o agrupación de comunas en ciudades grandes<sup>63</sup> y sectores más pequeños en el caso de ciudades intermedias los que son definidos en función de las características del parque en cada ciudad). Este tipo de metodología se caracteriza por utilizar información de entrada a nivel zonal, principalmente parque vehicular en la zona, viajes entre zonas, lo cual limita el nivel de distribución espacial de las emisiones a la zona en donde se cuenta con dicha información.

A través de la aplicación de esta metodología, se calculan los siguientes tipos de emisiones:

---

<sup>63</sup> Principalmente Gran Santiago, Gran Valparaíso y Gran Concepción.

**Tabla 2-67: Emisiones calculadas con metodología tipo zona**

Emisiones Tipo Zona	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Corrección por partidas en frío (*)</li><li>• Emisiones evaporativas durante el día.</li><li>• Emisiones Evaporativas por detenciones en caliente</li><li>• Emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido (running losses) (*).</li></ul>	

(\*): Si bien este tipo de emisiones son estimadas con niveles de actividad globales para una zona determinadas, finalmente estas emisiones pueden ser distribuidas espacialmente sobre la red vial en caso que es te disponible, dándole mayor peso a aquellos arcos que poseen un mayor nivel de actividad.

### Especiación de COV Evaporativos

En este caso se dispone de un perfil de especiación proveniente del sistema COPERT III.

Perfil especiación emisiones evaporativas	
Especie	Porcentaje
Benzene	1
Toluene	1
Xylene, meta	0,25
Xylene, para	0,25
Propane	1
Butane-iso	10
Butane-normal	20
Pentane	15
Hexane	15
Butene	1
Isopentane	25
1-Pentene	2
HEPTANE	2
HEXENE	1,5
2-Butene	2
2-PENTENE	3
Benzene	1
Toluene	1
Xylene, meta	0,25

Xylene, para	0,25
Propane	1
Butane-iso	10
Butane-normal	20
Pentane	15
Hexane	15
Butene	1
Isopentane	25
1-Pentene	2
HEPTANE	2
HEXENE	1,5
2-Butene	2
2-PENTENE	3
Benzene	1
Toluene	1
Xylene, meta	0,25
Xylene, para	0,25
Propane	1
Butane-iso	10
Butane-normal	20
Pentane	15
Hexane	15
Butene	1
Isopentane	25
1-Pentene	2
HEPTANE	2
HEXENE	1,5
2-Butene	2
2-PENTENE	3

a) Metodología de cálculo de emisiones por partidas en frío Copert 3

Las emisiones por partidas en frío se asocian a las emisiones producidas en aquella porción del viaje de un vehículo en la cual la conducción se realiza en condiciones de temperatura de motor inferiores a las normales de diseño. Estas emisiones se destacan aún más cuando se estiman emisiones en ciudades donde el largo del viaje promedio es corto y las temperaturas son bajas.

La metodología de cálculo para este tipo de emisiones se basa en la fórmula genérica mostrada a continuación:

$$E_{i,j,k,m} = E_{cal\ ijkm} * (e_{frío}/e_{cal})_{jk} * (T_m) * F_{viaje}(T_m, LV_k) \quad \text{Ecuación 96}$$

Donde,

- $E_{ijkm}$  : Emisión de la comuna  $i$ , para el contaminante  $j$ , para la categoría de vehículo  $k$ , para el mes  $m$ , en Ton del contaminante/mes
- $E_{calijkm}$  : Emisiones Calculadas con la metodología de arcos (emisiones en caliente) para la comuna  $i$ , contaminante  $j$ , vehículo  $k$ , en el mes  $m$ , en Ton/mes
- $(e_{frío}/e_{cal})_{jk}$  : Razón de emisiones entre motor frío y motor caliente para el contaminante  $j$  y vehículo  $k$  (adimensional).
- $F_{viaje}$  : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de  $T_m$  y  $L_v$
- $T_m$  : Temperatura promedio del mes  $m$
- $LV_k$  : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría  $k$

La ecuación anterior calcula las emisiones en frío asociadas al tramo en que el vehículo transita con el motor frío. La ecuación siguiente muestra el cálculo de las emisiones en caliente que habían sido calculadas para el tramo frío. Por lo tanto, éstas tendrán que ser restadas en el sistema de las calientes originales calculadas en la metodología antes que se incorporaren este tipo de emisiones.

$$E_{ijkm} = E_{cal,ijkm} * F_{viaje}(T_m, LV_k) \quad \text{Ecuación 97}$$

Donde,

- $E_{ijkm}$  : Emisión de la comuna  $i$ , para el contaminante  $j$ , para la categoría de vehículo  $k$ , para el mes  $m$ , en Ton del contaminante/mes.
- $E_{CAL,ijkm}$  : Emisiones calculadas con la metodología de arcos (emisiones en caliente) para la comuna  $i$ , contaminante  $j$ , vehículo  $k$ , en el mes  $m$ , en Ton/mes.
- $F_{viaje}$  : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de  $T_m$  y  $L_v$ .
- $T_m$  : Temperatura promedio del mes  $m$ .
- $LV_k$  : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría  $k$ .

En las ecuaciones anteriores se hace referencia a dos parámetros importantes. Uno de ellos es la relación " $e_{frío}/e_{cal}$ ", correspondiente a la razón de emisiones en frío sobre las de tipo caliente. Este factor se aplica a la fracción del viaje en frío y depende de la temperatura ambiental, rangos de velocidad y del contaminante considerado. Las expresiones utilizadas para el cálculo de esta razón se muestran en la tabla siguiente. El

otro parámetro importante corresponde al "F<sub>viaje</sub>" o fracción del viaje que se considera realizada en frío. Este depende de la temperatura y del modo de conducción, en particular del largo del viaje promedio asignado y está dado por la siguiente ecuación:

$$F_{viaje} = 0.6474 - 0.02545 * LV_k - (0.00975 - 0.000384 * LV_k) * T_m \quad \text{Ecuación 98}$$

Donde,

- $F_{viaje}$  : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de  $T_m$  y  $LV_k$ .
- $LV_k$  : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría  $k$ .
- $T_m$  : Temperatura promedio del mes  $m$ .

**Tabla 2-68: Razón de Emisión e<sub>frío</sub>/e<sub>cal</sub> por partidas en frío**

Vehículos livianos de pasajeros a gasolina convencionales	Temperatura (°C)	e <sub>frío</sub> / e <sub>cal</sub>
CO	-10 : 30	3,7 - 0,09 * ta
NO <sub>x</sub>	-10 : 30	1,14 - 0,006 * ta
HCT	-10 : 30	2,8 - 0,06 *ta

Vehículos livianos de pasajeros a gasolina Euro I	Velocidad (km/hr)	T (°C)	e <sub>frío</sub> / e <sub>cal</sub> = AxV + BxT <sup>0</sup> + C		
			A	B	C
CO	5-25	-20 : 15	0.121	-0.146	3.766
	26-45	-20 : 15	0.299	-0.286	-0.58
	5-45	>15	0.0503	-0.363	8.604
NO <sub>x</sub>	5-25	>-20	0.0458	0.00747	0.764
	26-45	>-20	0.0484	0.028	0.685
HCT	5-25	-20 : 15	0.0157	-0.207	7.009
	26-45	-20 : 15	0.282	-0.338	4.098
	5-45	>15	0.0476	-0.477	13.44

Fuente.: COPERT III<sup>64</sup>, 2001.

t<sub>a</sub> : temperatura ambiente

- b) Metodología de cálculo de emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido Copert III

<sup>64</sup> Computer programme to calculate emissions from road transport, Methodology and emission factors (Version 2.1), 2001.

En el caso de las running losses, por tratarse de pérdidas durante el recorrido del vehículo, es decir, en el trayecto recorrido sobre los arcos de la red vial, éstas se incluyen como cualquier otro contaminante en el cálculo de las emisiones totales, por lo que se consideran como emisiones de arco, es decir, bajo la metodología denominada tipo arco. Esta metodología hace diferencia según el grado de temperatura del motor, es decir, se denomina "hot running losses" cuando la temperatura del agua refrigerante del motor se encuentra sobre los 70°C y "warm running losses" cuando se encuentra por debajo de este valor. La expresión genérica para el cálculo por arco es:

$$E_{evapRLkj} = \sum ( FE_{evapRLk} \cdot F_{kj} \times L_j ) \quad \text{Ecuación 99}$$

Donde:

- $E_{evapRLkj}$  : emisiones evaporativas totales debidas al recorrido diario (running losses) de la categoría  $k$  por arco de la red vial  $j$  [gr/hr].
- $FE_{evapRLk}$  : factor de emisión para emisiones evaporativas debidas al recorrido diario (hot running losses o warm running losses según corresponda) de la categoría  $k$  en estudio [gr/km].
- $F_{kj}$  : flujo de vehículos de la categoría  $k$  en el arco  $j$  evaluado.
- $L_j$  : longitud del arco  $j$  [km].

La tabla siguiente entrega los factores de emisión para emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido diario.

**Tabla 2-69: Factores de emisión de evaporativas durante el recorrido**

Factor de emisión	Unidades	Vehículos no controlados (sin dispositivo canister)	Vehículos controlados (dotados con canister)
Emisiones por pérdidas durante el recorrido con T° motor <70°C. (Warm Running losses)	[gr/km]	$0,1 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$	0,1 * (no controlado)
Emisiones por pérdidas durante el recorrido con T° motor ≥ 70°C. (Hot Running losses)	[gr/km]	$0,136 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$	0,1 * (no controlado)

c) Metodología de cálculo de emisiones evaporativas durante el día (diurnal) Copert III

Las emisiones evaporativas durante el día (diurnal), se asocian a las variaciones de temperatura naturales que se presentan durante el día. La expresión de cálculo de emisiones totales diarias se presenta a continuación:

$$E_{evapD_k} = N_{V_k} \cdot FE_{evapD_k} \quad \text{Ecuación 100}$$

Donde,

$E_{evapD_k}$  : Emisiones evaporativas totales debidas a las variaciones naturales de temperatura (diurnal) de la categoría k, en el área de estudio [gr/día].

$N_{V_k}$  : Número de vehículos de la categoría k en el área de estudio.

$FE_{evapD_k}$  : Factor de emisión para emisiones diarias debidas a cambios en la temperatura ambiente (diurnal) correspondiente a la categoría k [gr/día].

El número de vehículos  $N_{V_k}$  se obtiene a partir de la información proveniente de INE (permisos de circulación) para el año en evaluación. Además, con el fin de redistribuir de una manera más representativa el parque en la ciudad durante el día, y estimar qué fracción de los vehículos realmente se mantiene en su sector de origen y cuáles salen o entran, se utiliza la información de matrices de viajes de transporte privado, por sectores EOD, de los estudios de Diagnóstico del Sistema de Transporte Urbano efectuados por SECTRA en distintas ciudades del país.

La tabla siguiente entrega los factores de emisión para emisiones evaporativas durante el día.

**Tabla 2-70: Factores de emisión de evaporativas durante el día**

Factor de emisión	Unidades	Vehículos no controlados (sin dispositivo canister)	Vehículos controlados (dotados con canister)
Emisiones durante el día (Diurnal)	[gr/día]	$9,1 * \exp(0,0158 * (RVP - 61,2) + 0,0574 * (t_{\min} - 22,5) + 0,0614 * (t_{\text{inc}} - 11,7))$	0,2 * (no controlado)

d) Metodología de cálculo de emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot snack) Copert III

Las emisiones por detenciones en caliente (hot soak) se originan cuando el motor del vehículo es apagado (posterior a haber efectuado un recorrido), en donde el calor remanente calienta las líneas de combustible que ya no está fluyendo produciendo emisiones evaporativas. Estas emisiones pueden dividirse en "hot soak" cuando la

temperatura del agua de refrigeración del motor al ser apagado está por sobre los 70°C y en "warm soak" cuando la temperatura es menor a 70°C.

Al igual que para las emisiones durante el día, para las detenciones en caliente se considera la población de vehículos de acuerdo a la información base INE y a la distribución de la EOD.

La expresión de cálculo de emisiones totales diarias se presenta a continuación:

$$EevapHS_k = Nv_k \cdot Nvd_k \cdot FEevapHS_k \quad \text{Ecuación 101}$$

Donde,

$EevapHS_k$  : Emisiones evaporativas totales debidas a las detenciones en caliente (hot o warm soak según corresponda) de la categoría  $k$ , en el área de estudio expresadas en [gr/día].

$Nv_k$  : Número de vehículos de la categoría  $k$  en el área de estudio.

$Nvd_k$  : Número de viajes diarios promedio realizado por la categoría  $k$ .

$FEevapHS_k$  : Factor de emisión para emisiones provenientes de las detenciones en caliente (hot o warm soak) de la categoría  $k$  [gr/detención].

La tabla siguiente entrega los factores de emisión para emisiones evaporativas por detenciones en caliente.

**Tabla 2-71: Factores de emisiones evaporativas por detenciones en caliente**

Factor de emisión	Unidades	Vehículos no controlados (sin dispositivo canister)	Vehículos controlados (dotados con canister)
Emisiones por detenciones en caliente, con $T^o$ motor <70°C. (Warm soak)	[gr/detención]	$\exp(-1,644 + 0,01993 * RVP + 0,07521)$	$0,2 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 t_a)$
Emisiones por detenciones en caliente, con $T^o$ motor $\geq$ 70°C. (Hot soak)	[gr/detención]	$3,0042 * \exp(0,02 * RVP)$	$0,3 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 * t_a)$
Hot soak y Warm soak (vehículos con inyección de combustible)	[gr/detención]	0,7	No aplicable

## 2.4.2. Fuentes Móviles en Ruta en Ciudades sin Red Modelada

### Resumen descriptivo

<b>Grupo de Fuente</b>	Fuentes móviles en ruta
<b>Categoría</b>	Fuentes móviles
<b>Subcategoría</b>	Fuentes móviles en ruta sin red modelada
<b>Rubro</b>	No Aplica
<b>Metodología</b>	La metodología propuesta fue desarrollada en el marco de la guía del RETC, y consiste en la aplicación de factores de emisión equivalentes a los utilizados para la metodología Bottom UP pero utilizando kilómetros promedio por tipos de vehículos aplicados a la información de parque vehicular proporcionada por INE. Por su parte, para la aplicación de los factores de emisión se utiliza la información de permisos de circulación y revisiones técnicas para la determinación de la composición tecnológica de la flota en la zona de estudio.
<b>Tipo de Metodología</b>	Top Down
<b>Factores de Emisión</b>	Factores de emisión COPERT IV para emisiones por tubo de escape y factores promedio estimados para el caso de emisiones evaporativas y corrección por partidas en frío.
<b>Fuente de Información</b>	Parque vehicular del INE, plantas de revisión técnica del MTT.
<b>Organismo Sectorial Propuesto</b>	INE, Ministerio de Transporte.

- **Metodología de cálculo de emisiones**

La forma de obtención de las emisiones presenta la misma manera de calcular las emisiones que la metodología de ciudades que tienen modelo de transporte, es decir, multiplicar los kilómetros recorridos por un factor de emisión. La diferencia fundamental radica en la forma de estimar el nivel de actividad y en la utilización de un factor de emisión promedio.

La emisión total queda determinada por la siguiente ecuación.

$$E_c = \sum_i \sum_j FE(v)_{ck} * P_i * C_{ik} * KR_k$$

### Ecuación 102

Donde:

- $E_c$  : Emisión total del contaminante c en una ciudad de tamaño de parque vehicular p.
- $FE(v)_{ck}$  : Factor de emisión para el contaminante c del vehículo tipo i de tecnología k evaluada a una velocidad v promedio característica por tipo de vehículo y tamaño del parque vehicular de la zona en estudio obtenidos a partir de ciudades que cuentan con modelo de transporte.
- $P_i$  : Parque de vehículos tipo i las que pueden ser obtenidas directamente a partir de agrupaciones del parque vehicular del INE.
- $C_{ik}$  : Composiciones vehiculares para transformar vehículos tipos i en vehículos tipo K compatibles con los factores de emisión de las ciudades que cuentan con modelo de transporte.
- $KR_i$  : Kilómetros promedios recorridos por el tipo de vehículos k en una ciudad de tamaño de parque p.
- K : La tecnología k es equivalente a las descritas para ciudades que cuentan con modelo de transporte.

A continuación se describe cada uno de los elementos de la metodología presentada:

- Factor de emisión ( $FE_{ck}$ )

Estos factores de emisión son los mismos que los utilizados en ciudades con modelo de transporte para tipo arco evaluadas a las velocidades promedios según el tamaño del parque de la ciudad en estudio y el tipo de vehículo "i".

- Composiciones vehiculares ( $C_{ik}$ )

En la siguiente tabla se indica la forma de agrupar las categorías vehiculares de las estadísticas de parque vehicular del INE en categorías "i".

Una vez obtenidas estas categorías mediante el procesamiento de información provenientes de plantas de revisión técnica y permisos de circulación fue posible determinar las composiciones de categorías i en categorías k utilizando los criterios de la tabla correspondiente.

**Tabla 2-72: Equivalencia entre categorías INE para parque vehicular y las categorías i de la metodología top down**

<b>Categoría i</b>	<b>Categoría INE</b>
Particulares	"Automóvil y Station wagon"
Comerciales	"Jeep", "Furgón", "Minibús", "Camioneta", "Minibús, furgón escolar y trabajadores" y "Minibús, transporte colectivo"
Motos	"Motocicleta y similares"
Bus	"Bus Articulado", "Bus, transporte colectivo" y "Bus, transporte escolar y trabajadores"
Camión liviano – Mediano	"Camión simple"
Camión Pesado	"Tracto camión"
Taxi - Taxi Colectivo	"Taxi básico", "Taxi colectivo" y "Taxi turismo"

Fuente: estudios CONAMA 2009, AMBIOSIS S.A.

- Kilómetros promedios recorridos  $KR_i$  y velocidad promedio  $v$

En general los kilómetros promedios y velocidades promedio son obtenidos a partir de ciudades que cuentan con modelo de transporte y estas se agrupan según el tamaño del parque vehicular y se promedian.

En las siguientes tablas se entregan los valores kilómetros y velocidades promedio obtenidos a partir de los inventarios 2007 desarrollado en el marco del RETC para las 17 ciudades con modelo de transporte.

**Tabla 2-73: Valores de Kilómetros promedios y velocidades promedio, obtenidas para el Año 2007 en ciudades con modelo de transporte y parque vehicular menor o igual a 25.000 vehículos**

Tamaño del parque de la ciudad: "p"	Tipo Vehículo: "i"	Kilómetros/Vehículo	Velocidad Promedio
<= 25.000	Bus	30212	20
<= 25.000	Camión liviano - Mediano	3789	31
<= 25.000	Camión Pesado	24445	35
<= 25.000	Comerciales	7990	36
<= 25.000	Motos	1796	35
<= 25.000	Particulares	5592	35
<= 25.000	taxi - taxi colectivo	31677	27

Fuente: estudios CONAMA 2009, AMBIOSIS S.A.

**Tabla 2-74: Valores de Kilómetros promedios y velocidades promedio, obtenidas para el Año 2007 en ciudades con modelo de modelo de transporte y parque vehicular mayor a 25.000 vehículos y menor o igual a 50.000 vehículos**

Tamaño del parque de la ciudad: "p"	Tipo Vehículo: "i"	Kilómetros/Vehículo	Velocidad Promedio
> 25.000 <= 50.000	Bus	34436	23
> 25.000 <= 50.000	Camión liviano - Mediano	10332	38
> 25.000 <= 50.000	Camión Pesado	25569	47
> 25.000 <= 50.000	Comerciales	12331	37
> 25.000 <= 50.000	Motos	4358	37
> 25.000 <= 50.000	Particulares	6841	37
> 25.000 <= 50.000	taxi - taxi colectivo	44975	29

Fuente: estudios CONAMA 2009, AMBIOSIS S.A.

**Tabla 2-75: Valores de Kilómetros promedios y velocidades promedio, obtenidas para el Año 2007 en ciudades con modelo de modelo de transporte y parque vehicular mayor a 50.000 vehículos**

Tamaño del parque de la ciudad: "p"	Tipo Vehículo: "i"	Kilómetros/Vehículo	Velocidad Promedio
> 50.000	Bus	54497	19
> 50.000	Camión liviano - Mediano	54295	43
> 50.000	Camión Pesado	120876	46
> 50.000	Comerciales	13549	37
> 50.000	Motos	6652	36
> 50.000	Particulares	9511	39
> 50.000	taxi - taxi colectivo	54785	25

Fuente: estudios CONAMA 2009, AMBIOSIS S.A.

En el caso del Inventario de la V Región los valores de Kilómetros recorridos fueron obtenidos a partir de encuesta en plantas de revisión técnica. En general este método es preferible a los valores entregados en las tablas promedios según tamaño del parque.

### Metodologías de estimación de emisiones del tipo zona

Para el caso de correcciones por partidas en frío y emisiones evaporativas, en general las ecuaciones dependen de un número mayor de parámetros que las emisiones tipo arco. Por tanto, en este caso la metodología utilizada en los estudios CONAMA 2009 es equivalente a presentada en la Ecuación 102 38 pero en este caso a partir de las 17 ciudades que cuentan con modelo de transporte se determinan para cada categoría

vehicular tipo i emisiones promedio según el tamaño del parque de la zona en estudio "p"

Para la obtención de un factor de emisión promedio se utiliza la siguiente ecuación:

$$FE_{ciz} = \frac{E_{ciz}}{P_{iz}} \quad \text{Ecuación 103}$$

En donde:

- $FE_{ciz}$  : Factor de emisión promedio (en ton/año) para el contaminante c, de un vehículo tipo i, en la ciudad z.
- $E_{ciz}$  : Emisión promedio (en ton/año) para el contaminante c, de un vehículo tipo i, en la ciudad z.
- $P_{iz}$  : Parque para el tipo de vehículo i en la ciudad z.

Para la determinación de  $E_{ciz}$  los vehículos de categoría k de las ciudades con modelo de transporte deben ser agrupadas en categorías "i" según la siguiente tabla:

**Tabla 2-76: Agrupación de categorías "i" en categorías "k"**

Descripción (categoría k)	Categoría "i"
Vehículos Particulares Cat. Tipo 1	particular
Vehículos Particulares Cat. Tipo 2	particular
Vehículos Particulares No Catalíticos	particular
Vehículos Particulares a Gas	particular
Vehículos Particulares Otros	particular
Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1	taxi - taxi colectivo
Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 2	taxi - taxi colectivo
Vehículos de Alquiler No Catalíticos	taxi - taxi colectivo
Vehículos de Alquiler a Gas	taxi - taxi colectivo
Vehículos de Alquiler Otros	taxi - taxi colectivo
Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1	comercial
Vehículos Comerciales Cat. Tipo 2	comercial
Vehículos Comerciales No Catalíticos	comercial
Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	comercial
Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2	comercial
Vehículos Comerciales a Gas	comercial
Vehículos Comerciales Otros	comercial
Buses particulares	comercial
Vehículos Escolares Cat. Tipo 1	comercial

Vehículos Escolares No Catalíticos	comercial
Vehículos Escolares a Diesel	comercial
Camiones Livianos Diesel Convencional	camión liviano mediano
Camiones Livianos Diesel Tipo 1	camión liviano mediano
Camiones Livianos Diesel Tipo 2	camión liviano mediano
Camiones Livianos Diesel Tipo 3	camión liviano mediano
Camiones Livianos a Gas	camión liviano mediano
Camiones Livianos Otros	camión liviano mediano
Camiones Medianos Diesel Convencional	camión liviano mediano
Camiones Medianos Diesel Tipo 1	camión liviano mediano
Camiones Medianos Diesel Tipo 2	camión liviano mediano
Camiones Medianos Diesel Tipo 3	camión liviano mediano
Camiones Medianos a Gas	camión liviano mediano
Camiones Medianos Otros	camión liviano mediano
Motos de Dos Tiempos Convencional	moto
Motos de Dos Tiempos Tipo 1	moto
Motos de Cuatro Tiempos Convencional	moto
Motos de Cuatro Tiempos Tipo 1	moto
Buses Interurbanos Diesel Convencional	Bus
Buses Interurbanos Diesel Tipo1	Bus
Buses Interurbanos Diesel Tipo 2	Bus
Buses Interurbanos Diesel Tipo 3	Bus
Buses Interurbanos Otros	Bus
Buses Rurales Diesel Convencional	Bus
Buses Rurales Diesel Tipo 1	Bus
Buses Rurales Diesel Tipo 2	Bus
Buses Rurales Diesel Tipo 3	Bus
Buses Rurales Otros	Bus
Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1	taxi - taxi colectivo
Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 2	taxi - taxi colectivo
Taxis Colectivos No Catalíticos	taxi - taxi colectivo
Taxis Colectivos a Gas	taxi - taxi colectivo
Taxis Colectivos otros	taxi - taxi colectivo
Camiones Pesados Diesel Convencional	camión pesado
Camiones Pesados Diesel Tipo 1	camión pesado
Camiones Pesados Diesel Tipo 2	camión pesado
Camiones Pesados Diesel Tipo 3	camión pesado
Camiones Pesados Otros	camión pesado
Buses Licitados Urbanos Diesel VTT	Bus
Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1	Bus
Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2	Bus

Fuente: estudios CONAMA 2009, AMBIOISIS S.A.

Seguidamente se toman los  $FE_{ciz}$  de cada ciudad y estos se promedian por ciudades que pertenecen a un mismo intervalo de parque vehicular "p" cuyos resultados se presentan

en las siguientes tablas. Es importante señalar que este tipo de emisiones sólo se determina para vehículos gasolineras

En donde:

- CC : Factor de cálculo de consumo de combustible por corrección de partidas en frío expresado en Ton/vehículo.
- CO : Factor de cálculo de emisiones de CO por corrección de partidas en frío expresado en Ton/vehículo.
- HC : Factor de cálculo de emisiones de HC por corrección de partidas en frío más emisiones evaporativas, expresado en Ton/vehículo.
- NOX : Factor de cálculo de emisiones de NOx por corrección de partidas en frío expresado en Ton/vehículo.

**Tabla 2-77: Factores de emisión en (Ton del contaminante/vehículos) para corrección por partida en frío y emisiones evaporativas para vehículos gasolineras en ciudades con parque vehicular menor o igual a 25.000 vehículos.**

Tamaño del parque de la ciudad: "p"	Tipo Vehículo: "i"	CC	CO	HC	NOX
< 25.000	Comerciales	0.0199	0.0080	0.0114	0.0003
< 25.000	Particulares	0.0166	0.0076	0.0119	0.0002
< 25.000	taxi - taxi colectivo	0.0387	0.0066	0.0193	0.0007

Fuente: estudios CONAMA 2009, AMBIOSIS S.A.

**Tabla 2-78: Factores de emisión en (Ton del contaminante/vehículos) para corrección por partida en frío y emisiones evaporativas para vehículos gasolineras en ciudades con parque vehicular mayor a 25.000 vehículos y menor o igual a 50.000 vehículos.**

Tamaño del parque de la ciudad: "p"	Tipo Vehículo: "i"	CC	CO	HC	NOX
> 25.000 < 50.000	Comerciales	0.0465	0.0230	0.0112	0.0006
> 25.000 < 50.000	Particulares	0.0342	0.0181	0.0102	0.0004
> 25.000 < 50.000	taxi - taxi colectivo	0.1911	0.0410	0.0308	0.0032

Fuente: estudios CONAMA 2009, AMBIOSIS S.A.

**Tabla 2-79: Factores de emisión en (Ton del contaminante/vehículos) para corrección por partida en frío y emisiones evaporativas para vehículos gasolineras en ciudades con parque vehicular mayor a 50.000 vehículos.**

Tamaño del parque de la ciudad: "p"	Tipo Vehículo: "i"	CC	CO	HC	NOX
> 50.000	Comerciales	0.0304	0.0131	0.0112	0.0004
> 50.000	Particulares	0.0210	0.0102	0.0110	0.0003
> 50.000	taxi - taxi colectivo	0.0908	0.0212	0.0287	0.0015

Fuente: estudios CONAMA 2009, AMBIOSIS S.A.

En el caso de la V Región dada la gran cantidad de información disponible en las ciudades fue posible utilizar la misma metodología de ciudades que no cuentan con modelo de transporte descrita en la sección anterior. En este caso para las emisiones durante el recorrido los kilómetros totales por comuna para una cierta categoría vehicular se obtienen directamente de la metodología top down y no de la suma de los kilómetros recorridos por cada arco de la red como en el caso de la metodología bottom UP.

- **Distribución espacial**

Es obtenida mediante cartografía del país que incluya la ubicación y superficie de las ciudades consideradas.

- **Distribución temporal**

La distribución temporal de las emisiones es obtenida de perfiles de emisión de ciudades que poseen red modelada de transporte.

En el caso de la V región dada la gran cantidad de información generada en el estudio la distribución temporal de las emisiones se construye a partir de perfiles temporales característicos de flujo en combinación con perfiles de temperatura.

### 3. GENERACIÓN DE EDB EN FORMATO AIRVIRO

I-Airviro es un sistema de gestión de calidad del aire basado en una herramienta de información geográfica web. Este sistema en su versión actual está físicamente instalado en un servidor Linux el que está permanentemente conectado a redes de información meteorológica y de calidad del aire. En términos generales las funcionalidades del sistema se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Permite la administración, almacenamiento y manejo de información ambiental como datos meteorológicos, calidad del aire, emisiones antropogénicas, emisiones naturales.

Para el almacenamiento de información existen dos alternativas, la primera es mediante el uso de un plug-in basado en una aplicación de Microsoft Excel, o bien, por medio de un conjunto de archivos ascii a nivel del sistema. La manera recomendable depende del tipo de usuario, de la cantidad y tipo de datos que se necesita ingresar. Al hacer inventarios complejos fuera del sistema Airviro como por ejemplo los inventarios de emisiones a nivel de regiones generados con los modelos SAIE y MODEM, la manera preferible de transferir datos al sistema es por medio de archivos de texto (interfaz ascii) la que, es muy eficaz y permite trabajar con cantidades grandes de datos. En principio, también funciona bien usar el plug-in Excel. Sin embargo, al trabajar con grillas de emisiones muy grandes estas pueden ser demasiado para Excel.

El ingreso de cantidades grandes de datos siempre debe ser ejecutado por el administrador del sistema. Esto, para asegurar que se mantiene la estructura de la base de datos. La única manera recomendable de entrar datos para otras personas que no posean los privilegios de administrador del sistema es por medio de la interfaz Web. Esta, permite el control de derechos estricto y se puede comprobar datos ingresados antes de transferirlos a un inventario oficial.

- Dispone de cuentas de acceso que establecen privilegios de acceso a las distintas bases de datos e información almacenada en el sistema. Algunos usuarios principales pueden crear y modificar bases de datos de meteorología, emisiones, calidad del aire, etc. Otros usuarios solo pueden acceder la información histórica pero no pueden alterarla. Para poder mantener la estructura de la base de datos nacional en Airviro, es necesario un control estricto de quién ingresa los datos. No obstante, es posible especificar derechos para cada usuario y para cada base de datos de emisiones. Por eso, es posible tener una versión no editable, y otra versión abierta para modificación.

- Es un sistema modular, por lo tanto puede comenzar a operarse con una funcionalidad limitada a la cantidad limitada por la cantidad de información disponible, y por lo tanto aumentar las funcionalidades en el tiempo.

A continuación, se presenta una introducción general al sistema I-Airviro en la cual se describen los módulos del sistema, los tipos de fuentes manejados y los archivos de entrada que sirven para el ingreso de información

### 3.1. Descripción de los Módulos del Sistema

Los módulos que se pueden acceder en el sistema son:

**IndicoAdministration:** Posee las herramientas para crear bases de datos de estaciones de monitoreos y sus diferentes parámetros de mediciones meteorológicas y de calidad del aire, definir configuraciones, etc.

**Indico Presentation:** Este módulo despliega información de calidad del aire y de meteorología en forma de gráficos, tablas, etc. Muestra datos de tiempo real tomados de estaciones de monitoreo conectadas al servidor y Contiene las bases de datos históricas de calidad del aire y meteorología, las que han sido proporcionadas directamente por las instituciones que han estado a cargo de la recolección de dicha información.

**Indico Report:** permite producir reportes estandarizados, los cuales se almacenan a través de macros editadas en el sistema. Facilita la confección de informes periódicos.

**EDB:** creación y mantención de bases de datos de emisiones de fuentes fijas, móviles, areales y difusas. Permite clasificar las fuentes por ubicación geográfica, tipo de actividad industrial, tipos de contaminantes emitidos, etc. Permite crear bases de datos específicamente diseñadas para el propósito de cada usuario. Por ejemplo: sólo fuentes móviles, sólo fuentes fijas, etc. Permite analizar escenarios de cambios de emisiones de manera relativamente sencilla.

**Dispersion:** este módulo contiene un modelo Gaussiano de dispersión de múltiples fuentes (puntuales, de línea y areales), así como un modelo de dispersión Euleriano (GRID model), ambos conectados a un campo de vientos configurado para distintos episodios históricos, utilizando la información almacenada en las estaciones de monitoreo de meteorología. Ambos modelos están internamente conectados con el módulo EDB de manera que la selección de escenarios de emisiones a ser modelados es directa.

### 3.2. Tipos de fuentes manejadas por I-Airviro

Como puede apreciarse en la figura siguiente Airviro maneja cuatro tipos de fuentes distintas las cuales se clasifican de acuerdo a la cantidad de coordenadas requeridas para su georeferenciación. La más simple corresponde a las fuentes puntuales que requieren georeferenciar solo el punto donde estas son emplazadas, luego las fuentes de área (aeropuertos, plantas de tratamiento de aguas servidas y rellenos sanitarios) requieren conocer o identificar la coordenada inferior izquierda y superior derecha del polígono en el cual se emplazan. Las fuentes de arco (fuentes móviles) requieren la identificación de las coordenadas de inicio y de término del arco. Finalmente, las fuentes de grilla requieren la georeferenciación de cada una de las celdas que la componen, ejemplo de este tipo de fuentes son la combustión residencial, preparación de terreno agrícola, y todas aquellas fuentes cuyas emisiones se distribuyen a nivel comunal.

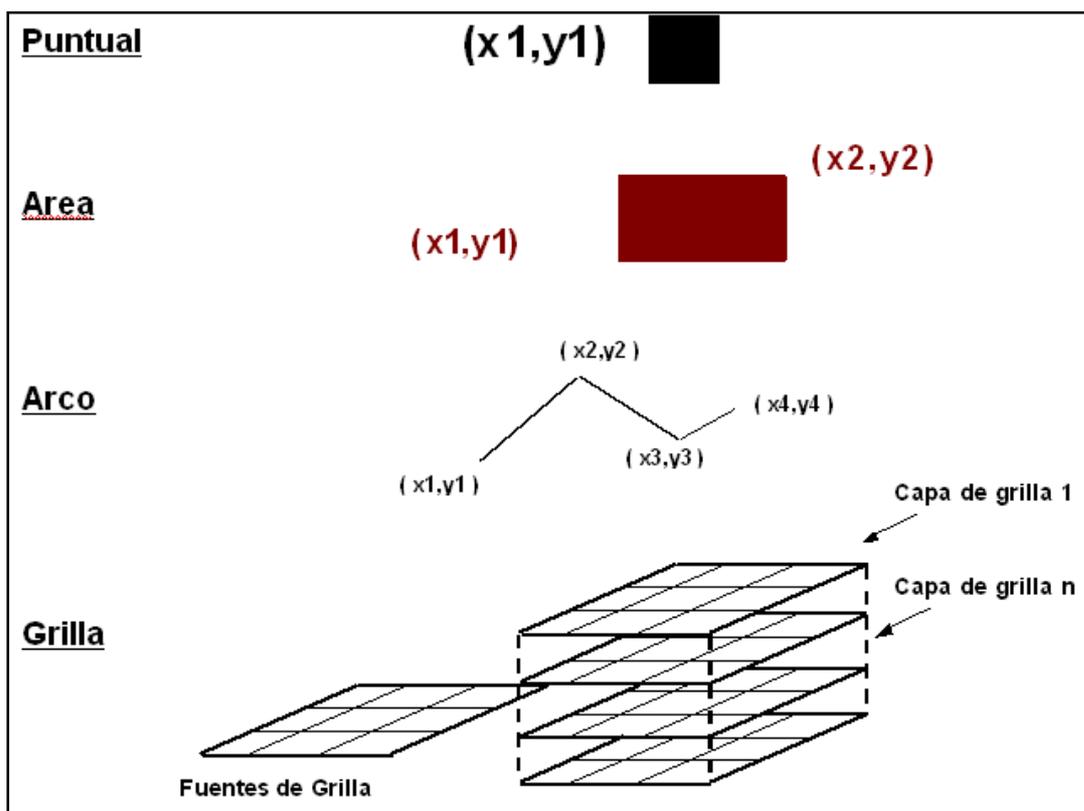
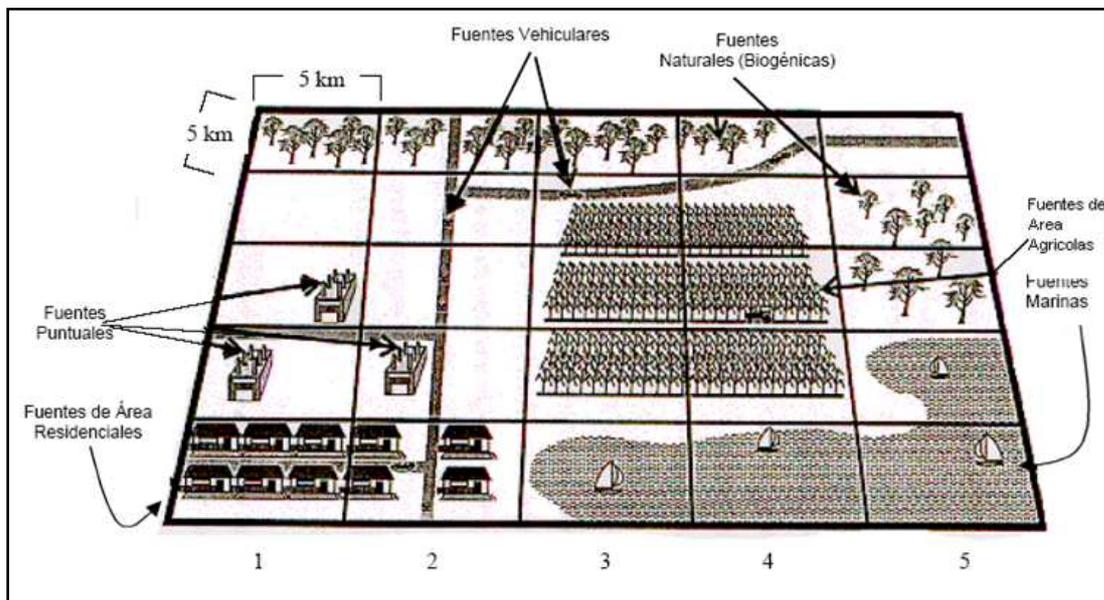


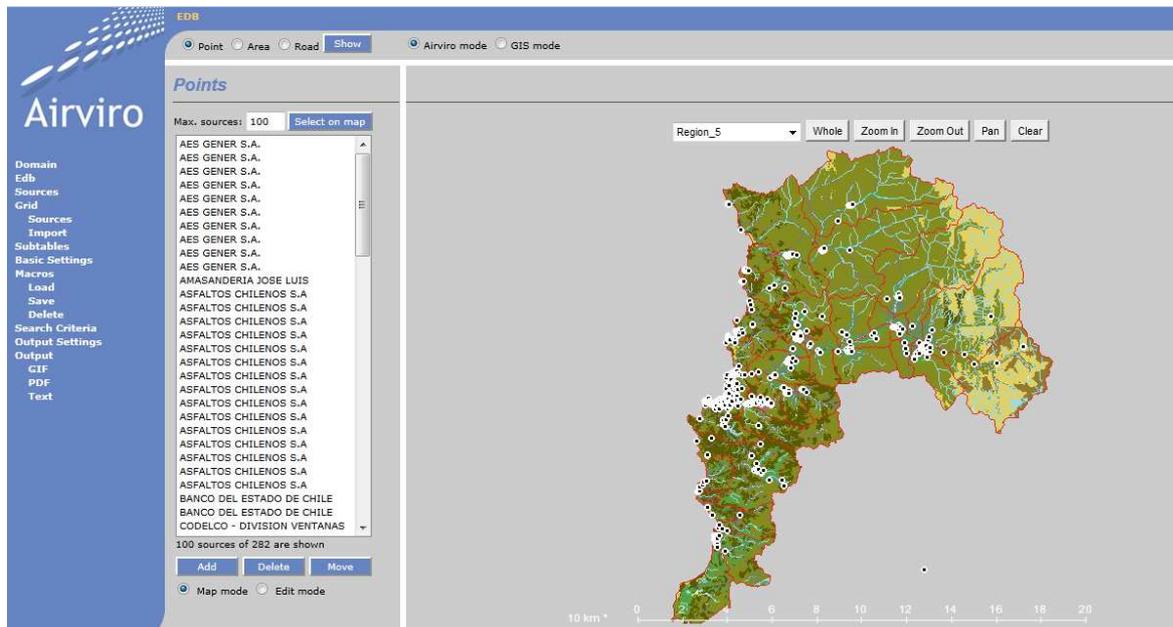
Figura 8: Tipos de fuentes manejadas por Airviro

En la figura que se muestra a continuación se presenta la superposición de las figuras manejadas por Airviro, en esta se muestra un ejemplo de la distribución espacial de las emisiones producidas por los tipos de fuentes que se nombraron en el párrafo anterior.

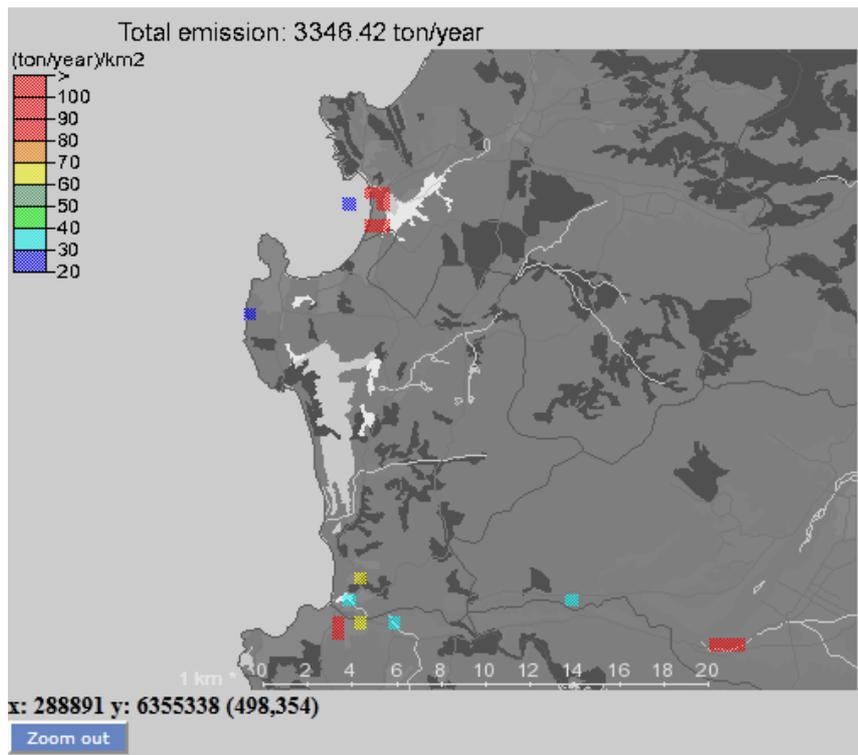


**Figura 9: Superposición de las figuras manejadas por el sistema**

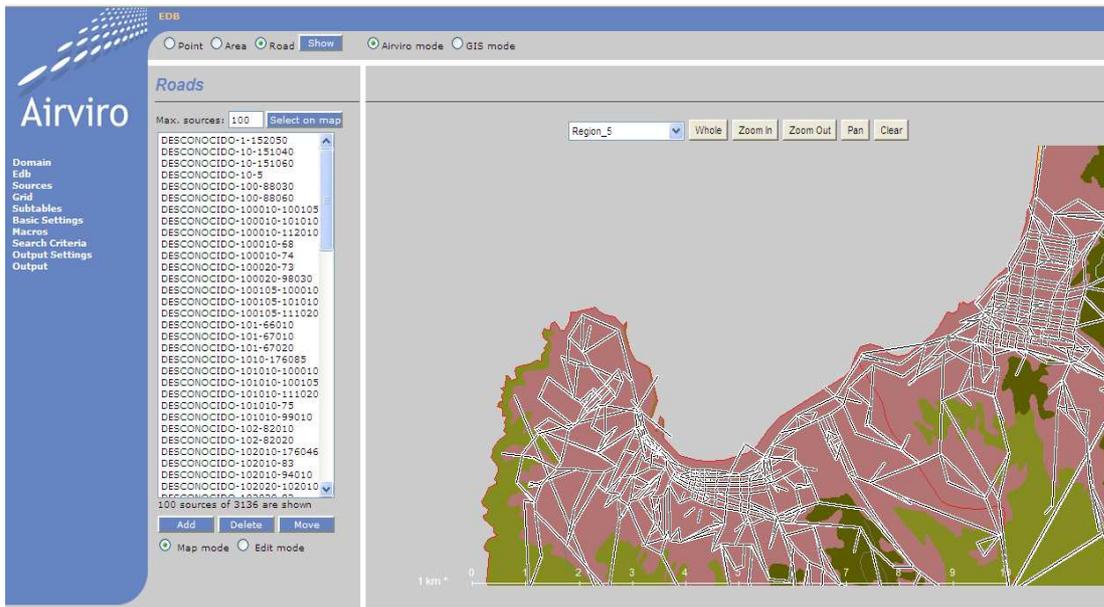
A continuación, en las figuras siguientes se muestran algunos ejemplos de los tipos de fuentes manejadas por Airviro.



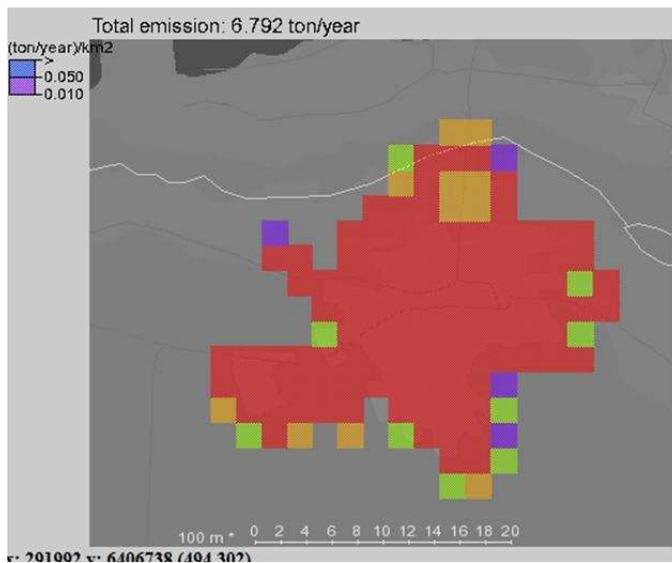
**Figura 10: Visualización de las fuentes puntuales**



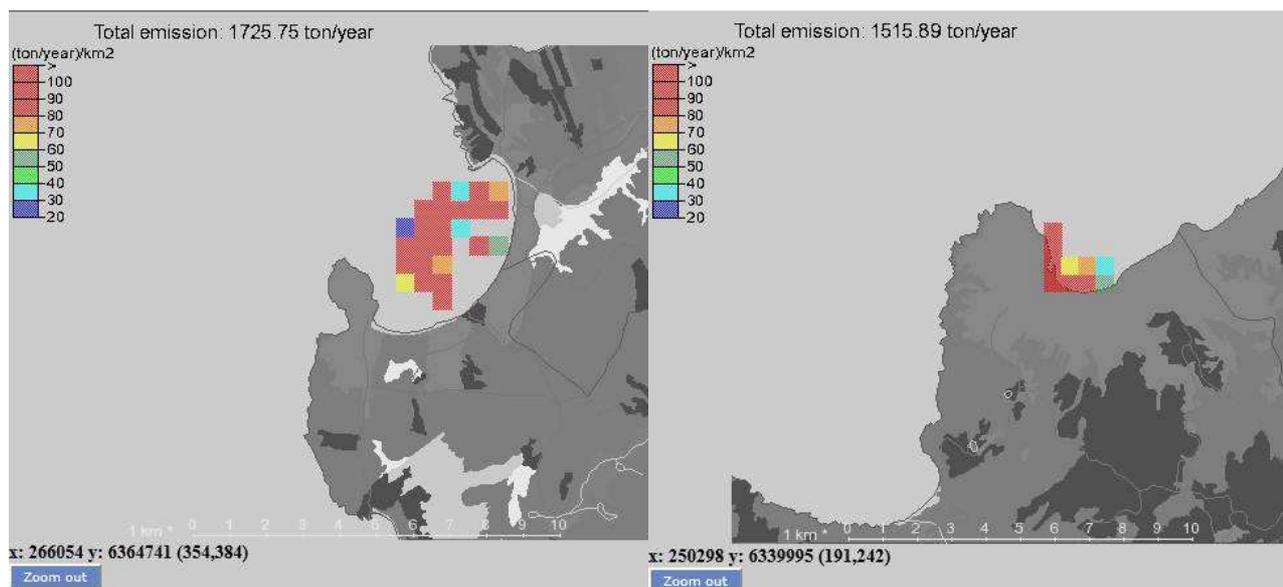
**Figura 11: Visualización de Emisiones de MP desde fuentes puntuales**



**Figura 12: Fuentes Móviles Gran Valparaíso**



**Figura 13: Emisiones de Tolueno de Fuentes Móviles Ciudad de La Ligua**



**Figura 14: Fuentes de Grillas: NOx de Puertos de la V Región**

### 3.3. Estructura de la información en una EDB

La idea principal de esta sección es indicar el tipo de información que debe ser utilizada para construir una base de datos de emisiones (EDB). En general se utilizan dos métodos diferentes para construir EDBs: Top Down (desde lo general a lo particular) y Bottom Up (desde lo particular a lo general):

- En el enfoque top down, se utilizan datos estadísticos de nivel de actividad determinados para una gran área, típicamente para todo el país. Un ejemplo de esto es el consumo de combustible, el cual puede ser distribuido en un área geográfica más pequeña mediante el uso de estadísticas locales de parque vehicular. El método Top Down, es normalmente almacenado en la base de datos de emisiones como fuente de grilla.
- En el caso del método bottom up, se cuenta con información detallada de la fuente, típicamente una chimenea. Para esto se dispone de información del nivel de actividad y consumo de combustible para la fuente específica. Por tanto, en este caso usando un factor de emisión en función del consumo de combustible es posible calcular las emisiones para esa fuente en particular. Típicamente las fuentes bottom up son: Fuentes Puntuales (que tiene una chimenea), Fuentes de Área (sin chimenea) y caminos.

Para la construcción de un EDB nacional todas las EDBs regionales deben ser construidas para un cierto año base común, a su vez debe existir una metodología de estimación de emisiones especificada y cada una de las EDBs debe seguir esa metodología. Por otra parte, es importante tener en cuenta que usando factores de emisión de versiones anteriores del inventario, sobre la EDB construida en la actualidad, los resultados debieran ser parecidos a los obtenidos en ese escenario histórico.

Es importante tener en cuenta que el objetivo de esta sección no es decidir la metodología a ser usada para el cálculo de emisiones, si no asegurar que los datos estén estructurados de tal forma que sea posible aplicar actualizaciones metodológicas de un año en particular a otra EDB existente.

Otro tema importante es como darle el nombre a una EDB, el cual debe dar una indicación clara de la metodología utilizada para esa EDB (por ejemplo se puede tener una EDB actual con metodología actual o bien la EDB actual pero con una metodología histórica).

- Se debe considerar una EDB por región y año de actualización.
- La EDB nacional, debe ser la unión de las EDBs regionales y debe existir una EDB nacional para cada año de actualización..
- Para el nombre de las EDBs se debe seguir la siguiente nomenclatura: YY-PPP-RR-  
MMM-XX, en donde, YY corresponde al año de actualización, PPP nombre del proyecto, RR a la región, MMM la metodología empleada y XX es el número de versión. Ejemplo:

08VAL05M1101

En donde:

08 : Año 2008  
VAL : Inventario de Emisiones Región de Valparaíso (nombre del proyecto)  
05 : V Región  
M11 : Metodología 2011 SINCA  
01 : Versión 01 de la EDB

- Con este enfoque es posible hacer proyecciones y recálculos usando la metodología actual decidida, o bien una metodología histórica. (factores de emisión, datos geográficos, etc.)

- Se requiere un sistema coordinado para todo el país que incluya: un sistema de coordenadas estandarizado, usos de códigos geográficos y de tipos de actividad en las EDBs

Todas las fuentes de emisión deben ser clasificadas usando códigos geográficos y códigos de actividad. Los códigos a ser utilizados deben ser incorporados a las especificaciones del año base. Como ejemplo de códigos de actividad se tiene el código CCF y como ejemplo de código geográfico el INE.

### **Fuentes puntuales, de área y de grilla**

Estas fuentes tienen tipos de factores de emisión similares y por este motivo están tratadas en forma conjunta en este documento. Para este tipo de fuente la siguiente información debe ser especificada:

- Nombre de la empresa y descripción de la fuente en el caso de fuentes puntuales y de área
- Tipos de fuente y un código de clasificación para el caso de fuentes puntuales y de área
- Nivel de actividad característico de la fuente
- Factores de emisión para cada sustancia contaminante
- Variaciones temporales de las emisiones de la fuente: Incluye variación mensual y variación diaria para días laborales (lunes jueves), viernes, sábado y domingos o bien series de tiempo para todo un año.
- Distribución espacial de las emisiones: en el caso de fuentes puntuales y de área debe entregarse las coordenadas del punto o del área. En el caso de fuentes de grilla deben entregarse las características de la grilla (tamaño de la celda, número de celdas en dirección x e y, coordenada de origen de la grilla) y la distribución de las emisiones en cada celda de la grilla.
- En el caso de fuentes puntuales que descargan por chimenea deberán entregarse datos característicos de la geometría de la chimenea (alturas y diámetros internos y externos), parámetros técnicos de la descarga: velocidad y temperatura de salida de los gases y datos de alturas de construcciones aledañas.

- Para cada año de actualización de las EDBs, se debe tener estandarizada la forma de calcular la actividad de las fuentes y la forma para distribuir estos niveles de actividad en forma geográfica.
- Como base de estimación a nivel nacional es posible tener una grilla total con emisiones, la cual puede ser construida mediante un enfoque top down, no obstante, en aquellas zonas en donde exista información bottom up, esta debe prevalecer sobre la información top down en esa área específica.

### **Fuentes móviles**

- A no ser que se considere una metodología específica para el año base, por defecto debe ser utilizado el modelo COPERT, el cual depende exclusivamente de la velocidad.
- La información a ser utilizada para las redes urbanas debe provenir de una salida del modelo de transporte de SECTRA.
- En el caso de ciudades sin modelo de transporte o para la red interurbana la información debe ser incorporada a AIRVIRO de manera equivalente a la entregada por SECTRA a partir de su modelo de transporte.
- Para cada arco de la red debe ser especificado: nodos que componen el arco, coordenadas UTM de los nodos, flujo total de vehículos en horario punta, fuera de punta y punta tarde, tipos de vehículos asociados al arco y su composición promedio en horario punta, fuera de punta y punta tarde, distribución temporal del flujo de cada tipo de vehículo según sentido de circulación y sector geográfico al que pertenece o bien un tipo de calle específico (variación mensual y variación diaria para días de trabajo (lunes jueves), viernes, sábado y domingos o bien series de tiempo para todo un año), parámetros característicos del arco para el uso de las funciones flujo demora BPR calibradas por SECTRA en sus modelos de transporte (tiempo de flujo libre, capacidad del arco, parámetros calibrados en terreno para las BPR alfa y beta en horario punta y fuera de punta, factores de corrección promedios de la velocidad por modo de transporte en horario punta, fuera de punta y punta tarde.
- Para cada tipo de vehículo se debe entregar: descripción, peso del vehículo en movimiento, flujo equivalente del vehículo, factores de emisión en función de la velocidad evaluado en todas las velocidades de operación posible y en el caso de polvo de calles factores de emisión evaluados por tamaño de SILT según flujos alto, medio y bajo y para todos los pesos promedios del parque posibles.

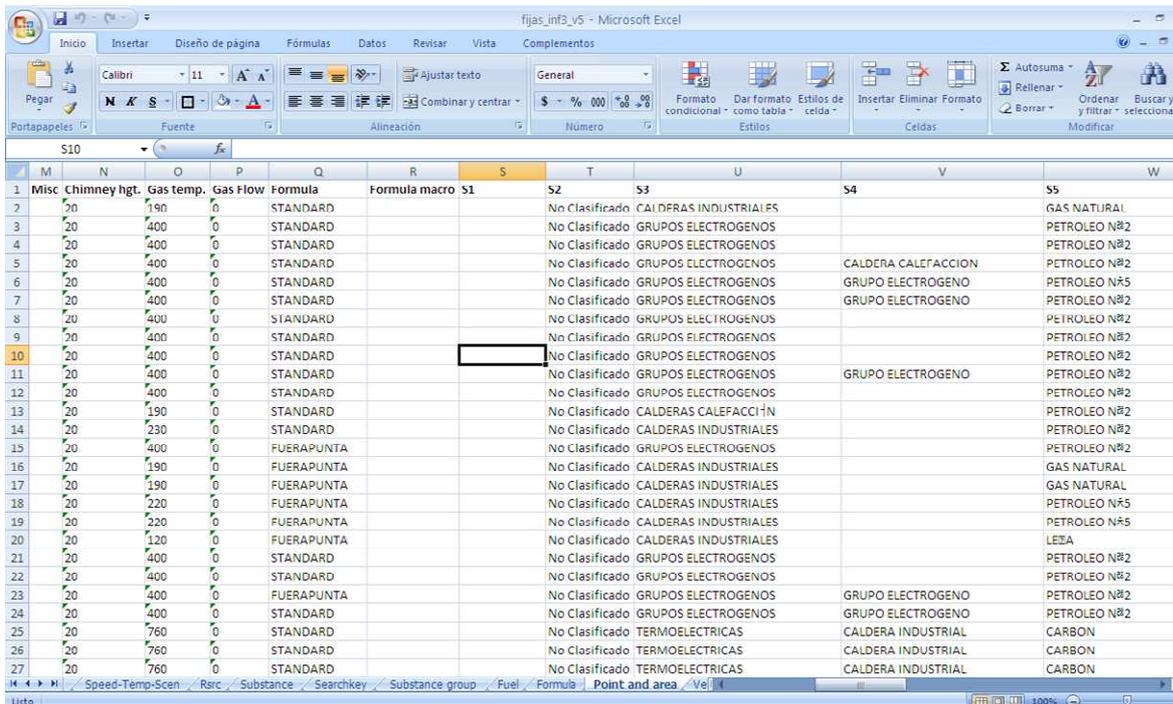
## **Información Nacional**

Esto se refiere a la información top down que es almacenada como grilla de emisiones

- Usar todas las estadísticas y datos geográficos con la mayor resolución posible.
- Se debe tener en cuenta que la disponibilidad de datos geográficos limitan la cobertura de las emisiones.
- Los datos geográficos son ponderados con los datos de actividad.
- Se deben utilizar en paralelo datos nacionales y regionales.
- En general las emisiones son calculadas considerando datos de nivel de actividad y factores de emisión.
- Metodología de distribución espacial, deben ser especificadas para cada tipo de actividad y año base.
- Cada año base debe especificar que actividades (tipos de fuentes) debe contener el inventario. Esta especificación debe también contener un lista priorizada de las actividades.
- Los factores de emisión utilizados deben ser especificados para cada año base.

### **3.4. Descripción de los archivos de entrada al sistema**

A continuación, se describen los archivos de entrada generados para alimentar y poblar la EDB del Sistema Airviro mediante el uso de Wedbed para el caso de todas las fuentes involucradas en un inventario de emisiones. Como puede ser observado en la parte inferior de la imagen, este corresponde a un libro en Excel y cada hoja corresponde a la estructura de cada uno de los archivos de entrada a Airviro. A continuación, se describen los archivos de entrada generados para alimentar y poblar la EDB del Sistema Airviro mediante el uso de Wedbed.



**Figura 15: Imagen de WEDBED para generación de EDB del sistema AIRVIRO**

## Rsrc

Este archivo de entrada al sistema Airviro está compuesto de dos columnas llamadas: Tag y Value. En la primera de ellas (Tag) se detallan los códigos CCF (Activity code) a nivel 1, 3 6 y 8 correspondientes a fuentes móviles, fuentes fijas, fuentes de área y grillas. Además en este archivo se entregan también los códigos de división territorial (Geographical code) a nivel de región, provincia y comuna. Finalmente en la segunda columna (Value) se detalla la descripción correspondiente a cada código o Tag.

## Substance

Wedbed maneja el listado de sustancias en el archivo Substance el que está compuesto por un Id y la descripción. En la tabla siguientes se presenta la estructura.

**Tabla 3-1: Descripción de archivo Searchkey manejado por Airviro**

Archivo	Descripción
Index	Id único de la sustancia

Substane	Nombre de la sustancia
----------	------------------------

**Tabla 3-2: Substance**

Index	Sunstance
1	Óxido de Nitrógeno (NO)
2	Dióxido de Nitrógeno (NO2)
3	Óxidos de Nitrógeno (NOx)
4	ÁcidoNítrico
5	NITROUS ACID
7	Ammonia
8	Óxido Nitroso
	Etc.

## Searchkey

Wedbed carga 5 archivos a I-Airviro, los cuales se dividen en searchkey del 1 a al 5. En la tabla siguiente se muestra un ejemplo de la información ingresada a Airviro en inventarios desarrollados en el país.

**Tabla 3-3: Descripción de archivo Searchkey manejado por Airviro**

Campo	Descripción
Index	Id de cada llave de búsqueda o searchkey
searchkey 1	Comunas de la región
searchkey 2	Utilizado para identificar sectores estratégicos de fuentes móviles.
searchkey 3	Utilizado para indicar tipos de proceso de fuentes fijas
searchkey 4	Actualmente no utilizado, en inventarios anteriores utilizado para indicar tipo de flujo (alto, medio, bajo o total) cuando los arcos se subdividían por tamaño de flujo para asignar velocidades distintas
searchkey 5	Listado de combustibles

Finalmente en las figuras que se muestran a continuación se dan a conocer a modelo de ejemplo los contenidos de los searchkey mencionados.

**Tabla 3-4: Searchkey1**

Searchkey1	
1	Petorca
2	La Ligua
3	Papudo
4	Zapallar
5	Cabildo
6	San Felipe
7	Putando
8	Santa Maria

9	Catemu
10	Panquehue
11	Llaillay
12	Los Andes
13	San Esteban
	Etc.

**Tabla 3-5: Searchkey2**

Searchkey2	
1	"Sector 1"
2	"Sector 2"
3	"Sector 3"
4	"Sector 4"
5	"Sector 5"
6	"Sector 6"
7	"Sector 7"

**Tabla 3-6: Searchkey3**

Searchkey3	
1	"Caldera Industr"
2	"Caldera calefac"
3	"Hornos de panad"
4	"Procesos Indust"
5	"Procesos Indust"
6	"Procesos en gen"

**Tabla 3-7: Searchkey4**

Searchkey4	
1	"Bajo"
2	"Medio"
3	"Alto"
4	"Total"

**Tabla 3-8: Searchkey 5**

Searchkey5	
1	"Gas Licuado"
2	"Gas de Ciudad"
3	"Gas Natural"
4	"Leña"
5	"Kerosene"
6	"Sin Combustible"
7	"Mezcla Combusti"
8	"Carbón Bitumino"
9	"Petroleo 6"

10	"Petroleo 5"
11	"Petroleo 2"
12	"Aceite Reciclad"
13	"Carbón Coke"
14	"Carbón Vegetal"
15	"Gasolina 93 Plo"
16	"Gasolina 93 SP"
17	"Gasolina 95 SP"
18	"Gasolina 97 SP"

## Substance group

Para el uso de factores de emisión se deben definir grupos de sustancias en el archivo Substance group dentro de Wedbed, cuya estructura se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 3-9: Estructura archivo Substance Group**

Campo Encabezado	Descripción
NAME	Nombre del grupo de sustancias
INDEX	Id del grupo de sustancias
SUBSTANCE 1	Nombre de la sustancia en el encabezado (tomado del archivo substance) y valor del factor de emisión (expresado como un porcentaje del nivel de actividad o bien cantidad del contaminante en función de la cantidad de nivel de actividad) en la columna.
UNIT 1	Unidad de medida en la cual se expresa el factor de emisión. Generalmente en porcentaje
...	
SUBSTANCE n	Sustancia n
UNIT n	Unidad de medida del factor de emisión de la sustancia n

**Tabla 3-10: Estructura archivo Substance Group**

Name	Index	Óxidos de Nitrógeno (NOx)	Unit	Ammonia	Unit	Óxidos de Azufre (SOx)
COMB_RESID_KEROS	6001	0.215688	%	0.00756	%	0.356706
COMB_RESID_GLP	6002	0.193	%	0.000378	%	0.000143
COMB_RESID_GN	6003	0.15	%	0.8339	%	0.00096

## Formula

El archivo Formula contiene los perfiles de distribución temporal de los niveles de actividad (principalmente flujos) en el caso de fuentes del tipo arco y de distribución de las emisiones en el caso de fuentes puntuales de área y de grilla. Generalmente se asocian a un determinado tipo de fuente CCF8 y en el caso de fuentes puntuales en general estos perfiles son específicos para la fuente

**Tabla 3-11: Estructura archivo formuladb**

<b>Campo Encabezado</b>	<b>Descripción</b>
NAME (primera fila)	Nombre abreviado de la formula
INDEX (primera fila)	Número correlativo identificador del ciclo temporal
H1... H24 (primera fila)	Valor del perfil de la hora cero a la hora 24 para un día tipo lunes jueves (Perfil semanal de actividad normalizado al valor máximo estructurado en una matriz de 24 filas y cuatro columnas Lunes-Jueves, viernes, sábado y domingo)
H1... H24 (segunda fila)	Valor del perfil de la hora cero a la hora 24 para un día viernes
H1... H24 (tercera fila)	Valor del perfil de la hora cero a la hora 24 para un día sábado
H1... H24 (cuarta fila)	Valor del perfil de la hora cero a la hora 24 para un día domingo
Jan - Dec	Perfil mensual de actividad normalizado al valor del mes máximo
Año n .... Año n+9	Scenario permite crear proyecciones para otros años basándose en un año base (Por ejemplo si el inventario es 2005, se pueden poner factores para proyectar para el año 200 el 6, 2007, etc.). Los años que se utilizan se configuran el archivo: Speed-Temp-Scen
T0-T1 ... T30-T31	Esto describe la variación de las emisiones con la temperatura, es decir la influencia de la temperatura en el nivel de actividad de la fuente. 0 es el valor por defecto para que la formula no tenga ninguna relación con la temperatura de salida. Esto no ha sido utilizado en los inventarios nacionales
V0-V1 ... V20-V21	Aquí se describe las variaciones de la velocidad del flujo de salida en función del nivel de actividad de la fuente, 100 es el valor por defecto. Esto no ha sido utilizado en los inventarios nacionales

En este punto es importante señalar que el primer registro del archivo formula es la matriz horaria definida en modem 5.0, esta matriz considera 3 horarios de modelación, los cuales son AM, FP, PT. En base a esta matriz, se conformara una matriz de velocidades horarias para cada arco en evaluación, tomando los valores de velocidad que se presentan en los archivos de entrada\_emisiones respectivos y para los horarios distintos la velocidad será obtenida aplicando la ecuación de la BPR.

Name	Index	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6	H.7	H.8	H.9	H.10	H.11	H.12	H.13	H.14	H.15	H.16	H.17	H.18	H.19	H.20	H.21	H.22	H.23	H.24	Jan	Feb	Mar	Apr
COOPERT	1	4	4	4	4	4	4	4	1	5	1	7	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	100	100	100	100
		4	4	4	4	4	4	4	1	5	1	7	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4				
		4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4				
		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4				

Figura 16: Matriz horaria incorporada en el archivo formuladb.txt

A continuación se presenta un registro del archivo formula en Wedbed:

Name	Index	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6	H.7	H.8	H.9	H.10	H.11	H.12	H.13	H.14	H.15	H.16	H.17	H.18	H.19	H.20	H.21	H.22	H.23	H.24
70100101,1,1	2	274	195	152	119	90	78	135	490	1000	885	0	0	907	953	855	746	800	965	1117	987	773	697	583	427
		385	279	224	191	195	165	196	347	1000	720	0	0	888	931	816	714	798	879	930	871	790	688	646	533
		445	377	326	267	273	259	191	204	307	421	652	766	825	711	634	573	604	628	639	606	611	617	562	428
		306	212	140	113	105	115	134	416	702	628	715	745	837	840	762	667	766	881	918	753	683	593	550	425

Figura 17: Ejemplo ciclo temporal de una fuente móvil

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
113	113	100	100	100	88	100	100	100	100	100	125	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Figura 18: Ejemplo ciclo temporal de un fuente móvil (continuación)

-30--28	-28--26	-26--24	-24--22	-22--20	-20--18	-18--16	-16--14	-14--12	-12--10	-10--8	-8--6	-6--4	-4--2	-2-0	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 19: Ejemplo ciclo temporal de una fuente móvil (continuación)

100-95	95-90	90-85	85-80	80-75	75-70	70-65	65-60	60-55	55-50	50-45	45-40	40-35	35-30	30-25	25-20	20-15	15-10	10-5	5-0
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Figura 20: Ejemplo ciclo temporal de una fuente móvil (continuación)

## Point and area

El archivo point and area La información de fuentes puntual área se entrega a AIRVIRO por intermedio del siguiente archivo en Wedbed:

Tabla 3-12: Estructura archivo point and area

Campo Encabezado	Descripción
NAME	Razón social o nombre de fantasía del

	establecimiento
X1	Coordenada este inferior izquierda
Y1	Coordenada norte inferior izquierda
X2	Coordenada este superior derecha. Solo en el caso de una fuente del tipo área.
Y2	Coordenada norte superior derecha. Solo en el caso de una fuente del tipo área.
INFO	Número de registro del establecimiento a ser entregado por el sistema de declaración
INFO2	Número de registro del modo de operación o del tipo de operación unitaria a ser entregado por el sistema de declaración
ADDRESS	Dirección del establecimiento
POSTADDRESS	Dirección postal del establecimiento
INFO SUPP	Fuente de información
DATE	Fecha de instalación de la fuente
CHANGED	Fecha de generación del archivo de emisiones
MISC	
CHIMNEY HGT	Altura de la chimenea en metros en caso de descarga puntual
GAS TEMP	Temperatura de salida de los gases
GAS FLOW	Velocidad de salida de los gases (m/s)
FORMULA	Id de las formula que contiene el ciclo de operación característico de la fuente
FORMULA MACRO	Formula, en caso de crear una macro que depende de parámetros
S1	Llave de búsqueda 1: Comuna donde se encuentra el establecimiento
S2	Llave de búsqueda 2
S3	Llave de búsqueda 3: Rubro del establecimiento
S4	Llave de búsqueda 4: Tipo de proceso de la fuente
S5	Llave de búsqueda 5: Tipo de combustible
ACTIVITYCODE	Código de actividad (código CCF8 de modos de operación), este código es entregado por el sistema de declaración
GEOGRAPHICAL CODE	Código geográfico (entregado por el sistema de declaración de COV)
CHIMNEY OUT	Diámetro externo de la chimenea (m) en caso de descarga puntual

CHIMNEY IN	Diámetro interno de la chimenea (m) en caso de descarga puntual
HOUSE WIDTH	Ancho edificio sobre el que se encuentra la fuente (no utilizado)
HOUSE HGHT	Altura edificio sobre el que se encuentra la fuente (en el formulario 138 corresponde a altura total desde el suelo menos altura del ducto)
NO SEG	Número de segmentos radiales para especificar los siguientes parámetros que comienzan con la palabra "BUILD". Esto se usa solo para AERMOD. (no utilizado)
BUILD WIDTH	Ancho edificio (no utilizado)
BUILD HGT	Altura de los edificios (no utilizado)
BUILD LEN	Largo edificio (no utilizado)
BUILD DIST FAR WALL	Distancia entre cada edificio (no utilizado)
BUILD DIST CENTER	Distancia de la fuente al centro del edificio (del ángulo correspondiente) No utilizado por ahora
FUEL	No se utiliza
MAX EFFECT	No se utiliza
SUB GRP	Nombre del grupo de sustancias, en el caso que se utilice grupo de sustancias (caso estimación con factores de emisión)
SUB GRP EMISSION	Nivel de actividad de la fuente, en el caso que se utilice grupo de sustancias
SUB GRP UNIT	Unidad del grupo de sustancias, en el caso que se utilice grupo de sustancias
CONTAMINANTE1	Valor de la emisión directa del contaminante, en el caso de emisiones directas ya sea por una medición, un método de balance de masa o modelo de emisiones tipo TANKS. En caso de usar grupo de sustancias, este campo no se utiliza
UNIT 1	Unidad de medida de la emisión del contaminante, en el caso de emisiones directas. En caso de usar grupo de sustancias, este campo no se utiliza
...	

CONTAMINANTE n	Valor de la emisión del contaminante n. En caso de usar grupo de sustancias, este campo no se utiliza
UNIT n	Unidad de medida de la emisión del contaminante n. En caso de usar grupo de sustancias, este campo no se utiliza

Name	X1	Y1	X2	Y2	Info	Info2	Address	Postaddress
HOSPITAL	220000	6350000			CONAMA V	F5-873	LA CONCEPCI?N	
INMOBILIARIA MALL VI?A DEL MAR SA	243698	6317548			CONAMA V	F5-1346	13 NORTE 871	
INMOBILIARIA MALL VI?A DEL MAR SA	243698	6317549			CONAMA V	F5-1347	13 NORTE 871	
ASOCIACION CHILENA DE SEGURIDAD	243699	6317549			CONAMA V	F5-893	EDWARDS	
SUPERMERCADO VI?A DEL MAR LTDA	243699	6317550			CONAMA V	F5-919	15 NORTE	
SUPERMERCADO VI?A DEL MAR LTDA	243699	6317551			CONAMA V	F5-920	15 NORTE	

**Figura 21: Ejemplo de archivo de fuente puntual área con emisiones directas**

Info. Supp.	Date	Changed	Misc	Chimney hgt.	Gas temp.	Gas Flow	Formula	Formula macro	S1	S2	S3
DECLARACION 138-2005	2011/03/09	2011/03/09		20	190	8	STANDARD		Quillota	No Clasificado	CALDERAS INDUSTRIALES
DECLARACION 138-2008	2011/03/09	2011/03/09		20	400	8	STANDARD		Vina del Mar	No Clasificado	GRUPOS ELECTROGENOS
DECLARACION 138-2008	2011/03/09	2011/03/09		20	400	8	STANDARD		Vina del Mar	No Clasificado	GRUPOS ELECTROGENOS
DECLARACION 138-2007	2011/03/09	2011/03/09		20	400	8	STANDARD		Valparaiso	No Clasificado	GRUPOS ELECTROGENOS
DECLARACION 138-2007	2011/03/09	2011/03/09		20	400	8	STANDARD		Vina del Mar	No Clasificado	GRUPOS ELECTROGENOS
DECLARACION 138-2008	2011/03/09	2011/03/09		20	400	8	STANDARD		Vina del Mar	No Clasificado	GRUPOS ELECTROGENOS

**Figura 22: Ejemplo de archivo de fuente puntual área con emisiones directas (continuación)**

Activity code	Geographical code	Chimney Out	Chimney In	House Width	House hgt.	No. seg	Build width.	Build hgt.	Build len.	Build dist far wall.	Build dist center.	Fuel	Max effect	Sub grp
1.02.006.01	5.5.01	0	0.4	0	0	1	1	2	3	4	5			
2.02.001.02	5.1.09	0.13	0.12	0	0	1	1	2	3	4	5			
2.02.001.02	5.1.09	0.13	0.12	0	0	1	1	2	3	4	5			
2.02.001.02	5.1.01	0.8	0.5	0	0	1	1	2	3	4	5			
2.02.001.02	5.1.09	0	0.22	0	0	1	1	2	3	4	5			
2.02.001.02	5.1.09	0	0.22	0	0	1	1	2	3	4	5			

**Figura 23: Ejemplo de archivo de fuente puntual área con emisiones directas (continuación)**

Sub grp	Sub grp emission	Sub grp unit	Oxidos de Nitrogeno (NOx)	Unit	Ammonia	Unit	Oxidos de Azufre (SOx)	Unit	Monoxido de Carbono	Unit
			0.000311094	ton/year	5.33253e-009	ton/year	3.80609e-005	ton/year	0.000261319	ton/year
			0.0204255	ton/year	3.57e-005	ton/year	0.00108375	ton/year	0.0044115	ton/year
			0.0204255	ton/year	3.57e-005	ton/year	0.00108375	ton/year	0.0044115	ton/year
			0.0163404	ton/year	2.856e-005	ton/year	0.000867	ton/year	0.0035292	ton/year
			0.0163404	ton/year	2.856e-005	ton/year	0.000867	ton/year	0.0035292	ton/year
			0.0163404	ton/year	2.856e-005	ton/year	0.000867	ton/year	0.0035292	ton/year

**Figura 24: Ejemplo de archivo de fuente puntual área con emisiones directas (continuación)**

## Grid.nnnnnnnn

Archivo de emisiones de grillas. El nombre del archivo comienza con el texto "Grid" seguido del nombre asignado a esa fuente de grilla, por ejemplo la grilla para emisiones por combustión residencial de gas natural se puede denominar como:"Grid.COMB\_RESID\_GLP" en Wedbed.

En el archivo Grid la primera fila contiene la descripción de la grilla y los contaminantes que incluye y en las siguientes filas se indican los valores de la emisión para cada celda (definida por un par de coordenadas x,y) o bien el nivel de actividad para cada celda en caso de ser utilizados los grupos de sustancias. Además se indican los valores por celda para los campos definidos como DINAMYC.

**Tabla 3-13: Estructura de la primera fila de datos del Archivo Grid.nnnnnnnn**

<b>Campo Encabezado</b>	<b>Descripción</b>
X	Coordenada este del inicio de la grilla
Y	Coordenada norte del inicio de la grilla
NX	Número de celdas en la dirección este
NY	Número de celdas en la dirección norte
DX	Ancho de la celda en la dirección este
DY	Ancho de la celda en la dirección norte
NAME	Nombre de la grilla
INFO	Campo de información general de la fuente.
INFO2	Módulo de emisiones del SAIE al que corresponde la fuente y las emisiones
ADDRESS	Dirección, pero se ha utilizado para la descripción de la malla Airviro empleada.
POSTADDRESS	Dirección postal
INFO. SUPP.	Fuente de información
CREATED	Fecha de creación de la grilla
CHANGED	Fecha en que se generó el archivo
MISC	Campo misceláneo para información variada
FORMULA	Nombre de la fórmula de ciclo temporal (tomada del archivo formula)
SEARCHKEY1	Valor para el searchkey 1 tomada del archivo searchkey)
SEARCHKEY2	Valor para el searchkey 2 tomada del archivo searchkey)
SEARCHKEY3	Valor para el searchkey 3 tomada del archivo searchkey)
SEARCHKEY4	Valor para el searchkey 4 tomada del archivo searchkey)
SEARCHKEY5	Valor para el searchkey 5 tomada del archivo searchkey)
ACTIVITYCODE	Valor de Activitycode o CCF8 tomado del archivo Rscr
GEOCODE	Valor del Geocode o código de división territorial tomado del archivo Rscr
SUB GRP	Nombre del grupo de sustancia a ser utilizado. En caso de ser omitido quiere decir que se entregaran las emisiones en forma directa
SUB GRP EMISSION	Nivel de actividad asociado a cada celda para la

	aplicación del grupo de sustancias, por lo tanto este valor no se ingresa en la primera fila de datos.
SUBSTANCE 1	Nombre del contaminante 1 en el encabezado (tomado del archivo substance). Para la primera fila este valor no se completa ya que varía por celda. En caso de utilizar grupo de sustancia este campo no se utiliza.
****	
SUBSTANCE n	Nombre del contaminante n en el encabezado (tomado del archivo substance). Para la primera fila este valor no se completa ya que varía por celda. En caso de utilizar grupo de sustancia este campo no se utiliza.

**Tabla 3-14: Estructura de las filas de datos para cada celda de la grilla Grid.nnnnnnnn**

<b>Campo Encabezado</b>	<b>Descripción</b>
X	Coordenada este de la celda
Y	Coordenada norte de la celda
NX	No se utiliza en caso de celdas
NY	No se utiliza en caso de celdas
DX	No se utiliza en caso de celdas
DY	No se utiliza en caso de celdas
NAME	No se utiliza en caso de celdas
INFO	Campo de información general de la fuente. Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
INFO2	Módulo de emisiones del SAIE al que corresponde la fuente y las emisiones. Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
ADDRESS	Dirección, pero se ha utilizado para la descripción de la malla Airviro empleada. Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
POSTADDRESS	Dirección postal. Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
INFO. SUPP.	No se utiliza en caso de celdas
CREATED	No se utiliza en caso de celdas
CHANGED	No se utiliza en caso de celdas
MISC	Campo misceláneo para información variada. Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
FORMULA	Nombre de la fórmula de ciclo temporal (tomada del archivo formula). Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada

	celda.
SEARCHKEY1	Valor para el searchkey 1 tomada del archivo searchkey). Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
SEARCHKEY2	Valor para el searchkey 2 tomada del archivo searchkey). Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
SEARCHKEY3	Valor para el searchkey 3 tomada del archivo searchkey). Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
SEARCHKEY4	Valor para el searchkey 4 tomada del archivo searchkey). Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
SEARCHKEY5	Valor para el searchkey 5 tomada del archivo searchkey). Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
ACTIVITYCODE	Valor de Activitycode o CCF8 tomado del archivo Rscr. Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
GEOCODE	Valor del Geocode o código de división territorial tomado del archivo Rscr. Si es DYNAMIC no se completa en la primera fila y se debe entregar un valor para cada celda.
SUB GRP	No se utiliza en caso de celdas
SUB GRP EMISSION	Nivel de actividad asociado a cada celda para el grupo de sustancias definido en la primera fila de datos.
SUBSTANCE 1	Valor de la emisión en [ton/año], del contaminante 1 en cada celda. En caso de utilizar grupo de sustancia este campo no se utiliza.
....	
SUBSTANCE n	Valor de la emisión en [ton/año], del contaminante n en cada celda. En caso de utilizar grupo de sustancia este campo no se utiliza.

X	Y	Nx	Ny	Dx	Dy	Name	Info	Info2	Address	Postaddress	Info. Supp.	Created	Changed
247775	6259547	219	352	500	500	COMB_RESID_GN	COMB_RESID_GN	Grillas Nacionales	Malla airviro de 500 X 500			2011/01/11	2011/01/11
256775	6259547												
257275	6259547												
257775	6259547												
256775	6260047												
257275	6260047												

**Figura 25: Ejemplo archivo de grilla utilizando grupo de sustancias.**

Misc	Formula	S1	S2	S3	S4	S5	Activity code	Geographical code	Sub grp	Sub grp emission
	COMB_RESID_GN							DYNAMIC	COMB_RESID_GN	
								5.6.06		2.83708
								5.6.06		3.84727
								5.6.06		0.0839253
								5.6.06		6.26198
								5.6.06		4.78947

**Figura 26: Ejemplo archivo de grilla utilizando grupo de sustancias (continuación).**

Es importante destacar que en el caso de los archivos de caminos (Roaddb y Complex Vehicles) usando Modem 5.0, a la fecha no existe una aplicación Wedbed, por tanto, en esta guía se describe la estructura de los archivos de carga directa a la EDB:

## Roaddb

**Tabla 3-15: Estructura archivo roaddb.txt**

Campo	Descripción
NAME	Nombre del arco
INFO	Está compuesto por los nodos A y B del arco
INFO2	Es el cod_arcdup del arco
VEHICLES	Flujo AM del arco de todos los tipos de vehículos
VEHICLEMACRO	Por defecto va en blanco
CORRFACOR	Factor de corrección correspondiente a la longitud real del arco dividido por la longitud real
NOLANES	Numero de pistas del arco
SPEED	Valor por defecto = 1
ROADTYPE	Valor por defecto = 0
EMIFAC	Valor por defecto = 1
VEH1	Está compuesto por el índice del vehículo, por el índice de la formula, composición en el horario punta del arco
VEH2	Está compuesto por el índice del vehículo, por el índice de la formula, composición en el horario punta del arco
VEH3	Está compuesto por el índice del vehículo, por el índice de la formula, composición en el horario punta del arco
...	.
VEH-n	Está compuesto por el índice del vehículo, por el índice de la formula, composición en el horario punta del arco
CONGESTIONLIMIT	Valor por defecto = 0
CONGESTIONSPEED	Valor por defecto = 1
CONGESTIONVEHICLES	Valor por defecto = 0

CONGESTIONLIMIT2	Valor por defecto = 0
CONGESTIONSPEED2	Valor por defecto = 1
CONGESTIONVEHICLES2	Valor por defecto = 0
CONGESTIONLIMIT3	Valor por defecto = 0
CONGESTIONSPEED3	Valor por defecto = 1
CONGESTIONVEHICLES3	Valor por defecto = 0
SEARCHKEY1	Código de la comuna
SEARCHKEY2	Código del sector
SEARCHKEY3	No utilizado, Valor por defecto = 0
SEARCHKEY4	No utilizado, Valor por defecto = 0
SEARCHKEY5	No utilizado, Valor por defecto = 0
GEOCODE	Está compuesto por el código de región, código de provincia, código de comuna. Por ejemplo: GEOCODE 9.3.5 tomado del archivo Rsrc
WIDTH	Valor por defecto = 0
DISTHOUSES	Valor por defecto = 0
SLOPE	Valor por defecto = 0
HEIGHT	Valor por defecto = 0
NOISE	No se usa, no se considera valor en el archivo
ALOB	Listado de variables ALOB del archivo para correr MODEM 5.0
FLUJO_FP	Flujo FP del arco de todos los tipos de vehículos
FLUJO_PT	En el caso de existir corrida punta tarde, se entrega el flujo del arco de todos los tipos de vehículos. En caso contrario va 0
SECTOR	Sector al cual pertenece el arco
TO	Tiempo del flujo libre del arco
CAPACIDAD	Capacidad del arco
ALFA_PUNTA	Valor de la constante de calibración alfa de la BPR en el horario punta del arco
ALFA_FUERA_PUNTA	Valor de la constante de calibración alfa de la BPR en el horario fuera de punta del arco
ALFA_PUNTA_TARDE	Valor de la constante de calibración alfa de la BPR en el horario punta tarde del arco
BETA_PUNTA	Valor de la constante de calibración alfa de la BPR en el horario punta del arco
BETA_FUERA_PUNTA	Valor de la constante de calibración alfa de la BPR en el horario fuera de punta del arco
BETA_PUNTA_TARDE	Valor de la constante de calibración alfa de la BPR en el horario punta tarde del arco
FAC1_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC1 en el archivo vehiculodb
FAC1_FUERA_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario fuera de punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC1 en el archivo vehiculodb
FAC1_PUNTA_TARDE	Factor de corrección de la velocidad en el horario

	punta tarde para el tipo de vehículo denominado como info=FAC1 en el archivo vehiculodb
FAC2_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC2 en el archivo vehiculodb
FAC2_FUERA_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario fuera de punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC2 en el archivo vehiculodb
FAC2_PUNTA_TARDE	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta tarde para el tipo de vehículo denominado como info=FAC2 en el archivo vehiculodb
FAC3_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC3 en el archivo vehiculodb
FAC3_FUERA_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario fuera de punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC3 en el archivo vehiculodb
FAC3_PUNTA_TARDE	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta tarde para el tipo de vehículo denominado como info=FAC3 en el archivo vehiculodb
FAC4_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC4 en el archivo vehiculodb
FAC4_FUERA_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario fuera de punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC4 en el archivo vehiculodb
FAC4_PUNTA_TARDE	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta tarde para el tipo de vehículo denominado como info=FAC4 en el archivo vehiculodb
FAC5_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC5 en el archivo vehiculodb
FAC5_FUERA_PUNTA	Factor de corrección de la velocidad en el horario fuera de punta para el tipo de vehículo denominado como info=FAC5 en el archivo vehiculodb
FAC5_PUNTA_TARDE	Factor de corrección de la velocidad en el horario punta tarde para el tipo de vehículo denominado como info=FAC5 en el archivo vehiculodb
AMV	Velocidad horario punta para flujo variable
FPV	Velocidad horario fuera de punta para flujo variable
PTV	Velocidad horario punta tarde para flujo variable
AMFAC1V	Velocidad punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC1 en el archivo vehiculodb
FPFAC1V	Velocidad fuera de punta del vehículo denominado

	como fac1 en info=FAC1 en el archivo vehiculodb
PTFAC1V	Velocidad punta tarde del vehículo denominado como fac1 en info=FAC1 en el archivo vehiculodb
AMFAC2V	Velocidad punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC2 en el archivo vehiculodb
FPFAC2V	Velocidad fuera de punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC2 en el archivo vehiculodb
PTFAC2V	Velocidad punta tarde del vehículo denominado como fac1 en info=FAC2 en el archivo vehiculodb
AMFAC3V	Velocidad punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC3 en el archivo vehiculodb
FPFAC3V	Velocidad fuera de punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC3 en el archivo vehiculodb
PTFAC3V	Velocidad punta tarde del vehículo denominado como fac1 en info=FAC3 en el archivo vehículo
AMFAC4V	Velocidad punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC4 en el archivo vehiculodb
FPFAC4V	Velocidad fuera de punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC4 en el archivo vehiculodb
PTFAC4V	Velocidad punta tarde del vehículo denominado como fac1 en info=FAC4 en el archivo vehiculodb
AMFAC5V	Velocidad punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC5 en el archivo vehiculodb
FPFAC5V	Velocidad fuera de punta del vehículo denominado como fac1 en info=FAC5 en el archivo vehiculodb
PTFAC5V	Velocidad punta tarde del vehículo denominado como fac1 en info=FAC5 en el archivo vehiculodb
CORREDOR_FAC1	Este campo entrega la velocidad del vehículo denominado como fac1, en caso que en este arco este vehículo circule en un corredor, en caso de no circular como corredor el valor es -1
CORREDOR_FAC2	Este campo entrega la velocidad del vehículo denominado como fac2, en caso que en este arco este vehículo circule en un corredor, en caso de no circular como corredor el valor es -1
CORREDOR_FAC3	Este campo entrega la velocidad del vehículo denominado como fac3, en caso que en este arco este vehículo circule en un corredor, en caso de no circular como corredor el valor es -1
CORREDOR_FAC4	Este campo entrega la velocidad del vehículo denominado como fac4, en caso que en este arco este vehículo circule en un corredor, en caso de no circular como corredor el valor es -1
CORREDOR_FAC5	Este campo entrega la velocidad del vehículo denominado como fac5, en caso que en este arco este vehículo circule en un corredor, en caso de no circular como corredor el valor es -1
URBANO	Indica que el arco es de tipo urbano si toma el valor 1 interurbano si toma el valor 2 con lo cual

		se aplican límites de velocidad establecidos por el sistema MODEM V 5.0
CFP= Index Veh1	Valor de la composición	Está compuesto por el índice del vehículo y la composición en el horario fuera de punta
	...	
CFP = Index Veh n	Valor de la composición	Está compuesto por el índice del vehículo y la composición en el horario fuera de punta
X0	Y0	Coordenadas del arco Nodo A
X1	Y1	Coordenadas del arco Nodo B

```
road_nuevo: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
INFO "91040,93200"
INFO2 "1271"
VEHICLES 4196
VEHICLEMACRO ""
CORRFACOR 1.008040
NOLANES 1
SPEED 1
ROADTYPE 0
EMIFAC 1
VEH1 2 5 36.3301196000
VEH2 3 9 9.5407312300
VEH3 4 13 17.3355884300
.
CONGESTIONLIMIT 0
CONGESTIONSPEED 1
CONGESTIONVEHICLES 0
CONGESTIONLIMIT2 0
CONGESTIONSPEED2 1
CONGESTIONVEHICLES2 0
CONGESTIONLIMIT3 0
CONGESTIONSPEED3 1
CONGESTIONVEHICLES3 0
SEARCHKEY1 27
SEARCHKEY2 1
SEARCHKEY3 0
SEARCHKEY4 0
SEARCHKEY5 0
GEOCODE 13.5.27
WIDTH 0
DISTHOUSES 0
SLOPE 0
HEIGHT 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
NOISE
ALOB
FLUJO_FP=2676
FLUJO_PT=0
SECTOR=1
TO=11.0000
CAPACIDAD=2484
ALFA_PUNTA=1.3195
ALFA_FUERA_PUNTA=0.8438
ALFA_PUNTA_TARDE=0.8438
BETA_PUNTA=1.9000
BETA_FUERA_PUNTA=1.8438
BETA_PUNTA_TARDE=1.8438
FAC1_PUNTA=2.0000
FAC1_FUERA_PUNTA=1.0000
FAC1_PUNTA_TARDE=1.0000
.
CORREDOR_FAC1=40
CORREDOR_FAC2=-1
CORREDOR_FAC3=-1
CORREDOR_FAC4=-1
CORREDOR_FAC5=-1
URBANO=1
X0 260794 Y0 6343583
X1 260734 Y1 6343449
```

Figura 27: Ejemplo archivo roaddb.txt

## Complex Vehicles

**Tabla 3-16: Estructura archivo vehiculodb.txt**

Campo	Descripción
DIMENSION	Valor por defecto, número de variables del factor de emisión
DIM1	Valor por defecto, número de valores que puede tomar el factor de emisión para un contaminante dado
HEADER1 VELOCIDAD	Valor por defecto. Nombre de la variable (velocidad y peso)
TEXT1	Valor por defecto, nombre de cada valor que toma la variable, en general corresponde al valor de la velocidad a la cual está evaluado el factor de emisión (1 a 120 km/hr) o bien el peso promedio del parque en el caso de factor de emisión de polvo de calles (1 a 2000 kg)
...	
...	
...	
TEXT2000	Valor por defecto, nombre de cada valor que toma la variable, en general corresponde al valor de la velocidad a la cual está evaluado el factor de emisión o bien el peso promedio del parque en el caso de factor de emisión de polvo de calles
NAME	Abreviación del ccf8
INDEX	Índice del vehículo
ACTIVITYCODE	Código CCF8
ISHEAVY	Indica si el vehículo es pesado o no, si el vehículo pesa 10 o más toneladas es pesado, en caso contrario es liviano
ISTRAFFIC	Valor por defecto = 1
WEIGHT	Peso del vehículo
EMISSIONMODEL	Valor del modelo de emisiones, factores COPERT = 3 y factores de polvo de calles = 2
FLOWEQUI	Valor en Flujo equivalente del tipo de vehículo
INFO	Clasificación del tipo de vehículo según pertenece o no a los grupos fac1, fac2, fac3, fac4, fac5

### Caso Factores COPERT (EMISSIONMODEL=3)

Index de substancia, velocidad, factor de emisión evaluado a la velocidad 1, factores de emisión evaluados a otros niveles de congestión no se utiliza, factores de emisión evaluados a otros niveles de congestión no se utiliza, factores de emisión evaluados a otros niveles de congestión no se utiliza.

Ejemplo:

3 1 486.58870 0.00000 0.00000 0.00000

Caso Factores de polvo de calle (EMISSIONMODEL=2)

Index de substancia, correlativo, factores de emisión evaluados a peso promedio del parque incrementales de 10 en 10 kg (partiendo de 10 hasta 80000 kg) en cada fila se presentan 4 valores.

Ejemplo:

175 2000 114418.20465 114439.66678 114461.13026 114482.59507

```

vehiculo_nuevo: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
DIMENSION 1
DIM1 2000
HEADER1 VELOCIDAD
TEXT1 1
TEXT2 2
.
.
TEXT1999 1999
TEXT2000 2000

NAME "PCT1"
INDEX 2
ACTIVITYCODE 7.01.001.01
ISHEAVY 0
ISTRAFFIC 1
WEIGHT 1.2000
EMISSIONMODEL 1
FLOWEQUI 1.0000
INFO
3 1 486.58870 0.00000 0.00000 0.00000
3 2 489.27280 0.00000 0.00000 0.00000
3 3 491.63470 0.00000 0.00000 0.00000
3 4 493.68100 0.00000 0.00000 0.00000
3 5 495.41830 0.00000 0.00000 0.00000
.
.
3 116 312.81220 0.00000 0.00000 0.00000
3 117 321.70630 0.00000 0.00000 0.00000
3 118 331.03720 0.00000 0.00000 0.00000
3 119 340.81150 0.00000 0.00000 0.00000
3 120 351.03580 0.00000 0.00000 0.00000
7 1 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
7 2 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
7 3 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
7 4 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
7 5 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
.
.
7 116 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
7 117 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
7 118 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
7 119 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
7 120 70.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 1 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 2 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 3 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 4 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 5 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
.
.
8 116 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 117 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 118 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 119 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
8 120 53.00000 0.00000 0.00000 0.00000
15 1 110.45000 0.00000 0.00000 0.00000
15 2 75.51282 0.00000 0.00000 0.00000
15 3 60.45288 0.00000 0.00000 0.00000
15 4 51.62685 0.00000 0.00000 0.00000
15 5 45.67839 0.00000 0.00000 0.00000

```

Figura 28: Ejemplo archivo vehiculodb.txt

## 4. ANEXO 1 GLOBEIS 3.2

### Instrucciones para ejecutar GloBEIS 3.2

#### CONSTRUCCIÓN DE BASES DE DATOS

El software contiene bases de datos que permiten calcular las emisiones biogénicas en diversos lugares de Norteamérica, pero los atributos del programa permiten modificarlas de acuerdo a las necesidades del usuario.

Los cambios que se realizaron corresponden al ingreso de registros en tablas de datos internas referentes a la Región de Valparaíso específicamente de:

1. Vegetales y Suelos
2. Vegetales y Suelos del Dominio.

#### ELABORACIÓN DE TABLAS DESCRIPTIVAS DE VEGETALES Y SUELOS

##### *TABLA VEGCODE CHAR*

Se elabora una tabla que especifica las características de cada vegetal o suelo la nomenclatura interna a utilizar "vegib2", nombre general a que se refiere "Name", tasa de emisión de Isopreno "iso" ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hr}^{-1}$ ), tasa de emisión de Monoterpeno "tmt" ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hr}^{-1}$ ), tasa de emisión de Otros Compuestos Orgánicos Volátiles "ovc" ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hr}^{-1}$ ), Índice del Área de Hoja "LAI" adimensional ( $\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$ ) y la Densidad de Masa Foliar "LMD" en gramos de hoja seca por el inverso de área respectiva ( $\text{g}\cdot\text{hs}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

##### Columna vegib2

Los datos que conforman esta columna se designaron en forma aleatoria con números (1-149). El software relaciona una tabla de registros que describe la vegetación y suelos del dominio con esta mediante la nomenclatura "vegib2".

##### Columna Name

Los datos que conforman esta columna fueron designados mediante una lista de nombres comunes de las especies vegetales que se definieron en la Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación Quinta Región (CONAF, 2001) y en el VII Censo

Nacional Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Algunas especies no fueron integradas debido a falta de información de las tasas de emisión de COVs., por lo que no fue posible integrarlos.

#### Columnas iso, tmt y ovc

Estos corresponden a la tasa de emisión máxima que puede existir en cualquier sitio del territorio correspondiente a la Región de Valparaíso y se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Iso, tmt, ovc } [\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hr}^{-1}] = E_{\text{iso, tmt, ovc}} [\mu\text{g}\cdot\text{g}\cdot\text{hs}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}] * \text{LMD}[\text{g}\cdot\text{hs}\cdot\text{m}^{-2}]$$

#### Factores de Emisión ( $E_{\text{iso, tmt, ovc}}$ )

Casi no existen resultados cuantitativos de compuestos orgánicos volátiles emitidos por vegetales en Chile. Sin embargo, la metodología para la estimación de factores de emisión mediante semejanzas taxonómicas (Benjamin et al. 1996) permite obtener la información necesaria para la mayoría de las especies.

La estimación de factores de emisión consiste en recopilar los resultados que se han obtenido experimentalmente para cada especie, género o familia de los vegetales recopilados en la columna "Name". Posteriormente se calcula el promedio con los valores respectivos priorizando el mayor grado de similitud taxonómica.

Los valores cuantitativos de emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles se recopilaron de las fuentes:

1. Benjamin et al. 1996
2. Préndez et al. 2007
3. Harley et al. 2004
4. Guenther et al. 1993
5. Guenther et al 1994

Los factores de emisión de las fuentes 4 y 5 se encuentran en las bases de datos que contiene GloBEIS 3.2.

En las tablas siguientes se especifican los factores de emisión calculados en unidades de  $\mu\text{g}\cdot\text{g}\cdot\text{hs}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ , clasificados según semejanza taxonómica utilizada.

FACTORES DE EMISIÓN DE ESPECIES QUE SE ESPECIFICAN EN LA ACTUALIZACIÓN CATASTRO DE USO DE SUELO Y VEGETACIÓN QUINTA REGIÓN (CONAF, 2001)									
SEMEJANZA TAXONÓMICA	ESPECIE			GÉNERO			FAMILIA		
	Iso	Tmt	Ovc	Iso	Tmt	Ovc	Iso	Tmt	Ovc
COMPUESTOS									
Populus Nigra				55,511	0,113	1,850			
Prosopis chilensis				0,113	0,113	1,850			
Senna cumingii							2,784	0,791	1,163
Erodium cicutarium									
Acacia melanoxylon				0,113	4,050	1,850			
Atriplex nummularia				0,375	0,937	0,562			
Avena barbata				0,010	0,025	0,015			
Gymnophyton isatidicarpum									
Baccharis rhomboidalis							0,000	9,600	0,562
Baccharis sp.							0,000	9,600	0,562
Beilschmiedia miersii							0,107	0,266	1,850
Berberis empetrifolia							25,100	0,000	
Peumus boldus									
Bromus sp.							0,032	0,073	0,045
Kageneckia oblonga							0,079	0,093	1,850
Happlopappus foliosus							0,000	9,600	0,562
Puya chilensis									
Dipsacus fullonum									
Bahia ambrosioides							0,000	9,600	0,562
Austrocedrus chilensis							0,057	0,664	1,850
Puya berteroniana									
Discaria trinervis							20,925	1,800	0,562
Colliguaja integerrima							8,890	0,308	1,850
Psoralea glandulosa							2,784	0,791	1,163
Cynara cardunculus							0,000	9,600	0,562
Polygonum persicaria							0,000	0,000	
Escallonia pulverulenta									
Acacia caven				0,113	4,05	1,85			
Eucalyptus globulus	57,000	9,200				1,850			
Kageneckia angustifolia							0,079	0,093	1,850
Porlieria chilensis									
Guindilia trinervis							13,465	0,113	1,850
Haplopappus macraccaenus							0,000	9,600	0,562

Haplopappus reticulatus							0,000	9,600	0,562
Haplopappus rigidus							0,000	9,600	0,562
Chuquiraga oppositifolia							0,000	9,600	0,562
Tetraglochin alatum							0,079	0,093	1,850
Proustia ilicifolia							0,000	9,600	0,562
Schinus polygamus				0,000	4,102				1,850
Flourensia thurifera						0,562	0,000	9,600	
Juncus sp.									
Lithrea caustica							17,622	3,532	1,850
Azorella compacta									
Escallonia pulverulenta									
Maytenus boaria							0,000		
Aristotelia chilensis									
Mulinum spinosum									
Berberis litoralis Phil.							25,100	0,000	
Schinus latifolius				0,000	4,102				1,850
Nardophyllum lanatum							0,000	9,600	0,562
Aextoxicon punctatum									
Satureja gilliesii							0,000	8,350	
Adesmia microphylla							2,784	0,791	1,163
Jubaea chilensis							30,594	0,093	1,850
Fuchsia lycioides Andr.									
Heliotropium stenophyllum							0,600		
Cestrum parqui							0,003	0,067	0,244
Holcus lanatus							0,032	0,073	0,045
Patosia clandestina									
Eupatorium salvia							0,000	9,600	0,562
Myrceugenia correifolia							33,325	2,283	1,850
Cryptocarya alba	0,107							0,019	1,850
Philippia sp.							0,085	0,368	1,850
Schinus molle		1,957		0,000					3,781
Ephedra chilensis									
Pinus radiata	0,000	0,800							1,850
Chusquea cumingii							0,032	0,073	0,045
Chusquea cumingii							0,032	0,073	0,045
Quillaja saponaria							0,079	0,093	1,850
Muehlenbeckia hastulata							0	0,000	
Trichocereus chilensis (Colla)									
Ophryosporus paradoxus							0	9,600	0,562

Diostea juncea							0,057	0,113	1,850
Nothofagus obliqua							37,165	0,438	1,850
Baccharis linearis							0,000	9,600	0,562
Rosa moschata							0,079	0,093	1,850
Salix humboldtiana				48,092	0,057	1,850			
Salix babylonica	115,000				0,057	1,850			
Nolana peruviana							0,003	0,067	0,244
Prosopis flexuosa				0,113	0,113	1,850			
Avena barbata				0,010	0,025	0,015			
Retanilla trinervia							20,925	1,800	0,562
Talguenea quinquinervia							20,925	1,800	0,562
Baccharis concava							0,000	9,600	0,562
Proustia cinerea							0,000	9,600	0,562
Rubus ulmifolius							0,079	0,093	1,850
Ribes punctatum									
Adesmia horrida							2,784	0,791	1,163
Azara petiolaris							51,271	0,071	1,850
Haplopappus							0,000	9,600	0,562
Escallonia illinita									
Bromus mollis							0,032	0,073	0,045
Puya coerulea									
Baccharis marginalis							0,000	9,600	0,562
Drimys winteri									
Festuca sp.							0,032	0,073	0,045
Nassella chilensis							0,032	0,073	0,045
Colletia ulicina							20,925	1,800	0,562
Pleocarphus revolutus							0,000	9,600	0,562
Gaultheria phillyreifolia							0,085	0,368	1,850
Eulychnia acida									
Eryngium paniculatum									
Haplopappus integerrimus							0,000	9,600	0,562
Heliotropium sp							0,600		
Citronella mucronata									
Escallonia revoluta									
Adenopeltis serrata							8,890	0,308	1,850
Azara celastrina							51,271	0,071	1,850
Laurelia sempervirens									
Laretia acaulis									
Gochnatia foliolosa							0,000	9,600	0,562

Crinodendron patagua									
Pintoa chilensis Gay									
Sophora microphylla Aiton			0,375	0,937	0,562				
Fabiana imbricata						0,003	0,067	0,244	
Baccharis sp.						0,000	9,600	0,562	
Retanilla ephedra						20,925	1,800	0,562	
Rosaceae Sp.						0,079	0,093	1,850	
Lobelia excelsa									
Tetraglochin sp.						0,079	0,093	1,850	
Bromus berterianus						0,032	0,073	0,045	
Caldcluvia paniculata									
Lobelia tupa									
Lobelia bridgesii									
Adesmia sp						2,784	0,791	1,163	
Equisetum giganteum									
Viola maculata						0,100			

FACTORES DE EMISIÓN DE ESPECIES QUE SE ESPECIFICAN EN EL VII CENSO NACIONAL AGOPECUARIO Y FORESTAL (INE, 2007)									
SEMEJANZA TAXONÓMICA	ESPECIE			GÉNERO			FAMILIA		
COMPUESTO	Iso	Tmt	Ovc	Iso	Tmt	Ovc	Iso	Tmt	Ovc
Flores									
Plantas forrajeras							2,784	0,791	1,163
Viveros									
Semilleros									
Otras chacras									
Papa	0,006	0,014	0,008						
Arveja (grano seco)							2,784	0,791	1,163
Cebada forrajera (grano seco)	0,006	0,015	0,009						
Maíz (grano seco)	0,000	0,000	0,000						
Otros cereales							0,032	0,073	0,045

Poroto consumo interno							2,78 4	0,79 1	1,16 3
Trigo blanco				0,02 0	0,00 8	0,01 2			
Trigo candeal				0,02 0	0,00 8	0,01 2			
Poroto de exportación							2,78 4	0,79 1	1,16 3
Avena (grano seco)	0,01 0	0,02 5	0,01 5						
Chícharo							2,78 4	0,79 1	1,16 3
Garbanzo							2,78 4	0,79 1	1,16 3
Otras plantas medicinales permanentes cultivadas									
Otros industriales									
Curagüilla (rama)	0,00 2	0,00 6	0,00 4						
Tabaco	0,00 0	0,12 0	0,48 0						
Tomate industrial							0,00 3	0,06 7	0,24 4
Otras plantas aromáticas permanentes cultivadas									
Huerta casera									
Otras hortalizas									
Poroto granado							2,78 4	0,79 1	1,16 3
Poroto verde							2,78 4	0,79 1	1,16 3
Acelga									
Arveja verde							2,78 4	0,79 1	1,16 3
Cebolla de guarda									
Cebolla temprana									
Choclo	0,00 0	0,00 0	0,00 0						
Cilantro									
Haba	0,37 5	0,93 7	0,56 2						

Lechuga							0,00 0	9,60 0	0,56 2
Repollo									
Tomate consumo fresco									
Zapallo italiano									
Zapallo temprano y de guarda									
Sandía									
Ají							0,00 3	0,06 7	0,24 4
Alcachofa							0,00 0	9,60 0	0,56 2
Apio									
Betarraga									
Coliflor									
Pepino dulce							0,00 3	0,06 7	0,24 4
Pimiento							0,00 3	0,06 7	0,24 4
Zanahoria									
Achicoria							0,00 0	9,60 0	0,56 2
Albahaca							0,00 0	8,35 0	
Berenjena							0,00 3	0,06 7	0,24 4
Brócoli									
Espinaca									
Pepino de ensalada									
Perejil									
Rabanito									
Rábano o Nabo									
Ajo									
Espárrago									
Melón									
Repollito de bruselas									
Orégano							0,00 0	8,35 0	
Huerto casero frutales									
Otros frutales									
Palto	0,00	0,00				0,00			

	0	0			0				
Almendro				0,11 3	0,06 9	1,85 0			
Arándano	0,11 3	0,11 3	1,85 0						
Damasco		0,10 0		0,11 3		1,85 0			
Duraznero consumo fresco		0,10 0		0,11 3		1,85 0			
Frutilla							0,07 9	0,09 3	1,85 0
Limonero	0,00 0	0,00 0				1,85 0			
Manzano rojo	0,11 3	0,11 3	1,85 0						
Manzano verde	0,11 3	0,11 3	1,85 0						
Membrillo							0,07 9	0,09 3	1,85 0
Naranja	0,11 3	1,50 4	1,85 0						
Nectarino (pelados)		0,10 0		0,11 3		1,85 0			
Nogal		1,80 0		0,11 3		1,85 0			
Olivo		0,30 0							
Uva de mesa									
Tuna									
Cerezo		0,10 0		0,11 3		1,85 0			
Duraznero tipo conservero									
Ciruelo japonés				0,11 3	0,06 9	1,85 0			
Frambuesa							0,07 9	0,09 3	1,85 0
Chirimoyo							0,08 8	0,11 3	1,85 0
Lúcuma				0,15 0				0,11 3	1,85 0

Níspero							0,07 9	0,09 3	1,85 0
Peral europeo				0,00 0	0,00 0	0,56 2			
Clementina				0,13 8	1,54 3	1,85 0			
Mandarina				0,13 8	1,54 3	1,85 0			
Kiwi									
Pomelo				0,13 8	1,54 3	1,85 0			
Ciruelo europeo (deshidratado)		0,00 0		0,11 3		1,85 0			
Higuera	27,0 00	0,20 0							1,85 0
Tintas viníferas corrientes									
Tintas viníferas finas									
Blancas viníferas corrientes									
Blancas viníferas finas									

## Columna LMD

En este caso la Densidad de Masa Foliar se refiere al valor máximo que puede existir en el territorio donde se calcularán las emisiones biogénicas; para efectos de nomenclatura la llamaremos Densidad de Masa Foliar Máxima ( $LMD_{m\acute{a}x}$ ). Por ejemplo, la especie *Quercus Virginiana* se encuentra en varias coberturas de suelo de Norteamérica (*Quercus Virginiana*, Willow Oak, Water Oak & Blackgum Forests / ET, etc) que son descritas en las bases de datos del software. Sin embargo, para la Columna LMD se designa sólo el valor mayor que en este caso fue estimado en  $375 \text{ (g hs}^*m^{-2}\text{)}$ .

Considerando el párrafo precedente, los valores de la Columna LMD se obtienen después de calcular la Densidad de Masa Foliar de cada especie en todos los tipos de cobertura de suelo que existen en el territorio a modelar. El resultado  $LMD_{m\acute{a}x}$  será el de mayor magnitud.

## Columna LAI

El Índice de Área de Hoja es la razón de la suma de la superficie de las hojas sobre el área de proyección de copa; esto describe cuanta superficie es la que está emitiendo los compuestos orgánicos volátiles en relación al tamaño de un bosque o cualquier área cubierta de especies vegetales. Por ejemplo, si un territorio está cubierto de vegetales y se calcula un LAI de magnitud cinco, esto significa que si sumamos la superficie de las hojas se obtendrá un área cinco veces la del territorio.

Karlik et al. 2002 compara sus resultados obtenidos en California referentes a la especie *Quercus sp.* con otros del mismo género en Italia; declara que el valor  $4,3 \text{ (m}^2*m^{-2}\text{)}$  es un resultado aceptable, ya que en Europa se obtuvo valores entre  $4,5$  y  $8 \text{ (m}^2*m^{-2}\text{)}$ . Guenther et al. 1993 y Guenther et al. 1994 describe los Índices de Área de Hoja para ciento setenta y cinco vegetales y coberturas de suelo; los valores están definidos según familia. Estos dos antecedentes dan la posibilidad de asignar un LAI para las especies abarcadas.

### *TABLA LINK LCCODE VEGCODE*

Se elabora una tabla que precisa la nomenclatura con que se relaciona la tabla "VegCode Char" y las tablas descriptivas de Vegetales y Suelos del Dominio. Los datos de la columna "vegib2" corresponden a los mismos de la tabla "vegCode char", la columna "lcVeg" relaciona cada registro con otra tabla llamada "lcCode lmd". Finalmente "Veg Description" ayuda a entender a que tipo de vegetal o suelo se refiere.

MUESTRA TABLA INTERNA "link lcCode VegCode"		
vegib2	lcVeg	Veg Description
Abie	ABIMAG	Abies (fir)
Abie	Abie-B2	Abie - BEIS2
Abie	ABISP.	Abies spp
Abie	ABIPRO	Abies (fir)
Abie	ABILAS	Abies (fir)

## ELABORACIÓN DE TABLAS DESCRIPTIVAS DE VEGETALES Y SUELOS DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO

### TABLA LC CODE DESCRIPTIONS

Consiste en ingresar los registros de toda clase de cobertura de suelo que existió en la Región de Valparaíso el año 2008. Para cada uno se designa un código "lc" que cumple con funciones de nomenclatura interna, la descripción o "description" para saber a cual clase se refiere, el tipo de copa que tienen los vegetales presentes y las emisiones geogénicas. Los factores de emisión de óxido nítrico (NO) y amoníaco (NH<sub>3</sub>) se asumieron nulos ya que no están dentro de los objetivos de este estudio.

MUESTRA TABLA INTERNA "vegCode char"				
lc	description	canopytype	NO	NH3
10100	Urban- Cenral Texas / Centx	4	0	0
10110	Corpus Cristi Urban Area / Centx	4	0	0
10300	Urban- North Central Texas / NCT	4	0	0
10400	urban / ET	4	0	0
10700	Urban- Western Texas / WT	4	0	0
10710	Urban- Abilene / WT	4	0	0

Columna lc

Estos datos se asignaron aleatoria mente para cada una de las ciento cincuenta y tres clases de cobertura de suelo con números entre 3 y 1735.

Columna Description

Esta columna permite saber a qué tipo de cobertura se refiere cada registro. Las clases de cobertura que se definieron describen la totalidad del terreno que compromete la

Región de Valparaíso. El primer procedimiento fue recopilar todas las que se especifican en la Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Quinta Región (CONAF, 2001); como resultado se obtuvo una caracterización demasiado general. Para que fuera aun más específico se clasificaron en terrenos agropecuarios (Rotación Cultivo-Pradera y Terrenos de Uso Agrícola) y todos los otros.

La disponibilidad del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE, 2007) permitió caracterizar los terrenos agropecuarios a nivel comunal. Para estos tipos de cobertura la nomenclatura utilizada se compone de: *clase de uso de suelo-comuna*.

La Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Quinta Región (CONAF, 2001) describe los pisos vegetacionales y sin vegetación presente en todos los terrenos que no son agropecuarios. La representación de las coberturas de suelo se encuentra de la siguiente forma:

- Georreferenciación del área en cuestión.
- Área o superficie en metros cuadrados y hectáreas.
- Pendiente del terreno.
- Exposición del terreno (norte, sur o plano).
- Altitud en metros sobre el mar.
- Definición de regiones vegetacionales.
- Altura de la vegetación en metros.
- Especies dominantes.

“La región vegetal se define por la constitución de límites ambientales y biológicos, establecidos por una expresión dada de un conjunto de características de los factores ambientales principales: geología, geomorfología, clima y suelo. Esto determina la existencia de modos de vida característicos que, dependiendo de las posibilidades productivas del medio, son resultado de procesos de cambio y convergencia evolutiva”. Gajardo 1994.

El párrafo citado fundamenta la descripción realizada en la Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Quinta Región (CONAF, 2001) y que define los límites de las Regiones Vegetacionales, donde:

1. Las especies vegetales dominantes se aproximan a ser las mismas
2. Existen condiciones meteorológicas similares

Esta es la razón porque se decidió definir las coberturas de suelo que tienen formaciones vegetales con la siguiente nomenclatura: *región vegetal-exposición*.

Columna Canopy Type

Las coberturas de suelo se clasificaron según el tipo de vegetación que contienen, para esto fue necesario saber ciertas características de las especies que se encuentran en cada una:

- Forma de vida: árbol, arbusto, enredadera, arbustiva, suculentas o herbáceas (Hoffmann 1998).
- Especies de terrenos agropecuarios
- Coníferas

Para cada registro se identificó la mejor de las opciones que GloBEIS 3.2 entrega:

1. Broadleaf trees  
Se refiere a vegetación que tiene hojas gruesas, en las tablas originales esta clasificación es usada sólo para especies coníferas.
2. Mixed broadleaf and needleleaf trees  
Se refiere a bosques donde se mezclan coníferas y árboles con hojas delgadas.
3. Needleleaf trees  
Se refiere a árboles que tienen hojas delgadas, en las tablas originales esta clasificación es usada para especies quercus sp., populus sp., etc.
4. Mixed vegetation  
Se refiere a vegetación mixta y que existen vegetales con formas de vida distinta a árbol, como hierbas, arbustos, terrenos agrícolas, etc.
5. Shrubs  
Se refiere a vegetación de forma de vida arbustiva generalmente mezclado con hierbas.
6. Grass  
Se refiere a vegetación de forma de vida herbácea. En las tablas originales se destaca la presencia de campos de trigo y praderas.
7. Crops  
Se refiere a cultivos agrícolas en general.

Los registros insertados en el software comprenden ciento cincuenta y tres Tipos de Cobertura Vegetal.

La TABLA siguiente muestra los resultados de la clasificación realizada a escala regional, sin embargo los archivos de modelación territorial más detallados están a una escala de 0,24 km<sup>2</sup> aproximadamente.

BALANCE DE SUPERFICIE REGIÓN DE VALPARAÍSO SEGÚN TIPO DE COPA			
Canopytype code	Description	Área (KM2)	Porcentaje (%)
1	Broadleaf trees	0,00	0,000
2	Mixed broadleaf and needleleaf trees	0,00	0,000
3	Needleleaf trees	14,61	0,091
4	Mixed vegetation	8843,90	55,187
5	Shrubs	1609,49	10,043
6	Grass	53,91	0,336
7	Crops	1900,16	11,857
-		3603,19	22,484
TOTAL		16025,26	100,000

Para ver los detalles se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se abre el archivo *biogénicas.APR* y se ubica en la tabla "Attributes of Newshape.shp" el o los polígonos del mapa que se desean revisar.
2. Se abren los archivos de aplicación Microsoft Access "suelo1" y "suelo2" y se realiza una consulta "canopytype"; como resultado se obtiene una tabla (TABLA ...) que contiene los datos buscados.
3. La nomenclatura JCell es análoga a los números Veglim\_Veglim\_id de la tabla "Attributes of Newshape.shp".

MUESTRA TABLA DE CONSULTA "canopytype"		
Icell	JCell	cantype
Algarrobo	100082570	4
Algarrobo	100182568	4
Algarrobo	100282571	4
Algarrobo	100482582	4

TABLA LC CODE LMD

Consiste en ingresar los registros de la densidad de masa foliar ( $\text{g hs} \cdot \text{m}^{-2}$ ) que las especies vegetales presentan en las clases de cobertura de suelos que se definieron para la Región de Valparaíso.

Columna lc

Indica a cual clase de cobertura de suelo de la tabla "LC Code Descriptions" se refiere.

Columna lcVeg

Indica a que tipo de vegetal o suelo de la tabla "link lcCode VegCode" se refiere.

Columna LMD

La densidad de masa foliar de una especie vegetal (LMD) en un lugar determinado se calcula por medio de experimentos en determinado terreno y laboratorio. En general, consiste en medir el área de cobertura de copa de un individuo (CP), extraer y secar todas las hojas, determinar la masa de la materia seca (LM), finalmente obtener la proporción entre los resultados. Si se realiza este procedimiento a todas los individuos de una cobertura vegetal, la suma corresponde a la densidad de masa foliar de una cobertura vegetal ( $\text{LMD}_g$ ). El promedio de la densidad de masa foliar según especie es el valor a determinar.

- a)  $\text{LMD} [\text{g hs} \cdot \text{m}^{-2}] = \text{LM} / \text{CP} [\text{g hs} \cdot \text{m}^{-2}]$
- b)  $\text{LMD}_g [\text{g hs} \cdot \text{m}^{-2}] = \text{LMD}_1 + \text{LMD}_2 + \dots + \text{LMD}_n$

### *Metodología 1 Coberturas de vegetación no agropecuarias*

No se encontró información para especies pertenecientes a las coberturas de suelo no agropecuarias, sin embargo existen estudios que explican las relaciones entre densidad de masa foliar de una cobertura vegetal, su capacidad de producción anual de biomasa y las variables ambientales temperatura y precipitaciones (Guenther et al. 1995). Esta metodología se aplica sólo a coberturas que están expuestas a variables meteorológicas naturales, ya que los resultados son dependientes de estas.

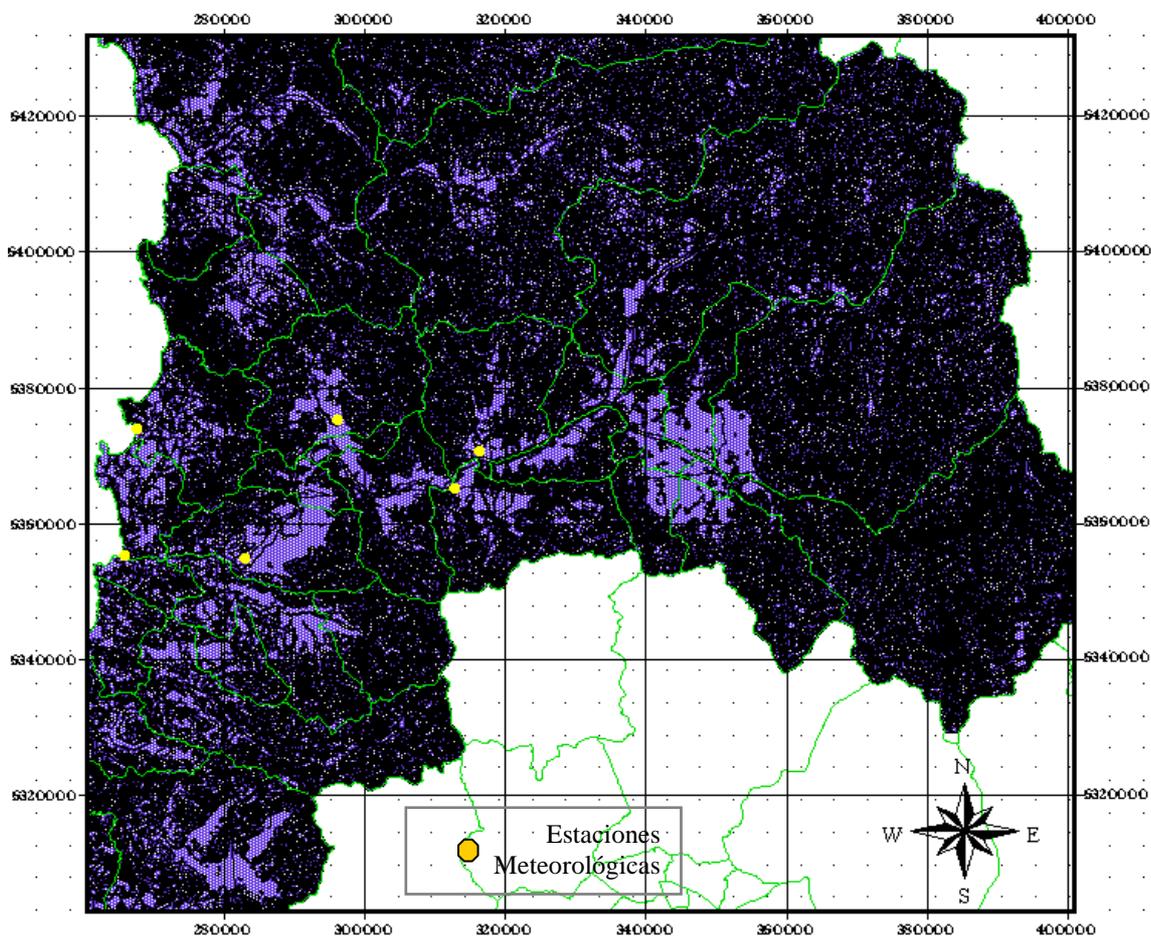
Según las siguientes ecuaciones el factor limitante de producción de biomasa anual (NPP:  $[\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \text{ año}^{-1}]$ ) puede ser la temperatura (T:  $[\text{°C}]$ ) o la disponibilidad de agua (PP:  $[\text{mm}]$ ), donde:

1.  $\text{NPP} = 3000 / (1 + \exp(1.315 - 0.119 \cdot T))$

$$2. NPP = 3000(1 - \exp(-0.000664 * P))$$

Por medio del Servicio Regional Ministerial de Salud se obtuvo datos meteorológicos de las estaciones:

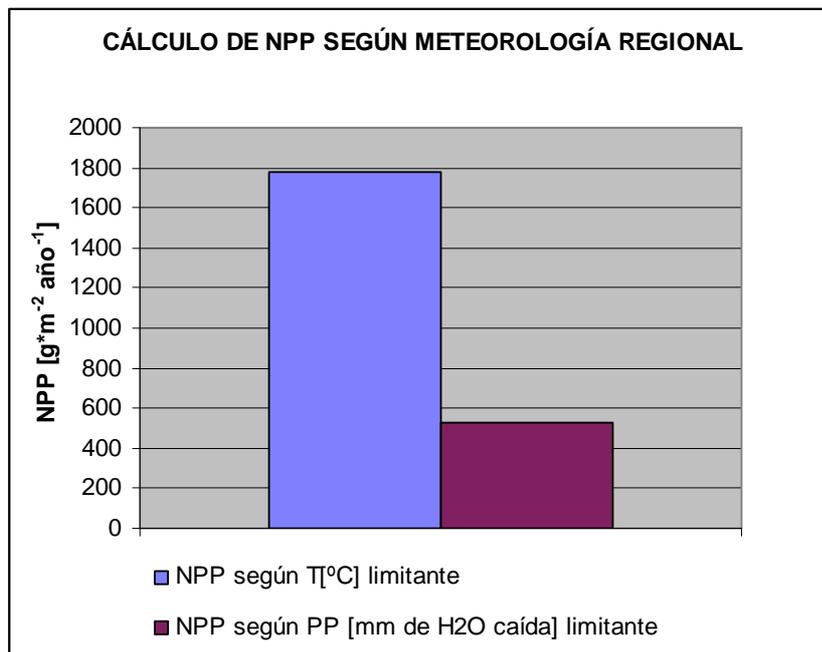
- Rural 1 de la empresa Melón S.A.
- Santa Margarita del Sistema de Vigilancia Ambiental Chagres
- Los Vientos de la empresa AES Gener S.A.
- Nehuenco de Colbún S.A.
- Nº 1 Fija Urbana de Enap Refinerías S.A.
- Meteorológica Principal Ventanas de Codelco



Para calcular la capacidad de producción de biomasa fue necesario estimar el promedio anual de temperatura y la acumulación de precipitaciones para cada tipo de cobertura vegetal. El procedimiento realizado consiste en observar en cartografía la ubicación de la superficie a evaluar y realizar la estimación necesaria con los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas.

- Para el territorio estrictamente costero se usaron datos de las estaciones Meteorológica Principal Ventanas de Codelco y N° 1 Fija Urbana de Enap Refinerías S.A, sin embargo la segunda no mide precipitaciones, por lo que de esta sólo se usaron los datos referentes a temperatura.
- Para coberturas ubicadas desde la costa hasta el paralelo 300.000 se calculó el promedio de los datos de las estaciones ubicadas en tal superficie.
- Para las coberturas ubicadas entre los paralelos 300.000 y 340.000 se calculó el promedio de los datos de las estaciones ubicadas en tal superficie más la estación Rural 1 de la empresa Melón S.A.
- Para las coberturas ubicadas desde los paralelos 340.000 hasta el límite Este regional se utilizaron los datos de las estaciones Santa Margarita del Sistema de Vigilancia Ambiental Chagres y Los Vientos de la empresa AES Gener S.A.
- Para las coberturas de mayor amplitud y que no fue posible asignarle datos específicos mediante el procedimiento explicado se calculó el promedio de todos los datos disponibles de estas seis estaciones meteorológicas, o sea un valor representativo para toda la superficie de la Región de Valparaíso.

La metodología aplicada indica que el valor de NPP menor es el más representativo debido que la producción de biomasa responde al primer factor limitante que el ambiente dispone. Por ejemplo, el promedio de temperatura anual en la región año 2008 fue aproximadamente 14,25 °C y las precipitaciones sumaron 292,23 mm. Si aplicamos las ecuaciones 1 y 2, se obtienen los valores mostrados en el gráfico ... Esto quiere decir que en la Región de Valparaíso la temperatura siempre va a permitir el crecimiento de biomasa, no así la disponibilidad de agua que define un máximo de 530 [g\*m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>].



La ecuación N° 3 supone un coeficiente  $LMD_r$  que hace referencia a la proporción de biomasa producida en forma de hojas; la metodología plantea una lista de coberturas de suelos que son semejantes a los del estudio en dos variables: descripción general y temperatura.

$$3. LMD_g = LMD_r * NPP$$

$LMD_r > 1$  para coberturas de suelo donde dominan especies vegetales perennes

$LMD_r < 1$  para coberturas de suelo donde dominan especies vegetales caducifolias

Este proceso permitió calcular la densidad de masa foliar por metro cuadrado de las coberturas de vegetación no agropecuarias, se diseñó una metodología que de alguna forma permitiera saber cuanto corresponde a cada especie.

Con la información que entrega la Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Quinta Región (CONAF, 2001) se calculó la superficie de las coberturas vegetacionales dominadas según especie, o sea cuales son las que ocupan la mayor cobertura de copas del dosel dominante. Además, el catastro explica mediante densidades el porcentaje aproximado de la superficie que está cubierta por determinada especie. De esta forma se calculó la cobertura de copas de cada especie en determinada cobertura vegetal. Se sumó la superficie cubierta por las copas de todos los vegetales y mediante la proporción se estableció un coeficiente (K) para cada una.

$$c) \quad \text{LMD}_g[\text{g hs} \cdot \text{m}^{-2}] = K_1 \cdot \text{LMD}_g + K_2 \cdot \text{LMD}_g + \dots + K_n \cdot \text{LMD}$$

Donde,  $K = \text{CP} / (\text{CP}_1 + \text{CP}_2 \dots \text{CP}_n)$

### *Consideraciones*

1. La masa foliar de Coberturas de Vegetación No Agropecuarias fue distribuida entre las especies dominantes.
2. El coeficiente (K) es proporcional a la densidad de masa foliar, pero no tiene un grado de certeza apropiado. Este es el motivo porque se hicieron los cálculos de las emisiones anuales considerando las metodologías 1 y 2.
3. En ciertas coberturas no fue posible definir la vegetación existente debido a falta de información. Las más importantes son áreas verdes en ciudades.
4. Ciertas especies no fueron consideradas en la estimación de emisiones debido a falta de información de factores de emisión e índice de área de hoja, sin embargo el resultado considera 96 % de la masa foliar de la región.

### *Metodología 2 Coberturas de vegetación no agropecuarias*

Difiere con la metodología 1 sólo en el cálculo del coeficiente (K). Con la información que entrega la Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Quinta Región (CONAF, 2001) se definieron las coberturas vegetacionales dominadas según especie, o sea cuales son las que ocupan la mayor cobertura de copas del dosel dominante. La densidad de masa foliar de las coberturas vegetacionales ( $\text{LMD}_g$ ) fue distribuida de igual forma para todas las especies.

$$d) \quad \text{LMD}_g[\text{g hs} \cdot \text{m}^{-2}] = K_1 \cdot \text{LMD}_g + K_2 \cdot \text{LMD}_g + \dots + K_n \cdot \text{LMD}$$

Donde,  $K = 1/n$

### *Consideraciones*

1. La masa foliar de Coberturas de Vegetación No Agropecuarias fue distribuida entre las especies dominantes.
2. La densidad de masa foliar ( $\text{LMD}_g$ ) se distribuyó de igual forma para todas las especies, este resultado no tiene un grado de certeza apropiado. Este es el motivo porque se hicieron los cálculos de las emisiones anuales considerando las metodologías 1 y 2.
3. En ciertas coberturas no fue posible definir la vegetación existente debido a falta de información. Las más importantes son áreas verdes de ciudades.

4. Ciertas especies no fueron consideradas en la estimación de emisiones debido a falta de información de factores de emisión e índice de área de hoja, sin embargo el resultado considera 98 % de la masa foliar de la región.

### *Coberturas de vegetación agropecuarias*

Las variable agua siempre es controlada en la producción agrícola, debido a esto no se pudo aplicar la misma metodología explicada para las Coberturas de Vegetación no Agropecuarias. Sin embargo, es razonable que la provisión de un tipo de plantación sea de igual forma o similar en otros lugares del mundo, debido a esto se usaron los datos de densidad de masa foliar de familias, géneros y especies contenidas en GloBEIS 3.2 privilegiando la mayor semejanza taxonómica. El resultado de este procedimiento entrega la densidad de masa foliar en un metro cuadrado de plantación específica los que se muestran en la tabla "vegCode Char", la masa foliar de las coberturas de plantaciones agropecuarias comunales evidenciadas en el VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE, 2007) se calculó con la ecuación a, finalmente esta se distribuyó por todo el territorio definido en la Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Quinta Región (CONAF, 2001) como Rotación Cultivo-Pradera y Terrenos de Uso Agrícola de cada comuna.

### *Consideraciones*

1. La masa foliar de Coberturas de Vegetación Agropecuarias fue distribuida en las áreas agrícolas según comuna y se asignó a las especies definidas en el VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE, 2007).
2. Ciertas especies no fueron consideradas en la estimación de emisiones debido a falta de información de factores de emisión e índice de área de hoja, sin embargo los resultados consideran 70 % de la superficie de terrenos agropecuarios de la región.

## **DEFINICIÓN DEL ÁREA DE MODELAMIENTO**

Los datos importados al software corresponden a los antecedentes del uso del suelo disponibles de la región. De acuerdo a esto se utilizó la cartografía digital que conforma la Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Quinta Región (CONAF, 2001). El área geográfica de la región se subdivide en sus comunas administrativas y sesenta y seis mil ochocientos sesenta y cuatro polígonos shape file de aproximadamente 24 hectáreas cada uno.

El archivo *biogénicas.APR* contiene la tabla "Attributes of Newshape.shp" que describe los polígonos del mapa que se utilizó. Los archivos de aplicación Microsoft Access

“suelo1” y “suelo2” están elaborados para ejecutar consultas sobre el territorio, en estos la nomenclatura JCell es análoga a los números Veglim\_Veglim\_id de la tabla “Attributes of Newshape.shp”.

## **METEOROLOGÍA EN CÁLCULO DE EMISIONES BIOGÉNICAS ANUALES**

GloBEIS 3.2 permite considerar variables meteorológicas que deben ser importadas al software antes de ejecutar los modelos de cálculo de emisiones. Los datos referentes a temperatura, humedad, viento y precipitaciones pertenecen al Servicio Regional Ministerial de Salud y corresponden a las siguientes estaciones:

- Rural 1 de la empresa Melón S.A.
- Santa Margarita del Sistema de Vigilancia Ambiental Chagres
- Los Vientos de la empresa AES Gener S.A.
- Nehuenco de Colbún S.A.
- Nº 1 Fija Urbana de Enap Refinerías S.A.
- Meteorológica Principal Ventanas de Codelco

### **HUMEDAD**

Se usó el promedio de humedad específica de todos los datos disponibles de cada quincena. Las estaciones meteorológicas informan la humedad relativa (%), por lo que se calculó la humedad específica (g/kg) según la variable temperatura (°C) de acuerdo a las siguientes fórmulas:

1.  $Pvs = (6.11 * \text{EXP}((17.27 * T) / (237.3 + T)))$
2.  $H = (18 / 28.9) * Hr * (Pvs) / 100$

Pvs es la presión de vapor de agua a temperatura variable, H es la humedad específica según presión de vapor de agua y humedad relativa.

### **TEMPERATURA**

Se usó el promedio de de todos los datos disponibles de cada quincena, debe ser importado en grados Kelvin.

### **VIENTO**

Se usó el promedio de de todos los datos disponibles de cada quincena, debe der importado en metros sobre hora.

### **RADIACIÓN**

Se usó el promedio de de todos los datos disponibles de cada quincena, debe der importado Watts sobre hora.

## RESULTADOS DEL CÁLCULO DE EMISIONES

El resultado del trabajo realizado es el cálculo de emisiones biogénicas horarias en las quincenas del año 2008 para todos los polígonos de la cartografía presentada en la Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación Quinta Región (CONAF, 2001).

Se obtuvo los resultados mediante dos metodologías que difieren en el cálculo de la densidad de masa foliar de las especies vegetales de coberturas vegetacionales no agropecuarias. Las emisiones están organizadas en 100 archivos de aplicación Microsoft Access (cincuenta para cada metodología), por requerimientos del sistema GloBEIS 3.2 el cálculo de las emisiones horarias de cada quincena se realizó dividiendo el área de dominio en dos. Para determinar las emisiones biogénicas de cualquier quincena y polígono se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se abre el archivo *biogénicas.APR* y se ubica en la tabla "Attributes of Newshape.shp" el o los polígonos del mapa que se desean revisar.
2. Los archivos están organizados por quincena, mes y volumen (1 o 2). Se recomienda abrir los dos archivos respectivos a la fecha que se desea investigar (por ejemplo Q1jul\_V1 y Q1jul\_V2).
3. Se realiza una consulta "Emissions in tons" en cada uno; como resultado se obtiene una tabla que contiene las emisiones horarias durante toda la quincena respectiva.
4. La nomenclatura JCell es análoga a los números Veglim\_Veglim\_id de la tabla "Attributes of Newshape.shp".
5. Además se incluyen los archivos de aplicación "suelo1" y "suelo2" que permiten ejecutar consultas sobre ello.

## 5. ANEXO 2 CLASIFICACION DE FUENTES MOVILES

### Listado de categorías vehiculares de la metodología y su descripción

A continuación se describen las 61 categorías originales de la metodología y en aquellos casos en que se hace diferencia entre regiones, estas se detallan para su comprensión y análisis.

- ***Buses Licitados Urbanos Diesel VTT (convencional)*** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior o igual a Septiembre de 1993 (esto es para RM). Se trata de Vehículos con Tecnología Tradicional (VTT) que no cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos. Para el caso de regiones distintas a la R.M, la norma superior siguiente, EPA91 norteamericano o Euro I europeo, comenzo a regir en el año 1994.
- ***Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1*** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1993 y Septiembre de 1996. El D.S. 82/93 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones establece que a partir del primero de septiembre de 1993, todos los vehículos de este tipo que se inscriban deberán cumplir con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro I europeo. Según el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses de servicio urbano cuyo año de fabricación se encuentra entre 1995 y 1998.
- ***Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2*** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es posterior a Septiembre de 1996. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 94 o Euro II. Para las ciudades consideradas en ese estudio, de acuerdo a lo

indicado en el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses de servicio urbano cuyo año de fabricación es igual o posterior a 1999.

- ***Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3*** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre del año 2002. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- ***Buses Licitados Urbanos a Gas.*** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros (buses de servicio urbano) que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP). Estos buses deben cumplir, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa equivalente a EPA 98 o Euro III para circular por la RM.
- ***Buses Licitados Urbanos Híbridos.*** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros (buses de servicio urbano) del tipo híbrido (diesel eléctrico o gas eléctrico). Estos buses deben cumplir de todas maneras, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa EPA 98 o Euro III para circular por la RM.
- ***Buses Licitados Urbanos Otros.*** Corresponden a buses destinados al transporte público de pasajeros (buses de servicio urbano) que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar buses urbanos con tecnología avanzada, buses que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular. Estos buses deben cumplir de todas maneras, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa equivalente a EPA 98 o Euro III para circular por la RM.
- ***Buses Interurbanos Diesel Convencional.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior o igual a Septiembre de 1993. No cumplen ninguna norma de emisión para vehículos nuevos. Para el caso de regiones

distintas a la R.M. la norma superior siguiente, EPA91 norteamericano o Euro I europeo, comienza a regir en el año 1994, Para el caso de ciudades fuera de la R.M., esta categoría incorpora buses interurbanos cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior o igual a Septiembre de 1994.

- ***Buses Interurbanos Diesel Tipo 1.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1993 y Septiembre de 1996. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro.I europeo. Para el caso de ciudades fuera de la R.M., de acuerdo a lo indicado en el D.S. 55/94, esta categoría incorpora buses cuyo año de fabricación se encuentra entre 1995 y 1998.
- ***Buses Interurbanos Diesel Tipo 2.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es posterior a Septiembre de 1996. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 94 o Euro II. Para el caso de ciudades fuera de la R.M., de acuerdo a lo indicado en el D.S. 55/94, esta categoría incorpora buses cuyo año de fabricación es igual o posterior a 1999.
- ***Buses Interurbanos Diesel Tipo 3.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre del año 2002. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.
- ***Buses Interurbanos Otros.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros del tipo interurbano que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar buses interurbanos con tecnología híbrida, buses que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular. Estos buses deben

cumplir de todas maneras, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa EPA 98 o Euro III para circular por la RM.

- ***Buses Rurales Diesel Convencional.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior o igual a Septiembre de 1993. No cumplen ninguna norma de emisión para vehículos nuevos. Para el caso de regiones distintas a la R.M. la norma superior siguiente, EPA91 norteamericano o Euro I europeo, comienza a regir en el año 1994. Para el caso de ciudades fuera de la R.M., esta categoría incorpora buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior o igual a Septiembre de 1994.
- ***Buses Rurales Diesel Tipo 1.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1993 y Septiembre de 1996. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o Euro.I europeo. Para el caso de ciudades fuera de la R.M., de acuerdo a lo indicado en el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses cuyo año de fabricación se encuentra entre 1995 y 1998.
- ***Buses Rurales Diesel Tipo 2.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural licitados. En esta categoría se encuentran los buses con fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es posterior a Septiembre de 1996. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 94 o Euro II. Para las ciudades consideradas en ese estudio, de acuerdo con el D.S. 55/94 para buses distintos a la RM, esta categoría incorpora buses con año de fabricación es igual o posterior a 1999.
- ***Buses Rurales Diesel Tipo 3.*** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural licitados. En esta categoría se encuentran los buses cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre del año 2002. Estos buses deben cumplir con la normativa EPA 98 o Euro III. A la fecha, esta categoría sólo es considerada para la R.M.

- **Buses Rurales Otros.** Corresponden a buses de transporte público de pasajeros de tipo rural que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar buses rurales con tecnología híbrida, buses que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular. Estos buses deben cumplir de todas maneras, ingresando al parque a partir de septiembre del 2002, con la normativa EPA 98 o Euro III para circular por la RM.
- **Buses Particulares.** Corresponden a buses destinados al transporte privado de pasajeros dentro de la ciudad (buses de servicio urbano) que no caen dentro de las alternativas anteriores. Se trata de buses institucionales o privados que no tienen recorrido definido ni son licitados por la autoridad.
- **Camiones livianos Diesel Convencional.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior a Septiembre de 1994. Estos camiones no cumplen obligatoriamente con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile, según indica el D.S.55/1994.
- **Camiones livianos Diesel Tipo 1.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1994 y Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o EURO I europeo. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V.
- **Camiones livianos Diesel Tipo 2.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA94 norteamericano o EURO II Europeo. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V.
- **Camiones livianos Diesel Tipo 3.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas que cumplen con la normativa EPA 98 o Euro III. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V. Para el caso de las regiones I, II, III, XI y XII, los vehículos pesados que circulan en ellas no están

obligados a cumplir norma de emisión para vehículos nuevos. En general se consideraran necesariamente de esta categoría a todos los camiones cuyo año de fabricación sea igual o superior al 2007, según se desprende del D.S.55/1994 y sus posteriores modificaciones, fecha en que comienza a regir la norma de combustible de bajo azufre (inferior a 350ppm) para todo el país.

- **Camiones livianos a Gas.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP).
- **Camiones livianos Otros.** Corresponden a camiones livianos con peso bruto inferior a 7.5 toneladas que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar camiones con tecnología híbrida, camiones que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- **Camiones Medianos Diesel Convencional.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior a Septiembre de 1994. Estos camiones no cumplen obligatoriamente con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile, según indica el D.S.55/1994.
- **Camiones Medianos Diesel Tipo 1.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1994 y Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o EURO I europeo. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V.
- **Camiones Medianos Diesel Tipo 2.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA94 norteamericano o EURO II europeo. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V.

- **Camiones Medianos Diesel Tipo 3.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas que cumplen con la normativa EPA 98 o Euro III. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V. Para el caso de las regiones I, II, III, XI y XII, los vehículos pesados que circulan en ellas no están obligados a cumplir norma de emisión para vehículos nuevos. En general se consideraran necesariamente de esta categoría a todos los camiones cuyo año de fabricación sea igual o superior al 2007, según se desprende del D.S.55/1994 y sus posteriores modificaciones, fecha en que comienza a regir la norma de combustible de bajo azufre (inferior a 350ppm) para todo el país.
- **Camiones Medianos a Gas.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP).
- **Camiones Medianos Otros.** Corresponden a camiones medianos con peso bruto entre 7.5 y 16 toneladas que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar camiones con tecnología híbrida, camiones que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- **Camiones Pesados Diesel Convencional.** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados es anterior a Septiembre de 1994. Estos camiones no cumplen obligatoriamente con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile, según indica el D.S.55/1994.
- **Camiones Pesados Diesel Tipo 1.** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados se encuentra entre Septiembre de 1994 y Septiembre de 1998. Cumplen con un estándar de emisión similar o superior al EPA91 norteamericano o EURO I europeo. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V.
- **Camiones Pesados Diesel Tipo 2.** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas y cuya fecha de inscripción en el registro Nacional de Vehículos Motorizados sea posterior a Septiembre de 1998. Cumplen

con un estándar de emisión similar o superior al EPA94 norteamericano o EURO II europeo. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V.

- ***Camiones Pesados Diesel Tipo 3.*** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas. Cumplen con la normativa EPA 98 o EURO III. Norma valida en las regiones RM, IV,VI,VII,VIII,IX,X y V. Para el caso de las regiones I, II, III, XI y XII, los vehículos pesados que circulan en ellas no están obligados a cumplir norma de emisión para vehículos nuevos. Para este estudio se consideraran necesariamente de esta categoría a todos los camiones cuyo año de fabricación sea igual o superior al 2007, según se desprende del D.S.55/1994 y sus posteriores modificaciones, fecha en que comienza a regir la norma de combustible de bajo azufre (inferior a 350ppm) para todo el país.
- ***Camiones Pesados Otros.*** Corresponden a camiones pesados con peso bruto superior a 16 toneladas que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar camiones con tecnología híbrida, camiones que utilizan gasolina como combustible o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- ***Vehículos particulares catalíticos tipo 1.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, que utilizan gasolina como combustible, principalmente del tipo auto sedan y station wagon. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO I, EURO II EPA83, EPA91 y/o TIER 0. En general se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación se encuentre entre los años 1993 y 2005.
- ***Vehículos particulares catalíticos tipo 2.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, que utilizan gasolina como combustible, principalmente del tipo auto sedan y station wagon. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape y cumplen con normativa equivalente a la TIER I norteamericana o la Euro III europea. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación sea igual o posterior al año 2006.

- ***Vehículos particulares No catalíticos.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon y que no cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. No cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- ***Vehículos particulares Otros.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar vehículos con tecnología híbrida o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- ***Vehículos Particulares a Gas.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP).
- ***Vehículos Particulares Diesel Tipo 1.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, que utilizan diesel como combustible, principalmente del tipo auto sedan y station wagon. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a TIER 0. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación sea anterior al 2005.
- ***Vehículos Particulares Diesel Tipo 2.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, que utilizan diesel como combustible, principalmente del tipo auto sedan y station wagon. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO III. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos con año de fabricación 2005.
- ***Vehículos Particulares Diesel Tipo 3.*** Corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, que utilizan diesel como combustible, principalmente del tipo auto sedan y station wagon. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EPA 94, TIER I y/o EURO IV. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos con año de fabricación igual o superior al 2006.

- ***Vehículos de alquiler catalíticos tipo 1.*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan gasolina como combustible. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO I, EURO II EPA83, EPA91 y/o TIER 0. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación se encuentre entre los años 1993 y 2005.
- ***Vehículos de alquiler catalíticos tipo 2*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan gasolina como combustible. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape y cumplen con normativa equivalente a la TIER I norteamericana o la Euro III europea. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación sea igual o posterior al año 2006.
- ***Vehículos de alquiler No catalíticos.*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan que no cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. No cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- ***Vehículos de alquiler Otros*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar vehículos con tecnología híbrida o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- ***Vehículos de Alquiler a Gas.*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP).
- ***Vehículos de Alquiler Diesel Tipo 1.*** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan diesel como combustible. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a TIER 0. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación sea anterior al 2005.

- **Vehículos de Alquiler Diesel Tipo 2.** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan diesel como combustible. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO III. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos con año de fabricación 2005.
- **Vehículos de Alquiler Diesel Tipo 3.** Corresponden a vehículos de alquiler tipo taxis básicos, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan diesel como combustible. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EPA 94, TIER I y/o EURO IV. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos con año de fabricación igual o superior al 2006.
- **Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 1.** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, de uso particular o comerciales y que funcionan con combustible gasolina, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón y que cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO I, EURO II EPA83, EPA91 y/o TIER 0. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación se encuentre entre los años 1993 y 2005.
- **Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 2.** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, de uso particular o comerciales y que funcionan con combustible gasolina, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón y cumplen con normativa equivalente a la TIER I norteamericana o la Euro III europea. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación sea igual o posterior al año 2006.
- **Vehículos Comerciales No catalíticos.** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible gasolina, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón y que no cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. Estos no cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- **Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1.** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, de uso particular o comerciales y que funcionan con

combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a TIER 0. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación sea anterior al 2005.

- ***Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, de uso particular o comerciales y que funcionan con combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO III. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos con año de fabricación 2005.
- ***Vehículos Comerciales Diesel Tipo 3.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, de uso particular o comerciales y que funcionan con combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO III. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos con año de fabricación 2005.
- ***Vehículos Comerciales Otros*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar vehículos con tecnología híbrida o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- ***Vehículos Comerciales a Gas.*** Corresponden a los vehículos livianos de pasajeros o carga liviana, privados o comerciales y que funcionan con combustible diesel, principalmente del tipo jeep, camioneta o furgón que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP).
- ***Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1.*** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape y funcionan con combustible gasolina. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO I, EURO II EPA83, EPA91

y/o TIER 0. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación se encuentre entre los años 1993 y 2005.

- **Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 2.** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo. Que cuenten con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape y que utilizan gasolina como combustible. Cumplen con normativa equivalente a la TIER I norteamericana o la Euro III europea. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación sea igual o posterior al año 2006.
- **Taxis Colectivos No catalíticos.** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo que no cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. No cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.
- **Taxis Colectivos a Gas** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo que utilizan como combustible Gas Natural Comprimido (GNC) o Gas Licuado de Petróleo (GLP). Estos vehículos cumplen con la normativa EPA 94 federal o Euro III.
- **Taxis Colectivos Otros** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo que no caen dentro de las alternativas anteriores. Esta categoría, dependiendo del tipo de modelación requerida, puede ser utilizada en la metodología, por ejemplo, para evaluar vehículos con tecnología híbrida o flotas especiales que necesiten ser evaluadas en forma particular.
- **Taxis Colectivos Diesel Tipo 1.** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan diesel como combustible. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a TIER 0. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos cuyo año de fabricación sea anterior al 2005.
- **Taxis Colectivos Diesel Tipo 2.** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan diesel como combustible. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EURO III. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos con año de fabricación 2005.

- **Taxis Colectivos Diesel Tipo 3.** Corresponden a los vehículos de alquiler de recorrido fijo, principalmente del tipo auto sedan, que utilizan diesel como combustible. Estos vehículos cumplen con normas de ingreso equivalentes a EPA 94, TIER I y/o EURO IV. Para este estudio se consideraran de esta categoría a todos los vehículos con año de fabricación igual o superior al 2006.
- **Motocicleta de Dos Tiempos Convencional.** Corresponden a motocicletas equipadas con motores de dos tiempos y que no cumplen ninguna norma de emisión.
- **Motocicleta de Dos Tiempos Tipo 1.** Corresponden a motocicletas equipadas con motores de dos tiempos. Estos vehículos cumplen con la normativa Euro I.
- **Motocicleta de Cuatro Tiempos Convencional.** Corresponden a motocicletas equipadas con motores de dos tiempos y que no cumplen ninguna norma de emisión.
- **Motocicleta de Cuatro Tiempos Tipo 1.** Corresponden a motocicletas equipadas con motores de dos tiempos. Estos vehículos cumplen con la normativa Euro I.

## 6. ANEXO 3 CODIGOS CCF8

CCF8	DESCRIPCION
70100101	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 1
70100102	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 3
70100103	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros no catalíticos
70100104	Vehículos livianos de pasajeros a GNC Euro 1
70100105	Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 1
70100106	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 4
70100107	Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 3
70100108	Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 4
70100109	Vehículos livianos de pasajeros híbridos
70100110	Vehículos livianos de pasajeros diesel Pre Euro
70100111	Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 5
70100201	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1
70100202	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3
70100203	Vehículos de alquiler gasolineros no catalíticos
70100204	Vehículos de alquiler a GNC Euro 1
70100205	Vehículos de alquiler diesel Euro 1
70100206	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4
70100207	Vehículos de alquiler diesel Euro 3
70100208	Vehículos de alquiler diesel Euro 4
70100209	Vehículos de alquiler híbridos
70100210	Vehículos de alquiler diesel Pre Euro
70100211	Vehículos de alquiler diesel Euro 5
70100301	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 1
70100302	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 3
70100303	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros no catalíticos
70100304	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 1
70100305	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 3
70100306	Vehículos livianos comerciales de uso particular a GNC Euro 1
70100307	Vehículos livianos comerciales de uso particular híbridos
70100312	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 4
70100313	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel sin norma
70100314	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 4
70100315	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 5
70100316	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 2
70100317	Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 2
70100401	Camiones livianos diesel sin norma

70100402	Camiones livianos diesel Euro 1
70100403	Camiones livianos diesel Euro 2
70100404	Camiones livianos diesel Euro 3
70100405	Camiones livianos diesel Euro 4
70100501	Camiones medianos diesel sin norma
70100502	Camiones medianos diesel Euro 1
70100503	Camiones medianos diesel Euro 2
70100504	Camiones medianos diesel Euro 3
70100505	Camiones medianos diesel Euro 4
70100601	Motocicletas de dos tiempos sin norma
70100602	Motocicletas de dos tiempos Euro 1
70100603	Motocicletas de cuatro tiempos sin norma
70100604	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 1
70100605	Motocicletas de dos tiempos Euro 2
70100606	Motocicletas de dos tiempos Euro 3
70100607	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 2
70100608	Motocicletas de cuatro tiempos Euro 3
70100701	Buses interurbanos diesel sin norma
70100702	Buses interurbanos diesel Euro 1
70100703	Buses interurbanos diesel Euro 2
70100704	Buses interurbanos diesel Euro 3
70100711	Buses interurbanos diesel Euro 4
70100801	Taxis colectivos gasolineros Euro 1
70100802	Taxis colectivos gasolineros Euro 3
70100803	Taxis colectivos gasolineros no catalíticos
70100804	Taxis colectivos a GNC Euro 1
70100805	Taxis colectivos diesel Euro 1
70100806	Taxis colectivos gasolineros Euro 4
70100807	Taxis colectivos diesel Euro 3
70100808	Taxis colectivos diesel Euro 4
70100809	Taxis colectivos híbridos
70100810	Taxis colectivos diesel Pre Euro
70100811	Taxis colectivos diesel Euro 5
70100901	Buses licitados urbanos diesel sin norma
70100902	Buses licitados urbanos diesel Euro 1
70100903	Buses licitados urbanos diesel Euro 2
70100904	Buses licitados urbanos diesel Euro 3
70100912	Buses licitados urbanos diesel Euro 4
70101001	Camiones pesados diesel sin norma

70101002	Camiones pesados diesel Euro 1
70101003	Camiones pesados diesel Euro 2
70101004	Camiones pesados diesel Euro 3
70101005	Camiones pesados diesel Euro 4
70101701	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 3
70101702	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 4
70101703	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70101704	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70101801	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 3
70101802	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 4
70101803	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70101804	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70101901	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 3
70101902	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 4
70101903	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70101904	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70102001	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 3
70102002	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 4
70102003	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70102004	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70102101	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 3
70102102	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 4
70102103	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70102104	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70102201	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Articulado Euro 3
70102202	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Articulado Euro 4
70102203	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Articulado Euro 3 - Con filtro
70102204	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Articulado Euro 4 - Con filtro
70102301	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Articulado Euro 3
70102302	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Articulado Euro 4

70102303	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Articulado Euro 3 - Con filtro
70102304	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Articulado Euro 4 - Con filtro
70102401	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Articulado Euro 3
70102402	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Articulado Euro 4
70102403	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Articulado Euro 3 - Con filtro
70102404	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Articulado Euro 4 - Con filtro
70102501	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Articulado Euro 3
70102502	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Articulado Euro 4
70102503	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Articulado Euro 3 - Con filtro
70102504	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Articulado Euro 4 - Con filtro
70102601	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Articulado Euro 3
70102602	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Articulado Euro 4
70102603	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Articulado Euro 3 - Con filtro
70102604	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Articulado Euro 4 - Con filtro
70102701	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 3
70102702	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 4
70102703	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70102704	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70102801	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 3
70102802	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 4
70102803	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70102804	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70102901	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 3
70102902	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 4
70102903	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 3 - Con filtro

70102904	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70103001	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 3
70103002	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 4
70103003	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70103004	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70103101	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 3
70103102	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 4
70103103	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70103104	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70103201	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 3
70103202	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 4
70103203	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70103204	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70103301	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 3
70103302	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 4
70103303	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70103304	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70103401	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 3
70103402	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 4
70103403	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70103404	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70103501	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 3
70103502	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro

	4
70103503	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70103504	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70103601	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 3
70103602	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 4
70103603	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 3 - Con filtro
70103604	Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 4 - Con filtro
70103701	Buses rurales diesel sin norma
70103702	Buses rurales diesel Euro 1
70103703	Buses rurales diesel Euro 2
70103704	Buses rurales diesel Euro 3
70103705	Buses rurales diesel Euro 4
70103801	Buses particulares e institucionales diesel sin norma
70103802	Buses particulares e institucionales diesel Euro 1
70103803	Buses particulares e institucionales diesel Euro 2
70103804	Buses particulares e institucionales diesel Euro 3
70103805	Buses particulares e institucionales diesel Euro 4
70103901	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros no catalíticos
70103902	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 1
70103903	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 3
70103904	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 4
70103905	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel sin norma
70103906	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1
70103907	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 3
70103908	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 4
70103909	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 5
70103910	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas a GNC Euro 1
70103911	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas híbridos
70103912	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 2
70103913	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2
70104001	Vehículos Medianos gasolineros Euro 1
70104002	Vehículos Medianos gasolineros Euro 3
70104003	Vehículos Medianos gasolineros no catalíticos
70104004	Vehículos Medianos diesel Euro 1
70104005	Vehículos Medianos diesel Euro 3

70104006	Vehículos Medianos a GNC Euro 1
70104007	Vehículos Medianos híbridos
70104008	Vehículos Medianos gasolineros Euro 4
70104009	Vehículos Medianos diesel sin norma
70104010	Vehículos Medianos diesel Euro 4
70104011	Vehículos Medianos diesel Euro 5
70104012	Vehículos Medianos gasolineros Euro 2
70104013	Vehículos Medianos diesel Euro 2

## 7. REFERENCIAS

- Referencia 1:** *IPCC 2006, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 1, Orientación general y generación de informes*
- Reference2:** *Omstedt et. al. 2005. A model for vehicle-induced non-tailpipe emissions of particles along Swedish roads. Atmospheric Environment, 2005-06-037.*
- Referencia 3:** *AP 42, US Environmental Protection Agency, Fifth Edition. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>*
- Referencia 4:** *"ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AIRE PARA MP-10 EN TOCOPILLA", desarrollado por DICTUC S.A. para CONAMA II Región de Antofagasta, el año 2006 y en el cual se construyó un inventario 2005 para la zona de estudio.*
- Referencia 5:** *"ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA 2005", desarrollado por DICTUC S.A. para CONAMA Región Metropolitana, durante los años 2006 y 2007 y en el cual se construyó un inventario 2005 para la zona de estudio.*
- Referencia 6:** *"ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LAS COMUNAS DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS", desarrollado por DICTUC S.A. para CONAMA Región de la Araucanía, el año 2007 y en el cual se construyó un inventario 2005 para la zona de estudio.*
- Referencia 7:** *"ESTUDIO DIAGNÓSTICO PLAN DE GESTIÓN CALIDAD DEL AIRE VI REGIÓN", desarrollado por DICTUC S.A. para CONAMA VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, durante el año 2007 y en el cual se construyó un inventario 2006 para la zona de estudio.*
- Referencia 8:** *"ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA MP10 EN CALAMA", desarrollado por DICTUC S.A. para CONAMA II Región de Antofagasta, durante los años 2007 y 2008 y en el cual se construyó un inventario 2006 para la zona de estudio.*
- Referencia 9:** *"INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA DE VENTANAS Y ESTIMACIÓN DE SU IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AIRE", desarrollado por DICTUC S.A. para CONAMA V Región Valparaíso, financiado por CODELCO Ventanas y AES GENER, durante los años 2007 y 2008 y en el cual se construyó un inventario 2006 para la zona de estudio.*
- Referencia 10:** *"INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS Y DEFINICION DE AREA DE INFLUENCIA DE LAS EMISIONES QUE CAUSAN EL EFECTO DE SATURACION POR PM10 EN L ACIUDAD DE TALCA" Desarrollado por AMBIOSIS S.A. para CONAMA VII Región de Maule*

*durante el año 2008 y en el cual se construyó un inventario 2006 para la zona de estudio.*

**Referencia 11:** *Documento Estimation of Emissions from Residential Wood Combustión (RWC) in Chile – Carmen Gloria Contreras.*