



**GreenLabUC**

Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A.

## **Manual para Desarrollo de Inventarios**

**Estudio solicitado por Subsecretaría del Medio Ambiente  
Licitación ID 608897-500-SE16**

**Santiago, 27 de Diciembre de 2016**

## **Equipo de Trabajo**

Luis Abdón Cifuentes Lira, Ingeniero Civil Estructural  
Ph.D. en Ingeniería y Políticas Públicas  
[lac@ing.puc.cl](mailto:lac@ing.puc.cl)

Camila Cabrera, Ingeniero Civil Industrial  
M.Sc. en Política y Regulación Ambiental  
[ccabrera@dictuc.cl](mailto:ccabrera@dictuc.cl)

Pablo Busch, Ingeniero Civil Industrial  
Especialidad Ambiental  
[pmbusch@uc.cl](mailto:pmbusch@uc.cl)

## Tabla de Contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Propósito de elaboración de un inventario de emisiones</b>	<b>3</b>
<b>3. Alcance del Manual</b>	<b>5</b>
3.1 Propósito	5
3.2 Sectores Emisores	8
3.3 Nivel de confianza de los supuestos utilizados	17
<b>4. Alcance del inventario de emisiones a desarrollar</b>	<b>20</b>
<b>5. Estimación de emisiones</b>	<b>23</b>
5.1 Estacionarias	24
5.1.1 Puntual	24
5.1.2 Areales	50
5.2 Fugitivas	84
5.2.1 Polvo resuspendido	84
5.3 Móviles	97
5.3.1 En ruta	97
5.3.2 Fuera de ruta	115
<b>6. Bibliografía</b>	<b>122</b>
<b>7. Anexos</b>	<b>126</b>
I. Cuentas Ambientales	126
I.1 Consideraciones de la Cuenta de Emisiones al Aire	130
I.2 Asignación de Fuentes Emisoras a Clasificación de Cuenta Ambiental Emisiones al Aire	132
II. Parámetros para la conversión de unidades	136
III. Descripción formulario de declaración DS <sup>o</sup> 138	138
IV. Escala de Calidad de Factores de emisión	139
IV.1 Fuentes Estacionarias	140
IV.2 Fuentes areales	145
V. Número de pasadas por tipo de cultivo	145
VI. Factores de emisión fuentes móviles: Emisiones en caliente por tubo de escape	148
VII. Categorías Vehiculares	162

VIII. Clasificación de CCFF8 ..... 168

## Lista de Tablas

Tabla 3-1 Clasificación de la fuente emisora en base a sus características propias.....	10
Tabla 3-2 Clasificación de la fuente emisora en base a su sector económico y uso .....	11
Tabla 3-3 Estructura general propuesta en base a las características de la fuente emisora .....	12
Tabla 3-4 Estructura general propuesta en base al sector económico de la fuente emisora .....	13
Tabla 3-5 Estructuración del sector móviles.....	15
Tabla 3-6 Clasificación cualitativa de la calidad de los datos y calidad del factor de emisión propuesto por la EPA .....	18
Tabla 5-1 Valores de PCS y Fd por combustible.....	27
Tabla 5-2 Factores de emisión: Calderas [kg/kg comb.].....	29
Tabla 5-3 Factores de emisión contaminantes climáticos: Calderas [kg/kg comb] .....	30
Tabla 5-4 Eficiencia de remoción típica de distintos equipos de control utilizados en calderas .	30
Tabla 5-5 Eficiencias de remoción típica para centrales Termoeléctricas.....	31
Tabla 5-6 Factores de emisión- Horno [kg/kg comb.] .....	32
Tabla 5-7 Factores de emisión: Horno artesanal [kg/ton].....	33
Tabla 5-8 Factores de emisión: Incinerador [kg/ton residuo] .....	34
Tabla 5-9 Factores de emisión contaminantes climáticos: Incineración de residuos [kg/ton residuo] .....	34
Tabla 5-10 Factores de emisión: Incineración de residuos [kg/ton residuo] .....	35
Tabla 5-11 Factores de emisión contaminantes climáticos: Incineración de residuos [kg/ton residuo] .....	35
Tabla 5-12 Factores de emisión: Turbina [kg/kg comb.] .....	36
Tabla 5-13 Factores de emisión: Grupos electrógenos .....	38
Tabla 5-14 Factores de Emisión: Proceso - Industria Alimentaria y Agropecuaria - Procesamiento de granos [kg/ton] .....	39
Tabla 5-15 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de hormigón [kg/ton].....	40
Tabla 5-16 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de productos cerámicos [kg/ton] .....	41
Tabla 5-17 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Producción de ladrillos [kg/ton].....	41
Tabla 5-18 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Producción de vidrios y fritas [kg/ton] .....	42
Tabla 5-19 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Producción primaria de cobre [kg/ton] .....	43
Tabla 5-20 Factores de emisión: Proceso- Industria de madera y papel - Aserraderos y fabricación de madera [kg/ton].....	44
Tabla 5-21 Factores de emisión: Proceso- Industria de madera y papel - Fabricación de papel [kg/ton] .....	45

Tabla 5-22 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de aluminio [kg/ton] .....	46
Tabla 5-23 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de zinc [kg/ton] .....	47
Tabla 5-24 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de cobre y bronce [kg/ton] .....	47
Tabla 5-25 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de hierro y acero [kg/ton].....	48
Tabla 5-26 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de plomo [kg/ton] .....	48
Tabla 5-27 Factores de emisión: Proceso- Industria Química- Industria petroquímica- Refinación petróleo [kg/m <sup>3</sup> ] .....	49
Tabla 5-28 Factores de emisión: Proceso- Industria Química- Industria petroquímica- Procesamiento de gas [kg/m <sup>3</sup> ].....	49
Tabla 5-29 Factores de emisión: Industria Química- Industria petroquímica- CH <sub>4</sub> y COV .....	50
Tabla 5-30 Factor de emisión: Rellenos sanitarios- Quema en antorcha [kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ] .....	51
Tabla 5-31 Factores de Emisión de MP10 para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]... 53	53
Tabla 5-32 Factores de Emisión de MP2.5* para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]53	53
Tabla 5-33 Factores de Emisión de CO para combustión residencial a leña [gr/kg de leña] .....	54
Tabla 5-34 Factores de Emisión de NOx para combustión residencial a leña [gr/kg de leña] ....	54
Tabla 5-35 Factores de Emisión de SO2 para combustión residencial a leña [gr/kg de leña].....	54
Tabla 5-36 Factores de Emisión de COVs para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]... 55	55
Tabla 5-37 Factores de Emisión de HAPs para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]... 55	55
Tabla 5-38 Fracción de CN en MP2.5 para artefactos de combustión residencial a leña .....	55
Tabla 5-39 Factores de emisión: Calefactor – Otros combustibles .....	56
Tabla 5-40 Factor de emisión: Cigarros [mg/cigarro] .....	60
Tabla 5-41 Factor de emisión: Incendios de vehículos [kg/siniestro] .....	61
Tabla 5-42 Factores de emisión: Incendios forestales [kg/kg materia quemada] .....	62
Tabla 5-43 Factores de emisión contaminantes climáticos: Incendios forestales [kg/kg materia quemada].....	62
Tabla 5-44 Carga orgánica por tipo de bosque [ton/ha] .....	62
Tabla 5-45 Factores de emisión: Incendios Urbanos.....	63
Tabla 5-46 Factor de emisión: Restoranes- Parrillas y Asadurías [g/kg carne] .....	64
Tabla 5-47 Factores de emisión: Quemadas Agrícolas y Forestales [ton/ton materia quemada] ... 66	66
Tabla 5-48 Factores de emisión contaminantes climáticos - de emisión: Quemadas Agrícolas..... 66	66
Tabla 5-49 Cruce entre clases de cultivos indicados por CONAF y tipos de cultivos para factores de emisión.....	67
Tabla 5-50 Factores de emisión: Aplicación de fertilizantes [kg/ ton N aplicado] .....	69
Tabla 5-51 Contenido de nitrógeno por tipo de fertilizante .....	69
Tabla 5-52 Factor de emisión: Aplicación de pesticidas [kg COV/ton].....	71
Tabla 5-53 Factor de emisión: Artes gráficas [kg/hab-año].....	72
Tabla 5-54 Valores a utilizar para estimar emisiones por llenado de combustible.....	73

Tabla 5-55 Valores para el factor de saturación según modo de llenado .....	74
Tabla 5-56 Factor de emisión de COV- Distribución de combustibles [ton/m <sup>3</sup> ] .....	74
Tabla 5-57 Factores de emisión: Evaporativas de NH <sub>3</sub> .....	75
Tabla 5-58 Proporción de animales perros y gatos según tipo de zona [mascotas/ 1,000 hab] .	75
Tabla 5-59 Factores a utilizar para estimar emisiones de crianza de animales .....	77
Tabla 5-60 Factores de emisión: Uso de Solventes –Residencial [kg/hab-año] .....	79
Tabla 5-61 Factor de emisión: Pintura - Residencial [kg/m <sup>3</sup> ] .....	80
Tabla 5-62 Parámetros de modelación de LandGEM .....	82
Tabla 5-63 MCF Recomendados por tecnología de tratamiento .....	83
Tabla 5-64 Factores de emisión: Fugitivas – Producción de áridos – Extracción en el frente [kg/ton]	87
.....	87
Tabla 5-65 Factores de emisión MP10: Fugitivas – Producción de áridos – Chancado [kg/ton] .	88
Tabla 5-66 Factores de emisión MP10: Fugitivas – Producción de áridos – Clasificación [kg/ton]	89
.....	89
Tabla 5-67 Factores de emisión: Fugitivas – Producción de áridos – Tamizado [kg/ton] .....	89
Tabla 5-68 Factores de emisión: Construcción – Construcción de caminos [kg/m <sup>2</sup> -mes] .....	90
Tabla 5-69 Superficie [m <sup>2</sup> ] por km de camino construido .....	90
Tabla 5-70 Factores de emisión: Construcción – Construcción de edificios [kg/m <sup>2</sup> -mes] .....	91
Tabla 5-71 Contenido de material fino según flujo vehicular [g/m <sup>2</sup> ] .....	94
Tabla 5-72 Peso promedio por tipo de vehículo [ton].....	95
Tabla 5-73 Factores de emisión por desgaste de frenos y neumáticos [gr/km] .....	96
Tabla 5-74 Factores de emisión: Transporte – Tren [gr/km-veh].....	97
Tabla 5-75 Información y fuentes de información requeridas por MODEM según metodología	99
Tabla 5-76 Contaminantes considerados en MODEM.....	101
Tabla 5-77 Contaminantes considerados por metodología y tipo de emisión.....	102
Tabla 5-78 Deterioro anual para vehículos livianos.....	104
Tabla 5-79 Deterioro anual para camiones .....	104
Tabla 5-80 Concentración media de mercurio en combustibles [ppb o ug/kg] .....	105
Tabla 5-81 Desagregación de categorías vehiculares a incluir en MODEM .....	108
Tabla 5-82 Fracción BC/MP2.5 por categoría vehicular .....	111
Tabla 5-83 Kilómetros recorridos anuales por tipo de vehículo [km/veh].....	112
Tabla 5-84 Velocidad promedio por tipo de vehículo [km/h] .....	113
Tabla 5-85 Factores de emisión para emisiones por partidas en frío y evaporativas [ton/vehículo]	114
.....	114
Tabla 5-86 Factores de emisión de equipos nuevos: Maquinaria Fuera de ruta [g/kW-hr] .....	117
Tabla 5-87 Factor empírico “A” del factor de deterioro.....	119
Tabla 5-88 Vida media para maquinaria fuera de ruta según rango de potencia.....	119
Tabla 5-89 Factores de Ajuste transiente .....	120
Tabla 5-90 Factor de carga y horas de funcionamientos anuales por tipo de maquinaria .....	121
Tabla 7-1 Cuadro general de oferta y utilización en unidades físicas .....	129
Tabla 7-2 Asignación general de Fuentes Emisoras para la Elaboración de Cuentas Ambientales	133
de Emisiones a la Atmosfera.....	133

Tabla 7-3 Asignación específica de Fuentes Emisoras para la Elaboración de Cuentas Ambientales de Emisiones a la Atmosfera.....	134
Tabla 7-4 Densidad y poder calorífico de distintos combustibles .....	137
Tabla 7-5 Densidad y poder calorífico de la leña .....	137
Tabla 7-6 Escala de calidad: Calderas .....	140
Tabla 7-7 Escala de Calidad:Turbina .....	140
Tabla 7-8 Escala de Calidad: Grupos electrógenos .....	141
Tabla 7-9 Escala de Calidad: Incinerador .....	141
Tabla 7-10 Escala de Calidad: Proceso - Industria Alimentaria y Agropecuaria - Procesamiento de granos.....	141
Tabla 7-11 Escala de Calidad: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de hormigón.....	142
Tabla 7-12 Escala de Calidad: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de productos cerámicos.....	142
Tabla 7-13 Escala de Calidad: Horno artesanal.....	142
Tabla 7-14 Escala de Calidad: Proceso- Industria de productos minerales- Producción primaria de cobre .....	142
Tabla 7-15 Escala de Calidad: Proceso- Industria de madera y papel - Aserraderos y fabricación de madera .....	143
Tabla 7-16 Escala de Calidad: Proceso- Industria de madera y papel - Fabricación de papel....	143
Tabla 7-17 Escala de Calidad: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de zinc..	143
Tabla 7-18 Escala de Calidad: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de cobre y bronce .....	143
Tabla 7-19 Escala de Calidad: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de hierro y acero .....	144
Tabla 7-20 Escala de Calidad: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de plomo .....	144
Tabla 7-21 Escala de Calidad: Proceso- Industria química- Industria petroquímica- Refinación de petróleo.....	144
Tabla 7-22 de Calidad: Proceso- Industria química- Industria petroquímica- Procesamiento de gas .....	144
Tabla 7-23 Escala de Calidad: Calderas de calefacción .....	144
Tabla 7-24 Escala de calidad: Aplicación de fertilizantes .....	145
Tabla 7-25 Escala de calidad: Calefactor- Otros combustibles .....	145
Tabla 7-26 Número de pasadas por tipo de cultivo.....	145
Tabla 7-27 Factores de emisión para vehículos livianos particulares y de alquiler [gr/km] .....	148
Tabla 7-28 Factores de emisión para vehículos livianos comerciales [gr/km] .....	150
Tabla 7-29 Factores de emisión para motocicletas [gr/km] .....	152
Tabla 7-30 Factores de emisión para camiones livianos, medianos y pesados [gr/km] .....	153
Tabla 7-31 Factores de emisión buses urbanos e interurbanos [gr/km].....	157
Tabla 7-32 Categorías Vehiculares CCF6.....	162
Tabla 7-33 Categorías Tecnológicas CCF 8.....	163



Tabla 7-34 Clasificación de categorías vehiculares CCFF8.....	169
---	-----

## Lista de Figuras

Figura 3-1 Cuenta de Emisiones al Aire (toneladas).....	7
Figura 4-1 Diagrama de decisión de inclusión de fuentes.....	21
Figura 5-1 Esquema de la metodología MODEM.....	100
Figura 5-2 Archivo de salida generado por MODEM: Emisiones por comuna y CCFF8.....	109
Figura 7-1 Frontera de producción de la economía y flujos físicos.....	127
Figura 7-2 Cuenta de Emisiones al Aire (toneladas).....	131

## Acrónimos y Abreviaturas

### Instituciones

CARB:	Agencia de Protección Ambiental de California
CDEC-SIC:	Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema- Sistema Interconectado Central
CDEC-SING:	Centro de Despacho Económico de Carga del Sistema- Sistema Interconectado Norte Grande
CIREN:	Centro de Información de Recursos Naturales
CNE:	Comisión Nacional de Energía
CONAF:	Corporación Nacional Forestal
EPA:	Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas
INIA:	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
IPCC:	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
MINSAL:	Ministerio de Salud
MINVU:	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MOP:	Ministerio de Obras Públicas
MTT:	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
OCDE:	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
ODEPA:	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
RETC:	Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes
SEC:	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SECTRA:	Secretaría de Planificación de Transporte
SERNAGEOMIN:	Servicio Nacional de Minería y Geología
SERVIU:	Servicios de Vivienda y Urbanización
SISS:	Superintendencia de Servicios Sanitarios

### Programas y Estudios

PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
--------	--

### Países

EE.UU:	Estados Unidos de América
UE:	Unión Europea

### Monedas

CLP:	Pesos de Chile
EUR:	Euros
MXN:	Pesos de México

USD: Dólares de Estados Unidos

## Abreviaturas

AGIES:	Análisis General del Impacto Económico y Social
BNE:	Balance Nacional de Energía
CCVC:	Contaminantes climáticos de vida corta
DBO:	Demanda bioquímica de oxígeno
FE:	Factores de Emisión
FEC:	Factores Emisión-Concentración
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
MODEC:	Modelo de valoración económica de los cambios de Emisiones/Concentraciones debido al transporte, desarrollado por SECTRA
MODEM:	Modelo de emisiones vehiculares de SECTRA
PPDA:	Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental
RCA:	Resolución de Calificación Ambiental
SIC:	Sistema Interconectado Central
SING:	Sistema Interconectado del Norte Grande
VKT:	Vehículos kilómetros totales

## Contaminantes

PTS:	Partículas Totales Suspendidas. También puede ser llamado MP, haciendo referencia al material particulado total
MP10:	Material Particulado menor a 10 micrómetros o grueso
MP2.5:	Material Particulado menor a 2.5 micrómetros o fino
CO:	Monóxido de Carbono
NOx:	Óxido de Nitrógeno
SO <sub>2</sub> :	Dióxido de Azufre
SOx:	Óxido de Azufre
COV:	Compuestos Orgánicos Volátiles
NH <sub>3</sub> :	Amoníaco
Hg:	Mercurio
CO <sub>2</sub> :	Dióxido de Carbono
CH <sub>4</sub> :	Metano
CN:	Carbono Negro
Pb:	Plomo
As:	Arsénico

## Prefijos

T :	Tera (10 <sup>12</sup> )
G:	Giga (10 <sup>9</sup> )

M: Mega ( $10^6$ )  
K: Kilo ( $10^3$ )  
m: Mili ( $10^{-3}$ )  
 $\mu$ : Micro ( $10^{-6}$ )  
n: Nano ( $10^{-9}$ )

### **Unidades Básicas**

A: Ampere (Corriente eléctrica)  
m: Metro (Longitud)  
Kg: Kilogramo (Masa)  
S: Segundo (Tiempo)  
°C: Celsius (Temperatura)

### **Unidades Derivadas**

$m^2$ : Metro cuadrado  $m^2$  (Superficie o área)  
 $m^3$ : Metro cúbico (Volumen)  
m/s : Metro por segundo (Velocidad)  
 $m/s^2$ : Metro por segundo al cuadrado (Aceleración)  
J: Joule (Energía, Trabajo)  
W: Watt (Potencia)

## 1. Introducción

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado del diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como de la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa (DS N°8 /2010 MMA).

La política ambiental tiene por objetivo atender y resolver los problemas "ambientales" que tanto el gobierno como la ciudadanía consideran prioritarios. El Departamento de Economía Ambiental (DEA) del MMA, tiene dentro de sus funciones asesorar al Ministro del Medio Ambiente en la elaboración de presupuestos ambientales sectoriales, promoviendo su coherencia con la política pública ambiental, y en el desarrollo de instrumentos económicos para la gestión ambiental y la sustentabilidad. En atención a este mandato, el DEA está comprometido con la generación de herramientas económicas e información ambiental que permitan el diseño, evaluación e implementación eficiente de políticas públicas impulsadas por el Ministerio, aportando estratégicamente a la toma de decisiones y promoviendo la transversalidad de los tres pilares del desarrollo sustentable.

Actualmente, el DEA desarrolla un programa de Evaluación de Ambiental de Políticas Públicas, cuyo objetivo central es apoyar la gestión del Ministerio con información relevante respecto a su intervención pública y así perfeccionar el desarrollo e implementación de políticas futuras. Dentro de sus objetivos específicos se encuentran: i) Elaborar y consensuar metodologías de análisis que permitan una mejor evaluación de la política ambiental, y ii) Evaluar el impacto, eficiencia, y efectos distributivos de la política pública ambiental tanto exante como expost para proponer mejoras para futuras implementaciones.

Por otra parte, el MMA tiene la obligación de elaborar Cuentas Ambientales. Para ello elaboró una propuesta de Plan Nacional de Cuentas Ambientales (PNCA) para el periodo 2016-2018. Este entrega un plan estratégico de desarrollo de un Sistema Integrado de Cuentas Ambientales, Ecosistémicas y Económicas (SICAEE) para Chile, que incorpora las recomendaciones más recientes de Naciones Unidas abarcando el Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas (SCAE)<sup>1</sup> y de Cuentas Ecosistémicas Experimentales (SCAE-CEE) y conectado con el marco central del Sistema de Cuentas nacionales (SCN).

---

<sup>1</sup> El Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas (SCAE) 2012, el cual fue adoptado por la Comisión Estadística de las Naciones Unidas como estándar internacional en su cuadragésima tercera sesión, en 2012, entrega los lineamientos para el desarrollo de cuentas ambientales.

El SCAE comprende conceptos, definiciones, clasificaciones, reglas contables y tablas para la producción de estadísticas comparables a nivel internacional sobre el medio ambiente y su relación con la economía. En este sentido, el SCAE corresponde a una cuenta satélite del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN), es decir, reordena parte de la información contenida en el SCN a la vez que introduce elementos adicionales. El Marco Central del SCAE se organiza alrededor de tres ámbitos: (i) cuantificación y monetización de stock de activos naturales (i.e. forestales, pesqueros e hídricos), (ii) cuantificación y monetización de flujos entre el medio ambiente y la economía (i.e.

El PNCA propone que el MMA elabore en el periodo 2016-2018 cuatro tipos de cuentas pilotos o provisionarias. Estas serán: cuentas de emisiones al aire, cuentas de bosques y uso del suelo, cuentas de gasto de protección ambiental y una cuenta experimental de ecosistemas específica.

Para elaborar las cuentas ambientales se requiere el procesamiento de los datos básicos para llegar a la información analítica y contable a publicar, considerando varias etapas de validación, consistencia e imputaciones. En la medida que la información efectiva tenga una representación significativa en el universo, las estimaciones resultantes serán más sólidas o robustas. Los procesos de validación y consistencia, surgen por la falta de exhaustividad de los datos proporcionados por las empresas informantes. Se trata de reconstruir un cuadro completo a partir de información fragmentada. Es un proceso bottom up, donde la base de información presenta vacíos que se deben ir llenando en forma sucesivamente agregada, hasta completar una estimación del universo de los flujos (en este caso las emisiones al aire totales).

Debido a lo anterior, la elaboración de cuentas ambientales de emisiones al aire requiere contar con información de los registros (Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC) e inventarios de emisiones al máximo nivel de detalle disponible (i.e.: establecimiento) y con campos que permitan clasificarlos correctamente de acuerdo a la metodología del SCAE, siendo clave la clasificación por sector o actividad económica (Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU)), para así poder realizar una expansión de la muestra y contar con una estimación exhaustiva y robusta del universo total de emisiones (inventario nacional).

Acorde con los objetivos señalados, el MMA, a través del trabajo desarrollado por el equipo de GreenlabUC, Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A. ha desarrollado el presente documento correspondiente a una guía para la elaboración de inventarios de emisión que permita así que los distintos inventarios desarrollados interna o externamente sean consistentes y comparables entre sí.

La Sección 2 describe todos los posibles objetivos para los cuales se puede desarrollar un inventario, estableciendo así, que dependiendo del alcance y objetivos de este, los inventarios de emisiones pueden ser muy distintos entre sí. La Sección 3 establece cual es el alcance del presente manual, definiendo cual es el propósito para el cual es desarrollada la metodología, los sectores emisores y contaminantes a considerar como también el nivel de confianza de los supuestos utilizados. Finalmente, la Sección 4 presenta la metodología para elaborar el inventario de emisiones y estima el nivel de emisión de las fuentes emisoras considerando detallando en su método los factores de emisión a utilizar como también la metodología para estimar los niveles de actividad.

---

contaminantes del aire y el agua) y (iii) estimación de gastos relacionados con el medio ambiente. A su vez, cada uno de los ámbitos agrupa una serie de cuentas que evidencia el amplio alcance del SCAE. La estrecha vinculación metodológica del SCAE con el Sistema de Cuentas Nacionales 2008 (SCN) permite generar indicadores ambientales en un contexto económico y, en consecuencia, más accesible a un público diverso.

## 2. Propósito de elaboración de un inventario de emisiones

Antes de elaborar un inventario de emisiones, se debe definir claramente cuáles son los elementos a incluir en este (Ine-Sermanat, 2005). Esta definición debería realizarse de manera coordinada y explícita entre el elaborador y los usuarios del inventario, para así asegurar la congruencia y evitar trabajo innecesario. Dentro de los aspectos a definir entre ambas partes se destacan:

- Uso futuro del inventario de emisiones
- Nivel de detalle o desagregación
- Presupuesto
- Plazos de realización
- Escala espacial
- Escala temporal
- Contaminantes a incluir
- Sectores a considerar

Los posibles usos de un inventario de emisiones son:

- Realizar estudios de modelación para estimar el efecto de la emisión en la concentración ambiental
- Estimar las variaciones de emisiones en distintos periodos temporales
- Determinar tendencias en las emisiones
- Determinar qué sectores cumplen con las normas de emisión establecidas
- Estimar las diferencias de emisiones entre distintas ciudades
- Identificar sectores con mayor potencial de reducción
- Documentar el nivel de emisiones de una ciudad o zona en cierto año
- Estimar efectividad de medidas de reducción aplicadas en PDAs
- Insumo para cuentas ambientales

Se debe mencionar que los propósitos del inventario de emisiones determinan el nivel de detalle, características, enfoque de estimación y uso de recursos de un inventario de emisiones, como también, la manera en que se presentan los resultados de este. Por ejemplo, un inventario realizado con el propósito de identificar sectores con mayores emisiones tiene un nivel de agregación mayor a un inventario realizado con el propósito de modelación de la dispersión de contaminantes; por lo tanto los elementos contenidos y el nivel de profundización serán muy distintos entre ambos. Así también lo serán los recursos destinados a la elaboración del inventario y los plazos para su realización.

También es importante que un inventario de emisiones defina y explicita claramente el propósito para el cual fue realizado, para así evitar su uso incorrecto. Un inventario de emisiones no debería utilizarse para modelación si el propósito de este era solo estimar de manera agregada las

emisiones de una ciudad. Definir el propósito, también ayuda a planificar y seleccionar los elementos a incluir en el inventario.



## 3. Alcance del Manual

### 3.1 Propósito

Como se describió en la Sección 2, definir el propósito y el alcance de la elaboración de un inventario es clave. El presente documento, en términos generales, no se encuentra focalizado en que el inventario desarrollado sirva como insumo a estudios de modelación para estimar el efecto de la emisión en la concentración ambiental ya que para esto se requiere que las fuentes emisoras y sus respectivas emisiones se encuentren localizadas y adicionalmente se requeriría una resolución temporal de emisiones mayor (i.e. hora, día). No obstante, inventarios desarrollados siguiendo la metodología presentada en el presente documento, pueden ser utilizados como insumo para estimar de manera simple el efecto en la concentración ambiental, mediante el uso de un Factor Emisión Concentración (FEC) de la zona.

Dicho esto, el presente documento “Manual de Elaboración de Inventario” responde principalmente a los siguientes usos:

- Estimar las variaciones de emisiones en distintos periodos temporales
- Determinar tendencias en las emisiones
- Identificar contribución relativa de sectores y su potencial de reducción
- Documentar el nivel de emisiones de una ciudad o zona en cierto año
- Verificar que las fuentes de emisión cumplan con las normas de emisión establecidas, en caso de existir
- Identificar sectores con mayor potencial de reducción
- Estimar efectividad de medidas de reducción aplicadas
- Estimar de manera simple el efecto de las emisiones en la concentración ambiental
- Insumo cuentas ambientales

Esto implica que el uso de este manual tiene como objetivo el desarrollo de inventarios utilizados en el diseño de políticas públicas que busquen reducir la contaminación atmosférica de diferentes localidades del territorio nacional y de esta forma ser un insumo clave para el desarrollo de los Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) y el diseño de los Planes de Prevención y Descontaminación de las ciudades de Chile que se encuentren en nivel de latencia o saturación.

El método presentado en este manual también da respuesta a la responsabilidad del Ministerio de Medio Ambiente de elaborar la Cuenta Ambiental de Emisiones al Aire, siendo clave la clasificación por sector o actividad económica según código CIU (Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIU)). Por lo mismo, a lo largo del presente documento se tiene especial consideración la necesidad de mantener, presentar y trabajar las bases de datos generadas, con la información de emisiones según código CIU, cuando aplique, para que después esta información sea fácilmente incorporada a la Cuenta de Emisiones al Aire. El Anexo I presenta una descripción de las cuentas ambientales en general y en específico, de la Cuenta Ambiental de

Emisiones al Aire, mientras que el Anexo I.2 entrega una orientación de como asignar cada una de las fuentes emisoras que se abordaran en el presente documento a las necesidades generadas en la elaboración de la cuenta ambiental de emisiones al aire. A su vez, a lo largo de la Sección 5, para cada una de las fuentes en la que se presenta metodología para utilizar un factor de emisión o establecer el nivel de actividad, se presenta una tabla resumen en la cual se indica como asignar esta fuente a la Cuenta Ambiental de Emisiones al Aire.

La forma de presentar los resultados dependerá del propósito del inventario. En el presente documento se propone trabajar las fuentes y sectores emisores bajo una clasificación dinámica que es descrita en detalle en la Sección 3.2. La ventaja de una clasificación dinámica es que permite presentar el inventario de diferentes formas, dependiendo del objetivo de uso que tenga el inventario.

Así por ejemplo, se puede establecer que para ser utilizados en políticas públicas y toma de decisiones, es común y esperable que exista presentación de resultados de las siguientes formas:

**Indispensables**

1. Por tipo de fuente (para revisar los cálculos)
2. Por sector (para asignar responsabilidades y tomar medidas)

**Opcionales**

1. Por tipo de emisión
3. Por combustible

A su vez, para el uso en Cuenta Ambiental de Emisiones al Aire, se espera un reporte como el presentado en la siguiente figura.

Figura 3-1 Cuenta de Emisiones al Aire (toneladas)

Tipo de sustancias	Cuadro de oferta de emisiones al aire										Cuadro de utilización de emisiones al aire	
	Generación de emisiones									Acumulación	Flujos al ambiente	
	Industrias –Según CIU					Hogares			Emisiones de vertederos	Oferta total de emisiones	Emisiones descargadas al ambiente	Utilización total de emisiones
Agricultura CIU A	Minería CIU B	Manufacturas CIU C	Transportes CIU H	Otras	Transporte	Calefacción	Otras					
Dióxido de carbono	10 610,3	2 602,2	41 434,4	27 957,0	82 402,4	18 920,5	17 542,2	1 949,1	701,6	204 119,6	204 119,6	204 119,6
Metano	492,0	34,1	15,8	0,8	21,9	2,4	15,5	1,7	222,0	806,3	806,3	806,3
Óxido nitroso	23,7		3,5	0,8	2,6	1,0	0,2	0,1	0,1	32,0	32,0	32,0
Óxidos nitrosos	69,4	6,0	37,9	259,5	89,0	38,0	12,1	1,3	0,3	513,6	513,6	513,6
Hidrofluorocarburos			0,3		0,4					0,7	0,7	0,7
Perfluorocarburos												
Hexafloruro de azufre												
Monóxido de carbono	41,0	2,5	123,8	46,2	66,2	329,1	51,2	5,7	1,1	666,9	666,9	666,9
Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano	5,2	6,5	40,0	16,4	27,2	34,5	29,4	3,2	0,9	163,3	163,3	163,3
Dióxido de azufre	2,7	0,4	28,0	62,4	8,1	0,4	0,4	0,1	0,0	102,5	102,5	102,5
Amoniaco	107,9		1,7	0,2	0,9	2,3	11,4	1,2	0,2	125,9	125,9	125,9
Metales pesados												
Contaminantes orgánicos persistentes												
Partículas (incluso PM10 y polvo)	7,0	0,1	8,5	9,3	4,4	6,0	2,8	0,5	0,0	38,5	38,5	38,5

Fuente: SCAE (2012)

Dado que un inventario elaborado siguiendo el presente manual será utilizado para diversos objetivos, como puede ser la toma de decisiones en políticas públicas como establecer normas de emisión, diseño de planes de descontaminación, elaboración de AGIES, utilizado como insumo en la elaboración de la cuenta ambiental de emisiones al aire, como también podría utilizarse con otros objetivos, es relevante que la información sea levantada y trabajada con un nivel de detalle importante (ver Sección 3.2 para el detalle de clasificación de los sectores emisores) para que así el tomador de decisión pueda analizar y utilizar los resultados desde diferentes aristas.

## 3.2 Sectores Emisores

La forma en que se desarrollan los cálculos de las emisiones y presentan los resultados de un inventario de emisiones es de suma importancia para un trabajo eficiente y claridad al presentar resultados. La forma en que se clasifican las diferentes fuentes emisoras que componen un inventario de emisiones determina la estructura de este.

La estructura de un inventario de emisiones no define cuales fuentes incluir (eso lo define el alcance), pero si puede facilitar el cálculo de las emisiones y la presentación de resultados. En este manual se propone una estructura dinámica que permite visualizar y analizar de distintas maneras las emisiones del inventario. A continuación, se detalla esta estructuración propuesta.

Cada fuente emisora puede ser clasificada de acuerdo a las características de su emisión y de acuerdo su sector económico, las cuales pueden entenderse como dos dimensiones independientes:

- **Características de la fuente emisora:** Tipo de equipo, tipo de emisión, combustible que usa, tipo fuente (i.e. estacionaria, móvil, etc.)
- **El sector o actividad económica en que se usa la fuente:** industria, residencial, transporte, etc.

La clasificación usada tradicionalmente en los inventarios de emisiones de contaminantes locales combina las características de la fuente y el sector económico al que pertenece. Algunos ejemplos:

- Una caldera de gas natural se subclasifica generalmente en caldera de calefacción y caldera industrial. La fuente (el equipo) es exactamente la misma, lo único que cambia es el sector en que se usa, además del combustible y otras características de la fuente, que depende solo del equipo.
- Los vehículos se clasifican en livianos, medianos y taxis (vehículos comerciales). La fuente emisora es exactamente la misma, el uso es lo único que cambia; el combustible y el estándar son una característica de la fuente, no del uso que se les dé, y pueden variar independiente del uso del vehículo.

Esta combinación de características de las fuentes con el sector tiene razones prácticas. Probablemente las calderas de calefacción usan un cierto tipo de combustible, y las industriales otro. También puede ser más fácil estimar el nivel de actividad (kilómetros recorridos por año) de los vehículos cuando se separan en vehículos particulares y taxis, y estos a su vez se pueden separar en básicos y colectivos. Pero el factor de emisión de una caldera, o de un vehículo (considerando por supuesto su edad y estándar), es independiente del sector o modo en que se use.

La emisión de una fuente se estima a partir de dos parámetros: su factor de emisión (FE, emisión unitaria por un cierto nivel de actividad), y su nivel de actividad (NA). Podemos afirmar, en general, que el factor de emisión depende solo de las características de la fuente, y que el nivel de actividad en cambio está relacionado fuertemente con el sector al que pertenece la fuente.

Esto nos lleva a proponer una estructura dinámica, en que todas las fuentes se clasifican de acuerdo a sus dos características fundamentales: características de la fuente, y sector al que pertenece, en forma independiente. La combinación de ambas características define completamente la clasificación de la fuente.

La ventaja de esta clasificación en dos dimensiones independientes es que se puede abordar la estimación del Factor de Emisión (FE) y del Nivel de Actividad (NA) en forma más general:

- El FE se obtiene para cada fuente, independiente de su uso. Por ejemplo, para todas las calderas de GN o Diésel se utiliza el mismo factor de emisión, independiente de que se usen en el sector industrial o residencial.
- El NA se obtiene para cada tipo de fuente, independiente de la fuente particular. Por ejemplo, se estima el NA para todas las calderas residenciales, independiente de que sean fuentes de GN o Diésel.

De esta manera se simplifica el cálculo de las emisiones, ya que se reduce el número de fuentes para las cuales es necesario estimar el FE o calcular el NA.

Se propone así, clasificar las fuentes emisoras según las siguientes características particulares de la fuente (ver Tabla 3-1) y de su sector económico (ver Tabla 3-2).

En las tablas presentadas, también se indica si la clasificación es requerida (obligatorio clasificar cada fuente en esta categoría) u opcional; y si en caso de ser requerido se incide si los valores posibles son exhaustivos (se refiere a que la fuente tiene que ser clasificada en los valores posibles definidos en este manual, ver columna de valores posibles) o no (la fuente puede no clasificarse según dicha variable).

Tabla 3-1 Clasificación de la fuente emisora en base a sus características propias

Nombre	Descripción	Condiciones	Valores Posibles
<b>Tipo</b>	El tipo de fuente según su locación (movilidad)	Requerido, Exhaustiva	{Estacionaria, Móvil, Fugitiva}
<b>Subtipo</b>	El subtipo de la fuente, de acuerdo a su característica	Requerido, Exhaustivo	Depende del tipo, para estacionaria: puntual o areal, para móvil: en ruta o fuera de ruta
<b>Tipo de Fuente</b>	La fuente específica que produce efectivamente las emisiones. Sus valores dependen del tipo	Requerido No exhaustivo	Estacionarias: caldera, proceso, turbina, motor, etc. Móviles: motocicleta, auto, camión, bus, maquinaria, etc.
<b>Estándar</b>	El estándar o norma de emisión que cumple la fuente. Se aplica principalmente a fuentes móviles	Opcional	Móviles: {Euro N, sin Norma, pre Euro}
<b>Combustible</b>	El combustible que usa la fuente.	Requerido, Exhaustivo	{Todos los combustibles}
<b>Tipo Emisión</b>	El tipo de proceso por medio del cual se produce la emisión	Requerido, Exhaustiva	{combustión, combustión interna, evaporativa, proceso, proceso biológico, polvo resuspendido}
<b>Fuente específica</b>	Una descripción libre, pero única, de la fuente, lo más concisa posible.	Opcional	Libre, algunos ejemplos: horno de cal, chimenea, salamandra, camiones livianos, etc.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2 Clasificación de la fuente emisora en base a su sector económico y uso

Nombre	Descripción	Condiciones	Valores posibles
<b>Sector</b>	El sector económico al que pertenece la fuente	Requerido, Exhaustiva	{Industria, CPR, Transporte}
<b>Subsector</b>	El subsector económico al que pertenece la fuente	Opcional	Depende del sector; por ejemplo para industria: agrícola, salud, disposición de residuos, etc... Para CPR: comercial, publico, etc...
<b>Uso</b>	El uso que corresponde la fuente	Opcional	{particular, comercial, industrial}
<b>Localización</b>	La localización donde opera la fuente	Opcional	Transporte: Urbano, Rural, Interurbano, Fuera de Ruta
<b>Sector específico</b>	Una descripción libre, pero única del sector, lo más concisa posible.	Opcional	Libre, algunos ejemplos: Panaderías, fabricación de hormigón y manejo de áridos, construcción de caminos, etc...

Fuente: Elaboración propia

La estructura dinámica del inventario de emisiones en base a estas clasificaciones se presenta a continuación, mostrando la clasificación de las fuentes emisoras en base al características de la fuente (ver Tabla 3-3) y en base a su sector económico (ver Tabla 3-4).

**Tabla 3-3 Estructura general propuesta en base a las características de la fuente emisora**

Tipo	Subtipo	Tipo Emisión	Fuente
Estacionarias	Puntual	Combustión	Caldera
			Horno
			Horno artesanal
			Incinerador
			Quema abierta
		Combustión interna	Turbina
	Grupo electrógeno		
	Proceso	Proceso	
	Areales	Combustión	Antorcha
			Calefactor
			Cigarros
			Parrillas y Asadurías
			Incendios de Vehículos
			Incendios Forestales
			Incendios Urbanos
			Quemas agrícolas
		Evaporativa	Aplicación de fertilizantes
			Aplicación de pesticidas
			Crianza de animales
			Aplicación de asfalto
Artes gráficas			
Proceso			
Proceso biológico	Fugas de GLP		
	Uso de solventes		
Fugitivas	Fugitivas	Polvo resuspendido	Pintura
			Descomposición de residuos orgánicos
			Carga y descarga
			Erosión eólica
			Preparación de terrenos
			Tránsito sitios industriales
			Proceso
			Calles
			Desgaste de frenos y neumáticos
			Tren
Móviles	En ruta	Combustión interna	Buses
			Camiones
			Motocicletas
			Vehículos
	Fuera de Ruta		Maquinaria

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 3-4 Estructura general propuesta en base al sector económico de la fuente emisora**

Sector	SubSector	Tipo Emisión	Fuente	
Industria	Aeropuerto	Combustión interna	Maquinaria	
		Combustión	Quemas agrícolas	
	Agrícola	Combustión interna	Maquinaria	
		Evaporativa	Aplicación de fertilizantes	
			Aplicación de pesticidas	
			Crianza de animales	
	Polvo resuspendido	Preparación de terrenos		
	Construcción	Combustión interna	Maquinaria	
		Evaporativa	Aplicación de asfalto	
		Polvo resuspendido	Proceso	
	Disposición de residuos	Combustión	Antorcha	
			Incinerador	
	Quema abierta			
	Proceso biológico	Descomposición de residuos orgánicos		
		Industria alimentaria y agropecuaria	Combustión	Horno
	Industria de productos minerales	Industria alimentaria y agropecuaria	Proceso	Proceso
			Combustión	Horno
		Industria de productos minerales	Combustión	Horno artesanal
				Proceso
			Proceso	Proceso
		Polvo resuspendido	Proceso	
			Erosión eólica	
		Industria de madera y el papel	Proceso	Proceso
		Industria metalúrgica secundaria	Proceso	Proceso
		Industria química	Proceso	Proceso
	Marítimo	Combustión interna	Maquinaria	
		Polvo resuspendido	Carga y descarga	
	Minería	Combustión interna	Maquinaria	
		Polvo resuspendido	Proceso	
			Erosión eólica	
Salud	Combustión	Incinerador		
Termoeléctricas	Combustión	Caldera		
		Turbina		
	Combustión interna	Caldera		
		Maquinaria		
CPR	Comercial	Combustión	Grupo electrógeno	
		Polvo resuspendido	Tránsito sitios industriales	
		Combustión	Caldera	

Sector	SubSector	Tipo Emisión	Fuente
		Evaporativa	Parrillas y Asadurías
			Artes gráficas
			Proceso
			Fugas de GLP
			Uso de solventes
	Residencial	Combustión	Caldera
			Calefactor
			Cigarros
		Evaporativa	Proceso
			Fugas de GLP
Incendios	Combustión	Incendios de Vehículos	
		Incendios Forestales	
		Incendios Urbanos	
Transporte	Transporte carga	Combustión interna	Camiones
	Transporte pasajeros		Buses
			Motocicletas
			Vehículos
		Polvo resuspendido	Calles no pavimentadas
			Calles pavimentadas
			Desgaste de frenos y neumáticos
Tren			

Fuente: Elaboración propia

Ambas estructuraciones mostradas permiten presentar los resultados de distintas maneras: agregados por fuente emisora o por sector económico y así mismo, pueden utilizarse sus resultados con distintos objetivos incluyendo las necesidades para la elaboración de cuenta ambiental de emisiones aire. El Anexo 1.2 entrega una orientación de como asignar cada una de las fuentes emisoras que se abordaran en el presente documento a las necesidades generadas en la elaboración de la cuenta ambiental de emisiones al aire. A su vez, a lo largo de la Sección 5, para cada una de las fuentes en la que se presenta metodología para utilizar un factor de emisión o establecer el nivel de actividad, se presenta una tabla resumen en la cual se indica como asignar esta fuente a la Cuenta Ambiental de Emisiones al Aire.

Dado que la metodología para fuentes móviles se basa principalmente en el uso de MODEM (ver Sección 5.3.1), la clasificación del inventario es compatible con la clasificación CCFF8 (presentada en el anexo VII), que es la que utiliza MODEM para reportar emisiones. La estructura general de móviles se presenta en la Tabla 3-5, y la clasificación CCFF8 se presenta en la Tabla 7-33, en anexos.

**Tabla 3-5 Estructuración del sector móviles**

Subtipo	Tipo Emisión	Fuente	Sector	SubSector	Uso	Combustible	Localización	Estándar
En ruta	Combustión interna	Buses	Transporte	Transporte pasajeros	Comercial	Diésel	Interurbano	Euro 1
								Euro 2
								Euro 3
								Euro 4
								Sin norma
					Rural		Euro 1	
							Euro 2	
							Euro 3	
							Euro 4	
							Sin norma	
		Licitados		Urbano	Euro 3			
					Euro 1			
					Euro 2			
					Euro 3			
					Euro 4			
		Sin norma						
		Particular			Euro 1			
					Euro 2			
					Euro 3			
					Euro 4			
Sin norma								
Camiones		Euro 1						
		Euro 2						
		Euro 3						
		Euro 4						
		Sin norma						
Motocicletas		Euro 1						
		Euro 2						
		Euro 3						
		Sin norma						
		Euro 1						
Vehículos		Transporte pasajeros	Comercial	Diésel	Euro 2			
					Euro 3			
					Euro 3			
					Euro 4			
					Euro 4			

Subtipo	Tipo Emisión	Fuente	Sector	SubSector	Uso	Combustible	Localización	Estándar
						Gasolina		Euro 5
								pre Euro
								Sin norma
						Euro 1		
						Euro 2		
						Euro 3		
					Euro 4			
					No catalíticos			
					Euro 1			
					Híbridos			
					Euro 1			
					Euro 2			
					Euro 3			
					Euro 4			
Euro 5								
pre Euro								
Sin norma								
Euro 1								
Euro 2								
Euro 3								
Euro 4								
No catalíticos								
Euro 1								
Híbridos								
Fuera de Ruta		Maquinaria	Industria	Aeropuerto	Industrial			
				Agrícola				
				Construcción	Industrial			
				Marítimo				
				Minería				

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Nivel de confianza de los supuestos utilizados

El fin de reportar la validez de la información utilizada en un inventario de emisiones es valorar cualitativamente el nivel de confianza de la emisión calculada. De esta manera, usuarios que utilicen como input las emisiones pueden conocer, como primera aproximación y de manera rápida, la confiabilidad de los datos de entrada que utilizarán.

El manual de factores de emisión AP42, desarrollado por la EPA (EPA-AP42, 1995), contiene un código de clasificación para la validez de los factores de emisión que entrega. Este código clasifica la validez de un factor de emisión en una escala alfabética, utilizando A para indicar la mayor validez y E la menor.

La clasificación se basa principalmente en dos aspectos:

- Calidad de los datos utilizados para la obtención del factor de emisión
- Habilidad del factor de emisión para ser representativo a escala nacional de su actividad en particular

La calidad de los datos depende también de la metodología empleada para su obtención. La representatividad del factor de emisión y la calidad de los datos utilizados para su obtención determinan la calidad del factor, así como la cantidad de estudios o trabajos en los que ha sido validado. De manera simple, un factor desarrollado con una buena metodología científica para la recolección de datos y validado en diferentes plantas o instalaciones con operaciones reales, tendrá mejor nota que un factor desarrollado con datos agregados y validados en una sola instalación.

La clasificación dada por el AP42 se presenta a continuación:

Tabla 3-6 Clasificación cualitativa de la calidad de los datos y calidad del factor de emisión propuesto por la EPA

Escala	Calidad de los datos	Calidad del factor de emisión
<b>A</b>	Tests se realizan con metodología científica establecida y presentan suficientes detalles para su validación	<b>Excelente:</b> El factor fue desarrollado con datos de escala A o B y ha sido validado en una población lo suficientemente grande para minimizar la varianza
<b>B</b>	Tests se realizan con una metodología general, y no presentan suficientes detalles para su validación	<b>Sobre el promedio:</b> El factor fue desarrollado con datos de escala A o B, pero la población no es lo suficientemente grande o homogénea
<b>C</b>	Tests se realizan con una metodología sin validación o los datos se presentan de manera muy general	<b>Promedio:</b> El factor fue desarrollado con datos de escala A ,B o C; pero la población no es lo suficientemente grande o homogénea
<b>D</b>	Tests se realizan con un método sin validez, pero que sirve para dar un orden de magnitud al valor	<b>Mala:</b> El factor fue desarrollado con datos de escala A ,B o C; y la validez fue realizada en una población baja y sesgada
<b>E</b>	-	<b>Pobre:</b> El factor fue desarrollado con datos de escala C o D, y la validez fue realizada en una población baja y sesgada

Fuente: Elaboración propia en base a (EPA-AP42, 1995)

Se propone diseñar una escala para valorar cualitativamente la calidad de los datos utilizados en un inventario de emisiones. En la elaboración de un inventario de emisiones se debiera clasificar la validez de los datos de cada sector en base a esta escala, e indicarlo en una tabla resumen junto con la presentación de resultados.

Para clasificar validez de los factores de emisión, se propone una escala similar a la considerada por la AP42, pero que considere además una clasificación aparte para factores de emisión estimados directamente en el estudio o a nivel nacional.

Para clasificar el nivel de actividad, se propone una escala según el nivel de agregación de los datos (top-down o bottom-up) y la confianza de la fuente, donde información presentada por organismos oficiales del gobierno tiene mayor confiabilidad que declaración de los titulares. En el desarrollo de la metodología para estimar los niveles de actividad de cada fuente, en caso de que exista más de un método, se considera que el primer método presentado posee un nivel de confianza mayor que los otros.

En todo inventario de emisiones se deben presentar los factores de emisión y niveles de actividad utilizados<sup>2</sup>, esto con el fin de que los resultados del inventario sean reproducibles. Esta información debe ser adecuadamente citada, con referencias completas, indicando no solo el

<sup>2</sup> Se pueden incluir en el cuerpo principal, anexos o citar correctamente otro estudio, en caso que la información se utilice sin modificaciones por el consultor.

nombre del estudio y año de publicación, sino presentando información que permita llegar directamente a la fuente de información, como página, tabla o capítulo de donde se extrajeron los datos. Un buen ejemplo de cómo citar adecuadamente se da en este documento, cuando se presentan factores de emisión, junto a su fuente de información (ver Sección 5, estimación de emisiones). Además, en todo inventario de emisiones se debe mencionar explícitamente los supuestos utilizados para la obtención de factores de emisión o niveles de actividad calculados por el consultor, en caso de corresponder. Se debe tener en consideración que el criterio mínimo de validez es que los cálculos para la obtención de ciertos factores o nivel de actividad deben ser reproducibles por una tercera parte.

Al momento de reportar información de niveles de actividad o factores de emisión utilizados es buena práctica reportar la incertidumbre de estos, si es que se identifica por el autor del inventario o por el estudio de donde se obtiene.

## 4. Alcance del inventario de emisiones a desarrollar

Al comenzar a elaborar un inventario de emisiones se debe determinar que fuentes emisoras y contaminantes a incluir.

Respecto a qué contaminantes se deben incluir esto es respuesta directa al objetivo o propósito para el cual se está desarrollando el inventario (i.e. normas de emisión y/o calidad, planes de descontaminación, cuentas ambientales, cambio climático, etc.) como también respuesta a las fuentes emisoras existentes en la zona. Esto implica que los contaminantes considerados dependerán de la existencia o inexistencia de la fuente que lo emite y no de una decisión particular del consultor o tomador de decisión que está elaborando el inventario. La inclusión o no inclusión de los contaminantes climáticos y/o los contaminantes climáticos de vida corta podría depender del objetivo para el cual se elabora el inventario, pero este manual considera que su inclusión es una buena práctica y la recomienda en todo inventario de emisiones.

De todas maneras es posible listar algunas probabilidades de encuentro de contaminantes en la elaboración de un inventario de emisiones debido a que muchas veces se sabe a priori el tipo de fuentes que se encuentran en las zonas evaluadas.

- En zonas con una alta actividad minera e industrial se encontrará presencia de contaminantes tóxicos provenientes de metales pesados como Arsénico, Mercurio y Plomo (por ejemplo zonas como Huasco, Calama, Andacollo y Quintero/Ventanas)
- En zonas con una alta actividad minera e industria se encontrará presencia del contaminante PTS/MP.
- En zonas industriales con una baja participación de actividad residencial, contaminantes como el CO, COV y NH<sub>3</sub> tendrán una presencia relativamente baja.
- En cualquier zona evaluada, los contaminantes MP10, MP2.5, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> tendrán una participación relevante.

Cabe destacar que la inclusión de algún contaminante en particular en el inventario también puede ser respuesta a una acción de “inmisión”, en donde por ejemplo, a partir de un análisis de filtros de un monitor de contaminantes se identifica la presencia de algún contaminante específico que justifica un análisis en profundidad de las posibles fuentes que pueden estar emitiendo dicho contaminante. Esto también se podría activar por ejemplo, por un análisis del muestreo de sangre de la población que pueda encontrar algún componente anómalo que podría estar explicado por la emisión de algún contaminante al aire.

Respecto a las fuentes emisoras, se deben considerar todas las identificadas en el presente documento (sección 5) justificando de manera adecuada la no inclusión de alguna de ellas.



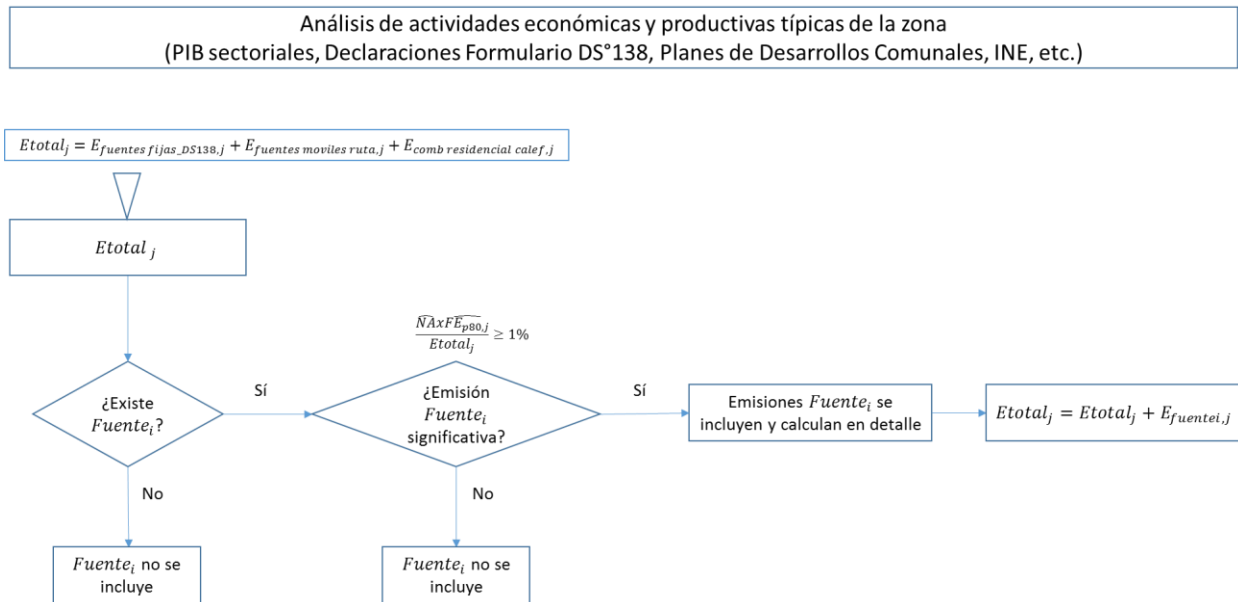
A continuación se presenta un flujo de decisión para justificar la inclusión o no inclusión de una fuente en particular y posteriormente criterios para definir si la emisión de dicha fuente es o no significativa para ser incluida en la elaboración del inventario.

Se debe tener en consideración que:

- Siempre se deben estimar las emisiones asociadas a las fuentes fijas provenientes de la información declarada en la Ventanilla Única del RETC (Formulario de declaración DS°138)
- Siempre se deben estimar las emisiones asociadas fuentes móviles en ruta
- Siempre se deben estimar las emisiones asociadas a combustión residencial para calefacción

Para todas las otras fuentes de emisión, el criterio de inclusión o no inclusión se presenta en la Figura 4-1.

**Figura 4-1 Diagrama de decisión de inclusión de fuentes**



Fuente: Elaboración propia

En primera instancia se considera como emisión total del contaminante j las emisiones de las fuentes listadas anteriormente, que siempre deben ser incluidas. Luego se debe identificar, en base al análisis de las actividades económicas y productivas de la zona, la existencia o inexistencia cada fuente i no obligatoria. En caso de no existir, no se incluye; mientras que si existe, se debe analizar su significancia en términos de emisión comparándola con la primera aproximación a la emisión total del contaminante j. En este paso se debe realizar una estimación del nivel de actividad de esta fuente en términos agregados y aproximados y utilizar el factor de emisión

correspondiente. En caso de que existan diferentes factores de emisión, se debe considerar un factor de emisión alto (i.e. percentil 80). Si la participación en emisiones de cualquier contaminante  $j$  de la fuente  $i$  es mayor o igual al 1% respecto a la emisión total del mismo contaminante  $j$ , esta fuente debe incluirse en el inventario y debe calcularse con el nivel de detalle adecuado. En caso de que no lo sea, esta fuente  $i$  no se considera significativa y no se incluye en el análisis.

En la siguiente sección se presenta la metodología específica para la estimación de emisiones de cada fuente emisora. La metodología de cada fuente se considera con un nivel de detalle adecuado para incluirse en un inventario de emisiones.

## 5. Estimación de emisiones

La ecuación general para la estimación de emisiones es:

$$Emisiones = FE * NA * (1 - EA)$$

Donde:

- FE : Factor de emisión
- NA: Nivel de actividad
- EA: Eficiencia de abatimiento (%)<sup>3</sup>

Como se mencionó anteriormente, por lo general el FE está relacionado a las características de emisión de la fuente, mientras que el NA se relaciona con el sector económico. Se debe tener en cuenta que las unidades del factor de emisión y del nivel de actividad deben coincidir<sup>4</sup> para un adecuado cálculo de las emisiones. Para una adecuada conversión de unidades, se puede consultar el Anexo II, donde se presentan parámetros de conversión de distintos combustibles.

Para un inventario cuyo fin es su uso para políticas públicas y toma de decisiones, basta que la temporalidad del nivel de actividad sea anual. Se indican las fuentes donde es necesario mayor detalle para el cálculo de emisiones, o donde es necesario que el consultor deba reportar el nivel de actividad por mes.

En este manual se presenta con detalle la metodología de cada fuente emisora, donde se dan recomendaciones de factores de emisión a utilizar y fuentes de información para la obtención de los niveles de actividad. También se explica de manera general el origen de las emisiones del sector.

Para el caso de las eficiencias de abatimiento, se entregan valores por defecto de distintos equipos de control, solo si corresponde y la información está disponible. Se debe tener en consideración que los factores de emisión extraídos del manual de la EPA (EPA-AP42, 1995) y presentados en este informe corresponden a tecnologías sin equipos de control. Como la información manejada por el elaborador del inventario no siempre incluye el detalle de los equipos de control, se optó por un enfoque conservador que podría sobreestimar las emisiones en caso de que la fuente posea alguna tecnología de abatimiento de emisiones. Si el elaborador del inventario tiene información detallada de los equipos de control, debe utilizar los factores de emisión con equipos de control incorporados. Estos se pueden consultar en la referencia del factor de emisión, la cual se presenta con detalle en cada sección.

---

<sup>3</sup> En caso de que la fuente de emisión cuente con algún sistema de abatimiento de emisiones que no esté considerado en el factor de emisión utilizado.

<sup>4</sup> Por ejemplo, si el factor de emisión de una caldera se expresa en kg CO<sub>2</sub>/kg gas natural, el nivel de actividad debe estar expresado en kg.

Se decidió estructurar las secciones del manual en base a las características de la fuente (ver Tabla 3-3), ya que de esta manera se pueden presentar de forma general los factores de emisión a utilizar por fuente emisora. Para el caso del nivel de actividad, las recomendaciones de fuentes de información se desglosan por sector, si corresponde. La sección 5.2 de fuentes fugitivas se desglosa por sector, ya que este es relevante en la estimación de emisiones. La metodología de la sección 5.3 se presenta por subtipo (en ruta y fuera de ruta), ya que la metodología no distingue por fuente específica emisora.

Para facilitar la lectura del manual y su uso como guía de elaboración de un inventario al comienzo de cada sección se presenta un cuadro resumen indicando su ubicación en la estructura (definida en la sección 3.2). Así también, en la sección de cada fuente emisora se agregó una tabla resumen indicando el sector económico, uso, combustibles, su CIU (rev.4, en caso de aplicar) y su asignación a cuentas ambientales.

## 5.1 Estacionarias

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipos</b>	Puntual y Areales

Las fuentes estacionarias corresponden a emisiones de fuentes fijas en el espacio, y se subdivide en fuentes puntuales para emisiones concentradas en un solo punto, como chimeneas, y fuentes areales para emisiones concentradas en una determinada área geográfica, como estufas a leña distribuidas en una comuna.

### 5.1.1 Puntual

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipo</b>	Puntual
<b>Tipo Emisión</b>	Combustión, Combustión interna y Proceso

La categoría puntual considera emisiones fijas en el espacio, donde se conoce con relativa exactitud la ubicación de cada fuente emisora. Ejemplos de fuentes puntuales son las chimeneas de industria o calderas industriales. Por lo general, las fuentes estacionarias puntuales deben declarar su nivel de actividad a través del D.S. 138, lo que permite identificar rápidamente su CIU y su nivel de actividad. Para una descripción más detallada del formulario D.S. 138 declarado por los titulares, puede consultarse el anexo III.

Las fuentes emisoras puntuales se subdividen por tipo de emisión: por combustión, combustión interna y procesos industriales principalmente.

### 5.1.1.1 Combustión

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipo</b>	Puntual
<b>Tipo Emisión</b>	Combustión
<b>Fuentes</b>	Caldera, Horno, Horno artesanal, Incinerador, Quema abierta

Se detalla a continuación cada fuente emisora puntual de combustión. Todas las emisiones se producen por combustión en distintos artefactos, como hornos, incineradores y calderas.

#### 5.1.1.1.1 Caldera

Fuente	Caldera
<b>Sector</b>	Industria y CPR
<b>Subsector</b>	Termoeléctricas (Industria) <sup>5</sup> , Comercial (CPR) y Residencial (CPR)
<b>Uso</b>	Industrial, comercial y particular
<b>CIIU (rev. 4)</b>	D (Termoeléctricas), otros dependen de lo declarado por los titulares en el D.S. 138
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Puntual-Industrias-Otras (Termoeléctricas) y otras fuentes se asignan en base a su CIIU

Las emisiones de calderas se producen al quemar combustible en calderas para distintas actividades, ya sea industriales, comerciales o residenciales.

Dado que las calderas son fuentes de emisiones relevantes a nivel nacional, se presenta una metodología para estimar sus emisiones con mayor detalle. Esta metodología es en base a mediciones isocinéticas reportadas por los titulares. En caso de no contar con esta información, el consultor puede estimar las emisiones mediante el uso de factores de emisión; los cuales se presentan más adelante.

#### Metodología en base a mediciones isocinéticas

<sup>5</sup> Se debe tener en consideración que existen calderas del sector industria sin clasificación de subsector, es decir, no todas las calderas del sector industria corresponden al subsector termoeléctricas.

Esta metodología fue la utilizada en el estudio de norma de emisión para calderas<sup>6</sup>, la cual se basó en la metodología recomendada por la EPA (EPA, n.d.). La estimación de las emisiones se realiza con la siguiente ecuación:

$$Em_{i,j} \left[ \frac{ton}{año} \right] = \frac{Nivel\ de\ Actividad_i \left[ \frac{hrs}{año} \right] * Caudal\ de\ salida_i \left[ \frac{m^3}{hr} \right] * Concentracion_{i,j} \left[ \frac{mg}{m^3} \right]}{10^9 \left[ \frac{mg}{ton} \right]}$$

Donde i es cada fuente y j corresponde a cada contaminante considerado.

Para calcular las emisiones se deben contar con estimaciones para el Nivel de Actividad, para el Caudal de Salida de los gases y para la Concentración de los contaminantes en los gases de salida.

El consumo energético se puede estimar a partir del consumo declarado por los titulares al D.S. 138. En caso de requerir conversión de unidades, se deben utilizar las densidades y poderes caloríficos presentados en el anexo II.

El nivel de actividad corresponde a las horas de operación de la fuente, las cuales se pueden encontrar para calderas en bases de datos consolidadas en RETC<sup>7</sup>.

La estimación del caudal de salida se realiza en base a la potencia térmica de la fuente, la cual se estima a partir de la tasa de consumo energético que expresa el consumo energético por hora de la fuente, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Tasa\ de\ Consumo\ Energía\ (TCE) \left[ \frac{KJ}{h} \right] = Consumo\ horario \left[ \frac{kg}{h} \right] \cdot PCI \left[ \frac{KJ}{kg} \right]$$

A su vez el consumo horario se calcula como el cociente entre “Nivel de actividad” y “Horas fuente”, cuidando de que quede expresado en las unidades que permitan realizar la estimación correcta de la potencia aparente.

Con la potencia térmica asignada es posible estimar un caudal de acuerdo a la siguiente ecuación:

<sup>6</sup> “ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE LA NORMA NACIONAL DE CALDERAS Y PROCESOS DE COMBUSTIÓN (HORNOS DE VIDRIO Y CEMENTERAS)”, solicitado por la Subsecretaría del Medio Ambiente.

<sup>7</sup> ATS y SISTAM realizaron un trabajo de consolidación de bases de datos de calderas, la cual debe consultarse su disponibilidad en la zona de interés.

$$Q_e \left[ \frac{dsm^{38}}{h} \right] = F_d \left[ \frac{dsm^3}{MWh} \right] \cdot \frac{20.9\%}{20.9\% - O_2\%} \cdot \text{Potencia Termica Asignada} \left[ \frac{KJ}{h} \right]$$

El primer término ( $F_d$ ) corresponde al volumen de los componentes de combustión por unidad de contenido calorífico, y se mide en unidades de volumen por unidad de energía. Estos dependen de la composición química de cada combustible y los valores utilizados se pueden observar en la Tabla 5-1. Por su parte, para la corrección por oxígeno ( $O_2\%$ ) se debe utilizar un 3% para combustibles líquidos y gaseosos, y un 11% para combustibles sólidos.

Tabla 5-1 Valores de PCS y  $F_d$  por combustible

Combustible	$F_d$ [dsm <sup>3</sup> /hr*MW]
Petróleo diesel	1030.3
Gas de cañería (gas de ciudad)	976.1
Gas licuado	976.1
Gas natural	976.1
Carbon bituminoso	1902.3
Kerosene	1030.3
Petroleo n°6	1030.3
Petroleo n°5	1030.3
Biomasa	1866.1
Viruta	1793.8
Biogas	976.1
Leña	1793.8
Pellets de madera	1034.5
Licor negro	1030.3

Fuente: Elaboración propia en base a datos de (ATS Energía, 2015; EPA, n.d.)

La concentración de los contaminantes en los gases de salida corresponde a muestreos isocinéticos, recopilados y presentados para calderas en RETC.

### Metodología en base a factores de emisión

Se presentan a continuación la metodología con menor detalle, la cual debe utilizarse si no se cuenta con información de mediciones isocinéticas o si en la zona de interés la actividad de calderas no es de gran relevancia.

<sup>8</sup> La unidad  $dsm^3$  significa metros cúbicos estándares secos (*dry standard* en inglés), esto significa que la medición se realizó en un volumen de gas sin presencia de humedad o agua. Las condiciones estándar son para presión de 1 atm y temperatura de 20°C.

**Factores de emisión**

Se recomienda utilizar los factores de emisión extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 1 "External Combustion Sources". Estos factores se presentan a continuación, según el tipo de combustible a utilizar en la caldera. En la Tabla 7-6 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores. Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> se obtuvieron a partir de las directrices del IPCC 2006<sup>9</sup>. El factor de emisión para el CN se obtiene de Bond et al. (2004).

---

<sup>9</sup> Volumen 2 "Energy", Tablas: 1.4, 2.2, 2.3



Tabla 5-2 Factores de emisión: Calderas [kg/kg comb.]

Combustible	PTS/MP	MP2.5	MP10	NOx	SOx	CO	COV
Gas natural, potencia mayor a 29.31 MW <sup>(a)</sup>	0.0001604	0.0001604	0.0001604	0.005909	0.0000126	0.001773	0.0001159
Gas natural, potencia menor a 29.31 MW <sup>(a)</sup>	0.0001604	0.0001604	0.0001604	0.002110	0.0000126	0.001773	0.0001159
Petróleo N°6, potencia mayor a 29.31 MW <sup>(b)</sup>	0.001165*S+ 0.0004083	0.001165*S+ 0.0004083	0.001165*S+ 0.0004083	0.005960	0.02*S	0.000634	0.000036
Petróleo N°6, potencia menor a 29.31 MW <sup>(b)</sup>	0.001165*S+ 0.0004083	0.001165*S+ 0.0004083	0.001165*S+ 0.0004083	0.006974	0.02*S	0.000634	0.000036
Diesel <sup>10 (b)</sup>	0.00028530	0.00028530	0.0002853	0.003424	0.02026*S	0.000713	0.000029
Kerosene <sup>(b)</sup>	0.0003*S	0.000036*S	0.00015	0.00148	0.02101	0.00074	0.00003
Carbón <sup>(c)</sup>	0.036287	0.00217724	0.0083461	0.009979	0.01724*S	0.000227	-
Leña <sup>(d)</sup>	0.00226473	0.001950187	0.00226473	0.003083	0.0001573	0.003774	0.000107
GLP Butano <sup>(e)</sup>	0.0001743	0.0001743	0.0001743	0.003268	0.000020*S	0.001830	-
GLP Propano <sup>(e)</sup>	0.0001525	0.0001525	0.0001525	0.002832	0.000022*S	0.001634	-

(a): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Natural Gas Combustion", Tablas 1.4-1, 1.4-2

(b): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Fuel Oil Combustion", Tablas: 1.3-1, 1.3-3, 1.3-6

(c): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Bituminous and Subbituminous Coal Combustion", Tablas: 1.1-3, 1.1-4, 1.1-6

(d): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Wood Residue Combustion in Boilers", Tablas: 1.6-1, 1.6-2, 1.6-3

(e): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Liquified Petroleum Gas Combustion", Tabla 1.5-1

S: Contenido de azufre del combustible (% \* 100)

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

<sup>10</sup> El diésel también se denomina petróleo N° 2 por el AP 42

Tabla 5-3 Factores de emisión contaminantes climáticos: Calderas [kg/kg comb]

Combustible	CO2	CH4	CN
Gas natural	2.89	0.00005149	0.00000012
Petróleo N°6	3.36	0.00013761	0.00002237
Diésel	3.38	0.00013682	0.00001495
Kerosene	3.34	0.00013933	0.000117
Carbón	2.88	0.00002929	0.00004956
Leña	1.64	0.00043932	0.00085
GLP	3.19	0.00005063	0.0000676

(IPCC, 2006a), Vol. 2 Cap. 2 Tabla 2.2 y (Bond et al., 2004)

Se debe considerar también la eficiencia de abatimiento, en caso de que existan equipos de control instalados en las calderas de combustión. Esta información puede obtenerse directamente con los titulares o consultando las RCA de los proyectos. En caso de contar con información de los equipos de control instalados, pero no de la eficiencia de operación, se pueden utilizar los siguientes valores por defecto por equipo de control:

Tabla 5-4 Eficiencia de remoción típica de distintos equipos de control utilizados en calderas

Equipo de control	Contaminante	Eficiencia típica
LNB (Low Nox Burner)	NOx	47.5%
SNCR (Selective Non-Catalytic Reduction)	NOx	45%
SCR (Selective Catalytic Reduction)	NOx	80%
LNB+SCR	NOx	91%
LNB+SNCR	NOx	69.5%
ESP (Electrostatic Precipitator)	MP10	98%
ESP (Electrostatic Precipitator)	MP2.5	95%
Filtro de Mangas	MP10	99%
Filtro de Mangas	MP2.5	99%
Wet Scrubber	SO2	95%
FGD Seco (Flue Gas Desulfurization)	SO2	90%
FGD Húmedo	SO2	90%
Combustible bajo en S	SO2	75%

Fuente: (US-EPA, 2016)

### Nivel de actividad

El consumo de combustible es el insumo básico para la estimación de emisiones, pero en caso de que el inventario sea desarrollado para una zona que contemple la implementación de un PDA o PPA, se debe reportar el nivel de actividad con mayor nivel de detalle. Para estos casos se debe incluir además la potencia de la caldera, concentración de salida de contaminantes, caudal,

sistemas de abatimiento instalados en la fuente, entre otros que puedan ser relevantes según el caso.

### **Sector Industrial y Comercial**

Para determinar el nivel de actividad se puede consultar el consumo de combustible informado por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### **Sector Industrial - Termoeléctricas**

Para el caso de las termoeléctricas, el nivel de actividad corresponde al consumo de combustible, información disponible de consumo específico por combustible y generación para cada planta en la CNE. En Chile las centrales consumen típicamente biomasa y carbón para su operación con calderas.

Es importante considerar también las tecnologías de abatimiento de cada central, las cuales pueden consultarse en el RETC, en la RCA del proyecto o directamente al titular. Se puede consultar también el AGIES de la norma de emisión para termoeléctricas, anexo III (GEOAIRE, 2010), el cual contiene información de tecnologías de control por planta actualizadas al año 2010.

Para tecnologías preventivas que pueden presentar las termoeléctricas, se pueden utilizar las eficiencias típicas presentadas en la Tabla 5-5.

**Tabla 5-5 Eficiencias de remoción típica para centrales Termoeléctricas**

<b>Contaminante</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Eficiencia</b>
<b>SO<sub>2</sub><sup>(a)</sup></b>	Inyección de caliza en lecho fluidizado	80%-90%
<b>NO<sub>x</sub><sup>(b)</sup></b>	Quemador Low NO <sub>x</sub> + Recirculación de gases (QLN-RG)	64%
<b>NO<sub>x</sub><sup>(b)</sup></b>	Recirculación de gases (RG)	60%
<b>NO<sub>x</sub><sup>(c)</sup></b>	Inyección de agua o vapor (IA V)	76%
<b>NO<sub>x</sub><sup>(d)</sup></b>	Combustión con bajo exceso de aire	10%-20%

Fuente: (a): (Banco Mundial, 2008), pg 4

(b): (U.S. Department of Energy, 2001), Tabla 5

(c): (US-EPA, 1999), Tabla 16

(d): (EPA-AP42, 1995), Cap. "External Combustion Sources", Sección "Bituminous and Subbituminous Coal Combustion"

### **Sector Residencial**

Los niveles de actividad de consumo de combustible de calderas de calefacción residencial se pueden obtener a partir de la declaración de los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138. Típicamente declaran grandes consumidores residenciales, como edificios.

#### **5.1.1.1.2 Horno**

<b>Fuente</b>	<b>Horno</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Industria alimentaria y agropecuaria, Industria de productos minerales
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIIU (rev. 4)</b>	I (Industria alimentaria y agropecuaria), C (Industria de productos minerales)
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Puntual-Industrias-Otras (Industria alimentaria y agropecuaria), Fuente Puntual-Industrias-Manufactura (Industria de productos minerales)

Las emisiones se producen por combustión en hornos utilizados en la industria, principalmente en el sector económico de panaderías y en la fabricación de productos cerámicos.

### Factores de emisión

Se pueden utilizar por defecto los siguientes factores de emisión para un horno a gas natural.

**Tabla 5-6 Factores de emisión- Horno [kg/kg comb.]**

Tipo	MP2.5	MP10	NOx	SOx	CO	COV	CN
<b>Horno a gas natural</b>	4.02E-05	4.02E-05	3.81E-03	3.45E-05	1.49E-03	1.18E-03	1.61E-06

Fuente: (a): (EMEP-EEA, 2013), Cap. "1.A.4 Small combustion", Tabla 3-8

### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad se puede consultar el consumo de combustible informado por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138. El consumo de combustible puede estar expresado en unidades de masa, volumen o energía; y se deben utilizar los parámetros de conversión de unidades presentados en la Tabla 7-4 para expresarlos de manera consistente con la unidad de su factor de emisión.

#### 5.1.1.1.3 Horno artesanal

<b>Fuente</b>	<b>Horno artesanal</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Industria de productos minerales
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIIU (rev. 4)</b>	C
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Fija-Industrias-Manufactura

Las emisiones se producen por hornos artesanales, utilizados principalmente en la producción de ladrillos.

### Factores de emisión

Se listan a continuación factores de emisión por tipo de combustible utilizado, obtenidos de la EPA AP-42. En la Tabla 7-13 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-7 Factores de emisión: Horno artesanal [kg/ton]**

Combustible	MP10	MP2.5	SOx	NOx	CO	COVs
Leña y viruta <sup>(a)</sup>	17.3	-	0.2	1.3	126.3	114.5
Carbón <sup>(b)</sup>	3.1	-	80	4.55	137.5	5

(a): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Residential Fireplaces ", Tabla 1.9-1

(b): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Bituminous And Subbituminous Coal Combustion ", Tablas: 1.1-3, 1.1-20

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad de producción de toneladas de ladrillos artesanales producidos, o en su defecto cantidad de ladrillos producidos, se puede consultar en los APL del Sector Productores Artesanales de Ladrillos<sup>11</sup>.

#### 5.1.1.1.4 Incinerador

<b>Fuente</b>	<b>Incinerador</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Salud y Disposición de residuos
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	Depende de lo declarado por los titulares en el D.S. 138
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Se asigna en base a su CIU

Las emisiones por incinerador son producto de la quema de residuos médicos o residuos municipales.

### Factores de emisión

Se recomienda utilizar los factores de emisión extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 2 "Solid Waste Disposal"; los cuales dependen del horno de incineración utilizado. En la Tabla 7-9 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

<sup>11</sup> Disponible en [http://www.cpl.cl/Acuerdos\(APL\)/apls.php?rubro=23](http://www.cpl.cl/Acuerdos(APL)/apls.php?rubro=23)

Tabla 5-8 Factores de emisión: Incinerador [kg/ton residuo]

Tipo Horno	Tipo Residuo	MP10	MP2.5	NOx	CO	SOx
Horno rotatorio con filtro de mangas <sup>(a)</sup>	Médico	1.5145	1.00889	2.63	0.0194	0.324
Horno con control de aire y filtro de mangas <sup>(b)</sup>	Médico	0.9635	0.03618	1.78	1.4800	0.422
Horno con control de aire y filtro de mangas <sup>(b)</sup>	Municipal	0.0895	0.0895	1.83	0.2320	0.715
Horno con doble cámara de combustión, filtro de mangas <sup>(b)</sup>	Municipal	0.0664	0.0664	2.51	0.9600	0.221

(a): Cap. "Solid Waste Disposal", Sección "Medical Waste Incineration", Tablas: 2.3-1, 2.3-2, 2.3-15

(b): Cap. "Solid Waste Disposal", Sección "Refuse Combustion", Tablas: 2.1-1, 2.1-3, 2.1-8, 2.1-12

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Para los contaminantes climáticos, los factores de emisión se obtuvieron de las directrices del IPCC (IPCC, 2006d), volumen "Waste", capítulo "Incineration and Open Burning of Waste". El factor de emisión para el CN se obtuvo del estudio de Bond et al. (2004). Las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen del contenido de carbono por tipo de residuo y de un factor oxidativo. Los factores de los demás contaminantes se presentan a continuación.

Tabla 5-9 Factores de emisión contaminantes climáticos: Incineración de residuos [kg/ton residuo]

Tipo	CH4	N2O	CN
Horno Batch	0.06	0.06	0.0441

Fuente: IPCC (IPCC, 2006d), vol. 5, cap. 5 y (Bond et al., 2004)

Para el caso del mercurio, se puede utilizar un factor de emisión de 0.001 kg Hg/ton de residuos incinerados, obtenido del estudio realizado por PNUMA (2005), tabla 5-162.

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a las toneladas de residuos incinerados los cuales son reportados por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138. Mediante el CIU ingresado por el titular se puede distinguir su sector económico.

#### 5.1.1.1.5 Quema abierta

<b>Fuente</b>	<b>Quema abierta</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Disposición de residuos
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	Depende de lo declarado por los titulares en el D.S. 138
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Se asigna en base a su CIU

La quema abierta de residuos genera emisiones de esta fuente.

### Factores de emisión

Se recomienda utilizar los factores de emisión extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 2 "Solid Waste Disposal".

**Tabla 5-10 Factores de emisión: Incineración de residuos [kg/ton residuo]**

Tipo Horno	MP10	MP2.5	NOx	CO	SOx
<b>Quema abierta de residuos municipales</b>	8	8	3	42	0.5

Cap. "Solid Waste Disposal", Sección "Refuse Combustion ", Tablas: 2.1-1, 2.1-3, 2.1-8, 2.1-12

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Para los contaminantes climáticos, los factores de emisión se obtuvieron de las directrices del IPCC (IPCC, 2006d), volumen "Waste", capítulo " Incineration and Open Burning of Waste". El factor de emisión para el CN se obtuvo del estudio de Bond et al. (2004). Las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen del contenido de carbono por tipo de residuo y de un factor oxidativo. Los factores de los demás contaminantes se presentan a continuación.

**Tabla 5-11 Factores de emisión contaminantes climáticos: Incineración de residuos [kg/ton residuo]**

Tipo	CH4	N2O	CN
<b>Quema abierta</b>	6.5	0.15	5.55

Fuente: IPCC (IPCC, 2006d), vol. 5, cap. 5 y (Bond et al., 2004)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a las toneladas de residuos quemadas, los cuales son reportados por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### 5.1.1.2 Combustión interna

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipo</b>	Puntual
<b>Tipo Emisión</b>	Combustión interna
<b>Fuentes</b>	Turbina, Grupo electrógeno

Se detalla a continuación cada fuente emisora puntual de combustión interna. Todas las emisiones se en equipos a combustión interna, como turbinas y grupos electrógenos.

#### 5.1.1.2.1 Turbina

<b>Fuente</b>	<b>Turbina</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Termoeléctricas
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIIU (rev. 4)</b>	D (Termoeléctricas), otros dependen de lo declarado por los titulares en el D.S. 138
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Puntual-Industrias-Otras (Termoeléctricas) y otras fuentes se asignan en base a su CIIU

Las termoeléctricas utilizan típicamente turbinas a gas natural o diésel para la generación de energía eléctrica mediante ciclos termodinámicos.

#### Factores de emisión

Se pueden utilizar los factores presentados en la Tabla 5-12. En la Tabla 7-7 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-12 Factores de emisión: Turbina [kg/kg comb.]**

Combustible	MP2.5	MP10	NOx	SOx	CO	COV	CO2	CH4	CN
Gas Natural	0.000145	0.000145	0.00702821	0.00007468	0.00180097	0.00004613	2.89	0.00005149	0.00000012
Diésel	0.000028	0.000170	0.01711793	0.00064192	0.00006419	0.00000798	3.38	0.00013682	0.00001495

Cap. "Stationary Internal Combustion Sources", Sección "Stationary Gas Turbines",  
Tablas 1.3-1, 1.3-2

Contaminatnes climaticos: (IPCC, 2006a), Vol. 2 Cap. 2 Tabla 2.2 y (Bond et al., 2004)

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

#### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde al consumo de combustible, de gas natural o diésel, información disponible de consumo específico por combustible y generación para cada planta en la CNE. Por defecto se asume que todo el gas natural y diésel consumido por termoeléctricas corresponde a



turbinas, y los demás combustibles a calderas. Es importante considerar también la tecnología de abatimiento de centrales termoeléctricas, como se explica en la sección 5.1.1.1.1.

#### **5.1.1.2.2 Grupo electrógeno**

<b>Fuente</b>	<b>Grupo electrógeno</b>
<b>Sector</b>	Depende de lo declarado por los titulares en el D.S. 138 (puede ser Industrial o CPR)
<b>Subsector</b>	Depende de lo declarado por los titulares en el D.S. 138
<b>Uso</b>	Depende de lo declarado por los titulares en el D.S. 138
<b>CIU (rev. 4)</b>	Dependen de lo declarado por los titulares en el D.S. 138
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuentes se asignan en base a su CIU

Los grupos electrógenos corresponden a motores estacionarios utilizados para la autogeneración. Dado que su uso puede ser en distintos sectores, su clasificación depende de la clasificación del titular que declara en el D.S. 138. En la RM, la declaración de equipos electrógenos al RETC es en el marco de la resolución 15,027.

#### **Factores de emisión**

Se recomienda utilizar los factores de emisión extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 3 "Stationary Internal Combustion Sources". Estos se presentan a continuación. En la Tabla 7-8 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores. Para el caso de los contaminantes climáticos, se pueden utilizar los presentados en la Tabla 5-3.

**Tabla 5-13 Factores de emisión: Grupos electrógenos**

Tipo de Combustible	MP10	MP2.5	NOx	CO	COV	SOx
Diésel, [kg/kg comb.] potencia menor a 600HP o 447 kW <sup>(a)</sup>	0.0060783	0.0060783	0.08647	0.0186271	0.0068626	0.00568616
Diésel, [kg/kg comb.] potencia mayor a 600HP o 447 kW <sup>(b)</sup>	0.0011235	0.0009392	0.06274	0.0166663	0.0016059	0.0198*S
Gas natural [kg/m3 comb.], motor a 2 tiempos con mezcla pobre <sup>(c)</sup>	0.0006452	0.0006452	0.05327	0.0064860	0.0020164	0.00000988
Gas natural [kg/m3 comb.], motor a 4 tiempos con mezcla pobre <sup>(c)</sup>	0.0000013	0.0000013	0.06856	0.0053266	0.0019828	0.00000988
Gas natural [kg/m3 comb.], motor a 4 tiempos con mezcla rica <sup>(c)</sup>	0.0001596	0.0001596	0.03713	0.0625075	0.0004974	0.00000988

(a): Cap. "Stationary Internal Combustion Sources", Sección "Gasoline And Diesel Industrial Engines", Tabla 3.3-1

(b): Cap. "Stationary Internal Combustion Sources", Sección "Large Stationary Diesel and All Stationary Dual-fuel Engines", Tabla 3.4-1

(c): Cap. "Stationary Internal Combustion Sources", Sección "Natural Gas-fired Reciprocating Engines", Tablas 3.2-2, 3.2-2, 3.2-3

S: Contenido de azufre del combustible (% \* 100)

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad se puede consultar el consumo de combustible informado por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

En caso de que en la zona de interés las emisiones de grupos electrógenos sean requeridas para evaluar una posible regulación, se requerirá que el consultor presente información más detallada del parque, como potencia y desplazamiento volumétrico por cilindro del motor.

### 5.1.1.3 Proceso

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipo</b>	Puntual
<b>Tipo Emisión</b>	Proceso
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsectores</b>	Industria alimentaria y agropecuaria, Industria de productos minerales, Industria de madera y el papel, Industria metalúrgica secundaria e Industria química

La emisión por proceso depende del proceso específico. Las fuentes estacionarias puntuales se presentan agrupadas por su subsector, para dar una mayor facilidad de lectura.

#### 5.1.1.3.1 Industria alimentaria y agropecuaria

<b>Fuente</b>	<b>Proceso</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Industria alimentaria y agropecuaria
<b>Sector específico</b>	Procesamiento de granos
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	I
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Puntual-Industrias-Otras

Las emisiones por procesamiento de granos provienen principalmente por la recepción, manipulación y molienda de estos. Este procesamiento produce emisiones de material particulado principalmente.

### Factores de emisión

Se recomienda utilizar por defecto los siguientes factores de emisión del procesamiento de granos, extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 9 "Food and Agricultural Industries". En la Tabla 7-10 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-14 Factores de Emisión: Proceso - Industria Alimentaria y Agropecuaria - Procesamiento de granos [kg/ton]**

Tipo de Fuente	MP10	MP2.5
Limpieza por vibración con ciclón <sup>(a)</sup>	0.0095	0.0016
Recepción de trigo con ciclón simple <sup>(a)</sup>	0.0295	0.005
Molino de trigo <sup>(a)</sup>	17.5	8.05

(a): Cap. "Food and Agricultural Industries", Sección "Grain Elevators & Processes",

Tablas: 9.9.1-1, 9.9.1-2

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a las toneladas de grano procesadas por los titulares, la cual es informada al MINSAL, a través del D.S. 138.

#### 5.1.1.3.2 Industria de productos minerales

Fuente	Proceso
Sector	Industria
Subsector	Industria de productos minerales
Sector específico	Fabricación de Hormigón y Manejo de áridos, Producción de vidrios y fritas, Fabricación de productos cerámicos Fabricación productos mineros no metálicos, Producción primaria de cobre, Producción de ladrillos, Fabricación de productos cerámicos
Uso	Industrial
CIU (rev. 4)	B (Producción primaria de cobre) y C (Otras)
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Puntual-Industrias-Minería (Producción primaria de cobre) y Fuente Puntual-Industrias-Manufactura (Otras)

Dado que los factores de emisión dependen de cada sector específico, la metodología se presenta desglosada por estos.

#### **Fabricación de Hormigón y Manejo de áridos**

La fabricación de hormigón y el manejo de áridos generan emisiones de material particulado, principalmente por liberación de polvo.

#### **Factores de emisión**

Se recomienda utilizar por defecto los siguientes factores de emisión, extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 11 "Mineral Products Industry". En la Tabla 7-11 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-15 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de hormigón [kg/ton]**

Tipo de Fuente	PTS/MP	MP10	MP2.5
Dosificador de Áridos y Pesa de Cemento, Arena, Graba y Gravilla <sup>(a)</sup>	0.00255	0.0012	0.000383
Arcón (transferencia de áridos a arcón, buzones y correas) <sup>(a)</sup>	0.0035	0.0017	0.00052
Silos de cemento con filtro mangas <sup>(b)</sup>	0.0055	0.0008	0.0003
Mezclador <sup>(a)</sup>	0.272	0.067	0.0093

(a):Cap. " Mineral Products Industry", Sección "Concrete Batching", Tabla 11.12-1

(b):Cap. "Mineral Products Industry", Sección "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing", Tabla 11.19.2-3

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Se puede utilizar también un factor de emisión para el mercurio de 0.003 kg Hg/ton de hormigón generado, obtenido desde el estudio realizado por el PNUMA (2005), tabla 5-79.

### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad de producción de toneladas de hormigón se puede consultar lo informado por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### Fabricación de productos cerámicos

La fabricación de productos cerámicos genera emisiones de material particulado en el secado y triturado del material, además de las emisiones producto de la combustión en el horno.

### Factores de emisión

Se recomienda utilizar por defecto los siguientes factores de emisión, extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 11 "Mineral Products Industry". En la Tabla 7-12 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-16 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de productos cerámicos [kg/ton]**

Tipo de Fuente	MP10	NOx	CO	COV
Secador <sup>(a)</sup>	1.15	-	-	-
Trituración <sup>(a)</sup>	0.6	-	-	-

(a): Cap. "Mineral Products Industry", Sección "Ceramic Clay Manufacturing", Tabla 11.7-1

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad de toneladas de cerámica o productos cerámicos fabricados se puede consultar lo informado por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### Producción de ladrillos

El secado de ladrillos genera emisiones de material particulado y gases.

### Factores de emisión

Se listan a continuación factores de emisión obtenidos de la EPA AP-42. La escala de calidad de estos factores es "E" para todos, excepto para MP2.5 que es "D".

**Tabla 5-17 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Producción de ladrillos [kg/ton]**

Tipo de Proceso	MP10	MP2.5	SOx	NOx	CO	COVs
Secado de ladrillos <sup>(a)</sup>	-	0.0385	-	0.049	0.155	0.015

(a): Cap. "Mineral Products Industry", Sección "Bricks and Related Clay Products",

Tablas: 11.3-1, 11.3-3, and 11.3-5

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad de producción de toneladas de ladrillos artesanales producidos, o en su defecto cantidad de ladrillos producidos, se puede consultar en los APL del Sector Productores Artesanales de Ladrillos<sup>12</sup>.

### Producción de vidrios y fritas

La producción de vidrios y fritas implica la fusión y moldeo del material a altas temperaturas, lo cual genera emisiones en hornos de fusión.

#### Factores de emisión

Para la obtención de los factores de emisión, se puede consultar el manual del AP42, capítulo "Mineral Products Industry", el cual presenta los siguientes factores. Para el caso del CN, este se consideró como 0.062% de las emisiones de MP2.5, de acuerdo al manual de la agencia europea (EMEP-EEA, 2013).

Tabla 5-18 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Producción de vidrios y fritas [kg/ton]

Proceso	Tipo Vidrio <sup>(a)</sup>	MP10	MP2.5	Sox	Nox	COV	CO	CN <sup>(b)</sup>
Horno de fusión	Contenedor	0.665	0.637	1.7	3.1	0.1	0.1	0.000395
	Plano	0.95	0.91	1.5	4	0.1	0.1	0.000564
	Soplado	7.98	7.644	2.8	4.3	0.2	0.1	0.004739
Formado del vidrio	Contenedor	-	-	-	-	4.4	-	-
	Plano	-	-	-	-	-	-	-
	Soplado	-	-	-	-	4.5	-	-

(a): Nombres originales en inglés: "Container", "Flat" y "Pressed and Blown"

(b): 0.062% del MP2.5, (EMEP-EEA, 2013), Cap. "2.A.3 Glass Production", Tabla 3.1

Fuente: (EPA-AP42, 1995) Cap. "Mineral Products Industry", Sección "Glass Manufacturing", Tablas: 11.15-1, 11.15-2, 11.15-3

#### Nivel de actividad

El nivel de actividad de toneladas de vidrio producido se puede obtener a partir de lo declarado por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138. Para determinar el tipo de vidrio producido, se debe revisar el rubro específico de cada titular.

### Producción primaria de Cobre

Las emisiones de dióxido de azufre se generan principalmente los procesos de fusión y conversión del mineral primario, mientras que las principales emisiones de MP se generan en los hornos eléctricos. Durante el proceso de secado se generan también emisiones de MP y SO<sub>2</sub>. Las emisiones generadas en procesos secundarios del tratamiento de cobre, como fundición y

<sup>12</sup> Disponible en [http://www.cpl.cl/Acuerdos\(APL\)/apls.php?rubro=23](http://www.cpl.cl/Acuerdos(APL)/apls.php?rubro=23)

aleación, se deben considerar en la sección 5.1.1.3.4 de metalurgia secundaria, en el sector específico de productos de cobre y bronce.

Se debe tener en cuenta que las emisiones de material particulado por acopio del material, procesos de carga y erosión eólica, corresponden a emisiones fugitivas y su metodología se detalla en la sección 5.2.

### Factores de emisión

Se recomienda utilizar por defecto los siguientes factores de emisión, extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 11 "Mineral Products Industry". En la Tabla 7-14 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-19 Factores de emisión: Proceso- Industria de productos minerales- Producción primaria de cobre [kg/ton]**

Proceso	MP10	MP2.5	SO2
Horno de reverbero	6.8	5.3	160
Convertidor	10.6	2.2	370
Tostadora de solera múltiple	6.8	5.3	140
Secado	3.7	3.45	0.5
Horno eléctrico	37	25.53	45

Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Primary Copper Smelting", Tablas: 12.3-2, 12.3-6, 12.3-8, and 12.3-12

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad de toneladas de cobre producido, se puede consultar lo informado por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138. Otra fuente de información es consultar el anuario de la minería del año base del inventario, el cual es publicado por el SERNAGEOMIN y presenta datos de producción a nivel regional de distintos minerales.

### *Fabricación de productos mineros no metálicos*

Esta categoría corresponde a la fabricación productos mineros no metálicos no incluidos en las otras categorías, como por ejemplo azufre, carbonato de calcio, cloruro de sodio o yodo. Las emisiones se pueden producir por el procesamiento del material<sup>13</sup>.

### Factores de emisión

<sup>13</sup> Horno y secado principalmente

En caso de contar con información de mineral procesado, se pueden utilizar los factores de emisión presentados en la Tabla 5-19, siempre y cuando el proceso específico se realice sobre el mineral considerado.

**Nivel de actividad**

Se puede consultar el nivel de actividad de toneladas de mineral producido según lo informado por el titular al MINSAL, a través del D.S 138.

**5.1.1.3.3 Industria de madera y el papel**

<b>Fuente</b>	<b>Proceso</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Industria de madera y papel
<b>Sector específico</b>	Aserraderos y Fabricación de madera elaborada, Fabricación de papel
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	C
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Puntual-Industrias-Manufactura

Dado que los factores de emisión dependen de cada sector específico, la metodología se presenta desglosada por estos.

**Aserraderos y fabricación de madera elaborada**

La fabricación de madera genera emisiones de material particulado asociado al corte y lijado de las maderas y emisiones de compuestos orgánicos volátiles durante el proceso de secado. La emisión depende del proceso específico de producción.

**Factores de emisión**

Se listan a continuación factores de emisión por proceso obtenidos de la EPA AP-42. En la Tabla 7-15 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-20 Factores de emisión: Proceso- Industria de madera y papel - Aserraderos y fabricación de madera [kg/ton]**

Tipo Proceso	MP10	MP2.5	CO	NOx	COV	SO2
<b>Secadores Rotatorios encendido directo<sup>(a)</sup></b>	0.345	-	0.340	0.29	0.45	-
<b>Contenedores de viruta con ciclón captación<sup>(b)</sup></b>	2.4	1.34	-	-	-	-
<b>Caldera recuperadora de procesos con kraft<sup>(c)</sup></b>	84.2	75.2	5.5	-	-	3.5

(a): Cap. "Wood Products Industry", Sección "Particleboard ", Tablas: 10.6.2-1, 10.6.2-2, 10.6.2-3

(b): Appendix B.1, página B-48



(c): Cap. "Wood Products Industry", Sección "Chemical Wood Pulping", Tablas: 10.2-1, 10.2-2

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad de toneladas de madera producida se puede consultar la producción informada por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138. Otra opción es consultar la memoria anual de las principales empresas de fabricación de madera de la zona de interés.

### Fabricación y reciclaje de papel

Las plantas de celulosa fabricadoras de papel como también la fabricación de papel reciclado, utilizan calderas industriales en sus procesos, cuyas emisiones se calcularían en base al consumo de combustible, según la metodología presentada en la sección 5.1.1.1.1. También se debe considerar que las plantas de celulosa generan emisiones por uso de hornos adicionales, que utilizan como combustible el licor negro generado como subproducto en el proceso de elaboración de la celulosa. La fabricación de papel reciclado no considera estas emisiones. Cabe considerar que la mayoría de los procesos de reciclado de papel usado se encuentran integrados en la fabricación de papel (no reciclado).

### Factores de emisión

Se listan a continuación factores de emisión a utilizar, obtenidos de la EPA AP-42. En la Tabla 7-16 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores. Los factores de emisión para el mercurio se obtuvieron del estudio realizado por el PNUMA (2005).

Tabla 5-21 Factores de emisión: Proceso- Industria de madera y papel - Fabricación de papel [kg/ton]

Tipo Proceso	MP10	MP2.5	SOx	CO	Hg
Horno de cal <sup>(a)</sup>	4.70	2.94	0.136	0.0454	3*10 <sup>-6</sup>
Estanque disolvedor <sup>(a)</sup>	3.10	2.56	0.091	-	5.2*10 <sup>-8</sup>

(a): Cap. "Wood Products Industry", Sección "Chemical Wood Pulping", Tablas: 10.2-1, 10.2-5, 10.2-7

Fuente: (EPA-AP42, 1995) y (PNUMA, 2005), tabla 5-81

### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad de toneladas de papel fabricado se puede consultar la producción informada por los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

#### 5.1.1.3.4 Industria metalúrgica secundaria

<b>Fuente</b>	<b>Proceso</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Industria metalúrgica secundaria
<b>Sector específico</b>	Productos de Plomo, Productos de Hierro y Acero, Productos de cobre y bronce, Productos de zinc, Productos de Aluminio
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	C
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Puntual-Industrias-Manufactura

Dado que los factores de emisión dependen de cada sector específico, la metodología se presenta desglosada por estos.

### *Productos de Aluminio*

Las emisiones por producción de productos de aluminio corresponden principalmente a material particulado proveniente de los distintos procesos para la obtención del aluminio desde la bauxita.

#### **Factores de emisión**

Los factores de emisión recomendados para utilizar se presentan a continuación, extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 12 "Metallurgical Industry", los cuales no consideran ninguna tecnología de abatimiento.

**Tabla 5-22 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de aluminio [kg/ton]**

Proceso	PTS/MP	MP10	MP2.5
Molienda de bauxita <sup>(a)</sup>	6	3.48	1.68
Calcinación del hidróxido de aluminio <sup>(a)</sup>	200	116	56
Horno de cocción de ánodos <sup>(a)</sup>	3	1.74	0.84

(a): Cap. " Metallurgical Industry", Sección " Primary Aluminum Production ", Tablas: 12.1-1, 12.1-2

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

#### **Nivel de actividad**

Los niveles de actividad de toneladas de aluminio producidas se pueden obtener a partir de la declaración de los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### *Productos de zinc*

Las emisiones son principalmente de material particulado durante el proceso de fundición del zinc.

#### **Factores de emisión**

Los factores de emisión recomendados para utilizar se presentan a continuación, extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 12 "Metallurgical Industry", los cuales no consideran ninguna tecnología de abatimiento. En la Tabla 7-17 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-23 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de zinc [kg/ton]**

Proceso	PTS/MP
Tostado	113
Planta de sinterización	62.5

(a): Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Zinc Smelting", Tablas: 12.7-1

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

Los niveles de actividad de toneladas de zinc o productos de zinc producidos se pueden obtener a partir de la declaración de los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### Productos de cobre y bronce

Las emisiones de material particulado se producen durante el tratamiento del mineral en los hornos de reverbero y rotativos.

### Factores de emisión

Los factores de emisión recomendados para utilizar se presentan a continuación, extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 12 "Metallurgical Industry", los cuales no consideran ninguna tecnología de abatimiento. En la Tabla 7-18 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-24 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de cobre y bronce [kg/ton]**

Proceso	PTS/MP	MP10
Horno de reverbero Cobre <sup>(a)</sup>	2.6	2.5
Horno de reverbero Bronce <sup>(a)</sup>	18	10.8
Horno rotativo Bronce <sup>(a)</sup>	150	88.3

(a): Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Secondary Copper Smelting", Tablas: 12.9-1

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

Los niveles de actividad de consumo de combustible y toneladas de productos de cobre o bronce producidos se pueden obtener a partir de la declaración de los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### Productos de Hierro y Acero

Las emisiones por procesamiento de productos de hierro y acero se producen durante el paso por distintos hornos y procesos.

### Factores de emisión

Se recomienda utilizar por defecto los siguientes factores de emisión para los productos de hierro y acero, extraídos del manual de la EPA AP-42, capítulo 12 "Metallurgical Industry". En la Tabla 7-19 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-25 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de hierro y acero [kg/ton]**

Tipo de Fuente	MP10	MP2.5	CO	SO2
Horno cubilote <sup>(a)</sup>	6.2	5.8	73	0.54
Horno de Inducción <sup>(a)</sup>	0.46	0.41	-	-
Recuperador de Arena <sup>(a)</sup>	0.051	0.015	-	-

(a): Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Gray Iron Foundries", Tablas: 12.10-2, 12.10-4, 12.10-6, 12.10-8  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

Los niveles de actividad de consumo de combustible y toneladas de acero o hierro producidas se pueden obtener a partir de la declaración de los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### Productos de plomo

Las emisiones por productos de plomo están asociadas a la fundición de galena en hornos de reverbero para la obtención del mineral plomo.

### Factores de emisión

Se recomienda utilizar por defecto el siguiente factor de emisión para productos de plomo, extraído del manual de la EPA AP-42, capítulo 12 "Metallurgical Industry", sección "Secondary Lead Processing". En la Tabla 7-20 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

**Tabla 5-26 Factores de emisión: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de plomo [kg/ton]**

Tipo Proceso	PTS/MP	Pb	SO2
Fundición en hornos de reverbero (sin control) <sup>(a)</sup>	162	32	40
Fundición en hornos de reverbero (con control) <sup>(a)</sup>	0.50	-	-

(a): Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Secondary Lead Processing", Tabla 12.11-1  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

Los niveles de actividad de toneladas de productos de plomo producidos se pueden obtener a partir de la declaración de los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138.

### 5.1.1.3.5 Industria química

Fuente	Proceso
Sector	Industria
Subsector	Industria química
Sector específico	Industria petroquímica
Uso	Industrial
CIIU (rev. 4)	C
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Puntual-Industrias-Manufactura

Las emisiones se asocian principalmente a la industria petroquímica, principalmente del refinamiento del petróleo y del procesamiento del gas natural. Las emisiones se producen durante el tratamiento del petróleo crudo, como craking<sup>14</sup>, y durante otros procesos de refinación y endulzamiento del gas natural. También existen emisiones fugitivas de metano y compuestos orgánicos volátiles durante los procesos de venteo, producción, refinación y transporte.

#### Factores de emisión

Los factores de emisión recomendados para utilizar por la EPA-AP42, capítulo "Petroleum Industry" se presentan a continuación. Se presentan factores para la refinación del petróleo y procesamiento del gas natural por separado. En la Tabla 7-21 y Tabla 7-22 en anexos, se presenta la escala de calidad de estos factores.

Tabla 5-27 Factores de emisión: Proceso- Industria Química- Industria petroquímica- Refinación petróleo [kg/m<sup>3</sup>]

Proceso	PTS/MP	SOx	CO	Nox
Cracking catalítico sin control <sup>(a)</sup>	0.695	1.413	39.2	0.204
Cokificación sin control <sup>(a)</sup>	1.5	-	-	-
Recuperación de vapores y antorcha <sup>(a)</sup>	-	0.077	0.012	0.054
Compresores <sup>(a)</sup>	-	2*S	7.02	55.4

(a): Cap. "Petroleum Industry", Sección " Petroleum Refining", Tabla 5.1-1

S: Contenido de azufre del combustible (% \* 100)

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 5-28 Factores de emisión: Proceso- Industria Química- Industria petroquímica- Procesamiento de gas [kg/m<sup>3</sup>]

Proceso	Sox
Planta de endulzamiento de gas natural <sup>(a)</sup>	0.02698*S

(a): Cap. "Petroleum Industry", Sección " Natural Gas Processing", Tabla 5.3-1

<sup>14</sup> Proceso químico de descomposición de hidrocarburos de alto peso molecular, generando compuestos más livianos

S: Contenido de azufre del combustible (% \* 100)

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

En la Tabla 5-29 se presentan los factores de emisión a utilizar para calcular emisiones de metano y compuestos orgánicos volátiles de la industria petroquímica, obtenidos desde las directrices del IPCC.

**Tabla 5-29 Factores de emisión: Industria Química- Industria petroquímica- CH<sub>4</sub> y COV**

Combustible	Proceso	CH <sub>4</sub>	COV
<b>Petróleo</b> [ton/m <sup>3</sup> ]	Venteo	1.04E-02	5.10E-04
	Producción y refinación	3.00E-02	3.75E-02
	Transporte	5.40E-06	5.40E-05
	Refinación	2.18E-5	ND
<b>Gas Natural</b> [ton/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]	Venteo	3.92E-04	7.80E-06
	Producción y refinación	1.22E-02	6.46E-04
	Procesamiento	2.5E-04	1.14E-04
	Transmisión y almacenamiento	6.33E-04	1.21E-05
	Distribución	1.80E-03	2.60E-05

Fuente: (IPCC, 2006b) Vol.2, Cap.4, Tabla 4.2.5

### Nivel de actividad

Los niveles de actividad corresponden a m<sup>3</sup> de petróleo o gas natural tratados en cada proceso. Se debe tener en consideración que la cantidad de combustible tratado puede ser distintos entre cada proceso. Para obtener información de la cantidad de combustible tratado en cada proceso se puede consultar la declaración de los titulares al MINSAL, a través del D.S. 138. Otra posibilidad es consultar directamente al titular o mediante una campaña en terreno. Una tercera alternativa es consultar las estadísticas nacionales publicadas en el balance nacional de energía, y desagregarlas en base a la capacidad productiva de las refinerías de la zona de interés.

### 5.1.2 Areales

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipo</b>	Areales
<b>Tipo Emisión</b>	Combustión, Evaporativa y Proceso biológico

La categoría areales considera emisiones puntuales dispersadas en un área geográfica delimitada. Este tipo de fuentes considera emisiones del sector residencial y de pequeñas industrias, donde no es posible identificar el punto exacto en el espacio de la emisión; o las emisiones, por simplificación, son agregadas por zona geográfica.

Las fuentes emisoras areales se subdividen por tipo de emisión: por combustión, evaporativa y procesos biológicos.

### 5.1.2.1 Combustión

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipo</b>	Areales
<b>Tipo Emisión</b>	Combustión
<b>Fuentes</b>	Antorcha, Calefactor, Cigarros, Incendios de Vehículos, Incendios Forestales, Incendios Urbanos, Parrillas y Asadurías, Quemados agrícolas

Se detalla a continuación cada fuente emisora areal de combustión. Todas las emisiones se producen por combustión en distintos equipos (como calefactores) o incendios abiertos.

#### 5.1.2.1.1 Antorcha

<b>Fuente</b>	<b>Antorcha</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Disposición de residuos
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIIU (rev. 4)</b>	No es posible asignarle un CIIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Acumulación- Emisiones de vertedero

Existen rellenos sanitarios que queman el biogás generado en la metanogénesis de los residuos orgánicos, para evitar la emisión de metano. La combustión del biogás genera emisiones de MP, NOx y CO.

#### Factores de emisión

Los factores de emisión para la quema en antorcha, se obtienen del manual de la EPA, capítulo 2 "Solid Waste Disposal". Estos dependen de la cantidad de metano quemado en la antorcha.

**Tabla 5-30 Factor de emisión: Rellenos sanitarios- Quema en antorcha [kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>]**

Proceso	PTS/MP	NOx	CO
<b>Quema en antorcha</b>	238	631	737

Cap. "Solid Waste Disposal", Sección "Municipal Solid Waste Landfills", Tabla 2.4-4

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

#### Nivel de actividad

El nivel de actividad, que corresponde a la cantidad de gas quemado en antorcha, se puede obtener a nivel local directamente con el relleno sanitario. En caso de no contar con esta información, se puede estimar a partir de estudios publicados por el INE o el servicio de salud de la zona.

#### 5.1.2.1.2 Calefactor

Fuente	Calefactor
Sector	CPR
Subsector	Residencial
Uso	Particular
CIIU (rev. 4)	No es posible asignarle un CIIU
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Areal- Hogares- Calefacción

Dada la relevancia en las emisiones del sector combustión residencial, principalmente por el uso de leña, en los inventarios de emisiones históricos; la metodología de este sector se presenta con mayor detalle. En particular se presentan factores de emisión de leña desglosados por tecnología, y distinguiendo según el contenido de humedad de la leña. Además, se listan varias alternativas para la obtención del nivel de actividad.

#### Factores de emisión

##### *Calefactores a leña*

Es importante mencionar que las emisiones provenientes de la combustión residencial a leña dependen de varias variables en las que se destacan:

- Las características de la leña: En especial importa el contenido de humedad de la leña
- El equipo de combustión: Diferentes equipos poseen diferentes eficiencias de calefacción y diferentes niveles de emisión.
- Condiciones de operación: Una buena operación se traduce en una rápida velocidad de combustión en las primeras fases del proceso que implican menores tasas de emisión.

Todas estas variables son relevantes de considerar en la estimación de emisiones por combustión residencial a leña, por lo que se deben utilizar tantos factores de emisión que representen estas variables. Al momento de estimar el nivel de actividad, resulta importante caracterizarlo considerando estas variables.

Las tablas a continuación presentan los factores de emisión que deben utilizarse en la estimación de emisiones de combustión a leña del sector residencial. Los factores presentados, son el



resultado de una solicitud de revisión y actualización de factores de emisión desarrollados en el contexto del estudio “Desarrollo del Inventario de Emisiones para la comuna de Temuco y Padre las Casas” (SICAM, 2015b).

Para la elaboración de este manual fueron analizadas diferentes fuentes bibliográficas y finalmente se proponen estos factores de emisión en función de las diferentes fuentes revisadas y el criterio experto teniendo en consideración la realidad nacional. Estos factores de emisión son los que actualmente se están utilizando en la evaluación de los Planes de Descontaminación por la División de Calidad del Aire y Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente. Como se mencionó anteriormente, estos factores de emisión se presentan según equipo de combustión, contenido de humedad de la leña y condiciones de operación. Se presentan factores de emisión para MP10, MP2.5, CO, NOx, SOx, COVs, HAPs.

**Tabla 5-31 Factores de Emisión de MP10 para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]**

Tipo de Artefacto	Leña Seca	Leña Húmeda	Mala Operación
Cocina a leña	7.5	13.9	33.8
Combustión lenta S/T	6.2	11.8	45.8
Combustión lenta C/T	5.2	11.0	29.5
Salamandra	12.7	28.5	-
Chimenea	10.1	28.5	-
Calefactor certificado	2.5	28.5	11.0
Nueva Tecnología	2.1	11.0	8.9
Calefactor a pellet	1.9	5.5	-

Fuente: (SICAM, 2015b)

**Tabla 5-32 Factores de Emisión de MP2.5\* para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]**

Tipo de Artefacto	Leña Seca	Leña Húmeda	Mala Operación
Cocina a leña	7.0	13.0	31.5
Combustión lenta S/T	5.8	11.0	42.6
Combustión lenta C/T	4.9	10.2	27.5
Salamandra	11.8	34.1	-
Chimenea	9.2	26.6	-
Calefactor certificado	2.3	10.2	10.2
Nueva Tecnología	2.0	5.1	8.2
Calefactor a pellet	1.8	-	-

\* Se considera que el 93.1% de las emisiones de MP10 corresponde a MP2.5

Fuente: (SICAM, 2015b)

Tabla 5-33 Factores de Emisión de CO para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tipo de Artefacto	Leña Seca	Leña Húmeda	Mala Operación
Cocina a leña	305.4	444.7	1,139.7
Combustión lenta S/T	207.1	443.1	584.7
Combustión lenta C/T	129.1	238.5	400.8
Salamandra	309.9	464.1	-
Chimenea	126.3	401.0	-
Calefactor certificado	90.0	238.5	238.5
Nueva Tecnología	10.0	71.6	120.2
Calefactor a pellet	-	-	-

Fuente: (SICAM, 2015b)

Tabla 5-34 Factores de Emisión de NOx para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tipo de Artefacto	Leña Seca	Leña Húmeda	Mala Operación
Cocina a leña	2.1	2.7	2.7
Combustión lenta S/T	2.0	3.0	3.0
Combustión lenta C/T	1.9	2.0	2.0
Salamandra	7.7	3.1	-
Chimenea	1.3	1.3	-
Calefactor certificado	1.9	2.0	5.3
Nueva Tecnología	1.9	2.0	5.3
Calefactor a pellet	-	-	-

Fuente: (SICAM, 2015b)

Tabla 5-35 Factores de Emisión de SO2 para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tipo de Artefacto	Leña Seca	Leña Húmeda	Mala Operación
Cocina a leña	0.2	0.2	0.2
Combustión lenta S/T	0.1	0.0	0.2
Combustión lenta C/T	0.2	0.0	0.0
Salamandra	0.2	0.2	-
Chimenea	0.1	0.2	-
Calefactor certificado	0.1	0.0	0.0
Nueva Tecnología	0.1	0.0	0-0
Calefactor a pellet	-	-	-

Fuente: (SICAM, 2015b)

Tabla 5-36 Factores de Emisión de COVs para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tipo de Artefacto	Leña Seca	Leña Húmeda	Mala Operación
Cocina a leña	114.5	363.5	1,033.2
Combustión lenta S/T	26.5	84.1	241.2
Combustión lenta C/T	26.5	84.1	241.2
Salamandra	114.5	363.5	-
Chimenea	114.5	363.5	-
Calefactor certificado	26.5	84.1	241.2
Nueva Tecnología	26.5	84.1	241.2
Calefactor a pellet	-	-	-

Fuente: (SICAM, 2015b)

Tabla 5-37 Factores de Emisión de HAPs para combustión residencial a leña [gr/kg de leña]

Tipo de Artefacto	Leña Seca	Leña Húmeda	Mala Operación
Cocina a leña	1.1	1.6	1.6
Combustión lenta S/T	0.0	16.3	16.3
Combustión lenta C/T	0.3	14.6	14.6
Salamandra	2.0	1.6	-
Chimenea	2.0	1.6	-
Calefactor certificado	0.3	14.6	14.6
Nueva Tecnología	0.3	14.6	14.6
Calefactor a pellet	-	-	-

Fuente: (SICAM, 2015b)

En la Tabla 5-38 se presenta la fracción de CN del MP2.5, por tipo de artefacto. Estas se obtuvieron del manual de inventarios de la agencia europea (EMEP-EEA, 2013).

Tabla 5-38 Fracción de CN en MP2.5 para artefactos de combustión residencial a leña

Tipo de Artefacto	Fracción CN/MP2.5
Cocina a leña	0.10
Combustión lenta S/T	0.10
Combustión lenta C/T	0.28
Salamandra	0.10
Chimenea	0.10
Calefactor certificado	0.10
Nueva Tecnología	0.10
Calefactor a pellet	0.15

Fuente: (EMEP-EEA, 2013), Tablas: 3-17, 3-24, 3-25

### *Calefactores con otros combustibles*

Como alternativa a la calefacción residencial a leña se utiliza principalmente gas natural, GLP o kerosene.

Los factores de emisión se obtienen principalmente del manual de la EPA (EPA-AP42, 1995) y del manual de la CARB, sección 7.3 "Residential Fuel Combustion". A diferencia de los factores de emisión para leña, estos no dependen del tipo de artefacto de combustión. Estos factores se presentan en la Tabla 5-39. La escala de calidad de los factores de emisión obtenidos del AP42 se presenta en la Tabla 7-25, en Anexos.

**Tabla 5-39 Factores de emisión: Calefactor – Otros combustibles**

Combustible	COV	CO	NOx	SOx	MP10	MP2,5
GLP [kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ] <sup>(a)</sup>	87.5	221.7	1,090.4	1.7	33.6	33.6
Kerosene [kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ] <sup>(b)</sup>	298.7	599.1	2,156.9	4,313.7	47.9	47.9
GN [kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ] <sup>(c)</sup>	88.0	640.0	1,504.0	9.6	121.6	121.6

(a): (CARB, 1993)

(b): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Liquified Petroleum Gas Combustion", Tablas 1.3-1, 1.3-3

(c): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Natural Gas Combustion", Tablas 1.4-1, 1.4-2

Fuente:(EPA-AP42, 1995)

## Nivel de actividad

### *Calefactores a leña*

Para estimar el nivel de actividad de la combustión residencial a leña se presentan diversas opciones dependiendo del nivel de información y recursos que se posean.

#### **Caracterización del nivel de actividad por medio de metodología Bottom-Up**

En caso de que se disponga de recursos suficientes, es relevante poder caracterizar de manera representativa el comportamiento de los usuarios en relación al uso de este combustible por medio de la realización de una encuesta en el área geográfica donde se desarrolla el inventario de emisión con el objetivo de disponer información actualizada para estimar las emisiones.

Independiente de que esta encuesta pueda incorporar el levantamiento de información de diversas variables, como mínimo debe incorporar los aspectos relevantes para conocer los niveles de actividad de la fuente y poder caracterizarla según las variables relevantes que fueron mencionadas al inicio de este capítulo (i.e. humedad de la leña, equipo de combustión y condiciones de operación).

A manera de recomendación y según sean las características del área de estudio, se recomienda considerar un diseño muestral que desagregue la población universo según tipología de vivienda (i.e. casa, departamento) y época de construcción (i.e. viviendas antiguas y viviendas nuevas). Respecto a la época de construcción, resulta relevante realizar esta desagregación en respuesta a que las viviendas nuevas están sometidas a normas de construcción de mayor exigencia, en particular, normas de aislación térmica que tienen incidencia en el uso de combustible para calefacción. Respecto a la tipología de vivienda, los departamentos tienen un comportamiento distinto en el uso de la leña en donde los que utilizan este combustible, lo utilizan por medio de del uso de calderas de calefacción, cuyas emisiones son estimadas a través de otra metodología y categoría de fuentes considerándose una fuente puntual y no de área (ver sección 5.1.1.1.1 de calderas, en fuentes puntuales). Dicho esto, normalmente los departamentos caen fuera de la población universo a considerar en la encuesta aunque de todas formas es necesario identificar la existencia de algunos edificios de menor tamaño que utilizan estufas a leña en cada uno de los departamentos.

Posterior al levantamiento de información por medio de la encuesta, las variables que se deben estimar y posteriormente expandir al universo total de viviendas para poder caracterizar el nivel de actividad corresponden a:

- Consumo promedio de leña por vivienda ( $m^3/año$ )
- Cantidad y distribución porcentual del stock de artefactos a leña
- Manipulación del control de ingreso de aire primario de combustión (i.e. tiraje abierto, medio, cerrado).
- Proporción de uso de leña seca/húmeda según artefacto a leña

Dado que los factores de emisión se encuentran  $g/kg$  de leña, el consumo promedio de leña por vivienda debe multiplicarse por la densidad de esta, la cual también depende de su contenido de humedad. Para realizar esto, se debe identificar cuáles son las especies de leña presentes en la zona de estudio e identificar estudios que indiquen la densidad de estas especies según humedad de leña. INFOR (2005) presenta para diversas zonas del país, densidad de distintas especies de leña según su humedad. Este documento puede ser un buen punto de partida.

Cabe destacar que el desarrollo de esta encuesta también involucra el levantamiento de información para el nivel de actividad de calefactores a pellet, en caso de existir presencia de este calefactor en la zona de estudio.

Por último, si en la zona de estudio se presenta existencia de zonas rurales y urbanas, es importante mantener desagregada esa información en término de cálculo de emisiones.

### ***Caracterización del Nivel de Actividad por medio de metodología Top-Down***

Esta metodología para estimar las emisiones por combustión residencial a leña utiliza como base la proyección de población a nivel comunal del INE (INE, 2014a) y los consumos de leña per cápita a nivel comunal de la Encuesta (CASEN, 2013).

A diferencia de la metodología botton-up que se detalló en la sección anterior en donde se genera una expansión al total de hogares, en este caso, a partir de la Encuesta CASEN 2013 se genera una expansión al total de habitantes existentes en la comuna utilizando para esto, la información reportada por el INE.

Para estimar el nivel de actividad por este método se siguen los siguientes pasos:

- Obtener la población a nivel comunal, subdividida en urbano-rural, a partir de la información del INE (INE, 2014a).
- Obtener el consumo per-cápita promedio (considera también personas que no utilizan leña), subdividido en urbano-rural, por tipo de artefacto y contenido de humedad, a partir de la Encuesta (CASEN, 2013) a nivel comunal.
- Calculo del consumo de leña a nivel comunal, subdividido en urbano – rural, por tipo de artefacto y contenido de humedad.

Como se aprecia en la desagregación y como anteriormente también fue mencionado, es relevante mantener la división de estimación de emisiones entre lo urbano y lo rural. Para análisis a nivel comunal, es necesaria la representatividad de la o las comunas de interés.

### **Otras metodologías para estimar el nivel de actividad**

En caso de que las emisiones de calefacción residencial sean requeridas para evaluar la eficacia de medidas de aislación térmica, las metodologías anteriores deben complementarse con una caracterización constructiva del parque de viviendas y como se mencionó anteriormente, en caso de que se realice una encuesta que se desagregue la población universo según tipología de vivienda (i.e. casa, departamento) y época de construcción (i.e. viviendas antiguas y viviendas nuevas). De esta forma será posible determinar cambios en la demanda de calor y consecuentemente en el consumo de leña al implementar mejoras de aislación térmica. Para mayor detalle se sugiere revisar el estudio “Análisis Energético de Viviendas para Ciudades del Centro y Sur de Chile y Sistematización de información asociada a leña” (CREARA, 2013) realizado para el Ministerio de Medio Ambiente.

Por otro lado, a nivel nacional, existen distintos documentos y estudios, que, aunque no necesariamente son realizados de manera periódica, pueden servir para estimar el nivel de actividad de la combustión residencial a leña. Estos documentos son listados a continuación con una pequeña descripción de su contenido.

- (CDT, 2015) Medición del Consumo Nacional e Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera. Estudio elaborado para el Ministerio de Energía. A partir de este estudio se pueden obtener valores per-cápita y distribución de consumo de leña por tipo de artefacto, tipo de leña, caracterización socio-económica, acondicionamiento térmico, uso eficiente del calor al interior de los hogares, entre otras variables.
- (UACH, 2013) Encuesta de consumo energético o para el sector residencial. En este estudio se diseñó y aplicó un instrumento de recopilación de información asociada al consumo energético para calefacción y cocción del sector residencial que sirve como línea base para la elaboración del Análisis General de Impacto Económico y Social de los Planes de Descontaminación como una herramienta de evaluación de las políticas ambientales implementadas por el MMA para 10 ciudades del centro sur de Chile.
- Encuestas de consumo de leña ya realizadas en el contexto de elaboración de inventarios de emisión u otros objetivos. A continuación, se listan algunas de ellas:
  - (DICTUC, 2008a). Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en las comunas de Temuco y Padre Las Casas
  - (SISTAM Ingeniería, 2016). Inventario de emisiones atmosféricas y modelación de los contaminantes de las comunas de Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina. Año base 2014
  - (SICAM, 2015c). Inventario de emisiones atmosféricas y modelación de contaminantes de la comuna de Valdivia, año base 2013
  - (Centro Nacional del Medio Ambiente, 2010). Actualización del Inventario de Emisiones de Temuco y Padre Las Casas
  - (DICTUC, 2008b). Estudio Diagnóstico Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región
  - (Universidad Católica de Temuco, 2009). Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de Concepción Metropolitano, VIII Región
  - (SICAM, 2015a). Actualización del inventario de emisiones atmosféricas de Concepción Metropolitano, año base 2013
  - (DICTUC, 2007). Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana - Escenario 2005

### ***Calefactores con otros combustibles***

El nivel de actividad de consumo de m<sup>3</sup> de GLP y GN consumidos a nivel residencial se puede obtener de las estadísticas de la SEC, las cuales pueden ser desagregadas a nivel comunal en base a la información de consumo de GLP recopilada en la encuesta CASEN o por la población comunal

reportada en el INE. Para el caso del kerosene, el consumo doméstico es reportado por ENAP, en sus ventas totales y de las compañías distribuidoras. En caso de no contar con esta información en la zona de interés, se puede utilizar información de la SEC igual que para GLP y GN.

### 5.1.2.1.3 Cigarros

<b>Fuente</b>	<b>Cigarros</b>
<b>Sector</b>	CPR
<b>Subsector</b>	Residencial
<b>Uso</b>	Particular
<b>CIU (rev. 4)</b>	No es posible asignarle un CIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Hogares- Otras

El consumo de cigarros genera emisiones por la combustión del tabaco contenido en este.

#### Factores de emisión

Los factores de emisión a utilizar por defecto se extraen de un estudio realizado por la CARB (CARB, 1994b), donde se estimó la emisión de material particulado y amoníaco por cigarro.

Tabla 5-40 Factor de emisión: Cigarros [mg/cigarro]

Factor de emisión	NH <sub>3</sub>	PTS/MP
Cigarros	5.2	8

Fuente: (CARB, 1994b)

#### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde al total de cigarros consumidos en la zona de interés. Esta información se puede estimar a partir del total de cigarros producidos, información disponible en el INE, y el total de exportaciones netas de cigarros, información manejada por aduana. Otra fuente de información del total de cigarros producidos a nivel nacional es la Compañía Chilena de Tabacos. En base a esta información es posible estimar a nivel nacional el consumo de cigarros.

Para estimar el consumo de la zona de interés se propone, como metodología por defecto, estimar el consumo per cápita de mayores de 15 años a nivel nacional<sup>15</sup>; utilizando el consumo de cigarros a nivel nacional y la población total mayor de 15 años, disponible en el INE. Luego, en base a la población total mayor a 15 años de la zona de interés es posible estimar el consumo de cigarros local.

### 5.1.2.1.4 Incendios de Vehículos

<sup>15</sup> Esta metodología utiliza como supuesto que no existe consumo de cigarros en menores de 15 años.



<b>Fuente</b>	<b>Incendios de Vehículos</b>
<b>Sector</b>	Incendios
<b>CIIU (rev. 4)</b>	No es posible asignarle un CIIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Hogares-Transporte

El incendio de vehículos genera emisiones por la combustión de los neumáticos y otros componentes.

### Factores de emisión

Los factores de emisión a utilizar se obtienen del manual de la CARB, sección 7.14 "Structural and Automobile Fires". Estos se presentan a continuación:

Tabla 5-41 Factor de emisión: Incendios de vehículos [kg/siniestro]

Factor de emisión	PTS/MP	NOx	CO
Quema de vehículos	7.65	0.32	9.56

Fuente: (CARB, 1994a)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde al total de siniestros ocurridos en la zona de interés. Esta información se puede obtener desde el cuerpo de bomberos de la zona.

#### 5.1.2.1.5 Incendios Forestales

<b>Fuente</b>	<b>Incendios Forestales</b>
<b>Sector</b>	Incendios
<b>CIIU (rev. 4)</b>	No es posible asignarle un CIIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Industrias- Otras

Los incendios forestales generan emisiones por la combustión de la carga orgánica de estos. La metodología es similar a la de la sección 5.1.2.1.8. La emisión depende de un factor de emisión por combustión y del contenido de materia orgánica por superficie.

### Factores de emisión

Los factores de emisión recomendados para utilizar se extrajeron del manual de la CARB, sección 9.3 "Wildfires".

Tabla 5-42 Factores de emisión: Incendios forestales [kg/kg materia quemada]

Tipo Bosque	MP10	MP2.5	CO	NH3	NOX	SO2
<b>Pino</b>	0.009720	0.008235	0.092610	0.000945	0.003420	0.001035
<b>Eucaliptus</b>	0.009720	0.008235	0.092610	0.000945	0.003420	0.001035
<b>Arboleado</b>	0.011295	0.009585	0.112140	0.001125	0.003330	0.001035
<b>Matorral</b>	0.006300	0.005355	0.050130	0.000495	0.003600	0.001125
<b>Pastizal</b>	0.011295	0.009585	0.112140	0.001125	0.003330	0.001035

Fuente: (CARB, 2004)

Los factores de emisión para contaminantes climáticos se presentan a continuación, extraídos de las directrices del IPCC 2006, volumen 4. El CN se estimó en base al estudio de Akagi et al. (2011).

Tabla 5-43 Factores de emisión contaminantes climáticos: Incendios forestales [kg/kg materia quemada]

Tipo Bosque	CO2	CH4	N2O	CN
<b>Pino</b>	0.711	0.00306	0.00009	0.00052
<b>Eucaliptus</b>	0.9954	0.004284	0.000126	0.00052
<b>Arboleado</b>	0.711	0.00306	0.00009	0.00052
<b>Matorral</b>	1.19362	0.001702	0.000155	0.00037
<b>Pastizal</b>	1.19362	0.001702	0.000155	0.00037

Fuente: (IPCC, 2006c) Vol. 4, Cap. 2, Tablas: 2.5, 2.6 y (Akagi et al., 2011)

Para la obtención del contenido de carga orgánica por tipo de bosque, se puede consultar a la CONAF para obtener estimaciones locales. Si no se cuenta con información local, se pueden utilizar las recomendaciones dadas en las directrices del IPCC 2006, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 5-44 Carga orgánica por tipo de bosque [ton/ha]

Tipo Bosque	Carga orgánica
<b>Pino</b>	50.4
<b>Eucaliptus</b>	69.4
<b>Arboleado</b>	50.4
<b>Matorral</b>	7
<b>Pastizal</b>	4.1

Fuente: (IPCC, 2006c) Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.4

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a las hectáreas consumidas por incendios forestales, y se puede obtener desde estadísticas de la CONAF.

#### 5.1.2.1.6 Incendios Urbanos

<b>Fuente</b>	<b>Incendios Urbanos</b>
<b>Sector</b>	Incendios
<b>CIIU (rev. 4)</b>	No es posible asignarle un CIIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Hogares-Transporte

Los incendios urbanos generan productos de combustión como emisiones atmosféricas. Dado su no intencionalidad, su nivel de actividad material quemado se hace difícil de estimar.

### Factores de emisión

Los factores de emisión a utilizar se obtienen del manual de la CARB, sección 7.14 "Structural and Automobile Fires". Se presentan los factores de emisión por material quemado, y en el mismo manual se utiliza el supuesto de 1.15 ton de material quemado por siniestro. Se pueden utilizar los factores de emisión directamente por siniestro, o estimar el material quemado en base a información disponible. Ambos factores se presentan en la Tabla 5-45.

**Tabla 5-45 Factores de emisión: Incendios Urbanos**

Factor de emisión	PTS/MP	NOx	CO
Por material [kg/ton]	4.86	1.80	75.60
Por siniestro [kg/siniestro]	5.59	2.07	86.94

Fuente: (CARB, 1994a)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde al número de siniestros ocurridos o al material quemado total. Si se utiliza el factor de emisión por siniestro, el nivel de actividad de número de siniestros registrados a nivel comunal lo registra carabineros de Chile a través de sus prefecturas comunales.

#### 5.1.2.1.7 Parrillas y Asadurías

<b>Fuente</b>	<b>Parrillas y Asadurías</b>
<b>Sector</b>	CPR
<b>Subsector</b>	Comercial
<b>Uso</b>	Comercial
<b>CIIU (rev. 4)</b>	I
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Industrias- Otras

Los restaurantes de parrilladas típicamente emplean leña y carbón para la cocción de los alimentos que comercializan. Esto genera emisiones de contaminantes producto de la combustión, principalmente de material particulado fino.

En caso de que la zona de interés cuente con poca actividad de asadurías, o estas se asuman despreciables, esta fuente emisora se puede omitir en el inventario.

### Factores de emisión

Los factores de emisión se obtienen del manual de inventarios de emisiones desarrollado en México (SERNAMAT, 1997); y estos dependen del tipo de carne asada.

Tabla 5-46 Factor de emisión: Restaurantes- Parrillas y Asadurías [g/kg carne]

Tipo de carne	MP10	MP2.5
Res	32.7	32.7
Pollo	10.4	10.4
Pescado	3.2	3.2

Vol. V, Tabla 8.4-1

Fuente: (SERNAMAT, 1997)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la cantidad de carne servida por los locales en el año. Esta información se puede obtener mediante encuestas a los principales restaurantes de la zona.

#### 5.1.2.1.8 Quemadas agrícolas y forestales

Fuente	Quemadas agrícolas y forestales
Sector	Industria
Subsector	Agrícola
Uso	Industrial
CIU (rev. 4)	A
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Areal- Industrias- Agricultura

Durante la combustión legal o ilegal de residuos de cultivos se producen emisiones de variados contaminantes, incluyendo contaminantes climáticos. La emisión depende del tipo de cultivo que se queme, y de la cantidad de residuos de materia orgánica que este genere.

Las emisiones se pueden calcular según la siguiente fórmula:

$$Emisiones_k = \sum_i Superficie_i * FE_{i,k} * FCO_i$$

Donde:

- Emisiones<sub>k</sub>: Emisiones del contaminante “k” [ton]
- Superficie<sub>i</sub>: Superficie total quemada del tipo de suelo o cultivo “i” [ha]

- $FE_{i,k}$ : Factor de emisión del tipo de suelo "i" para el contaminante "k" [kg/kg materia seca]
- $FCO_i$ : Factor de carga orgánica del tipo de suelo "i" [ton/ha]

### Factores de emisión

Los cultivos agrícolas sometidos a las quemadas, se componen de diversas actividades agrícolas, tales como: roce, limpiezas, podas o cosechas. También, se encuentran incorporadas algunas actividades silvícolas, tales como: podas, raleos o explotaciones.

Los factores de emisión recomendados a utilizar, extraídos del manual de la CARB, Sección 7.17 "Agricultural Burning and Other Burning Methodology" y la Sección 9.3 "Wildfires"<sup>16</sup> se presentan en la Tabla 5-47, por tipo de cultivo agrícola, considerando también los desechos de ramas y material leñoso y los desechos de explotación de eucaliptus, pino y otras especies.

Los tipos de cultivo agrícolas que deben ser considerados normalmente son: trigo, avena, maíz y cebada ya que son los principales cultivos agrícolas nacionales, representando la mayoría de la superficie cultivada a nivel nacional de cultivos anuales esenciales. Para otros cultivos se recomienda utilizar la clasificación "otros" presentados en la Tabla 5-47 o en su defecto, buscar la existencia del factor de emisión del cultivo específico directamente en CARB.

La Tabla 5-47 indica también la carga orgánica típica por tipo de cultivo (ton/ha) recomendada por CARB en el caso de los cultivos agrícolas y recomendadas por SISTAM (2014) en base a lo desarrollado por AMBOSIS (2011) y la Universidad Austral de Chile (2002) para las actividades silvícolas.

---

<sup>16</sup> CARB, Managed Burning Emission Factor Table. Consultada en: <http://www.arb.ca.gov/ei/see/see.htm>

Tabla 5-47 Factores de emisión: Quemadas Agrícolas y Forestales [ton/ton materia quemada]

Tipo Cultivo <sup>(a)</sup>	MP10	MP2.5	NOX	SO2	COV	CO	NH3	Carga Orgánica (ton/ha) <sup>(b)</sup>
Trigo	0.004808	0.004581	0.001950	0.000408	0.003447	0.056064	0.000886	4.7
Cebada	0.006435	0.00621	0.00230	0.000045	0.006750	0.082665	0.001317	4.2
Avena	0.009315	0.00887	0.00203	0.000270	0.004635	0.061200	0.000975	4.0
Maíz	0.005130	0.00491	0.00149	0.000180	0.002970	0.031905	0.000508	10.4
Otros cultivos <sup>(c)</sup>	0.007618	0.007293	0.002065	0.000256	0.006149	0.053834	0.000851	5.4
Vegetación <sup>(d)</sup>	0.007212	0.006886	0.002037	0.000277	0.004867	0.051687	0.000817	5.4
Ramas <sup>(e)</sup>	0.005284	0.004491	0.003674	0.001134	-	0.037149	0.000363	1.9
Desechos de Explotación Pino, Eucaliptus y otras especies <sup>(f)</sup>	0.008074	0.006849	0.003538	0.001089	-	0.071940	0.000726	6.5 <sup>(g)</sup> (pino)
								5.4 <sup>(h)</sup> (eucaliptus)
								6.0 <sup>(i)</sup> (otras)

(a) 1ton=0.000453592 lbs, (b) 1ha=2.471056 acre,

(c) considera valor promedio de factor de emisión y carga orgánica entre todos los cultivos de cereales presentados en CARB, Sección 7.17 "Agricultural Burning and Other Managed Burns"

(d) considera factor de emisión y carga orgánica de cultivos vegetales (*vegetable crops*) presentados en CARB, Sección 7.17 "Agricultural Burning and Other Managed Burns"

(e) considera factores de emisión promedio entre *litter*, *wood 0-1 in* y *wood 1-3 in*, humedad *mod*, CARB, Table A, Sección 9.3 "Wildfires" y carga orgánica promedio de dichas características indicada en FOFEM 4.0

(f) considera factores de emisión promedio entre *wood 1-3* y *wood 3+ in*, humedad *mod*, CARB, Table A, Sección 9.3 "Wildfires"

(g) y (h) En base a lo recomendado por SISTAM, desarrollado con información proveniente de Ambiosis y Universidad Austral. Considera que se poda el 10% de la biomasa arbórea y que el 50% de ésta es quemada.

(i) Promedio entre desechos de explotación de pino y eucaliptus.

Fuente: (AMBIOSIS, 2011; CARB, 2004, 2005; SISTAM, 2014; Universidad Austral, 2002)

Los factores de emisión para contaminantes climáticos se presentan a continuación, extraídos de las directrices del IPCC 2006, volumen 4. El CN se estimó en base al estudio de Akagi et al. (2011).

Tabla 5-48 Factores de emisión contaminantes climáticos - de emisión: Quemadas Agrícolas [ton/ton materia quemada]

Cultivo	CO2	CH4	N2O	CN
Maíz	1.3635	0.0828	0.00243	0.00075
Arroz	1.212	0.0736	0.00216	0.00075
Otros	1.3635	0.0828	0.00243	0.00075

Fuente: (IPCC, 2006c) Vol. 4, Cap. 2, Tablas: 2.5, 2.6 y (Akagi et al., 2011)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la superficie de hectáreas quemadas por tipo de cultivo. Esta se puede obtener desde las estadísticas nacionales publicadas por la CONAF. Se recomienda utilizar el nivel de actividad promedio de los últimos tres años disponibles.

En caso de que la zona de interés donde se desarrolla el inventario sea una zona declarada saturada o latente, es recomendable que el nivel de actividad se presente distribuido por meses del año. Esto porque futuros planes de prevención o descontaminación podrían establecer medidas que requieran de esta información. La desagregación mensual está disponible en las estadísticas nacionales publicadas por la CONAF.

Para facilitar el cruce entre los factores de emisión presentados anteriormente y la clasificación de quemas entregada por CONAF, la Tabla 5-49 muestra esta relación.

**Tabla 5-49 Cruce entre clases de cultivos indicados por CONAF y tipos de cultivos para factores de emisión**

Clase quema	Tipo Cultivo
De rastrojos de Cebada	Cebada
Desecho de Avena	Avena
De rastrojos de Trigo	Trigo
De rastrojos de Otros	Otros cultivos
Desechos explotación Eucalipto	Desecho de explotacion Eucaliptus
Desechos podas y raleos Eucalipto	Desecho de explotacion Eucaliptus
Desechos explotación Pino insigne	Desecho de explotacion Pino
Desechos podas y raleos de Pino insigne	Desecho de explotacion Pino
De desechos de podas	Desecho de explotacion otras especies
Desechos explotación Otras Especies	Desecho de explotacion otras especies
Desechos podas y raleos Otras especies	Desecho de explotacion otras especies
Especies vegetales en plantaciones forestales	Vegetación
Vegetación en Terrenos Forestales	Vegetación
Vegetación viva en terrenos agrícolas	Vegetación
Ramas y material leñosos en terrenos agrícolas	Ramas

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.2 Evaporativa

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipo</b>	Areales
<b>Tipo Emisión</b>	Evaporativa
<b>Fuentes</b>	Aplicación de asfalto, Aplicación de fertilizantes, Aplicación de pesticidas, Artes gráficas, Proceso, Crianza de animales, Fugas de GLP ,Uso de solventes y Pintura

Las emisiones evaporativas se generan por evaporación de compuestos orgánicos volátiles (COV) o nitrógeno gaseoso. La evaporación depende de cada fuente emisora. Se detalla a continuación cada fuente emisora areal de evaporativa.

#### 5.1.2.2.1 Aplicación de asfalto

<b>Fuente</b>	<b>Aplicación de asfalto</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Construcción
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	F
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Industrias- Otras

La aplicación de asfalto para la pavimentación de caminos, genera emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) por evaporación del destilado de petróleo utilizado como solvente en la mezcla de asfalto.

#### Factores de emisión

Se puede utilizar como factor de emisión de COV 25.2 kg/m<sup>2</sup> de camino asfaltado, o 176.4 kg/m de camino asfaltado considerando un ancho de 7 metros. Este factor fue utilizado en el inventario de Concepción (Universidad Católica de Temuco, 2009), y validado para su uso en Chile.

#### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a los km de camino asfaltados en la localidad del inventario. Esta información puede consultarse al MOP, SERVIU o MINVU según disponibilidad en la localidad.

#### 5.1.2.2.2 Aplicación de fertilizantes



<b>Fuente</b>	<b>Aplicación de fertilizantes</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Agrícola
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	A
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Industrias- Agricultura

La aplicación de fertilizantes a cultivos agrícolas genera emisiones de nitrógeno principalmente, en forma de óxidos de nitrógeno y principalmente de amoníaco. El factor de emisión depende del tipo de fertilizante utilizado, y del contenido de nitrógeno de este.

### Factores de emisión

El factor de emisión recomendado a utilizar proviene del manual de la EPA AP-42, capítulo 9 "Food and Agricultural Industries". Los factores de emisión se presentan en la Tabla 5-50, los cuales dependen del contenido de nitrógeno en el fertilizante, el cual se presenta en la Tabla 5-51. La escala de calidad de estos factores se presenta en la Tabla 7-24, en anexos.

Tabla 5-50 Factores de emisión: Aplicación de fertilizantes [kg/ ton N aplicado]

Tipo de fertilizante	NH <sub>3</sub>	NO	N <sub>2</sub> O
<b>Amoníaco Anhidro</b>	5.4	-	-
<b>Urea</b>	117	63	4.5
<b>Nitrato de amonio</b>	-	108	72
<b>Sulfato de amonio</b>	-	63	5.4
<b>Cloruro de amonio</b>	-	26.1	-

Cap. "Food and Agricultural Industries", Sección "Fertilizer Application", Tabla 9.2.1-2  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 5-51 Contenido de nitrógeno por tipo de fertilizante

Tipo de fertilizantes	Formula química	Contenido de nitrógeno	Contenido de nitrógeno equivalente [kg N/kg fertilizante]
<b>Amoníaco Anhidro</b>	NH <sub>3</sub>	83.3%	1.2
<b>Urea</b>	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	46.7%	2.1
<b>Nitrato de amonio</b>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	35.0%	2.9
<b>Sulfato de amonio</b>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	21.2%	4.7
<b>Cloruro de amonio</b>	NH <sub>4</sub> CL	26.2%	3.8

Cap. "Food and Agricultural Industries", Sección "Fertilizer Application", Tabla 9.2.1-1  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde al consumo de fertilizantes en la zona de interés. El subdepartamento del SAG de “División de Protección Agrícola y Forestal” cuenta con estadísticas de ingreso de fertilizante por región al país. Otra opción para determinar el nivel de actividad es en base a la superficie de cultivos y a la aplicación típica de nitrógeno por ha para cada tipo de cultivo.

#### 5.1.2.2.3 Aplicación de pesticidas

Fuente	Aplicación de pesticidas
Sector	Industria
Subsector	Agrícola
Uso	Industrial
CIU (rev. 4)	A
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Areal- Industrias- Agricultura

Las emisiones por aplicación de pesticidas corresponden a compuestos orgánicos volátiles liberados por los componentes contenidos en el mismo pesticida.

#### Factores de emisión

El factor de emisión se calcula con la siguiente fórmula:

$$FE = PA * EF$$

Donde:

- FE: Factor de emisión [kg/ton]
- PA: Fracción de ingrediente activo en el pesticida aplicado
- EF: Factor de emisión del ingrediente activo por tipo de aplicación

La estimación de la fracción del ingrediente activo se realiza en base a la presión de vapor de este. La Tabla 5-52 presenta los factores de emisión recomendados para utilizar por la EPA-AP42, capítulo “Food and Agricultural Industries”. La escala de calidad de estos factores es E.

Tabla 5-52 Factor de emisión: Aplicación de pesticidas [kg COV/ton]

Tipo de aplicación	Intervalo de Presión de Vapor (mm Hg a 20°-25° C)	Factor de emisión
Aplicación superficial	$10^{-4}$ a $10^{-6}$	350
	$> 10^{-4}$	580
Incorporación al suelo	$< 10^{-6}$	2.7
	$10^{-4}$ a $10^{-6}$	21
	$>10^{-4}$	52

Cap. "Food and Agricultural Industries", Sección "Pesticide Application", Tabla 9.2.2-4  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

El nivel de actividad es similar al de la sección 5.1.2.2.2, y corresponde al consumo de pesticidas en la zona de interés. El subdepartamento del SAG de "División de Protección Agrícola y Forestal" cuenta con estadísticas de ingreso de pesticidas por región al país. Otra opción para determinar el nivel de actividad es en base a la superficie de cultivos en la zona de interés.

Para determinar la fracción de ingrediente activo, se puede consultar al distribuidor del fertilizante o investigar en literatura científica de organismos oficiales, como la EPA o FAOSTAT.

#### 5.1.2.2.4 Artes gráficas

Fuente	Artes gráficas
Sector	CPR
Subsector	Comercial
Uso	Comercial
CIIU (rev. 4)	No es posible asignarle un CIIU
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Areal- Industrias- Otras

Las emisiones por artes gráficas se producen por liberación de COVs en imprentas comerciales.

#### Factores de emisión

Para las pequeñas imprentas se puede utilizar el factor de emisión de la EPA AP 42, capítulo 4 "Evaporation Loss Sources", sección "General Graphical Printing". Para grandes imprentas se puede ver su declaración de emisiones.

Tabla 5-53 Factor de emisión: Artes gráficas [kg/hab-año]

Fuente	COV
Artes gráficas	0.4

Cap. "Evaporation Loss Sources ", Sección "General Graphical Printing ", Tabla 4.9.1-2  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la población, la cual puede obtenerse a partir de las proyecciones del INE a nivel comunal o regional.

#### 5.1.2.2.5 Proceso

Fuente	Proceso
Sector	CPR
Subsector	Comercial, Residencial
Uso	Comercial y particular
CIIU (rev. 4)	No es posible asignarle un CIIU
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Areal- Industrias- Otras

Las emisiones evaporativas por proceso dependen del sector específico, los cuales son<sup>17</sup> lavasecos (comercial), distribución de combustibles (comercial) y evaporativas de NH<sub>3</sub> (residencial). Las fuentes estacionarias areales de procesos se presentan agrupadas por su sector específico, para dar una mayor facilidad de lectura.

#### Lavasecos

Las emisiones de lavasecos son de COV principalmente, producto de la evaporación de los solventes sintéticos y derivados del petróleo utilizados en la limpieza de textiles.

### Factores de emisión

La metodología para la estimación de emisiones depende de la información disponible del rubro, o de los recursos destinados para la obtención de esta. En caso de contar con información específica de número de trabajadores en el rubro, se puede utilizar el factor de emisión de 317.76 kg COV/trabajador-año, utilizado en el inventario de emisiones de la ciudad de Valdivia (SICAM, 2015c). En caso contrario, se puede utilizar el factor de emisión de 0.0633 kg COV/hab-año (Theloke, 2005)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad depende del factor de emisión utilizado, siendo trabajadores de lavasecos o población de la localidad. Información de trabajadores se puede obtener mediante encuestas

<sup>17</sup> Entre paréntesis se indica el subsector de cada sector específico.

telefónicas o campañas en terreno. Datos de población por comuna se pueden obtener a partir de las estadísticas del INE.

### Distribución de combustibles

Las emisiones por distribución de combustible corresponden a las pérdidas evaporativas de COV principalmente, las cuales se producen durante el almacenamiento, carga, transporte y descarga del combustible. Se producen emisiones por respiración en los tanques de almacenamiento y durante el transporte del combustible y emisiones durante la transferencia del combustible desde el estanque hacia el depósito subterráneo de almacenamiento.

### Factores de emisión

Los factores de emisión a utilizar corresponden a los indicados en el manual de la EPA AP42, capítulo " Petroleum Industry ", sección " Transportation and Marketing of Petroleum Liquids ".

El factor de emisión correspondiente al llenado de combustible se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$L_L = 12.46 * \frac{S * P * M}{T} * (1 - eff)$$

En la Tabla 5-54 se explica el significado de cada expresión y su valor recomendado.

**Tabla 5-54 Valores a utilizar para estimar emisiones por llenado de combustible**

Expresión		Valor	Unidad
<b>L<sub>L</sub></b>	Pérdidas por llenado	Se debe calcular	[lb COV/1,000 gal]
<b>S</b>	Factor de saturación	Ver Tabla 5-55	adimensional
<b>P</b>	Presión de vapor real del líquido cargado	9.68	psig
<b>M</b>	Peso molecular de vapores	66	lb/lb mol
<b>T</b>	Temperatura del líquido cargado	540	°R
<b>eff</b>	Eficiencia de recuperación de vapores	Depende del sistema de control	%

Cap. "Petroleum Industry ", Sección "Transportation and Marketing of Petroleum Liquids"  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Se debe tener en cuenta la unidad del factor de emisión [lb/1,000 gal]<sup>18</sup>. El factor de saturación depende del modo de llenado:

<sup>18</sup> 1 lb = 0.45 kg; 1 gal = 0.003785 m<sup>3</sup>

**Tabla 5-55 Valores para el factor de saturación según modo de llenado**

Tipo de transporte	Modo de llenado	Valor
<b>Camiones estanque o vagones estanque<sup>(a)</sup></b>	Llenado sumergido de estanque limpio	0.50
	Llenado sumergido de estanque dedicado normal	0.60
	Llenado sumergido de estanque dedicado con traspaso de vapores	1.00
	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

(a): Cap. "Petroleum Industry ", Sección "Transportation and Marketing of Petroleum Liquids ", Tabla 5.2-1  
 Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Se presentan, en la Tabla 5-56, los factores de emisión para las etapas de expendio de combustibles.

**Tabla 5-56 Factor de emisión de COV- Distribución de combustibles [ton/m<sup>3</sup>]**

Etapas	Factor de Emisión	Observación
<b>Llenado de estanques sumergido</b>	880*10 <sup>-6</sup>	Alimentación sumergida
	1,380*10 <sup>-6</sup>	Llenado por rociado directo
	40*10 <sup>-6</sup>	Llenado con traspaso de vapores
<b>Respiración de estanques</b>	120*10 <sup>-6</sup>	---
<b>Llenado de estanques de Vehículos</b>	1,320*10 <sup>-6</sup>	Llenado no controlado
	132*10 <sup>-6</sup>	Llenado controlado
<b>Derrames</b>	80*10 <sup>-6</sup>	---

(a): Cap. "Petroleum Industry ", Sección "Transportation and Marketing of Petroleum Liquids ", Tabla 5.2-7  
 Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Nivel de actividad**

El nivel de actividad se puede obtener a partir de la información estadística de ventas de combustible, disponible en la SEC. Esto bajo el supuesto que todo el combustible vendido debe ser distribuido.

**Evaporativas de NH<sub>3</sub>**

Esta categoría considera emisiones de amoníaco provenientes de seres humanos y mascotas, por distintas fuentes emisoras como transpiración y desechos.

### Factores de emisión

Los factores de emisión para las distintas fuentes emisoras se obtienen del manual de inventarios de México (SERNAMAT, 1997). Estas se presentan a continuación:

**Tabla 5-57 Factores de emisión: Evaporativas de NH<sub>3</sub>**

Fuente emisora	Factor de emisión	Unidad
Respiración humana	0.0016	kg NH <sub>3</sub> /hab-año
Transpiración humana	0.25	kg NH <sub>3</sub> /hab-año
Pañal desechable de niño < 3 años	0.16	kg NH <sub>3</sub> /niño-año
Residuos de adultos	0.023	kg NH <sub>3</sub> /hab-año
Perros	2.49	kg NH <sub>3</sub> /animal
Gatos	0.82	kg NH <sub>3</sub> /animal

Vol. V, Sección 11.6 Emisiones Domésticas de Amoníaco

Fuente: (SERNAMAT, 1997)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad de habitantes se puede obtener desde el INE, junto con el número de niños menores a 3 años. Si no se cuenta con mayor detalle del número de animales domésticos en la zona de interés, se pueden utilizar las proporciones estimadas en el mismo manual de inventarios de México, las cuales se muestran en la Tabla 5-58 según tipo de zona.

**Tabla 5-58 Proporción de animales perros y gatos según tipo de zona [mascotas/ 1,000 hab]**

Tipo de zona	Proporción - Perros	Proporción - Gatos
Urbana (> 800,000 habitantes)	122	83
Suburbana (200,000-800,000 habitantes)	167	111
Rural (< 200,000 habitantes)	220	133

Vol. V, Tabla 11.6-1

Fuente: (SERNAMAT, 1997)

#### 5.1.2.2.6 Crianza de animales

<b>Fuente</b>	<b>Crianza de animales</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Agrícola
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	A
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Industrias- Agricultura

La crianza de animales genera emisiones de amoníaco por distintas actividades. En este manual se propone utilizar la metodología planteada en el estudio de Klimont & Brink (2004), la cual distingue emisiones por alojamientos de animales, pastoreo de animales y aplicación de estiércol sobre el suelo como fertilizante.

### Factores de emisión

Los factores de emisión dependen del tipo de actividad y del tipo de animal, y se determinan utilizando las formulas presentadas a continuación. Es importante destacar que todos los factores de emisión a calcular deben multiplicarse por 1.214 para pasar de NH<sub>3</sub>-N a NH<sub>3</sub>, de acuerdo a sus pesos moleculares.

Para alojamiento de animales la formula a utilizar corresponde a:

- Cerdos y aves:

$$FE = \frac{(C * F + G * D) * 365 * 0.5}{1000}$$

- Bovinos, caprinos, camélidos y equinos:

$$FE = \frac{(C * F + G * D) * 365}{1000}$$

Donde:

- FE: Factor de emisión por alojamiento de animales [kg NH<sub>3</sub>-N/animal-año]
- C: Periodo del año que el animal permanece en estabulación con dieta de invierno
- F: Emisiones provenientes tanto de los alojamientos como de las producidas desde los lugares de almacenamiento del estiércol para época invernal
- G: Emisiones provenientes tanto de los alojamientos como de las producidas desde los lugares de almacenamiento del estiércol para época estival.
- D: Período del año que el animal permanece en estabulación con dieta de verano

Para pastoreo de animales la fórmula es:

- Cerdos y aves:



$$FE = \frac{H}{1000} * N_{ex} * (1 - C)$$

- Bovinos, caprinos, camélidos y equinos:

$$FE = \frac{H}{1000} * N_{ex} * \left(1 - \frac{C + D * E}{C + E * (1 - C)}\right)$$

Donde:

- FE: Factor de emisión para pastoreo de animales [kg NH<sub>3</sub>-N /animal-año]
- H: Fracción de nitrógeno excretado en las fecas y orina que se transforma en NH<sub>3</sub>
- N<sub>ex</sub>: Excreción de nitrógeno al suelo por tipo de animal [kg NH<sub>3</sub>-N /animal-año]
- E: Diferencia entre las dietas con respecto al valor proteico

Para aplicación de estiércol al suelo la fórmula es:

- Cerdos y aves:

$$FE = \frac{I}{1000} * (N_{ex} * C - (C * F + G * D) * 365 * 0.5)$$

- Bovinos, caprinos, camélidos y equinos:

$$FE = \frac{I}{1000} * \left(N_{ex} * \left(\frac{C + D * E}{C + E * (1 - C)}\right) - (C * F + G * D) * 365\right)$$

Donde:

- FE: Factor de emisión para aplicación de estiércol al suelo [kg NH<sub>3</sub>-N /animal-año]
- I: Fracción del nitrógeno aplicado como estiércol al suelo que se transforma en NH<sub>3</sub>.

Los factores recomendados para utilizar en la estimación de los factores de emisión se obtuvieron a partir de un estudio realizado por el INIA, para el contexto nacional.

**Tabla 5-59 Factores a utilizar para estimar emisiones de crianza de animales**

Tipo de animal	Factor C	Factor D	Factor E	Factor F	Factor G	Factor H	Factor I	N <sub>ex</sub> [kg/animal-año]
Bovinos	0.5	0.5	1	0.04493	0.05869	0.080	0.22	59.54
Cerdos	1	-	-	0.01441	0.01441	-	0.14	14.73
Ovinos	0.1	-	1	0.00581	0.00581	0.046	0.22	12.00
Caprinos	0.08	-	1	0.00581	0.00581	0.046	0.22	12.00
Camélidos	0.08	-	1	0.00581	0.00581	0.046	0.22	12.00
Equinos	0.08	-	1	0.02423	0.02423	0.046	0.22	50.00
Aves	1	-	-	0.00020	0.00020	-	0.19	0.55
Otras Aves	1	-	-	0.00018	0.00018	-	0.072	0.40

Fuente: (INIA, 1998)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a las cabezas de ganado en la zona de interés. Esta información es recopilada por el INE y presentada a través del censo agropecuario.

**5.1.2.2.7 Fugas de GLP**

<b>Fuente</b>	<b>Fugas de GLP</b>
<b>Sector</b>	CPR
<b>Subsector</b>	Comercial y Residencial
<b>Uso</b>	Comercial y Particular
<b>CIIU (rev. 4)</b>	D (Comercial), para residencial no es posible asignarle un CIIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Industrias- Otras (Comercial), Fuente Areal- Hogares- Otras (Residencial)

Las emisiones de COV por fugas de GLP se producen principalmente en los procesos de manejo de materiales, almacenamiento, distribución y transferencia de carga del tanque.

**Factores de emisión**

El factor de emisión a utilizar por defecto corresponde a un porcentaje de pérdidas de 3.5%, estimadas en un estudio realizado por la Empresa Nacional de Petróleos Mexicanos (PEMEX, 1997).

**Nivel de actividad**

**Comercial**

El nivel de actividad se puede estimar a partir del consumo de GLP declarado por los titulares al D.S. 138 o a partir de estadísticas recopiladas por la SEC o presentadas en el BNE.

**Residencial**

El nivel de actividad corresponde al consumo residencial de GLP, el cual se puede obtener de estadísticas de las empresas distribuidoras de GLP o información recopilada por la SEC.

**5.1.2.2.8 Uso de solventes**

<b>Fuente</b>	<b>Uso de solventes</b>
<b>Sector</b>	CPR
<b>Subsector</b>	Comercial y Residencial
<b>Uso</b>	Comercial y Particular
<b>CIIU (rev. 4)</b>	No es posible asignarle un CIIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal- Industrias- Otras (Comercial) y Fuente Areal- Hogares- Otras (Residencial)

El uso de solventes en el sector comercial se limita al uso de adhesivos y selladores en la industria de la construcción principalmente. Aunque también es común su uso en los rubros de calzados y cuero; y maderas y muebles.

Las emisiones de COV por uso de solventes domésticos corresponden a evaporación del contenido de los productos utilización en la limpieza, cuidado personal, plaguicidas o fertilizantes.

## Factores de emisión

### Comercial

El factor de emisión recomendado para utilizar es de 430.9 kg COV/ton de adhesivo utilizado (CARB, 1997a). Este se obtiene de la CARB, sección 3.7, tabla I.

### Residencial

Los factores de emisión se pueden obtener desde información del "Emission Inventory Improvement Program" (EIIP), volumen 3, capítulo 5. Estos se presentan a continuación:

Tabla 5-60 Factores de emisión: Uso de Solventes –Residencial [kg/hab-año]

Fuentes emisoras	COV
Productos en aerosol	0.046
Productos domésticos	0.360
Productos de cuidado personal	1.050
Pesticidas domésticos	0.810
Productos de cuidado automotriz	0.610
Adhesivos y selladores	0.260
<b>COV totales</b>	<b>3.136</b>

Vol III, Cap. 5, Tabla 5.4-1

Fuente: (EIIP, 1996)

## Nivel de actividad

### Comercial

El nivel de actividad corresponde al consumo o ventas de adhesivos, el cual se puede obtener a partir de algún estudio, catastro propio o desagregación<sup>19</sup> local de información nacional provista por aduana.

### Residencial

---

<sup>19</sup> Desagregación puede realizarse en base al PIB

El nivel de actividad corresponde a la población de la zona, la cual puede obtenerse desde las proyecciones de población publicadas por el INE.

#### 5.1.2.2.9 Pintura

Fuente	Pintura
Sector	CPR
Subsector	Comercial y Residencial
Uso	Comercial y Particular
CIU (rev. 4)	F (Residencial), para comercial no es posible asignarle un CIU
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Areal- Industrias- Otras (Comercial), Fuente Areal- Hogares- Otras (Residencial)

Las emisiones de COV se producen por la evaporación del solvente contenido en la pintura utilizada para la reparación o restauración de vehículos (comercial) y para el pintado arquitectónico (residencial). Las emisiones de pintado arquitectónico son consideradas dentro del subsector residencial, ya que se utiliza el supuesto que el mayor consumo de pinturas proviene del uso domiciliario por sobre el industrial.

#### Factores de emisión

##### Residencial

El factor de emisión depende del tipo de pintura utilizada, y se recomienda utilizar por defecto los siguientes factores, obtenidos del manual del CARB, sección 6.3 “Architectural Coatings”.

Tabla 5-61 Factor de emisión: Pintura - Residencial [kg/m<sup>3</sup>]

Tipo de pintura	COV
Pintura en base a agua	52.1
Pintura en base a solvente	340.9

Fuente: (CARB, 1998)

Otra opción para calcular las emisiones es utilizar un factor con menor nivel de detalle, que depende del número de habitantes, por lo que no considera el nivel de actividad de uso de pinturas directamente ni distingue por tipo de pintura. El factor de emisión corresponde a 1.36 kg COV/hab-año, el cual se obtiene del manual de inventarios de México (SERNAMAT, 1997).

##### Comercial

El factor de emisión a utilizar por defecto, corresponde a 0.14 kg COV/hab-año (SERNAMAT, 1997).

### Nivel de actividad

#### Residencial

El nivel de actividad corresponde al total de litros de pinturas en base a agua y en base a solvente consumidos. Esta información se puede obtener desde el INE para la producción nacional, y desde aduanas para cuantificar las exportaciones netas. Para la estimación del nivel de actividad a nivel local, se puede partir del consumo a nivel nacional y distribuirlo según población en la zona de interés.

Si se opta por el factor de emisión más general, se pueden obtener datos de población en la zona de interés desde el INE.

#### Comercial

El nivel de actividad corresponde a la población, la cual se puede obtener a nivel comunal desde las estadísticas disponibles en el INE.

### 5.1.2.3 Proceso biológico

<b>Tipo</b>	Estacionarias
<b>Subtipo</b>	Areales
<b>Tipo Emisión</b>	Proceso biológico
<b>Fuentes</b>	Descomposición de residuos orgánicos

Las emisiones por proceso biológico corresponden a metano generado por la descomposición anaeróbica del contenido orgánico de aguas servidas o residuos sólidos municipales.

#### 5.1.2.3.1 Descomposición de residuos orgánicos

Fuente	Descomposición de residuos orgánicos
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Disposición de residuos
<b>Sectores específicos</b>	Rellenos sanitarios, Aguas servidas
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	E (Rellenos sanitarios), a aguas servidas no es posible asignarle un CIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Areal-Acumulación- Emisiones de vertedero

Dada la distinta metodología de cada sector específico, estas se presentan por separado para facilitar la lectura del manual.

### **Rellenos sanitarios**

Los rellenos sanitarios generan emisiones de metano por descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos, compuestos orgánicos volátiles y productos de combustión si existe quema de biogás en antorcha.

Para estimar emisiones de rellenos sanitarios, sin considerar quema en antorcha, es recomendable utilizar el modelo LandGEM<sup>20</sup> desarrollado por la EPA en 2005. En este modelo, el usuario debe ingresar los siguientes datos de entrada:

- Año de inicio de operación del relleno
- Año de clausura del relleno
- Capacidad de diseño
- Tasa de entrada por año de residuos sólidos

Por lo demás, el modelo tiene ciertos parámetros para el modelamiento, los cuales se pueden modificar por el usuario:

**Tabla 5-62 Parámetros de modelación de LandGEM**

Parámetro	Abreviación	Valor por defecto	Unidad
Tasa de generación de metano	k	0.05	1/año
Generación potencial de metano	Lo	170	m <sup>3</sup> /ton
Concentración de compuestos orgánicos	NMOC	4,000	ppmv
Contenido de metano	Methane	50%	% volumen

Fuente: (US-EPA, 2005)

Emisiones de contaminantes del modelo LandGEM a incluir en el inventario son CH<sub>4</sub>, COVs y CO<sub>2</sub>. En caso de contar con información de biogás quemado, ver sección 5.1.2.1.1, este debe descontarse de las emisiones de metano estimadas por el modelo.

### **Nivel de actividad**

El nivel de actividad, que corresponde a los parámetros de entrada del modelo, se puede obtener a nivel local directamente con el relleno sanitario. En caso de no contar con esta información, se puede estimar a partir de estudios publicados por el INE o el servicio de salud de la zona.

### **Aguas servidas**

<sup>20</sup> Landfill Gas Emissions Model

El tratamiento de aguas servidas industriales y domésticas genera emisiones de metano, compuestos orgánicos volátiles y amoníaco. El metano se genera por la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos contenidos en las aguas servidas. Para el caso del metano, es importante considerar tecnologías de recuperación de este en las plantas de tratamiento de la zona de interés.

### Factores de emisión

Los factores de emisión para la emisión de metano dependen de la tecnología de tratamiento de la plantas de aguas servidas. La metodología recomendada a utilizar se obtiene de las directrices del IPCC (IPCC, 2006e), capítulo 6 del volumen 5. En este manual se presentan la metodología de nivel 1, pero si el consultor quiere estimar las emisiones de esta fuente con mayor detalle puede consultar las directrices del IPCC.

La metodología nivel 1 plantea que el factor de emisión para el metano se calcula de la siguiente manera:

$$FE = B_0 * MCF$$

Donde:

- FE: Factor de emisión de metano [kg CH<sub>4</sub>/kg DBO]
- B<sub>0</sub>: Capacidad de producción máxima de metano [kg CH<sub>4</sub>/kg DBO]
- MCF: Factor de corrección del metano por tecnología de tratamiento

Se recomienda utilizar un valor por defecto de B<sub>0</sub> de 0.6 kg CH<sub>4</sub>/kg DBO y los siguientes MCF:

Tabla 5-63 MCF Recomendados por tecnología de tratamiento

Tipo Tecnología	MCF Recomendado
Biofiltro	0.1
Emisario Submarino	0.1
Laguna Aireada	0.3
Laguna Estabilización	0.8
Lodos Activados	0.1
Lombrifiltro	0.1
Primario Y Desinfección	0.1
SBR	0.1
Zanja Oxidación	0.1

Fuente: Elaboración propia en base a (IPCC, 2006e), vol. 5, cap. 6, tabla 6.3

Para la emisión de COVs, se puede utilizar el factor de emisión de 15 mg COV por m<sup>3</sup> de agua servida tratada, obtenido del manual de inventarios de la agencia europea (EMEP/EEA, 2016),

tabla 3-1. Para el amoníaco, se recomienda utilizar el factor de emisión de 3.33 g NH<sub>3</sub> por m<sup>3</sup> de agua servida tratada, factor utilizado en inventarios de emisiones anteriores, en específico en el de Valdivia (SICAM, 2015c) y Temuco (Centro Nacional del Medio Ambiente, 2010).

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde al caudal y carga orgánica tratada en la zona de interés. Esta información se puede obtener de los informes de gestión sanitaria de la SISS, o revisando las principales plantas de tratamiento de la zona de interés. En caso de contar solo con información de caudal, se puede estimar la carga orgánica como 250 mg DBO/L, valor característico para las aguas servidas establecido en el D.S. 90.

## 5.2 Fugitivas

<b>Tipo</b>	Fugitivas
<b>Subtipo</b>	Fugitivas
<b>Tipo Emisión</b>	Polvo resuspendido

La categoría fuentes fugitivas considera emisiones fugitivas de procesos de distintos sectores. Estas emisiones corresponden principalmente a levantamiento de polvo durante el manejo agrícola, tránsito en caminos o transporte de carga, entre otros. El único tipo de emisión considerado en fugitivas es polvo resuspendido.

### 5.2.1 Polvo resuspendido

<b>Tipo</b>	Fugitivas
<b>Subtipo</b>	Fugitivas
<b>Tipo Emisión</b>	Polvo resuspendido
<b>Sectores</b>	Industria y Transporte

Como se mencionó anteriormente, las fuentes fugitivas corresponden principalmente a material particulado emitido en distintos procesos industriales o levantado por el tránsito en caminos. Para dar una mayor facilidad de lectura al manual, se presentan las fuentes emisoras fugitivas desglosadas por sus sectores: industria y transporte.



### 5.2.1.1 Industria

<b>Tipo</b>	Fugitivas
<b>Subtipo</b>	Fugitivas
<b>Tipo Emisión</b>	Polvo resuspendido
<b>Sector</b>	Industria
<b>Fuentes</b>	Carga y descarga, Erosión eólica, Preparación de terrenos, Proceso, Tránsito sitios industriales

A continuación, se desarrollan las fuentes emisoras fugitivas del sector industria.

#### 5.2.1.1.1 Preparación de terrenos

<b>Fuente</b>	<b>Preparación de terrenos</b>
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Agrícola
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	A
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Fugitiva- Industria- Agricultura

La preparación de terrenos agrícolas considera emisiones de material particulado por el levantamiento de polvo durante el despeje, labranza, arado u otras operaciones de preparación de la tierra.

#### Factores de emisión

Las emisiones dependen del número de pasadas de preparación que se realicen previo a la plantación. El factor de emisión se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación, obtenida del manual de la CARB, sección 7.4 "Agricultural Land Preparation" (CARB, 1997b):

$$FE = \frac{4.8 * k * s^{0.6}}{2000}$$

Donde:

- FE: Factor de emisión [ton/pasada]
- k: Depende de la fracción de tamaño de la partícula de interés. Para MP10, el valor por defecto es de 0.148
- s: Contenido fino en el material. La EPA recomienda un valor 0.18

Se debe tener en cuenta la mayor humectación del suelo durante los meses de invierno, por lo que el manual recomienda reducir el factor de emisión en un 25% para el periodo mayo-agosto y un 50% en los meses más húmedos de junio y julio.

El número de pasadas por superficie depende del tipo de cultivo, el manual de la CARB presenta valores recomendados a utilizar por tipo de cultivo, junto al porcentaje anual de preparación. Este porcentaje corresponde al promedio de veces al año que se realiza plantación del cultivo. Por ejemplo, para un cultivo que se planta cada 4 años, un 25% de su superficie se plantará en promedio cada año.

En la Tabla 7-26, en anexos, se presenta información del número de pasadas por tipo de cultivo, extraído desde el manual de la CARB, sección 7.4 "Agricultural Land Preparation" tabla 2. Se debe tener en cuenta que, si se cuenta con información específica del número de hectáreas preparadas por año, se puede utilizar esta como nivel de actividad.

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde al número de pasadas por tipo de cultivo. En caso de no contar con información específica del número de pasadas, se puede utilizar el área de plantación por tipo de cultivo y utilizar los factores presentados en la Tabla 7-26. Las hectáreas cultivadas por tipo de cultivo se pueden obtener desde el Censo Agropecuario más reciente. Otras fuentes de información son la ODEPA y el CIREN.

#### 5.2.1.1.2 Proceso

Fuente	Proceso
<b>Sector</b>	Industria
<b>Subsector</b>	Industria de productos minerales, Minería, Construcción
<b>Uso</b>	Industrial
<b>CIU (rev. 4)</b>	F (Construcción), a los otros subsectores no es posible asignarle un CIU
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Fugitiva- Industrias- Minería (Minería), Fuente Fugitiva- Industrias- Otras (otros subsectores)

Las emisiones fugitivas por proceso dependen del sector específico, los cuales son<sup>21</sup> fabricación de hormigón y manejo de áridos (industria de productos minerales), minería, construcción de caminos (construcción) y construcción de edificios (construcción). Las fuentes fugitivas de procesos se presentan agrupadas por su sector específico, para dar una mayor facilidad de lectura.

### *Fabricación de Hormigón y Manejo de áridos*

<sup>21</sup> Entre paréntesis se indica el subsector de cada sector específico.

La producción de áridos genera emisiones de material particulado grueso producto del levantamiento de polvo durante la extracción y procesamiento de áridos. Las siguientes actividades<sup>22</sup> en la producción de áridos generan emisiones de MP10:

- Extracción en el frente
- Transferencias discretas de material
- Transferencias continuas de material
- Chancado
- Clasificación
- Tamizado

**Factores de emisión**

Se detalla a continuación los factores de emisión a utilizar para cada actividad. Estos fueron obtenidos principalmente del AP 42 y del libro de "Industria del árido en Chile, tomo I" (CDT, 2001), desarrollado por la corporación de desarrollo tecnológico en base a la documentación del AP 42.

Para la extracción en el frente, se pueden utilizar los siguientes factores por defecto, obtenidos de la sección de extracción de carbón, en el AP 42, capítulo 11 "Mineral Products Industry", sección " Western Surface Coal Mining".

**Tabla 5-64 Factores de emisión: Fugitivas – Producción de áridos – Extracción en el frente [kg/ton]**

Factores de emisión	PTS/MP	MP10	MP2.5
Extracción en el frente <sup>(a)</sup>	0.58/(M) <sup>1.2</sup>	0.75*PTS	0.019*0.0596/(M) <sup>0.9</sup>

(a): Cap. "Mineral Products Industry ", Sección "Western Surface Coal Mining ", Tabla 11.9-2

M: Contenido de humedad (%)

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Para las transferencias discretas de material, se puede utilizar la siguiente ecuación, obtenida del AP 42, capítulo " Miscellaneous Sources", sección " Aggregate Handling And Storage Piles ":

$$FE = \frac{0.0016 * k * (U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}}$$

Donde:

- FE: Factor de emisión [kg/ton]
- U: Velocidad del viento [m/s], entre 0.6 y 6.7

<sup>22</sup> Estos son los procesos considerados en la estimación de emisiones por producción de áridos en el inventario de Curicó-Teno (SISTAM Ingeniería, 2016).

- M: Contenido de humedad (%), entre 0.25% y 4.8%
- k: Multiplicador por tamaño de partícula; 0.35 para MP10 y 0.053 para MP2.5

Para las transferencias continuas de material, se puede utilizar la siguiente ecuación, obtenida del libro de "Industria del árido en Chile, tomo I" (CDT, 2001).

$$FE = \frac{k * 0.0009 * \left(\frac{S}{5}\right) * \left(\frac{U}{2.2}\right) * \left(\frac{H}{3}\right)}{\left(\frac{M}{2}\right)^2}$$

Donde:

- FE: Factor de emisión [kg/ton]
- k: Multiplicador por tamaño de partícula; 0.35 para MP10 y 0.053 para MP2.5
- s: Contenido fino del material (%)
- U: Velocidad del viento [m/s],
- H: Altura de caída del material [m]
- M: Contenido de humedad (%)

Para las actividades de chancado, se pueden utilizar los siguientes factores para el MP10, obtenidos del libro de "Industria del árido en Chile, tomo I" (CDT, 2001), los cuales depende del contenido de humedad.

**Tabla 5-65 Factores de emisión MP10: Fugitivas – Producción de áridos – Chancado [kg/ton]**

Chancador	Sin mitigación < 4% humedad	Con mitigación > 4% humedad
Primario	0.004	0.00029
Secundario	0.012	0.00029
Terciario	0.001	0.00029

Fuente: (CDT, 2001)

Para las actividades de clasificación de material pétreo, se pueden utilizar los factores de emisión presentados en el AP 42, capítulo 11, sección "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing".

**Tabla 5-66 Factores de emisión MP10: Fugitivas – Producción de áridos – Clasificación [kg/ton]**

Clasificación	MP10
Sin Mitigación <sup>(a)</sup>	0.00430
Con Mitigación <sup>(a)</sup>	0.00037

(a): Cap. "Mineral Products Industry ", Sección "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing", Tabla 11.19.2-1

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Para las actividades de tamizado, se pueden utilizar los factores de emisión presentados en el AP 42, capítulo 11, sección "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing".

**Tabla 5-67 Factores de emisión: Fugitivas – Producción de áridos – Tamizado [kg/ton]**

Factores de emisión	PTS/MP	MP10
Tamizado	0.15	0.03

Cap. "Mineral Products Industry ", Sección "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing", Tabla 11.19.2-1

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la cantidad de material tratado. Este puede estimarse a partir de estudios de la "Asociación Nacional de Arideros"; o mediante encuesta o campaña en terreno con las principales empresas arideras de la zona.

### Minería

Las emisiones fugitivas de material particulado asociadas a la minería son producto de la extracción y procesamiento del mineral.

### Factores de emisión

Se puede utilizar la misma metodología y factores de emisión recomendados en la sección anterior de fabricación de hormigón y manejo de áridos, ya que los procesos son similares de tratamiento del material son similares.

### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad de toneladas producidas, se puede consultar lo declarado por el titular al MINSAL, a través del D.S. 138.

### Construcción de caminos

El origen de las emisiones de material particulado grueso es el polvo liberado durante la construcción de los caminos.

### Factores de emisión

El factor de emisión depende de la superficie construida y la duración de la obra. Los factores de emisión a utilizar por defecto provienen del manual de la CARB, sección 7.8 "Road Construction Dust".

**Tabla 5-68 Factores de emisión: Construcción – Construcción de caminos [kg/m<sup>2</sup>-mes]**

Factores de emisión	MP10	PTS/MP
Construcción de caminos	0.0247	0.0381

Fuente: (CARB, 1997d)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la superficie total de caminos construidos en la zona de interés en un periodo de tiempo. Esta información se puede consultar en el MINVU o en la información presentada por el MOP. En caso de no contar con el periodo de construcción de la obra, se puede asumir como un año. El manual de la CARB, sección 7.8 "Road Construction Dust", provee una metodología para estimar la superficie de camino construido a partir de los kilómetros construidos, para distintos tipos de camino.

**Tabla 5-69 Superficie [m<sup>2</sup>] por km 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]	12	12	12
Ancho del camino [m] <sup>(a)</sup>	32	24	20
Superficie por km construido [m <sup>2</sup> ]	32,000	24,000	20,000

(a): Ancho del camino = N° Pistas \* Ancho Pista + Ancho Berma

Fuente: (CARB, 1997d)

### Construcción de edificios

El origen de las emisiones de material particulado grueso es el polvo liberado durante la construcción de edificaciones.

### Factores de emisión

El factor de emisión recomendado para utilizar para el material particulado grueso se obtiene del manual de la CARB, sección 7.8 " Building Construction Dust" (CARB, 1997c).

Tabla 5-70 Factores de emisión: Construcción – Construcción de edificios [kg/m<sup>2</sup>-mes]

Factores de emisión	MP10	PTS/MP
Construcción de edificios	0.0247	0.0504

Fuente: (CARB, 1997c)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la superficie total edificada en la zona de interés. Al igual que en la sección "Construcción de caminos", se debe considerar la duración de la obra de construcción. Información de superficie edificada se puede obtener desde el anuario de edificación publicado por el INE.

#### 5.2.1.1.3 Erosión eólica

Fuente	Erosión eólica
Sector	Industria
Subsector	Industria de productos minerales, Minería
Uso	Industrial
CIIU (rev. 4)	No es posible asignarle un CIIU
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Fugitiva- Industria- Otras

Las emisiones de material particulado por erosión del viento ocurren con velocidades de viento mayores a 5.4 m/s, mientras el material este seco. El sector específico del subsector industria de productos minerales corresponde a fabricación de hormigón y manejo de áridos. Se debe considerar que pueden existir emisiones por erosión eólica de este sector y del sector minería.

### Factores de emisión

Para determinar el factor de emisión se puede utilizar la siguiente ecuación, obtenida del libro de "Industria del árido en Chile, tomo I" (CDT, 2001).

$$FE = k * \left(\frac{s}{1.5}\right) * \left(\frac{f}{15}\right) * \frac{365 - P}{365}$$

Donde:

- FE: Factor de emisión [kg/día-ha]
- s: Contenido fino del material (%)
- f: Porcentaje del tiempo 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
- k: Multiplicador por tamaño de partícula; 0.952 para MP10 y 0.1428 para MP2.5

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde a la cantidad de material tratado. Este puede estimarse a partir de lo declarado por las empresas en su EIA o RCA; o mediante encuesta o campaña en terreno con las principales empresas de la zona.

#### 5.2.1.1.4 Carga y descarga

Fuente	Carga y descarga
Sector	Industria
Subsector	Marítimo
Uso	Industrial
CIU (rev. 4)	No es posible asignarle un CIU
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Fugitiva- Industria- Otras

Las emisiones fugitivas de carga y descarga se producen durante las operaciones en un terminal portuario. En caso de que la zona de interés cuente con un terminal importante, con descargas de carbón, granel, clinker (entre otros); esta fuente debe incluirse en el inventario de emisiones.

#### Factores de emisión

El factor de emisión para carga y descarga de materiales sujetos al levantamiento de polvo se puede estimar utilizando la ecuación para transferencias discretas de material (dentro de la sección 5.2.1.1.2 de proceso), extraída del EPA-AP42, capítulo 13 "Miscellaneous Sources", sección "Aggregate Handling and Storage Piles".

#### Nivel de actividad

Para determinar el nivel de actividad de material cargado y descargado, se puede consultar lo declarado por el titular al MINSAL, a través del D.S. 138.

#### 5.2.1.1.5 Tránsito sitios industriales

Fuente	Tránsito sitios industriales
Sector	Industria
Uso	Industrial
CIU (rev. 4)	C
Asignación Cuentas Ambientales	Fuente Fugitiva- Industria- Manufactura

Las emisiones de material particulado grueso provienen del polvo resuspendido producto del tránsito dentro de sitios industriales.

#### Factores de emisión

Para emisiones de vehículos industriales transitando en caminos pavimentados, se puede utilizar la misma metodología descrita en la sección 5.2.1.2.1.



Para vehículos transitando en calles públicas no pavimentadas se puede utilizar la siguiente ecuación, extraída del AP42, capítulo 13 "Miscellaneous Sources", sección "Unpaved roads":

$$E = k * \left(\frac{S}{12}\right)^{0.9} * \left(\frac{W}{3}\right)^{0.45}$$

Donde:

- FE: Factor de emisión [g/VKT]<sup>23</sup>
- k: Multiplicador por tamaño de partícula [g/VKT]; 422.85 para MP10 y 42.285 para MP2.5
- s: Contenido de limo de la superficie [%]; típicamente entre 1.8-25.2%
- W: Peso promedio del vehículo [ton]

**Nivel de actividad**

Para la obtención del nivel de actividad de vehículos kilómetros recorridos, se puede obtener utilizando la metodología y fuentes de información presentados en la sección 5.3.2 de fuera de ruta. Esta metodología considera estimar el parque total de maquinaria fuera de ruta, por rubro de la industria, a partir de información de aduanas y encuestas, entre otros. Luego se estima la actividad por tupo de maquinaria a partir de valores por defecto presentados en la Tabla 5-90. Para mayor detalle consultar la sección específica de nivel de actividad de la metodología de la sección 5.3.2 .

**5.2.1.2 Transporte**

<b>Tipo</b>	Fugitivas
<b>Subtipo</b>	Fugitivas
<b>Tipo Emisión</b>	Polvo resuspendido
<b>Sector</b>	Transporte
<b>Fuentes</b>	Calles, Desgaste de frenos y neumáticos, Tren

A continuación, se desarrollan las fuentes emisoras fugitivas del sector transporte.

**5.2.1.2.1 Calles**

---

<sup>23</sup> VKT: Vehículos kilómetros totales

<b>Fuente</b>	<b>Calles</b>
<b>Sector</b>	Transporte
<b>Subsector</b>	Calles no pavimentadas, Calles pavimentadas
<b>CIU (rev. 4)</b>	H
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Fugitiva- Industrias- Transporte

El tránsito de vehículos en calles genera levantamiento de polvo lo que se traduce en emisiones fugitivas de material particulado grueso principalmente. Las emisiones son mayores en calles no pavimentadas.

Para la obtención de las emisiones de esta categoría, se pueden utilizar los resultados de MODEM de polvo resuspendido<sup>24</sup> (ver sección 5.3.1 ), pero deben ser incluidos como fuentes fugitivas. Se presenta la metodología general del cálculo de estas emisiones.

### Factores de emisión

Los factores de emisión a utilizar por defecto se extraen del EPA-AP42, capítulo 13 "Miscellaneous Sources". El factor de emisión para calles pavimentadas secas se estima utilizando la siguiente ecuación, obtenida de la sección "Paved Roads ":

$$FE = k * (Sp)^{0.91} * (W)^{1.02}$$

Donde:

- FE: Factor de emisión [g/VKT]
- k: Multiplicador por tamaño de partícula [g/VKT]; 0.62 para MP10 y 0.15 para MP2.5
- Sp: Contenido de material fino, fracción de polvo de diámetro  $\leq 75$  micrones [g/m<sup>2</sup>]
- W: Peso promedio de los vehículos en el camino [ton]

Es importante destacar que el valor de "W" debe ser un promedio del peso de todos los vehículos que transitan en el camino. La ecuación no está diseñada para utilizarse para cada categoría vehicular. El manual además entrega estimaciones del contenido de material fino según el flujo vehicular:

**Tabla 5-71 Contenido de material fino según flujo vehicular [g/m<sup>2</sup>]**

<b>Flujo [veh/día]</b>	<b>&lt;500</b>	<b>500-5,000</b>	<b>5,000-10,000</b>	<b>&gt;10,000</b>
<b>Sp<sup>(a)</sup></b>	0.6	0.2	0.06	0.03

(a): Cap. "Miscellaneous Sources ", Sección "Paved Roads", Tabla 13.2.1-2

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

<sup>24</sup> Debe considerarse que polvo resuspendido agrupa

La guía de CONAMA (2009) presenta valores promedio de peso por tipo de vehículo, los cuales pueden ser utilizados por defecto.

**Tabla 5-72 Peso promedio por tipo de vehículo [ton]**

Tipo de Vehículo	Peso promedio
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: (CONAMA, 2009)

Para vehículos transitando en calles públicas no pavimentadas se puede utilizar la siguiente ecuación, extraídos de la sección "Unpaved roads":

$$FE = \frac{k * \left(\frac{s}{12}\right) * \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}} - C$$

Donde:

- FE: Factor de emisión [g/VKT]
- k: Multiplicador por tamaño de partícula [g/VKT]; 507.42 para MP10 y 50.742 para MP2.5
- s: Contenido de limo de la superficie [%]; típicamente entre 1.8-35%
- S: Velocidad promedio del vehículo [mph<sup>25</sup>]
- M: Contenido de humedad (%); típicamente entre 0.03-13%
- C: Factor de emisión de ajuste asociado a emisiones de escape y desgaste de frenos y neumáticos; 0.1325 para MP10 y 0.1015 para MP2.5

### Nivel de actividad

El nivel de actividad de kilómetros recorridos totales se debe obtener de los modelos de transporte, si la ciudad cuenta con alguno, o estimar con otra metodología. La metodología para la obtención de los flujos vehiculares por ciudad o estimación de estos se presentan con detalle en fuentes móviles, en la sección 5.3.1.1.1.

#### 5.2.1.2.2 Desgaste de frenos y neumáticos

<sup>25</sup> mph: Miles per Hour, 1 mph = 1.60934 km/h

<b>Fuente</b>	<b>Calles</b>
<b>Sector</b>	Transporte
<b>CIIU (rev. 4)</b>	H
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Fugitiva- Industrias- Transporte

Las emisiones de material particulado se producen por el desgaste de los frenos en las detenciones y el desgaste de los neumáticos por el roce con el pavimento.

Al igual que para polvo resuspendido, las emisiones de esta categoría se pueden obtener de los resultados de MODEM (ver sección 5.3.1), pero deben ser incluidos como fuentes fugitivas. Se presenta la metodología general del cálculo de estas emisiones.

### Factores de emisión

Los factores de emisión a utilizar por defecto se obtienen del COPERT IV, de la metodología simplificada. Estos se presentan a continuación, desagregados por tipo de vehículo.

**Tabla 5-73 Factores de emisión por desgaste de frenos y neumáticos [gr/km]**

Tipo de Vehículo	MP10	MP2.5	PTS/MP
<b>Motocicletas</b>	0.0064	0.0034	0.0083
<b>Autos livianos</b>	0.0138	0.0074	0.0182
<b>Camiones livianos</b>	0.0216	0.0117	0.0286
<b>Camiones pesados y Buses</b>	0.059	0.0316	0.0777

Fuente: (EEA, 2009)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad de kilómetros recorridos por tipo de vehículo se debe obtener de los modelos de transporte, si la ciudad cuenta con alguno, o estimar con otra metodología. La metodología para la obtención de los flujos vehiculares por ciudad o estimación de estos se presentan con detalle en fuentes móviles, en la sección 5.3.1.1.1.

#### 5.2.1.2.3 Tren

<b>Fuente</b>	<b>Calles no pavimentadas</b>
<b>Sector</b>	Transporte
<b>CIIU (rev. 4)</b>	H
<b>Asignación Cuentas Ambientales</b>	Fuente Fugitiva- Industrias- Transporte

Las emisiones por ferrocarriles son producto de la suspensión de polvo en trenes de carga de carbón o mineral principalmente. Estas emisiones corresponden principalmente a material

particulado. Esta fuente emisora se debe incluir solo si en la zona de interés existe transporte importante de ferrocarriles, en especial en el norte dado la actividad minera.

### Factores de emisión

El factor de emisión recomendado para utilizar proviene de un estudio donde se estimaron las emisiones de polvo desde vagones transportadores de carbón (Ferreira, Viegas, & Sousa, 2003). Se consideró que un tren contiene 33 vagones.

Tabla 5-74 Factores de emisión: Transporte – Tren [gr/km-veh]

Factor de emisión	PTS/MP	MP10	MP2.5
Tren	188.1	94	14.1

Fuente: (Ferreira et al., 2003)

### Nivel de actividad

El nivel de actividad corresponde al total de kilómetros recorridos por tren en la zona de interés. Esta información puede consultarse directamente al titular o estimarse mediante una campaña en terreno.

## 5.3 Móviles

<b>Tipo</b>	Móviles
<b>Subtipos</b>	En ruta y Fuera de ruta
<b>Tipo Emisión</b>	Combustión interna

La categoría de móviles considera emisiones de fuentes móviles en ruta y fuera de ruta. Esta categoría agrupa todos los vehículos con circulación dentro de la zona de interés. Las emisiones provienen principalmente por combustión dentro del motor en condiciones de operación normal, emisiones desde el motor en condiciones del motor frío y emisiones evaporativas de hidrocarburos. Las emisiones por desgaste de frenos y neumáticos, y levantamiento de polvo se consideran en la categoría de fuentes fugitivas (ver sección 5.2.1.2), aunque en este capítulo se desarrolla una metodología para abordarlas y estimar su nivel de actividad.

### 5.3.1 En ruta

<b>Tipo</b>	Móviles
<b>Subtipos</b>	En ruta
<b>Tipo Emisión</b>	Combustión interna
<b>Fuentes</b>	Buses, Camiones, Motocicletas, Vehículos

La metodología recomendada para las fuentes móviles en ruta es en base a la aplicación del modelo de emisiones vehiculares (MODEM). Así, en este manual no se detalla la metodología desglosada por fuentes móviles en ruta, sino se explica brevemente MODEM, su aplicación y como obtener emisiones de este. También se explica la metodología general a aplicar en una ciudad que no tenga modelo de transporte, en particular como estimar su nivel de actividad.

### 5.3.1.1 Metodología ciudades con modelo de transporte

La metodología para las ciudades que cuentan con un modelo de transporte desarrollado, se basa en la aplicación del modelo de emisiones vehiculares (MODEM), aplicación programada en Visual Basic 6 que permite la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes móviles. Esta aplicación puede ser solicitada a la SECTRA por el consultor a cargo del desarrollo del inventario de emisiones.

Ciudades donde se ha desarrollado una formulación de planes maestros de desarrollo del sistema de transporte son: Arica, Iquique, Calama, Antofagasta, Copiapó, Coquimbo - La Serena, Santiago, San Antonio, Rancagua, Curicó, Talca, Linares, Chillán, Los Ángeles, Angol, Temuco, Valdivia, Osorno, Puerto Montt y Punta Arenas.

La estimación de emisiones sigue una metodología *Bottom-Up* en base a la composición del parque vehicular, flujos vehiculares y factores de emisión. Dado que MODEM permite como parámetro de entrada la matriz horaria de flujos vehiculares y meteorología de la zona, se pueden utilizar los resultados para modelación de la concentración ambiental. Además, los resultados generados por MODEM permiten ser utilizados como entrada a otros sistemas, como MODEC y RETC.

MODEM cuenta con dos metodologías para la estimación de emisiones: tipo arco y tipo zona. La metodología tipo arco estima emisiones a nivel de flujo en un arco, a partir de la red vial modelada. La metodología tipo zona estima emisiones agregadas en una determinada zona, cuando no es posible estimarlas al nivel de detalle de arco. Los parámetros de entrada necesarios son distintos para ambas metodologías, como se muestra en la Tabla 5-75, extraída del manual de usuario de MODEM 5.1 (DICTUC, 2013). En esta tabla se muestran también posibles fuentes de información para los datos de entrada.

**Tabla 5-75 Información y fuentes de información requeridas por MODEM según metodología**

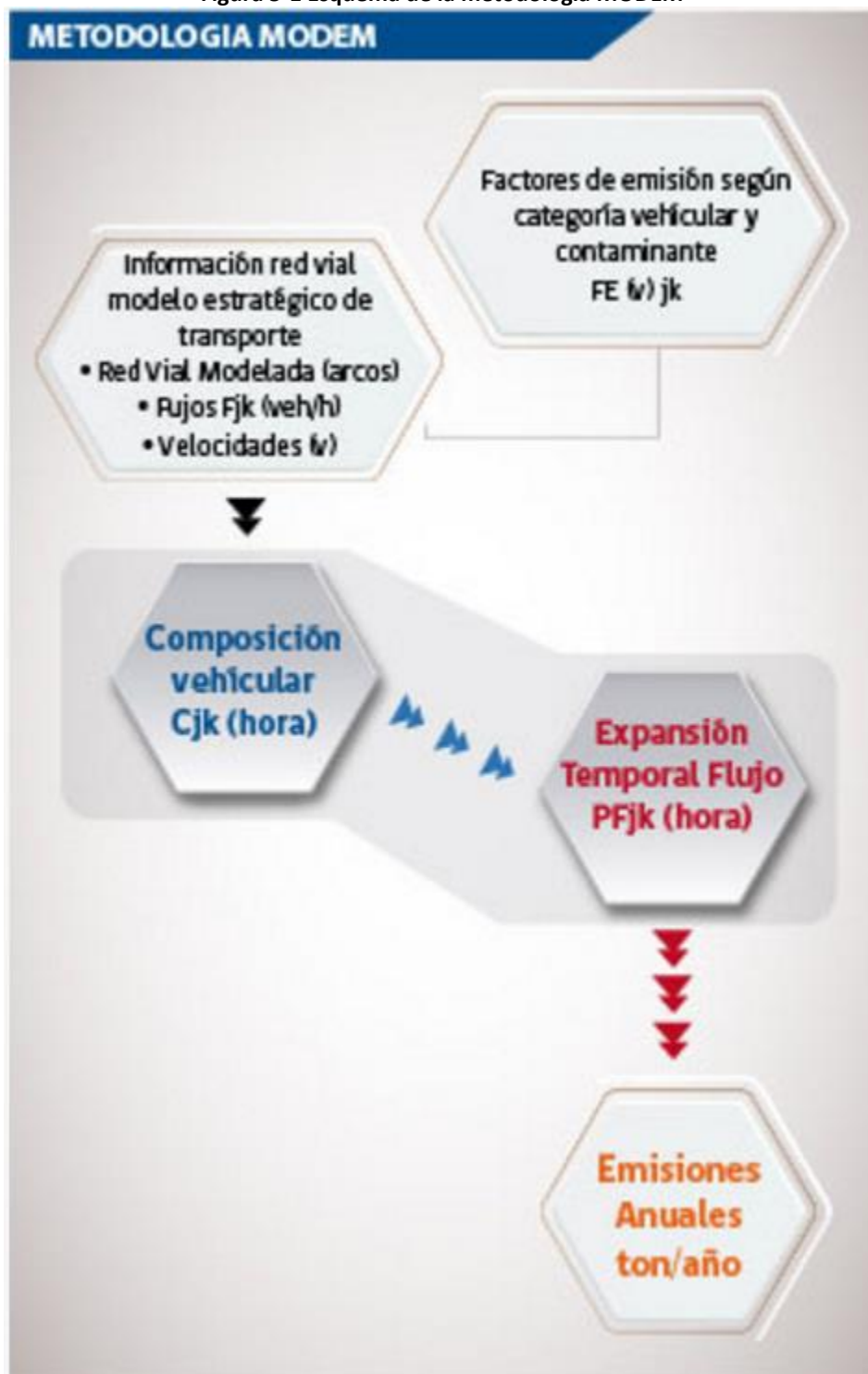
Metodología	Información	Fuente de Información
<b>Tipo Arco</b>	Flujos vehiculares	Modelación de transporte
	Factores de emisión	EPA, COPERT, Estudios locales.
	Perfiles temporales	Conteos vehiculares.
	Composiciones vehiculares	Conteos vehiculares
		Plantas de Revisión Técnica
		Permisos de circulación
	Matriz horaria	Información de flujos
Shapefiles de arcos	Modelación de transporte	
<b>Tipo Zona</b>	Factores de emisión	EPA, COPERT, Estudios locales.
	Meteorología	Registros meteorológicos
	Matriz EOD	Encuesta origen-destino
	Criterios EOD	Información de flujos
		Encuesta origen-destino
	Parque vehicular	INE
Shapefiles de sectores	Encuesta Origen/Destino	

Fuente: (DICTUC, 2013)

En la Figura 5-1 se presentan en forma de esquema la metodología empleada por MODEM para el cálculo de las emisiones vehiculares; el cual, en base a factores de emisión, modelación de flujos de transporte y composición vehicular estima las emisiones. También es posible modelar el flujo según hora, lo que permitiría el nivel de detalle para modelación de concentración ambiental.

Adicionalmente, se debe considerar que el ingreso de datos de meteorología, como temperatura y días de lluvia, son importantes para calcular emisiones de ciertas categorías.

Figura 5-1 Esquema de la metodología MODEM



Fuente: SECTRA, disponible en: <http://www.sectra.gob.cl/metodologias/modem.htm>



Las emisiones calculadas por MODEM provienen de distintas fuentes o procesos asociadas al transporte terrestre. Los cinco tipos de emisión considerados por MODEM son:

- Emisiones en caliente por tubo de escape
- Emisiones por partidas en frío
- Emisiones evaporativas
- Emisiones por desgaste de frenos y neumáticos
- Emisiones de polvo resuspendido

Las emisiones por desgaste de frenos y neumáticos, y polvo resuspendido, en calles pavimentadas y no pavimentadas, pueden estimarse mediante MODEM, pero deben incluirse en sus respectivas secciones de fuentes fugitivas, en la sección 5.2.1.2.

Los contaminantes considerados por MODEM son:

**Tabla 5-76 Contaminantes considerados en MODEM**

Contaminante	Abreviación
Amoniaco	NH <sub>3</sub>
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>
Hidrocarburo	HC
Material particulado inferior a 10 micrones	MP <sub>10</sub>
Material particulado inferior a 2.5 micrones	MP <sub>2.5</sub>
Metano	CH <sub>4</sub>
Monóxido de carbono	CO
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O
Óxidos de nitrógeno	NO <sub>x</sub>
Partículas totales suspendidas	PTS
Consumo de Combustible <sup>(a)</sup>	CC

Fuente: (DICTUC, 2013)

(a): No es un contaminante, pero se entrega como resultado para otros usos, como validación del consumo total o estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> o SO<sub>2</sub>

También es posible la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> a partir de los resultados entregados por MODEM. En la Tabla 5-77 se presentan los contaminantes emitidos según el tipo de metodología y tipo de emisión.

Tabla 5-77 Contaminantes considerados por metodología y tipo de emisión

Metodología	Tipo Emisión	Contaminante
Tipo Arco	Tubo de escape (emisiones calientes y por partidas en frío)	CC
		HC
		Kilómetros recorridos
		MP10
		MP2.5
		CO
		N <sub>2</sub> O
		NO <sub>x</sub>
		PTS
	Desgaste de freno y Neumático	MP10
		MP2.5
		PTS
	Evaporativas – Durante el recorrido	HC
	Polvo resuspendido	MP10
MP2.5		
PTS		
Tipo Zona	Partidas en frío	Consumo de combustible
		HC
		CO
		NO <sub>x</sub>
	Evaporativas - Detenciones en caliente	HC
	Evaporativas – Durante el día	HC

Fuente: (DICTUC, 2013)

#### 5.3.1.1.1 Parámetros de entrada de MODEM

A continuación se presenta una breve metodología de parámetros a ingresar en MODEM para la obtención de emisiones, para el detalle específico de cómo usar la aplicación MODEM se debe consultar el manual de usuario (DICTUC, 2013).

#### Flujos vehiculares (Nivel de actividad)

Para las ciudades que cuentan con un modelo de transporte, como VIVALDI o ESTRAUS, la información de flujos vehiculares y red vial se debe pedir a la SECTRA.

Para la metodología tipo zona, se recomienda realizar una sectorización de la zona de interés, que sea compatible con las Encuestas Origen Destino (EOD) de viajes. En caso de ser posible, se puede sectorizar en base a las zonas EOD, o agrupaciones de estas, pero se recomienda no dividir una zona EOD en la sectorización.

Para la estimación del tamaño del parque vehicular, en la sección 5.3.1.1.2 se dan fuentes de información.

### Factores de emisión

Para cada uno de los cinco tipos de emisiones se deben ingresar factores de emisión, los cuales pueden depender de la categoría vehicular, categoría tecnológica o velocidad promedio. MODEM viene con factores de emisión incorporados por defecto, los cuales pueden modificarse si el consultor tiene información más reciente o local.

Se detalla a continuación, la metodología general para cada tipo de emisión y los factores de emisión a utilizar. En cada sección se explica la ecuación utilizada en MODEM para el cálculo de las emisiones, para dar mayor claridad respecto a los parámetros de entrada que debe ingresar el consultor.

### Emisiones en caliente por tubo de escape

La ecuación general para estimar las emisiones, a grandes rasgos, se presenta a continuación. Para mayor detalle se puede consultar la guía metodología obtenida de CONAMA (2009):

$$E_{ijkhd} = F_{jp} * CPD_{pkj} * PF_{jkhd} * FE(V_{kjhd})_{ik} * FCC_k * FCD_k * L_j$$

Donde:

- $E_{ijkhd}$ : Emisiones del contaminante “i” en el arco “j” de la categoría vehicular “k” en la hora “h” del día “d” [gr/h]
- $F_{jp}$ : Flujo vehicular total en el arco “j” de la categoría vehicular “p” [veh/h]
- $CPD_{pkj}$ : Composición promedio diaria de la categoría vehicular “p” en tipos de vehículos “k” en el arco “j” [%]
- $PF_{jkhd}$ : Fracción del flujo total de la categoría vehicular “k” en el arco “j” en la hora “h” de un día “d” [%]
- $FE(V_{kjhd})_{ik}$ : Factor de emisión del contaminante “i” para la categoría vehicular “k”; el cual depende de la velocidad “ $V_{kjhd}$ ” [km/h] de la categoría vehicular “k” en el arco “j” en la hora “h” del día “d”. [gr/km-veh]
- $FCC_k$ : Factor de corrección por composición del combustible utilizado por la categoría vehicular “k” [%]
- $FCD_k$ : Factor de corrección por deterioro de la categoría vehicular “k” [%]
- $L_j$ : Largo del arco “j” [km]

El flujo vehicular, largo del arco, fracción del flujo y velocidades se obtienen de la modelación de transporte. La composición vehicular se explica más adelante.

Los factores de emisión recomendados para utilizar se obtienen de las distintas versiones de COPERT, una herramienta desarrollada por la unión europea para la estimación de emisiones. Estos factores fueron recopilados en el inventario de emisiones de Valdivia (SICAM, 2015c), y se presentan con detalle para vehículos, motocicletas, camiones y buses en el anexo VI. En caso de contar con información local de factores de emisión, el consultor puede modificar los factores de emisión a ingresar a MODEM.

En la guía de la CONAMA (2009) se estimaron factores de corrección por composición del combustible de 0.9794 para vehículos pesados a diésel y 0.9395 para vehículos livianos. La guía de CONAMA (2009) también da valores de factores de deterioro anual recomendados. Se pueden utilizar estos valores, presentados en la Tabla 5-78 y Tabla 5-79 para vehículos livianos y camiones respectivamente, o consultar la guía de CONAMA (2009) para revisar la metodología con mayor detalle.

**Tabla 5-78 Deterioro anual para vehículos livianos**

Combustible	Categoría	Sello	CO	CO2	COV	NH3	NOX	MP2.5	SOX
Diesel	Particular	Con sello verde	6%	4%	3%	3%	3%	6%	3%
		Sin sello verde	3%	3%	6%	1%	6%	3%	10%
	Comercial	Con sello verde	6%	4%	4%	3%	3%	1%	3%
		Sin sello verde	3%	3%	6%	1%	6%	3%	10%
Gasolina	Particular	Con sello verde	8%	3%	6%	1%	6%	3%	2%
		Sin sello verde	3%	8%	3%	10%	10%	3%	2%
	Comercial	Con sello verde	3%	3%	3%	1%	2%	3%	2%
		Sin sello verde	3%	3%	8%	10%	10%	1%	2%

Fuente: (CONAMA, 2009)

**Tabla 5-79 Deterioro anual para camiones**

Sello	Categoría	CO	CO2	COV	NH3	NOX	MP2.5	SOX
Con sello verde (posteriores a 1993)	Liviano	6%	4%	3%	3%	3%	6%	3%
	Mediano	6%	4%	4%	3%	3%	1%	3%
	Pesado	6%	4%	3%	3%	3%	1%	3%
Sin sello verde (anteriores a 1993)	Liviano	3%	3%	6%	1%	6%	3%	10%
	Mediano	3%	3%	6%	1%	6%	3%	10%
	Pesado	3%	3%	6%	1%	6%	3%	10%

Fuente: (CONAMA, 2009)

Como se mencionó anteriormente, las emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> se pueden estimar a partir de los resultados de MODEM. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se pueden estimar con la siguiente ecuación, presentada en COPERT III, la cual depende de resultados entregados por MODEM:

$$E_{CO_2,i} = 44.01 * \frac{CC_{i,k}}{12.01 + 1.008 * r_{H:Ck}} - \frac{E_i^{CO}}{28.01} - \frac{E_i^{HC}}{13.85} - \frac{E_i^{MP}}{12.01}$$

Donde:

- $E_{CO_2,i}$ : Emisiones de dióxido de carbono emitidas por el vehículo tipo "i" [ton/año]
- $CC_{i,k}$ : Consumo de combustible "k" del tipo de vehículo "i" [ton/año]
- $R_{H:Ck}$ : Relación entre el hidrogeno y carbono existente en el combustible "k" (1.8 para gasolina y 2 para diésel)
- $E_i^{CO}$ : Emisiones de monóxido de carbono emitidas por el vehículo tipo "i" [ton/año]
- $E_i^{HC}$ : Emisiones de hidrocarburos emitidas por el vehículo tipo "i" [ton/año]
- $E_i^{MP}$ : Emisiones de material particulado emitidas por el vehículo tipo "i" [ton/año]

Las emisiones de SO<sub>2</sub> se pueden estimar a partir de la siguiente ecuación:

$$E_{SO_2,i} = 2 * CC_{i,k} * S_{comb,k}$$

Donde:

- $E_{SO_2,i}$ : Emisiones de dióxido de azufre emitidas por el vehículo tipo "i" [ton/año]
- 2: Corrección por peso molecular del azufre (16 g/mol) con el dióxido de azufre (32 g/mol)
- $CC_{i,k}$ : Consumo de combustible "k" del tipo de vehículo "i" [ton/año]
- $S_{comb,k}$ : Contenido de azufre del tipo de combustible "k" [masa/masa]

Las emisiones de mercurio se pueden estimar en base al consumo de combustible y al contenido promedio de mercurio en este, el cual se presenta en la Tabla 5-80.

Tabla 5-80 Concentración media de mercurio en combustibles [ppb o ug/kg]

Combustible	Contenido Mercurio
Diesel	0.4
Gasolina	0.7

Fuente: Medias obtenidas del estudio de (Liang, Horvat, & Danilchik, 1996)

Si se desean incluir factores de corrección de combustible y por deterioro, se pueden consultar la guía de CONAMA (2009), donde se explica con detalle la metodología para su obtención y fuentes de información.

### Emisiones por partidas en frío

Las emisiones por partidas en frío corresponden a emisiones generados con el motor operando en temperaturas por debajo de las de operación normal. Estas emisiones son relevantes en ciudades con temperaturas bajas y viajes cortos. La ecuación para estimarlas es:

$$E_{ijkm} = E_{cal,ijkm} * \left( \frac{e_{frío}}{e_{cal}} \right)_{jk} * T_m * F_{viaje}$$

Donde:

- $E_{ijkm}$ : Emisión de la comuna “i” para el contaminante “j” de la categoría vehicular “k” en el mes “m” [ton/mes]
- $E_{cal,ijkm}$ : Emisiones calculadas con la metodología arcos en caliente, para la comuna “i” para el contaminante “j” de la categoría vehicular “k” en el mes “m” [ton/mes]
- $e_{frío}/e_{cal}$ : Razón de emisiones entre motor frío y motor caliente para el contaminante “j” y la categoría vehicular “k” [adimensional]
- $T_m$ : Temperatura promedio del mes “m” [°C]
- $F_{viaje}$ : Fracción del viaje con el motor frío, depende de  $T_m$  y el largo promedio de un viaje

Para mayor detalle de la metodología de estas emisiones y valores de factores de emisión a considerar, se puede consultar la guía de CONAMA (2009). Se pueden utilizar los valores por defecto incluidos en MODEM, con la consideración de agregar la temperatura promedio del mes, la cual puede obtenerse a partir de la dirección meteorológica de Chile.

### Emisiones evaporativas

Las emisiones evaporativas ocurren durante el trayecto, por lo que se calculan directamente a partir de los flujos modelados. La ecuación es la siguiente:

$$E_{evapRLkj} = FE_{evapRLk} * F_{kj} * L_j$$

Donde:

- $E_{evapRLkj}$ : Emisiones evaporativas debidas al recorrido de la categoría vehicular “k” por el arco “j” [gr/h]
- $FE_{evapRLk}$ : Factor de emisión para emisiones evaporativas debidas al recorrido de la categoría “k” [gr/km]
- $F_{kj}$ : Flujo de vehículos de la categoría “k” en el arco “j” [veh/h]
- $L_j$ : Longitud del arco “j” [km]

También existen emisiones por variaciones naturales de temperatura durante el día, las cuales no dependen de los kilómetros recorridos. La ecuación es la siguiente:

$$E_{evapDk} = Nv_k * FE_{evapDk}$$

Donde:

- $E_{evapDk}$ : Emisiones evaporativas debido a variaciones de temperatura durante el día

- $Nv_k$ : Número de vehículos de la categoría “k”
- $FE_{evapD_k}$ : Factor de emisión para emisiones debido a variaciones de temperatura durante el día, para la categoría “k”

Para mayor detalle de la metodología de estas emisiones y valores de factores de emisión a considerar, se puede consultar la guía de CONAMA (2009).

#### ***Emisiones por desgaste de frenos y neumáticos***

La metodología de este tipo de emisión ya se presentó con detalle en esta guía, en la sección 5.2.1.2.2 en fuentes fugitivas.

#### ***Emisiones de polvo resuspendido***

La metodología de este tipo de emisión ya se presentó con detalle en esta guía, en las secciones 5.2.1.2.1 , en fuentes fugitivas.

#### **5.3.1.1.2 Categorías Vehiculares**

Como el detalle de flujos de vehículos dados por los modelos de transporte no especifica la tecnología, se requiere información adicional de composición tecnológica de la flota. Esto porque la metodología considera que los factores de emisión dependen de la tecnología vehicular.

Las categorías vehiculares a ingresar a MODEM se clasifican según el Código de Clasificación de fuentes (CCF). El código de clasificación de 6 dígitos (CCF6) presenta el nivel de detalle de categoría vehicular, mientras que el código de 8 dígitos (CCF8) presenta un mayor nivel de detalle hasta tecnología. La desagregación de estas categorías se resume en la Tabla 5-81, mostrando los 4 tipos de vehículos principales, su desagregación, combustibles utilizados y tecnologías. Las clasificaciones de ambas agrupaciones se presentan con mayor detalle en el anexo VII, en la Tabla 7-32 (CCF6) y Tabla 7-33 (CCF8). Como ya se ha mencionada anteriormente, las clasificaciones definidas en este manual para el sector móviles en ruta son compatibles con el CCF8.

Tabla 5-81 Desagregación de categorías vehiculares a incluir en MODEM

Tipo	Desagregación	Combustible	Tecnología
<b>Vehículos</b>	Livianos, Medianos	Gasolina, Diésel, GNC, Híbridos	pre Euro, Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5
<b>Motocicletas</b>	Dos tiempos, Cuatro tiempos	-	Sin norma, Euro 1, Euro 2, Euro 3
<b>Camiones</b>	Livianos, Medianos, Pesados	Diésel	Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4
<b>Buses</b>	Urbanos, Interurbanos, Rurales	Diésel	Sin norma, Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4

Fuente: Elaboración propia en base a (DICTUC, 2013)

Información del parque vehicular se puede obtener desde información de revisión técnica del MTT o permisos de circulación del INE. Otra alternativa para caracterizar el parque vehicular es a partir de datos obtenidos en campaña de conteo en terreno<sup>26</sup>.

Si se cuenta con información del parque vehicular sin detalle de la composición tecnológica de este, se debe desagregar utilizando la composición tecnológica por tipo de vehículo de alguna otra ciudad que tenga información. Por lo general, las ciudades con modelo de transporte presentan mayor detalle de la composición tecnológica de la flota. Se recomienda elegir una ciudad con actividades económicas similares a la ciudad de interés, y con tamaño de parque vehicular similar. Se debe tener en consideración que la composición tecnológica de la flota de Santiago no puede usarse para distribuir ninguna flota de otra ciudad. Esto porque Santiago cuenta con normativas vehiculares propias que modifican su parque.

### 5.3.1.1.3 Obtención de emisiones desde MODEM

Las emisiones de las fuentes móviles en ruta se obtienen de la aplicación de MODEM, el cual permite generar reportes con distinto nivel de detalle:

- Emisiones anuales por arco y CCF6
- Emisiones anuales por comuna y CCF6
- Emisiones anuales por CCF6
- Emisiones anuales por comuna y CCF8
- Emisiones anuales por contaminante

<sup>26</sup> En caso de que existe un estudio al respecto en la zona de interés



A modo de ejemplo, en la Figura 5-2, se muestra un archivo de salida en formato *Excel* generado por MODEM. Este corresponde a emisiones anuales por comuna y CCFF8. Se ven columnas indicadores para la comuna, las clasificaciones CCFF6 y CCFF8, el contaminante, el tipo de emisión y el valor de la emisión.

**Figura 5-2 Archivo de salida generado por MODEM: Emisiones por comuna y CCFF8**

COM_NOM	CCF6_NOMBRE	CCF8_NOM	CONT_ABRE	TDES_NOM	TON_ANO
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler diesel Euro 4	PTS	Partidas en frío	9.81E-06
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	CC	Partidas en frío	0.672392
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	CO	Partidas en frío	0.123533
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	HC	Detenciones en caliente	0.013744
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	HC	Durante el día	0.014026
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	HC	Partidas en frío	0.021331
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	NOX	Partidas en frío	0.021738
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	CC	Partidas en frío	7.397521
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	CO	Partidas en frío	0.640399
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	HC	Detenciones en caliente	0
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	HC	Durante el día	0.154316
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	HC	Partidas en frío	0.01126
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	NOX	Partidas en frío	0.018367
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4	CC	Partidas en frío	0.913561
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4	CO	Partidas en frío	0.010272
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4	HC	Detenciones en caliente	0.018673
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4	HC	Durante el día	0.019057
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4	HC	Partidas en frío	0.000157
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4	NOX	Partidas en frío	0.000691
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros no catalíticos	CC	Partidas en frío	0
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros no catalíticos	CO	Partidas en frío	0
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros no catalíticos	HC	Detenciones en caliente	0
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros no catalíticos	HC	Durante el día	0
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros no catalíticos	HC	Partidas en frío	0
Cerrillos	Alquiler	Vehículos de alquiler gasolineros no catalíticos	NOX	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas a GNC Euro 1	CC	Partidas en frío	0.021988
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas a GNC Euro 1	CO	Partidas en frío	0.002148
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas a GNC Euro 1	HC	Partidas en frío	6.31E-05
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas a GNC Euro 1	NOX	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1	CC	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1	CO	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1	HC	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1	NOX	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1	PM10	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1	PM2_5	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1	PTS	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2	CC	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2	CO	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2	HC	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2	NOX	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2	PM10	Partidas en frío	0
Cerrillos	Comerciales uso de empresas	Vehículos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2	PM2_5	Partidas en frío	0

Fuente: Elaboración propia en base a archivo de salida generado por MODEM:  
mz\_comuna\_ccf8.xls

Es decisión del consultor cual reporte generar y utilizar para agregar la información y presentarla en el inventario de emisiones. Las categorías CCFF8 son compatibles con la estructura propuesta en este manual para fuentes móviles en ruta. La clasificación de estas categorías en la estructura del manual se presenta en el Anexo VIII.

Se recomienda incluir adjunto a los resultados del inventario de emisiones los reportes arrojados por MODEM, con el nivel de detalle más desagregado posible. También se recomienda incluir en el inventario resultados de kilómetros recorridos promedio y velocidad promedio por tipo de vehículo, para facilitar la evaluación de medidas en la reducción de emisiones.

MODEM no tiene incorporado factores de emisión para el carbono negro, pero estas se pueden estimar a partir de las emisiones de material particulado (MP). Para esto se requiere la fracción de carbono negro en el material particulado, la cual depende del tipo de vehículo y tecnología. Se recomienda<sup>27</sup> utilizar las fracciones estimadas en el estudio de Ntziachristos et al. (2007), en el cual se estiman fracciones carbono elemental (CE) en el material particulado fino (MP2.5). Para la utilización de estos factores se está asumiendo que la cantidad emitida de carbono elemental es comparable con la emisión de carbono negro, aludiendo a que la diferencia radica en que la cantidad que se conoce como carbono elemental está atribuida al comportamiento refractario de la muestra, mientras que el término CN está referido al comportamiento óptico de la muestra (Bond et al., 2004). Las fracciones a utilizar se presentan en la Tabla 5-82.

---

<sup>27</sup> Esta metodología es la empleada y validada en el inventario de contaminantes climáticos de vida corta, en el marco del estudio "APOYO A LA INICIATIVA PARA EL PLAN DE MITIGACIÓN DE LOS CONTAMINANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA EN CHILE", solicitado por la subsecretaría del Medio Ambiente.

Tabla 5-82 Fracción BC/MP2.5 por categoría vehicular

Categoría vehicular	Tecnología	BC/MP2.5
<b>Vehículos diésel pesados</b>	Convencional	0.50
	Euro I	0.65
	Euro II	0.65
	Euro III	0.70
	Euro IV	0.75
	Euro V	0.75
	Euro VI	0.15
<b>Camiones livianos</b>	Convencional	0.55
	Euro I	0.70
	Euro II	0.80
	Euro III	0.85
	Euro IV	0.87
	Euro V	0.20
	Euro VI	0.29
<b>Vehículos livianos de uso de pasajeros y uso comercial</b>	Convencional	0.30
	Euro I	0.25
	Euro II	0.22
	Euro III	0.25
	Euro IV	0.15
	Euro V	0.17
	Euro VI	0.17
<b>Vehículos livianos de uso de pasajeros y uso comercial a diésel</b>	Convencional	0.70
	Euro I	0.80
	Euro II	0.80
	Euro III	0.72
	Euro IV	0.69
	Euro V	0.25
	Euro VI	0.25

Fuente: (Ntziachristos et al., 2007)

### 5.3.1.2 Metodología ciudades sin modelo de transporte

Para el caso de ciudades sin modelo de transporte, se propone utilizar una metodología similar a la utilizada por MODEM. Se consideran los mismos tipos de emisión que MODEM:

- Emisiones en caliente por tubo de escape

- Emisiones por partidas en frío
- Emisiones evaporativas
- Emisiones por desgaste de frenos y neumáticos
- Emisiones de polvo resuspendido

Es importante destacar que la diferencia entre ambas metodologías, de ciudades con modelo de transporte y sin, es que para las ciudades sin modelo de transporte se debe estimar el nivel de actividad de kilómetros recorridos (flujos vehiculares) con menor detalle, y se deben utilizar factores de emisión promedio<sup>28</sup>.

#### 5.3.1.2.1 Nivel de actividad

Se propone utilizar una metodología *Top-Down* para estimar el nivel de actividad. La metodología consiste en utilizar velocidades y kilómetros recorridos promedio por categoría vehicular, obtenidos a partir de datos de una ciudad que cuente con un modelo de transporte. La elección de la ciudad con modelo de transporte a utilizar queda a criterio del consultor. Se recomienda una ciudad de tamaño y número de habitantes similar a la zona de estudio.

En la guía metodológica de CONAMA (2009) se dan valores de kilómetros recorridos por tipo de vehículo y velocidades promedio, según el tamaño de la flota de la ciudad. Estos valores pueden ser utilizados por defecto, y se presentan en la Tabla 5-83 y Tabla 5-84:

Tabla 5-83 Kilómetros recorridos anuales por tipo de vehículo [km/veh]

Tipo Vehículo	Tamaño del parque vehicular		
	<=25,000	>25,000 <= 50,000	>50,000
<b>Bus</b>	30,212	34,436	54,497
<b>Camión Liviano-Mediano</b>	3,789	10,332	54,295
<b>Camión Pesado</b>	24,445	25,569	120,876
<b>Comerciales</b>	7,990	12,331	13,549
<b>Motos</b>	1,796	4,358	6,652
<b>Particulares</b>	5,592	6,841	9,511
<b>Taxi- Taxi colectivo</b>	31,677	44,975	54,785

Fuente: (CONAMA, 2009)

<sup>28</sup> Esto es usar factores de emisión promedio por vehículo, o calcular los factores de emisión utilizando una velocidad promedio. Se explica con mayor detalle en la sección de Factores de emisión.

Tabla 5-84 Velocidad promedio por tipo de vehículo [km/h]

Tipo Vehículo	Tamaño del parque vehicular		
	<=25,000	>25,000 <= 50,000	>50,000
Bus	20	23	19
Camión Liviano-Mediano	31	38	43
Camión Pesado	35	47	46
Comerciales	36	37	37
Motos	35	37	36
Particulares	35	37	39
Taxi- Taxi colectivo	27	29	25

Fuente: (CONAMA, 2009)

Para caracterizar el parque vehicular, se utiliza la misma metodología presentada en la sección 5.3.1.1.2. Esto se resume en obtener información del parque vehicular desde información de revisión técnica del MTT o permisos de circulación del INE. Otra alternativa para caracterizar el parque vehicular es a partir de datos obtenidos en campaña de conteo en terreno<sup>29</sup>.

#### 5.3.1.2.2 Factores de emisión

Se detallan a continuación los factores de emisión a utilizar o metodología para estimarlos. Para la estimación del carbono negro, se pueden utilizar las mismas fracciones de CN en MP2.5 presentadas en la sección 5.3.1.1.3.

##### *Emisiones en caliente por tubo de escape*

Se utiliza la misma ecuación presentada en la sección 5.3.1.1.1 para emisiones en caliente por tubo de escape. La diferencia es que se utiliza un nivel de actividad estimado y velocidades promedio para la obtención de los factores de emisión. Las fórmulas de los factores de emisión, presentadas con detalle por categoría vehicular y contaminante, se encuentran en el anexo VI.

##### *Emisiones por partidas en frío y evaporativas*

Dados que las ecuaciones para emisiones por partidas en frío y emisiones evaporativas, presentadas en la sección 5.3.1.1.1, dependen de un mayor número de parámetros, en la guía de la CONAMA (2009) se recomienda utilizar un factor de emisión promedio.

Para vehículos gasolineros, el factor de emisión promedio a utilizar se puede obtener a partir de la aplicación de MODEM en otra ciudad que cuente con modelo de transporte. Este depende del tipo de vehículo. La ecuación para estimarlo es:

<sup>29</sup> En caso de que existe un estudio al respecto en la zona de interés

$$FE_{ci} = \frac{E_{ci}}{P_i}$$

Donde:

- $FE_{ci}$ : Factor de emisión promedio del contaminante “c”, para el vehículo tipo “i” [ton/año]
- $E_{ci}$ : Emisiones del contaminante “c” del tipo de vehículo “i” por emisiones por partida en frío y evaporativas
- $P_i$ : Parque total del tipo de vehículo “i”.

Al igual que para estimar el nivel de actividad en base a la aplicación de MODEM en otra ciudad, se recomienda elegir una ciudad similar en tamaño y parque. En la guía de la CONAMA (2009) se dan factores de emisión promedio de 17 ciudades con modelo de transporte, los cuales pueden utilizarse por defecto. Estas se presentan en la Tabla 5-85, separados según el tamaño del parque vehicular de la ciudad.

**Tabla 5-85 Factores de emisión para emisiones por partidas en frío y evaporativas [ton/vehículo]**

Tamaño del parque vehicular	Tipo Vehículo	CC	CO	HC	Nox
< 25,000	Comerciales	0.0199	0.008	0.0114	0.0003
	Particulares	0.0166	0.0076	0.0119	0.0002
	taxi - taxi colectivo	0.0387	0.0066	0.0193	0.0007
> 25,000 y < 50,000	Comerciales	0.0465	0.023	0.0112	0.0006
	Particulares	0.0342	0.0181	0.0102	0.0004
	taxi - taxi colectivo	0.1911	0.041	0.0308	0.0032
> 50,000	Comerciales	0.0304	0.0131	0.0112	0.0006
	Particulares	0.021	0.0102	0.011	0.0003
	taxi - taxi colectivo	0.0908	0.0212	0.0287	0.0015

Fuente: (CONAMA, 2009)

### **Emisiones por desgaste de frenos y neumáticos**

La metodología de este tipo de emisión ya se presentó con detalle en esta guía, en la sección 5.2.1.2.2 en fuentes fugitivas. Se deben utilizar datos de nivel de actividad promedio.

### **Emisiones de polvo resuspendido**

La metodología de este tipo de emisión ya se presentó con detalle en esta guía, en las secciones 5.2.1.2.1, en fuentes fugitivas. Se deben utilizar datos de nivel de actividad promedio.

### 5.3.2 Fuera de ruta

<b>Tipo</b>	Móviles <sup>30</sup>
<b>Subtipos</b>	Fuera de ruta
<b>Tipo Emisión</b>	Combustión interna
<b>Fuentes</b>	Maquinaria

La metodología para estimar las emisiones fuera de ruta se basa en la metodología utilizada en el análisis técnico-económico de la norma de emisión para motores de maquinaria fuera de ruta (Geasur, 2014). Este estudio utiliza la metodología propuesta por la EPA para la obtención de los factores de emisión (EPA, 2010a). Dado que la metodología es general para todas fuentes emisoras (maquinarias), no se presenta desglosada en este manual.

La ecuación general para estimar las emisiones es la siguiente:

$$E_i = \sum_k N_k * NA_k * kW_k * FC_k * FE_{k,i}$$

Donde:

- $E_i$ : Emisiones del contaminante "i" [g]
- $N_k$ : Población de la maquinaria "k"
- $NA_k$ : Nivel de actividad en horas de funcionamiento de la maquinaria "k" [horas]
- $kW_k$ : Potencia nominal de la maquinaria "k" [kW]
- $FC_k$ : Factor de carga de la potencia de la maquinaria "k" [adimensional]
- $FE_{k,i}$ : Factor de emisión del contaminante "i" de la maquinaria "k" [g/kW-hr]

Así, la metodología consiste en recopilar información de maquinaria fuera de ruta en la zona de interés, dividirla en distintas categorías para la obtención de factores de emisión específicos por tecnología y rango de potencia, y obtener estimaciones de horas de funcionamiento. A continuación, se detalla cómo obtener los factores de emisión y niveles de actividad a utilizar en esta ecuación.

#### Factores de emisión

El factor de emisión depende del rango de potencia y de la tecnología de la maquinaria, por lo que es necesario caracterizar correctamente la flota para estimar los factores de emisión. La ecuación general para estimar el factor de emisión es la siguiente, la cual considera un ajuste por operación transiente y por deterioro del equipo.

<sup>30</sup> Cabe destacar que a pesar de que la maquinaria fuera de ruta se encuentra clasificadas dentro de fuentes móviles, este tipo de fuentes emisoras literalmente corresponden a fuentes areales ya que su movimiento se encuentra asociado a un área en particular.

$$FE_{aj} = FE_{EE} * TAF * FD$$

Donde:

- $FE_{aj}$ : Factor de emisión ajustado [g/kW-hr]
- $FE_{EE}$ : Factor de emisión en estado estacionario de equipo nuevo [g/kW-hr]
- TAF: Factor de ajuste transiente [adimensional]
- FD: Factor de deterioro [adimensional]

Esta ecuación permite estimar factores de emisión para hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx).

Para el caso del material particulado (MP10), el factor de emisión debe corregirse por las diferencias entre el contenido de azufre del combustible usado en la operación y el contenido de azufre utilizado para calcular el factor de emisión de un equipo nuevo ( $FE_{EE}$ ). Así, para el factor de emisión del MP se le debe restar la siguiente expresión:

$$S_{MPaj} = BSCF * 7 * soxcnv * 0.01 * (soxbas - soxdsl)$$

Donde:

- $S_{MPaj}$ : Ajuste del MP por contenido de azufre [g/kW-hr]
- BSCF: Consumo específico de combustible del freno [g/kW-hr]
- 7: Ratio de gramos de sulfato en el MP por gramos de azufre en el MP
- Soxcnv: Ratio de gramos de azufre en MP por gramos de azufre en combustible, típicamente entre 0.02 a 0.3
- 0.01: Conversión de porcentaje a fracción
- Soxbas: Contenido de azufre del combustible utilizado en la certificación [%]
- Soxdsl: Contenido de azufre del combustible utilizado por el usuario [%]

Para obtener el factor de emisión del MP2.5, este se puede considerar como un 97% de las emisiones de MP10 de maquinaria fuera de ruta, de acuerdo a lo propuesto por la EPA (EPA, 2010a).

Los factores de emisión para el  $CO_2$  y  $SO_2$  se calculan a partir del consumo específico de combustible del freno (BSCF) y del factor de emisión de los hidrocarburos:

$$FE_{CO_2} = (BSCF - FE_{HCaj}) * 0.87 * 44/12$$

Donde:

- $FE_{CO_2}$ : Factor de emisión para el  $CO_2$  [g/kW-hr]
- $FE_{HCaj}$ : Factor de emisión ajustado del HC [g/kW-hr]
- 0.87: Fracción de masa en el carbono del diésel
- 44/12: Proporción de masa del  $CO_2$  con el carbono, según pesos moleculares



$$FE_{SO_2} = (BSCF * (1 - soxcnv) - FE_{HCaj}) * 0.01 * soxdsl * 2$$

Donde:

- $FE_{SO_2}$ : Factor de emisión para el  $SO_2$  [g/kW-hr]
- 0.01: Conversión de porcentaje a fracción
- 2: Proporción de masa del  $SO_2$  con el azufre, según pesos moleculares (32/16)

Las emisiones de BC se estiman a partir de las emisiones de material particulado grueso (MP10). En el estudio de Bond et al. (2004) se estima una fracción de 0.5676 de CN en MP10 para maquinaria fuera de ruta.

### Factores de emisión equipos nuevos

Los factores de emisión de equipos nuevos ( $F_{EE}$ ) dependen del rango de potencia y del tipo de tecnología. Los factores de emisión se obtuvieron del AGIES de la norma de emisión para maquinaria fuera de ruta (Geasur, 2014), el cual los obtuvo desde la EPA (EPA, 2010a). En el mismo estudio de la EPA se da la recomendación de considerar el MP10 como 100% del MP y el MP2.5 como el 97%.

**Tabla 5-86 Factores de emisión de equipos nuevos: Maquinaria Fuera de ruta [g/kW-hr]**

Potencia	Tecnología	BSFC [lb/kW-hr]	$F_{EE}$ HC	$F_{EE}$ CO	$F_{EE}$ NOx	$F_{EE}$ MP (a)
>19 A 37 kW	Tier 0	0.55	2.40	6.70	9.25	1.10
	Tier 1		0.40	2.10	6.00	0.50
	Tier 2		0.40	2.10	6.34	0.50
	Tier 4INT		0.40	2.10	6.34	0.30
	Tier 4B		0.18	0.21	4.02	0.02
>37 A 56 kW	Tier 0	0.55	1.33	4.68	9.25	0.97
	Tier 1		0.70	3.20	7.51	0.60
	Tier 2		0.50	3.20	6.30	0.30
	Tier 4INT		0.20	3.20	4.02	0.30
	Tier 4B		0.18	0.32	4.02	0.02
>56 A 75 kW	Tier 0	0.55	1.33	4.68	9.25	0.97
	Tier 1		0.70	3.20	7.51	0.60
	Tier 2		0.50	3.20	6.30	0.30
	Tier 3		0.20	3.20	4.00	0.40
	Tier 4INT		0.18	0.32	4.02	0.01
	Tier 4N		0.18	0.32	0.37	0.01
>75 A 130 kW	Tier 0	0.49	0.91	3.62	11.24	0.54
	Tier 1		0.50	1.20	7.58	0.40
	Tier 2		0.50	1.20	5.50	0.20
	Tier 3		0.20	1.20	3.00	0.30
	Tier 4INT		0.18	0.12	3.35	0.01

Potencia	Tecnología	BSFC [lb/kW-hr]	FE <sub>EE</sub> HC	FE <sub>EE</sub> CO	FE <sub>EE</sub> NOx	FE <sub>EE</sub> MP (a)
>130 A 225 kW	Tier 4N	0.49	0.18	0.12	0.37	0.01
	Tier 0		0.91	3.62	11.24	0.54
	Tier 1		0.40	1.00	7.48	0.30
	Tier 2		0.40	1.00	5.36	0.20
	Tier 3		0.20	1.00	3.00	0.20
	Tier 4INT		0.18	0.10	3.35	0.01
	Tier 4		0.18	0.10	0.37	0.01
>225 A 450 kW	Tier 0	0.49	0.91	3.62	11.24	0.54
	Tier 1		0.30	1.80	8.00	0.30
	Tier 2		0.20	1.10	6.00	0.20
	Tier 3		0.20	1.10	3.00	0.20
	Tier 4INT		0.18	0.11	3.35	0.01
	Tier 4		0.18	0.11	0.37	0.01
	>450 A 560 kW		Tier 0	0.49	0.91	3.62
Tier 1		0.20	1.80		8.00	0.30
Tier 2		0.20	1.80		5.00	0.20
Tier 3		0.20	1.80		3.00	0.20
Tier 4INT		0.18	0.18		3.35	0.01
Tier 4		0.18	0.18		0.37	0.01

(a): Considerar para el MP10 un 100% del MP y para el MP2.5 un 97%, de acuerdo a (EPA, 2010a, p. 1)

Fuente: (Geasur, 2014) a partir de datos presentados en (EPA, 2010a)

**Factor de deterioro**

El deterioro del motor genera un incremento en las emisiones, en el modelo de la EPA este incremento se asume de manera lineal, y se calcula como:

$$FD = 1 + A * (Factor\ Edad)^b ; si\ Factor\ Edad \leq 1$$

$$FD = 1 + A ; si\ Factor\ Edad > 1$$

Donde:

- FD: Factor de deterioro
- A: Constante empírica dependiente del contaminante y el tipo de tecnología
- $Factor\ Edad = \frac{Horas\ acumuladas * Factor\ de\ carga}{Vida\ media\ a\ carga\ completa [hr]}$
- b: Constante, para vehículos a diésel se asume un deterioro lineal (b=1)

Esta ecuación asume que no existe deterioro más allá de la vida media de la maquinaria, debido al cambio de equipos o mantenencias necesarias. Los factores empíricos “A” se presentan a continuación:

Tabla 5-87 Factor empírico "A" del factor de deterioro

Contaminante	Tier 1	Tier 2	Tier 3+
HC	0.036	0.034	0.027
CO	0.101	0.101	0.151
NOx	0.024	0.009	0.008
MP	0.473	0.473	0.473

Fuente: (Geasur, 2014) a partir de datos presentados en (EPA, 2010a)

La vida media se obtiene de un estudio desarrollado por la EPA (EPA, 2010b), cuyos valores por rango de potencia fueron recopilados en el estudio de Geasur (2014).

Tabla 5-88 Vida media para maquinaria fuera de ruta según rango de potencia

Potencia	Vida Media [hr]
>19 - 37 kW	2,500
>37 – 75 kW	4,667
>75 - 130 kW	4,667
>130 - 225 kW	4,667
>225 - 450 kW	7,000
>450 - 560 kW	7,000
> 560 kW	7,000

Fuente: (Geasur, 2014) a partir de datos presentados en (EPA, 2010b)

### **Factor de ajuste transiente**

El factor de ajuste transiente (TAF) es una corrección a los factores de emisión obtenidos con pruebas en estado estacionario, los cuales pueden no ser representativos a las condiciones de operación normales. El factor de ajuste se calcula como un ratio entre la emisión en estado transiente con la emisión en estado estacionario. En la EPA (EPA, 2010a) se dan valores de estos factores para distintas maquinarias y tecnologías. Se debe tener en cuenta que los factores de emisión para equipos Tier 4 ya incluyen el régimen transiente por lo que no es necesario la aplicación del factor de ajuste transiente.

Los factores de ajuste transiente a utilizar se presentan a continuación, los cuales fueron recopilados en el estudio de Geasur (2014).

Tabla 5-89 Factores de Ajuste transiente

Maquinaria	HC (SN-T3)	CO (SN-T3)	NOx (SN-T2)	NOx (Tier 3)	MP10 (SN-T2)	MP10 (Tier 3)
Barredoras	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Bulldozer	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Camiones Fuera de Carretera	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Cargador Frontal	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Dumper	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Plataforma telescópica	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Excavadoras	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Grúa telescópica	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Equip fell / bunch / skidders	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Minicargadoras	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Grúa Horquilla	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Grúa horquilla todo terreno	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Motoniveladoras	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Quitanieve	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Otro Equipo Agrícola	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Otro Equipo Para Minería Subterránea	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Otro material de construcción	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Otros industrial general Equipo	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Asfaltadora	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Perforador	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Rodillos	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	1.1	1.5	1.0	1.0	1.2	1.5
Tractores agrícolas y forestal	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Zanjadoras	2.3	2.6	1.1	1.2	2.0	2.4

SN: Sin Norma

Fuente: (Geasur, 2014) a partir de datos presentados en (EPA, 2010a)

### Nivel de actividad

Para la obtención de la cantidad de maquinaria en la zona de interés se puede consultar información de aduanas, resoluciones de calificación ambiental o encuestas a las principales empresas constructoras, agrícolas y mineras de la zona. En el estudio de Geasur (2014), anexo IV, se presenta una tabla de homologación entre las categorías definidas por la EPA y las categorías de maquinaria presentadas en la base de datos de aduana. En este mismo estudio se realizó una recopilación de las principales maquinarias por rubro a nivel nacional para el año 2013. El consultor como primera aproximación puede utilizar esta información base para estimar el total de maquinaria en la zona de interés.

La información de maquinaria en la zona de interés debe contar con el detalle de potencia nominal del equipo y tecnología, para poder estimar adecuadamente su factor de emisión, de acuerdo a como se explicó anteriormente (en factores de emisión de fuera de ruta).

Las horas de funcionamiento y factores de carga estándar, por tipo de maquinaria, se obtienen del estudio desarrollado por la EPA (EPA, 2010a), información recopilada en el estudio de Geasur (2014). En caso de contar con información detallada de horas de funcionamiento o factores de carga, se debe utilizar para el cálculo de las emisiones, sino se pueden utilizar los valores por defecto presentados en la Tabla 5-90.

**Tabla 5-90 Factor de carga y horas de funcionamientos anuales por tipo de maquinaria**

<b>Maquinaria</b>	<b>Factor de Carga</b>	<b>Horas de funcionamiento anuales</b>
Plataforma telescópica	0.21	384
Tractores agrícolas y forestal	0.59	475
Perforador	0.43	466
Grúa telescópica	0.43	990
Dumper	0.21	566
Excavadoras	0.59	1,092
Grúa Horquilla	0.59	1,700
Motoniveladoras	0.59	962
Equip fell / bunch / skidders	0.59	1,276
Camiones Fuera de Carretera	0.59	1,641
Otro Equipo Agrícola	0.59	381
Otro material de construcción	0.59	606
Otros industrial general Equipo	0.43	878
Otro Equipo Para Minería Subterránea	0.21	1,533
Asfaltadora	0.59	821
Rodillos	0.59	760
Grúa horquilla todo terreno	0.59	662
Bulldozer	0.59	899
Cargador Frontal	0.59	761
Minicargadoras	0.21	818
Quitanieve	0.34	40
Barredoras	0.43	1,220
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	0.21	1,135
Zanjadoras	0.59	593

Fuente: (Geasur, 2014) a partir de datos presentados en (EPA, 2010a)

## 6. Bibliografía

- Akagi, S. K., Yokelson, R. J., Wiedinmyer, C., Alvarado, M. J., Reid, J. S., Karl, T., ... Wennberg, P. O. (2011). Emission factors for open and domestic biomass burning for use in atmospheric models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(9), 4039–4072. <https://doi.org/10.5194/acp-11-4039-2011>
- AMBIOSIS. (2011). Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas Metodología SINCA 2011. Retrieved from [http://www.sinia.cl/1292/articles-52667\\_GuiaMInventarioEmisionesAtmosfericas2011.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-52667_GuiaMInventarioEmisionesAtmosfericas2011.pdf)
- ATS Energía. (2015). ANTECEDENTES PARA LA ELABORACIÓN DE LA NORMA DE CALDERAS, DENTRO DEL PLAN DE PREVENCIÓN Y DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICO PARA LA REGIÓN METROPOLITANA.
- Banco Mundial. (2008). *Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de energía térmica*. World Bank Group. Retrieved from [http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui\\_EHSGuidelines2007\\_LNG\\_Spanish/\\$FILE/0000199659ESes+LNG.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_LNG_Spanish/$FILE/0000199659ESes+LNG.pdf)
- Bond, T. C., Streets, D. G., Yarber, K. F., Nelson, S. M., Woo, J. H., & Klimont, Z. (2004). A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 109(14), 1–43. <https://doi.org/10.1029/2003JD003697>
- CARB. (1993). Section 7.3 Residential Fuel Combustion, (March), 1–7.
- CARB. (1994a). Section 7.14 Structural and Automobile Fires, (June), 1–9.
- CARB. (1994b). Toxic Volatile Organic Compounds in Environmental Tobacco Smoke: Emission Factors for Modeling Exposures of California Populations.
- CARB. (1997a). Section 3.7 Adhesives and Sealants, (September 1990), 1–8.
- CARB. (1997b). Section 7.4 Agricultural Land Preparation, (August), 1–13. Retrieved from <http://www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-4prev.pdf>
- CARB. (1997c). Section 7.7 Building Construction Dust, (August), 1–11.
- CARB. (1997d). Section 7.8 Road Construction Dust, (August), 1–9.
- CARB. (1998). Section 6.3 Architectural Coatings, (January), 1–9.
- CARB. (2004). Section 9.3 Wildfires, (October), 1–12.
- CARB. (2005). Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, (June), 1–6.
- CASEN. (2013). Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional.
- CDT. (2001). *Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales*.
- CDT. (2015). Medición del Consumo Nacional e Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera.
- Centro Nacional del Medio Ambiente. (2010). *Actualización del Inventario de Emisiones de Temuco y Padre Las Casas*. Santiago: CENMA.
- CONAMA. (2009). Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Fuentes

- Fijas y Móviles en el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes.
- CREARA. (2013). Análisis Energético de Viviendas para Ciudades del Centro y Sur de Chile y Sistematización de información asociada a leña.
- DICTUC. (2007). *Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana - Escenario 2005*. Santiago, Chile: Informe preparado para CONAMA RM.
- DICTUC. (2008a). Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en las comunas de Temuco y Padre Las Casas .
- DICTUC. (2008b). Estudio Diagnóstico Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región, 1–505.
- DICTUC. (2013). Manual de Usuario MODEM 5.1.
- EEA. (2009). Air Pollutant Emission Inventory Guidebook - Chapter 1.A.3.b.vi/vii - Tyre, brake and road surface wear.
- EIIP. (1996). EIIP, Volume III, Chapter 5: Consumer and Commercial Solvent Use, III(August 1996).
- EMEP-EEA. (2013). Air pollutant emission inventory guidebook 2013: Technical guidance to prepare national emission inventories.
- EMEP/EEA. (2016). 5.D Wastewater handling, 1–11.
- EPA. (n.d.). Method 19- Determination of Sulfur Dioxide Removal Efficiency and Particulate Matter, Sulfur dioxide, and Nitrogen Oxide Emission Rates, 1–15.
- EPA. (2010a). Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition, 1–141.
- EPA. (2010b). Median Life , Annual Activity , and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling, 1–47.
- EPA-AP42. (1995). Compilation of Air Pollutant Emission Factors. AP 42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Retrieved from <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/c00s00.pdf>
- Ferreira, A. D., Viegas, D. X., & Sousa, A. C. M. (2003). Full-scale measurements for evaluation of coal dust release from train wagons with two different shelter covers. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 91(10), 1271–1283. [https://doi.org/10.1016/S0167-6105\(03\)00077-1](https://doi.org/10.1016/S0167-6105(03)00077-1)
- Gandhidasan, P., Abdulghani, A., & Al-Mubarak, A. (2001). Dehydration of natural gas using solid desiccants. *Energy*, 26(9), 855–868. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(01\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(01)00034-2)
- Geasur. (2014). Análisis técnico-económico de la aplicación de una nueva norma de emisión para motores de maquinaria fuera de ruta a nivel país.
- GEOAIRE. (2010). Análisis General del Impacto Económico y Social de la Norma de Emisión para Termoeléctricas.
- GreenlabUC. (2013). Análisis Detallado de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2.5 de Temuco y Padre Las Casas.
- INE. (2007). *Clasificador Chileno De Actividades Económicas CIIU.CL\_2007*. Departamento de Imagen Corporativa.
- INE. (2014a). Actualización de Población 2002-2012 y Proyecciones 2013-2020.

- INE. (2014b). *CIIU4.CL 2012 Clasificador Chileno de Actividades Económicas. Departamento Imagen Corporativa.*
- Ine-Sermanat. (2005). *Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones.*
- INFOR. (2005). Estudio del mercado de la leña en la ciudad de Chillan.
- INIA. (1998). Evaluación de las emisiones de amoníaco y riesgo de problemas sanitarios por presencia de vectores en planteles de engorda de cerdos. SAG.
- IPCC. (2006a). Volume 2, Chapter 2: Stationary Combustion. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*, 47. [https://doi.org/10.1016/S0166-526X\(06\)47021-5](https://doi.org/10.1016/S0166-526X(06)47021-5)
- IPCC. (2006b). Volume 2, Chapter 4: Fugitive Emissions. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*, 78. Retrieved from [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_4\\_Ch4\\_Fugitive\\_Emissions.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_4_Ch4_Fugitive_Emissions.pdf)
- IPCC. (2006c). Volume 4, Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*, 1–59.
- IPCC. (2006d). Volume 5, Chapter 5: Incineration and Open Burning of Waste. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 5*, 1–26. <https://doi.org/WAS-01>
- IPCC. (2006e). Volume 5, Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge. In *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (pp. 1–28). <https://doi.org/WAS-01>
- Klimont, Z., & Brink, C. (2004). Modelling of Emissions of Air Pollutants and Greenhouse Gases from Agricultural Sources in Europe. *IASA*, (September), 75.
- Liang, L., Horvat, M., & Danilchik, P. (1996). A novel analytical method for determination of picogram levels of total mercury in gasoline and other petroleum based products. *Science of the Total Environment.*, 187(1), 57–64.
- Ministerio de Energía. (2013). Balance Nacional de Energía.
- Ntziachristos, L., Mellios, G., Fontaras, G., & Gkeivanidis, S. (2007). *Updates of the Guidebook Chapter on Road Transport.*
- PEMEX. (1997). Efecto de los Componentes del Gas Licuado de Petróleo en la Acumulación de Ozono en la Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
- PNUMA. (2005). Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, 314. Retrieved from <http://www.chem.unep.ch/mercury/Toolkit/UNEP-final-pilot-draft-toolkit-SPANISH.pdf>
- Poch Ambiental. (2010). Evaluación de alternativas de calefacción distrital para las comunas de Temuco y Padre Las Casas.
- SCAE. (2012). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica.*
- SERNAMAT. (1997). Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de Mexico: Volumen V- Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes de Area. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- SICAM. (2015a). Actualización del inventario de emisiones atmosféricas de Concepción Metropolitano, año base 2013.
- SICAM. (2015b). Desarrollo del Inventario de Emisiones para la comuna de Temuco y Padre las Casas. Estudio elaborado para la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de la Araucanía.



- SICAM. (2015c). Inventario de emisiones atmosféricas y modelación de contaminantes de la comuna de Valdivia, año base 2013.
- SISTAM. (2014). Emisiones y Costos de Abatimiento para el Sector de Quemadas Agrícolas.
- SISTAM Ingeniería. (2016). Inventario de emisiones atmosféricas y modelación de los contaminantes de las comunas de Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina. Año base 2014.
- Theloke, J. (2005). NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung. *Institut Für Energiewirtschaft Und Rationelle Energieanwendung*.
- U.S. Department of Energy. (2001). Evaluation of Gas Reburning and Low-NOx Burners on a Wall-Fired Boiler, (February), 40.
- UACH. (2013). Encuesta de consumo energético o para el sector residencial.
- Universidad Austral. (2002). Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono.
- Universidad Católica de Temuco. (2009). *Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de Concepción Metropolitano, VIII Región*. (Trabajo asociado a Proyecto Tesis de Carlos Oñarte, Ed.).
- US-EPA. (1999). Nitrogen Oxides ( NOx ), Why and How They Are Controlled, (November), 48. <https://doi.org/EPA 456/F-99-006R>
- US-EPA. (2005). Landfill gas emissions model (LandGEM) version 3.02 user's guide. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development.
- US-EPA. (2016). Control Strategy Tool (CoST) - Cost Equations Documentation.

## 7. Anexos

### I. Cuentas Ambientales

Como se menciona en la introducción del presente documento, el Ministerio de Medio Ambiente tiene la obligación de elaborar Cuentas Ambientales siguiendo las recomendaciones más recientes de Naciones Unidas utilizando el Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas (SCAE)<sup>31</sup>. Una de estas cuentas ambientales corresponde a la Cuenta de Emisiones al Aire por lo que se busca que el presente manual sirva insumo para que los futuros inventarios de emisiones desarrollados en el país posean una compatibilidad con la estructura solicitada por el SCAE y en específico, por la Cuenta de Emisiones al Aire.

La elaboración de cuentas ambientales de emisiones al aire requiere contar con información de los registros (Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC) e inventarios de emisiones al máximo nivel de detalle disponible (i.e.: establecimiento) y con campos que permitan clasificarlos correctamente de acuerdo a la metodología del SCAE, siendo clave la clasificación por sector o actividad económica (Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIU)), para así poder realizar una expansión de la muestra y contar con una estimación exhaustiva y robusta del universo total de emisiones (inventario nacional).

Es por esto que en la presente sección se realiza una contextualización del SCAE y en particular de los requerimientos de estructura para la construcción de la Cuenta de Emisiones al Aire.

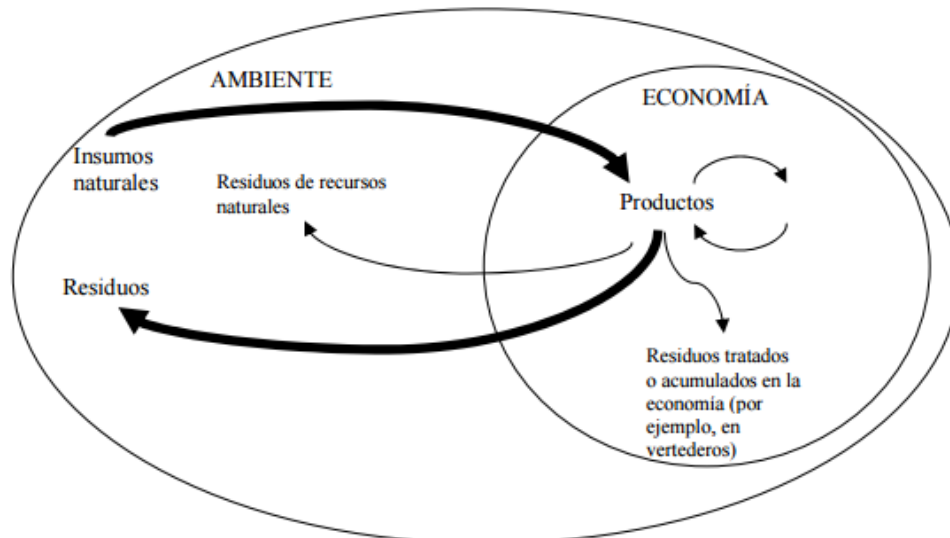
El marco central del SCAE comprende la medición en tres áreas principales: a) los flujos físicos de materiales y de energía dentro de la economía y entre ésta y el ambiente; b) el stock de activos ambientales y sus variaciones; y c) las actividades económicas y transacciones relacionadas con el ambiente (SCAE, 2012). La medición en estas áreas se traduce en un conjunto de cuentas y cuadros que se dividen en; 1) Cuadros de oferta y utilización (expresados en unidades monetarias y en unidades físicas (COU-F) y 2) Cuentas de activos.

---

<sup>31</sup> El Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas (SCAE) 2012, el cual fue adoptado por la Comisión Estadística de las Naciones Unidas como estándar internacional en su cuadragésima tercera sesión, en 2012, entrega los lineamientos para el desarrollo de cuentas ambientales. El SCAE comprende conceptos, definiciones, clasificaciones, reglas contables y tablas para la producción de estadísticas comparables a nivel internacional sobre el medio ambiente y su relación con la economía. En este sentido, el SCAE corresponde a una cuenta satélite del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN), es decir, reordena parte de la información contenida en el SCN a la vez que introduce elementos adicionales. El Marco Central del SCAE se organiza alrededor de tres ámbitos: (i) cuantificación y monetización de stock de activos naturales (i.e. forestales, pesqueros e hídricos), (ii) cuantificación y monetización de flujos entre el medio ambiente y la economía (i.e. contaminantes del aire y el agua) y (iii) estimación de gastos relacionados con el medio ambiente. A su vez, cada uno de los ámbitos agrupa una serie de cuentas que evidencia el amplio alcance del SCAE.

Respecto a los cuadros de oferta y utilización en unidades físicas, se pueden contextualizar los flujos desde el ambiente hacia la economía como insumos naturales, los flujos dentro de la economía como productos o residuos; y los flujos desde la economía hacia el ambiente como residuos. Esta serie de flujos se representa en la Figura 7-1. Cabe destacar, que las Emisiones al Aire son conceptualizadas por el SCAE como un flujo desde la economía hacia el ambiente como residuos<sup>32</sup>.

**Figura 7-1 Frontera de producción de la economía y flujos físicos**



Fuente: SCAE 2012

El marco general para la articulación completa de flujos físicos se presenta en el Tabla 7-1 en forma de un cuadro de oferta y utilización (COU-F) en unidades físicas.

Las filas del cuadro indican los tipos de insumos naturales, productos y residuos. La parte superior del cuadro, es decir, el cuadro de oferta, describe los flujos relacionados con la producción, la generación y oferta de insumos naturales, productos y residuos, por parte de las diferentes unidades económicas o por el ambiente. La parte inferior del cuadro, correspondiente al cuadro de utilización, contiene los flujos relacionados con el consumo y utilización de insumos naturales, productos y residuos de las diferentes unidades económicas o del ambiente. La segunda columna cubre el uso de insumos naturales, la producción y el consumo intermedio de productos, y la generación y recepción de residuos por todas las empresas de la economía. Se clasifica según las industrias aplicando la CIU. La tercera columna corresponde al consumo de productos por parte de los hogares y a la generación de residuos derivada de ese consumo. Las actividades de los

<sup>32</sup> Los grupos de residuos considerados por SCAE (2012) corresponden a Residuos sólidos, Aguas residuales, Emisiones, Uso de productos por dispersión, Pérdidas por dispersión, Residuos de recursos naturales

hogares, de extracción y obtención de insumos naturales del ambiente para auto consumo, se consideran actividades productivas; por consiguiente, deben registrarse en la segunda columna, bajo la clase de industria correspondiente.

Tabla 7-1 Cuadro general de oferta y utilización en unidades físicas

Cuadro de Oferta						
	Producción; generación de residuos		Acumulación	Flujos procedentes del resto del mundo	Flujos procedentes del ambiente	Total
	Producción; generación de residuos por las industrias (incluida la producción por cuenta propia de los hogares), clasificados según la CIU	Generación de residuos por los hogares	Industrias - clasificadas según la CIU			
<b>Insumos naturales</b>					A. Flujos procedentes del ambiente (incluye residuos de recursos naturales)	Oferta total de insumos naturales (OTIN)
<b>Productos</b>	C. Producción (incluye ventas de productos reciclados y reutilizados)			D. Importación de productos		Oferta total de productos (OTP)
<b>Residuos</b>	I1. Residuos generados por las industrias (incluye residuos de recursos naturales)	J. Residuos generados por el consumo final de los hogares	K1. Residuos de la demolición y fragmentación de activos producidos	L. Residuos recibidos del resto del mundo	M. Residuos recuperados del ambiente	Oferta total de residuos (OTR)
	I2. Residuos generados después de su tratamiento		K2. Emisiones procedentes de vertederos controlados			
<b>Oferta total</b>						
Cuadro de Utilización						
	Consumo intermedio de productos; Utilización de insumos naturales; recolección de residuos	Consumo final	Acumulación	Flujos hacia el resto del mundo	Flujos hacia el ambiente	Total
	Industrias - clasificadas según la CIU	Hogares	Industrias - clasificadas según la CIU			
<b>Insumos naturales</b>	B. Extracción de insumos naturales					Utilización total de insumos naturales (UTIN)
	B1. Extracción usada en la producción					
	B2. Residuos de recursos naturales					
<b>Productos</b>	E. Consumo intermedio (incluye compras de productos reciclados y reutilizados)	F. Consumo final de los hogares (incluye compras de productos reciclados y reutilizados)	G. Formación bruta de capital (incluye activos fijos y existencias)	H. Exportación de productos		Utilización total de productos (UTP)
<b>Residuos</b>	N. Recolección y tratamiento de residuos (no incluye la acumulación en vertederos controlados)		O. Acumulación de residuos en vertederos controlados	P. Residuos enviados al resto del mundo	Q. Flujos de residuos al ambiente	Utilización total de residuos (UTR)
					Q1. Flujos directos de la industria y los hogares (incluye residuos de recursos naturales y emisiones de vertederos)	
					Q2. Después de tratamiento	
<b>Utilización total</b>						

Fuente: SCAE (2012)

En particular, para la contabilidad de las emisiones al aire, la estructura de la cuenta es una versión reducida y reorientada del esquema general del cuadro de oferta y utilización presentado en la Tabla 7-1. La estructura de la cuenta para la Cuenta de Emisiones al Aire se presenta en la Figura 7-2.

Como se aprecia en la Tabla 7-1, existen tres tipos de flujos físicos; insumos naturales, productos y residuos. Las emisiones al aire son consideradas como residuos al momento de elaborar las cuentas ambientales. Se considera que las emisiones al aire son sustancias gaseosas y en forma de partículas, las cuales son descargadas al aire por los establecimientos (industrias) y los hogares como consecuencia de procesos de producción y consumo (I1, I2, J) y acumulación (K1 y K2). En el SCAE la contabilidad de las emisiones al aire registra la generación de esas emisiones por unidad económica y por tipo de sustancia.

### **I.1 Consideraciones de la Cuenta de Emisiones al Aire**

Respecto a la Cuenta de Emisiones al Aire (ver Figura 7-2), la parte de la izquierda es el cuadro de oferta, que presenta la generación de emisiones por parte de las industrias y de los hogares, por tipo de sustancia. Se presenta la generación de emisiones por parte de las “Industrias”, la cual contempla las emisiones por actividad productiva, incluyendo la agricultura, minería, manufacturas, transporte y otras. Las emisiones de los hogares se desagregan según su finalidad (transporte, calor, otros). Pueden añadirse otras finalidades, según las necesidades de análisis y la información disponible.

Para propósitos de contabilización de emisiones de dióxido de carbono se recomienda en lo posible distinguir las que resultan de la quema de combustibles fósiles, de las emisiones resultantes de la biomasa.

La columna de acumulación presenta las emisiones al aire procedentes de vertederos controlados, pues corresponden a la liberación de emisiones provenientes de actividades de producción, consumo y acumulación de periodos anteriores. Esas emisiones deben atribuirse a las unidades de gestión de residuos que operan esos vertederos.

La parte de la derecha del cuadro presenta el cuadro de utilización, que cubre la liberación de emisiones al aire.

Esta es la estructura que se debe tener en cuenta al momento de elaborar el Manual de Elaboración de Inventarios.

**Figura 7-2 Cuenta de Emisiones al Aire (toneladas)**

Tipo de sustancias	Cuadro de oferta de emisiones al aire										Cuadro de utilización de emisiones al aire		
	Generación de emisiones									Acumulación		Flujos al ambiente	
	Industrias –Según CIU					Hogares			Emisiones de vertederos	Oferta total de emisiones	Emisiones descargadas al ambiente	Utilización total de emisiones	
	Agricultura CIU A	Minería CIU B	Manufacturas CIU C	Transportes CIU H	Otras	Transporte	Calefacción	Otras					
Dióxido de carbono	10 610,3	2 602,2	41 434,4	27 957,0	82 402,4	18 920,5	17 542,2	1 949,1	701,6	204 119,6	204 119,6	204 119,6	
Metano	492,0	34,1	15,8	0,8	21,9	2,4	15,5	1,7	222,0	806,3	806,3	806,3	
Óxido nitroso	23,7		3,5	0,8	2,6	1,0	0,2	0,1	0,1	32,0	32,0	32,0	
Óxidos nitrosos	69,4	6,0	37,9	259,5	89,0	38,0	12,1	1,3	0,3	513,6	513,6	513,6	
Hidrofluorocarburos			0,3		0,4					0,7	0,7	0,7	
Perfluorocarburos													
Hexafluoruro de azufre													
Monóxido de carbono	41,0	2,5	123,8	46,2	66,2	329,1	51,2	5,7	1,1	666,9	666,9	666,9	
Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano	5,2	6,5	40,0	16,4	27,2	34,5	29,4	3,2	0,9	163,3	163,3	163,3	
Dióxido de azufre	2,7	0,4	28,0	62,4	8,1	0,4	0,4	0,1	0,0	102,5	102,5	102,5	
Amoníaco	107,9		1,7	0,2	0,9	2,3	11,4	1,2	0,2	125,9	125,9	125,9	
Metales pesados													
Contaminantes orgánicos persistentes													
Partículas (incluso PM10 y polvo)	7,0	0,1	8,5	9,3	4,4	6,0	2,8	0,5	0,0	38,5	38,5	38,5	

Fuente: SCAE (2012)

Para la elaboración de las cuentas de emisiones a la atmósfera, se requiere información estadística. Por un lado se requieren clasificaciones que se deben utilizar en términos del agente que genera la emisión, en este caso, por Industrias (según CIU) y por Hogares. La segunda por su parte corresponde a la información estadística que se requiere en términos de toneladas de sustancia emitida (ver Figura 7-2).

Como se observa en la Figura 7-2, el marco central del SCAE, propone un registro de 14 sustancias, para cada una de las cuales es necesario obtener la cantidad de emisiones en toneladas al año emitidas.

## **I.2 Asignación de Fuentes Emisoras a Clasificación de Cuenta Ambiental**

### **Emisiones al Aire**

Como se ha mencionado a lo largo de este documento, la elaboración de un inventario de emisiones también debe responder a la necesidad de elaborar cuentas ambientales. Para orientar al usuario de este manual, las siguientes tablas presentan como cada una de las fuentes emisoras deben ser asignadas a la Cuenta Ambiental de Emisiones al Aire. La primera de ellas, presenta un resumen mientras que la segunda, el detalle para todas las fuentes emisoras abordadas en el presente manual.

Cabe destacar que la BD original del RETC se encuentra clasificada por el CIU de la revisión 3 (INE, 2007). El SCAE por su parte requiere que la información esté clasificada por la revisión 4 del CIU, cuya homologación chilena corresponde a la versión CIU4.CL del año 2012 (INE, 2014b). Lo indicado en las tablas siguientes considera los CIU rev.4, tal cual como lo requiere el SCAE. Esto implica que es necesario homologar el CIU utilizado en el RETC para ser presentado en cuentas ambientales.



**Tabla 7-2 Asignación general de Fuentes Emisoras para la Elaboración de Cuentas Ambientales de Emisiones a la Atmosfera**

Tipo de fuente	Industrias					Hogares			Acumulación
	Agricultura	Minería	Manufactura	Transporte	Otras	Transporte	Calefacción	Otras	Emisiones de vertedero
<b>Fuente Puntual</b>	Todos los registros RETC con CIU A	Todos los registros RETC con CIU B	Todos los registros RETC con CIU C		Otros registros RETC CIU que no aplican a las otras clasificaciones de "Industrias"		Calderas del subsector residencial (CIU T9700)		CIU E3700
<b>Fuente Móvil</b>				Buses, Camiones, Maquinaria, Vehículos comerciales		Motocicletas, Vehículos particulares			
<b>Fuente Areal y Fugitiva</b>	Quemas agrícolas, emisiones evaporativas y fugitivas del subsector agrícola	Procesos de minería	Tránsito sitios industriales	Emisiones fugitivas del sector transporte	Emisiones evaporativas y fugitivas del sector industria y comercial	Incendios de Vehículos	Calefactores del subsector residencial	Emisiones evaporativas y fugitivas del subsector residencial	Antorcha y Descomposición de residuos orgánicos

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7-3 Asignación específica de Fuentes Emisoras para la Elaboración de Cuentas Ambientales de Emisiones a la Atmósfera**

Subtipo	Tipo Emisión	SubSector	Fuente	Asignación Cuentas Ambientales
<b>Puntual</b>	<b>Combustión</b>	Comercial	Caldera	Depende del CIU declarado
		Disposición de residuos	Incinerador	Depende del CIU declarado
			Quema abierta	Depende del CIU declarado
		Ind. aliment. y agropecuaria	Horno	Fuente Puntual- Industrias- Otras
		Ind. de productos minerales	Horno	Fuente Puntual- Industrias- Manufactura
			Horno artesanal	Fuente Puntual- Industrias- Manufactura
		Residencial	Caldera	Fuente Puntual- Hogares- Calefacción
		Salud	Incinerador	Depende del CIU declarado
	<b>Combustión interna</b>	Termoeléctricas	Caldera	Fuente Puntual- Industrias- Otras
		Industria (*)	Caldera	Depende del CIU declarado
	<b>Proceso</b>	Termoeléctricas	Turbina	Fuente Puntual- Industrias- Otras
		Industria (*)	Grupo electrógeno	Depende del CIU declarado
		Ind. aliment. y agropecuaria	Proceso	Fuente Puntual- Industrias- Otras
		Ind. de productos minerales		Fuente Puntual- Industrias- Manufactura
		Ind. madera y el papel		Fuente Puntual- Industrias- Minería
		Ind. metalúrgica secundaria		Fuente Puntual- Industrias- Manufactura
Industria química	Fuente Puntual- Industrias- Manufactura			
<b>Areales</b>	<b>Combustión</b>	Agrícola	Quemas agrícolas	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias- Agricultura
		Comercial	Parrillas y Asadurías	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias- Otras
		Disposición de residuos	Antorcha	Fuente Areal - Acumulación- Emisiones de vertedero
		Residencial	Calefactor	Fuente Areal y Fugitiva- Hogares- Calefacción
			Cigarros	Fuente Areal y Fugitiva- Hogares- Otras
		Incendios (*)	Incendios de Vehiculos	Fuente Areal y Fugitiva- Hogares- Transporte
			Incendios Forestales	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias- Otras
			Incendios Urbanos	Fuente Areal y Fugitiva- Hogares- Otras

Subtipo	Tipo Emisión	SubSector	Fuente	Asignación Cuentas Ambientales
	Evaporativa	Agrícola	Aplicación de fertilizantes	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Agricultura
			Aplicación de pesticidas	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Agricultura
			Crianza de animales	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Agricultura
		Comercial	Artes gráficas	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
			Proceso	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
			Fugas de GLP	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
			Uso de solventes	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
			Pintura	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
		Construcción	Aplicación de asfalto	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
		Residencial	Proceso	Fuente Areal y Fugitiva- Hogares-Otras
			Fugas de GLP	Fuente Areal y Fugitiva- Hogares-Otras
			Uso de solventes	Fuente Areal y Fugitiva- Hogares-Otras
			Pintura	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
		Proceso biológico	Disposición de residuos	Descomposición de residuos orgánicos
	Fugitiva	Polvo resuspend.	Agrícola	Preparación de terrenos
Construcción			Proceso	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
Ind. de productos minerales			Proceso	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
			Erosión eólica	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
Marítimo			Carga y descarga	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
Minería			Proceso	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Minería
			Erosión eólica	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Otras
Transporte (*)			Tránsito sitios industriales	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Manufactura
			Desgaste de frenos y neumáticos	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias-Transporte

Subtipo	Tipo Emisión	SubSector	Fuente	Asignación Cuentas Ambientales
			Tren	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias- Transporte
			Calles	Fuente Areal y Fugitiva- Industrias- Transporte
En ruta	Combustión interna	Transporte carga	Camiones	Fuente Móvil- Industrias- Transporte
		Transporte pasajeros	Buses	Fuente Móvil- Industrias- Transporte
			Motocicletas	Fuente Móvil- Hogares- Transporte
			Vehículos	Fuente Móvil- Hogares- Transporte
Fuente Móvil- Industrias- Transporte				
Fuera de Ruta		Aeropuerto	Maquinaria	Fuente Móvil- Industrias- Transporte
		Agrícola		Fuente Móvil- Industrias- Transporte
		Construcción		Fuente Móvil- Industrias- Transporte
	Marítimo	Fuente Móvil- Industrias- Transporte		
	Minería	Fuente Móvil- Industrias- Transporte		
	Industria (*)	Fuente Móvil- Industrias- Transporte		

(\*): En realidad corresponde al Sector, se indica para facilitar la lectura de la tabla  
Fuente: Elaboración propia

## II. Parámetros para la conversión de unidades

En la metodología específica de cada categoría se dan valores recomendados de factores de emisión a utilizar para la estimación de las emisiones. Las unidades de los factores de emisión pueden no coincidir con las unidades del nivel de actividad con que se cuenta, por lo que se debe tener consideración en una adecuada conversión de unidades. En esta sección se recomiendan conversiones a utilizar en estas situaciones.

En el caso de los combustibles, los factores de emisión o niveles de actividad (consumo) pueden estar definidos por unidad másica, volumétrica o energética; y no coincidir entre ellos. A continuación, se entrega información de densidad y poder calorífico de distintos combustibles, a modo de facilitar la conversión entre unidades. Estos valores se obtuvieron a partir de los utilizados en el Balance Nacional de Energía 2013, elaborado por la Comisión Nacional de Energía.

Tabla 7-4 Densidad y poder calorífico de distintos combustibles

Combustible	Densidad	Unidad	Poder Calorífico	Unidad
Petróleo crudo nacional	824.5	kg/m <sup>3</sup>	45,869	KJ/kg
Petróleo crudo importado	855	kg/m <sup>3</sup>	45,438	KJ/kg
Petróleo N° 5	927	kg/m <sup>3</sup>	43,933	KJ/kg
Petróleo ifo 180	936	kg/m <sup>3</sup>	43,933	KJ/kg
Petróleo N° 6	945	kg/m <sup>3</sup>	43,933	KJ/kg
Nafta	700	kg/m <sup>3</sup>	48,116	KJ/kg
Gas licuado (GLP)	550	kg/m <sup>3</sup>	50,628	KJ/kg
Gasolina automóviles	730	kg/m <sup>3</sup>	46,861	KJ/kg
Gasolina aviación	700	kg/m <sup>3</sup>	47,698	KJ/kg
Kerosene aviación	810	kg/m <sup>3</sup>	46,444	KJ/kg
Kerosene	810	kg/m <sup>3</sup>	46,444	KJ/kg
Diésel	840	kg/m <sup>3</sup>	45,607	KJ/kg
Gas natural procesado	0.759 <sup>(a)</sup>	kg/m <sup>3</sup>	39,084	KJ/m <sup>3</sup>
Carbón	-		29,288	KJ/kg
Coque	-		29,288	KJ/m <sup>3</sup>
Biogás	-		16,736	KJ/m <sup>3</sup>
Gas de refinería	-		17,824	KJ/m <sup>3</sup>

(a) Para el caso del gas natural, se consideró una densidad promedio de 0.759 kg/m<sup>3</sup> (Gandhidasan, Abdulghani, & Al-Mubarak, 2001). Esta densidad se asume igual para el gas natural y el gas natural procesado.

Fuente: Elaboración propia en base al Balance Nacional de Energía 2013 (Ministerio de Energía, 2013)

Para el caso de la leña, la densidad y el poder calorífico dependen del contenido de humedad, estos se presentan a continuación:

Tabla 7-5 Densidad y poder calorífico de la leña

Contenido de Humedad	Densidad <sup>(a)</sup>	Unidad	Poder Calorífico <sup>(b)</sup>	Unidad
Seca (25% Humedad)	453	kg/m <sup>3</sup>	13,870	KJ/m <sup>3</sup>
Semi Húmeda (30% Humedad)	432	kg/m <sup>3</sup>	12,490	KJ/m <sup>3</sup>
Húmeda (40% Humedad)	411	kg/m <sup>3</sup>	8,320	KJ/m <sup>3</sup>

Fuente: (a): Calculado mediante un promedio de las densidades de las 5 especies más abundantes Roble, Eucaliptus glóbulus, eucaliptus nitens, raulí y aromo en la zona de Temuco y Padre las Casas. SEREMI de Medio Ambiente<sup>33</sup>

(b): (Poch Ambiental, 2010)

<sup>33</sup> Datos entregados por la SEREMI de Medio Ambiente en el contexto del estudio de "Análisis Detallado de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2.5 de Temuco y Padre Las Casas" (GreenlabUC, 2013)

### III. Descripción formulario de declaración DS°138

En el sistema de ventanilla única cada fuente debe registrar la información en cuatro formularios:

1. Datos de la empresa y el establecimiento
2. Actividades industriales
3. Fuentes asociadas a cada unidad de emisión
4. Estimaciones a nivel de fuentes y Mediciones no oficiales correspondientes a fuentes asociadas

En el formulario de actividades industriales, el usuario registra cada una de las fuentes asociadas a un establecimiento, el cual es clasificado por código CIU y actividad industrial.

La unidad de emisión se registra con los siguientes parámetros:

- Nro. De registro formulario 138
- \*Tipo (Caldera de calefacción, caldera industrial, grupo electrógeno, calderas de generación eléctrica, proceso con combustión, proceso sin combustión, Hornos de panadería).
- Marca
- Modelo
- Año de fabricación
- Año de instalación
- \*Nro de Serie
- \*Nro Interno
- \*Descripción

\*Datos obligatorios

Es importante destacar que el titular está obligado a proveer información al MINSAL anualmente.

Cada unidad de emisión puede tener asociada distintas fuentes de emisión. En estas fuentes el usuario ingresa capacidad y potencia. Adicionalmente se pueden ingresar datos respecto a quemadores y chimeneas. Cada actividad asociada se le puede asociar un equipo de control cuyo "tipo" debe seleccionarse desde un listado desplegado, y debe quedar asociado a un Nro. Interno.

En el formulario 3 se rellena la información asociada a cada unidad de emisión, agregando combustibles, niveles de actividad cuya base (materia prima o producto) se selecciona de un listado predefinido.

El formulario 4 corresponde a las emisiones declaradas, donde el usuario debe ingresar tanto el factor de emisión como la emisión estimada, así como documentos asociados. Lo anterior debe ser validado por el sistema. Los factores de emisión a ingresar por el usuario pueden ser tanto los explicitados en la guía metodológica, o bien factores calculados por las mismas industrias y/o fuentes. Si el usuario desea ingresar estos últimos, debe adjuntar la metodología de cálculo utilizada.

También se puede agregar mediciones no oficiales<sup>34</sup>, donde se solicita el nivel de emisión (kg/hr) en base al caudal y la concentración de cada contaminante, además del laboratorio responsable (desde un listado definido) y el documento de respaldo.

#### **IV. Escala de Calidad de Factores de emisión**

En este anexo se presenta la escala de calidad asignada por la EPA AP 42, para cada uno de los factores presentados de este manual, en la sección 5.

---

<sup>34</sup> Mediciones que no se ajustan al cumplimiento del D.S. N° 2467, donde se exige una auditoría por parte del MINSAL. Estas pueden tratarse de mediciones realizadas para el cumplimiento de los Planes de descontaminación.

## IV.1 Fuentes Estacionarias

Tabla 7-6 Escala de calidad: Calderas

Combustible	MP2.5	MP10	NOx	SOx	CO	COV
Gas natural, mayor a 29.31 MW <sup>(a)</sup>	D	D	A	A	B	C
Gas natural, menor a 29.31 MW <sup>(a)</sup>	D	D	B	A	B	C
Petróleo N°, mayor a 29.31 MW <sup>(b)</sup>	A	A	A	A	A	A
Petróleo N°, menor a 29.31 MW <sup>(b)</sup>	B	B	A	A	A	A
Diésel <sup>(b)</sup>	A	A	D	A	A	A
Kerosene <sup>(b)</sup>	E	E	D	A	A	A
Carbón <sup>(c)</sup>	A	A	A	A	A	-
Leña <sup>(d)</sup>	D	D	C	A	A	D
GLP Butano <sup>(e)</sup>	E	E	E	E	E	-
GLP Propano <sup>(e)</sup>	E	E	E	E	E	-

(a): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Natural Gas Combustion", Tablas 1.4-1, 1.4-2

(b): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Fuel Oil Combustion", Tablas: 1.3-1, 1.3-3, 1.3-6

(c): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Bituminous and Subbituminous Coal Combustion", Tablas: 1.1-3, 1.1-4, 1.1-6

(d): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Wood Residue Combustion in Boilers", Tablas: 1.6-1, 1.6-2, 1.6-3

(e): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Liquified Petroleum Gas Combustion", Tabla 1.5-1  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-7 Escala de Calidad: Turbina

Combustible	MP2.5	MP10	Nox	Sox	CO	VOC
Gas Natural	C	C	A	B	A	D
Diésel	C	C	C	B	C	E

Cap. "Stationary Internal Combustion Sources", Sección "Stationary Gas Turbines", Tablas 1.3-1, 1.3-2

(Fuente: (EPA-AP42, 1995))



Tabla 7-8 Escala de Calidad: Grupos electrógenos

Combustible	MP10	MP2.5	NOx	CO	COV	SOx
Diésel, potencia menor a 600HP o 447 kW <sup>(a)</sup>	D	D	D	D	D	D
Diésel, potencia mayor a 600HP o 447 kW <sup>(b)</sup>	E	E	B	C	E	B
Gas natural, motor a 2 tiempos con mezcla pobre <sup>(c)</sup>	C	C	A	A	C	A
Gas natural, motor a 4 tiempos con mezcla pobre <sup>(c)</sup>	D	D	B	C	C	A
Gas natural, motor a 4 tiempos con mezcla rica <sup>(c)</sup>	E	E	A	A	C	A

(a): Cap. "Stationary Internal Combustion Sources", Sección "Gasoline and Diesel Industrial Engines", Tabla 3.3-1

(b): Cap. "Stationary Internal Combustion Sources", Sección "Large Stationary Diesel and All Stationary Dual-fuel Engines", Tabla 3.4-1

(c): Cap. "Stationary Internal Combustion Sources", Sección "Natural Gas-fired Reciprocating Engines", Tablas 3.2-2, 3.2-2, 3.2-3

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-9 Escala de Calidad: Incinerador

Tipo Horno	Tipo Residuo	PM10	PM2.5	NOx	CO	SOx
Horno rotatorio con filtro de mangas <sup>(a)</sup>	Médico	E	E	A	A	E
Horno con control de aire y filtro de mangas <sup>(b)</sup>	Médico	E	E	A	A	E
Horno con control de aire y filtro de mangas <sup>(b)</sup>	Municipal	A	A	A	A	C
Horno con doble cámara de combustión, filtro de mangas <sup>(b)</sup>	Municipal	A	A	A	A	D

(a): Cap. "Solid Waste Disposal", Sección "Medical Waste Incineration", Tablas: 2.3-1, 2.3-2, 2.3-15

(b): Cap. "Solid Waste Disposal", Sección "Refuse Combustion", Tablas: 2.1-1, 2.1-3, 2.1-8, 2.1-12

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-10 Escala de Calidad: Proceso - Industria Alimentaria y Agropecuaria - Procesamiento de granos

Tipo de Fuente	MP10	MP2.5
Limpieza por vibración con ciclón <sup>(a)</sup>	E	E
Recepción de trigo con ciclón simple <sup>(a)</sup>	E	E
Molino de trigo <sup>(a)</sup>	E	E

(a): Cap. "Food and Agricultural Industries", Sección "Grain Elevators & Processes", Tablas: 9.9.1-1, 9.9.1-2

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Tabla 7-11 Escala de Calidad: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de hormigón**

Tipo de Fuente	PTS/MP	MP10	MP2.5
<b>Dosificador de Áridos y Pesa de Cemento, Arena, Graba y Gravilla<sup>(a)</sup></b>	D	D	-
<b>Arcón (transferencia de áridos a arcón ,buzones y correas) <sup>(a)</sup></b>	D	D	-
<b>Silos de cemento con filtro mangas<sup>(b)</sup></b>	E	E	E
<b>Mezclador<sup>(a)</sup></b>	B	B	B

(a):Cap. " Mineral Products Industry", Sección "Concrete Batching", Tabla 11.12-1

(b):Cap. "Mineral Products Industry", Sección "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing", Tabla 11.19.2-3

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Tabla 7-12 Escala de Calidad: Proceso- Industria de productos minerales- Fabricación de productos cerámicos**

Tipo de Fuente	MP10	NOx	CO	COV
<b>Secador<sup>(a)</sup></b>	D	-	-	-
<b>Trituración<sup>(a)</sup></b>	D	-	-	-

(a): Cap. "Mineral Products Industry ", Sección "Ceramic Clay Manufacturing ", Tabla 11.7-1

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Tabla 7-13 Escala de Calidad: Horno artesanal**

Tipo de Proceso	MP10	MP2.5	SOx	NOx	CO	COVs
<b>Combustión de leña y viruta en hornos artesanales<sup>(a)</sup></b>	B	-	A	C	B	D
<b>Combustión de carbón en hornos artesanales<sup>(b)</sup></b>	B	-	A	A	A	B

(a): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Residential Fireplaces ", Tabla 1.9-1

(b): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Bituminous and Subbituminous Coal Combustion ", Tablas: 1.1-3, 1.1-20

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Tabla 7-14 Escala de Calidad: Proceso- Industria de productos minerales- Producción primaria de cobre**

Proceso	MP10	MP2.5	SO2
<b>Horno de reverbero</b>	E	E	B
<b>Convertidor</b>	E	E	B
<b>Tostadora de solera múltiple</b>	E	E	B
<b>Secado</b>	E	E	B
<b>Horno eléctrico</b>	E	E	B

Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Primary Copper Smelting", Tablas: 12.3-2, 12.3-6, 12.3-8, and 12.3-12

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Tabla 7-15 Escala de Calidad: Proceso- Industria de madera y papel - Aserraderos y fabricación de madera**

Tipo Proceso	MP10	MP2.5	CO	NOx	COV	SO2
Secadores Rotatorios encendido directo <sup>(a)</sup>	D	-	D	D	E	-
Contenedores de viruta con ciclón captación <sup>(b)</sup>	-	-	-	-	-	-
Caldera recuperadora de procesos con kraft <sup>(c)</sup>	C	C	-	-	-	A

(a): Cap. "Wood Products Industry", Sección "Particleboard ", Tablas: 10.6.2-1, 10.6.2-2, 10.6.2-3

(b): Appendix B.1, página B-48

(c): Cap. "Wood Products Industry", Sección "Chemical Wood Pulping", Tablas: 10.2-1, 10.2-2

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Tabla 7-16 Escala de Calidad: Proceso- Industria de madera y papel - Fabricación de papel**

Tipo Proceso	MP10	MP2.5	SOx	CO
Horno de cal <sup>(a)</sup>	C	C	A	A
Estanque disolvedor <sup>(a)</sup>	C	C	A	-

(a): Cap. "Wood Products Industry", Sección "Chemical Wood Pulping ", Tablas: 10.2-1, 10.2-5, 10.2-7

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Tabla 7-17 Escala de Calidad: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de zinc**

Proceso	PTS/MP
Tostado	E
Planta de sinterización	E

(a): Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Zinc Smelting", Tablas: 12.7-1

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

**Tabla 7-18 Escala de Calidad: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de cobre y bronce**

Proceso	PTS	MP10
Horno de reverbero Cobre	B	E
Horno de reverbero Bronce	B	E
Horno rotativo Bronce	B	E

(a): Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Secondary Copper Smelting", Tablas: 12.9-1

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-19 Escala de Calidad: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de hierro y acero

Tipo de Fuente	MP10	MP2.5	CO	SO2
Horno cubilote <sup>(a)</sup>	E	E	E	E
Horno de Inducción <sup>(a)</sup>	E	E	-	-
Recuperador de Arena <sup>(a)</sup>	E	E	-	-

(a): Cap. "Metallurgical Industry", Sección "Gray Iron Foundries", Tablas: 12.10-2, 12.10-4, 12.10-6, 12.10-8  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-20 Escala de Calidad: Proceso- Industria Metalúrgica Secundaria-Productos de plomo

Tipo Proceso	MP	Pb	SO2
Fundición en hornos de reverbero (sin control) <sup>(a)</sup>	C	C	C
Fundición en hornos de reverbero (con control) <sup>(a)</sup>	C	-	-

(a): Capítulo 12, Sección "Secondary Lead Processing", Tabla 12.11-1  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-21 Escala de Calidad: Proceso- Industria química- Industria petroquímica- Refinación de petróleo

Proceso	PTS/MP	SOx	CO	NOx
Unidad de Craking catalítico sin control <sup>(a)</sup>	B	B	B	B
Unidad de Cokificación sin control <sup>(a)</sup>	C	-	-	-
Recuperación de vapores y antorcha <sup>(a)</sup>	-	C	C	C
Compresores <sup>(a)</sup>	-	B	B	B

(a): Cap. "Petroleum Industry", Sección "Petroleum Refining", Tabla 5.1-1  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-22 de Calidad: Proceso- Industria química- Industria petroquímica- Procesamiento de gas

Proceso	SOx
Planta de endulzado de gas <sup>(a)</sup>	A

(a): Cap. "Petroleum Industry", Sección "Natural Gas Processing", Tabla 5.3-1  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-23 Escala de Calidad: Calderas de calefacción

Tipo Combustible	NOx	MP10	MP2.5	HNM	COV	CO
Diésel <sup>(a)</sup>	D	D	D	D	D	A
GLP <sup>(b)</sup>	E	E	-	-	-	E

(a): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Fuel Oil Combustion", Tablas: 1.3-1, 1.3-2, 1.3-4

(b): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Liquified Petroleum Gas Combustion", Tabla 1.5-1  
Fuente: (EPA-AP42, 1995)

## IV.2 Fuentes areales

Tabla 7-24 Escala de calidad: Aplicación de fertilizantes

Tipo de fertilizante	NH <sub>3</sub>	NO	N <sub>2</sub> O
Amoniaco Anhidro	E	-	-
Urea	E	E	E
Nitrato de amonio	-	E	E
Sulfato de amonio	-	E	E
Cloruro de amonio	-	E	-

Cap. "Food and Agricultural Industries", Sección "Fertilizer Application", Tabla 9.2.1-2

Fuente: (EPA-AP42, 1995)

Tabla 7-25 Escala de calidad: Calefactor- Otros combustibles

Combustible	COV	CO	NOx	SOx	MP10	MP2.5
Kerosene <sup>(a)</sup>	A	A	A	A	B	B
GN <sup>(b)</sup>	C	B	B	A	D	D

(a): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Liquified Petroleum Gas Combustion", Tablas 1.3-1, 1.3-3

(b): Cap. "External Combustion Sources", Sección "Natural Gas Combustion", Tablas 1.4-1, 1.4-2

Fuente:(EPA-AP42, 1995)

## V. Número de pasadas por tipo de cultivo

El porcentaje anual de preparación corresponde al promedio de veces al año que se realiza plantación del cultivo. Por ejemplo, para un cultivo que se planta cada 4 años, un 25% de su superficie se plantara en promedio cada año.

Tabla 7-26 Número de pasadas por tipo de cultivo

Cultivo	Pasadas por ha	Porcentaje anual de preparación
Trigo	2.471	100%
Centeno	2.471	100%
Arroz	12.355	100%
Otros granos alimentarios	9.884	100%
Maíz	9.884	100%
Avena	2.471	100%
Cebada	2.471	100%
Sorgo	2.471	100%
Algodón	14.826	100%

Cultivo	Pasadas por ha	Porcentaje anual de preparación
Caña de azúcar	14.826	100%
Remolacha	12.355	100%
Maní	14.826	100%
Azafrán	4.942	100%
Sésamo	7.413	100%
Girasol	12.355	100%
Jojoba	7.413	100%
Otras semillas aceite	7.413	100%
Habas	12.355	100%
Semilla de trigo de trigo	2.471	100%
Semilla de trigo de centeno	2.471	100%
Semilla de trigo de arroz	12.355	100%
Semilla de trigo de maíz	9.884	100%
Semilla de trigo de avena	2.471	100%
Semilla de trigo de cebada	2.471	100%
Semilla de trigo de sorgo	2.471	100%
Semilla de trigo de algodón	14.826	100%
Semilla de trigo de girasol	4.942	100%
Semilla de trigo de habas	12.355	100%
Semilla de trigo de arveja	12.355	100%
Otras	12.355	100%
Alfalfa	3.089	25%
Trébol	3.089	25%
Otras hortalizas	3.089	25%
Semilla de hierba	3.089	25%
Ballico	3.089	25%
Otras semillas	3.089	25%
Heno	3.089	25%
Paja	3.089	25%
Yuca	7.413	100%
Alcachofa	7.413	100%
Otros cultivos de campo	9.884	100%
Naranjos	0.148	5%
Pomelos	0.148	5%
Mandarinos	0.148	5%
Limoneros	0.148	5%
Limas	0.148	5%
Otros cítricos	0.148	5%
Manzanos	0.148	5%

<b>Cultivo</b>	<b>Pasadas por ha</b>	<b>Porcentaje anual de preparación</b>
Duraznos	0.148	5%
Cerezos	0.148	5%
Perales	0.148	5%
Ciruelos	0.148	5%
Uva de mesa	1.359	5%
Uva para vino	2.520	5%
Uva para pasa	5.609	5%
Otras uvas	2.520	5%
Damasco	0.148	5%
Caqui	0.148	5%
Granado	0.148	5%
Membrillo	0.148	5%
Chirimoyas	0.148	5%
Otras frutas	0.148	5%
Palta	0.148	5%
Dátil	0.148	5%
Higuera	0.148	5%
Olivo	0.148	5%
Guayaba	0.148	5%
Kiwi	0.148	15%
Mora	2.224	15%
Frutilla	14.826	100%
Frambuesa	14.826	100%
Otros arbustos	2.224	100%
Almendra	0.618	5%
Avellana	0.618	5%
Nuez	0.618	5%
Castaña	0.618	5%
Pistachos	0.618	5%
Otras frutas cáscara dura	0.618	5%
Alcachofa	7.413	100%
Espárrago	4.942	100%
Habas	12.355	100%
Brócoli	12.355	100%
Bruselas	7.413	100%
Repollo	11.120	100%
Cardo	11.120	100%
Zanahoria	12.355	100%
Coliflor	12.355	100%

Cultivo	Pasadas por ha	Porcentaje anual de preparación
Apio	11.120	100%
Cebollines	11.120	100%
Pepino	12.355	100%
Berenjena	12.355	100%
Escarola	11.120	100%
Ajo	9.884	100%
Rábano	12.355	100%
Melón	9.884	100%
Lechuga	11.120	100%
Champiñón	2.471	100%
Mostaza	11.120	100%
Cebolla	12.355	100%
Perejil	11.120	100%
Arveja	12.355	100%
Pimienta	17.297	100%
Pimientos	17.297	100%
Zapallo	9.884	100%
Nabo	12.355	100%
Espinaca	11.120	100%
Acelga	11.120	100%
Tomates	17.297	100%
Papas	12.355	100%
Espicias y hierbas	11.120	100%
Otros vegetales	12.355	100%

Fuente: (CARB, 1997b)

## VI. Factores de emisión fuentes móviles: Emisiones en caliente por tubo de escape

Tabla 7-27 Factores de emisión para vehículos livianos particulares y de alquiler [gr/km]

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
Vehículos Particulares No Catalíticos y Vehículos de Alquiler No	CO	$2.81 * V^{-0.630}$	COPERT IV
	HC	$30.34 * V^{-0.693}$	COPERT IV
	NOX	$1.173 + 0.0225 * V - 0.00014 * V^2$	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CH4	$0.0000331 * V^2 - 0.00573 * V + 0.268$	COPERT IV
	N2O	0.005	COPERT III



Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
Catalíticos (Sin norma de emisión)	NH3	0.002	COPERT III
	CC	$521V^{-0.554}$	COPERT IV
Vehículos Particulares Catalíticos Tipo 1 y Vehículos de Alquiler Catalíticos Tipo 1 (EURO I o superior)	CO	$28.844 * V^{-0.8384}$	COPERT III
	HC	$45.01 * V^{-0.71}$	DIMEC
	NOX	$3.691 * V^{-0.32}$	DIMEC
	MP	0.003	COPERT IV
	CH4	$1.1176 * 10^{-5} * V^2 - 0.00196 * V + 0.099652$	COPERT III
	N2O	0.053	COPERT III
	NH3	0.070	COPERT III
	CC	$(199 + 0.346 * V) / (1 + 0.0892 * V - 0.000538 * V^2)$	COPERT IV
Vehículos Particulares Catalíticos Tipo 2 y Vehículos de Alquiler Catalíticos Tipo 2 (EURO III)	CO	$28.844 * V^{-0.8384}$	DIMEC
	HC	$17.64 * V^{-0.78}$	DIMEC
	NOX	$4.07 * V^{-0.41}$	DIMEC
	MP	0.001	COPERT IV
	CH4	$0.00000156 * V^2 - 0.00027402 * V + 0.01395128$	COPERT III
	N2O	0.053	COPERT III
	NH3	0.070	COPERT III
	CC	$(217 + 0.253 * V + 0.00965 * V^2) / (1 + 0.096 * V - 0.000421 * V^2)$	COPERT IV
Vehículos Particulares Diesel Tipo 1 y Vehículos de Alquiler Diesel Tipo 1 (EURO I)	CO	$(0.996 + -0.0188 * V + 0.000109 * V^2)$	COPERT IV
	HC	$(0.142 + -0.00201 * V + 0.0000115 * V^2) / (1 + 0.0138 * V + 0.000019 * V^2)$	COPERT IV
	NOX	$(3.1 + -0.00618 * V + 0.000422 * V^2) / (1 + 0.141 * V + 0.000503 * V^2)$	COPERT IV
	MP	$(0.114 + -0.00233 * V + 0.0000226 * V^2)$	COPERT IV
	CH4	$0.0000019 * V^2 - 0.0001775 * V + 0.0079936$	COPERT III
	N2O	0.027	COPERT III
	NH3	0.001	COPERT III
	CC	$(145 - 0.188 * V + 0.00947 * V^2) / (1 + 0.0673 * V - 0.000317 * V^2)$	COPERT IV
Vehículos Particulares Diesel Tipo 2 y Vehículos de Alquiler Diesel Tipo 2 (EURO III)	CO	$(0.169 + -0.00292 * V + 0.0000125 * V^2) / (1) + 1.1 / V$	COPERT IV
	HC	$(0.0965 + -0.000238 * V + 0.00000193 * V^2) / (1 + 0.103 * V + 0.0000724 * V^2)$	COPERT IV
	NOX	$(2.82 + 0.0669 * V + -0.000463 * V^2) / (1 + 0.198 * V + 0.00143 * V^2)$	COPERT IV
	MP	$(0.0515 + -0.00088 * V + 0.00000812 * V^2)$	COPERT IV
	CH4	$0.000001615 * V^2 - 0.00015088 * V + 0.00679456$	COPERT III
	N2O	0.027	COPERT III
	NH3	0.001	COPERT III

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
	CC	$(162+2.18*V-0.0128*V^2)/(1+0.123*V-0.000776*V^2)$	COPERT IV

Fuente: (SICAM, 2015c)

**Tabla 7-28 Factores de emisión para vehículos livianos comerciales [gr/km]**

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
<b>Vehículos Comerciales No Catalíticos (Sin norma de emisión)</b>	CO	$0.01104*V^2-1.5132*V+57.789$	COPERT IV
	HC	$0.000677*V^2-0.117*V+5.4734$	COPERT IV
	NOX	$0.0179*V+1.9547$	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CH4	0.150	COPERT III
	N2O	0.006	COPERT III
	NH3	0.002	COPERT III
	CC	$0.0167*V^2-2.649*V+161.51$	COPERT IV
<b>Vehículos Comerciales Catalíticos Tipo 1 (EURO I)</b>	CO	$0.0037*V^2-0.5215*V+19.127$	COPERT IV
	HC	$0.0000577*V^2-0.01047*V+0.5462$	COPERT IV
	NOX	$0.0000755*V^2-0.009*V+0.666$	COPERT IV
	MP	0.003	COPERT IV
	CH4	$1.2969*10^{-5}*V^2-0.0021098*V+0.101995$	COPERT III
	N2O	0.053	COPERT III
	NH3	0.070	COPERT III
	CC	$0.0195*V^2-3.09*V+188.85$	COPERT IV
<b>Vehículos Comerciales</b>	CO	$0.52*(0.0037*V^2-0.5215*V+19.127)$	COPERT IV
	HC	$0.14*(0.0000577*V^2-0.01047*V+0.5462)$	COPERT IV
	NOX	$0.21*(0.0000755*V^2-0.009*V+0.666)$	COPERT IV
	MP	0.001	COPERT IV
	CH4	$1.2969*10^{-5}*V^2-0.0021098*V+0.101995$	COPERT III
	N2O	0.053	COPERT III
	NH3	0.070	COPERT III
	CC	$0.0195*V^2-3.09*V+188.85$	COPERT IV
<b>Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1 (EURO I)</b>	CO	$0.000223*V^2-0.026*V+1.076$	COPERT IV
	HC	$0.0000175*V^2-0.00284*V+0.2162$	COPERT IV
	NOX	$0.000241*V^2-0.03181*V+2.0247$	COPERT IV
	MP	$0.000045*V^2-0.004885*V+0.1932$	COPERT IV
	CH4	0.005	COPERT III
	N2O	0.017	COPERT III
	NH3	0.001	COPERT III
	CC	$0.0198*V^2-2.506*V+137.42$	COPERT IV

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
<b>Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2 (EURO III)</b>	CO	$0.82*(0.000223*V^2-0.026*V+1.076)$	COPERT IV
	HC	$0.62*(0.0000175*V^2-0.00284*V+0.2162)$	COPERT IV
	NOX	$0.84*(0.000241*V^2-0.03181*V+2.0247)$	COPERT IV
	MP	$0.67*(0.000045*V^2-0.004885*V+0.1932)$	COPERT IV
	CH4	0.005	COPERT III
	N2O	0.017	COPERT III
	NH3	0.001	COPERT III
	CC	$0.0198*V^2-2.506*V+137.42$	COPERT IV

Fuente: : (SICAM, 2015c)

Tabla 7-29 Factores de emisión para motocicletas [gr/km]

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
<b>Motocicletas 2 Tiempos Convencional</b>	CO	$(-0.001)*V^2+0.172*V+18.1$ ( $V<60$ km/h) $0.0001*V^2-0.05*V+21.5$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	HC	$0.0035*V^2-0.409*V+20.1$ ( $V<60$ km/h) $0.0003*V^2-0.0524*V+10.6$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	NOX	$0.00003*V^2-0.002*V+0.064$ ( $V<60$ km/h) $-0.00002*V^2-0.0049*V-0.157$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CH4	0.150	COPERT IV
	N2O	0.002	COPERT III
	NH3	0.002	COPERT III
	CC	$0.006300*V^2-0.6028*V+44.40$ ( $V<60$ km/h) $-0.0005*V^2+0.2375*V+18.2$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
<b>Motocicletas 2 Tiempos Tipo 1</b>	CO	$(-0.0063)*V^2+0.715*V-6.9$ ( $V<60$ km/h) $0.0007*V^2+0.157*V+6.0$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	HC	$(-0.00100)*V^2+0.0970*V+3.90$ ( $V<60$ km/h) $-0.0003*V^2+0.0325*V+5.2$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	NOX	$0.00002*V^2-0.0010*V+0.032$ ( $V<60$ km/h) $-0.00002*V^2+0.0041*V-0.152$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CH4	0.099	COPERT IV
	N2O	0.002	COPERT III
	NH3	0.002	COPERT III
	CC	$(-0.0011)*V^2+0.2008*V+17.8$ ( $V<60$ km/h) $-0.001*V^2+0.2425*V+14.6$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
<b>Motocicletas 4 Tiempos Convencional</b>	CO	$0.0139*V^2-1.42*V+55.0$ ( $V<60$ km/h) $0.0009*V^2-0.0099*V+17.8$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	HC	$0.0015*V^2-0.164*V+5.51$ ( $V<60$ km/h) $0.00001*V^2+0.0005*V+0.86$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	NOX	$0.00005*V^2-0.0009*V+0.092$ ( $V<60$ km/h) $0.00002*V^2+0.0007*V+0.104$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV
	MP	N/A	COPERT IV
	CH4	0.200	COPERT IV
	N2O	0.002	COPERT III
	NH3	0.002	COPERT III
	CC	$0.02730*V^2-2.8490*V+98.90$ ( $V<60$ km/h) $0.00210*V^2-0.1550*V+29.20$ ( $V>60$ km/h)	COPERT IV

Fuente: : (SICAM, 2015c)

**Tabla 7-30 Factores de emisión para camiones livianos, medianos y pesados [gr/km]**

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
<b>Camiones Livianos Diesel Convencional (Sin norma de emisión)</b>	CO	$(1.33100726733857+(21.8449743141392/(1+EXP((((-1)^*-0.504971268965296)+(0.312821696485325*LN(V)))+(0.0475568824975561*V))))))$	COPERT IV
	HC	$(1/(((0.0000255844630417443*(V^2))+ (0.0158573273281831*V)))+0.111912289529115))$	COPERT IV
	NOX	$((9.46863277232646+(0.0442964678823534*V))+ (((-0.32701557278449-0.0442964678823534)* (1-EXP((((-1)^*0.0444311393753228)*V)))/0.0444311393753228))$	COPERT IV
	MP	$((0.246679578562812+(0.984448830087052* EXP((((-1)^*0.0573885647373114)*V)))+(1.35752845755518*EXP((((-1)^*0.26749736498926)*V)))$	COPERT IV
	CH4	0.085	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$(1/((( -1.91572782364273E-06*(V^2))+ (0.00022762309493391*V)))+0.00230855727238828))$	COPERT IV
<b>Camiones Livianos Diesel Tipo 1 (EURO I)</b>	CO	$((2.76260822702778+(0.00421889760872896*V))+ (((-0.138811740772604-0.00421889760872896)* (1-EXP((((-1)^*0.0554389021391657)*V)))/0.0554389021391657))$	COPERT IV
	HC	$((0.130363868426115+(0.655681828989109*EXP((((-1)^* 0.0414084699523944)*V)))+(0.579903628294934* EXP((((-1)^*0.179881862657029)*V)))$	COPERT IV
	NOx	$((8.13180354133249+(0.0242200749484135*V))+ (((-0.407155211816616-0.0242200749484135)* (1-EXP((((-1)^*0.0658736093204939)*V)))/0.0658736093204939))$	COPERT IV
	MP	$(0.0964167273833862+(3.43779854251746/(1+EXP((((-1)^* -1.41939095053924)+ (0.249711482093828*LN(V)))+(0.0548730793732454*V))))))$	COPERT IV
	CH4	0.085	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$1425.2*V^{-0.7593} (V<47 \text{ km/h})$ $0.0082 *V^2 - 0.043*V + 60.12 (V>47 \text{ km/h})$	COPERT III
<b>Camiones Livianos Diesel Tipo 2 (EURO II)</b>	CO	$(1/((( -0.000401995677832104*(V^2))+ (0.0560938055613096*V)))+0.251138399156686))$	COPERT IV
	HC	$((0.0784877042388268+(0.408108802852382*EXP((((-1)^* 0.0390718963580253)*V)))+(0.415617455652576* EXP((((-1)^*0.170177395412051)*V)))$	COPERT IV
	NOx	$((8.95291684317713+(0.0194993193323207*V))+ (((-0.460742352779971-0.0194993193323207)* (1-EXP((((-1)^*0.0688710831899242)*V)))/0.0688710831899242))$	COPERT IV

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
	MP	$(1/((-0.00354622656170774*(V^2))+ (0.430120737842256*V))+5.35203029620273))$	COPERT IV
	CH4	0.054	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((79.2923051995812+(0.691265263701946*EXP((-1)* -0.0443036616705716)*V)))+(160.749812580608* EXP((-1)*0.0710898726022404)*V))$	COPERT IV
<b>Camiones Livianos Diesel Tipo 3 (EURO III)</b>	CO	$((0.384175685753069+(1.84804863651226* EXP((-1)*0.0509619540591832)*V)))+(1.93685793022589* EXP((-1)*0.269738391999291)*V))$	COPERT IV
	HC	$EXP((1.61796979092607+(-3.95602439373772/V))+ (-0.928626415189699*LN(V)))$	COPERT IV
	NOX	$((0.00737039242272568*V+1.21572452124539))+ (31.1925613553879*(V^{-0.770235702682926}))$	COPERT IV
	MP	$((0.0367880549836508+(0.139633163159989*EXP((-1)*0.0436830501044176)*V)))+(0.0425857574319341*EXP((-1)*0.138843359773111)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.048	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$1425.2*V^{-0.7593} (V<47 \text{ km/h})$ $0.0082 *V^2 - 0.043*V + 60.12 (V>47 \text{ km/h})$	COPERT III
<b>Camiones Medianos Diesel Convencional (Sin norma de emisión)</b>	CO	$((1.64079704915359+(7.53707525840325* EXP((-1)*0.0569133419838688)*V)))+(11.8122149716005* EXP((-1)*0.227682503769612)*V))$	COPERT IV
	HC	$(0.243760787720553+(7.10826259551006/(1+EXP((-1)* 3.51236829384046)))+(1.60927601441032*LN(V)))+ (-0.00670056870941961*V))$	COPERT IV
	NOX	$((23.9635210324861+(0.0247701168290533*V))+ (((-1.01040586360789-0.0247701168290533)* (1-EXP((-1)*0.0586066803848415)*V)))/0.0586066803848415))$	COPERT IV
	MP	$((0.257464183060985+(1.12883195812743* EXP((-1)*0.0552875878927405)*V)))+(2.07272117719613* EXP((-1)*0.231507360306843)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.085	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$(1/((-1.10842815512624E-06*(V^2))+ (0.000150552030374214*V))+0.00101451259677115))$	COPERT IV
	CO	$((0.790317454194181+(3.61193159728498*EXP((-1)* 0.0568986834561566)*V)))+(5.46377659396398*$	COPERT IV

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
Camiones Medianos Diesel Tipo 1 (EURO I)		$EXP((-1)*0.273781481461152)*V))$	
	HC	$(3.61193159728498+(0.0568986834561566/(1+EXP((( -1)*5.46377659396398)+(0.273781481461152*LN(V)))+(0.790317454194181*V))))$	COPERT IV
	NOX	$((16.1498049828405+(0.00591776809542959*V))+((-0.825360976649647-0.00591776809542959)*(1-EXP((( -1)*0.0711531009304992)*V)))/0.0711531009304992))$	COPERT IV
	MP	$((0.156206861399955+(0.750557266305765*EXP((-1)*0.0595575965448602)*V)))+(0.784750538199954*EXP((-1)*0.190122668531955)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.085	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$(1/((-0.0000012904797975722*(V^2))+ (0.000168239652397563*V))+0.00142011865978317))$	COPERT IV
Camiones Medianos Diesel Tipo 2 (EURO II)	CO	$(1/((-0.000199057522186124*(V^2))+ (0.0301073374179793*V))+0.133525099498037))$	COPERT IV
	HC	$(0.12496517747328+(1.62340617874031/(1+EXP((( -1)*3.17355884949529)+(1.41626576250196*LN(V)))+(0.00676056156552116*V))))$	COPERT IV
	NOX	$((5.03805229909189+(12.0162763231528*EXP((-1)*0.0718688293194455)*V)))+(1472.97429951381*EXP((-1)*1.22281170978883)*V))$	COPERT IV
	MP	$((0.156206861399955+(0.750557266305765*EXP((-1)*0.0595575965448602)*V)))+(0.784750538199954*EXP((-1)*0.190122668531955)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.054	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$(1/((-1.30079777653565E-06*(V^2))+ (0.000168681125921504*V))+0.00166669123857194))$	COPERT IV
Camiones Medianos Diesel Tipo 3 (EURO III)	CO	$((0.731687393919072+(3.6645785309034*EXP((-1)*0.0563683393170761)*V)))+(5.23028829144801*EXP((-1)*0.22940672493427)*V))$	COPERT IV
	HC	$(0.0837360334457316+(1.32104434472513/(1+EXP((( -1)*4.53135180004797)+(1.89348725872261*LN(V)))+( -0.0103853145584935*V))))$	COPERT IV
	NOX	$((3.75961273247849+(8.83991867276675*EXP((-1)*0.0582095437791065)*V)))+(32.8119093290992*EXP((-1)*0.324655578422129)*V))$	COPERT IV
	MP	$(0.00753000339418102+(0.481778214802105/(1+EXP((( -1)*4.57741464608742)+(1.88064486426566*LN(V)))+($	COPERT IV

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
		$(-0.0224165794949045 * V))))$	
	CH4	0.048	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$(1/((-1.25110663618204E-06 * (V^2)) + (0.000164240816414678 * V)) + 0.00147486189135326))$	COPERT IV
<b>Camiones Pesados Diesel Convencional (Sin norma de emisión)</b>	CO	$((1.64310174818499 + (8.13411883364323 * EXP((-1) * 0.0542110803060114) * V))) + (15.8643543525583 * EXP((-1) * 0.275320506271409) * V))$	COPERT IV
	HC	$((0.246337810165474 + (1.5316799416869 * EXP((-1) * 0.0245230975201173) * V))) + (5.36991758512458 * EXP((-1) * 0.124006848764087) * V))$	COPERT IV
	NOX	$((9.89341403519485 + (20.1184520190778 * EXP((-1) * 0.0461690386329114) * V))) + (94.2835206151738 * EXP((-1) * 0.537881650750213) * V))$	COPERT IV
	MP	$((0.355389813811357 + (1.43156187475234 * EXP((-1) * 0.0490091286677857) * V))) + (2.5973197096804 * EXP((-1) * 0.247362040708152) * V))$	COPERT IV
	CH4	0.175	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((230.898545662676 + (666.989178610959 * EXP((-1) * 0.0510509526598625) * V))) + (5141.67058484724 * EXP((-1) * 0.556974731846176) * V))$	COPERT IV
<b>Camiones Pesados Diesel Tipo 1 (EURO I)</b>	CO	$((1.3437024869028 + (5.73535271116126 * EXP((-1) * 0.0514788625003588) * V))) + (13.7292344776583 * EXP((-1) * 0.277004301618467) * V))$	COPERT IV
	HC	$((0.321334357738875 + (1.36913341907543 * EXP((-1) * 0.0300760766329259) * V))) + (4.16528444929436 * EXP((-1) * 0.130814820111219) * V))$	COPERT IV
	NOX	$((6.93777830085879 + (14.7649430218224 * EXP((-1) * 0.0471396701763906) * V))) + (93.369277972383 * EXP((-1) * 0.550739160678484) * V))$	COPERT IV
	MP	$((0.246246967566125 + (1.19643219195567 * EXP((-1) * 0.0496623754799222) * V))) + (2.79763916888652 * EXP((-1) * 0.247362040708152) * V))$	COPERT IV
	CH4	0.175	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((201.80527029554 + (523.535820661854 * EXP((-1) * 0.049423050788441) * V))) + (17421.4796042017 * EXP((-1) * 0.809907162438699) * V))$	COPERT IV
CO	$(1/((-0.00010960585101578 * (V^2)) + (0.0174064839534468 * V))) +$	COPERT IV	



Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
Camiones Pesados Diesel Tipo 2 (EURO II)		0.0779217214718428))	
	HC	$((0.162905538155383+(0.828009789857126*EXP((-1)^*0.0248119637491787)*V)))+(2.67001448123625*EXP((-1)^*0.124882855805357)*V))$	COPERT IV
	NOX	$((7.20536564798271+(16.4001356804762*EXP((-1)^*0.0478197060782861)*V)))+(55.7002667265637*EXP((-1)^*0.444673457893458)*V))$	COPERT IV
	MP	$((0.522473149719108+(0.00449065078092204*V))+((-0.0162814067750473-0.00449065078092204)*(1-EXP((-1)^*0.0249231148800991)*V)))/0.0249231148800991))$	COPERT IV
	CH4	0.112	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((195.476155665251+(464.243926657849*EXP((-1)^*0.0471738612383144)*V)))+(22777.7239789702*EXP((-1)^*0.88418501143649)*V))$	COPERT IV
Camiones Pesados Diesel Tipo 3 (EURO III)	CO	$(1.24588358438859+(103.700537481749/(1+EXP((((-1)^*-1.3906312471446)+(0.543451750078654*LN(V)))+(0.0390066425998189*V))))))$	COPERT IV
	HC	$((0.135938586321894+(0.71588074810547*EXP((-1)^*0.0234666513590177)*V)))+(2.79878282504916*EXP((-1)^*0.123459782380517)*V))$	COPERT IV
	NOX	$((5.58300975720938+(14.5724996214701*EXP((-1)^*0.0510403515051286)*V)))+(45.651882800859*EXP((-1)^*0.309240087785118)*V))$	COPERT IV
	MP	$((0.100820480611018+(0.424449762706025*EXP((-1)^*0.0416436785215947)*V)))+(0.864328026775096*EXP((-1)^*0.0416436785215947)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.098	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((199.101296810716+(496.037924788222*EXP((-1)^*0.0466183266185801)*V)))+(3798.31076366067*EXP((-1)^*0.573715458508514)*V))$	COPERT IV

Fuente: (SICAM, 2015c)

**Tabla 7-31 Factores de emisión buses urbanos e interurbanos [gr/km]**

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
Buses Licitados Urbanos Diesel VTT (Sin norma de emisión) y Buses Rurales Diesel	CO	$((2.06009658797102+(12.4887688587286*EXP((-1)^*0.0505255998584954)*V)))+(23.5557007665851*EXP((-1)^*0.211694370574096)*V))$	COPERTIV
	HC	$((0.729005985398433+(5.27683496706808*EXP((-1)^*0.0522550898062261)*V)))+(28.1631776942575*EXP((-1)^*0.0522550898062261)*V))$	COPERT IV

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
<b>Convencional y Buses particulares</b>		$0.358045190114825 * V$	
	NOX	$(10.9405646505257 + (33.6358775966976 * \exp(-1 * 0.0719192109094799) * V))$	COPERT IV
	MP	$((0.330392709350419 + (2.12626141356873 * \exp(-1 * 0.0531758407457396) * V)) + (4.3197507742442 * \exp(-1 * 0.223814793279102) * V))$	COPERT IV
	CH4	0.175	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((216.443587975171 + (812.927971989443 * \exp(-1 * 0.0678242873099692) * V)) + (156466.268157966 * \exp(-1 * 1.14658015563429) * V))$	COPERT IV
<b>Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1 (EURO I) y Buses Rurales Diesel Tipo 1</b>	CO	$(1 / (0.0590276769213079 + (0.0123794565168397 * V)))$	COPERT IV
	HC	$((0.344339282281007 + (1.97556227639746 * \exp(-1 * 0.0524563996148317) * V)) + (12.4509232851955 * \exp(-1 * 0.441753379929044) * V))$	COPERT IV
	NOX	$((31.9073040842316 + (-0.0216485197526044 * V)) + ((-2.13385494968916 + 0.0216485197526044) * (1 - \exp(-1 * 0.0883032877351713) * V))) / 0.0883032877351713$	COPERT IV
	MP	$(1 / (((-0.000145182007348376 * V^2) + (0.0707255508462423 * V)) + 0.411713000205326))$	COPERT IV
	CH4	0.175	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$1645.9 * V^{-0.4318}$	COPERT III
<b>Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2 (EURO II) y Buses Rurales Diesel Tipo 2</b>	CO	$((11.8955256871342 + (-0.0159405859257982 * V)) + (((-1.00479006566861 + 0.0159405859257982) * (1 - \exp(-1 * 0.100335336466763) * V))) / 0.100335336466763$	COPERT IV
	HC	$((0.235792239598881 + (1.39402527860679 * \exp(-1 * 0.0566473804137163) * V)) + (10.9828352155318 * \exp(-1 * 0.507803202245263) * V))$	COPERT IV
	NOX	$(6.53723270740573 + (128.918291648142 / (1 + \exp(-1 * -0.749160869317697) + (0.452362447844676 * \ln(V)) + (0.0470717668581435 * V))))$	COPERT IV
	MP	$(0.114057293662852 + (0.517385292936967 * \exp(-0.0633308347265525 * V)))$	COPERT IV
	CH4	0.114	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$(189.916479584143 + (640.218297661017 * \exp(-0.0712640456776551 * V)))$	COPERT IV

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
<b>Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3 (EURO III) y Buses Rurales Diesel Tipo 3</b>	CO	$EXP((4.49459237978435+(-3.87613016307628/V))+(-1.04287581210089*LN(V)))$	COPERT IV
	HC	$((0.203552960707172+(1.1801818895166*EXP((-1)*0.0539596546222477)*V)))+(10.3079031432216*EXP((-1)*0.52183677102291)*V))$	COPERT IV
	NOX	$(3.97204458653341+(93.4011475168263/(1+EXP((((-1)*1.1663708654914)+(1.13974993702192*LN(V)))+(0.0115236421967199*V))))$	COPERT IV
	MP	$((0.0941400678390497+(0.453225667665789*EXP((-1)*0.0555842529466689)*V)))+(1250.73523278467*EXP((-1)*1.74277938177595)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.103	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((193.61077011167+(617.446606071137*EXP((-1)*0.0659151515019985)*V)))+(52222212.2276168*EXP((-1)*2.21550769693125)*V))$	COPERT IV
<b>Buses Interurbanos Diesel Convencional (Sin norma de emisión)</b>	CO	$((1.2374142610252+(8.43448089347279*EXP((-1)*0.0470146076535067)*V)))+(0.0470146076535067*EXP((-1)*0.223856493432231)*V))$	COPERT IV
	HC	$((0.164335084865499+(0.0236742853138661*V))+(EXP(-1)/0.837803220941278))$	COPERT IV
	NOX	$(1/((-0.000015972523238885*(V^2))+(0.00252178534954003*V)))+(0.0153555743505594))$	COPERT IV
	MP	$((0.277394459399096+(1.50797491755461*EXP((-1)*0.0455149911697088)*V)))+(2.67500447628517*EXP((-1)*0.230306720507304)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.175	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((191.094101496311+(738.280641648805*EXP((-1)*0.0530257854241657)*V)))+(2369.61308055718*EXP((-1)*0.381587794681817)*V))$	COPERT IV
<b>Buses Interurbanos Diesel Tipo1 (EURO I)</b>	CO	$((1.01974341308004+(6.04164185183975*EXP((-1)*0.0439503981326785)*V)))+(12.8806568134191*EXP((-1)*0.202538170719922)*V))$	COPERT IV
	HC	$((0.332351787247489+(2.17331289615912*EXP((-1)*2.17331289615912)*V)))+(3.41566105651941*EXP((-1)*0.151043954326755)*V))$	COPERT IV
	NOX	$((6.31670636044002+(21.4906993117648*EXP((-1)*0.0583340033221574)*V)))+(85.7766356671849*EXP((-1)*0.382956540968124)*V))$	COPERT IV

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
	MP	$((0.186272041887835+(1.11854340829562*EXP((-1)^*0.0402385038628884)*V)))+(1.43430862113027*EXP((-1)^*0.259271964140274)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.175	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((175.161626205305+(646.643177204604*EXP((-1)^*0.0514166524577739)*V)))+(3159.81891806033*EXP((-1)^*0.432772373623944)*V))$	COPERT IV
<b>Buses Interurbanos Diesel Tipo 2 (EURO II)</b>	CO	$((1.0008850031912+(5.92534609673967*EXP((-1)^*0.0526151095799285)*V)))+(16.031866052335*EXP((-1)^*0.244223968035646)*V))$	COPERT IV
	HC	$(1/(0.170452633296351+(0.0409644447872211*V)))$	COPERT IV
	NOX	$((6.83481038799362+(24.2137681687706*EXP((-1)^*0.056571921705510900565719217055109)*V)))+(81.2148544422182*EXP((-1)^*0.358042508344665)*V))$	COPERT IV
	MP	$((0.109356689160901+(0.424929311536733*EXP((-1)^*0.0444988627049973)*V)))+(0.792130437431232*EXP((-1)^*0.259271964140274)*V))$	COPERT IV
	CH4	0.114	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((173.847511007266+(596.162545047804*EXP((-1)^*0.048974075282995)*V)))+(3566.31377631362*EXP((-1)^*0.459079093021153)*V))$	COPERT IV
<b>Buses Interurbanos Diesel Tipo 3 (EURO III)</b>	CO	$((1.08632604031267+(6.46823166382744*EXP((-1)^*0.0457909676088093)*V)))+(15.0010348169023*EXP((-1)^*0.221904651804259)*V))$	COPERT IV
	HC	$(0.227231246172132+(15.6623993601925/(1+EXP((-1)^*-0.530825258433305)+(0.64893877880533*LN(V)))+(0.0270342446309713*V))))$	COPERT IV
	NOX	$((5.30542698745506+(21.8812199241423*EXP((-1)^*0.0529967144180243)*V)))+(90.0551365078442*EXP((-1)^*0.247649925809256)*V))$	COPERT IV
	MP	$(0.0824673698756213+(1.06820321325441/(1+EXP((-1)^*2.35097203495455)+(1.08187915615308*LN(V)))+(0.0118433684419714*V))))$	COPERT IV
	CH4	0.103	COPERT IV
	N2O	0.030	COPERT III
	NH3	0.003	COPERT III
	CC	$((191.107562411866+(700.026927912708*EXP((-1)^*0.0528349965193726)*V)))+(3813.80268106653*$	COPERT IV

---

Categoría	Cont.	Factor de emisión	Fuente
		$EXP((-1)*0.452232380842497)*V$	

Fuente: (SICAM, 2015c)

## VII. Categorías Vehiculares

Tabla 7-32 Categorías Vehiculares CCF6

Código CCF6	Descripción
701001	Vehículos livianos de pasajeros
701002	Vehículos de alquiler
701003	Vehículos livianos comerciales
701004	Camiones livianos
701005	Camiones medianos
701006	Motocicletas
701007	Buses interurbanos
701008	Taxis colectivos
701009	Buses licitados urbanos
701010	Camiones pesados
701017	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos
701018	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos
701019	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos
701020	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos
701021	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos
701022	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 1 - Articulados
701023	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 2 - Articulados
701024	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 3 - Articulados
701025	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 4 - Articulados
701026	Buses licitados urbanos - Transantiago - Troncal 5 - Articulados
701027	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 1
701028	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 2
701029	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 3
701030	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 4
701031	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 5
701032	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 6
701033	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 7
701034	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 8
701035	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 9
701036	Buses licitados urbanos - Transantiago - Alimentadora 10
701037	Buses rurales
701038	Buses particulares e institucionales
701039	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas
701040	Vehículos Medianos

Fuente: (DICTUC, 2013)

Tabla 7-33 Categorías Tecnológicas CCF 8

Código CCF8	Descripción
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 diésel Euro 1
70100106	Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 4
70100107	Vehículos livianos de pasajeros diésel Euro 3
70100108	Vehículos livianos de pasajeros diésel Euro 4
70100109	Vehículos livianos de pasajeros híbridos
70100110	Vehículos livianos de pasajeros diésel Pre Euro
70100111	Vehículos livianos de pasajeros diésel 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 diésel Euro 1
70100206	Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4
70100207	Vehículos de alquiler diésel Euro 3
70100208	Vehículos de alquiler diésel Euro 4
70100209	Vehículos de alquiler híbridos
70100210	Vehículos de alquiler diésel Pre Euro
70100211	Vehículos de alquiler diésel 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 diésel Euro 1
70100305	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel 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 diésel sin norma
70100314	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 4
70100315	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 5
70100316	Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 2
70100317	Vehículos livianos comerciales de uso particular diésel Euro 2
70100401	Camiones livianos diésel sin norma
70100402	Camiones livianos diésel Euro 1

<b>Código CCF8</b>	<b>Descripción</b>
70100403	Camiones livianos diésel Euro 2
70100404	Camiones livianos diésel Euro 3
70100405	Camiones livianos diésel Euro 4
70100501	Camiones medianos diésel sin norma
70100502	Camiones medianos diésel Euro 1
70100503	Camiones medianos diésel Euro 2
70100504	Camiones medianos diésel Euro 3
70100505	Camiones medianos diésel 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 diésel sin norma
70100702	Buses interurbanos diésel Euro 1
70100703	Buses interurbanos diésel Euro 2
70100704	Buses interurbanos diésel Euro 3
70100711	Buses interurbanos diésel 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 diésel Euro 1
70100806	Taxis colectivos gasolineros Euro 4
70100807	Taxis colectivos diésel Euro 3
70100808	Taxis colectivos diésel Euro 4
70100809	Taxis colectivos híbridos
70100810	Taxis colectivos diésel Pre Euro
70100811	Taxis colectivos diésel Euro 5
70100901	Buses licitados urbanos diésel sin norma
70100902	Buses licitados urbanos diésel Euro 1
70100903	Buses licitados urbanos diésel Euro 2
70100904	Buses licitados urbanos diésel Euro 3
70100912	Buses licitados urbanos diésel Euro 4
70101001	Camiones pesados diésel sin norma



<b>Código CCF8</b>	<b>Descripción</b>
<b>70101002</b>	Camiones pesados diésel Euro 1
<b>70101003</b>	Camiones pesados diésel Euro 2
<b>70101004</b>	Camiones pesados diésel Euro 3
<b>70101005</b>	Camiones pesados diésel Euro 4
<b>70101701</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 3
<b>70101702</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 4
<b>70101703</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
<b>70101704</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
<b>70101801</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 3
<b>70101802</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 4
<b>70101803</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
<b>70101804</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
<b>70101901</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 3
<b>70101902</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 4
<b>70101903</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
<b>70101904</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
<b>70102001</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 3
<b>70102002</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 4
<b>70102003</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
<b>70102004</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
<b>70102101</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 3
<b>70102102</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 4
<b>70102103</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
<b>70102104</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
<b>70102201</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 1 - Articulados Euro 3
<b>70102202</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 1 - Articulados Euro 4
<b>70102203</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 1 - Articulados Euro 3-Con filtro
<b>70102204</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 1 - Articulados Euro 4-Con filtro
<b>70102301</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 2 - Articulados Euro 3
<b>70102302</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 2 - Articulados Euro 4
<b>70102303</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 2 - Articulados Euro 3-Con filtro
<b>70102304</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 2 - Articulados Euro 4-Con filtro
<b>70102401</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 3 - Articulados Euro 3
<b>70102402</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 3 - Articulados Euro 4
<b>70102403</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 3 - Articulados Euro 3-Con filtro
<b>70102404</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 3 - Articulados Euro 4-Con filtro
<b>70102501</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 4 - Articulados Euro 3
<b>70102502</b>	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 4 - Articulados Euro 4

<b>Código CCF8</b>	<b>Descripción</b>
70102503	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 4 - Articulados Euro 3-Con filtro
70102504	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 4 - Articulados Euro 4-Con filtro
70102601	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 5 - Articulados Euro 3
70102602	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 5 - Articulados Euro 4
70102603	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 5 - Articulados Euro 3-Con filtro
70102604	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Troncal 5 - Articulados Euro 4-Con filtro
70102701	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 3
70102702	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 4
70102703	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70102704	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70102801	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 3
70102802	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 4
70102803	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70102804	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70102901	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 3
70102902	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 4
70102903	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70102904	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70103001	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 3
70103002	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 4
70103003	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70103004	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70103101	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 3
70103102	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 4
70103103	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70103104	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70103201	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 3
70103202	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 4
70103203	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70103204	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70103301	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 3
70103302	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 4
70103303	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70103304	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70103401	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 3
70103402	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 4
70103403	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70103404	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 4 -Con filtro

<b>Código CCF8</b>	<b>Descripción</b>
70103501	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 3
70103502	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 4
70103503	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70103504	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70103601	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 3
70103602	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 4
70103603	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 3 -Con filtro
70103604	Buses licitados urbanos diésel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 4 -Con filtro
70103701	Buses rurales diésel sin norma
70103702	Buses rurales diésel Euro 1
70103703	Buses rurales diésel Euro 2
70103704	Buses rurales diésel Euro 3
70103705	Buses rurales diésel Euro 4
70103801	Buses particulares e institucionales diésel sin norma
70103802	Buses particulares e institucionales diésel Euro 1
70103803	Buses particulares e institucionales diésel Euro 2
70103804	Buses particulares e institucionales diésel Euro 3
70103805	Buses particulares e institucionales diésel 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 diésel sin norma
70103906	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 1
70103907	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 3
70103908	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel Euro 4
70103909	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diésel 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 diésel Euro 2
70104001	Vehículos Medianos gasolineros Euro 1
70104002	Vehículos Medianos gasolineros Euro 3
70104003	Vehículos Medianos gasolineros no catalíticos
70104004	Vehículos Medianos diésel Euro 1
70104005	Vehículos Medianos diésel Euro 3
70104006	Vehículos Medianos a GNC Euro 1
70104007	Vehículos Medianos híbridos

<b>Código CCF8</b>	<b>Descripción</b>
<b>70104008</b>	Vehículos Medianos gasolineros Euro 4
<b>70104009</b>	Vehículos Medianos diésel sin norma
<b>70104010</b>	Vehículos Medianos diésel Euro 4
<b>70104011</b>	Vehículos Medianos diésel Euro 5
<b>70104012</b>	Vehículos Medianos gasolineros Euro 2
<b>70104013</b>	Vehículos Medianos diésel Euro 2

Fuente: (DICTUC, 2013)

## **VIII. Clasificación de CCFF8**

A continuación se presenta la clasificación de las categorías vehiculares CCFF8 en las clasificaciones propuestas para el desarrollo de un inventario de emisiones. Se debe tener en consideración que todas las categorías CCFF8 corresponden a Tipo “Móviles”, Subtipo “Fuera de Ruta”, Tipo de emisión “Combustión interna” y Sector “Transporte.

**Tabla 7-34 Clasificación de categorías vehiculares CCF8**

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	Euro 1	
Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 3	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	Euro 3	
Vehículos livianos de pasajeros gasolineros no catalíticos	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	No catalíticos	
Vehículos livianos de pasajeros a GNC Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	GNC	Euro 1	
Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 1	
Vehículos livianos de pasajeros gasolineros Euro 4	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	Euro 4	
Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 3	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 3	
Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 4	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 4	
Vehículos livianos de pasajeros híbridos	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular		Híbridos	
Vehículos livianos de pasajeros diesel Pre Euro	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	pre Euro	
Vehículos livianos de pasajeros diesel Euro 5	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 5	
Vehículos de alquiler gasolineros Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 1	
Vehículos de alquiler gasolineros Euro 3	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 3	
Vehículos de alquiler gasolineros no catalíticos	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	No catalíticos	
Vehículos de alquiler a GNC Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	GNC	Euro 1	
Vehículos de alquiler diesel Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 1	
Vehículos de alquiler gasolineros Euro 4	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 4	

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Vehículos de alquiler diesel Euro 3	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 3	
Vehículos de alquiler diesel Euro 4	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 4	
Vehículos de alquiler híbridos	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial		Híbridos	
Vehículos de alquiler diesel Pre Euro	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	pre Euro	
Vehículos de alquiler diesel Euro 5	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 5	
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 1	
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 3	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 3	
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros no catalíticos	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	No catalíticos	
Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 1	
Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 3	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 3	
Vehículos livianos comerciales de uso particular a GNC Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	GNC	Euro 1	
Vehículos livianos comerciales de uso particular híbridos	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial		Híbridos	
Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 4	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 4	
Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel sin norma	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Sin norma	
Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 4	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 4	
Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 5	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 5	

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular gasolineros Euro 2</b>	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 2	
<b>Vehículos livianos comerciales de uso particular diesel Euro 2</b>	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 2	
<b>Camiones livianos diesel sin norma</b>	Camiones	Camiones livianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Sin norma	
<b>Camiones livianos diesel Euro 1</b>	Camiones	Camiones livianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 1	
<b>Camiones livianos diesel Euro 2</b>	Camiones	Camiones livianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 2	
<b>Camiones livianos diesel Euro 3</b>	Camiones	Camiones livianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 3	
<b>Camiones livianos diesel Euro 4</b>	Camiones	Camiones livianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 4	
<b>Camiones medianos diesel sin norma</b>	Camiones	Camiones medianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Sin norma	
<b>Camiones medianos diesel Euro 1</b>	Camiones	Camiones medianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 1	
<b>Camiones medianos diesel Euro 2</b>	Camiones	Camiones medianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 2	
<b>Camiones medianos diesel Euro 3</b>	Camiones	Camiones medianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 3	
<b>Camiones medianos diesel Euro 4</b>	Camiones	Camiones medianos	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 4	
<b>Motocicletas de dos tiempos sin norma</b>	Motocicletas	Motocicletas dos tiempos	Transporte pasajeros	Particular		Sin norma	
<b>Motocicletas de dos tiempos Euro 1</b>	Motocicletas	Motocicletas dos tiempos	Transporte pasajeros	Particular		Euro 1	
<b>Motocicletas de cuatro tiempos sin norma</b>	Motocicletas	Motocicletas cuatro tiempos	Transporte pasajeros	Particular		Sin norma	
<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 1</b>	Motocicletas	Motocicletas cuatro tiempos	Transporte pasajeros	Particular		Euro 1	
<b>Motocicletas de dos tiempos Euro 2</b>	Motocicletas	Motocicletas dos tiempos	Transporte pasajeros	Particular		Euro 2	

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
<b>Motocicletas de dos tiempos Euro 3</b>	Motocicletas	Motocicletas dos tiempos	Transporte pasajeros	Particular		Euro 3	
<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 2</b>	Motocicletas	Motocicletas cuatro tiempos	Transporte pasajeros	Particular		Euro 2	
<b>Motocicletas de cuatro tiempos Euro 3</b>	Motocicletas	Motocicletas cuatro tiempos	Transporte pasajeros	Particular		Euro 3	
<b>Buses interurbanos diesel sin norma</b>	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Sin norma	Interurbano
<b>Buses interurbanos diesel Euro 1</b>	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 1	Interurbano
<b>Buses interurbanos diesel Euro 2</b>	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 2	Interurbano
<b>Buses interurbanos diesel Euro 3</b>	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 3	Interurbano
<b>Buses interurbanos diesel Euro 4</b>	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 4	Interurbano
<b>Taxis colectivos gasolineros Euro 1</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 1	
<b>Taxis colectivos gasolineros Euro 3</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 3	
<b>Taxis colectivos gasolineros no catalíticos</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	No catalíticos	
<b>Taxis colectivos a GNC Euro 1</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	GNC	Euro 1	
<b>Taxis colectivos diesel Euro 1</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 1	
<b>Taxis colectivos gasolineros Euro 4</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 4	
<b>Taxis colectivos diesel Euro 3</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 3	
<b>Taxis colectivos diesel Euro 4</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 4	
<b>Taxis colectivos híbridos</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial		Híbridos	
<b>Taxis colectivos diesel Pre Euro</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	pre Euro	
<b>Taxis colectivos diesel Euro 5</b>	Vehículos	Taxis colectivos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 5	
<b>Buses licitados urbanos diesel sin norma</b>	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Sin norma	Urbano
<b>Buses licitados urbanos diesel Euro 1</b>	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 1	Urbano
<b>Buses licitados urbanos diesel Euro 2</b>	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 2	Urbano



CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Buses licitados urbanos diesel Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Camiones pesados diesel sin norma	Camiones	Camiones pesados	Transporte carga	Comercial	Diesel	Sin norma	
Camiones pesados diesel Euro 1	Camiones	Camiones pesados	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 1	
Camiones pesados diesel Euro 2	Camiones	Camiones pesados	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 2	
Camiones pesados diesel Euro 3	Camiones	Camiones pesados	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 3	
Camiones pesados diesel Euro 4	Camiones	Camiones pesados	Transporte carga	Comercial	Diesel	Euro 4	
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Articulados Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Articulados Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Articulados Euro 3-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 1 - Articulados Euro 4-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Articulados Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Articulados Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Articulados Euro 3-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 2 - Articulados Euro 4-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Articulados Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Articulados Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Articulados Euro 3-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 3 - Articulados Euro 4-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Articulados Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Articulados Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Articulado Euro 3-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 4 - Articulado Euro 4-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Articulado Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Articulado Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Articulado Euro 3-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Troncal 5 - Articulado Euro 4-Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 1 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 2 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 3 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 4 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 5 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 6 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 7 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 8 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 9 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 3 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 3	Urbano
Buses licitados urbanos diesel - Transantiago - Alimentadora 10 - Rígidos Euro 4 -Con filtro	Buses		Transporte pasajeros	Licitados	Diesel	Euro 4	Urbano
Buses rurales diesel sin norma	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Sin norma	Rural
Buses rurales diesel Euro 1	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 1	Rural
Buses rurales diesel Euro 2	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 2	Rural
Buses rurales diesel Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 3	Rural
Buses rurales diesel Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 4	Rural
Buses particulares e institucionales diesel sin norma	Buses		Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Sin norma	
Buses particulares e institucionales diesel Euro 1	Buses		Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 1	
Buses particulares e institucionales diesel Euro 2	Buses		Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 2	
Buses particulares e institucionales diesel Euro 3	Buses		Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 3	
Buses particulares e institucionales diesel Euro 4	Buses		Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 4	

CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros no catalíticos	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	No catalíticos	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 1	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 3	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 3	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 4	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 4	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel sin norma	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Sin norma	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 1	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 3	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 3	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 4	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 4	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 5	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 5	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas a GNC Euro 1	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	GNC	Euro 1	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas híbridos	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial		Híbridos	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas gasolineros Euro 2	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Gasolina	Euro 2	
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas diesel Euro 2	Vehículos	Vehículos livianos	Transporte pasajeros	Comercial	Diesel	Euro 2	



CCFF8	Fuente	Fuente Especifica	SubSector	Uso	Combustible	Estándar	Localización
Vehículos Medianos gasolineros Euro 1	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	Euro 1	
Vehículos Medianos gasolineros Euro 3	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	Euro 3	
Vehículos Medianos gasolineros no catalíticos	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	No catalíticos	
Vehículos Medianos diesel Euro 1	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 1	
Vehículos Medianos diesel Euro 3	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 3	
Vehículos Medianos a GNC Euro 1	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	GNC	Euro 1	
Vehículos Medianos híbridos	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular		Híbridos	
Vehículos Medianos gasolineros Euro 4	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	Euro 4	
Vehículos Medianos diesel sin norma	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Sin norma	
Vehículos Medianos diesel Euro 4	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 4	
Vehículos Medianos diesel Euro 5	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 5	
Vehículos Medianos gasolineros Euro 2	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Gasolina	Euro 2	
Vehículos Medianos diesel Euro 2	Vehículos	Vehículos medianos	Transporte pasajeros	Particular	Diesel	Euro 2	

Fuente: Elaboración propia