

Ambiosis

INFORME FINAL

"Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM10 en la Ciudad de TALCA"

Talca, 11 de Diciembre de 2008

INDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCION.....	4
2.	ANTECEDENTES.....	4
3.	OBJETIVOS.....	7
3.1.	OBJETIVO GENERAL	7
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
4.	INVENTARIO DE EMISIONES.....	8
4.1.	ÁREA DE ESTUDIO	8
4.2.	FUENTES FIJAS	9
4.3.	FUENTES RESIDENCIALES	20
4.4.	FUENTES EMISORAS DE NH ₃	74
4.5.	FUENTES COMERCIALES	79
4.6.	OTRAS FUENTES	90
4.7.	QUEMAS E INCENDIOS	94
4.8.	CRIANZA DE ANIMALES	114
4.9.	FUENTES MÓVILES	119
4.9.1.	FUENTES MÓVILES EN RUTA.....	119
4.9.2.	FUENTES MOVILES FUERA DE RUTA.....	149
4.10.	FUENTES FUGITIVAS	160
4.10.1.	CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓ.....	160
4.10.2.	POLVO RESUSPENDIDO DESDE CALLES PAVIMENTADAS Y NO PAVIMENTADAS	164
4.10.3.	ACTIVIDADES AGRICOLAS.....	167
5.	DOMINIO DE MODELACIÓN Y MODELO DE DISPERSIÓN ESCOGIDO.....	170
6.	EL MODELO DE DISPERSIÓN AERMOD.....	173
7.	ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AIRE MP₁₀ VII REGIÓN DEL MAULE, TALCA.....	175
8.	ANÁLISIS METEOROLÓGICO.	180
9.	INGRESO DE FUENTES EMISORAS AL MODELO	194
10.	VALIDACIÓN Y CALIBRACIÓN RESULTADOS MODELO DE DISPERSIÓN E INVENTARIO.	195
11.	ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES	206
11.1.	Valoración cualitativa de las incertidumbres.....	207
11.2.	Valoración cuantitativa de las incertidumbres.	213

- 11.3. Variabilidades del factor de emisión..... 214
- 11.4. Variabilidades del nivel de actividad..... 217
- 11.5. Estimación de incertidumbre de inventario de emisiones 225
- 12. SISTEMA I-AIRVIRO 226**
 - 12.1. Introducción al sistema I-Airviro 226
 - 12.2. Descripción de los Módulos del Sistema 226
 - 12.3. Tipos de fuentes manejadas por I-Airviro 227
 - 12.4. Descripción de los archivos de entrada al sistema 230
 - 12.5. Descripción de los tipos de fuentes a incluir en la EDB correspondiente al inventario de Talca 2006 245
- 13. RESULTADOS INVENTARIO DE EMISIONES 249**
 - 13.1. Emisiones Talca..... 251
 - 13.2. Análisis de Resultados comuna de Talca..... 253
 - 13.3. Emisiones Comunas del Área de Influencia..... 254
 - 13.4. Análisis de Resultados del área de estudio..... 256
- 14. INVENTARIO DE EMISIONES DETALLADO POR CATEGORÍA 257**

1. INTRODUCCION

A continuación se presenta el informe final del estudio "Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las Emisiones que Causan el Efecto de Saturación por PM₁₀ en la Ciudad de TALCA"

2. ANTECEDENTES

Desde el año 2004 la SEREMI de Salud del Maule, está monitoreando material particulado respirable PM₁₀ y PM_{2,5}, en la ciudad de Talca. Para ello cuenta con tres estaciones de monitoreo, que miden PM₁₀ y dos de ellas miden además PM_{2,5}.

Dos de las estaciones cuentan con monitores del tipo Harvard y la tercera cuenta con un equipo semiautomático, Dicotómico modelo Partisol Plus 2025 que se utiliza para monitoreo discreto de PM₁₀ y PM_{2,5}, que cuenta con representatividad poblacional según la Resolución Exenta N° 205/2005 de la Secretaria Regional Ministerial de Salud, considerando así que las mediciones de esta estación son una muestra representativa de la calidad del aire de la Región del Maule, al que está expuesto su población.

La única estación que mide variables meteorológicas es la estación La Florida que mide temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento.



Figura 1. Estaciones de monitores ciudad de Talca

Fuente: SEREMI de Salud del Maule.

Se estima que durante los meses de invierno se estaría superando la normativa vigente en Chile para el contaminante Material Particulado Respirable (PM10), contenida en el D.S.N° 59/98. Se considera que la principal actividad generadora de emisiones presentes en la ciudad de Talca es la combustión residencial por leña y biomasa, cuyo principal contaminante asociado es el material particulado.

Se asocia la exposición de las personas a estos contaminantes con efectos crónicos y agudos que se manifiestan por un aumento en el número de casos y la gravedad de enfermedades tales como asma bronquial, bronquitis obstructiva crónica, enfisema pulmonar y cáncer en grupos vulnerables como adultos mayores y niños menores de 1 año.

Reconociendo la existencia de un problema en desarrollo y con el fin de abordar adecuadamente su solución, el objetivo de este estudio es contribuir de manera sustancial a la generación de antecedentes técnicos, necesarios para lograr en el mediano plazo una efectiva gestión de la calidad del aire y un adecuado control de los niveles de concentración de contaminantes en el aire en la ciudad de Talca.

Un grupo importante de contaminantes es el material particulado y especialmente sus fracciones más finas MP10 y MP2,5 y los gases como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos y amoniaco, entre otros, éstos tienen niveles de toxicidad importantes para la salud de la población y además varios de ellos contribuyen a la formación de ozono y aerosoles secundarios (orgánicos e inorgánicos), los cuales pasan a formar parte de la fracción fina del material particulado respirable existente.

Por lo anterior, es indispensable para avanzar en la gestión y justificar técnicamente la zona a declarar como saturada, contar con un inventario de emisiones, considerando como año base el 2006, el cual debe reportar tanto las emisiones globales, como los aportes relativos de cada fuente emisora y con una definición del área de influencia que se declarará como saturada.

La gestión de la calidad del aire en Talca plantea el cumplimiento de las normas de calidad del aire que actualmente se estarían superando. Para esto, en su desarrollo, se requiere contar, al menos, con la información adecuada de la contribución en emisiones de cada uno de los sectores emisores de la zona.

Por otra parte, para la elaboración de este estudio se debe considerar y complementar con el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire SINCA. El SINCA es una iniciativa que se implementa con el objetivo de ordenar, mejorar y transparentar la información de calidad de aire a la población y mejorar las

herramientas de análisis. Está compuesto de cuatro módulos: Sistema de Información de Calidad de Aire, Portal de Calidad de Aire público, Sistema de Administración e Información de Inventarios de Emisiones, y uno de modelación de la dispersión de Contaminantes. Todos estos componentes interactúan entre sí. Tanto el módulo de información de calidad de aire como el módulo de inventarios de emisiones, así como el Portal SINCA, están sustentados por el software IAIRVIRO.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Contar con antecedentes técnicos necesarios que sirvan de insumo para la declaración de zona, a través del desarrollo de un inventario de emisiones atmosférico y a través de la aplicación de un modelo para delimitar el área a declarar como zona saturada.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Contar con un inventario de emisiones de MP_{10} , $MP_{2.5}$, NO_x , CO , SO_x , NH_3 , COV y otras sustancias de interés a definir con el consultor, en la ciudad de Talca, incluyendo alrededores rurales donde se identifiquen fuentes de importancia, para el año 2006.
2. Contar con una propuesta de delimitación del área a declarar como zona saturada, a través de la aplicación de algún modelo.
3. Contar con una base de datos compatible con el sistema AIRVIRO.

4. INVENTARIO DE EMISIONES

A continuación se presentan las metodologías de cálculo a utilizar en el inventario de emisiones, niveles de actividad y estimación de emisiones por tipo de fuente.

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio considerada incluye las siguientes comunas, según el área de influencia determinada para modelación:

Tabla 1. Comunas consideradas en el área de estudio

Talca	San Rafael
Maule	Sagrada Familia
Pelarco	San Javier
Pencahue	Villa Alegre
San Clemente	Yerbas Buenas

La siguiente figura muestra el área considerada y las comunas que se incluyen.

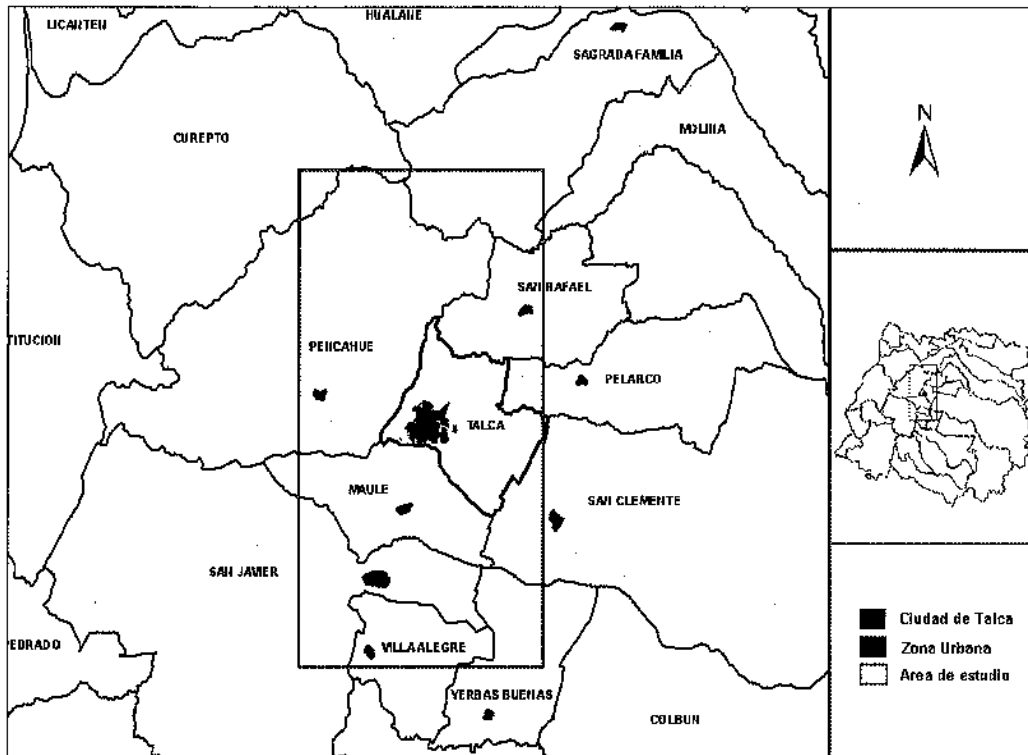


Figura 2. Comunas consideradas en el área de estudio

Respecto de las fuentes consideradas dentro del área de estudio, es necesario aclarar que para ésta se consideran las fuentes emisoras de las comunas para las cuales existe información y/o pudieran aportar en la concentración de contaminantes en la ciudad de Talca. Para Talca se consideran todas las fuentes de contaminación incluidas en inventarios de emisiones desarrollados a nivel nacional, así como también las fuentes informadas por la Seremi de Salud del Maule.

Respecto de las emisiones que se concentran en zonas urbanas, serán consideradas solamente las emisiones de zonas urbanas que se encuentran dentro del área de estudio.

Para las emisiones asociadas a áreas rurales, es decir el área no urbana de cada comuna, serán consideradas dentro de los reportes del estudio, así como en la modelación, solo las áreas que se encuentran dentro del dominio del estudio.

En la Figura 2 se puede observar la ubicación de las zonas urbanas de las comunas que se encuentran dentro del área de estudio.

4.2. FUENTES FIJAS

Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

En lo que respecta a las fuentes industriales, especialmente para las industrias de mayor tamaño, se cuenta con la exigencia del Decreto 138 del Ministerio de Salud, que obliga a ese tipo de fuentes a reportar sus emisiones. Para la aplicación de este decreto, se cuenta con el software para este efecto "Formulario 138" encargado por el Ministerio de Salud.

El decreto supremo N° 138/05, del Ministerio de Salud, establece la obligación de entregar los antecedentes necesarios para estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos de los siguiente rubros, actividades o tipos de fuentes: calderas generadoras de vapor y/o agua caliente; producción de celulosa; fundiciones primarias y secundarias; centrales termoeléctricas; producción de cemento, cal o yeso; producción de vidrio; producción de cerámica; siderurgia; petroquímica, asfaltos y equipos electrógenos.

El formulario 138 estructura la información en cuatro formularios tal como se muestra en la Figura 3.

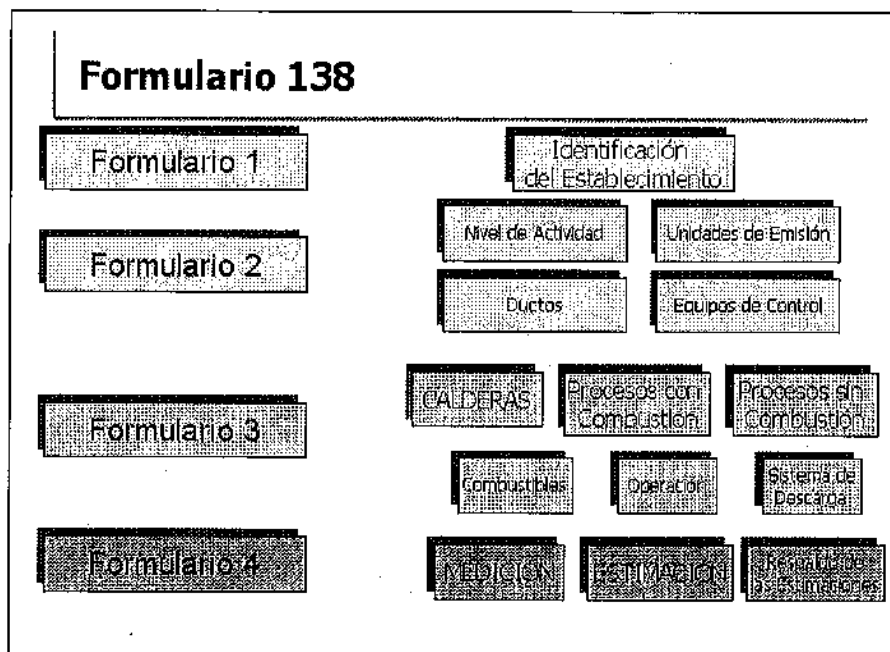


Figura 3: Formulario 138 del MINSAL

La tabla siguiente resume las características principales del "Formulario 138".

Tabla 2: Características principales del Software "Formulario 138".

- ✓ Desarrollado para ser operado por las empresas para dar cumplimiento al Decreto MINSAL N ° 138/2005.
- ✓ Objetivo: recopilar información de localización, características técnicas y emisiones de fuentes fijas. Permite almacenar digitalmente dicha información.
- ✓ Genera un archivo de entrada al modelo de estimación de emisiones SAIE.

Además de la referencia señalada se realizaron las siguientes actividades complementarias:

- Recopilación y procesamiento de antecedentes disponibles en la SEREMI de Salud respecto a las panaderías, calderas de calefacción y procesos con emisiones fugitivas que se encuentren en operación en la ciudad y sus inmediaciones, en especial aquellas que operan con leña como combustible.
- Visitas a terreno en donde se identificaron fuentes emisoras y se constataron condiciones de operación de las mismas, se recopiló horas de

funcionamiento, consumos de combustible y datos de las chimeneas del sector asociado a calderas industriales, de calefacción, panaderías y procesos y se georreferenciaron las fuentes mediante un localizador satelital (GPS).

- Se revisó información de emisiones contenida en Estudios de Impacto Ambiental (EIA's) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA's), de fuentes en la comuna en estudio.
- Además se revisó la información disponible en la ENCUESTA ENIA 2005 y 2006 entregada por INE al RETC.

Una vez recopilada la información de fuentes estacionarias recopilada mediante el formulario 138 o mediante visitas, la información se incorporó al sistema SAIE en un esquema de sistemas integrados tal como se muestra en la Figura 4.

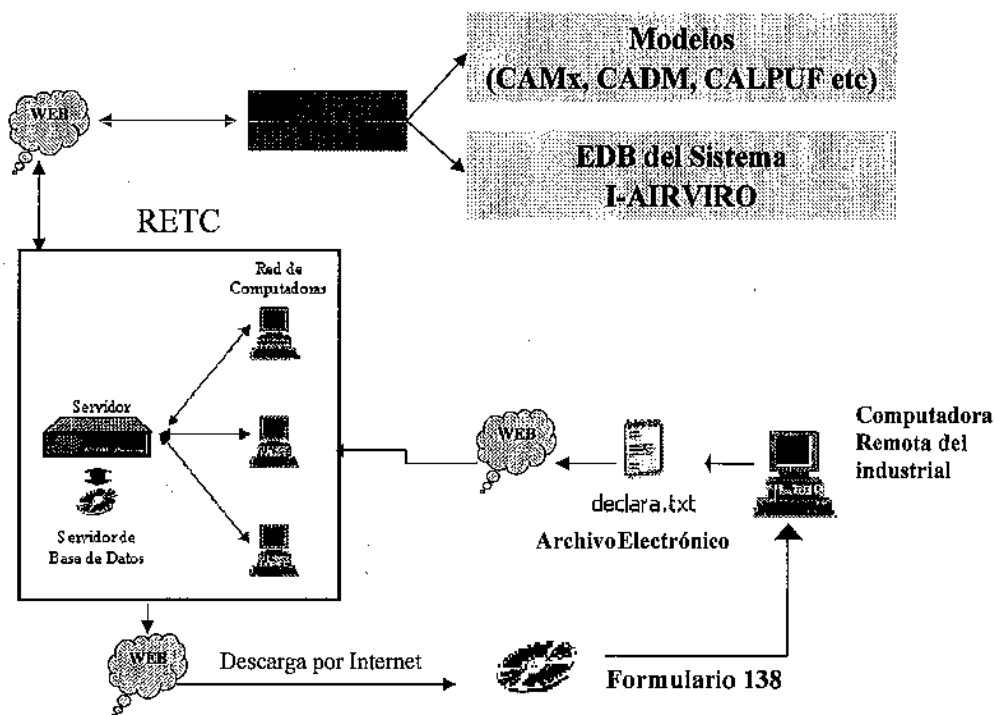


Figura 4: Esquema de funcionamiento actual del Formulario 138 Integrado al SAIE

Con respecto al sistema SAIE este corresponde a un modelo de emisiones que permite administrar a nivel de división territorial (división político administrativa) la información necesaria para la estimación de emisiones atmosféricas como: niveles de actividad, factores de emisión, perfiles de especiación de material particulado (especiación química y por tamaño de partículas) y especiación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

También puede generar en forma automática archivos de entrada para modelos de dispersión atmosférica y modelos fotoquímicos. Es importante señalar que el sistema SAIE además permite la generación de inventarios de emisiones que incorporan datos de ediciones directas en las fuentes (mediciones puntuales o continuas) o bien efectuar estimaciones mediante el empleo de factores de emisión y los niveles de actividad o consumos de combustibles declarados.

La ecuación general empleada para la estimación de emisiones de cualquiera actividad es la siguiente:

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

Ecuación 1

Donde:

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

Con respecto a los tipos de fuente encontrados en la zona de estudio se tiene:

- **Calderas**

Los factores de emisión para este tipo de fuentes son obtenidos principalmente del AP-42 EPA, de estos la gran mayoría están en función del consumo de combustible.

- **Procesos industriales**

En el caso de este tipo de fuentes, los factores de emisión también son obtenidos principalmente del AP-42 EPA y requieren de algún indicador de actividad como: consumo de materias primas o productos del proceso, o bien del consumo de combustibles.

Las metodologías utilizadas para el cálculo de estas emisiones en el AP-42 se presentan en las Tablas siguientes.

Tabla 3: Metodologías de cálculo

FUENTE	EXPRESION	DEFINICION DE TERMINOS
Calderas, Panadería y Procesos	$E = FE * CC * Na$	<p><i>E</i> : Emisión anual de cada fuente identificada en la base de datos FFIJAS, para un contaminante dado [ton/año].</p> <p><i>FE</i> : Factor de emisión de calderas para un contaminante y combustible dado.</p> <p><i>CC</i> : Consumo de combustible diario de la fuente considerada.</p> <p><i>Na</i> : Nivel de actividad diaria, semanal y mensual de la fuente estudiada.</p>
Procesos grandes y medianos	$E = FE * P * Na$	<p><i>E</i> : Emisión anual de cada fuente de proceso identificada en la base de datos FFIJAS, para un contaminante dado [ton/año].</p> <p><i>FE</i> : Factor de emisión para un contaminante dado, por unidad de producción de la fuente estudiada.</p> <p><i>P</i> : Producción de la fuente considerada.</p> <p><i>Na</i> : Nivel de actividad diaria, semanal y mensual de la fuente estudiada.</p>

**Tabla 4: Tabla Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para Calderas Industriales (IN)
[Kg. Emisión/ Kg Combustible].**

Código Comb.	Tipo de Comb. EPA	NOx	CO	TOC	SOx	Source Category	Densidad [Kg/l]	Poder calorífico [Kcal/Kg]
0	Sin Especificar	-	-	-	-	-	-	-
1	Carbón	0,00375	0,00390	0,00003	0,03800	Carbón Bituminoso	-	6023
2	Leña	0,00075	0,00680	0,00011	0,00004	Desecho de Leña en Proceso	-	2492
3	Petróleo N°6	0,00676	0,00061	0,00016	0,02335	Petróleo N°6	0,9765	9625
4	Petróleo N°5	0,00691	0,00063	0,00016	0,01990	Petróleo N°5	0,9548	9762
5	Petróleo N°2	0,00283	0,00071	0,00004	0,00420	Petróleo N°2	0,8493	10165
6	Gas	0,00442	0,00074	0,00012	0,00001	50% Propano + 50%Butano	5,43E-01	10734(*)
7	Kerosene	0,00283	0,00071	0,00004	0,00420	Se supone como Pet.N°2	0,7972	10418
8	Aserrín	0,00075	0,00680	0,00011	0,00004	Desecho de Leña en Proceso	-	2492
9	Viruta	0,00075	0,00680	0,00011	0,00004	Desecho de Leña en Proceso	-	2492
10	Aceite Quemado	0,00676	0,00061	0,00016	0,02335	N° 6 Oil Fired	-	9625
11	Carbón Coke	0,00375	0,00390	0,00003	0,03800	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker	-	6023
12	Gas de Cañería	0,00442	0,00074	0,00012	0,00001	Se supone emisión como Gas	9,16E-04	5300
13	Electricidad	-	-	-	-	-	-	-
14	Gas Natural	0,00315	0,00079	0,00013	0,00001	Nat. Gas Comb. Small Industrial Boilers	7,10E-04	11500
30	Lef	0,00676	0,00061	0,00016	0,02335	Se supone como Petróleo N° 6	0,9765	9625
40	Sunerlef	0,00691	0,00063	0,00016	0,01990	Se supone como Petróleo N°5	0,9548	9762
74	Kerosene/Pet5	0,00691	0,00063	0,00016	0,01990	Se supone como Petróleo N°5	-	9762

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

Tabla 5: Factores de Emisión EPA para Calderas Industriales pequeñas y calderas industriales según el combustible utilizado.

Tipo de Combustible Epa	NOx	CO	TOC	SOx	Source Category	Unidad	Secc. AP42	%S (máximo)
Carbón Bituminoso	3,75E-03	3,00E-03	2,80E-05	0,038	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker	[Kg/Kg]	1.1	2,0000
Desecho de Leña en Proceso	7,50E-04	6,80E-03	1,10E-04	3,70E-05	Wood Waste Comb., Stoker Boilers	[Kg/Kg]	1.6	-
Petróleo N°6	6,60E-03	6,00E-04	1,54E-04	0,0228	Industrial Boiler, N°6 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1,2000
Petróleo N°5	6,60E-03	6,00E-04	1,54E-04	0,019	Industrial Boiler, N°5 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1,0000
Petróleo N°2	2,40E-03	6,00E-04	3,00E-05	0,00357	Industrial Boiler, Distillated Oil Fired	[Kg/l]	1.3	0,2100
Propano	2,30E-03	4,00E-04	6,00E-05	7,00E-06	LPG Combustion, Industrial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0,0015(***)
Butano	2,50E-03	4,00E-04	7,00E-05	6,50E-06	LPG Combustion, Industrial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0,0015
Gas Natural	2,24E-06	5,60E-07	9,20E-08	9,60E-09	Nat. Gas Comb. Small Industrial Boilers	[Kg/l]	1.4	-

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

(***) Contenido de azufre aproximado del Gas licuado.

Tabla 6: Factores de Emisión Utilizados en Emisiones Gaseosas para Calderas para Calefacción (CA) y Panaderías (PA) [Kg Emisión/ Kg Combustible].

Código Comb	Tipo de Comb. EPA	NOx	CO	TOC	SOx	Source Category	Densidad [Kg/l]	Poder calorífico [Kcal/Kg]
0	Sin Especificar	-	-	-	-	-	-	-
1	Carbón	0,00375	0,00300	0,00003	0,03800	Carbón Bituminoso		6023
2	Leña	0,00075	0,00680	0,00011	0,00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
3	Petróleo Nº6	0,00676	0,00061	0,00020	0,02335	Petróleo Nº6	0,9765	9625
4	Petróleo Nº5	0,00691	0,00063	0,00020	0,01990	Petróleo Nº5	0,9548	9762
5	Petróleo Nº2	0,00283	0,00071	0,00008	0,00420	Petróleo Nº2	0,8493	10165
6	Gas	0,00322	0,00046	0,00012	0,00001	50% Propano + 50%Butano	5,43E-01	10734(*)
7	Kerosene	0,00283	0,00071	0,00008	0,00420	Se supone como Pet Nº2	0,7972	10418
8	Aserrín	0,00075	0,00680	0,00011	0,00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
9	Vinosa	0,00075	0,00680	0,00011	0,00004	Desecho de Leña en Proceso		2492
10	Aceite Quemado	0,00676	0,00061	0,00020	0,02335	Nº 6 Oil Fired		9625
11	Carbón Coke	0,00375	0,00300	0,00003	0,03800	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker		6023
12	Gas de Cafetería	0,00322	0,00046	0,00012	0,00001	Se supone como Gas	9,16E-04	5300
13	Electricidad	-	-	-	-	-	-	-
14	Gas Natural	0,00225	0,00046	0,00018	0,00001	Nat. Gas Comb. Small Industrial Boilers	7,10E-04	11500
30	Lef	0,00676	0,00061	0,00020	0,02335	Se supone como Petróleo Nº 6	0,9765	9625
40	Superlef	0,00691	0,00063	0,00020	0,01990	Se supone como Petróleo Nº5	0,9548	9762
74	Kerosene/Pet5	0,00691	0,00063	0,00020	0,01990	Se supone como Petróleo Nº5		9762

Tabla 7: Factores de Emisión EPA para Calderas Comerciales y Residenciales según el combustible utilizado.

Tipo de Combustible Epa	NOx	CO	TOC	SOx	Source Category	Unidad	Secc. AP42	%S (máximo)
Carbón Bituminoso	3,75E-03	3,00E-03	2,80E-05	0,038	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker	[Kg/Kg]	1.1	2,0000
Desecho de Leña en Proceso	7,50E-04	6,80E-03	1,10E-04	3,70E-05	Wood Waste Comb., Stoker Boilers	[Kg/Kg]	1.6	-
Petróleo Nº6	6,60E-03	6,00E-04	1,93E-04	0,0228	Comercial/Resid. Boiler, Nº6 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1,2000
Petróleo Nº5	6,60E-03	6,00E-04	1,93E-04	0,019	Comercial/Resid. Boiler, Nº5 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1,0000
Petróleo Nº2	2,40E-03	6,00E-04	6,70E-05	0,00357	Comer./Resid. Boiler, Distillated Oil Fired	[Kg/l]	1.3	0,2100
Propano	1,70E-03	2,00E-04	6,00E-05	7,00E-06	LPG Combustion, Comercial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0,0015 (**)
Butano	1,80E-03	3,00E-04	7,00E-05	6,50E-06	LPG Combustion, Comercial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0,0015 (**)
Gas Natural	1,60E-06	3,30E-07	1,28E-07	9,60E-09	Nat. Gas Comb.Comercial Boilers	[Kg/l]	1.4	-

Tabla 8: Factores de emisión utilizados Procesos Pequeños.

Nº	Tipo de Combustible Genérico	Código de Comb. Proceff Asociado	NOx	CO	TOC	SOx	NH3	Source Category	Densidad [Kg/l]	Poder calorífico [Kcal/Kg]
1	Sin Especificar	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Carbón	1,11,25,38	0,00375	0,00300	0,00003	0,03800	8,6E-04	Carbón Bituminoso		6023
3	Leña	2,8,9	0,00075	0,00680	0,00011	0,00004	1,1E-03	Desecho de Leña en Proceso		2492
4	Petróleo Nº6	3,10,20, 21,22,23,24,29,31,32,3	0,00676	0,00061	0,00016	0,02335	1,1E-04	Petróleo Nº6	0,9765	9625
5	Petróleo Nº5	4,15,16,17,18,19,27,35	0,00691	0,00063	0,00016	0,01990	1,2E-04	Petróleo Nº5	0,9548	9762
6	Petróleo Nº2	5,7	0,00283	0,00071	0,00004	0,00420	1,4E-04	Petróleo Nº2	0,8493	10165
7	Gas	6,12	0,00442	0,00074	0,00012	0,00001	6,6E-05	50% Propano + 50%Butano	5,43E-01	10734(*)
8	Gas Natural	14	0,00315	0,00079	0,00013	0,00001	3,9E-08	Nat. Gas Comb. Small Industrial Boilers	7,10E-04	11500
9	CHILI	36,37	0,00616	0,00109	0,00013	0,02628	2,6E-04	20%Carbón + 80%Pet. Nº 6		8904

Tabla 9: Factores de Emisión de Calderas Comerciales y Residenciales para Amoniac, según el combustible utilizado¹.

Tipo de Combustible Epa	NH3	Unidad Inglesa	NH3	Unidad Métrica	Source Category	Unidad	Secc. AP42	%S (máximo)
Carbón Bituminoso	1,90E+00	LB/TON	8,62E-04	Kg/Kg	Bituminous Carbon /Overfeed Stoker	[Kg/Kg]	1.1	2,0000
Desecho de Leña en Proceso	2,40E+00	LB/TON	1,09E-03	Kg/Kg	Wood Waste Comb., Stoker Boilers	[Kg/Kg]	1.6	-
Petróleo N°6	9,20E-01	LB/1000GAL	1,13E-04	Kg/Kg	Comercial/Resid. Boiler, N°6 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1,2000
Petróleo N°5	9,20E-01	LB/1000GAL	1,15E-04	Kg/Kg	Comercial/Resid. Boiler, N°5 Oil Fired	[Kg/l]	1.3	1,0000
Petróleo N°2	1,00E+00	LB/1000GAL	1,41E-04	Kg/Kg	Comer./Resid. Boiler, Distillated Oil Fired	[Kg/l]	1.3	0,2100
Propano	3,00E-01	LB/1000GAL	6,62E-05	Kg/Kg	LPG Combustion, Comercial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0,0015 (**)
Butano	3,00E-01	LB/1000GAL	6,62E-05	Kg/Kg	LPG Combustion, Comercial Boilers	[Kg/l](**)	1.5	0,0015 (**)
Gas Natural	3,40E+00	LB/MMFT ³	3,87E-08	Kg/Kg	Nat. Gas Comb, Comercial Boilers	[Kg/l]	1.4	-

Niveles de Actividad

Los niveles de actividad catastrados corresponden a los consumos de combustible para cada fuente catastrada, la tabla siguiente muestra un resumen de los resultados de consumos de combustible por categorías del inventario.

Los resultados obtenidos muestran el uso principalmente de leña y sus derivados, tanto en calderas industriales como de calefacción, seguido por el petróleo diesel, el combustible que es usado principalmente en grupos electrógenos.

Las panaderías también tienen un uso predominante de leña, aunque también reportan consumos de petróleo diesel en segundo lugar y gas licuado.

Tabla 10: Consumos de combustible 2006 por categoría del inventario, en T/año.

CLASIF. INVENTARIO	CARBON	PETROLEO N°2	PETROLEO N°6	PETROLEO N°5	leña	GAS	Total general
CALDERAS CALEFACCION	570,0	249,1		236,0	10.486,7	195,2	11.737,0
CALDERAS INDUSTRIALES	2.680,0	6.000,0	6.411,8	1.695,0	50.825,1	1.741,3	69.353,2
GRUPOS ELECTROGENOS		153,3					153,3
PANADERIAS		446,8			4.672,0	416,1	5.534,9
PRODUCTOS DE COBRE Y BRONCE		40,0					40,0
Total general	3.250,0	6.889,1	6.411,8	1.931,0	65.983,8	2.352,6	86.818,4

¹ "Development of the Ammonia Emission Inventory for The Souther California Air Quality Study", RADIAN, September 1991.

Emisiones estimadas

Las emisiones estimadas para la ciudad de Talca se obtienen de la multiplicación de los factores de emisión y los niveles de actividad indicados.

Un resumen de los resultados obtenidos por clasificación del inventario se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 11: Emisiones por categoría del inventario, en T/año.

CLASIF. INVENTARIO	PTS	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NO _x	COV	SO _x	NH ₃	CLASIF. INVENTARIO
CALDERAS CALEFACCION	11,6	8,8	6,2	73,5	13,2	1,2	37,5	12,0	29
CALDERAS INDUSTRIALES	110,4	60,0	20,5	364,2	127,9	6,4	360,1	59,5	40
GRUPOS ELECTROGENOS	0,4	0,2	0,1	1,4	6,3	0,5	0,7	0,0	33
PRODUCTOS DE COBRE Y BRONCE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	1
PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3
PANADERIAS	15,1	7,5	1,8	32,4	6,6	0,6	2,1	5,2	68
Total general	137,5	76,5	28,5	471,5	154,1	8,6	400,6	76,7	174

Los resultados obtenidos muestran la importancia de las emisiones de las calderas industriales, lo que se debe por un lado a los mayores consumos de combustible, así como a que utilizan principalmente leña como combustible. Es necesario destacar también que en las visitas realizadas se pudo verificar que las tecnologías de combustión de las calderas corresponde a combustión con antehogar, sin control de emisiones, lo que implica un elevado nivel de emisiones individual.

En la imagen siguiente se puede apreciar una de las calderas visitadas, que corresponde a una caldera de antehogar, con carga automática de residuos de leña, donde puede apreciarse la gran magnitud de las emisiones fugitivas generadas en el antehogar y de las descargadas por la chimenea.



Figura 4: Caldera industrial de antehogar, con emisiones visibles por chimenea y fugitivas.

En segundo lugar destacan las panaderías a leña, las que corresponden principalmente a hornos artesanales del tipo chileno, los que a pesar de su alto número, solo operan dos veces al día, en el calentamiento de la mañana y en la tarde para la cocción del pan. Este tipo de fuentes usualmente dado su localización en centros poblados, implican una alta molestia local.

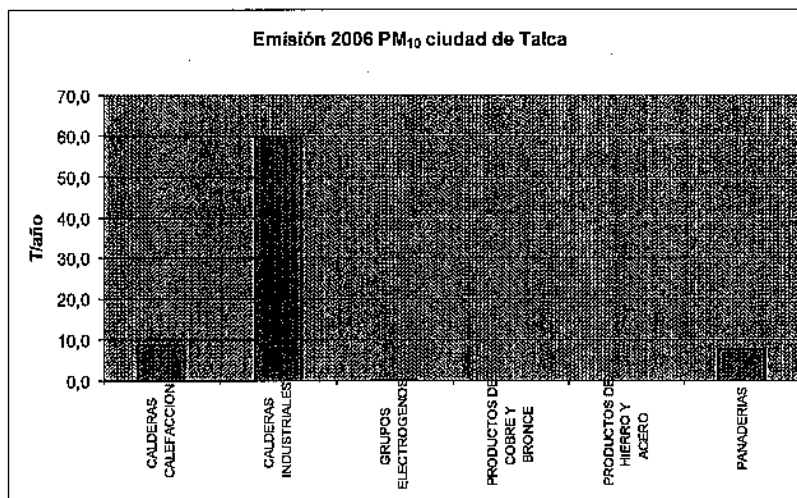


Figura 5: Gráfica de emisiones de PM₁₀ por categoría de inventario en Talca.

De la grafica anterior se puede observar la importancia relativa de las emisiones generadas por las calderas industriales, de calefacción y panaderías. Los aportes

de procesos industriales y grupos electrógenos, resulta muy minoritaria, debido a que ese tipo de fuentes utilizaran principalmente petróleo diesel como combustible.

La tabla siguiente muestra los resultados del cálculo de emisiones por tipo de combustible, donde se puede ver el importante aporte las emisiones provenientes de la combustión de leña.

Tabla 12. Emisiones por tipo de combustible (ton/año)

COMB. GENERICO	PTS	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NOx	COV	SOx	NH ₃
CARBON	9,75	6,24	2,54	9,75	12,19	0,08	179,08	2,80
PETROLEO Nº2	1,80	0,90	0,22	6,13	25,36	0,81	29,04	0,97
PETROLEO Nº6	7,99	4,26	1,71	3,94	43,34	0,22	151,60	0,72
SIN COMBUSTIBLE	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PETROLEO Nº5	1,72	1,22	0,90	1,21	13,35	0,07	38,43	0,22
LEÑA	115,97	63,75	23,13	448,69	49,49	7,26	2,44	71,83
GAS	0,31	0,16	0,04	1,78	10,38	0,18	0,03	0,16
Total general	137,55	76,53	28,53	471,51	154,10	8,63	400,61	76,71

La gráfica siguiente muestra también la importancia relativa de las emisiones de PM₁₀ generadas por la combustión de leña y sus derivados en la ciudad de Talca, las que corresponde principalmente a calderas industriales y de calefacción.

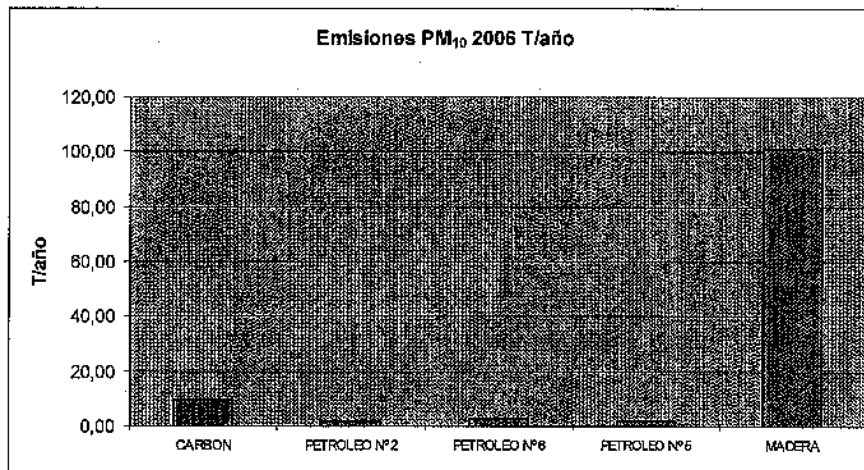


Figura 5. Gráfica de emisiones de PM₁₀ por tipo de combustible en Talca.

El uso de leña y sus derivados, tales como aserrín, viruta, despuntes, chips, residuos, podas, etc, mediante tecnologías de combustión obsoletas, genera un elevado nivel de emisiones individual, especialmente si no existe control de la humedad de la leña. En la actualidad existen alternativas tecnológicas para la combustión controlada de la leña, que puede reducir considerablemente el nivel

actual de las emisiones de este tipo de fuentes. Al respecto, se pueden efectuar programas de recambio tecnológico de estufas a leña existentes por otras formas de calefacción de baja emisión o por sistemas de combustión, ya sea a leña o sustitutos biomásicos como pellets, con menor emisión. Por ejemplo, equipos de alimentación automática que funcionan con pellet (aserrín comprimido); estufa pellets avanzada; estufas de doble cámara correctamente diseñadas. En este contexto, y como antecedente, el Gobierno Suizo realizó una donación a la Intendencia de La Araucanía de un modelo de calefactor denominado Sirius, equipo altamente eficiente y de bajas emisiones, y destaca además el hecho que entregaron los planos y licencia comercial del mencionado calefactor lo cual permitirá mejorar la calidad de los productos nacionales.

4.3. FUENTES RESIDENCIALES

4.3.1. Combustión Externa Residencial

Combustión residencial de GLP y Kerosene

Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

La combustión residencial tiene relación con las emisiones atmosféricas que se producen al quemar algún tipo de combustible en las residencias particulares ya sea para calefacción, calentar agua o cocción de alimentos. Los combustibles que se estudiarán en esta sección son: kerosene, gas licuado y leña.

Las emisiones dependen del tipo de combustión, la composición del combustible y del tipo de equipo donde se produce la combustión. Las emisiones se determinan al multiplicar el consumo de combustible por un factor de emisión, presentados más adelante del presente documento, de acuerdo a la siguiente expresión general:

$$E = FE \cdot Na \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

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

El kerosene es un derivado del petróleo obtenido de su destilación. Su uso residencial corresponde principalmente para la calefacción durante los meses de invierno. En Chile se ha introducido un nuevo tipo de estufa denominada

"catalítica" la cual utiliza un kerosene de composición distinta al kerosene convencional. A la fecha no existen datos nacionales de emisiones para este tipo de estufa, la metodología presentada no hace distinción entre éstas.

Las emisiones de gas licuado (GLP) dependen del diseño de los quemadores y de la ventilación del flujo de gas; un mal diseño, un bloqueo de la ventilación e insuficiente aire provoca una combustión incompleta produciendo emisiones de CO y COV. Las emisiones de NO_x se producen en función de la temperatura, del exceso de aire y de la mezcla combustible/aire. Las emisiones de SO_x dependen directamente de la cantidad de azufre en el combustible.

Los factores de emisión para Gas Licuado y Kerosene, provienen de dos fuentes de información; una corresponde al AP-42 de la EPA y la otra a la Agencia Ambiental de California (CARB). Estos valores se muestran en la Tabla 22.

Tabla 13. Factores de emisión por combustión residencial.

Combustible	TOC	CO	NO _x	SO _x ³	MP	NH ₃	Unidad
GLP ²	87,47	221,68	1090,42	1,68	33,55	2,1	Kg/1000 m ³
Kerosene ²	298,7	599,13	2156,88	4313,76	299,57	75,6	Kg/1000 m ³

1: Fuente: AP-42, EPA.

2 : Fuente: CARB.

3: Corresponde a SO₂

Además se debe tener en cuenta que antes de ser utilizado el GLP en el consumo residencial, los balones de GLP al ser manipulados sufren una serie de fugas, estimadas en un 3.5%.

Niveles de Actividad

El nivel de actividad requerido para la estimación de emisiones de contaminantes para la combustión de GLP y Kerosene corresponde al consumo anual para cada combustible [m³/año]. En el caso del GLP y Kerosene se utilizan las estadísticas de la SEC reportadas para el año 2006 que aportan datos de consumo a nivel regional tanto para combustibles líquidos como gaseosos.

Debido a que la información reportada por la SEC se encuentra a nivel regional, se distribuye el consumo comunamente por población. La información de población comunal para el año 2006 es obtenida de proyecciones comunales de INE para la VII región.

Los valores calculados a partir de la información obtenida por la SEC e INE son los siguientes:

Tabla 14. Consumo Residencial de Combustibles año 2006 Zona de estudio.

COMUNA	GLP (m3/año)	Kerosene (m3/año)
TALCA	8.750	1.141
MAULE	749	119
PELARCO	0	3
PENCAHUE	340	37
SAN CLEMENTE	0	3
SAN RAFAEL	311	39
SAGRADA FAMILIA	0	19
SAN JAVIER	1.529	165
VILLA ALEGRE	568	70
YERBAS BUENAS	0	29
TOTAL	12.246	1.925

Cálculo de emisiones

Se considero que el 100% del consumo de GLP se efectúa en la zona urbana de cada comuna, por tanto no se considera el consumo de las zonas urbanas que están fuera del área de estudio. El consumo de Kerosene se considero dentro de toda la comuna, por tanto sera considerado el consumo tanto urbano como rural proporcional al area de cada comuna que se encuentre dentro del área de estudio.

Las siguientes tablas entregan las emisiones estimadas a partir de los consumos detallados por comuna en la zona de estudio, y los factores de emisión definidos.

Tabla 15. Emisiones por combustión de Kerosene 2006 área de estudio (ton/año).

COMUNA	MP10	CO	NOx	VOC	SOx	NH3
MAULE	0,04	0,07	0,26	0,04	0,42	0,01
PELARCO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
PENCAHUE	0,01	0,02	0,08	0,01	0,13	0,00
SAGRADA FAMILIA	0,01	0,01	0,04	0,01	0,07	0,00
SAN CLEMENTE	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
SAN JAVIER	0,05	0,10	0,36	0,05	0,59	0,01
TALCA	0,43	0,86	3,11	0,43	5,14	0,11
VILLA ALEGRE	0,02	0,04	0,15	0,02	0,25	0,01
YERBAS BUENAS	0,01	0,02	0,06	0,01	0,10	0,00
SAN RAFAEL	0,01	0,02	0,09	0,01	0,14	0,00
TOTAL	0,58	1,15	4,15	0,58	6,87	0,15

Tabla 16. Emisiones por combustión de GLP 2006 área de estudio (ton/año).

Comuna	MP10	CO	NOx	COV	SOx	NH3
MAULE	0,04	0,28	1,40	0,11	0,00	0,00
PENCAHUE	0,02	0,13	0,63	0,05	0,00	0,00
SAN JAVIER	0,09	0,58	2,85	0,23	0,00	0,01
TALCA	0,50	3,31	16,30	1,31	0,01	0,03
VILLA ALEGRE	0,03	0,21	1,06	0,08	0,00	0,00
SAN RAFAEL	0,02	0,12	0,58	0,05	0,00	0,00
TOTAL	0,70	4,62	22,75	1,82	0,02	0,04

Combustión residencial de leña

Antecedentes generales

La leña está formada por un 43% de carbono (C), un 7% de hidrógeno (H) y un 49% de oxígeno (O₂). La composición elemental de la leña no sufre mayores variaciones en las diferentes especies. Los principales compuestos orgánicos de la leña son celulosa (40-50% del peso de leña seca), hemicelulosa (20-30%), lignina (20-30%) y una pequeña fracción que incluye resinas y cenizas. La celulosa son polímeros polisacáridos que incluyen una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno. La lignina, su contenido y composición varía según la especie de leña, esta compuesta de aromáticos los que en la fase de pirólisis de la combustión produce hidrocarburos aromáticos policíclicos HAP's.

Se puede decir que el material particulado que se produce durante la combustión residencial de leña corresponde en un 96% a MP10 y en un 93% a MP2.5. Las partículas están compuestas principalmente por partículas orgánicas y carbono elemental (hollín), y una pequeña fracción corresponde a sales inorgánicas como KCl, K₂SO₄, entre otras.

Por ejemplo, resultados de emisiones en artefactos de combustión abierta, indican que cerca del 74% de MP2.5 corresponde a carbono orgánico y entre un 1-18% a carbono elemental (Fine et al., 2002), el resto corresponde a finas sales que incluyen una combinación de sodio, manganeso, potasio, calcio, zinc, amonio, sulfatos, carbono y nitrato, dependiendo de la especie de leña.

Los compuestos orgánicos presentes en el humo dependen de las condiciones de la combustión y del contenido de lignina en la leña. Las principales especies presentes de HAP son acenaphthylene, naphtalene, anthrancene, phenanthrene, benzo(a)pyrene y benzo(e)pyrene. Otros compuestos incluyen una variedad de aldehídos, fenoles, alcoholes, cetonas, carboxilo ácido, ethane, etanol. Los compuestos orgánicos como formaldehídos, benceno, tolueno, xylene, y HAP's,

incluyendo benzo(a)pyreno son conocidos por su nivel de toxicidad carcinógeno en el aire.

Las características más importantes de la leña que determinan la producción de calor son su contenido de humedad y densidad. Al comparar el contenido de energía entre leñas duras de las blandas, estas últimas tienen un valor energético mayor (19,2 MJ/kg) que las leñas duras (18,2 MJ/kg). Leñas duras toman un mayor tiempo en quemarse y producen una mayor cantidad de cenizas que las leñas blandas. Por su parte, el contenido de humedad en la leña requiere de mayor energía para ser evaporada, reduciendo la eficiencia de la combustión y el valor energético del combustible, aumentando las emisiones (Rogge et al., 1998).

Metodología para Estimar Emisiones de la Combustión Residencial de leña

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

$$E_i = FE_{ij} \cdot N_{aj}$$

Ecuación 3

Donde:

E_i : Emisiones del contaminante i en estudio [ton/año]

FE_{ij} : Factor de emisión del contaminante i en estudio para un artefacto del tipo j , [Ton/kg combustible]

N_{aj} : Nivel de actividad, definido en este caso por el consumo anual de leña asociado al artefacto j [kg/año]

Respecto a la distribución espacial de las emisiones generadas por la combustión residencial de leña, ésta se efectúa directamente en función del nivel de detalle de la información de consumo de combustible disponible, por ejemplo, a nivel comunal o a nivel de distrito censal o bien mediante el uso de factores de distribución, en el caso que sólo se posea información agregada del consumo.

Para el caso de la combustión residencial de leña, el **nivel de actividad** está en función de la siguiente información:

- El tipo de artefacto de combustión, que puede ser cocina, calefactor, salamandra, combustión abierta, otros.
- El consumo de combustible, expresado en masa por unidad de tiempo (dependiendo de la caracterización temporal del consumo en forma horaria, semanal, mensual, estacional, anual).
- El contenido de humedad del combustible (seco < 25%).
- El periodo de encendido del artefacto (con objeto de caracterizar periodos de encendido estacional, semanal y diario) (para caracterizar el nivel de actividad)
- Modo de operación del artefacto, es decir con las entradas de aire cerradas.

Así, las emisiones totales corresponderán a la suma total del aporte de contaminantes de cada artefacto de combustión de acuerdo a su período de uso o encendido, a la cantidad de combustible consumido, considerando además la calidad del combustible en cuanto a su contenido de humedad y modo de operación.

Revisión de información disponible de consumo de leña en la Región del Maule

Estudio "Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile"

El estudio "Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile" fue desarrollado por el Centro de Micro Datos del Dpto. de Economía de la U. de Chile para la CNE, estimó a partir del consumo agregado de leña del sector residencial y de los datos de distintas encuestas recopiladas a nivel de país, una relación de demanda de leña en metros cúbicos sólidos y proyectó los niveles de consumo para cada región usando la información socioeconómica de la encuesta CASEN 2003.

La siguiente figura muestra el consumo para el año 2003.

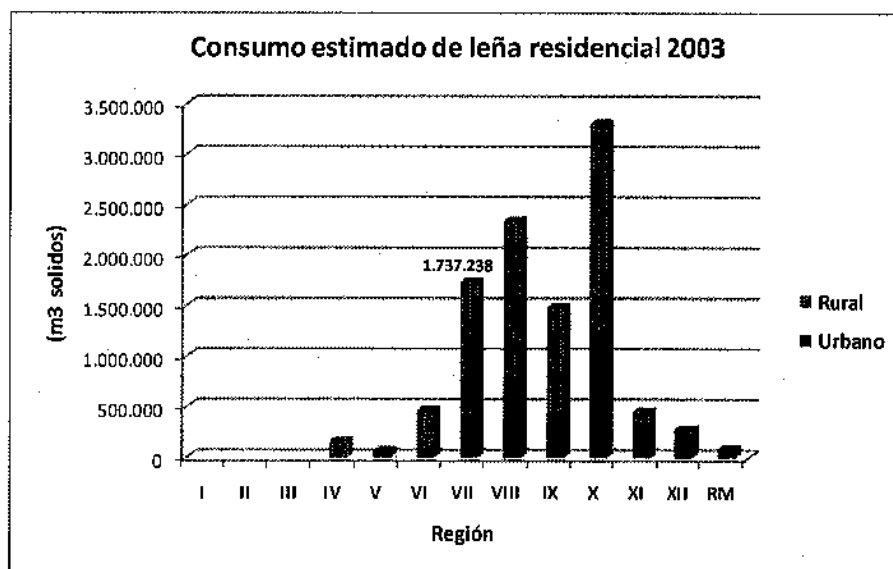


Figura 6. Consumo de leña residencial proyectado al año 2003 (m³ sólidos)

Fuente: Estudio "Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile", CNE

Para el sector rural, se realizó un ajuste adicional usando otros estudios INFOR-CNE (1994) y los Censos de 1992 y 2002.

El mayor consumo de leña total proyectado para el 2003 se concentra en las Regiones VIII y X, que concentran el 54% del consumo proyectado, seguido de la Región VII, que concentra el 17% del consumo proyectado, cercano a 1.737.000 (m³ sólidos) de leña.

De acuerdo a la información disponible es posible estimar las emisiones por uso de leña sólo a nivel regional, desagregado según sector residencial, comercial e institucional y el sector industrial a nivel regional.

Las siguientes tablas muestran las estimaciones de consumo de leña según la desagregación descrita en el párrafo anterior.

Tabla 17. Proyección del Consumo de Leña y desechos industriales, en m³ sólidos, por región y sector

REGION	Proyección Consumo Residencial	Desv. Est. Consumo Residencial	Proyección Consumo Comercial e Institucional	Desv. Est. Consumo Comercial e Institucional	Proyección Consumo Industrial	Desv. Est. Consumo Industrial	Proyección Consumo Total de leña	Desv. Est. Consumo Total
I								
II								
III								
IV	158.760	3.910			271.884	2.799	430.644	4.809
V	69.131	2.693	10.881	423,9	289.139	19.410	369.150	19.601
VI	468.883	11.420	1.680,8	40,9	192.838	7.787	663.402	13.822
VII	1.737.238	27.270	11.279,5	177,1	1.078.895	3.509	2.827.413	27.495
VIII	2.341.014	58.183	66.328,7	1.648,5	1.479.555	9.091	3.886.898	58.912
IX	1.485.064	43.344	67.275,8	1.963,6	654.519	5.024	2.206.859	43.679
X	3.302.928	40.645	373.405,7	4.595,1	135.528	812	3.811.862	40.912
XI	459.280	10.105	83.630,1	1.840,0	3.107	36	546.017	10.271
XII	281.477	14.243					281.477	14.243
RM	90.133	1.694	12.204,6	229,4	25.306	63.724	127.644	63.747
Nacional	10.393.908	90.114	626.666	10.918	3.858.888	68.021	14.879.482	113.431

Fuente: "Diagnóstico del mercado de la leña". Centro de Microdatos U. de Chile – CNE, 2006.

Estudio "Uso de Equipos y Combustibles para calefacción domiciliaria"

El Centro de Estudios de Opinión Ciudadana de la facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad de Talca, desarrolló el estudio "*Equipos de Calefacción y Combustibles utilizados, Curicó y Talca*"; solicitada por el Departamento de Acción Sanitaria de la Secretaría Ministerial de Salud de la Región del Maule. En el marco del citado estudio, se realizó una investigación cuantitativa a través de la aplicación de 800 encuestas en la ciudad de Curicó y Talca con el objetivo de conocer los tipos y características de equipos de calefacción utilizados, su distribución geográfica, la componente temporal (anual y diaria), el tipo y consumo de combustible, y en el caso del uso de leña, las especies y procedencia de esta.

Esta encuesta fue aplicada en hogares pertenecientes a la zona urbana de la ciudad de Talca.

La siguiente figura muestra los cuatro sectores en que se subdividió la ciudad en el estudio.

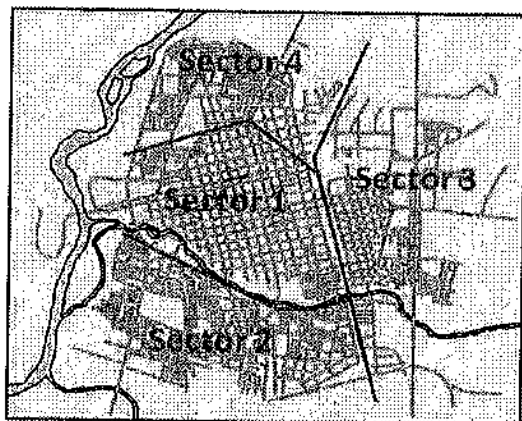


Figura 7. Sectores ciudad de Talca para aplicación de encuesta.
Fuente: CEOC, Universidad de Talca

Las siguientes figuras entregan algunos resultados obtenidos en el estudio.

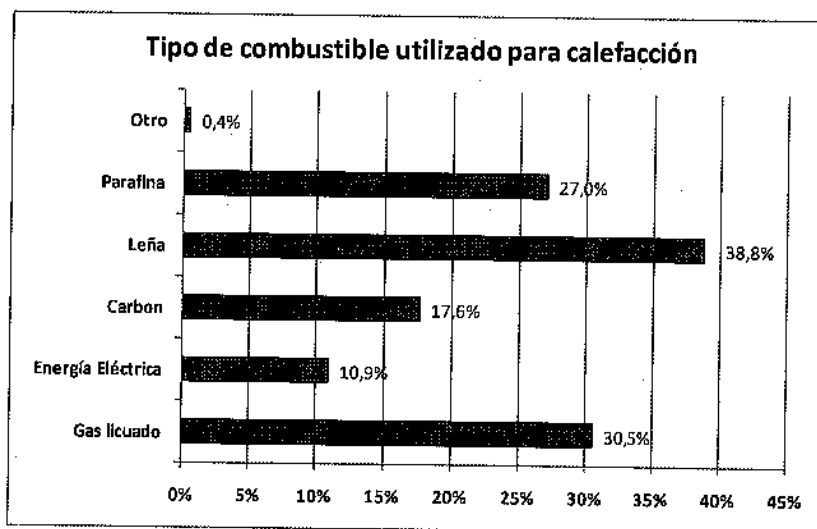


Figura 8. Tipo de combustible utilizado para calefacción.
Fuente: Elaboración propia a partir de estudio *Uso de Equipos y Combustibles para calefacción domiciliaria*, CEOC, Universidad de Talca.

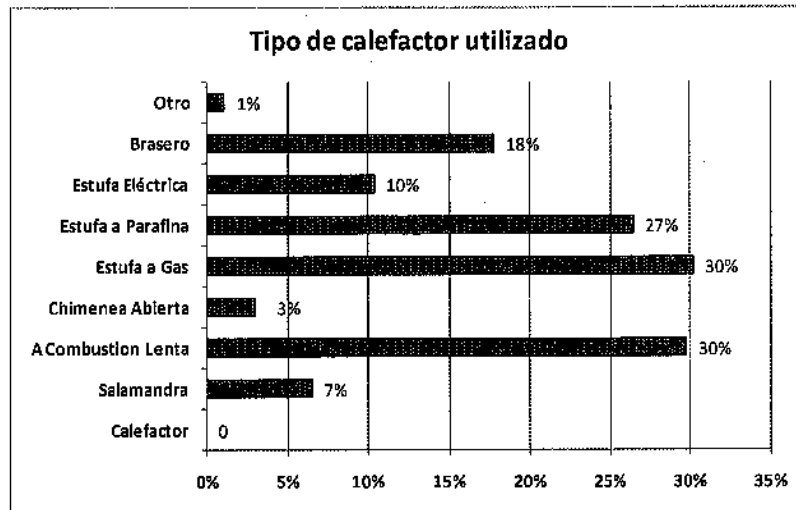


Figura 9. Tipo de calefactor utilizado.

Fuente: Elaboración propia a partir de estudio *Uso de Equipos y Combustibles para calefacción domiciliaria*, CEOC, Universidad de Talca.

En las figuras anteriores se observa que casi un 39% de la población utiliza leña como combustible para calefacción, y que un 30% posee un calefactor a combustión lenta (Bosca, Amesti), mientras que la utilización de salamandra o chimenea abierta suma un 10%.

Revisión y selección de factores de emisión

Con respecto al factor de emisión, este se encuentra en función del tipo de artefacto y del contenido de humedad de la leña. También, se pueden utilizar factores de emisión de acuerdo al modo de operación del artefacto.

A continuación se listan los estudios de factores de emisión revisados dentro del presente estudio para determinar los factores de emisión más apropiados para utilizar en la estimación de emisiones.

a) Factores de emisión entregados dentro del estudio denominado "Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile". Thomas Nussbaumer. Report for CONAMA and COSUDE. Zürich, 10. May 2006.

Dentro del informe del proyecto COSUDE² (Nussbaumer, 2006), se entregan antecedentes de mediciones de emisiones efectuadas a estufas típicas chilenas medidas en Suiza por expertos de dicho país, obteniéndose factores de emisión para distintos tipos de operación del artefacto de calefacción.

² Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile. Report for CONAMA and COSUDE. Zürich, 10. May 2006. Disponible en el expediente público de la Norma.

Respecto a las conclusiones del estudio destacan los resultados obtenidos para la estufa tradicional chilena, para la que se señala que las emisiones de MP son ampliamente sensibles a los distintos tipos de operación. Entre una operación 'ideal' y 'típica' las emisiones aumentan en un factor de 12 a 60. Entre una operación 'mala' y 'típica' aumentan de un factor de 5 a 26.

La tabla siguiente presenta los valores de mediciones obtenidos por el estudio Suizo:

Tabla 18. Resultados de las mediciones estudio suizo comparativo.

Operación	Humedad	Estufa chilena		Estufa Suiza de 2 etapas		Observaciones
		Carga troncos leña	MP [mg/m ³] normalizado a 13% O ₂	Carga troncos leña	MP [mg/m ³] normalizado a 13% O ₂	
Operación ideal con trozos de leña pequeños y secos, 30% carga. No incorpora en la medición el aporte de contaminantes que se da durante el encendido del artefacto.	12%	2 x 750 g	20	Carga Completa	10 - 20	Para efectos de pruebas se mantuvo el monitoreo continuo de CO con objeto de mantener las condiciones de la combustión. Por lo tanto, esta operación no es practicable en la realidad.
Operación ideal con trozos de leña pequeños y secos, 30% carga. Incorpora en la medición el encendido.	12%	2 x 750 g	50	Carga Completa	20 - 30	
Operación típica para calefacción, carga completa.	20%	3 x 1500 g	250 – 1.200 (125 – 600)	Carga Completa	30- 50 (30 – 50)	La combustión en dos etapas permite una reducción de aproximadamente un 90%.
Operación típica para calefacción, carga completa	33%	3 x 1500 g	500 – 1.200 (250 – 600)	Carga Completa	60 – 150 (50 – 100)	La combustión en dos etapas permite una reducción de aproximadamente un 50%. No obstante se observa la influencia de la humedad de la leña.
Mala operación, ingreso de aire cerrado durante operación. Siguiendo Instrucciones del Fabricante.	20%	3 x 1500 g	6.600 (5.500)	Carga Completa	No es posible operar	

Nota: Emisiones de MP (mg/m³) con 13% en volumen de O₂, de acuerdo al método de US-EPA; los valores entre paréntesis son siguiendo el método VDI.

Con respecto a factores de emisión de MP para la Estufa tradicional chilena, se tiene:

- Para una condición ideal de operación con 12 % de humedad de leña, el factor de emisión corresponde a 0,6 g/kg de leña seca.
- Para una condición típica de operación con 20 % de humedad de leña, el factor de emisión corresponde a un rango entre los 3,0 - 14,4 g/kg leña seca.
- Para una condición mala de operación con 20 % de humedad de leña, el factor es de 79,3 g/kg leña seca.

Al revisar los resultados del estudio "Real-life emissions from residential wood burning appliances in New Zealand" de A.J. Scout, Junio 2005, Ministry for the Environment, se indica que en condiciones de real operación de los artefactos se producen emisiones sustancialmente mucho más altas que el factor de emisión que comúnmente se ha utilizado para reflejar una "operación real".

El factor de emisión que reflejaría la "operación real" no es suficientemente robusto pero es útil como un indicador de la incertidumbre asociada cuando se estiman las emisiones de la combustión residencial de leña. El uso de un factor de emisión potencialmente no representativo puede resultar en subestimaciones que se reflejaran en otras evaluaciones con objetivos de reducción de la contaminación, como por ejemplo en las metas de reducción.

De lo anterior, se deduce que se requiere analizar y justificar los factores de emisión que se seleccionen y que debieran reflejar, en lo posible, reales condiciones de operación.

b) "Medición de artefactos de uso residencial que operan con biomasa para apoyar procesos regulatorios ambientales" (Septiembre 2006).

La Comisión Nacional del Medio Ambiente, solicitó al laboratorio SERPRAM, realizar una serie de ensayos de medición en artefactos de combustión de uso residencial que operan con leña (cuatro calefactores y una cocina de combustión a leña), con el propósito de conocer información de línea base de sus emisiones a escala de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio consistieron en medir las concentraciones de material particulado y gases (O_2 y CO) generados por cada artefacto a tasas de quemado fijas, con el objetivo de determinar las emisiones de material particulado y otros parámetros de interés ambiental como el monóxido de carbono y la eficiencia térmica.

Las citadas mediciones se efectuaron en conformidad a lo especificado en los métodos CH-28 de certificación, el método CH-5 G para la determinación de las emisiones de partículas de calefactores a leña medidas desde un túnel de dilución y el método CH-3A, para la determinación del contenido de oxígeno y monóxido de carbono en los gases. Todos los métodos señalados corresponden a métodos oficializados por el Ministerio de Salud a través del Instituto de Salud Pública (ISP).

Los artefactos usados fueron los siguientes:

- Estufa Bosca
- Estufa Amesti
- Estufa Pucón
- Estufa Gerten
- Cocina Gross

Donde cada uno tiene especificaciones y características de fabricante, material y entrada de aire.

Se presenta un resumen de los resultados obtenidos de dichas mediciones según calefactor, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19. Emisiones de MP₁₀ Resumen estudio SERPRAM.

Calefactor	Tasa Quemado kg/h	Flujo Aire m ³ N/h	MP ₁₀ g/h	MP ₁₀ g/kg leña
A 1	1,67	17,4	4,66	3,0
A 2	1,38	14,9	3,20	2,6
B	1,21	12,2	2,54	2,4
D 1	2,18	22,6	6,74	3,8
D 2	1,23	13,6	28,69	23,8
E	1,92	27,2	5,01	3,0

Fuente: promedio de datos de Serpram

Nota: Mediciones no desarrolladas en condiciones de operación normal, sino en condiciones de Laboratorio, según la norma CH-5G.

c) Factores de emisión utilizados en inventarios anteriores de la VI Región, CONAMA-CENMA.

Si bien las características del tipo de leña, artefactos o modos de operación en algunos casos utilizados en la Región Metropolitana no son equivalentes a lo ocurridos en otras regiones, a continuación se resumen a modo de referencia los factores de emisión que han sido utilizados en los inventarios disponibles para la R.M en cuanto a la quema residencial de leña. Estos se basan en el estudio, "Determinación de las emisiones de contaminantes provenientes de la quema de leña en el área metropolitana de Santiago" CNE, del año 1992. Para esta

metodología, se hace una distinción entre consumidores de leña formales (altos recursos) e informales (bajos recursos.)

El estudio de INTEC-CNE realizó la medición de emisiones de gases y material particulado para distintos equipos de combustión a leña utilizando métodos recomendados por la EPA, con el objeto de proponer factores de emisión por tipo de equipo. La tabla siguiente resume algunos antecedentes de dicho estudio.

Tabla 20. Año del estudio de la CNE, equipos considerados y sus características

Año del Estudio	1992
Equipos Medidos	Estufas doble cámara: marca BOSCA, Winter y Calpolo.
	Estufas simple a leña
	Salamandras con carga frontal y vertical
	Chimenea abierta tradicional (con un buen control de tiraje)
	Chimeneas modelo insert: con una carga de leña de 1,5 a 3,0 Kg/hr.
Especie de leña	Eucaliptus
Condición de leña seca	15% de humedad.
Condición de leña verde	35% de humedad.

A continuación se presentan los resultados de los factores de emisión para los distintos tipos de equipos. La Tabla siguiente muestra la proposición realizada en el estudio de la CNE de uso de factores de emisión, según el tipo de combustión en abierta o cerrada. Nótese que los FE propuestos por la CNE corresponden a Partículas Totales en Suspensión (PTS).

Tabla 21. FE¹ por tipo de equipo a leña (g/kg)

Equipo	PTS	SO _x	NO _x	COV	CO	PAH	Benzo ²	Aldehídos Totales	Formaldehídos
Estufas doble cámara	7.0	--	1.18	35.5	48.9	0.0602	0.0134	0.43	0.21
Salamandra (carga frontal)	8.0	--	1.68	0.31	37.4	0.0426	0.0071	0.57	0.28
Salamandra (carga vertical)	8.5	--	1.76	11.5	31.9	0.0945	0.0012	0.7	0.47
Estufa simple	5.7	--	1.12	13.1	20.9	0.0173	0.0046	0.51	0.24
Chimenea abierta	16.6	--	2.00	0.72	--	0.089	0.024	1.45	0.61
Chimenea modelo insert ³	3.6- 20.1	--	1.02- 1.72	7.3- 82.7	--	0.0148- 0.134	0.0038- 0.0186	--	--

1 Las emisiones son para leña de especie eucaliptus seca, con un 15% de humedad.

2 Benzo corresponde a la suma de benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, diobenzo antraceno y benzo perileno.

3 El modelo insert es un modelo diseñado que reemplaza a la chimenea tradicional al ser colocada en el hogar de esta última. Los valores límites del intervalo de emisión dependen de la carga de leña correspondiente a 1,5 a 3,0 Kg/hr.

Fuente: CNE. Determinación de las emisiones de contaminantes provenientes de la quema de leña en el área Metropolitana de Santiago. 1992.

d) Factores de emisión utilizados en inventario de emisiones IX región, CONAMA año 2002.

En el marco del estudio: "Estimación de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Combustión Residencial a Leña en las Comunas de Temuco y Padre las Casas, IX Región Septiembre de 2001", fueron utilizados los factores de emisión presentados en la Tabla 22. Es importante destacar que este inventario fue desarrollado mediante una encuesta que diferenció tipos de equipos, y que contó con un diseño estadístico apropiado.

El criterio utilizado para seleccionar los FE para cada equipo de combustión, fue que éste reflejara las condiciones de los equipos que existen en el área de estudio, los que se denominarán equipos equivalentes.

Tabla 22. Factores de emisión IX Región (g/Kg).

FUENTE BIBLIOGRAF ICA	Equipo de combustión según la referencia	Equipo equivalente	MP ₁₀	NO _x	CO	COV	SO _x
EIIP/EPA	Estufa Convencional ^a	Cocina a leña	15.30	1.40	115.40	26.50	0.20
EIIP/EPA	Estufa Convencional ^b	Equipo simple (una cámara).	15.30	1.40	115.40	26.50	0.20
CNE	Estufas doble cámara ^c	Equipo doble cámara	--	--	--	35.50	---
EIIP/EPA	Cocina Catalítica (Fase II)	Equipo doble cámara	8.10	1.00	53.50	7.5	0.20
CNE	Chimenea abierta ^d	Chimenea abierta/albañilería	16.60	2.00	--	--	0,18
EIIP/EPA	Chimeneas y cocinas ^e	Chimenea abierta/albañilería	--	--	126.3	114.5	0,2
CADE-IDEPE	Salamandras ^g	Salamandras	15.86	0.87	51.32	0.83	0.26

a. Fabricada antes de 1988 equivalente a cocina a leña utilizada en área de estudio.

b. Equivalente a equipo simple de una cámara. No se adopta Ref. CNE según Tabla 2.5, pues el valor es menor que el de la estufas doble Cámara, lo que produce una inconsistencia en términos de tecnología.

c. Equipos modelo BOSCA fabricada antes de 1992, equivalente a equipos de doble cámara en general.

d. Chimenea diseñada con tiraje adecuado, equivalente a chimenea de albañilería. FE para MP₁₀, NO_x y PAH

e. Equivalentes a chimeneas albañilería, FE para CO, COV y SO_x.

f. Las estufas doble cámara y cocinas catalíticas (Fase II) son equivalentes, menos para el COV. Para las cocinas catalíticas las emisiones son menores porque están equipadas con un catalizador cerámico cubierto con un metal noble (platino, paladio etc.), que permite la combustión de estos compuestos a temperaturas mucho menores.

g. Las Salamandras tienen una eficiencia y tecnología distinta a los equipos de doble cámara. El FE en el CNE, esta en un rango de (8-8,5), rango en el que también esta el equipo doble cámara (8,1) del EIIP. Se estima inconveniente tomar el rango sugerido por CNE, se selecciona el FE propuesto por CADE-IDEPE, mostrado en el mismo estudio de la CNE.

e) "Emissions Inventory Improvement Program (EIIP), Residential Wood Combustion. 2001"

Con respecto al uso de factores de emisión en la US-EPA, el Programa de Mejoramiento de Inventarios de Emisiones (sigla EIIP en inglés) reportó el año 2001 para la fuente emisora combustión residencial de leña, una lista de factores de emisión para elementos como benceno, cadmio, cromo, manganeso, metiletilcetona, níquel, fenol, tolueno y oxileno. Asimismo, establece una lista de 28 compuestos y familias de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), además de factores de emisión para los contaminantes típicos que se producen durante la combustión incompleta.

Tabla 23. FE para distintos contaminantes por tipo de equipo (g/kg).

EQUIPOS	MP ₁₀	NO _x	CO	COV	SOX	PAH ^f Total	HAP ^g Total
Estufas y Cocinas ^a	17.30	1.30	126.30	114.50	0,18	--	--
Estufas ^b	17.30	1.30	126.30	114.50	0,18	--	--
Cocina Catalítica (Fase II) ^c	8.10	1.00	53.50	7.5	0.20	0.207	1.12
Cocina Convencional ^e	15.30	1.40	115.40	26.50	0.20	0.365	1.6

- Se recomienda su uso cuando no se cuenta con información desagregada de equipos de combustión.
- Fabricación de equipos hasta 1988.
- Certificadas para cumplir con las normas EPA del 1 Julio, 1990. Con una tasa de quemado 5.5 Kg/hr.
- Para catalíticos con una buena mantención y con un uso normal. En general un catalítico más nuevo produce emisiones de MP más bajas y los más antiguos emisiones más altas.
- Fabricada antes del 1º de Julio de 1986.
- PAH, corresponde a la familia de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.
- HAP, siglas en inglés corresponden a la familia de "Hazardous Air Pollutants" - contaminantes peligrosos.

Fuente: EIIP, Residential Wood Combustion. 2001.

f) Factores de emisión utilizados en estudio "Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas"

Este estudio fue desarrollado por DICTUC durante el año 2007, dentro del cual se estimaron emisiones producto de la combustión residencial de leña para las comunas de Temuco y Padre las Casas. En este estudio se considero la incidencia de la humedad en las emisiones resultantes, obteniéndose factores de emisión para distintos artefactos, niveles de humedad y tipo de operación.

En la siguiente tabla se presentan los factores de emisión utilizados: por tipo de artefacto, contenido de humedad y tipo de operación.

Tabla 24. Factores de emisión asignados a cada artefacto por contenido de humedad y tipo de operación (gr/kg).

Artefacto	Contaminante	Humedad (Base Húmeda)		
		0-20 (Típica)	21-30 (*)	Mala operación
Cocina a leña	MP	(a) 20,0	32,3	-
	MP10	19,2	30,9	-
	MP2,5	18,6	30,1	-
	CO	126,3	401,0	-
	NOX	1,3	1,3	-
	COV	114,5	363,5	-
	SOX	0,2	0,2	-
Combustión lenta-calefactor a leña sin templador - calefactor a leña con templador / Insert	MP	15,7	25,3	(b) 79,3
	MP10	15,0	24,2	76,0
	MP2,5	14,6	23,5	73,9
	CO	115,4	366,4	584,7
	NOX	1,4	1,4	1,4
	COV	26,5	84,1	134,3
	SOX	0,2	0,2	0,2
Salamandra / Chimenea tradicional / Braseiro / Horno barro o ladrillo / Otro	MP	18,1	29,2	-
	MP10	17,3	27,9	-
	MP2,5	16,8	27,1	-
	CO	126,3	401,0	-
	NOX	1,3	1,3	-
	COV	114,5	363,5	-
	SOX	0,2	0,2	-

(a) FE Estudio de Universidad de Concepción

(b) FE a partir de "Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile", CONAMA – COSUDE (2006)

(*) FE obtenidos con correcciones a partir del estudio "Emissionsverhalten von Feuerungsanlagen"³

Dentro del marco del estudio se realizó una encuesta de consumo de leña para las comunas de Temuco y Padre las Casas, en donde se caracterizó el consumo con: volumen, estacionalidad, artefactos a leña existentes y tipo de uso entre otras variables.

Dentro de los resultados obtenidos se tiene que más del 90% de los encuestados dicen dejar secar la leña antes de usarla durante al menos un mes. La siguiente figura muestra la distribución del tiempo que las personas dejan secar la leña antes de utilizarla.

³ H.Hartmann, "Emissionsverhalten von Feuerungsanlagen", Landtechnik Weihenstephan, TUM, 2000

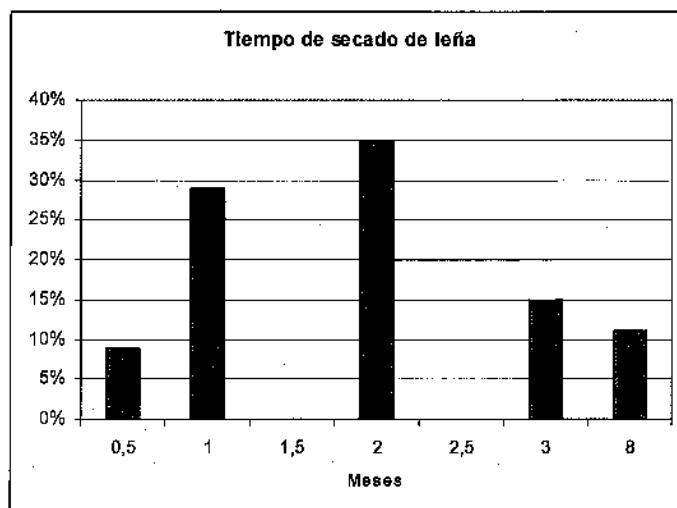


Figura 10: Tiempo de secado de la leña, encuesta DICTUC-2007

Un 61 % dijo utilizar leña seca, un 33% semi húmeda, un 5% húmeda y un 1% no sabe el estado de la leña que utiliza.

g) "Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas", Universidad de Concepción 2002.

El año 2002 la Universidad de Concepción realizó el estudio "Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas", dentro del cual se estudia el mercado de la leña para las comunas de Temuco y Padre las Casas.

Según el estudio de mercado de la leña, más del 90% de los productores almacena la leña al menos un par de meses antes de su comercialización. Posteriormente esta es guardada por los distribuidores, quienes en un 70% aproximadamente la almacenan al menos 4 meses.

Además este mismo estudio muestra la distribución en la compra de leña a lo largo del año, la cual se concentra entre los meses de Enero y Mayo para ambas comunas.

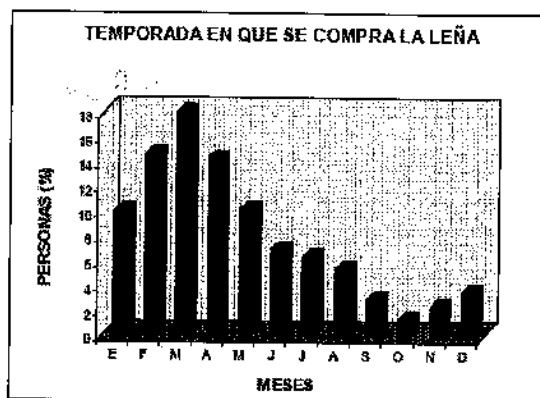


Figura 11. Compra de leña Temuco

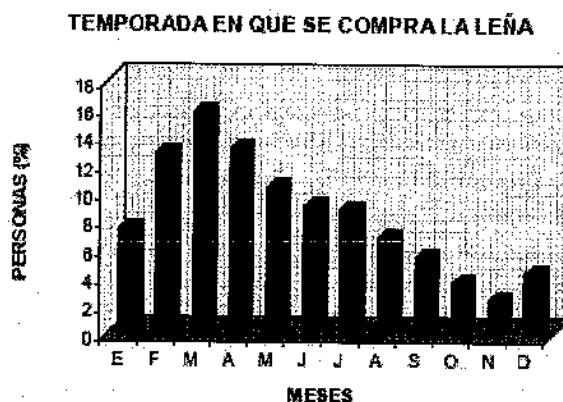


Figura 12. Compra de leña Padre Las Casas

Fuente: Estudio Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas", Universidad de Concepción 2002

Además se realizó una toma de muestras en los puntos de venta, para obtener el contenido de humedad de la leña que se comercializa. La siguiente figura muestra los resultados de este análisis.

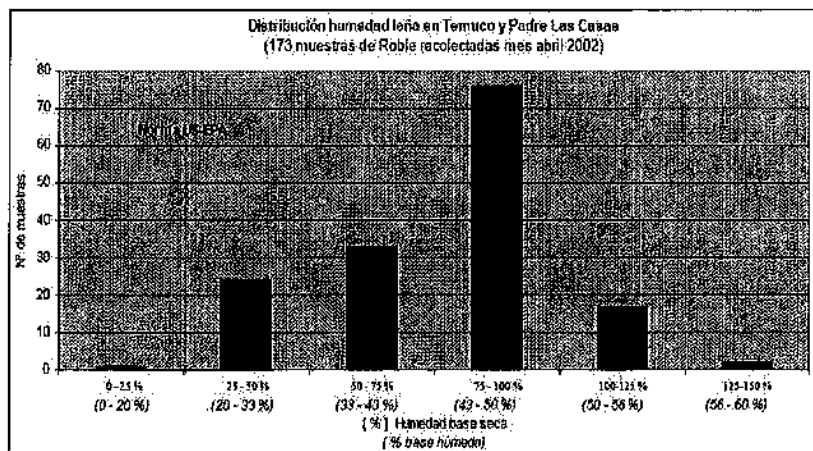


Figura 13. Distribución de Humedad de la leña en muestras de distribuidores.

Fuente: Estudio Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas", Universidad de Concepción 2002.

De la figura anterior se desprende que gran parte de la leña existente en los distribuidores presenta altos contenidos de humedad al momento de la toma de las muestras.

El estudio hace un análisis de la cadena productiva de leña para combustión residencial y propone factores de emisión que varían de acuerdo al contenido de humedad según curvas obtenidas de un estudio Alemán⁴ que midió emisiones para un calefactor a leña al quemar leña con distintos contenidos de humedad.

El siguiente gráfico muestra la variación de emisiones respecto del porcentaje de humedad en base húmeda de la leña.

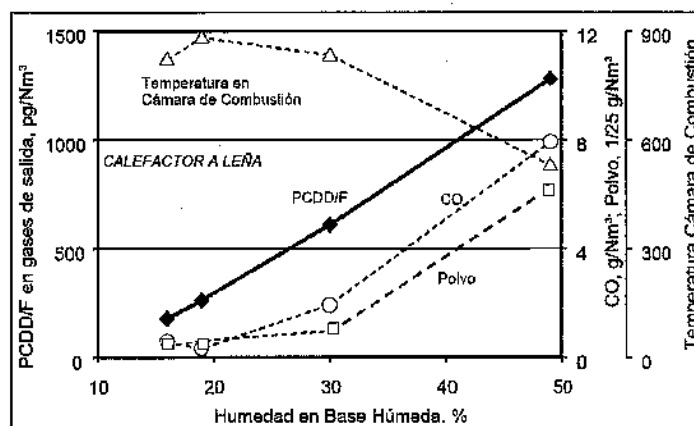


Figura 14. Emisiones de un calefactor v/s humedad de la leña

Fuente: Estudio Universidad de Concepción.

⁴ H.Hartmann, "Emissionsverhalten von Feuerungsanlagen", Landtechnik Weihenstephan, TUM, 2000.

La figura muestra la influencia del grado de humedad de la leña respecto de las emisiones, donde al superar el 30% en base húmeda las emisiones crecen rápidamente para CO y MP.

Estudio "Verbrennungsversuche mit naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinf Feuerungsanlage - Emissionen und Aschequalität"

En septiembre del año 2000, el Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München-Weihenstephan publico los resultados de mediciones realizadas en combustión de biomasa. Para las pruebas se utilizo leña de abeto.

Las siguientes figuras muestran la variación en las emisiones de MP, CO y NOx al variar la humedad de la leña utilizada.

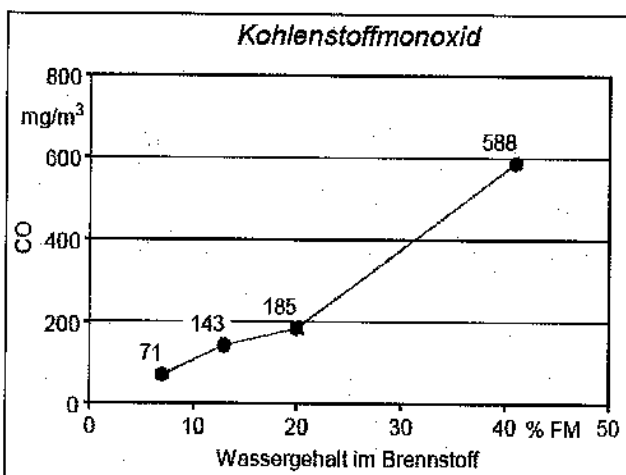


Figura 15. Emissiones de CO v/s humedad.

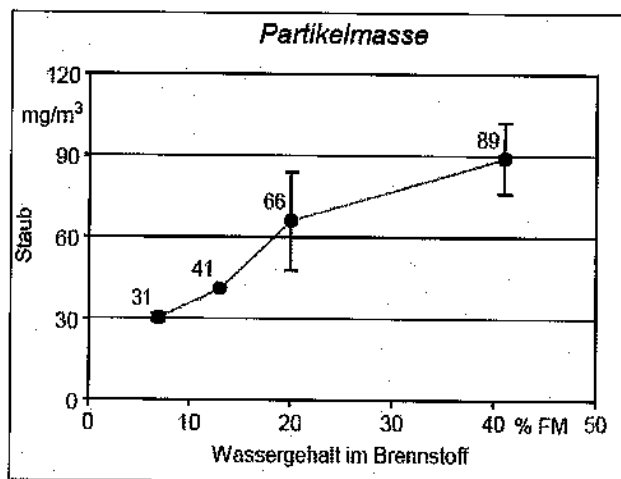


Figura 16. Emissiones de PTS v/s humedad.

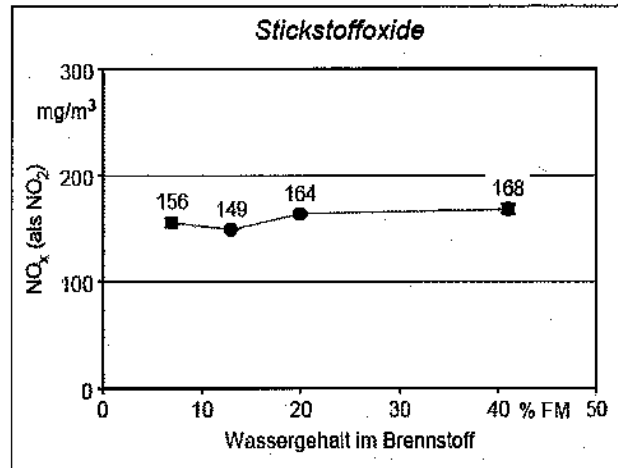


Figura 17. Emisiones de NOx v/s humedad.

Las figuras anteriores muestran una clara variación en las emisiones al superar el 20% de contenido de humedad en la leña utilizada para las emisiones de CO y PTS. Las emisiones de NOx no muestran esta tendencia, manteniéndose en niveles estables al aumentar el contenido de humedad de la leña.

Estudio "Estudio de Secado de Leña y Equivalencias de unidades de comercialización"

Durante el año 2004 La Universidad Católica de Temuco desarrollo el estudio: "*Estudio de Secado de Leña y Equivalencias de unidades de comercialización*", en donde se obtuvo una curva de secado para leña de Roble⁵ en condiciones naturales.

Según este estudio, la leña de Roble en condiciones de secado natural baja rápidamente su contenido de humedad. Como muestra la siguiente figura, entre los meses de Noviembre y Abril es posible obtener contenidos de humedad de un 30% en base seca en astillas para combustión lenta. La siguiente figura muestra la curva de secado obtenida.

⁵ En la IX región la especie Roble explica el 80% del consumo de leña, de acuerdo a un estudio realizado por la Universidad de Concepción y CONAMA, (2001).

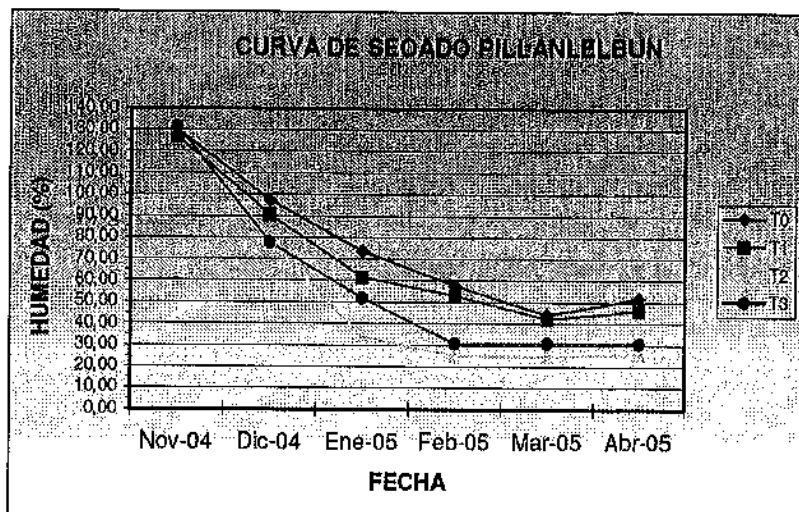


Figura 18. Curva de secado de leña de roble para el período Noviembre Abril. Humedad en base seca.

Fuente: Estudio de Secado de Leña y Equivalencias de unidades de comercialización, Universidad Católica de Temuco.

Donde:

T0: Trozos de 1 metro.

T1: Leña en trozos de 1 metro con rieles y cobertura.

T2: Leña en astillas para combustión lenta con rieles y cubierta de polietileno.

T3: Leña en astillas para combustión lenta sin rieles y sin cubierta de polietileno.

De la figura se desprende que la leña alcanza un estado en que prácticamente no sigue perdiendo humedad, esto es un 25% aproximadamente para la muestra T3 y de un 30% para la muestra T2 antes de cumplir cuatro meses de secado natural en época de temperaturas mas elevadas.

Dentro del marco del estudio "Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas", se realizó una encuesta de consumo de leña para las comunas de Temuco y Padre las Casas, en donde se caracterizó el consumo con: volumen, estacionalidad, artefactos a leña existentes y tipo de uso entre otras variables.

Dentro de los resultados obtenidos se tiene que más del 90% de los encuestados dicen dejar secar la leña antes de usarla durante al menos un mes. La siguiente figura muestra la distribución del tiempo que las personas dejan secar la leña antes de utilizarla.

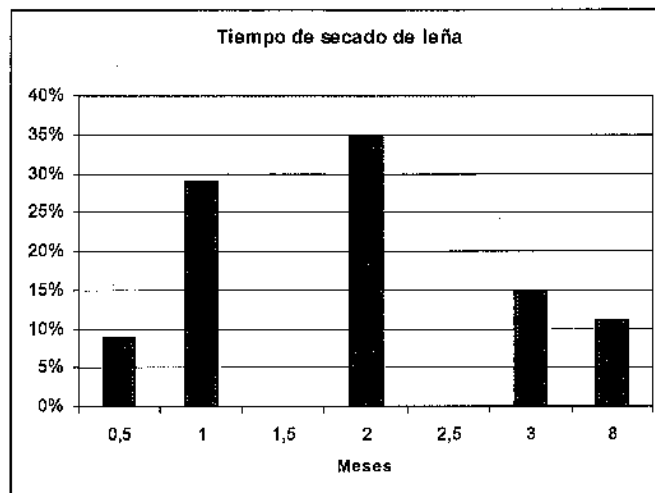


Figura 19: Tiempo de secado de la leña, encuesta DICTUC-2007

Un 61 % dice utilizar leña seca, un 33% semi húmeda, un 5% húmeda y un 1% no sabe el estado de la leña que utiliza. Independiente de esto todos los encuestados manifestaron preferir utilizar leña seca.

Conclusión respecto a la determinación de los factores de emisión

Luego del análisis de los factores de emisión entregados por los distintos estudios revisados, se concluye que respecto a las emisiones de material particulado, éstas deben ser cuantificadas utilizando factores de emisión caracterizados en función del tipo de operación del calefactor respectivo, dada la marcada diferencia en emisiones dependiendo del modo de operación del artefacto y su influencia en las emisiones totales. Además es necesario considerar el grado de humedad de la leña utilizada, pues este factor es determinante al momento de estimar las emisiones generadas.

Por lo tanto se estima adecuado utilizar como valores base para una operación típica con leña de hasta 20% de humedad en base húmeda (considerada leña seca), los valores obtenidos por el estudio Suizo para emisiones de MP, desarrollado por Nussbaumer 2006, para el caso de calefactores de combustión lenta de doble cámara

Para las emisiones de Cocinas a leña se utilizara el factor sugerido por la Universidad de Concepción en el estudio antes citado como factor base para operación típica.

Respecto a las emisiones de gases provenientes de la combustión de leña, se estima que los valores más apropiados para utilizar en el presente estudio (y así se ha determinado también dentro del estudio "Actualización del Inventario de emisiones atmosféricas de la Región Metropolitana" desarrollado por CONAMA RM, 2007 y Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de

Temuco y Padre Las Casas, 2007) se refieren a los entregados por el EIIP como valores por defecto, lo cual se justifica dada la inexistencia de valores representativos de artefactos chilenos medidos en condiciones reales de operación. Por otra parte, es importante aclarar que en Estados Unidos la normativa vigente permite contenidos de humedad máximo de un 20 % en base húmeda y por tanto los valores por defecto recomendados por el EIIP serán tomados como factores base para el caso de leña seca.

Especiación

Dentro del estudio del Desert Research Institute⁶ se expone que del contenido total de material particulado emitido por la fuente de combustión residencial el 95,8% corresponde a la fracción respirable menor a 10µm y 93,1% corresponde a MP2.5, siendo estos últimos valores los que serán utilizados como referencia para el presente estudio.

La siguiente tabla muestra la distribución por tamaño de partícula para los distintos tipos de fuentes generadoras de material particulado, según lo indicado por la referencia citada anteriormente.

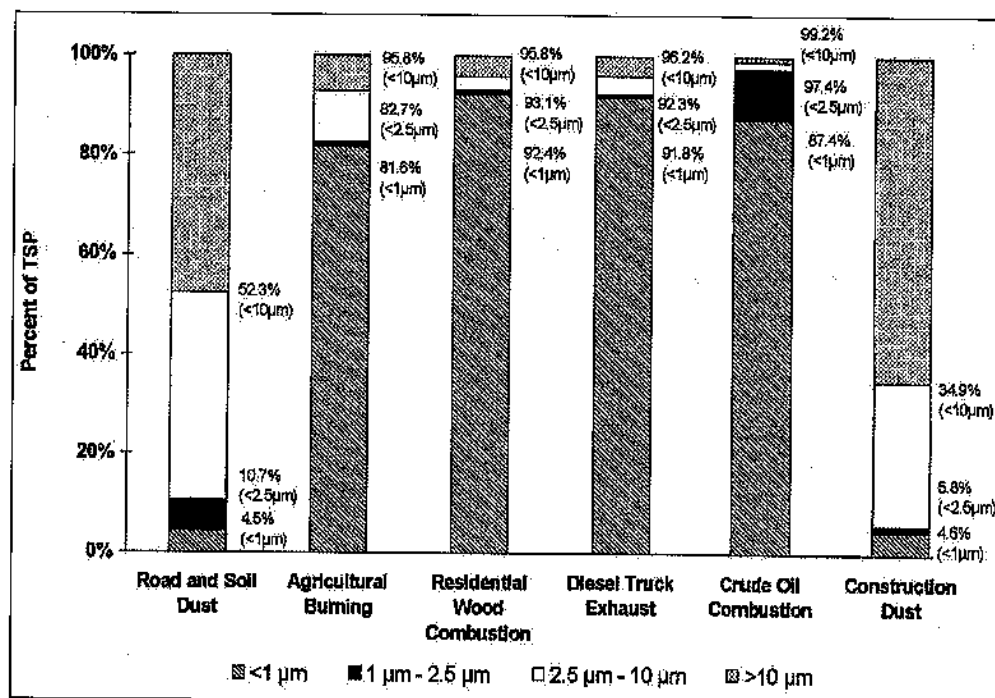


Figura 20. Distribución de tamaño para distintos tipos de fuentes de MP.

⁶. Reconciling Urban Fugitive dust Emissions Inventory and Ambient Sources Contribution Estimates”, DRI, Desert Research Institute 1999.

Encuesta Consumo de Leña Ciudad de Talca AMBIOSIS

Población y Diseño Muestral

Población Universo

El universo de este estudio comprende las viviendas particulares urbanas de la comuna de Talca. La evolución que estas han mostrado en los censos anteriores se encuentra en la tabla siguiente.

Tabla 25. Viviendas y población Censos de Población 1992 y 2002.

	Viviendas		Población	
	1992	2002	1992	2002
Rural	2.472	2.373	10.421	8.042
Urbana	39.543	57.947	160.866	193.755
Total	42.015	60.320	171.287	201.797

Fuente: INE, Censo de Población y Vivienda, 2002,

El universo de este estudio comprende las viviendas particulares urbanas de la comuna de Talca.

Tabla 26. Población viviendas por comuna.

Distrito	VivCenso	PobCenso	Encuestas	Factor Crecimiento
Plaza de Armas	1.204	4.486	4	1,08
Estación	1.421	4.798	9	0,87
Cancha Rayada	1.840	6.193	6	0,95
Hospital	3.036	11.309	28	0,95
Abate Molina	1.710	5.780	10	0,97
Mirador	5.326	19.795	35	1,01
Cooperativa	8.174	29.014	66	1,22
Estadio Fiscal	3.240	12.348	46	1,04
Huilliborgoa	126	441	0	1,19
Panguilemo	766	2.802	0	1,17
Huilquilemu	5.825	21.595	51	1,21
San Miguel	6.791	26.755	32	1,14
La Florida	6.302	21.774	19	1,46
Lircay	8.121	28.994	46	1,53
Palmira	564	2.048	0	1,24
Oriente	890	3.468	0	1,35
Total	55.336	201.600	352	

Fuente: INE, Censo de Población y Vivienda, 2002.

Los distritos de Huilliborgoa, Panguilemo, Palmira y Oriente, no fueron sorteados para ser encuestados. Estos distritos serán tratados por medio de los factores de expansión asociados a los distritos más cercanos.

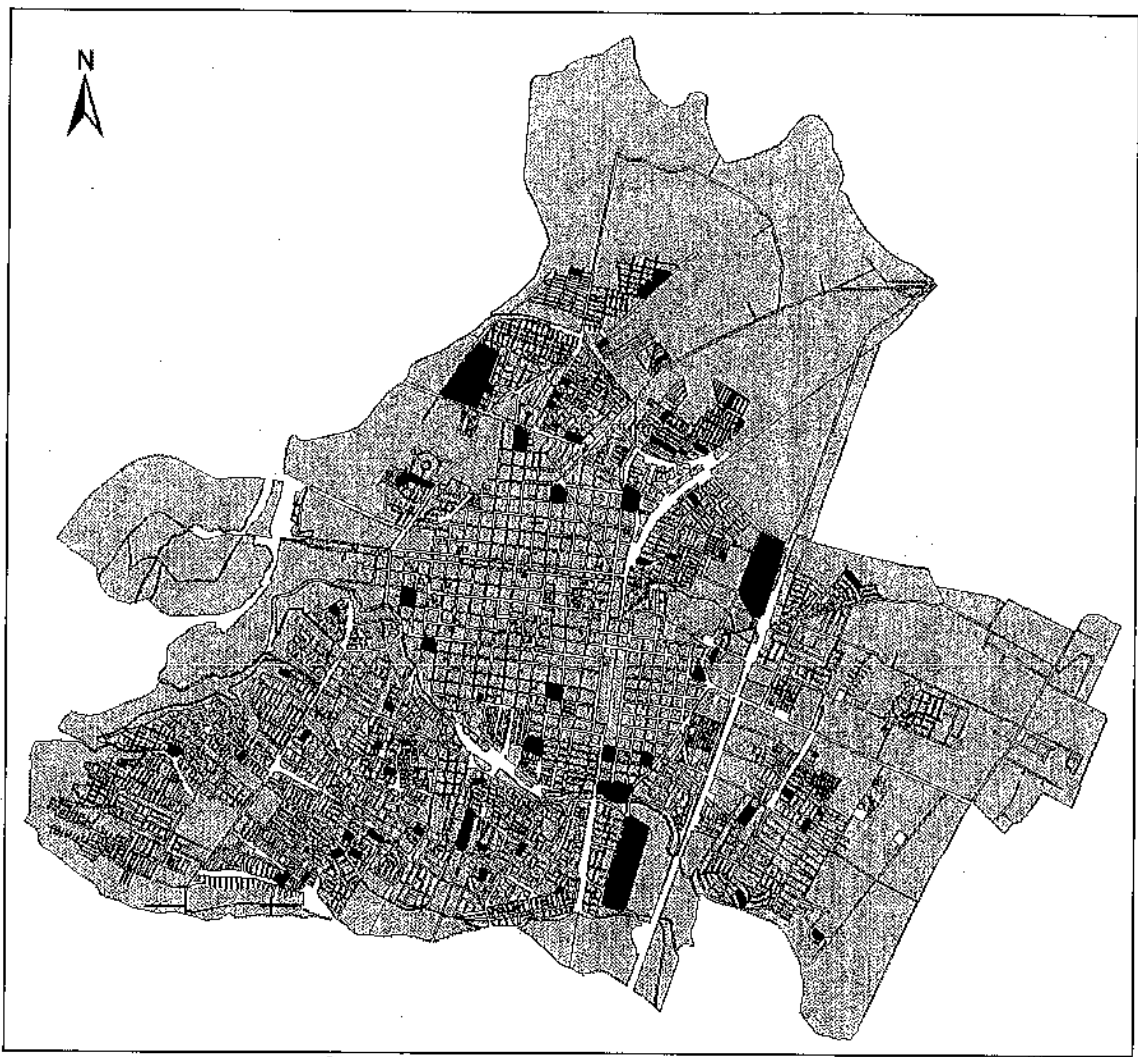


Figura 21. Distribución de muestra seleccionada para aplicación de encuesta de consumo de leña residencial.

Para llevar las cifras a valores del 2006 se proyectó el crecimiento de las viviendas, partiendo como base el año 2002, y las tasas de crecimiento que se observaron en el período intercensal 1992 al 2002. Los factores de crecimiento fueron calculados por la expresión.

$$PCrec = \sqrt[10]{V_{iv}2002 / V_{iv}1992} - 1$$

$$FCrec = (1 + PCrec)^6$$

Donde *PCrec*: Es el porcentaje de crecimiento anual.
FCrec: Es el factor de crecimiento de la población para el año 2006.

Estos factores calculados a nivel de distrito se entregan en la última columna de la tabla anterior, y serán usados en los factores de expansión resultante de la muestra.

Marco Muestral y su Actualización

Marco muestral y su actualización

El marco muestral que se utilizó para este estudio se basa en los antecedentes del último Censo de Población y Viviendas realizado en el año 2002.

Se diseñó un muestreo del tipo probabilístico, bietápico. Cada muestra se selecciona de manera probabilística.

a) Selección de la muestra primaria

La selección de la unidad primaria muestral (UPM) se hizo con probabilidad proporcional al tamaño (PPT), medido en número de viviendas particulares ocupadas con moradores presentes a la fecha del Censo de Población y Viviendas de 2002. Es decir, la manzana i, del estrato h tiene una probabilidad de ser seleccionada de

$$P_{hi} = \frac{M_{hi}}{M_h}$$

donde :

M_{hi} : número de viviendas en la UPM i del Estrato h, según el Censo de 2002.

M_h : número de viviendas en el Estrato h, según el Censo de 2002.

b) Selección de la muestra secundaria

Selección de unidades secundarias.

Para determinar el número de unidades de segunda etapa de muestreo (viviendas) a seleccionar dentro de cada UPM, se considero tomar un máximo de 5 viviendas por manzana.

Factores de Expansión de la Muestra

En teoría el factor de expansión se origina en un diseño de muestra bi-etápico, estratificado y con selección de unidades de primera etapa con probabilidad proporcional al tamaño de cada estrato (viviendas). La expresión algebraica corresponde a:

$$factor_k = \frac{N_k * n_k^*}{E_k * S_l * n_k}$$

En la expresión presentada se observa que el factor depende de:

- Número de viviendas en el estrato, al Censo de 2002.
- N_{kl} : El número de viviendas en la manzana k del estrato l, al Censo de 2002.
- E_{kl} : El número de encuestas tomada en la manzana k, del estrato l.
- S_{kl} : El número de veces que esta seleccionada la manzana k en el estrato l.
- n_{kl}^* : Número de viviendas en el estrato l según proyecciones para el 2006.
- n_{kl} : Número de viviendas en el estrato l según el Censo del 2002.

Se ha considerado la relación

$$FC_{rec_k} = \frac{n_k^*}{n_k}$$

Muestreo realizado.

El diseño original constaba de un total 415 encuestas, con 83 manzanas. De ellas 3 manzanas se excluyeron en la etapa de empadronamiento, totalizando un total de 400 encuestas a realizar. De estas 48 no se pudieron efectuar debido a que los entrevistados se negaron a contestar o no se encontró quien respondiera después de la tercera visita. En el cuadro siguiente se entregan las encuestas que fueron eliminadas del diseño original.

Tabla 27. Encuestas eliminadas del diseño original

	NC
Estadio Fiscal	4
Huilquilemu	4
Estación	1
La Florida	6
Lircay	9
San Miguel	3
Cooperativa	14
Hospital	2
Mirador	
Plaza de Armas	1
Abate Molina	
Cancha Rayada	4
Total general	48

Finalmente, de un diseño original de 415 encuestas se pudieron realizar 352.

Tabla 28. Encuestas obtenidas

	Originales	Obtenidas
Encuestas	415	352

En el siguiente cuadro se entregan los datos censales que definen el marco muestral tomado como base para la realización de la encuestas y se entrega para cada zona censal el número de encuestas que fueron tomadas.

Conversión de unidades.

El consumo de Leña es declarado por los encuestados en diferentes unidades, en la tabla 29, se muestran las unidades consideradas en la encuesta, de estas, la más mencionada es el metro cúbico, que corresponde conceptualmente al metro cúbico estéreo, esta unidad se usara para todo el estudio, por lo que se consideran factores para convertir las otras unidades a metros cúbicos estéreos.

Tabla 29. Factores de conversión de unidades de leña.

	N	%	Factor Conversión.
Metro Cúbico	98	62%	1
Metros	34	22%	0,33
Metro lineal	13	8%	0,33
Otro	6	4%	0,05
Sacos	3	2%	0,06
Carretón Caballo	3	2%	0,6
Kilos	1	1%	0,002
	158	100%	

Aproximación en valores.

En el análisis de los resultados de las encuestas, se aproximarán los valores a la unidad en el caso del consumo total como en los porcentajes. Así hablaremos de un valor de consumo de 24.567 m³, cuando tengamos un valor de 24.567,348 m³ y de 8% cuando el valor sea de un 8,38%.

Usaremos una aproximación de un decimal cuando hablemos de consumo por hogar y de sus desviaciones estándar, así por ejemplo un consumo de 2,48 m³ lo colocaremos en un 2,5 m³

Las aproximaciones anteriores, puede provocar que sumas de totales arrojen diferencias entre el Total y la suma de cada una de sus componentes, debido a las aproximaciones realizadas, en particular es más notorio en la suma de porcentajes, en donde puede ocurrir que el total de un 99% o un 101%, estos corresponde a las aproximaciones que se han realizado.

RESULTADOS

a.- Porcentaje de uso de Leña.

De las 352 encuestas, en 158 declaran que consumen leña, lo que equivale a un 45% de las viviendas, un 4% ha dejado de usar y un 51% nunca ha usado leña.

Tabla 30. Porcentaje de consumo de leña en encuesta.

Consumo de leña	
Si	45%
Dejo	4%
Nunca	51%

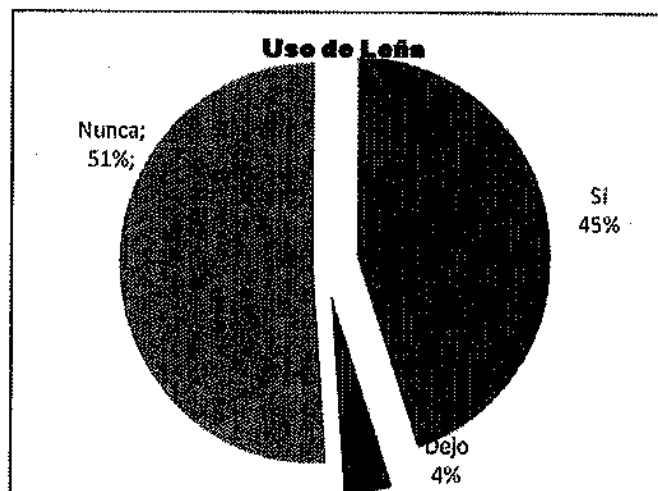


Figura 22. Uso de leña encuesta Talca 2008. AMBIOSIS.

Al cruzar con la variable del nivel socioeconómico se encontró con que, porcentualmente el Nivel Socioeconómico Alto usa en un 73% artefactos a leña, principalmente en calefacción en invierno (resultado que se detallara más adelante), contra un 48% del segmento Bajo y un 37% del Medio. Esta significativa diferencia, es importante, cuando se consideren medidas para la disminución del uso de la leña, ya que el factor de economía por el uso de la leña, no es un factor esencial en el segmento alto.

Tabla 31. Uso de leña por nivel socioeconómico

Nivel Socio económico	Usa	Dejo	Nunca	Total	% Uso
Alto	16		6	22	73%
Medio	83	6	83	172	37%
Bajo	57	8	90	155	48%
Total	156	14	179	349	73%

Obs. En la muestra hay 3 encuestas que no se pudo determinar su NSE, dos que usan leña y uno que nunca a usado.

Consumo de Leña

El promedio de consumo anual de leña obtenido por hogar es de 1,6 M³ para los hogares de la comuna de Talca, la cual aumenta a 3,4 M³, si se consideran los hogares que consumen solo Leña. En el grafico adjunto se muestra la distribución del consumo anual de leña, de los hogares que la consumen, se aprecia que el 80% de los hogares que la consumen, lo hacen en menos de 6,4 M³ al año.

El consumo total de leña estimado al año 2006, para la comuna de Talca es de 118.262 M³.

Tabla 32. Consumo total de leña estimado

Comuna	Hogares que consumen Leña			Total de Hogares			Consumos Total
	Media M ³	D.Est. M ³	N	Media M ³	D.Est. M ³	N	M ³
Talca	3,6	2,7	156	1,6	2,5	352	118.262

⁷ Metros cubicos estereo.

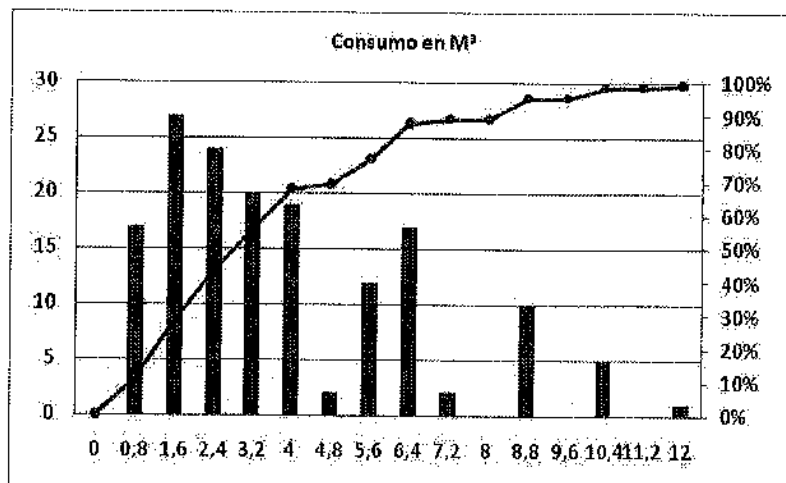


Figura 23. Distribución del consumo anual de leña.

El detalle de consumo de leña por distritos de la comuna de Talca, se entrega en el siguiente cuadro:

Tabla 33. Consumo de leña por distrito.

Distrito	Consumo por Distrito en M3	Consumo promedio por Vivienda en M3	Desv Est. por vivienda en M3	N	VivCenso
Plaza de Armas	428	0,3	0,7	4	1.204
Estación	1.214	1,0	1,5	9	1.421
Cancha Rayada	1.161	0,7	1,6	6	1.840
Hospital	4.221	1,2	2,4	28	3.036
Abate Molina	437	0,3	0,8	10	1.710
Mirador	2.384	0,5	1,1	35	5.326
Cooperativa	17.982	1,8	2,8	66	8.174
Estadio Fiscal	6.351	1,9	2,3	46	3.240
Huilliborgoa	241	1,6	2,4	0	126
Panguilemo	1.442	1,6	2,4	0	766
Huilquilemu	21.447	2,2	2,9	51	5.825
San Miguel	15.067	1,6	3,3	32	6.791
La Florida	20.931	2,2	2,5	19	6.302
Lircay	22.049	1,7	2,5	46	8.121
Palmira	1.131	1,6	2,4	0	564
Oriente	1.776	1,6	2,4	0	890
Promedios		1,6	2,5		55.336
Totales	118.262			352	

Obs. Los totales de consumo en los distritos que no tienen encuestas, fueron calculados usando el consumo promedio por vivienda de los distritos aledaños y multiplicando por el número de viviendas al año 2006.

El consumo anual de leña del distrito k, es medido por.

$$\text{Consumo Distrito } k = \sum_{i=1}^{N_k} C_{ik}$$

Donde: N_k : Número de hogares del distrito k.
 C_{ik} : Consumo anual de leña, del hogar i del distrito k.

Si suponemos que todos los hogares de distrito k, tiene un mismo consumo C_k , o bien que podemos reemplazar C_{ik} por su promedio, entonces nos queda que el consumo anual del distrito k, será.

$$\text{Consumo Distrito } k = \sum_{i=1}^{N_k} C_{ik} = \sum_{i=1}^{N_k} C_k = N_k C_k$$

Esta ecuación, nos pone en evidencia que el consumo del distrito, tienen dos componentes.

N_k : El tamaño del distrito.
 C_{ik} : El consumo por hogar.

En la tabla anterior, queda en evidencia esta relación, ya que hay distritos cuyo consumo promedio por hogar son muy diferentes, tal es el caso de Abate Molina o Plaza de armas, con un consumo promedio de 0,3 M3, mientras que Hualquilemu tiene un consumo promedio de 2,2 M3. Es decir un consumo mayor en 7 veces al de los anteriores. En estos casos la gran diferencia, no solo es producto del mayor tamaño del distrito, sino que también por el mayor consumo en el distrito.

En el caso de tomar medidas es necesario hacerse la siguiente pregunta, ¿Que hace que existen tales diferencias?.

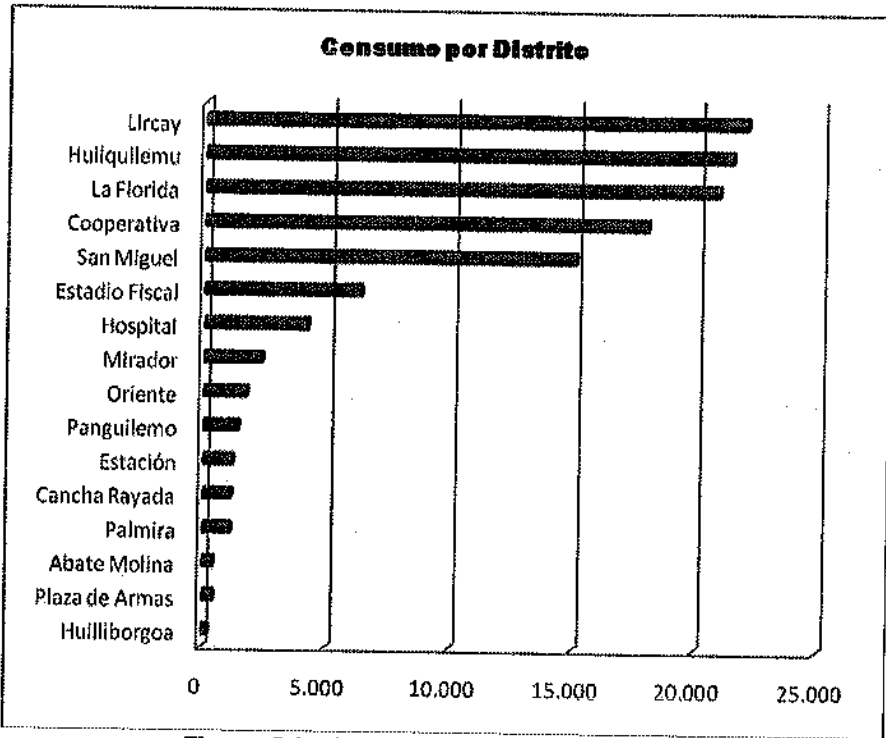


Figura 24. Consumo de Leña por distrito.

Tabla 34. Resumen Global.

C.Distrito	Distrito	Consumo	Media	D.Est.	N	L.Inf	L.Sup.	C.Inf	C.Sup
710101	Plaza de Armas	428	0,3	0,7	4	-0,7	1,4	-934	1.790
710102	Estación	1.214	1,0	1,5	9	-0,1	2,1	-179	2.606
710103	Cancha Rayada	1.161	0,7	1,6	6	-1,0	2,4	-1.824	4.147
710104	Hospital	4.221	1,2	2,4	28	0,2	2,1	849	7.592
710105	Abate Molina	437	0,3	0,8	10	-0,3	0,9	-552	1.426
710106	Mirador	2.384	0,5	1,1	35	0,1	0,8	517	4.250
710107	Cooperativa	17.982	1,8	2,8	66	1,1	2,5	11.162	24.801
710108	Estadio Fiscal	6.351	1,9	2,3	46	1,2	2,6	4.009	8.693
710109	Huilliborgoa	241			0	-4,4	7,6	-646	1.119
710110	Panguilemo	1.442			0	-4,4	7,6	-3.868	6.705
710111	Huilquilemu	21.447	2,2	2,9	51	1,4	3,0	13.581	29.314
710112	San Miguel	15.067	1,6	3,3	32	0,4	2,8	4.085	26.049
710113	La Florida	20.931	2,2	2,5	19	1,0	3,4	9.743	32.118
710114	Lircay	22.049	1,7	2,5	46	1,0	2,4	12.601	31.497
710115	Palmira	1.131			0	-4,4	7,6	-3.033	5.257
710116	Oriente	1.776			0	-4,4	7,6	-4.762	8.256
7101	Total	118.262	1,6	2,5	352	-13,2	56,7	40.751	195.622

Se pone en evidencia que si bien es cierto que se ha entregado un valor de consumo anual de leña para la comuna de Talca de 118.262 M3, el verdadero valor de este consumo está entre 40.751 y 195.622 M3, con un 95% de probabilidad. La aseveración anterior, dado el tamaño de la muestra, y el diseño muestral tiene un error de un 15%.

Actividades en que se usa leña en meses Fríos y Calor

El uso que las personas le dan a la leña se tipifico en Calefaccionar, Cocinar o Calentar agua.

Del total de encuestados que declaran usar leña, (158 hogares), se tiene: El principal uso que se la da a la leña es de calefaccionar. 155 encuestados usan leña sólo para Calefaccionar, 14 para Cocinar y 7 para Calentar Agua.

En los meses de calor solo 3 de los 158 que tienen y usan artefactos a leña, lo usan solo para cocinar.

Tabla 35. Uso de leña en meses fríos y de calor

	Calefaccionar	Cocinar	Calentar agua
Uso de leña meses Fríos	155	14	7
%	98%	9%	4%
Uso de leña meses Calor		3	
%		2%	

Las porcentajes suman más de 100%, debido a que usan conjuntamente la calefacción con cocinar.

Uso de artefactos a leña.

Tabla 36. Consumo de leña por tipo de artefacto

Tipo de Artefacto	Cocinar	Calefacción	Calentar	Consumo M3
Cocina a Leña	14	12	3	15.715
Salamandra	1	25	1	16.757
Combustión Lenta	0	99	0	82.708
Chimenea tradicional	0	11	0	2.972
Otro	1	1	1	100
Totales	16	148	5	118.262

Que usa para encender la leña.

A los encuestados se les entrego como opción para responder a la pregunta de que usan para encender la leña. Los resultados son:

Tabla 37. Elemento utilizado para encender

Usa para encender	1 Mención	2 Mención	Total	% Resp.
1. Cera o parafina	10	0	10	4%
2. Astillas	81	3	84	36%
3. Papel	56	64	120	51%
4. Otro	11	9	20	9%
Totales	158	76	234	100%

Si bien es cierto que como primera opción usan mayoritariamente astillas, es mencionada como segunda opción el papel por lo tanto, se puede concluir al sumar las respuestas de primera y segunda opción que el papel es el mayoritariamente usado para encender la leña con un 51 % de la respuestas.

Otro combustible para quemar.

Se consulto a los encuestados que usan para quemar además de leña, ellos mencionaron usar briqueta, residuos y restos de leña, en un 9%, un 91 % menciona usar sólo la leña para quemar.

Tabla 38. Otro combustible usado para quemar

Usa También	%
Briquetas	6%
Residuos (basura tal como: pañales, plásticos, bolsas, envases de alimento, etc.)	2%
Restos de leña con pintura	1%
Siempre usa sólo leña	91%

Como otros combustibles mencionaron, pero solo con una frecuencia de baja:

Tabla 39. Otros combustibles mencionados

Briquetas
Bolsa
Pastillas Incineradoras
Astillas de aserradero
Carbón
Cartón
Tapas de bebidas
Velas
Nailon

Uso del Tiraje.

Frente a la pregunta: Una vez que ha encendido, mantiene el tiraje: completamente abierto, a la mitad o cerrado?, las respuestas fueron:

Tabla 40. Uso de tiraje de artefacto

Uso Tiraje	N	%
Abierto	15	10%
Mitad	95	63%
Cerrado	42	28%
Total	152	100%

Llenado de la cámara:

Una vez que se ha encendido, llena completamente de leña la cámara

Tabla 41. Llenado de artefacto con leña.

Llena de leña	N	%
Si	21	13%
No	137	87%
Total	158	100%

Diámetros de los leños usados

El diámetro promedio de los leños usados fue de 14 cms, el más mencionado fue 10 cms, los estadísticos descriptivos se entregan en la siguiente tabla junto con el grafico de la distribución de los leños obtenidos.

Tabla 42. Diámetros de leños utilizados

Estadístico	Valor
Máximo cms.	35
Mínimo cms.	5
Moda cms.	10
Hogares	157
Promedio cms.	14
Desv.Est. cms.	5,7

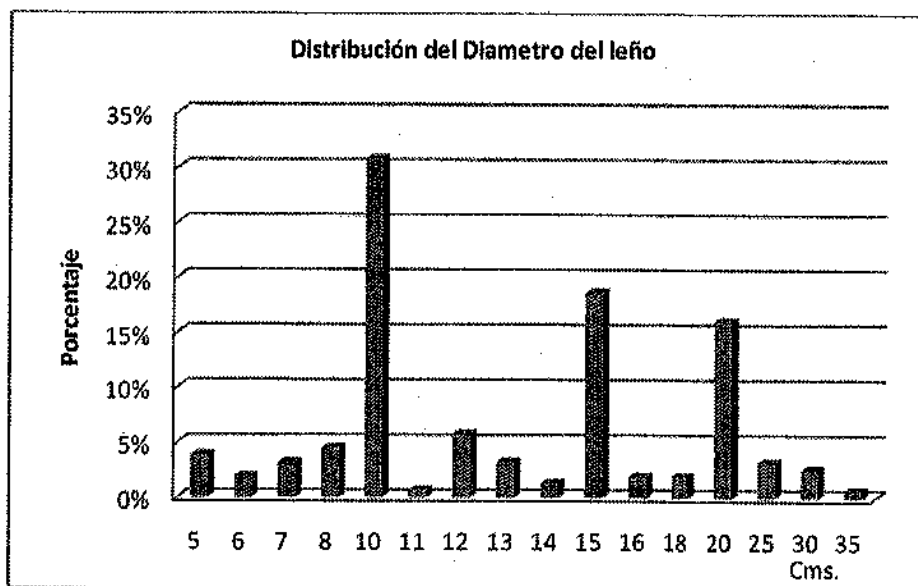
**Figura 25. Distribución de los diámetros de los leños****AMBIOSIS S.A.**

Tabla 43. Distribución del diámetro de la leña usada.

Diámetro Cms.	Frecuencia	Frec. Relat.
5	6	4%
6	3	2%
7	5	3%
8	7	4%
10	48	31%
11	1	1%
12	9	6%
13	5	3%
14	2	1%
15	30	19%
16	3	2%
18	3	2%
20	25	16%
25	5	3%
30	4	3%
35	1	1%
	242	100%

Encendido en la mañana.

Frente a la pregunta, ¿En la mañana enciende fácil y rápidamente pues quedan brazas de la noche anterior?:

Tabla 44. Encendido en la mañana

	N	%
Si	47	30%
No	111	70%
Total	158	100%

Funciona en la Noche.

Frente a la pregunta ¿Deja funcionando durante la noche?. Las respuestas fueron.

Tabla 45. Funcionamiento durante la noche

	N	%
Si	50	32%
No	108	68%
Total	158	100%

Tiraje al mínimo en la Noche.

Frente a la pregunta. ¿Al retirarse a dormir cierra el tiraje al mínimo?. Las respuestas fueron.

Tabla 46. Tiraje al mínimo en la noche

	N	%
Si	103	65%
No	55	35%
Total	158	100%

Tipo de leña usada.

El Eucaliptus es el tipo de leña mas usada con un 65% de las menciones, sigue en importancia el Hualle/Roble con un 14%. La tabla siguiente muestra la distribución para los otros tipos de leñas usadas.

Tabla 47. Tipo de leña utilizada

	N	%
Hualle/Roble	22	14%
Espino	6	4%
Pino	8	5%
Eucaliptus	103	65%
Aromo	5	3%
Desechos Industriales (aserrín, tapas, despuntes)	4	3%
Desechos Forestales (ramas, troncos muertos)	6	4%
No sabe.	1	1%
Otro. Especifique	3	2%
	158	100%

Con que frecuencia se compra la leña.

Tabla 48. Frecuencia de compra de leña

Frecuencia de compra	Frec	%
Semanal	50	32%
Mensual	16	10%
2 veces al año	26	17%
1 vez al año	59	38%
Otra. Esp.	6	4%
No responde	1	0%
Total	158	100%

Humedad de la leña.

¿Cuál es el estado de Humedad de la leña cuando la obtiene?

Tabla 49. Humedad de la leña al obtenerla

	Frec	%
Seca	139	89%
Semi Húmeda	12	8%
Húmeda	5	3%
No Sabe	1	0%
No responde	1	0%
	158	100%

Dejan secar la leña antes de usar

Tabla 50. Deja secar la leña antes de usarla

Respuesta	Frecuencia	Frec. Rel.
Si	48	32%
No	104	68%
Total	152	100%

En la tabla anterior hay 6 encuestados que no responden la pregunta.

Cómo almacenan la leña comprada?

Tabla 51. Como almacena la leña

Respuesta	Frecuencia	Frec. Rel.
En bodega bajo techo	134	85%
Al aire libre	9	6%
Al aire libre, pero cubierta	12	8%
Picada	3	2%
Total	158	100%

Tiempo de Secado de la leña.

De las personas que dicen secar la leña, los tiempos de secado que contestaron fueron.

Tabla 52. Tiempo de secado.

Meses	Frecuencia	%
1	5	11%
2	10	22%
3	2	4%
4	7	16%
5	4	9%
6	9	20%
7	4	9%
8	3	7%
12	1	2%
	45	100%

Como usan la leña.

Se realizo la pregunta. ¿Cómo usa la leña?, las respuestas fueron:

Tabla 53. Como usa la leña

Meses	Frecuencia	%
Seca	146	91%
Húmeda	4	3%
Semi.Hum	10	6%
	160	100%

Reconocimiento de la leña seca

Tabla 54. Reconocimiento de leña seca

Meses	Frecuencia	%
Liviana	137	72%
Calor	34	18%
Se Informa cuando la obtiene	9	5%
Todas	11	6%
	191	

¿Cómo la almacena?

Tabla 55. Almacenamiento de la leña

Como almacena	%
En bodega bajo techo	87%
Al aire libre	5%
Al aire libre, pero cubierta (plástico, lona u otro)	7%
Picada	0%

Distribución de uso del total de leña consumido durante el año.

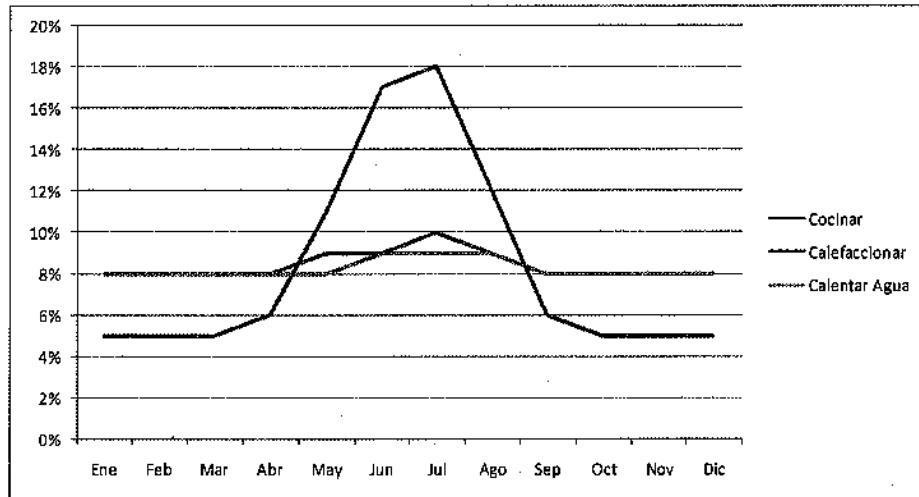


Figura 26. Perfil de consumo de leña durante el año

Del total de leña consumida, se observa que para calefaccionar aumenta en los meses de Mayo a Agosto, alcanzando un 18% del total del consumo del año en el mes de Julio. La línea roja muestra la distribución del consumo de calefacción, la verde de calentar agua y la celeste de cocinar. En estas dos últimas, prácticamente no hay variación en el consumo de leña, durante el año.

Tabla 56. Tabla de distribución de uso de leña.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cocinar	8%	8%	8%	8%	9%	9%	10%	9%	8%	8%	8%	8%
Calefaccionar	5%	5%	5%	6%	11%	17%	18%	12%	6%	5%	5%	5%
Calentar Agua	8%	8%	8%	8%	8%	9%	9%	9%	8%	8%	8%	8%

Factores de emisión

A continuación se entregan los factores de emisión a utilizar para cada tipo de artefacto, agrupados según muestra la siguiente tabla. Los factores de emisión presentados serán considerados para los artefactos operados con leña seca, leña semi-húmeda y leña húmeda. La leña es considerada como seca con un contenido de humedad máximo (en base húmeda) de un 20%.

Tabla 57. Factores de emisión base asignados a cada artefacto (g/kg).

Artefacto	Contaminante	Humedad (Base Húmeda)		
		0-20 (Típica)	20-30	30-40
Cocina a leña	MP	(a) 20,0	32,3	94,1
	MP10	(a) 19,2	30,9	90,1
	MP2,5	(a) 18,6	30,1	87,6
	CO	126,3	401,0	1.139,7
	NOX	1,3	1,3	1,3
	COV	114,5	363,5	1.033,2
	SOX	0,2	0,2	0,2
	NH3	1,1	1,1	1,1
Combustión lenta	MP	16,0	25,8	75,1
	MP10	15,3	24,7	72,0
	MP2,5	14,9	24,0	69,9
	CO	115,4	366,4	1.041,3
	NOX	1,4	1,4	1,4
	COV	26,5	84,1	239,1
	SOX	0,2	0,2	0,2
	NH3	1,1	1,1	1,1
Salamandra / Chimenea tradicional / Estufa / Brasero / Horno barro o ladrillo / Otro	MP	17,3	27,9	81,4
	MP10	16,6	26,8	78,0
	MP2,5	16,1	26,0	75,8
	CO	126,3	401,0	1.139,7
	NOX	1,3	1,3	1,3
	COV	114,5	363,5	1.033,2
	SOX	0,2	0,2	0,2
	NH3	1,1	1,1	1,1

(a) FE Estudio de Universidad de Concepción.

Para la estimación de emisiones no fue considerada la mala operación, esto como resultado de ajustes en la estimación de emisiones para esta fuente en el proceso de modelación de la dispersión de contaminantes.

Niveles de Actividad

Los consumos se dividieron según la humedad de la leña que declararon usar los encuestados.

Los niveles de actividad están dados por los resultados obtenidos en la encuesta de consumo de leña realizada en la ciudad de Talca.

Tabla 58. Consumos de leña por humedad y tipo de operación (2006).

Tipo Artefacto	Consumo (Toneladas)	Consumo distribuido según porcentaje de humedad de la leña (Toneladas)		
		0-20 (%)	21-30 (%)	31-40 (%)
Cocina a leña	8.486	7.722	509	255
Combustión lenta-calefactor a leña	44.662	40.642	2.680	1.340
Salamandra	9.049	8.234	543	271
Chimenea tradicional	1.605	1.460	96	48
Otro	18	16	1	1
Total	63.820	58.074	3.829	1.915

Fuente: Encuesta AMBIOSIS 2008.

Las siguientes figuras muestran los perfiles de las emisiones producto de la combustión residencial, estos perfiles corresponden a los de consumo de leña.

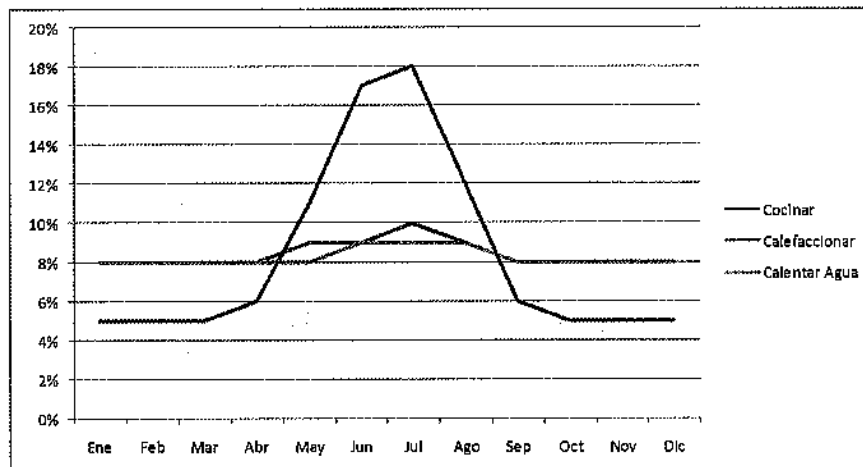


Figura 27. Perfil de consumo de leña durante el año

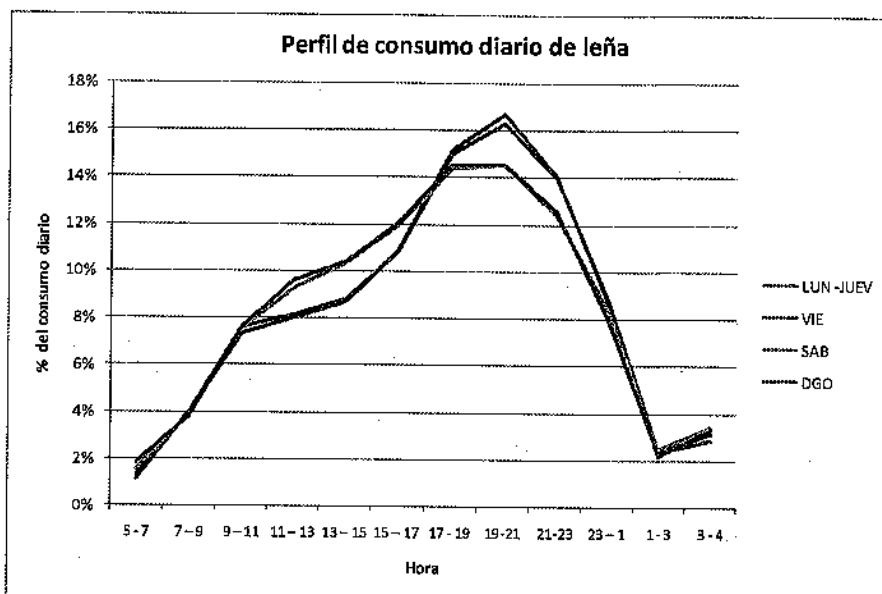


Figura 28. Perfil de consumo de leña horario por día de la semana.

Cálculo de emisiones

Las emisiones estimadas para la ciudad de Talca según la metodología descrita y los consumos estimados a partir de la encuesta de consumo de leña realizada se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 59. Emisiones totales ciudad de Talca (ton/año), distribuidas según rangos de humedad.

	Humedad (%)			TOTAL
	0-20 (Típica)	21-30	31-40	
MP10	931	99	144	1.174
MP2,5	905	96	140	1.141
CO	6.892	1.443	2.050	10.385
NOX	80	5	3	87
COV	3.073	643	914	4.631
SOX	10	1	0	11
NH3	63	4	2	69

Nota: Estas estimaciones corresponden a la zona urbana de la comuna.

Tabla 60. Emisiones totales por tipo de artefacto (ton/año).

Contam	Cocina a leña	Comb lenta sin templador	Comb lenta con templador	Salamandra	Chimenea tradicional	Otro.	Total
MP10	187	784	0	172	31	0	1.174
MP2,5	181	762	0	167	30	0	1.141
CO	1.470	7.067	0	1.567	278	3	10.385
NOX	11	63	0	12	2	0	87
COV	1.332	1.623	0	1.421	252	3	4.631
SOX	2	8	0	2	0	0	11
NH3	9	49	0	10	2	0	69

Nota: Estas estimaciones corresponden a la zona urbana de la comuna.

Adicionalmente se reporta, para las comunas dentro del área de estudio, las emisiones producto de combustión residencial de leña y las emisiones correspondientes a la zona rural de la comuna de Talca. Esta información fue obtenida de las estimaciones realizadas para el SINCA a nivel nacional.

Tabla 61. Emisiones resto de comunas del área de estudio (ton/año).

COMUNA	MP10	MP2,5	NOx	CO	COV	SOx
MAULE	1.927,3	1.889,5	176,4	14.536,6	3.338,1	25,2
PELARCO	14,5	14,2	1,3	109,3	25,1	0,2
PENCAHUE	71,1	69,7	6,5	536,0	123,1	0,9
SAGRADA FAMILIA	25,4	24,9	2,3	191,4	44,0	0,3
SAN CLEMENTE	7,2	7,0	0,7	54,1	12,4	0,1
SAN JAVIER	45,4	44,5	4,2	342,5	78,7	0,6
VILLA ALEGRE	502,2	492,4	46,0	3.788,0	869,9	6,6
YERBAS BUENAS	84,6	83,0	7,7	638,5	146,6	1,1
SAN RAFAEL	257,0	252,0	23,5	1.938,5	445,2	3,4

Total	2.934,7	2.877,2	268,5	22.134,9	5.083,0	38,4
--------------	----------------	----------------	--------------	-----------------	----------------	-------------

Nota: Considera el área rural y urbana dentro del área de estudio.

Tabla 62. Emisiones zona rural comuna de Talca (ton/año).

Comuna	MP10	MP25	NOX	CO	COV	SOX
Talca	221	217	20	1669	383	3

EVAPORATIVAS RESIDENCIAL

Solventes de Uso Doméstico

Metodología y factores de emisión

La metodología de estimación para el uso de solventes residenciales se basa en los resultados de la Encuesta de Presupuestos Familiares que realiza el INE cada 10 años. La última encuesta, se efectuó durante los años 1996 y 1997, cuyos resultados se entregaron al público a fines del año 1999.

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

- 4632: Líquidos para limpiar y desmanchadores.
- 4633: Cera para pisos.
- 4634: Desodorantes ambientales.
- 4635: Insecticidas, fumigantes y desinfectantes.
- 9131: Cosméticos.
- 9153: Perfume, colonia y lociones.
- 9154: Desodorante.
- 9155: Otros del grupo 915, como champú, perfume, desodorante y otros.

Los productos bajo los códigos 9131 (cosméticos) y 9153 (perfume, colonia y lociones) se eliminaron del estudio, porque de acuerdo con el documento de la EPA⁸, tienen un bajo porcentaje de compuestos orgánicos fotorreactivos. También se eliminó del estudio el grupo 9155 (otros compuestos) por desconocerse la naturaleza de estos productos.

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

Los factores presentados en la Tabla 63 fueron obtenidos del documento de la EPA que especifica las emisiones de solventes de uso doméstico y comercial.

⁸ "Compilation and Speciation of National Emission Factors for Consumer/Commercial Solvent Use: Information Compiled to Support Urban Air Toxics Assessment Studies", USA EPA, Abril 1989.

Tabla 63. Factores de Emisión para Solventes de Uso Doméstico

Producto	Factor [%/p COV]		
	Promedio	Mín	Máx
4632: Líquidos para limpiar y desmanchadores ¹	9,1	1,0	42,0
4633: cera para pisos	35,2	2,0	96,0
4634: desodorantes ambientales	67,3	35,5	95,0
4635: insecticidas, fumigantes y desinfectantes ²	71,4	10,8	100,0
9154: desodorante	66,4	43,8	79,5

Fuente: USA-EPA

1: equivalente a "all purpose cleaners summary". 2: se unieron dos categorías: "insect sprays summary" y "herbicidas y fungicidas".

Niveles de Actividad

Para el cálculo del nivel de actividad se utiliza un consumo per cápita, obtenido de información de consumo obtenidos para la Región Metropolitana. Por tanto para obtener el consumo para la zona en estudio, se multiplica este consumo per cápita por la población proyectada por el INE para el año 2006.

Los del consumo estimado de solventes se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 64. Consumo Solventes de Uso Doméstico en comunas de la zona de estudio (ton/año) 2006

Comuna	Limpiador y desmanchadores	Cera para Pisos	Desodorante Ambiental	Insecticidas, Fumigantes y Desinfectantes	Desod. General
TALCA	3,31	137,55	1,88	4,38	8,16
MAULE	0,28	11,78	0,16	0,37	0,70
PELARCO	0,10	4,32	0,06	0,14	0,26
PENCAHUE	0,13	5,34	0,07	0,17	0,32
SAN CLEMENTE	0,56	23,36	0,32	0,74	1,39
SAN RAFAEL	0,12	4,89	0,07	0,16	0,29
SAGRADA FAMILIA	0,27	11,05	0,15	0,35	0,66
SAN JAVIER	0,58	24,03	0,33	0,77	1,43
VILLA ALEGRE	0,22	8,93	0,12	0,28	0,53
YERBAS BUENAS	0,25	10,17	0,14	0,32	0,60
TOTAL ZONA DE ESTUDIO	5,82	241,42	3,29	7,69	14,32

Estimación de emisiones

La siguiente tabla entrega las emisiones estimadas para uso de solventes domésticos en el área de estudio.

Tabla 65. Emisiones de COV por uso de solventes de uso doméstico zona de estudio (ton/año) 2006

Comuna	Emisiones
MAULE	4,82
PELARCO	0,11
PENCAHUE	1,51
SAGRADA FAMILIA	0,77
SAN CLEMENTE	0,11
SAN JAVIER	6,71
TALCA	58,51
VILLA ALEGRE	2,84
YERBAS BUENAS	1,19
SAN RAFAEL	1,61
TOTAL ZONA DE ESTUDIO	78,18

Aplicación de pinturas

Metodología y factores de emisión

Las emisiones de COV provenientes de la aplicación de pinturas se han desagregado en tres sectores dependiendo del tipo de pintura y de su utilización, de la forma como se indica a continuación:

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

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

Así, la metodología general de estimación de emisiones provenientes de la aplicación de pinturas se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = C * FE$$

Ecuación 4

Donde,

- E : emisiones anuales de COV [ton/año]
 C : consumo de pintura anual [ton/año]

FE : factor de emisión de COV [ton/ton]

El consumo de pintura, ya sea residencial, comercial o industrial en la región, se multiplica por factores de emisión que dan cuenta del porcentaje de COV utilizado en la formulación de los productos.

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

Tabla 66. Factores de Emisión para Pinturas

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

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

b: se utilizó una densidad de 0.77 kg/lt. Este valor corresponde a TOG⁹.

Niveles de Actividad

En general, el proceso de cálculo de emisiones requiere la cuantificación del consumo de pinturas desagregadas en base acuosa, en base a solventes y en el uso de diluyentes o adelgazantes que se requieren para la aplicación de pinturas en base a solventes. Esta información no se encuentra detallada a nivel regional por lo que los valores obtenidos a nivel nacional de ventas físicas de pinturas durante el año en estudio, se ponderan por un factor que se asume representativo de la actividad económica en la región el cual es calculado en base al PIB registrado en el año y región en cuestión.

La información de importación y exportación de pinturas a nivel nacional es obtenida de reportes de Aduana, las de ventas internas son obtenidas a partir de Antecedentes INE Anuario Ventas Físicas 2000-2003, y proyección Dictuc realizada en el estudio "Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana" realizado en el año 2007.

En la siguiente tabla se muestran los valores anuales para el uso de pintura arquitectónica en la zona de estudio obtenidos al asignar un consumo comunal ponderado por número de habitantes. Respecto al consumo de pintura asociado a talleres de auto, no se estimó esta fuente ya que se requieren mayores antecedentes para poder desarrollar la estimación de emisiones.

⁹ Total Organic Gases

Tabla 67: Aplicación de Pintura en Zona de estudio.

Comuna	Consumo (ton/año)		
	Base Agua	Base Solvente	Diluyente
MAULE	40,31	23,05	2,77
PELARCO	0,94	0,54	0,06
PENCAHUE	12,65	7,23	0,87
SAGRADA FAMILIA	6,44	3,68	0,44
SAN CLEMENTE	0,90	0,52	0,06
SAN JAVIER	56,10	32,08	3,85
TALCA	489,28	279,78	33,57
VILLA ALEGRE	23,76	13,58	1,63
YERBAS BUENAS	9,92	5,67	0,68
SAN RAFAEL	13,42	7,67	0,92
TOTAL ZONA ESTUDIO	653,73	373,81	44,86

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Aduana.

Cálculo de emisiones

Con la metodología descrita anteriormente y los niveles de actividad, se estiman las emisiones para la zona de estudio, que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 68: Emisiones por aplicación de pintura en Zona de estudio (ton/año)

Comuna	Base Agua	Base Solvente	Diluyente
MAULE	2,12	7,92	2,76
PELARCO	0,05	0,19	0,06
PENCAHUE	0,66	2,49	0,86
SAGRADA FAMILIA	0,34	1,27	0,44
SAN CLEMENTE	0,05	0,18	0,06
SAN JAVIER	2,95	11,02	3,83
TALCA	25,69	96,14	33,44
VILLA ALEGRE	1,25	4,67	1,62
YERBAS BUENAS	0,52	1,95	0,68
SAN RAFAEL	0,70	2,64	0,92
TOTAL ZONA ESTUDIO	34,32	128,45	44,68

Aplicación de adhesivos

Al igual que para el caso de la aplicación de pinturas, esta fuente requiere ser separada en dos tipos, desde el punto de vista de su formulación química: adhesivos en base solvente y adhesivos en base acuosa.

La ecuación de cálculo de emisiones está representada por la siguiente ecuación:

$$E = V_s * FE_s + V_a * FE_a \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde,

- E : emisiones de COV producto de la aplicación de adhesivos (ton/año)
 V_s : venta de adhesivo base solvente (ton/año).
 FE_s : factor de emisión del adhesivo base solvente (ton COV/ton de adhesivos)
 V_a : venta de solvente base acuosa (ton/año).
 FE_a : factor de emisión base acuosa (ton COV/ton de adhesivos)

En cuanto a los factores de emisión, el equipo consultor ha efectuado una revisión de estos factores con el propósito de actualizarlos, ya que hoy en día existen adhesivos en base agua que por su formulación no emiten emisiones de COV. Además se han considerado nuevos estudios internacionales asociados a la generación de factores de emisión de esta fuente, por otro lado estos valores han quedado oficialmente publicados en el estudio "Diseño y Evaluación de Nuevas Medidas para Otras Fuentes en el Marco de la Actualización del Plan de Prevención y Descontaminación para la Región Metropolitana de Santiago", AMBIOSIS 2007; los valores actualizados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 69. Factores de emisión para uso de adhesivos

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

Fuente: CARB.

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

Niveles de Actividad

Como ya se mencionó, el proceso de cálculo de emisiones requiere la cuantificación del consumo de adhesivo desagregadas en base acuosa y en base a solventes; esta información no se encuentra detallada a nivel regional por lo que los valores obtenidos a nivel nacional de ventas físicas de adhesivos durante el año en estudio, se ponderan por un factor que se asume representativo de la actividad económica en la región el cual es calculado en base al PIB registrado en el año y región en cuestión, al igual que para determinar el nivel de actividad de aplicación de pinturas.

Tabla 70: Consumo de Adhesivo (Ton/año) Zona de estudio 2006.

Comuna	Consumo por comuna (ton)	
	Base Agua	Base Solvente
MAULE	106,70	57,45
PELARCO	2,50	1,35
PENCAHUE	33,48	18,03
SAGRADA FAMILIA	17,04	9,18
SAN CLEMENTE	2,39	1,29
SAN JAVIER	148,47	79,95
TALCA	1.295,03	697,32
VILLA ALEGRE	62,88	33,86
YERBAS BUENAS	26,26	14,14
SAN RAFAEL	35,52	19,13
TOTAL ZONA ESTUDIO	1.730,27	1.863,37

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Aduana.

Cálculo de Emisiones

Mediante la aplicación de la metodología para el cálculo de emisiones, se estimaron los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 71: Emisiones de COV (ton/año) por comuna, Zona de estudio 2006

Comuna	Base Solvente
MAULE	24,76
PELARCO	0,58
PENCAHUE	7,77
SAGRADA FAMILIA	3,95
SAN CLEMENTE	0,55
SAN JAVIER	34,45
TALCA	300,48
VILLA ALEGRE	14,59
YERBAS BUENAS	6,09
SAN RAFAEL	8,24
TOTAL ZONA ESTUDIO	401,46

4.4. FUENTES EMISORAS DE NH3

El NH3 constituye unos de los precursores más importantes de material particulado secundario. Una vez que este contaminante se encuentra en la atmósfera por la interacción química en el aire se generan partículas de amonio.

Se consideran las siguientes fuentes emisoras de amoniaco:

- Emisiones Residenciales, que incluye las emisiones provenientes de actividades y desechos de seres humanos y las emisiones de desechos generados por animales domésticos.
- Plantas de tratamiento de aguas servidas

Metodología del cálculo de emisiones

Las emisiones provenientes de seres humanos y animales, se calculan a través de factores de emisión asociados a las actividades que generan emisiones de este contaminante.

$$E = NA * FE$$

Ecuación 6

Donde:

E : Emisiones anuales de NH3 [ton/año].

FE : Factor de emisión [g NH3/per/año]

NA : Población animales domésticos, Población Humana

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

$$E = NA * FE$$

Ecuación 7

Donde:

E : Emisiones anuales de NH3 [ton/año].

FE : Factor de emisión [mg/lt]

NA : Tratamiento de la planta (lt/hr)

Los factores de emisión utilizados son los proporcionados por el estudio "Development of the Ammonia Emission Inventory for the Southern California Air Quality Study", desarrollado por RADIANT, en Septiembre de 1991 y por "Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report", desarrollado por la EPA en agosto de 1994.

Tabla 72. Factores de emisión para fuentes de NH3

FACTORES DE EMISION			
RESIDENCIALES	Fuentes Emisoras de NH3 por persona		Unidades
	Respiración humana	1,59	g NH3/per/año
	Transpiración humana	249,48	g NH3/per/año
	Caseras	22,68	g NH3/per/año
	Residuos sólidos y líquidos niños < 3 años		
	Con pañal de género 1	3126,84	g NH3/niño año
	Con pañal desechable	163,296	g NH3/niño año
	Residuos de adultos		
	Personas	22,68	g NH3/persona al año
	Animales Domésticos		
	Perros	2.49	g NH3/animal
Gatos	0.81	g NH3/animal	
PLANTAS DE TRATAMIENTO ¹⁰	Plantas de Tratamiento	3,33	mg/lt

Nivel de Actividad

En el caso de las fuentes emisoras de NH₃ por persona; residuos sólidos y líquidos de niños y residuos de adultos, se trabajó con la estadística de población para el año 2006 proporcionada por el INE

Para estimar el número de animales domésticos, se asume lo siguiente:

- La estimación poblacional de las comunas de la zona de estudio para el año 2006, corresponde a 399.596 personas¹¹.
- Existe una proporción de 122 perros por cada 1000 personas y una a proporción de 83 gatos por cada 1000 personas¹².

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

Por otro lado, se asume que los niños que provienen de familias indigentes utilizarían pañales de género, este valor se obtuvo con los resultados de la encuesta CASEN 2006 para las comunas de la VII región. El porcentaje reportado de pobreza en cada una de las comunas de la zona de estudio se muestra en la siguiente tabla.

¹⁰ Se supone que en promedio una persona en la RM utiliza 11.42 lts/hr de agua. Ref. (SISS)

¹¹ Si bien para el cálculo de emisiones se utilizó la población correspondiente al total de las comunas del área de estudio, las emisiones reportadas y utilizadas para la modelación corresponden solamente a aquellas que intersectan el área de influencia.

¹² Fuente: Programa de Inventarios de Emisiones de Mexico, Volumen V

Tabla 73. Porcentajes de pobreza e indigencia por comuna en zona de estudio.

COMUNA	Indigencia	Pobreza no indigente	Total pobreza	No pobres
TALCA	3,0%	13,7%	16,7%	83,3%
MAULE	2,6%	14,3%	16,8%	83,2%
PELARCO	2,8%	12,1%	14,9%	85,1%
PENCAHUE	0,8%	10,8%	11,6%	88,4%
SAN CLEMENTE	3,2%	14,2%	17,4%	82,6%
SAN RAFAEL	3,7%	12,3%	16,0%	84,0%
SAGRADA FAMILIA	2,7%	11,2%	13,9%	86,1%
SAN JAVIER	4,9%	19,3%	24,2%	75,8%
VILLA ALEGRE	2,3%	16,0%	18,3%	81,7%
YERBAS BUENAS	8,3%	14,7%	22,9%	77,1%

Fuentes: Encuesta CASEN 2006, MIDEPLAN.

Para la fuente, Plantas de Tratamiento, se utiliza información proporcionada por la SISS en el "Informe anual de cobertura de servicios sanitarios 2006" específicamente sobre cobertura de tratamiento de aguas servidas.

Al 31 de Diciembre de 2006, el 95% de la población de la VII región estaba cubierto por un sistema de alcantarillado y de este total el 87.6% contaba con un sistema de tratamiento de sus aguas servidas.

Tabla 74. Niveles de actividad VII región.

Año 2006	
Población	365.321
Niños < 3 años	17.825
Adultos	347.496
Pob. Con tratamiento	240.374
Pob. Sin tratamiento	124.974
Niños con pañal desechable	17.235
Niños con pañal	592
Perros	48.751
Gatos	33.166

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75. Niveles de Actividad por comuna, año 2006

Comunas	Población Total	Niños < 3 años	Pob Adultos	Pob. Con tratamiento	Pob. Sin tratamiento	Niños con pañal desechable	Niños con pañal género
TALCA	201.797	10.270	191.527	193.123	8.674	9.962	308
MAULE	16.837	933	15.904	4.468	12.369	910	23
PELARCO	7.266	280	6.986		5.442	272	8
PENCAHUE	8.315	411	7.904	-	8.315	408	3
SAN CLEMENTE	37.261	1.785	35.476		23.813	1.728	57
SAN RAFAEL	7.674	410	7.264	2.627	5.047	395	15
SAGRADA FAMILIA	17.519	758	16.761		14.019	737	20
SAN JAVIER	37.793	1.701	36.092	21.384	16.409	1.617	83
VILLA ALEGRE	14.725	559	14.166	-	14.725	546	13
YERBAS BUENAS	16.134	718	15.416		16.134	659	59
TOTAL ZONA DE ESTUDIO	365.321	17.825	347.496	240.374	124.947	17.235	590

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de Emisiones

En la siguiente tabla se entrega el resultado de las emisiones estimadas para el año 2006 en la zona de estudio, a partir de los niveles de actividad reportados y la metodología descrita anteriormente.

Tabla 76. Emisiones de NH3 (ton/año), año 2006 zona de estudio.

Zona de estudio		EMISIONES	
		Talca	Resto de área
EMISIONES RESIDENCIALES	Fuentes Emisoras de NH3	Ton/año	Ton/año
	Respiración humana	0,3	0,25
	Transpiración humana	47,78	38,91
	Caseras	4,3	3,5
	Residuos sólidos y líquidos niños < 3 años		
	Con pañal de género	0,96	0,38
	Con pañal desechable	1,63	0,53
	Residuos de adultos		
	Sin tratamiento en plantas de aguas servidas		
	Personas	0,2	0,93
	Animales Domésticos		
	Perros	69,2	52,5
	Gatos	15,3	11,6
	Total Emisiones Residenciales		
PLANTAS DE TRATAMIENTO	Plantas de Tratamiento	64,1	9,46

4.4.1. Fugas de Gas Licuado

Metodología de Estimación

Las emisiones de COV, se calculan como un porcentaje de fuga del consumo del gas licuado residencial estimadas en un 3.5% y en un 1.5% para el consumo de gas Industrial.

Nivel de actividad

El consumo de gas licuado es recopilado por la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC), a partir de los cuales se realiza el cálculo de la fuga generada, para el año 2006.

La siguiente tabla entrega los consumos para cada comuna de la zona de estudio.

Tabla 77. Consumo Residencial¹ e Industrial² de GIP Zona de estudio 2006.

Comuna	Consumo (ton/año) Residencial (1)	Consumo (ton/año) Comerciales(2)
TALCA	8.749,86	3.164,69
MAULE	749,15	253,81
PELARCO	0,00	8,15
PENCAHUE	339,62	68,48
SAN CLEMENTE	0,00	9,11
SAN RAFAEL	310,95	65,45
SAGRADA FAMILIA	0,00	58,63
SAN JAVIER	1.528,65	97,69
VILLA ALEGRE	567,94	123,11
YERBAS BUENAS	0,00	71,18
TOTAL ZONA DE ESTUDIO	12.246,16	3.920,31

Fuente: Informe Estadístico 2006 SEC

(1). Corresponde a gas envasado

(2). Corresponde a gas granel

Se considero que el 100% del consumo se efectúa en la zona urbana de cada comuna, por tanto no se considera el consumo de las zonas urbanas que están fuera del área de estudio.

Cálculo de emisiones

La siguiente tabla entrega las emisiones estimadas producto de fugas de gas licuado utilizando los niveles de actividad detallados anteriormente y los porcentajes de fuga por tipo de consumo.

Tabla 78. Emisiones de COV de las fugas Residenciales e Industriales, año 2006 zona de estudio.

Comuna	Residencial (ton/año)	Comercial (ton/año)
TALCA	306,24	47,47
MAULE	26,22	3,81
PELARCO	0	0,12
PENCAHUE	11,89	1,03
SAN CLEMENTE	0	0,14
SAN RAFAEL	10,88	0,98
SAGRADA FAMILIA	0	0,88
SAN JAVIER	53,50	1,47
VILLA ALEGRE	19,88	1,85
YERBAS BUENAS	0	1,07
TOTAL ZONA DE ESTUDIO	428,62	58,80

4.5. FUENTES COMERCIALES

4.5.1. Evaporativa Comercial

Aplicación Asfalto

Metodología y factores de emisión

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

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

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

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

$$E = C * FE$$

Ecuación 8

Donde:

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

FE : Factor de emisión de COV [ton/año]

C : calles asfaltadas [Km/año]

El factor de emisión de acuerdo a las características anteriormente descritas se encuentra representado por la siguiente ecuación

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

Ecuación 9

Donde:

A : Ancho de la calle (metro)

E : Espesor del metro lineal

Vd : Porcentaje en volumen del diluyente contenido en la mezcla.

 ρd : Densidad del diluyente en (kg/l)

Peva : Porcentaje del diluyente que se evapora.

Niveles de Actividad

Los niveles de actividad están dados por los kilómetros de calles que son asfaltadas anualmente. La siguiente tabla entrega las longitudes asfaltadas reportadas por el MOP durante el año 2006 dentro del área de estudio:

Tabla 79. Longitud asfaltada 2006.

Comuna	Longitud (m)
San Clemente	12.076
Maule	10.000
Pencahue	620

Fuente: MOP

Cálculo de emisiones

Las siguientes tablas entregan las emisiones de COV por aplicación de asfalto en el área de estudio para información reportada por el MOP y la Municipalidad e Talca.

Tabla 80. Emisiones de COV por aplicación de asfalto MOP.

Comuna	COV (ton/año)
San Clemente	1.643
Maule	1.360
Pencahue	84
Total	3.088

Distribución de Combustible

Metodología y factores de emisión

Dentro de la distribución de gasolina incluye dos operaciones emisoras de compuestos orgánicos volátiles:

1. Transporte
2. Expendio final

Dentro del área de estudio no se encontraron tanques de almacenamiento de combustibles, por tanto esta fuente emisora de COV no es considerada en la estimación de emisiones.

Transporte

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

La metodología de estimación de emisiones no presenta actualización. Dicha metodología proviene del AP-42 de la EPA de los Estados Unidos.

Las emisiones se calculan usando la siguiente expresión¹³:

¹³ Error asociado a la ecuación corresponde a 30%.

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

Ecuación 10

Donde:

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

El factor de saturación (S) involucrado en el cálculo depende del modo de operación de la carga de los líquidos. En este caso, se utiliza el valor que supone llenado sumergido de estanque dedicado normal, con traspaso de vapores ($S=1$) La Tabla 81 muestra los distintos factores de saturación según modo de operación de carga de líquidos.

Tabla 81. Factor de Saturación (S) que depende del modo de llenado de los estanques de camiones

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

Fuente: AP-42, EPA 1995.

La Tabla 82 muestra los valores de los parámetros incluidos en la Ecuación 10 Reemplazando los valores se obtiene el factor de emisión actualizado de COV, para el transporte de combustible (Tabla 83).

Tabla 82. Variables para estimar las pérdidas de COV en el transporte de combustible

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

Fuente: AP-42, EPA

Tabla 83. Factor de Emisión para COV para el transporte de combustibles

	Valor	Unidad
L ₁	2,138	lb/1000 gal de líquido cargado
L ₁	0,256 x 10 ⁻³	Ton/m ³ de líquido cargado

Expendio Final

En esta etapa se identifican las siguientes fuentes evaporativas de COV.

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

La metodología de estimación de emisiones y los factores de emisión no presentan actualización. Dicha metodología proviene del Ap-42 de la EPA de los Estados Unidos, a excepción del factor asociado al llenado de estanques de vehículos sin control, que fue desarrollado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Éste, se obtuvo a partir de muestreos representativos de la realidad nacional.

La Tabla 109 muestra un resumen de los factores de emisión asociados al expendio de gasolina.

Tabla 84. Factores de Emisión de COV para las etapas de expendio final de gasolina

ETAPA	Factor de Emisión (mg/l transferido)	Observación
1. Llenado de estanques y camiones	880	Alimentación sumergida¹
	1.380	Llenado por rociado directo ¹
	40	Llenado con traspaso de vapores ¹
2. Respiración de estanques ¹	120	---
3. Llenado de estanques de Vehículos	1.013	Llenado no controlado²
	132	Llenado controlado ¹
4. Derrames ¹	80	---
Factor de Emisión total	2093	mg/l = 10 ⁻⁶ Ton/m ³

1. FUENTE: AP-42, EPA

2. FUENTE: SEC

Niveles de Actividad

Se asume que las ventas corresponden al combustible distribuido desde las plantas de almacenamiento, el que es transportado y comercializado en las estaciones de servicios localizadas en la Región.

La Tabla 85 muestra un resumen de las ventas de combustible en la Región para el 2006.

Tabla 85. Ventas de Combustible (m³/año)

	2006
Ventas año (m ³)	136.837

Fuente: Informes Estadísticos- SEC

Debido a que no se cuenta con el detalle de la distribución específica de combustibles por comuna, se distribuirá el consumo de combustibles con la participación del parque existente en cada comuna de la región para el año 2006. La siguiente tabla entrega el parque total de vehículos para cada comuna de la Región del Maule.

Tabla 86. Total de vehículos por comuna, región del maule.

Comuna	Vehículos	Comuna	Vehículos
Talca	30.002	Licantén	1.288
Constitución	5.550	Molina	3.702
Curepto	1.777	Rauco	4.810
Empedrado	2.409	Romeral	5.150
Maule	1.776	Sagrada Familia	3.465
Pelarco	5.711	Teno	2.838
Pencahue	2.386	Vichuquén	5.762
Río Claro	2.044	Linares	11.952
San Clemente	3.653	Colbún	1.972
San Rafael	1.405	Longaví	1.907
Cauquenes	6.435	Parral	6.165
Chanco	1.859	Retiro	1.154
Pelluhue	2.129	San Javier	6.233
Curicó	17.606	Villa Alegre	1.579
Hualañé	1.554	Yerbas Buenas	1.701

Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas INE.

Nota: Incluye Automóviles y Station Wagon, Jeep, Furgón, Minibús, Camioneta, Motocicletas, Taxi, Buses y Camiones.

Cálculo de Emisiones

La siguiente muestra los resultados de la estimación de emisiones de COV asociadas a las dos operaciones de distribución de combustible para el área de estudio.

Tabla 87. Emisiones de COV Según Etapa para la Fuente Distribución de Combustibles, Año 2006 zona de estudio.

COMUNA	EMISIONES DE COV 2006 (Ton/Año)	
	Transporte	Expendio
MAULE	0,40	3,26
PELARCO	0,11	0,92
PENCAHUE	0,32	2,61
SAGRADA FAMILIA	0,19	1,57
SAN CLEMENTE	0,01	0,12
SAN JAVIER	0,26	2,16
TALCA	7,14	58,41
VILLA ALEGRE	0,23	1,86
YERBAS BUENAS	0,12	1,01
SAN RAFAEL	0,20	1,60
Total	8,99	73,53

Uso de Pesticidas

Metodología

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

Tabla 88. Tipos de Pesticidas

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

Fuente: Elaboración propia

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

$$E_{m,d} = FE_{m,d} \times C_m \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

$E_{m,d}$: Emisiones de la marca m , relacionadas al tipo de descarga d , en Toneladas de COV por tipo de pesticida / año

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

Factores de Emisión

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

- Tipos de formulaciones de pesticidas: donde se entrega el porcentaje de COV de ingrediente inerte (PVI). En la Tabla 114, se entrega el listado de tipos de formulación manejados por el sistema y los tipos de aplicación asociados a cada uno. Es importante mencionar que el factor de emisión del ingrediente activo, depende del tipo de aplicación. Por otra parte es importante destacar que el sistema considera un tipo de aplicación no especificado para el caso que una marca no posea esta información, en este caso PVI corresponde simplemente a un valor promedio de todos los tipos de formulación existentes.
- Lista de ingredientes activos utilizados por las distintas marcas: donde se debe especificar el nombre del ingrediente y la presión de vapor en mmHg, dato fundamental para localizar el factor de emisión del ingrediente activo. Por fines operativos el sistema considera un tipo de ingrediente activo "no especificado", el cual se utiliza cuando no se posee esta información y se le asigna una presión de vapor promedio de todos los ingredientes activos de la lista.
- Factores de emisión para ingredientes activos: El sistema cuenta con una lista de factores de emisión (EF) para los distintos tipos de ingredientes activos componentes de marcas de pesticidas. Estos factores dependen principalmente del tipo de aplicación del pesticida y de la presión de vapor del ingrediente activo (expresado en mm de Hg), al igual que en los casos anteriores, el sistema genera valores promedios por tipos de aplicación cuando no se conoce la presión de vapor o un valor promedio total cuando no se conoce ni el tipo de aplicación ni la presión de vapor (ver Tabla 90).
- Información de marcas de pesticidas:
 - Nombre de la marca
 - Lista de ingredientes activos y porcentaje de cada uno en la mezcla PA_i
 - Porcentaje de ingrediente inerte de la mezcla (PI)
 - Tipo de formulación
 - Tipo de Pesticida
 - Toneladas anuales de pesticida de por marca consumidas en el área de estudio.

Tabla 89. Tipos de formulación de pesticidas por tipo de aplicación

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

Fuente: AP-42 Section 9.2.2 - EPA

Tabla 90. Factores de Emisión para Ingredientes Activos

Tipo de Aplicación	Presión Inicial (mmHg)	Presión Final (mmHg)	Factor (EF) (Ton de COV/Ton de Ingrediente)
Aplicación Superficial	0	9,999E-07	0,465
Aplicación Superficial	0,0001	9,999999	0,58
Aplicación Superficial	0,000001	9,99999E-05	0,35
Incorporación Solida	0,0001	9,999999	0,052
Incorporación Solida	1E-10	9,999E-07	0,0027
Incorporación Solida	0,000001	9,99999E-05	0,021
Incorporación Solida	0	0	0,0252
No Especificada	0	9,9999999	0,20114

Fuente: AP-42 Section 9.2.2 - EPA

Los Factores de Emisión por marca, quedan dados por:

$$FEM_m^{COV} = \left(\sum_i \frac{PA_{i,m}}{100} \times EF_i(Ta, Pv) \right) + \left(\frac{PI_m}{100} \times \frac{PVI_m(Tf, Ta)}{100} \right) \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

- FEM_m^{COV} : Corresponde al factor de emisión de COV para la marca m en Ton de COV por Ton del pesticida
- $PA_{i,m}$: Porcentaje del ingrediente activo i de la marca m
- $EF_i(Ta, Pv)$: Factor de emisión del ingrediente activo i, dependiente del tipo de aplicación (Ta) y de la presión de vapor (Pv)

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

Niveles de Actividad

Según la metodología, los niveles de actividad están dados por el consumo de pesticidas por marca, los cuales se muestran en la siguiente tabla agrupados por tipo de pesticida. La información disponible de ventas a nivel regional se encuentra disponible para el año 2004, inicialmente se conservaran estos niveles de consumo para el año 2006.

Tabla 91. Consumo por tipo de Pesticida. Año 2006

Tipo de Pesticida	Consumo (K/L)
Insecticida, aracnicida, rodenticidas	893.051
Fungicida y bactericida	988.489
Herbicida	671.389
Miscelaneas	84.979

Fuente: Declaración de ventas de Plagicidas año 2004¹⁴.

La distribución a nivel comunal para la zona de estudio se realizara considerando los tipos de cultivo existente en cada zona, y el tipo de pesticida existente en la declaración de ventas, ya que los pesticidas son aplicables a cierto tipo de cultivos. La siguiente tabla entrega las superficies de cultivo

Tabla 92. Superficie por tipo de cultivo para el área de estudio.

Tipo de cultivo y frutales	ha año 2006
Cereales	21.746
Chacras	3.830
Cultivos Industriales	2.119
Hortalizas	5.967
Total	33.661

¹⁴ Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Subdepartamento de Plagicidas y Fertilizantes, División de Protección Agrícola

Cálculo de emisiones

A continuación se entregan las emisiones estimadas de COV producto de la aplicación de plaguicidas para el área de estudio por comuna.

**Tabla 93. Emisiones de COV (ton/año) por aplicación de plaguicidas.
2006 zona de estudio**

Comuna	COV (ton/año)
MAULE	55,52
PELARCO	3,06
PENCAHUE	71,16
SAGRADA FAMILIA	34,56
SAN CLEMENTE	2,18
SAN JAVIER	26,89
TALCA	72,00
VILLA ALEGRE	34,89
YERBAS BUENAS	23,85
SAN RAFAEL	42,00
Total	366,1

4.6. OTRAS FUENTES

Disposición de Residuos

Debido a la actividad microbiana en los rellenos sanitarios, se genera CH₄ y otros gases como producto de la descomposición anaerobia de los desechos. Aproximadamente 500 m³ de metano y 450 m³ de dióxido de carbono son producidos por cada tonelada de materia orgánica que se descompone de acuerdo al esquema siguiente:



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

Además de las emisiones de gas, se debe considerar las emisiones de los camiones y maquinarias que circulan en el interior de los rellenos, ya sean camiones encargados de transportar los residuos hasta el lugar de disposición final o maquinaria encargada de la cobertura y movimiento del material depositado.

Dentro del área de estudio se encuentra el relleno sanitario El Retamo.

Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Emisión de gases

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

$$Q_{\text{CH}_4} = L_0 R (e^{-kc} - e^{-kt})$$

Ecuación 13

Donde:

Q_{CH_4} = Tasa de generación de metano en el tiempo t , m³/año.

L_0 = Potencial de generación de metano m³ CH₄/Mg.

R = Tasa de depósito durante el la vida activa de relleno.

e = Base de logaritmo natural.

k = Constante de la tasa de generación de metano.

c = Tiempo transcurrido desde que cierre del relleno, en años ($c=0$ si aún esta activo).

t = Tiempo desde que comenzó a funcionar el relleno, en años.

$L_0 = 100 \text{ m}^3/\text{Ton}$ según recomendación EPA para la mayoría de los rellenos sanitarios.

Tabla 94. Valores para k.

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

Fuente: AP42, EPA

Cuando la emisión de gas se estabiliza, éste se compone aproximadamente en un 40% de CO₂, 55% de CH₄ y un 5% de N y otros gases.

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

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

$$UM_p = Q_p * \left[\frac{MW_p * 1atm}{8.205 \times 10^{-5} (m^3 atm / gmol^\circ K)(1000g / kg)(273 + T^\circ K)} \right] \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

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

MW_p : Peso molecular de p en g/gmol.

Q_p : Tasa de emisión de p.

T : Temperatura del gas en °C.

Control de emisiones:

Las emisiones de gases normalmente son controladas mediante la instalación de tuberías captadoras, que conducen el gas a sistemas de combustión internas, llamas o turbinas. El relleno sanitario El Retamo no cuenta en la actualidad con un sistema de captación y quema de gases, por tanto no se estimaran emisiones para esta fuente.

Emisión de vehículos dentro del relleno sanitario:

Para el cálculo de emisiones de las fuentes móviles que funciona al interior de los rellenos sanitarios se emplearán las metodologías para fuentes móviles (fuera de ruta) descritas en la sección 4.9.2 , considerando las emisiones provenientes de tubo de escape, así como también las emisiones de polvo resuspendido por el paso de los camiones en caminos no pavimentados.

Niveles de actividad

Los niveles de actividad están definidos por las distintas actividades que se desarrollan al interior del relleno sanitario.

En la siguiente figura se puede observar la ubicación del relleno sanitario El Retamo.

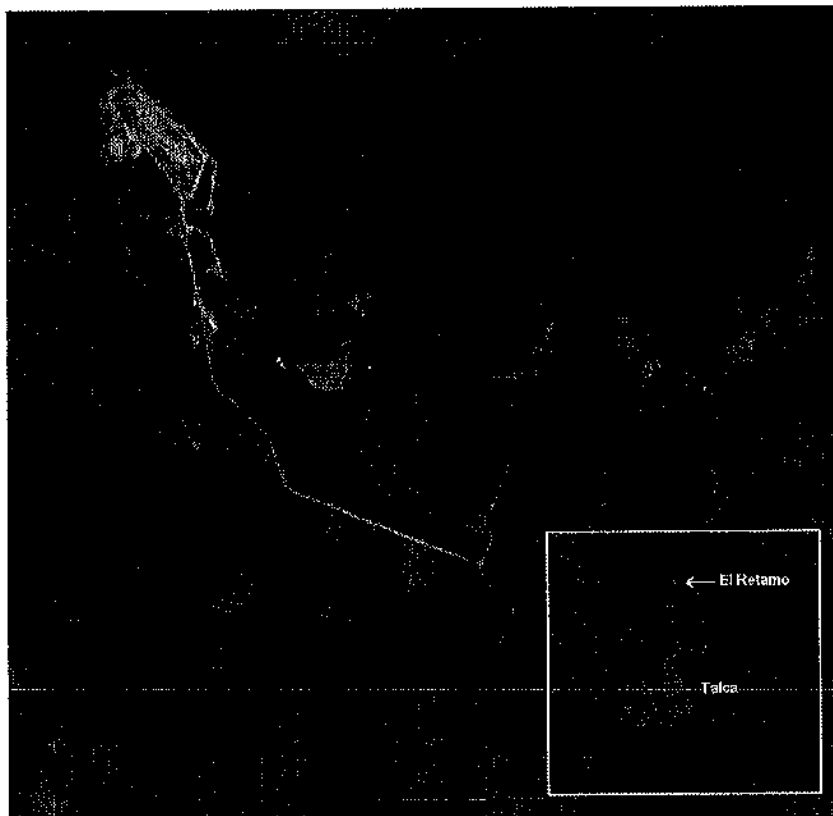


Figura 29. Ubicación rellenos sanitario El Retamo respecto de Talca

A continuación se describen los distintos niveles de actividad que determinan las emisiones.

La siguiente tabla entrega información general del relleno sanitario El Retamo.

Tabla 95. Información del relleno sanitario

	El Retamo
Inicio Actividades	Julio 2002
Capacidad (m ³)	3.929.861
Vida útil (ANOS)	39
Quema de gases	NO
Camino de Tierra (Km)	1,3
Camiones (día)	25
Control Polvo resuspendido	SI
Año fin actividades	2041

La siguiente tabla entrega la tasa de disposición de residuos por año desde el comienzo de su funcionamiento hasta el año 2006.

Tabla 96. Disposición de residuos en relleno sanitario El Retamo (ton/año).

AÑO	EL RETAMO (*)
2002	81.243
2003	81.243
2004	81.243
2005	81.243
2006	81.243
TOTAL	406.214

(*) Promedios según información entregada por la empresa

La siguiente tabla entrega información respecto de la maquinaria y los camiones que trabajan al interior del relleno sanitario El Retamo. La estimación de emisiones por movimiento de maquinaria y camiones al interior del relleno sanitario se reportaran en el capítulo de fuentes móviles fuera de ruta.

Tabla 97. Maquinaria y camiones al interior de rellenos sanitarios.

Nombre Relleno	Maquinaria					Camiones	
	Tipo de Maquinaria	Modelo	Potencia (Hp)	Horas uso (día)	Unidades	Nº camiones (día)	Distancia recorrida Tierra(Km)
El Retamo	BULLDOZER	KOMATSU EX65	150	14	1	25	1,3
	EXCAVADORA	KOMATSU PC200	130	10	1		

El relleno sanitario El Retamo no cuenta con sistema de quema de biogás, solo existe un sistema de pozos pasivos (sin extracción forzada) que permiten evacuar los gases generados.

Según mediciones realizadas en los pozos de ventilación existentes en el relleno sanitario El Retamo¹⁵, la composición del gas es un 32,3% de CH₄, un 27% de CO₂ y cerca de un 40% de otros gases.

¹⁵ Medición realizada por KDM para el Relleno Sanitario El Retamo, 11/07/2008.

Cálculo de emisiones

La siguiente tabla entrega las emisiones estimadas a partir de la información disponible.

Tabla 98. Emisiones estimadas de biogás (Ton/año).

Relleno	CH4	CO2
El Retamo	519	1.191
Total	519	1.191

El relleno sanitario El Retamo cuenta con un plan de humectación de caminos de tierra, por tanto se estiman estas emisiones considerando esta medida de mitigación. Se estima que la eficiencia de mitigación es de un 50%. Las siguientes tablas entregan las emisiones estimadas por el paso de camiones, tanto para polvo resuspendido como para emisiones por tubo de escape.

Tabla 99. Emisiones de polvo resuspendido por tránsito de camiones (Ton/año)

Contaminante	EL RETAMO
Pm10	10,96
Pts	35,85
Pm2.5	1,10

Tabla 100. Emisiones tránsito de camiones, tubo de escape (Ton/año)

Relleno Sanitario	PTS	MP10	CO	SOx	HC
El Retamo	0,03	0,02	0,09	0,00	0,01

4.7. QUEMAS E INCENDIOS

4.7.1. Quemas Agrícolas e Incendios Forestales

Antecedentes generales de metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

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

Durante la combustión de materia vegetal, ya sea producto de incendios forestales o quemas, se incorporan a la atmósfera una gran cantidad de sustancias contaminantes, siendo las más importantes: monóxido de carbono, compuestos

orgánicos gaseosos y material particulado, principalmente carbón no quemado. En las quemas de desechos vegetales se emiten bajas cantidades de óxidos de nitrógeno y se generan grandes cantidades de dióxido de carbono y vapor de agua.

En inventarios anteriores de las distintas regiones del país desarrollados por CONAMA, se han calculado emisiones utilizando una metodología (ver ecuación siguiente) que multiplica la superficie afectada o quemada (por comuna), por el factor de emisión, correspondiente al factor promedio indicado por la CARB¹⁶ en sus reportes del año 1999, asociado a "grass and woodland".

$$E = S * FE$$

Ecuación 15

Donde:

E : Emisiones anuales [ton/año].

S : Superficie en hectáreas consumidas por quemas agrícolas.

FE : Factor de emisión del contaminante considerado.

Actualmente se han presentado actualizaciones metodológicas para estas fuentes, las cuales se presentan en *Actualización metodología de estimación de emisiones de quemas agrícolas* y *Actualización metodología de estimación de emisiones de incendios forestales*.

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), es la encargada de fiscalizar, prevenir y controlar los incendios forestales y quemas agrícolas, por lo cual lleva un registro tanto del número incendios forestales como de las quemas agrícolas, entregando la extensión de cada siniestro en hectáreas consumidas, separadas por comuna y distinguiendo en la siguiente clasificación:

- quemas legales
- quemas ilegales (se lleva registro solo en algunas regiones)
- incendios de vegetación natural (separados en arbolado, matorral y pastizal)
- incendios de plantaciones forestales (separados en pino, eucaliptos, otras plantaciones)

El factor de emisión para quemas legales e ilegales es el mismo, sin embargo, las emisiones son presentadas de manera separada a fin de identificar sus responsabilidades. Para incendios de vegetación natural hasta la fecha, en los inventarios regionales en nuestro país, se ha utilizado el mismo factor que para quemas agrícolas. La tabla siguiente resume los factores utilizados para quemas agrícolas e incendios forestales.

¹⁶ California Air Resources Board, Source Inventory, Categories N° 751-752, Miscellaneous Emisión Sources Accidental Fires-Vegetation - Timber/Brush (751) - Grass/Woodland / Agricultural (752), año base 1999.

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones son los propuestos por California Air Resources Board (CARB), y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 101. Factores de emisión

Contaminante	Hierba y bosques (quemadas agrícolas)	Madera y ramas (incendios forestales)
	Kg/ha	Kg/ha
CO	226,40	2790,81
NO _x	---	131,13
TOG	43,71	168,12
PTS	35,87	571,61
NH ₃	1,34	2,69

Fuente: 1. California Air Resources Board 1999. 2. Radian, 1991.

3. Se asume que este factor de emisión corresponde a áreas de "Grass & Woodland," nombre en inglés especificado en la metodología de la CARB.

Nota: Los factores originales de la CARB están expresados en lbs/acre

En la metodología presentada por la CARB descrita anteriormente, las tasas de emisión de óxidos de nitrógeno se indican despreciables, como se observa en la tabla anterior.

Actualización metodología de estimación de emisiones de quemadas agrícolas

La CARB presentó en junio de 2005 una actualización metodológica respecto al cálculo de emisiones asociado a quemadas de residuos agrícolas, "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology"¹⁷.

Las emisiones se obtienen de la siguiente ecuación:

$$E = S * FE * FC$$

Ecuación 16

Donde:

E : Emisiones anuales [ton/año].

S : Superficie en hectáreas consumidas por quemadas agrícolas.

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

FC : Factor de carga [ton/acre]

En esta metodología se presentan factores de emisión detallados por tipos de cultivos agrícolas en distintas situaciones de actividad agrícola, como actividades

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

asociadas a quemas de residuos y rastrojos agrícolas generados en la etapa de cosecha, actividades asociadas a podas y actividades de disminución de pastizales y hierbas, y también se presentan las cargas de combustible por superficie consumida.

Para cada actividad se reportan factores de emisión en libras de contaminante por toneladas de cultivo o especie quemada. Como se observa en la siguiente tabla, los factores vienen dados por tipo de cultivo, por lo tanto, para poder aplicar esta metodología, es necesario contar con información de las hectáreas quemadas por tipo de cultivo.

Tabla 102. Factores de emisión asociados a quemas agrícolas. Extracto de Attachment B - Waste Burn Emission Factors, Sction 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, CARB.

Code	Crop Name	EIC Description	MP10	MP25	NOX	SO2	COV	CO	Fuel loading (Ton/acre)
Agriculture - Field Crops									
241	Alfalfa	Agriculture - Field Crop	28.50	27,2	4,5	0,6	21,7	119	0.800
247	Asparagus	Agriculture - Field Crop	40.00	39,34	4,49	0,61	66	150	1.500
242	Barley	Agriculture - Field Crop	14.30	13,8	5,1	0,1	15	183,7	1.700
243	Bean/pea	Agriculture - Field Crop	13.70	13	5,2	0,1	14,2	148	2.500
244	Corn	Agriculture - Field Crop	11.40	10,9	3,3	0,4	6,6	70,9	4.200
245	Cotton	Agriculture - Field Crop	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
609	Dried flowers	Agriculture - Field Crop	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
246	Flax	Agriculture - Field Crop	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
609	Flower straw	Agriculture - Field Crop	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
612	Nursery prunings	Agriculture - Field Crop	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
248	Oats	Agriculture - Field Crop	20.70	19,7	4,5	0,6	10,3	136	1.600
255	Other field crops	Agriculture - Field Crop	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
260	Pea vines	Agriculture - Field Crop	13.70	13	5,2	0,1	14,2	148	2.500
249	Peanuts	Agriculture - Field Crop	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
250	Rice	Agriculture - Field Crop	6.30	5,9	5,2	1,1	4,7	57,4	3.000
251	Rye	Agriculture - Field Crop	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
252	Safflower	Agriculture - Field Crop	17.70	16,9	4,5	0,6	14,8	144	1.300
Agriculture - Pruning									
101	Almond	Agriculture - Pruning	7.00	6,7	5,9	0,1	5,2	52,2	1.000
102	Apple	Agriculture - Pruning	3.90	3,7	5,2	0,1	2,3	42	2.300
103	Apricot	Agriculture - Pruning	5.90	5,6	5,2	0,1	4,6	49	1.800
104	Avocado	Agriculture - Pruning	20.60	19,4	5,2	0,1	18,5	116	1.500
720	Bamboo	Agriculture - Pruning	15.90	15,18	4,49	0,61	10,73	113,95	2.175
105	Bushberry	Agriculture - Pruning	7.80	7,3	5,2	0,1	6,3	66	1.700
106	Cherry	Agriculture - Pruning	7.90	7,4	5,2	0,1	6	44	1.000

De la tabla anterior se seleccionaron los siguientes factores de emisión por tipo de cultivo:

Tabla 103. Factores de emisión para quema agrícolas.

FE QUEMAS AGRICOLAS						
Cultivo	FE (lbs/Ton)					
	PM10	PM2,5	NOx	SO2	COV	CO
Trigo	10,60	10,10	1,30	0,90	7,60	123,60
Avena	20,70	19,70	4,50	0,60	10,30	136,00
Cebada	14,30	13,80	5,10	0,10	15,00	183,70
Maíz	11,40	10,90	3,30	0,40	6,60	70,90

Respecto a los cultivos agrícolas, para aplicar esta metodología, se debe conocer la superficie correspondiente a cada cultivo agrícola de la zona de estudio (separados en Trigo, Avena, Cebada y Maíz), para esto se utilizara información del último Censo agropecuario, por tipo de cultivo.

Además es necesario conocer los factores de carga por hectárea, que en caso de las quemas agrícolas se componen de los rastrojos resultantes de la cosecha de los cultivos. Para obtener el volumen de rastrojos por tipo de cultivo se consideró el índice de cosecha y rendimiento por hectárea, señalados en el documento "Agropecuarias Informe Anual 2005" – INE.

En la siguiente tabla se especifica la superficie (ha), la producción en quintales métricos (qqm) y el rendimiento (qqm/ha) reportado en el documento señalado para la VII región.

Tabla 104. Superficie, producción y rendimiento por tipo de cultivo, VII región.

	Trigo	Avena	Cebada	Maíz
Superficie (ha)	43.610	1.380	990	27.830
Producción (qqm)	1.844.703	23.322	51.975	2.529.747
Rendimiento (qqm/ha)	42	17	53	91

Fuente: INE

Niveles de Actividad

Los niveles de actividad requeridos, son la cantidad de hectáreas quemadas por tipo de cultivo en un año para la zona de estudio. La producción de rastrojos a quemar por tipo de cultivo es obtenido a partir de el índice de cosecha y rendimiento por tipo de cultivo.

Las siguientes tablas entregan la producción de rastrojos estimado para los cultivos de la VII región y el rendimiento por tipo de cultivo.

Tabla 105. Volumen de rastrojos por tipo de cultivo por hectárea.

Volumen de rastrojos por hectárea			
Trigo	Avena	Cebada	Maíz
3,812	2,550	3,400	8,585

Tabla 106. Rendimientos por tipo de cultivo

Cultivo	Rendimiento (Ton/Ha)
Trigo	4
Avena	3
Cebada	4
Maíz	10

Fuente: Agropecuarias Informe Anual 2005- INE

La siguiente tabla entrega las superficies por tipo de cultivo en las comunas del área de estudio.

Tabla 107. Superficie por tipo de cultivo

Comuna	Superficie HA			
	AVENA	CEBADA	TRIGO	MAIZ
Talca	0,13	1,85	333,82	1.653,06
Maule	0,51	1,79	150,34	636,54
Pelarco	8,02	5,16	357,58	392,63
Pencahue	18,54	3,49	665,56	653,34
San Clemente	15,72	26,40	1.471,33	2.568,16
San Rafael	5,63	5,98	368,05	804,00
Sga Familia	4,63	87,12	234,62	950,19
San Javier	41,76	20,45	1.163,58	1.868,70
Villa Alegre	14,37	23,80	593,67	2.447,76
Y. Buenas	31,54	67,50	1.439,93	1.676,42
TOTAL	140,87	243,52	6.778,48	13.650,81

Según información entregada por especialista de CONAF, del total de rastrojos agrícolas producidos, aproximadamente el 10% no es quemado, por se disminuyo en un 10% el volumen total de rastrojos utilizados para la estimación de emisiones.

Debido a que el área de estudio no considera la superficie total de las comunas listadas, se considera la superficie proporcional dentro del área de estudio que posee uso de suelo agrícola según uso de suelo.

La siguiente figura muestra los usos de suelo en el área de estudio, divididos en uso agrícola, forestal, y matorral, este ultimo incluye pastizales y matorrales.

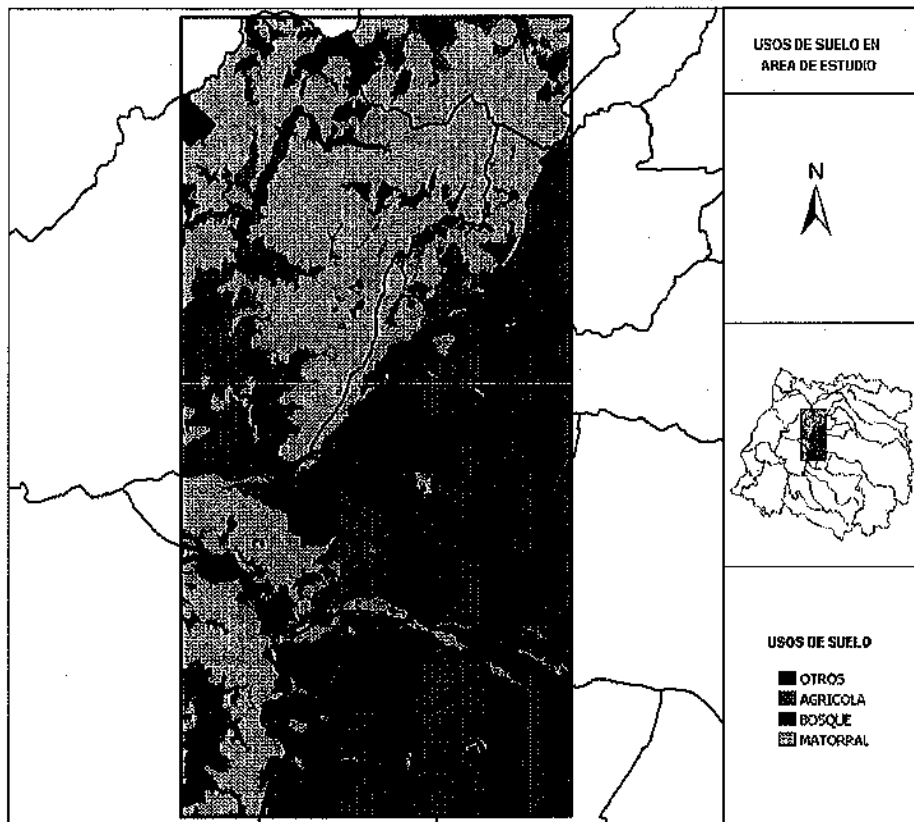


Figura 30. Usos de suelo en área de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir de catastro de uso de suelo CONAF.
 Otros: Corresponde a superficies sin vegetación.

Cálculo de Emisiones

La siguiente tabla entrega las estimaciones de emisiones producto de quemas agrícolas dentro del área de estudio para cada comuna.

Tabla 108. Emisiones por quemas agrícolas en el área de estudio (ton/año)

Comuna	PM10	PM2,5	NOx	SO2	VOC	CO
Talca	30,62	29,27	8,41	1,21	18,12	205,49
Maule	2,82	2,69	0,69	0,14	1,74	21,74
Pelarco	30,00	28,66	7,20	1,49	18,58	234,82
Pencahue	5,83	5,58	1,62	0,22	3,55	40,61
San Clemente	18,23	17,42	4,70	0,81	11,06	132,73
San Rafael	42,91	41,00	10,96	1,93	26,09	315,35
Sga Familia	16,59	15,86	4,37	0,71	9,99	117,82
San Javier	78,63	75,16	21,75	3,06	46,37	522,18
Villa Alegre	74,62	71,33	20,48	2,94	44,27	503,02
Yerbas Buenas	31,03	29,65	7,67	1,47	19,26	239,30
Total	331,29	316,61	87,85	13,98	199,04	2.333,07

INDENDIOS FORESTALES

Actualización metodología de estimación de emisiones de incendios forestales

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

CARB presentó una actualización metodológica para calcular este tipo de emisiones. La documentación se presenta en la "Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology October 2004"¹⁸, y la metodología se resume a continuación.

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

Las emisiones se obtienen de la siguiente ecuación:

$$E = S * FE * FC$$

Ecuación 17

¹⁸ <http://arbis.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full9-3.pdf>

Donde:

E : Emisiones anuales [ton/año].

S : Superficie en hectáreas consumidas por incendios forestales.

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

FC : Factor de carga [ton/acre]

Los factores de emisión utilizados en el cálculo de emisiones dependen del diámetro del tronco de los árboles de las plantaciones, lo que tiene directa relación con la edad de la plantación (pino y eucaliptos). La siguiente tabla detalla los factores de emisión para cada edad de plantación y condición de humedad. El cálculo de emisiones reportado en el presente informe, considera aquellos factores de emisión indicados dentro del tipo de humedad "moderada" (*mod* en la tabla). Para distribuir la edad de las plantaciones se consideró la información de las plantaciones de pino quemadas, distribuida por edad y comuna, y se distribuyó la superficie quemada con estas proporciones a fin de utilizar la metodología de estimación de emisiones.

Tabla 109. Factores de emisión en lbs/ton por tipo de vegetación quemada y humedad.

	MP10			MP2,5			CO			CH4		
	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry
Litter, wood 0-1 in	9,3	9,3	9,3	7,9	7,9	7,9	52,4	52,4	52,4	2,1	2,1	21,0
Wood 1-3 in	14,0	14,0	14,0	11,9	11,9	11,9	111,4	111,4	111,4	4,5	4,5	4,5
Wood 3+ in	26,6	21,6	19,1	22,5	18,3	16,2	268,9	205,8	174,4	10,8	8,2	7,0
Herb, shrub, regen	25,1	25,1	25,1	21,3	21,3	21,3	249,2	249,2	249,2	10,0	10,0	10,0
Duff	28,2	30,4	30,4	23,9	25,8	25,8	288,6	316,1	316,1	11,5	12,6	12,6
Canopy fuels	25,1	25,1	25,1	21,3	21,3	21,3	249,2	249,2	249,2	10,0	10,0	10,0
	NMHC			NH3			NOx			SO2		
	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry	Wet	Mod	Dry
Litter, wood 0-1 in	3,7	3,7	3,7	0,5	0,5	0,5	8,2	8,2	8,2	2,5	2,5	2,5
Wood 1-3 in	7,8	7,8	7,8	1,1	1,1	1,1	8,0	8,0	8,0	2,5	2,5	2,5
Wood 3+ in	18,8	14,4	12,2	2,7	2,1	1,7	7,3	7,6	7,7	2,2	2,3	2,4
Herb, shrub, regen	17,4	17,4	17,4	2,5	2,5	2,5	7,4	7,4	7,4	2,3	2,3	2,3
Duff	20,2	22,1	22,1	2,9	3,2	3,2	7,2	7,1	7,1	2,2	2,2	2,2
Canopy fuels	17,4	17,4	17,4	2,5	2,5	2,5	7,4	7,4	7,4	2,3	2,3	2,3

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

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

Para las plantaciones cuya edad esté entre 0 y 10 años, se considerarán los factores de emisión correspondientes al promedio del rango 0-1 in y 1-3 in. Para los rangos 11 a 17 años y 18 años y más se considerarán los factores de emisión correspondientes al rango 3 y más in. Respecto a la categoría bosque nativo

(denominado arbolado en los registros de CONAF), se consideraron los factores de emisión correspondientes al rango 3 y más in.

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

En la siguiente tabla se muestran los valores de carga de combustible considerados para el cálculo de emisiones según tipo de materia seca de vegetación (para arbustos y pastizal).

Tabla 110. Factores de carga por tipo de materia seca) de vegetación y desechos forestales

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

Fuente: CONAF

Respecto a los factores de emisión seleccionados para representar las tasas de emisión de pastizales, estos fueron tomados del estudio presentado por la CARB en la "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology"¹⁹.

Tabla 111. Factores de emisión asociados a pastizales (lb/ton)

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

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

Factores de carga para plantaciones forestales y bosque nativo

La biomasa presente en las plantaciones forestales se compone de:

- Biomasa arbórea aérea
- Biomasa raíces
- Sotobosque: vegetación formada por matas y arbustos que crecen bajo los árboles del bosque.
- Hojarasca
- Necromasa

¹⁹ <http://o3.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-17.pdf>

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

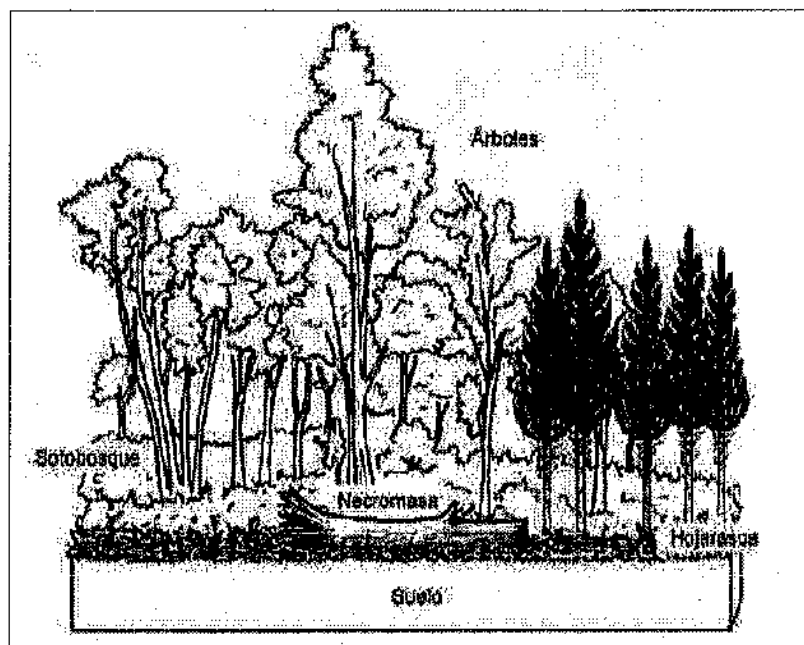


Figura 31. Componentes del bosque y plantación.

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

Por lo tanto, para calcular el factor de carga de plantaciones forestales se consideró cada una de las componentes antes mencionadas y se les asignó un factor de emisión según sus características. En la siguiente tabla se pueden observar los FE (CARB) asignados.

Tabla 112. Tipo de materia y factor de emisión asignado.

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

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes tablas muestran los factores de carga según especie para distintos predios considerados en el estudio "Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono"²⁰.

²⁰ Estudio: Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono, Universidad Austral De Chile 2002.

Tabla 113. Biomasa en plantaciones de Pino Radiata (ton/ha).

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

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

Tabla 114. Biomasa en plantaciones de Eucaliptus (ton/ha).

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

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

Tabla 115. Biomasa en Bosque Nativo (ton/ha).

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

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

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

Tabla 116. Factores de carga considerados (ton/ha) en plantaciones de *Pinus radiata*

Edad Plantación	Biomasa arbórea aérea	Biomasa raíces	Hojarasca	Soto-bosque	Necro-bosque
0 A 10	9,67	0,00	6,58	6,01	8,57
11 A 17	65,23	0,00	3,85	7,75	4,63
>=18	103,83	0,00	3,29	9,91	3,26

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

Tabla 117. Factores de carga considerados (ton/ha) en plantaciones de *Eucalyptus globulus*

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

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

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

Tabla 118. Factores de carga considerados (ton/ha) en *Bosque nativo* – SV Costa

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

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

Para la categoría "otras plantaciones" se utilizó la biomasa promedio de las plantaciones *Pinus radiata* y *Eucaliptus globulus*, debido a que no se especifica el tipo de cultivo y la superficie total afectada por incendios en el área de estudio es muy baja. Además, se consideró que la biomasa de raíces no es consumida por el fuego y que el 50% de la masa del árbol es consumida en un incendio.

Tabla 119. Factores de carga considerados (ton/ha) para *Otras Plantaciones*

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

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

Niveles de actividad

La tabla siguiente muestra la superficie afectada por incendios de vegetación natural e incendios de plantaciones forestales desagregadas por comuna, información entregada por CONAF, en donde se definen a los pastizales, matorrales y bosque nativo como vegetación natural, y pinos y eucaliptus como plantaciones forestales.

La siguiente tabla muestra los valores con detalle comunal y por especie:

Tabla 120. Hectáreas consumidas por incendios forestales, 2006, zona de estudio.

Comuna	P 0 a 10	P 11 a 17	P 18 o más	Eucalipto	Arbolado	Matorral	Pastizal
MAULE				2,6		9,5	56,2
PELARCO				2,4		21,9	35,7
PENCAHUE						2,1	4,0
SAGRADA FAMILIA		0,8				2,5	8,3
SAN CLEMENTE					1,0	3,3	6,5
SAN JAVIER	8,5	0,3		0,3	1,0	79,5	85,2
TALCA						7,1	23,6
VILLA ALEGRE						0,1	0,1
YERBAS BUENAS						0,4	0,6
TOTAL	8,5	1,1	0,0	5,3	2,0	126,3	220,0

La siguiente figura muestra la distribución temporal de los incendios forestales y vegetación natural por mes del año.

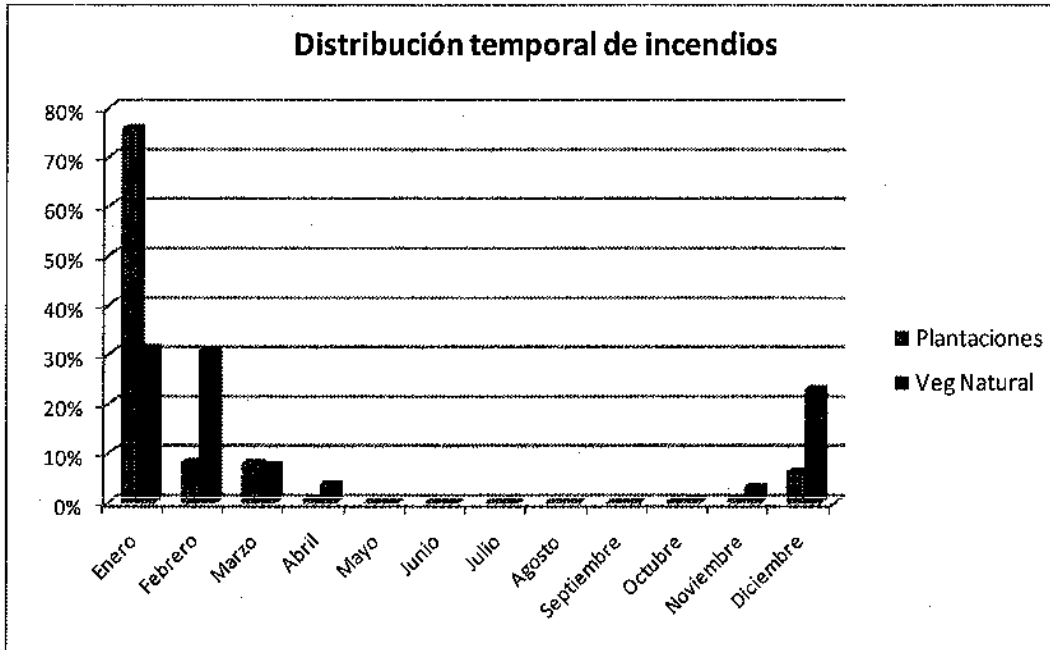


Figura 32. Participación mensual en ocurrencia de incendios forestales.

En la figura anterior se observa claramente la estacionalidad en los incendios, concentrándose entre los meses de noviembre y marzo del año.

Debido a que el área de estudio no considera la superficie total de las comunas listadas, se considera la superficie proporcional dentro del área de estudio que posee uso de suelo forestal o matorral según uso de suelo. En la Figura 30 se pueden observar las superficies consideradas para la estimación de emisiones.

Cálculo de emisiones

Debido a que las estadísticas solo entregan información por edad de plantación para Eucalipto y otras plantaciones, se utilizó para efectos de cálculo el factor de carga para la edad de 11 a 17 años.

La siguiente tabla entrega las emisiones totales estimadas para incendios forestales en el área de estudio.

Tabla 121. Emisiones estimadas para incendio forestales en el área de estudio (Ton/año)

COMUNA	PM10	PM25	CO	CH4	TNMHC	NH3	NOX	SO2
MAULE	4,98	4,37	45,13	1,40	2,45	0,35	1,52	0,40
PELARCO	0,09	0,07	0,84	0,03	0,06	0,01	0,03	0,01
PENCAHUE	0,30	0,26	2,77	0,09	0,16	0,02	0,09	0,02
SAGRADA FAMILIA	0,35	0,30	3,17	0,10	0,18	0,03	0,11	0,03
SAN CLEMENTE	0,01	0,01	0,12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
SAN JAVIER	1,98	1,71	18,79	0,67	1,17	0,17	0,59	0,17
TALCA	1,89	1,67	16,86	0,48	0,84	0,12	0,55	0,14
VILLA ALEGRE	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
YERBAS BUENAS	0,01	0,01	0,10	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	9,60	8,41	87,79	2,79	4,87	0,70	2,88	0,77

TNMHC: Hidrocarburos totales no metánicos.

Incendios urbanos

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

$$E = K * FE$$

Ecuación 18

Donde

- E : Emisiones anuales [ton/año].
 K : Número de siniestros ocurridos en un año.
 FE : Factor de emisión del contaminante considerado.

Los factores de emisión son proporcionados por la CARB, y se presentan a continuación.

Tabla 122. Factores de emisión para incendios urbanos

	TOG	NOx	SOx	MP	CO
kg/ton	7,0	2,0	0,0	5,4	84,0
kg/siniestro	8,0	2,3	0,0	6,2	97,0

Fuente: CARB, California.

Niveles de actividad

El nivel de actividad requerido para estimar las emisiones atmosféricas de esta fuente, son el número de siniestros ocurridos dentro del área de estudio. La siguiente tabla entrega el número total de siniestros ocurridos en la ciudad de Talca para el año 2006 entregado por el Cuerpo de Bomberos de la ciudad.

Tabla 123. Número de incendios ocurridos en la ciudad.

Comuna	Número de incendios
Talca	370

Cálculo de emisiones

La siguiente tabla entrega las emisiones estimadas para la ciudad de Talca utilizando la metodología descrita anteriormente.

Tabla 124. Emisiones totales por incendios urbanos (Ton/año)

Comuna	TOG	NOx	SOx	MP10	CO
Talca	8,37	2,67	0,37	6,57	97,37

EMISIONES BIOGENICAS

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

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

En Chile se han realizado cálculos de emisiones biogénicas para algunas regiones, sin embargo la Región Maule no cuenta con un inventario oficial de este tipo de compuestos.

En la "Modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos para la Región Metropolitana" elaborado por Dictuc para la CONAMA RM, se obtuvo que la emisión de COV biogénicos de la Región Metropolitana es de 18.029 ton/año, con un flujo de 0.0167 ton/ha/año.

Metodología de cálculo de emisiones

La base de la metodología aquí planteada se encuentra sustentada en la metodología presentada por Alex Guenther en la aplicación de su Modelo Global de estimación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles naturales (1995), publicación en la cual se entregan resultados globales de emisiones biogénicas para todo el planeta²¹. La metodología propuesta por Guenther a diferencia de la utilizada por el PC-BEIS de la EPA considera factores de emisión globales para ecosistemas clasificados según OLSON (1992), los cuales se encuentran individualizados para 26 ecosistemas los que cubren la totalidad del planeta.

La siguiente figura muestra los distintos ecosistemas de Olson a nivel planetario.

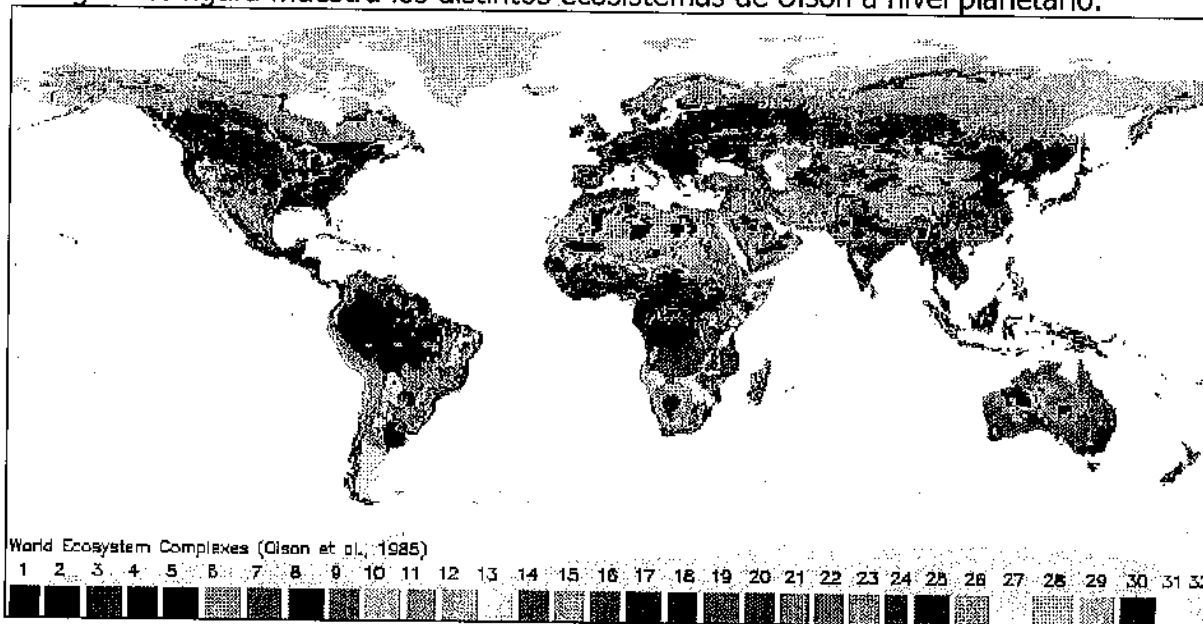


Figura 33. Ecosistemas de Olson

Tabla 125. Ecosistemas de Olson

Id Color	Ecosistema	N° OLSON
1	Conifers	22,27
2	Tropical/Subtropical Broad-leaved Humid Forest	29,33,73
3	Southern Taiga	60,61
4	Mid-Latitude Mixed Woods (Deciduous/Evergreen/Conifer)	23,24
5	Mid-Latitude Temperate Broad-leaved Forest	25,26
6	Main Boreal Taiga	20,21
7	Tropical/Subtropical Dry Forest and Woodland	32
8	Second Growth Forest/Fields (Tropical/Subtropical Humid, Temperate/Boreal Forests)	56,57

²¹ Journal of Geophysical Research, Vol. 100. N°. D5. Pages 8873-8892, May 20, 1995. Alex Guenther.

9	Semi-arid Woodland or Low Forest	48
10	Northern or Maritime Taiga, Subalpine	62
11	Tropical Montane Complexes	28
12	Second Growth Field/Woods (Tropical/Temperate Woods, Fields/Grass/Scrub)	55,58
13	Succulent and Thorn Woods and Scrub	59
14	Mediterranean Types & Dry, Highland Woods	46,47
15	Warm or Hot Wetlands	45,72
16	Paddyland	36
17	Tropical Savanna and Woodland (Interrupted Woods)	43
18	Shore and Hinterland Complexes	65,66,67,68
19	Other Irrigated Dryland	37,38,39
20	Wooded Tundra	63
21	Bog/Mire of Cool or Cold Climates	44
22	Heath and Moorland	64
23	Warm or Hot Shrub and Grassland (Marginal Lands)	41
24	Cool or Cold Farms, Towns	30
25	Warm/Hot Farms, Towns, Cool Grass/Scrub	31,4
26	Tibetan Meadows, Siberian Highlands	42
27	Cool Semidesert Scrub	52
28	Tundra, Arctic Desert and Ice	53,54,69,70
29	Non-Polar Desert and Semidesert, Sparse Vegetation	51,71,49
30	Non-Polar Sand Desert	50
31	Water Bodies	0
32	Antarctica	17

Con los resultados de esta publicación es posible obtener factores de emisión globales para los ecosistemas existentes en la Zona Central de Chile. En la Tabla 126 son presentados los principales ecosistemas utilizados. En términos generales la información entregada por Guenther y utilizada en este estudio corresponde a:

- Código de ecosistema de OLSON
- Descripción del ecosistema
- Emisiones de Isopreno
- Emisiones de Monoterpenos
- Emisiones de Otros COVs reactivos
- Emisiones de Otros COVs no reactivos
- Área geográfica estimada
- Temperatura ambiente promedio

Tabla 126. Ecosistemas Utilizados en Zona Central de Chile y Factores Obtenidos

olson	Descrip	isop ton CH1,85/ha- año	monot ton CH1,85/ha- año	ocov ton CH1,85/ha- año	Rad PAR	temp °K	Lai Promedio
24	Temperate mixed	0,050	0,011	0,020	356,92	285,2	6
27	Warm conifer	0,043	0,043	0,027	265,52	286,2	3
31	Farm/city - warm	0,020	0,005	0,036	409,16	289	1
37	Irrigation crop-w	0,012	0,003	0,020	509,27	292,2	2
41	Grass/shrub-hot	0,059	0,015	0,018	409,16	290,1	0
46	Mediterranean	0,019	0,008	0,009	557,15	287	2
47	Dry highland	0,014	0,011	0,007	461,39	290,5	0
56	regrowing woods	0,108	0,030	0,037	356,92	291	2
58	crop/woods - warm	0,036	0,013	0,049	356,92	290,9	1

Cálculo de emisiones

Aplicando la metodología de ecosistemas de Olson se obtienen las siguientes emisiones biogénicas para el área de estudio.

Tabla 127. Emisiones Biogénicas área de estudio (Ton/año)

Isopreno	Monoprenos	Otros COV reactivos	Otros COV no reactivos	COV Totales
18.313	8.298	10.764	10.764	48.138

4.8. CRIANZA DE ANIMALES

Metodología General

En general las emisiones de amoníaco asociadas a la crianza de animales provienen de 4 actividades: alojamiento de animales, almacenaje de estiércol, pastoreo (rumiantes y equinos) y aplicación de estiércol sobre el suelo. Las emisiones de NH₃ provenientes de estas actividades se pueden explicar y globalizar en la siguiente ecuación planteada dentro del estudio "Current and Future Emissions of Ammonia in China" por International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria²².

$$EL_{i,l} = \sum_j L_{j,l} \sum_k \sum_{s=1}^4 [ef_{i,j,l,s} (1 - \eta_{i,k,z}) X_{i,j,k,l}] \quad \text{Ecuación 19}$$

Where

- i,j,k,l = province, animal type, abatement technique, year;
- s = four stages, i.e. animal house, storage, application, grazing;
- L = animal population [thousand heads];
- ef = emission factor [kg NH₃ / animal per year];
- h = reduction efficiency of abatement technique;
- X = implementation rate of the abatement technique.

Donde:

- I, j, k, l : Provincia, tipo de animal, técnica de abatimiento, año
- S : Se refiere a las actividades asociadas a la crianza de animales (alojamiento, almacenaje, pastoreo y aplicación)
- L : Población animal (en cabezas)
- FE : Factor de emisión (en Kg NH₃ / animal por año)
- η : Eficiencia de reducción de técnicas de abatimiento
- X : Porcentaje de implementación de la técnica de abatimiento

Metodología de estimación de Emisiones

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

²² <http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei10/ammonia/klimont.pdf>

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

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

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

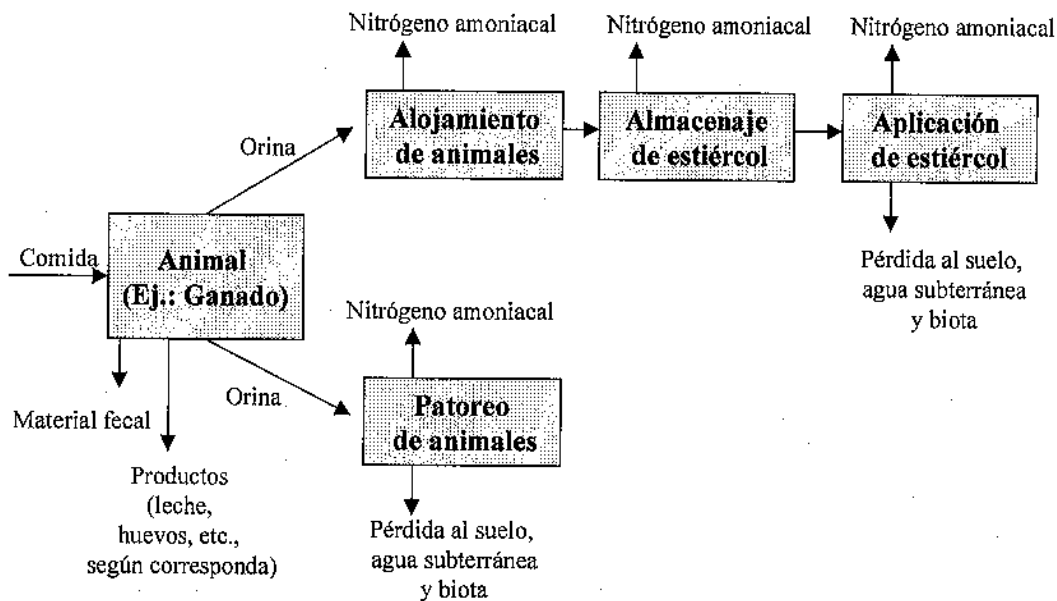


Figura 34. Diagrama de actividades asociadas a crianza de animales y del flujo de nitrógeno amoniacal (NH3)

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

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

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

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

Ecuación 20

Donde:

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

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

- N_{slurry} : Monto de nitrógeno del estiércol líquido disponible al momento de ser esparcido.
 N_{exout} : Nitrógeno excretado fuera de los alojamientos al año.
 Factor H : Fracción del nitrógeno excretado en las fecas y orinas, que se transforma en NH_3 .
 Factor I : Factor de emisión que relaciona el total de nitrógeno aplicado como estiércol.

Las variables que forman parte de las ecuaciones anteriores dependen, a su vez, del número y tipo de animales existentes en la Región, siendo este último el nivel de actividad de este rubro. La expresión general para las emisiones de NH_3 se presenta en la siguiente ecuación (las expresiones originales se pueden ver en la referencia):

$$E_{NH_3} = FE_{NH_3} * N_{anim} = 1.21FE_{NH_3-N} * N_{anim} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

- E_{NH_3} : emisión anual de amoniaco [Ton/año]
 FE_{NH_3} : factor de emisión de amoniaco [Ton/animal/año]
 FE_{NH_3-N} : factor de emisión nitrógeno amoniacal [Ton/animal/año]

Factores de Emisión

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

- Alojamientos

$$\text{Cerdos y aves} \quad FE_{NH_3-N} = \frac{(FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365 * 0.5}{1000} \quad \text{Ecuación 22}$$

$$\text{Otros animales} \quad FE_{NH_3-N} = \frac{(FactorC * FactorF + FactorD * FactorG) * 365}{1000}$$

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

- Aplicación al suelo

$$\text{Cerdos y aves } FE_{NH_3-N} = \frac{\text{FactorI}}{1000} [N_{exm} - (\text{FactorC} * \text{FactorF} + \text{FactorC} * \text{FactorG}) * 365 * 05]$$

$$\text{donde } N_{exm} = N_{ex} * \text{FactorC}$$

$$\text{Otros animales } FE_{NH_3-N} = \frac{\text{FactorI}}{1000} [N_{exm} - (\text{FactorC} * \text{FactorF} + \text{FactorD} * \text{FactorG}) * 365]$$

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

Ecuación 23

Pastoreo

$$\text{Cerdos y aves } FE_{NH_3-N} = \frac{\text{FactorH}}{1000} * N_{ex} * (1 - \text{FactorC})$$

Ecuación 24

$$\text{Otros animales } FE_{NH_3-N} = \frac{\text{FactorH}}{1000} * N_{ex} * \left[1 - \frac{\text{FactorC} + \text{FactorD} * \text{FactorE}}{\text{FactorC} + \text{FactorE}(1 - \text{FactorC})} \right]$$

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

Factor C: representa el período del año que el animal permanece en estabulación con dieta de invierno.

Factor D: representa el período del año que el animal permanece en estabulación con dieta de verano.

Factor E: representa la diferencia entre las dietas con respecto al valor proteico.

Factor F: representa las emisiones provenientes tanto de los alojamientos como de las producidas desde los lugares de almacenamiento del estiércol para época invernal.

Factor G: representa las emisiones provenientes tanto de los alojamientos como de las producidas desde los lugares de almacenamiento del estiércol para época estival.

Factor H: representa la fracción de nitrógeno excretado en las fecas y orina que se transforma en NH₃, provenientes del pastoreo.

Factor I: representa una fracción del nitrógeno aplicado como estiércol al suelo que se transforma en NH₃. Está asociado al total de nitrógeno aplicado en forma sólida y líquida.

N_{ex}: representa la excreción de nitrógeno en las diferentes categorías de animales.

Niveles de Actividad

Los niveles de Actividad utilizados corresponden al número total de animales por especie en cada comuna del área de estudio. La siguiente tabla entrega el número total de animales por especie.

Tabla 128. Número de animales por especie y comuna.

Comuna	Bovinos	Porcinos	Ovinos	Caprinos	Camélidos	Equinos	Pollos	Otras Aves
Talca	4.015	365	915	25	27	1.074	189.343	1.214
Maule	6.257	1.306	244	106	9	1.325	110.612	1.825
Pelarco	18.159	329	818	114	356	1.618	10.718	2.601
Pencahue	3.283	406	5.652	1.501	151	1.397	10.414	3.016
San Clemente	21.720	1.084	4.806	504	42	3.500	31.438	4.882
San Rafael	11.540	267	2.865	132	1	1.817	7.411	2.525
Sagrada Familia	3.093	366	12.429	2.533	7	1.938	34.539	1.716
San Javier	11.838	1.722	10.917	1.409	77	3.340	33.910	6.193
Villa Alegre	3.861	751	248	2	-	1.174	15.886	2.604
Yerbas Buenas	10.065	582	55	59	4	1.466	22.008	2.512
Total	93.831	7.178	38.949	6.385	674	18.649	466.280	29.089

Fuente: VII Censo agropecuario. INE.

La categoría Otras Aves incluye: pavos, gansos y patos.

Debido a que el último censo agropecuario no reportó aves, se utilizó información del informe "Agropecuarias, Informe Anual 2006-2007" preparado por INE, donde se informa número total de aves para cada región por semestres. La participación del número de aves a nivel comunal sobre el total regional se obtuvo manteniendo las participaciones del censo agropecuario de 1997.

Cálculo de emisiones

Debido a que no se posee información de la ubicación específica de los planteles de animales no es posible identificar aquellos que se encuentran dentro del área de estudio, por lo tanto se considera el total de animales existentes en cada comuna para la estimación de emisiones.

Las emisiones resultantes al aplicar la metodología antes descrita y la población de animales por comuna son las siguientes:

Tabla 129. Emisiones totales por especie y comuna NH₃ (ton/año).

Comuna	Bovinos	Porcinos	Ovinos	Caprinos	Camélidos	Equinos	Pollos	Otras Aves
Talca	154,1	1,5	2,7	0,1	0,1	3,0	68,4	0,1
Maule	240,2	5,5	0,7	0,3	0,0	3,7	39,9	0,1
Pelarco	697,0	1,4	2,4	0,3	1,5	4,6	3,9	0,2
Pencahue	126,0	1,7	16,5	4,3	0,6	4,0	3,8	0,2
San Clemente	833,7	4,5	14,0	1,5	0,2	9,9	11,4	0,3
San Rafael	442,9	1,1	8,4	0,4	0,0	5,1	2,7	0,2
Sagrada Familia	118,7	1,5	36,3	7,3	0,0	5,5	12,5	0,1
San Javier	454,4	7,2	31,9	4,1	0,3	9,5	12,2	0,4
Villa Alegre	148,2	3,1	0,7	0,0	-	3,3	5,7	0,2
Yerbas Buenas	386,3	2,4	0,2	0,2	0,0	4,1	7,9	0,2
Total	3.601,4	30,1	113,7	18,4	2,9	52,8	168,4	2,0

4.9. FUENTES MÓVILES

4.9.1. FUENTES MÓVILES EN RUTA

Metodología general de cálculo de emisiones vehiculares

La metodología general para estimar las emisiones vehiculares en ruta consiste en estimar los niveles de actividad de las diferentes categorías vehiculares y asociarles a cada una de ellas un nivel de emisión promedio o factor de emisión (ver siguiente ecuación).

Para los vehículos motorizados, el nivel de actividad es representado, básicamente, por el kilometraje recorrido por el vehículo en el tiempo y área donde se desarrolla el inventario, mientras que los factores de emisión se expresan en unidades de gramos por kilómetro recorrido, los que generalmente son altamente dependientes de la velocidad media de circulación.

$$E_i = \sum_k \text{ Nivel de actividad}_k \times FE_{ik} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

E_i: Emisiones [gr] del contaminante considerado i

Nivel de actividad : Nivel de actividad de la categoría vehicular k

FE_{ik} : Factor de emisión del contaminante i para la categoría k evaluada [gr/km]

El nivel de actividad asociado a este tipo de fuentes, puede ser obtenido de una manera desagregada y en detalle estimando directamente la información a partir de datos de flujo vehicular (modelos de transporte, conteos vehiculares, etc.), entre otras variables, generados por los modelos de transporte. Sin embargo, muchas veces estos datos no están disponibles y es necesario estimar el nivel de

actividad vehicular de forma más agregada con la ayuda de otros parámetros alternativos, tales como las estadísticas de consumo de combustible regionales, caracterización detallada del parque y/o encuestas directas a usuarios, o bien aplicar una metodología alternativa de asignación de flujo a la red vial, como en el caso del presente estudio.

Clasificación de fuentes móviles en ruta

Dentro de las fuentes móviles en ruta, considerando las características de las flotas locales de cada ciudad y la información disponible, se utilizan en términos generales las siguientes categorías básicas de vehículos:

- Vehículos livianos particulares
- Vehículos livianos comerciales
- Vehículos de alquiler
- Taxis colectivos
- Buses transporte público
- Buses transporte interurbano y rural
- Camiones livianos, medianos y pesados
- Motocicletas

Subcategorías más desagregadas se definen de acuerdo a las características locales y a la mejor información disponible.

Tipos de emisiones a considerar en los cálculos

La metodología de cálculo implementada en MODEM II asume que las emisiones provienen de tres fuentes fundamentales: las derivadas del motor cuando éste se encuentra en condiciones de operación estables (emisiones en caliente), aquellas provenientes del motor cuando éste se encuentra frío (emisiones por partidas en frío) y por último aquellas denominadas evaporativas (emisiones de hidrocarburos evaporados). Las emisiones totales serán, en consecuencia, la suma de estos tres tipos de emisiones, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 130. Desagregación de las emisiones totales

Desagregación de las emisiones totales:		
$E_{total} = E_{caliente} + E_{partidas\ en\ frío} + E_{evaporativas}$		
Ecuación 26		
E_{total}	:	Emisiones totales del contaminante considerado [gramos]
$E_{caliente}$:	Emisiones en caliente, fase estabilizada del motor [gramos]
$E_{partidas\ en\ frío}$:	Emisiones por partidas en frío [gramos]
$E_{evaporativas}$:	Emisiones por evaporación ²³ [gramos]

²³ Relevantes para especies de Compuestos Orgánicos Volátiles No Metálicos en vehículos a gasolina

A estas fuentes se le suman las emisiones originadas por el desgaste de frenos y neumáticos y las emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas. A su vez, se considera que las emisiones evaporativas en fuentes móviles provienen de tres fuentes primarias:

Tabla 131. Fuentes primarias de emisiones evaporativas

Fuentes primarias de emisiones evaporativas:
<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones durante el día (diurnal) • Emisiones por detenciones en caliente (hot soak emissions) • Pérdidas durante el recorrido (running losses)

Las emisiones por partidas en frío se asocian a las emisiones producidas en aquella porción del viaje de un vehículo en la cual la conducción se realiza en condiciones de temperatura de motor inferiores a las normales de diseño. Estas emisiones se destacan aún más cuando se estiman emisiones en ciudades donde el largo del viaje promedio es corto y las temperaturas son bajas.

Las emisiones evaporativas durante el día (diurnal), se asocian a las variaciones de temperatura naturales que se presentan durante el día. Las emisiones por detenciones en caliente (hot soak) se originan cuando el motor del vehículo es apagado (posterior a haber efectuado un recorrido), en donde el calor remanente calienta las líneas de combustible que ya no está fluyendo produciendo emisiones evaporativas. Estas emisiones pueden dividirse en "hot soak" cuando la temperatura del agua de refrigeración del motor al ser apagado está por sobre los 70°C y en "warm soak" cuando la temperatura es menor a 70°C. Finalmente, se tienen las emisiones evaporativas generadas por pérdidas durante el recorrido (running losses) las cuales también se diferencian según el grado de temperatura del motor, definiéndose "hot running losses" cuando la temperatura del agua refrigerante del motor se encuentra sobre los 70°C y "warm running losses" cuando se encuentra por debajo de este valor.

Las fuentes anteriores se hacen significativas al tratarse de vehículos a gasolina (vehículos de ciclo Otto), por lo que el cálculo se refiere a este segmento del grupo de fuentes móviles en ruta.

En resumen, entonces, las emisiones asociadas a las fuentes móviles en ruta provienen de los siguientes tipos de descarga:

Tabla 132. Tipo de descargas totales incorporadas en el cálculo de emisiones de fuentes móviles en ruta

Tipos de descargas de emisiones de fuentes móviles en ruta:	
•	Emisiones en caliente provenientes del sistema de escape de los vehículos
•	Emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido (running losses)
•	Emisiones evaporativas durante el día (diurnal)
•	Emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot soak emissions)
•	Emisiones por partidas en frío
•	Emisiones provenientes de desgaste de frenos y neumáticos.
•	Emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas

De acuerdo a la información disponible, al contaminante considerado y a la precisión requerida en el cálculo de emisiones, desde el punto de vista de la metodología utilizada para el cálculo de emisiones, se distinguen dos tipos: metodología para cálculo de emisiones por arco y metodología para cálculo de emisiones por zonas, las cuales se describen en forma resumida a continuación. Ambas metodologías son utilizadas en los cálculos de emisiones en MODEM II.

Metodología tipo arco

La metodología tipo Arco se basa en la existencia de una red vial, e idealmente la disposición de salidas de modelos de transporte. Cada arco tiene asociado características de operación básicas²⁴ asignadas según condiciones de equilibrio en la red, en un horario determinado (por ejemplo punta mañana), lo que permite tener valores de velocidad y flujos para cada arco.

A través de la aplicación de esta metodología se calculan con MODEM II los siguientes tipos de emisiones:

Tabla 133. Emisiones calculadas en MODEM II con metodología tipo arco

Emisiones calculadas con metodología tipo arco:	
•	Emisiones en caliente provenientes del sistema de escape de los vehículos
•	Emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido (running losses)
•	Emisiones provenientes de desgaste de frenos y neumáticos.
•	Emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas
•	Consumo de combustible (CC). Aunque no se trata de emisiones, bajo esta metodología también se calcula el consumo de combustible (CC) para las diferentes categorías.

²⁴ Capacidad, velocidades, longitud y flujos entre otros.

La siguiente figura muestra la red modelada de la ciudad de Talca utilizada en el presente estudio.

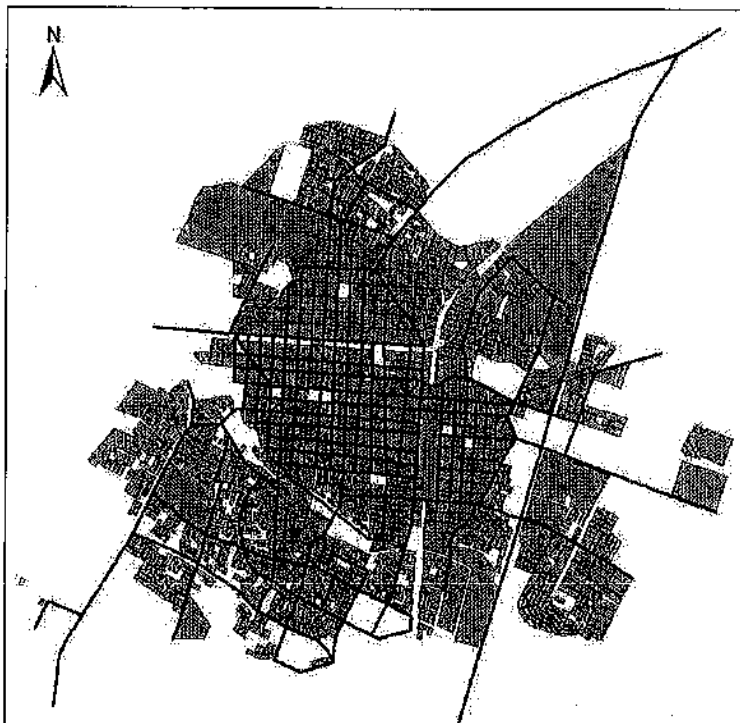


Figura 35. Red vial modelada, ciudad de Talca.

Metodología tipo zona

En la metodología tipo Zona, dentro de MODEM II, las emisiones difusas (como las originadas en la evaporación de combustibles líquidos) no son calculadas por arco sino por zonas geográficas más extensas (por ejemplo, en el caso de la Región Metropolitana, estas corresponden a las comunas del Gran Santiago, y para las ciudades PACIN corresponden a los sectores definidos), utilizando información zonal como número de viajes entre sectores, vehículos de la categoría /por sector, información de temperaturas, largo promedio de viajes, entre otras.

A través de la aplicación de esta metodología, se calculan los siguientes tipos de emisiones:

Tabla 134. Emisiones calculadas en MODEM II con metodología tipo zona

Emisiones calculadas con metodología tipo zona:
• Emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot soak emissions) ²⁵
• Emisiones evaporativas durante el día (diurnal) ²⁶
• Emisiones debidas a las partidas en frío

Metodologías específicas de cálculo de emisiones vehiculares

A continuación se describen las metodologías de estimación de emisiones asociadas a fuentes móviles en ruta.

Metodología de cálculo de emisiones en caliente por tubo de escape

La metodología general para este tipo de emisiones corresponde a:

$$E_{hora\ ijk} = F_{jk} \cdot L_j \cdot FE(v)_{ik} \cdot PF_{jk} \cdot C_{jk} \quad \text{Ecuación 27}$$

- $E_{hora\ ijk}$: Emisiones [gr] del contaminante considerado i en un arco j para la categoría vehicular k en una hora determinada.
- F_{jk} : Flujo vehicular [veh/h] total en el arco j a la hora en que se establecieron los parámetros por arco bajo el modelo de transportes utilizado como base
- L_j : Largo del arco evaluado [km].
- $FE(v)_{ik}$: Factor de emisión en función de la velocidad [gr/km] del contaminante i para la categoría k evaluada.
- PF_{jk} : Perfil de flujo o fracción del flujo total (Flujo jk) correspondiente a la hora evaluada y sector asociado al arco.
- C_{jk} : Composición o fracción del flujo total en el arco j perteneciente a la categoría k para el sector asociado al arco.

En la siguiente figura se presenta de manera esquemática esta metodología con información proveniente de modelos de transporte y para arcos agrupados por sectores geográficos (tipos asimilables según sectores específicos dentro del área de estudio). En esta ilustración es posible observar los requerimientos de datos adicionales a lo entregado por los modelos de transporte.

²⁵ Emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot soak emissions) cuyo factor de emisión esta expresado en [gr/detención] y depende de parámetros como la temperatura ambiental y la presión de vapor Reid del combustible utilizado.

²⁶ Emisiones evaporativas durante el día (diurnal) cuyo factor de emisión está expresado en [gr/día] y también depende de parámetros como la temperatura ambiental y la presión de vapor Reid del combustible.

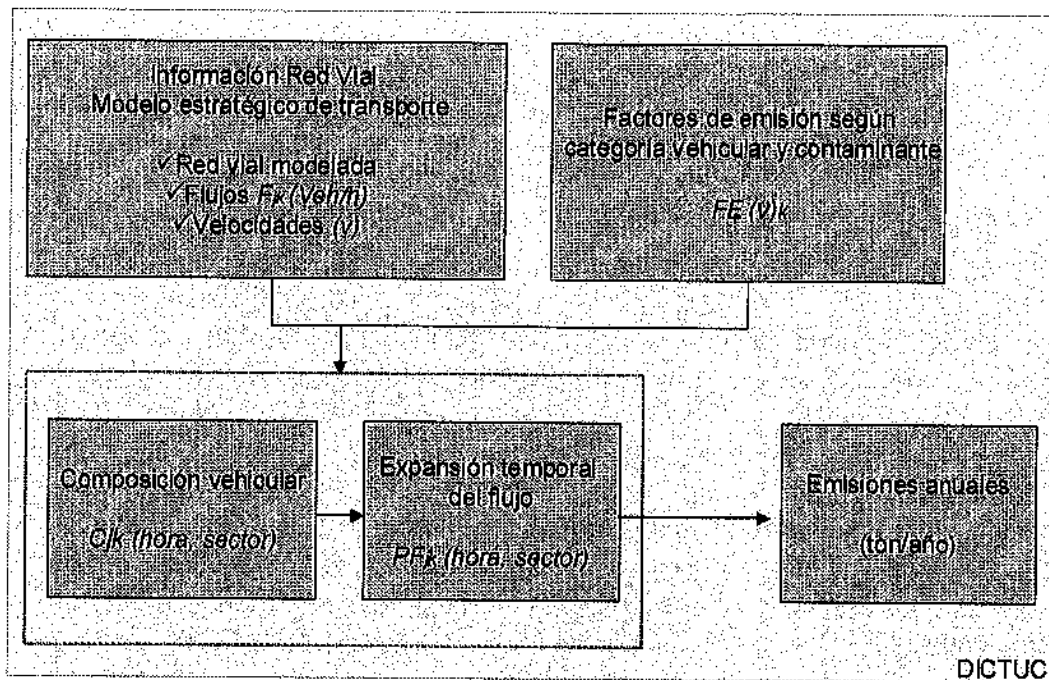


Figura 36. Esquema general para la aplicación de Metodología para Tubo de Escape.

A continuación, se describe la obtención de los parámetros a los que se hace referencia en la figura anterior, y los antecedentes procesados para la estimación de emisiones de la zona.

Modelación de transporte

En el caso de la información de la modelación de transporte, para el caso de la comuna de **Talca** se utilizará la información desarrollada por MIDEPLAN-SECTRA. Esta información se refiere a dos archivos generados con información a nivel de cada arco de la red vial de la comuna, con datos de flujo horario, separado en distintas categorías vehiculares (buses, camiones, taxis colectivos y vehículos de recorrido libre), velocidades por arco, para dos períodos del día (hora punta y fuera de punta), todo esto localizado geográficamente a través de sistema de información geográfica.

Caracterización de flujos vehiculares (C_k)

Con el objetivo de complementar los modelos es necesario utilizar datos provenientes de campaña de caracterización de flujos vehiculares que permitan generar las categorías vehiculares requeridas. Esta caracterización del flujo vehicular en cuanto a su composición hace posible obtener la mejor "fotografía" posible acerca de las diferentes clases de vehículos que circulan diariamente por cada ciudad y conocer sus proporciones relativas, vale decir, qué porcentaje del

flujo total corresponde a vehículos livianos, cuanto a camiones, a buses, etc. Esto es necesario debido a que la estimación de emisiones debe desagregarse en diferentes categorías vehiculares debido a las apreciables diferencias de emisiones entre un tipo de vehículo y otro.

En general, el alcance de esta actividad vendrá dado por la subdivisión de categorías entregada por el modelo de transporte o la información base disponible. En términos generales los modelos de transporte sólo distinguen los flujos asignados como aquellos que caracterizan el transporte de ruta fija, y aquellos de ruta variable, donde se encuentran agrupadas el grueso de las categorías vehiculares, como vehículos particulares y comerciales de todos los tipos. De esta manera, un trabajo de caracterización de flujos en terreno más una caracterización del parque local basada en estadísticas sectoriales como parque vehicular, revisión de bases de datos provenientes de plantas de revisión técnica y bases generadas por los diferentes gobiernos locales respecto a los permisos de circulación otorgados en cada uno de ellos, hacen posible desagregar los flujos vehiculares en todas aquellas categorías que el modelo de estimación de emisiones requiere.

Caracterización y Composición del Parque Automotriz

La revisión de los antecedentes existentes, respecto a las características propias del parque automotor local en cada una de las ciudades, nos lleva a la revisión y análisis de dos grandes fuentes de información. La primera dice relación con la base de datos que cada una de las municipalidades maneja respecto a los permisos de circulación vehicular que otorgan cada año, y que además es resumida por el Instituto Nacional de Estadísticas INE en boletines anuales. La segunda es la base de datos generada en el proceso de Plantas de Revisión Técnica, administrada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

La siguiente tabla resume las características tecnológicas del parque automotriz de Talca representativas del año 2006 procesadas en el marco del presente estudio.

Tabla 135. Participaciones tecnológicas agrupadas según categoría vehicular.

Categoría	Sub categoría	Participación
Vehículos Particulares	Vehículos Particulares Cat. Tipo 1	49.41%
	Vehículos Particulares No Catalíticos	48.57%
	Vehículos Particulares Otros	2.02%
Vehículos de Alquiler	Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1	90.52%
	Vehículos de Alquiler No Catalíticos	7.35%
	Vehículos de Alquiler Otros	2.13%
Vehículos Comerciales	Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1	48.98%
	Vehículos Comerciales No Catalíticos	35.34%
	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	15.68%
Camiones Livianos	Camiones Livianos Diesel Convencional	67.21%
	Camiones Livianos Diesel Tipo 1	8.72%
	Camiones Livianos Diesel Tipo 2	18.15%
	Camiones Livianos Diesel Tipo 3	5.93%
Camiones Medianos	Camiones Medianos Diesel Convencional	79.87%
	Camiones Medianos Diesel Tipo 1	6.39%
	Camiones Medianos Diesel Tipo 2	9.37%
	Camiones Medianos Diesel Tipo 3	4.37%
Motos	Motos de Dos Tiempos Convencional	90.42%
	Motos de Dos Tiempos Tipo 1	9.58%
Taxis Colectivos	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1	87.41%
	Taxis Colectivos No Catalíticos	7.15%
	Taxis Colectivos otros	5.44%
Buses Licitados	Buses Licitados Urbanos Diesel VTT	89.60%
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1	3.47%
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2	5.20%
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3	1.73%
Buses Rurales	Buses Rurales Diesel Convencional	90.00%
	Buses Rurales Diesel Tipo 1	3.00%
	Buses Rurales Diesel Tipo 2	5.00%
	Buses Rurales Diesel Tipo 3	2.00%

Expansión temporal de flujos vehiculares (PF_k)

Para poder calcular emisiones a lo largo de todo el día y todo el año, es decir, llegar a estimar las emisiones anuales, es necesario una expansión del flujo vehicular entregado por los modelos de transporte, al menos a todo el día. Los modelos de transporte entregan solamente evaluaciones o asignaciones de flujos para ciertas horas específicas de modelación, generalmente un horario de punta y otro fuera de punta. Entonces, como el modelo de emisiones requiere calcular emisiones en un periodo continuo de tiempo, es necesario extrapolar estas asignaciones a todo el día y a todo el año, para lo cual se debe contar con perfiles de flujos diarios que caractericen el comportamiento a lo largo de los días y semanas característicos. En este sentido, los conteos continuos de flujos entregan la información relevante para su obtención.

Así, en la **Ecuación 27**, el flujo modelado está representado por la expresión " F_{kj} ", mientras que el factor de extrapolación denominado "perfil de flujo" o " $PF_{jk}(\text{hora})$ " permite entonces expandir este flujo a cualquier otra hora del día.

La siguiente figura muestra el comportamiento del flujo vehicular a lo largo del día y la semana, para el promedio de categorías vehiculares que circulan por la ciudad. Al modelo de emisiones vehiculares MODEM II se le ingresaron perfiles temporales específicos por tipo de vehículo (vehículos particulares, vehículos comerciales, taxis colectivos, buses urbanos, buses rurales e interurbanos, camiones livianos y medianos, y camiones pesados). Estos antecedentes fueron tomados del estudio "Investigación de Instrumentos de Planificación Ambiental para Ciudades Intermedias" Etapa II, desarrollado por MIDEPLAN-SECTRA, durante el año 2005.

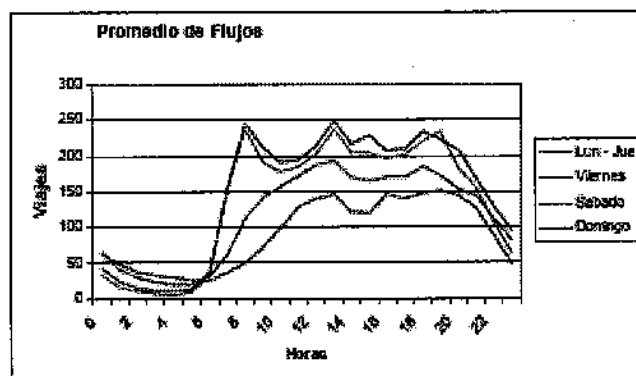


Figura 37: Perfil semanal promedio, Talca.

Factores de emisión ($FE(v)_{ik}$)

Paralelo a la caracterización y expansión de flujos, composiciones vehiculares y todos aquellos aspectos que tienen que ver con la descripción y cuantificación del nivel de actividad de las fuentes móviles en ruta, es necesario incorporar al proceso de cálculo el nivel de emisión de contaminantes atmosféricos generados por las diferentes categorías vehiculares existentes, lo que se conoce como la tasa de emisión másica por unidad de desplazamiento o "factores de emisión". Estos tienen en general la unidad de gramos por kilómetro recorrido y dependen, en su mayoría, de la velocidad media de circulación.

Como el factor de emisión " $FE(v)_{ik}$ " depende de la velocidad, esta última puede ser obtenida directamente desde el modelo de transporte, de datos provenientes de la calibración del modelo o bien mediante el empleo de técnicas específicas para estos fines. En términos generales dependiendo del modelo de transporte, MODEM II puede desarrollar sus propios cálculos mediante la incorporación de funciones flujo demora, para lo cual será necesario incorporar a MODEM II los parámetros

calibrados para dichas funciones o bien trabajar de manera directa con velocidades discretas entregadas por el modelo principalmente (velocidad de horario libre, punta y fuera de punta). Para el presente estudio en Talca, se utilizaron las velocidades entregadas de manera directa para cada arco por el modelo de transporte.

Resolución Espacial de las emisiones

Uno de los propósitos de los inventarios es alimentar el modelo de dispersión, por lo tanto, se debe considerar el tipo de información de entrada que requiere el modelo señalado. Se adoptará una metodología del tipo arco que permita generar el inventario con un nivel de detalle de las emisiones a nivel de cada arco incluido en el análisis y generando de esta forma el formato y nivel de desagregación requerido para la modelación.

Metodología de cálculo de emisiones evaporativas

Emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido

En el caso de las running losses, por tratarse de pérdidas durante el recorrido del vehículo, es decir, en el trayecto recorrido sobre los arcos de la red vial, éstas se incluyen como cualquier otro contaminante en el cálculo de las emisiones totales, por lo que se consideran como emisiones de arco, es decir, bajo la metodología denominada tipo arco. Esta metodología hace diferencia según el grado de temperatura del motor, es decir, se denomina "hot running losses" cuando la temperatura del agua refrigerante del motor se encuentra sobre los 70°C y "warm running losses" cuando se encuentra por debajo de este valor. La expresión genérica para el cálculo por arco es:

$$E_{evapRLkj} = \sum (FE_{evapRLk} \cdot F_{kj} \times L_j) \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

- $E_{evapRLkj}$: emisiones evaporativas totales debidas al recorrido diario (running losses) de la categoría k por arco de la red vial j [gr/hr]
- $FE_{evapRLk}$: factor de emisión para emisiones evaporativas debidas al recorrido diario (hot running losses o warm running losses según corresponda) de la categoría k en estudio [gr/km]
- F_{kj} : flujo de vehículos de la categoría k en el arco j evaluado.
- L_j : longitud del arco j [km]

Emisiones evaporativas durante el día (diurnal)

Las emisiones evaporativas durante el día (diurnal), se asocian a las variaciones de temperatura naturales que se presentan durante el día. La expresión de cálculo de emisiones totales diarias se presenta a continuación:

$$E_{evapD_k} = N_{v_k} \cdot F_{E_{evapD_k}} \quad \text{Ecuación 29}$$

Donde,

E_{evapD_k} : Emisiones evaporativas totales debidas a las variaciones naturales de temperatura (diurnal) de la categoría k , en el área de estudio [gr/día]

N_{v_k} : Número de vehículos de la categoría k en el área de estudio.

$F_{E_{evapD_k}}$: Factor de emisión para emisiones diarias debidas a cambios en la temperatura ambiente (diurnal) correspondiente a la categoría k [gr/día]

El número de vehículos N_{v_k} se obtiene a partir de la información proveniente de INE (permisos de circulación) para el año 2006. Además, con el fin de redistribuir de una manera más representativa el parque en la ciudad durante el día, y estimar qué fracción de los vehículos realmente se mantiene en su sector de origen y cuales salen o entran se utiliza la información de matrices de viajes por sectores EOD.

Emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot soak)

Las emisiones por detenciones en caliente (hot soak) se originan cuando el motor del vehículo es apagado (posterior a haber efectuado un recorrido), en donde el calor remanente calienta las líneas de combustible que ya no está fluyendo produciendo emisiones evaporativas. Estas emisiones pueden dividirse en "hot soak" cuando la temperatura del agua de refrigeración del motor al ser apagado está por sobre los 70°C y en "warm soak" cuando la temperatura es menor a 70°C. Al igual que para las emisiones durante el día, para las detenciones en caliente se considera la población de vehículos de acuerdo a la información base INE y a la distribución de la EOD.

La expresión de cálculo de emisiones totales diarias se presenta a continuación:

$$E_{evapHS_k} = N_{v_k} \cdot N_{vd_k} \cdot F_{E_{evapHS_k}} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde,

E_{evapHS_k} : Emisiones evaporativas totales debidas a las detenciones en caliente (hot o warm soak según corresponda) de la categoría k , en el área de estudio expresadas en [gr/día]

N_{v_k} : Número de vehículos de la categoría k en el área de estudio.

N_{vd_k} : Número de viajes diarios promedio realizado por la categoría k .

$F_{E_{evapHS_k}}$: Factor de emisión para emisiones provenientes de las detenciones en caliente (hot o warm soak) de la categoría k [gr/detención]

Metodología de cálculo de emisiones por partidas en frío

Las emisiones por partidas en frío se asocian a las emisiones producidas en aquella porción del viaje de un vehículo en la cual la conducción se realiza en condiciones de temperatura de motor inferiores a las normales de diseño. Estas emisiones se destacan aún más cuando se estiman emisiones en ciudades donde el largo del viaje promedio es corto y las temperaturas son bajas.

La metodología de cálculo para este tipo de emisiones se basa en la fórmula genérica mostrada a continuación:

$$E_{i,j,k,m} = E_{cal\ i,j,k,m} * (e_{frío}/e_{cal})_{jk} * (T_m) * F_{viaje} * (T_m LV_k) \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde,

- E_{ijkm} : Emisión de la comuna i , para el contaminante j , para la categoría de vehículo k , para el mes m , en Ton del contaminante/mes
- $E_{CALijkm}$: Emisiones Calculadas con la metodología de arcos (emisiones en caliente) para la comuna i , contaminante j , vehículo k , en el mes m , en Ton/mes
- $(e_{frío}/e_{cal})_{jk}$: Razón de emisiones entre motor frío y motor caliente para el contaminante j y vehículo k (adimensional).
- F_{viaje} : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de T_m y L_v
- T_m : Temperatura promedio del mes m
- LV_k : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría k

La ecuación siguiente calcula efectivamente las emisiones en frío asociadas al tramo en que el vehículo transita con motor frío. La ecuación siguiente muestra el cálculo de las emisiones en caliente que habrían sido calculadas para el tramo frío. Por lo tanto, éstas tendrán que ser restadas en el sistema de las calientes originales calculadas en el MODEM II antes que se incorporaren este tipo de emisiones.

$$E_{ijkm} = E_{cal,ijkm} \times F_{viaje} (T_m LV_k) \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde,

- E_{ijkm} : Emisión de la comuna i , para el contaminante j , para la categoría de vehículo k , para el mes m , en Ton del contaminante/mes
- $E_{CAL,ijkm}$: Emisiones calculadas con la metodología de arcos (emisiones en caliente) para la comuna i , contaminante j , vehículo k , en el mes m , en Ton/mes
- F_{viaje} : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de T_m y L_v
- T_m : Temperatura promedio del mes m
- LV_k : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría k

En las ecuaciones anteriores se hace referencia a dos parámetros importantes. Uno de ellos es la relación " $e_{frío}/e_{cal}$ ", correspondiente a la razón de emisiones en frío sobre las de tipo caliente. Este factor se aplica a la fracción del viaje en frío y depende de la temperatura ambiental, rangos de velocidad y del contaminante

considerado. Las expresiones utilizadas para el cálculo de esta razón se muestran en la **Ecuación 33**. El otro parámetro importante corresponde al " F_{viaje} " o fracción del viaje que se considera realizada en frío. Este depende de la temperatura y del modo de conducción, en particular del largo del viaje promedio asignado y está dado por la siguiente ecuación:

$$F_{\text{viaje}} = 0.6474 - 0.02545 * LV_k - (0.00975 - 0.000384 * LV_k) * T_m \quad \text{Ecuación 33}$$

Donde,

F_{viaje} : Fracción de un viaje efectuado por un vehículo con el motor en frío dependiente de T_m y LV_k

LV_k : Largo de un viaje promedio para un vehículo de categoría k .

T_m : Temperatura promedio del mes m .

Tabla 136. Razón de Emisión $e_{\text{frío}}/e_{\text{cal}}$ por partidas en frío

Vehículos livianos de pasajeros a gasolina convencionales	Temperatura (°C)		$e_{\text{frío}} / e_{\text{cal}}$		
CO	-10 : 30		3,7 - 0,09 * ta		
NOx	-10 : 30		1,14 - 0,006 * ta		
HCT	-10 : 30		2,8 - 0,06 *ta		
Vehículos livianos de pasajeros a gasolina Euro I, 1.4 2.0 litros	Velocidad	T°C	$e_{\text{frío}} / e_{\text{cal}} = AxV + BxT^o + C$		
			A	B	C
CO	5-25	-20 : 15	0.121	-0.146	3.766
	26-45	-20 : 15	0.299	-0.286	-0.58
	5-45	>15	0.0503	-0.363	8.604
NOx	5-25	>-20	0.0458	0.00747	0.764
	26-45	>-20	0.0484	0.028	0.685
HCT	5-45	-20 : 15	0.0157	-0.207	7.009
	26-45	-20 : 15	0.282	-0.338	4.098
	5-45	>15	0.0476	-0.477	13.44

Fuente.: COPERT²⁷, 2001.

Metodología de cálculo de emisiones proveniente del desgaste de frenos y neumáticos

La metodología utilizada para calcular las emisiones de material particulado producto del desgaste de frenos y de neumáticos se resume en las siguientes ecuaciones:

$$MP \text{ frenos} = 0.0128 * PSBRK \quad \text{Ecuación 34}$$

²⁷ Computer programme to calculate emissions from road transport, Methodology and emission factors (Version 2.1), 2001.

Donde, PSBRK es la fracción del particulado menor o igual al punto de corte involucrado. Para el caso de MP10 corresponde al 98% (0.98).

$$MP \text{ neumáticos} = 0.002 * PSTIRE * N^{\circ} \text{neum}$$

Ecuación 35

Donde *PSTIRE* corresponde a la fracción del particulado menor o igual al punto de corte involucrado que para el caso de MP10 corresponde al 100% y el *N°neum* corresponde al número de neumáticos promedio utilizado por la categoría evaluada.

Metodología de cálculo de emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas

A continuación se describe la metodología de estimación de emisiones proveniente de la resuspensión de material particulado sobre calles pavimentadas, metodología presentada en la última edición del AP-42, correspondiente a diciembre de 2003²⁸.

$$E_{pa} = E_d(1 - P/4N)$$

Ecuación 36

$$\text{Con, } E_d = e * F * L$$

Ecuación 37

Donde,

- E_{pa} : tasa de emisión anual (o del período bajo estudio) de partículas para el tramo de calle pavimentada [g/año].
- E_d : tasa de emisión diaria de partículas para el tramo de calle pavimentada [g/día].
- p : días con precipitaciones mayores de 0.254 mm. durante el periodo considerado.
- N : número de días del periodo de estudio (365 en el caso anual)
- e : factor de emisión de partículas por calles [g/vehículo-km].
- F : flujo vehicular diario [vehículos/día].
- L : longitud del tramo [km].

Factores de emisión de fuentes móviles en ruta

Las emisiones vehiculares dependen de múltiples variables, razón por la cual, seleccionar factores de emisión adecuados para una ciudad es sin duda una tarea compleja. En el presente estudio los desarrollos de más de una década disponibles en la Región Metropolitana permiten abordar de mejor forma esta tarea.

Idealmente, y sobre todo en ciudades donde el sector transporte tiene un alto impacto en la contaminación atmosférica, es recomendable emprender un esfuerzo para realizar mediciones a nivel local, dado que los factores de emisión que se usan internacionalmente no representan adecuadamente aquellos elementos propios de cada ciudad y que pueden ser determinantes en los niveles de emisión. Por otra parte, los factores de emisión determinados en forma experimental en

²⁸ <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0201.pdf>

Chile, son representativos de ciclos de marcha del Gran Santiago y, por lo tanto, también podrían experimentar diferencias en otras ciudades del país. Ejemplificando situaciones que determinan la diferencia entre emisiones de dos tipos de vehículos de características tecnológicas similares, basta mencionar que los niveles de emisión de dichos vehículos experimentarán diferencias explicadas por su estado de mantención, la forma de operación, etc.

Las emisiones vehiculares tienen su origen en tres dimensiones diferentes: tecnología vehicular, forma de uso de la tecnología (mantención, patrón de conducción, etc) y combustible usado (tipo y calidad). Los modelos de factores de emisión buscan identificar las variables que impactan en las emisiones y cuantificarlas de forma tal que los usuarios puedan estimar factores de emisión que son producto de una serie de parámetros de entrada. Algunas de las variables que se deben considerar a la hora de seleccionar factores de emisión adecuados se presentan a continuación:

- Tecnología (vehículos con o sin convertidor catalítico, tipos de certificación de emisiones, sistemas de control, etc)
- Ciclo de Marcha: Se refiere a la forma de circulación en cada ciudad, considera las velocidades medias, detenciones, aceleraciones, partidas en frío, etc)
- Antigüedad del parque vehicular
- Kilometraje promedio anual por categoría
- Estado de Mantención (existencia de revisiones técnicas obligatorias, por ejemplo)
- Calidad de los combustibles: Composición, contenidos de azufre, plomo, benceno, etc.
- Aspectos meteorológicos y geográficos.
- Otros: Sistema de transmisión, aire acondicionado, etc.

El parque automotor chileno, y por consiguiente el de la ciudad objeto de este estudio, es mucho más parecido al europeo y japonés que al de EUA, por lo tanto, se han de considerar principalmente los factores de emisión propuestos en el estudio europeo COPERT III para la estimación de las emisiones vehiculares en caliente, emisiones evaporativas y emisiones por partidas en frío, considerando los factores de emisión locales que se han desarrollado en nuestro país y los factores de corrección que se puedan calcular por mejoras en las características de los combustibles.

El modelo COPERT tiene la ventaja de que en su documentación deja conocer las ecuaciones que relacionan el tipo de vehículo y la velocidad promedio con el factor de emisión, siendo además la base de todos los estudios realizados a la fecha en Chile.

Actualmente se han generado curvas de emisiones para todas las categorías vehiculares, teniendo como referencia el estudio "Actualización de Inventarios de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana"²⁹, estudio "Actualización del Modelo de Cálculo de Emisiones Vehiculares"³⁰, "Hot Emission Model for Mobile Sources: Application to the Metropolitan Region of the City of Santiago, Chile"³¹.

Para el caso de las emisiones de material particulado provenientes de la resuspensión de polvo desde calles pavimentadas y desgaste de frenos y neumáticos, los factores de emisión provienen de las metodologías indicadas por el AP42 de la EPA, metodologías que han sido aplicadas en los inventarios de emisiones de la Región Metropolitana en estudios de Conama RM³². Respecto a los factores de especiación de material particulado en MP10 y MP2.5, estos se basan en los perfiles de especiación de la última actualización del SPECIATE (versión 3.2) de la EPA.

Factores de emisión de los tipos de descargas considerados en el inventario

A continuación se presentan una serie de tablas con los factores de emisión utilizados en este estudio para los siguientes elementos: (MP10) – (MP2.5) – (CO) – (HCT) – (NOx) – (SO2) – (CO2) – (CH4) – (N2O) – (NH3) – y Consumo de Combustible (CC), cada uno de ellos considerados para cada categoría de vehículos asociados a distintos tipos de emisión según corresponda.

Factores para emisiones evaporativas

La tabla siguiente muestra los factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones evaporativas.

²⁹ Conama RM – Diciembre 2000

³⁰ Sectra – Enero 2002

³¹ Corvalan&Osses, Urrutía "Journal of the Air Waste Management Association (ISSN 1047-3289), 2002

³² "Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la Región Metropolitana", 2000. "Modelo de Dispersión de Contaminantes para la Región Metropolitana", 2004.

Tabla 137. Factores de emisión para estimar emisiones evaporativas en vehículos de ciclo Otto (basados en COPERT II)

Factor de emisión	Unidades	Vehículos no controlados (sin dispositivo canister)	Vehículos controlados (dotados con canister)
Diurnal	[gr/día]	$9,1 * \exp(0,0158 * (RVP - 61,2) + 0,0574 * (t_{\min} - 22,5) + 0,0614 * (t_{\text{inc}} - 11,7))$	0,2 * (no controlado)
Warm soak	[gr/detención]	$\exp(-1,644 + 0,01993 * RVP + 0,07521)$	$0,2 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 t_a)$
Hot soak	[gr/detención]	$3,0042 * \exp(0,02 * RVP)$	$0,5 * 0,3 * \exp(-2,41 + 0,02302 * RVP + 0,09408 * t_a)$
Hot soak y Warm soak (vehículos con inyección de combustible)	[gr/detención]	0,7	No aplicable
Warm Running losses	[gr/km]	$0,1 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$	0,1 * (no controlado)
Hot Running losses	[gr/km]	$0,136 * \exp(-5,967 + 0,04259 * RVP + 0,1773 * t_a)$	0,1 * (no controlado)

Notas: t_a : temperatura ambiente
 t_{inc} : incremento de temperatura ambiente a lo largo del día
 t_{\min} : temperatura ambiente mínima
 RVP: presión de vapor Reid del combustible

Factores de Emisión de Polvo de Calles Pavimentadas

Los factores de emisión de polvo desde calles pavimentadas, ecuación de cálculo de emisiones incorporadas a MODEM II, corresponden a las versiones de diciembre del año 2003 del AP-42 de la EPA relativo a fuentes misceláneas de emisiones de polvo fugitivo desde calles pavimentadas³³.

El factor de emisión se puede obtener de la siguiente forma:

$$e = k \left(\frac{Sp}{2} \right)^{0,65} \left(\frac{W}{3} \right)^{1,5}$$

Ecuación 38

Donde,

Sp : contenido de material fino, fracción de polvo de diámetro ≤ 75 micrones [g/m²].

k : constante, depende del tamaño de partícula a considerar [gr/VKT].

W : peso promedio de la categoría de vehículo en movimiento [ton].

El valor de la constante k varía según el tamaño de partícula como se indica en la siguiente tabla:

33 <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/e13s0201.pdf>

Tabla 138. Valores de k, según tamaño de partícula

Tamaño de partícula	Valores de k en [gr/VKT].
MP 2.5	0,66
MP 10	4,6
MP 15	5,5
MP 30*	24

Se asocia a PTS. Fuente: AP42.

Respecto a la carga de sedimentos de material fino de la superficie del camino, debido a la carencia de estudios sobre el tema en la mayoría de las ciudades de Chile, se evaluará considerar los valores por defecto del AP-42 Capítulo 13, Cuadro 13.2.1-3, valores que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 139. Carga de finos

Flujo vehicular (v/día)	≤ 500	> 500 ≤ 10.000	> 10.000
Carga de finos (g/m ²)	0,6	0,11*	0,03

* En AP-42 se encuentra separado en flujos entre 500-5000 y 5000-10000, con valores de 0,2 y 0,06 respectivamente.

Fuente.: AP42.

Factores de emisión de fuentes móviles en ruta

Tabla 140. Factores de Emisión para Vehículos Livianos de pasajeros y Taxis

CATEGORIA	CONTAMINANTE	FACTOR EMISION (gr/km)
Vehículos particulares livianos sin convertidor catalítico. (sin normas de emisión)	CO	$0.0203*V^2-2.2662*V+77.661$
	HCT	$11.589*V^{0.5595}$
	NO _x	$9.5*10^{-6}*V^3-0.0016*V^2+0.0738*V+1.2586$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	$3.31*10^{-5}*V^2-0.00573*V+0.268$
	N ₂ O	0.005
	NH ₃	0.002
	CC	$595.76*V^{0.534}$
	Taxis sin convertidor catalítico (sin normas de emisión)	CO
HCT		$1.1851*V^{0.616}$
NO _x		$1.1*10^{-6}*V^3-$
SO ₂		$0.0001677V^2+0.0031795*V+0.4835758$
CO ₂		(1)
CH ₄		(2)
N ₂ O		$1.1176*10^{-5}*V^2-0.00196*V+0.099652$
NH ₃		0.053
CC		0.070
		$552.25*V^{0.5486}$
Vehículos particulares livianos con convertidor catalítico Tipo I. (EURO I o superior)	MP ₁₀	$(0.000058*V^2-0.0086*V+0.45)$
	CO	$5.41301*V^{0.574}$
	HCT	$4.61*V^{0.937}$
	NO _x	$0.000101*V^2-0.014*V+0.918$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	$0.0000019*V^2-0.1775*V+7.9936$
	N ₂ O	0.027
	NH ₃	0.001
	CC	$0.014*V^2-2.084*V+118.489$
Taxis con convertidor catalítico Tipo I. (EURO I o superior)	MP ₁₀	$(0.000058*V^2-0.0086*V+0.45)$
	CO	$5.41301*V^{0.574}$
	HCT	$4.61*V^{0.937}$
	NO _x	$0.000101*V^2-0.014*V+0.918$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	$0.0000019*V^2-0.1775*V+7.9936$
	N ₂ O	0.027
	NH ₃	0.001
	CC	$0.014*V^2-2.084*V+118.489$
Vehículos particulares livianos otros ³⁴ . (sin norma de emisión)	MP ₁₀	$(0.000058*V^2-0.0086*V+0.45)$
	CO	$5.41301*V^{0.574}$
	HCT	$4.61*V^{0.937}$
	NO _x	$0.000101*V^2-0.014*V+0.918$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	$0.0000019*V^2-0.1775*V+7.9936$
	N ₂ O	0.027
	NH ₃	0.001
	CC	$0.014*V^2-2.084*V+118.489$

³⁴ Corresponde a vehículos particulares a diesel

Tabla 141. Factores de Emisión para Vehículos Livianos Comerciales

CATEGORIA	CONTAMINANTE	FACTOR EMISION (gr/km)
Vehículos livianos comerciales sin convertidor catalítico < 3.5 ton (sin normas de emisión)	CO	$0.01104*V^2-1.5132*V+57.789$
	HCT	$0.000677*V^2-0.1170*V+5.4734$
	NO _x	$0.0179*V+1.9547$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.15
	N ₂ O	0.006
	NH ₃	0.002
	CC	$0.0234*V^2-3.3718*V+195.96$
Vehículos livianos comerciales con convertidor catalítico < 3.5 ton, Tipo I (EURO I o superior)	CO	$0.0037*V^2-0.5215*V+19.127$
	HCT	$0.0000577*V^2-0.01047*V+0.5462$
	NO _x	$0.0000755*V^2-0.009*V+0.666$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	$1.2969*10^{-5}*V^2-0.0021098*V+0.101995$
	N ₂ O	0.053
	NH ₃	0.07
	CC	$0.0234*V^2-3.3718*V+195.96$
Vehículos livianos comerciales diesel < 3.5 ton, Tipo I (sin normas de emisión)	MP ₁₀	$(0.000045*V^2-0.004885*V+0.1932)$
	CO	$0.000223*V^2-0.026*V+1.076$
	HCT	$0.0000175*V^2-0.00284*V+0.2162$
	NO _x	$0.000241*V^2-0.03181*V+2.0247$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.005
	N ₂ O	0.017
	NH ₃	0.001
CC	$0.0198*V^2-2.506*V+137.42$	
Vehículos livianos comerciales diesel < 3.5 ton (EURO I o superior), Tipo II	MP ₁₀	$(0.00003015*V^2-0.00327295*V+0.12944)$
	CO	$0.00018286*V^2-0.02132*V+0.88232$
	HCT	$0.00001085*V^2-0.0017608*V+0.134044$
	NO _x	$0.00020244*V^2-0.0267204*V+1.660254$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.005
	N ₂ O	0.017
	NH ₃	0.001
CC	$0.0198*V^2-2.506*V+137.42$	

Tabla 142. Factores de Emisión para Camiones Livianos

CATEGORIA	CONTAMINANTE	FACTOR EMISION (gr/km)
Camiones livianos Tipo I Convencionales <7.5 t (sin normas de emisión)	MP ₁₀	$4.5563 * V^{-0.707}$
	CO	$37.280 * V^{-0.6945}$
	HCT	$40.120 * V^{-0.8774}$
	NO _x	$50.305 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.0014 * V^2 - 0.1737 * V + 7.5506$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.085
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$
Camiones livianos Tipo II < 7.5 ton (EURO I o superior)	MP ₁₀	$2.96159 * V^{-0.7070}$
	CO	$18.64 * V^{-0.6945}$
	HCT	$30.09 * V^{-0.8774}$
	NO _x	$35.2135 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.00098 * V^2 - 0.12159 * V + 5.28542$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.06375
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$
Camiones livianos Tipo III < 7.5 ton (EURO II o superior)	MP ₁₀	$1.82252 * V^{-0.7070}$
	CO	$14.912 * V^{-0.6945}$
	HCT	$19.6585 * V^{-0.8774}$
	NO _x	$25.1525 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.0007 * V^2 - 0.060795 * V + 3.7753$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.0595
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$
Camiones livianos Tipo IV < 7.5 ton (EURO III o superior)	MP ₁₀	$1.2757 * V^{-0.7070}$
	CO	$10.438 * V^{-0.6945}$
	HCT	$14.7441 * V^{-0.8774}$
	NO _x	$17.60675 * V^{-0.7708}$ (0 a 47 km/h) $0.00049 * V^2 - 0.060795 * V + 2.64271$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.04165
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1425.2 * V^{-0.7593}$ (0 a 47 km/h) $0.0082 * V^2 - 0.043 * V + 60.12$

Tabla 143. Factores de Emisión para Camiones Medianos

CATEGORIA	CONTAMINANTE	FACTOR EMISION (gr/km)
Camiones Medianos Tipo I 7.5 – 16 ton (sin normas de emisión)	MP ₁₀	$9.6037 * V^{-0.7259}$
	CO	$37.28 * V^{0.6945}$
	HCT	$40.12 * V^{0.8774}$
	NO _x	$92.584 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.0006 * V^2 - 0.0941 * V + 7.7785$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.085
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$
	Camiones Medianos Tipo II 7.5 – 16 ton (EURO I o superior)	MP ₁₀
CO		$18.64 * V^{0.6945}$
HCT		$30.09 * V^{0.8774}$
NO _x		$64.8088 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.00042 * V^2 - 0.06587 * V + 5.44495$
SO ₂		(1)
CO ₂		(2)
CH ₄		0.06375
N ₂ O		0.03
NH ₃		0.003
CC		$1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$
Camiones Medianos Tipo III 7.5 – 16 ton (EURO II o superior)		MP ₁₀
	CO	$14.912 * V^{0.6945}$
	HCT	$28.084 * V^{0.8774}$
	NO _x	$46.292 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.0003 * V^2 - 0.04705 * V + 3.88925$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.0595
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$
	Camiones Medianos Tipo IV 7.5 – 16 ton (EURO III o superior)	MP ₁₀
CO		$10.4384 * V^{0.6945}$
HCT		$19.6588 * V^{0.8774}$
NO _x		$32.4044 * V^{-0.7393}$ (0 a 60 km/h) $0.00021 * V^2 - 0.032935 * V + 2.722475$
SO ₂		(1)
CO ₂		(2)
CH ₄		0.04165
N ₂ O		0.03
NH ₃		0.003
CC		$1068.4 * V^{-0.4905}$ (0 a 59 km/h) $0.0126 * V^2 - 0.6589 * V + 141.18$

Tabla 144. Factores de Emisión para Camiones Pesados

CATEGORIA	CONTAMINANTE	FACTOR EMISION (gr/km)
Camiones Pesados Tipo I convencionales (sin normas de emisión)	MP ₁₀	$10.933 * V^{0.7054}$
	CO	$37.280 * V^{0.6945}$
	HCT	$40.12 * V^{0.8774}$
	NO _x	$116.16 * V^{0.5859}$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.175
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1678.7 * V^{0.4593}$ (V < 60 km/h) $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$
Camiones Pesados Tipo II (EURO I o superior)	MP ₁₀	$7.10645 * V^{0.7054}$
	CO	$20.504 * V^{0.6945}$
	HCT	$20.06 * V^{0.8774}$
	NO _x	$63.888 * V^{0.5859}$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.0875
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1678.7 * V^{0.4593}$ (V < 60 km/h) $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$
Camiones Pesados Tipo III (EURO II o superior)	MP ₁₀	$2.73325 * V^{0.7054}$
	CO	$16.776 * V^{0.6945}$
	HCT	$18.054 * V^{0.8774}$
	NO _x	$46.464 * V^{0.5859}$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.07875
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1678.7 * V^{0.4593}$ (V < 60 km/h) $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$
Camiones Pesados Tipo IV (EURO III o superior)	MP ₁₀	$1.913275 * V^{0.7054}$
	CO	$11.7432 * V^{0.6945}$
	HCT	$12.6378 * V^{0.8774}$
	NO _x	$32.5248 * V^{0.5859}$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.055125
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1678.7 * V^{0.4593}$ (V < 60 km/h) $0.051 * V^2 - 7.2508 * V + 506.71$

Tabla 145. Factores de Emisión para Buses Transporte Público, Rurales, Particulares e Institucionales

CATEGORIA	CONTAMINANTE	FACTORES EMISION (gr/km)
Buses Transporte Público Convencionales (sin normas de emisión)	MP ₁₀	12.09253*V ^{-0.7360}
	CO	59.003*V ^{-0.7447}
	HCT	43.647*V ^{-1.0301}
	NO _x	89.174*V ^{-0.5185}
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.175
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	864.1*V ^{-0.4318}
Buses Transporte Público EURO I	MP ₁₀	5.109585*V ^{-0.7360}
	CO	29.5015*V ^{-0.7447}
	HCT	32.73525*V ^{-1.0301}
	NO _x	62.4218*V ^{-0.5185}
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.13125
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	1001.3*V ^{-0.4318}
Buses Transporte Público EURO II	MP ₁₀	3.14436*V ^{-0.7360}
	CO	23.6012*V ^{-0.7447}
	HCT	30.5529*V ^{-1.0301}
	NO _x	44.587*V ^{-0.5185}
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.1225
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	1645.9*V ^{-0.4318}
Buses Transporte Público EURO III	MP ₁₀	2.201052*V ^{-0.7360}
	CO	16.52084*V ^{-0.7447}
	HCT	21.38703*V ^{-1.0301}
	NO _x	31.2109*V ^{-0.5185}
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.08575
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	1645.9*V ^{-0.4318}

Tabla 146. Factores de Emisión para Buses Interurbanos

CATEGORIA	CONTAMINANTE	FACTOR EMISION (gr/km)
Buses Interurbanos Convencionales (sin normas de emisión)	MP ₁₀	$9.2934 * V^{0.7373}$
	CO	$63.791 * V^{0.8393}$
	HCT	$44.217 * V^{0.8870}$
	NO _x	$125.87 * V^{0.6562}$ (V<60 km/h) $0.0010 * V^2 - 0.1608 * V + 14.308$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.175
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1708 * V^{0.5396}$ (V<60 km/h) $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$
Buses Interurbanos Euro I	MP ₁₀	$6.04071 * V^{0.7373}$
	CO	$35.08505 * V^{0.8393}$
	HCT	$22.1085 * V^{0.8870}$
	NO _x	$69.2285 * V^{0.6562}$ (V<60 km/h) $0.00055 * V^2 - 0.08844 * V + 7.8694$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.0875
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1708 * V^{0.5396}$ (V<60 km/h) $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$
Buses Interurbanos EURO II	MP ₁₀	$2.32335 * V^{0.7373}$
	CO	$28.70595 * V^{0.8393}$
	HCT	$19.89765 * V^{0.8870}$
	NO _x	$50.348 * V^{0.6562}$ (V<60 km/h) $0.0004 * V^2 - 0.06432 * V + 5.7232$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.07875
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1708 * V^{0.5396}$ (V<60 km/h) $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$
Buses Interurbanos EURO III	MP ₁₀	$1.626345 * V^{0.7373}$
	CO	$20.0942 * V^{0.8393}$
	HCT	$13.928355 * V^{0.8870}$
	NO _x	$35.2436 * V^{0.6562}$ (V<60 km/h) $0.00028 * V^2 - 0.045024 * V + 4.00624$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.055125
	N ₂ O	0.03
	NH ₃	0.003
	CC	$1708 * V^{0.5396}$ (V<60 km/h) $0.0398 * V^2 - 6.294 * V + 425$

Tabla 147. Factores de Emisión para Motocicletas

CATEGORIA	CONTAMINANTE	FACTORES EMISION (gr/km)
Motocicletas 2 tiempos Convencional	CO	$-0.001*V^2+0.172*V+18.1$ (V<60 km/h) $0.0001*V^2 - 0.05*V + 21.5$
	HCT	$0.0035*V^2-0.409*V+20.1$ (V<60 km/h) $0.0003*V^2 - 0.0524*V + 10.6$
	NO _x	$0.00003*V^2-0.002*V+0.064$ (V<60 km/h) $-0.00002*V^2 - 0.0049*V - 0.157$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.15
	N ₂ O	0.002
	NH ₃	0.002
	CC	$0.006300*V^2-0.6028*V+44.40$ (V<60 km/h) $-0.0005*V^2 + 0.2375*V + 18.2$
Motocicletas 2 tiempos Tipo I	CO	$-0.0063*V^2+0.715*V-6.9$ (V<60 km/h) $0.0007*V^2 + 0.157*V + 6.0$
	HCT	$-0.00100*V^2+0.0970*V+3.90$ (V<60 km/h) $-0.0003*V^2 + 0.0325*V + 5.2$
	NO _x	$0.00002*V^2-0.0010*V+0.032$ (V<60 km/h) $-0.00002*V^2 + 0.0041*V - 0.152$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.15
	N ₂ O	0.002
	NH ₃	0.002
	CC	$-0.0011*V^2 + 0.2008*V + 17.8$ (V<60 km/h) $-0.001*V^2 + 0.2425*V + 14.6$
Motocicletas 4 tiempos Convencional	CO	$0.0139*V^2-1.42*V+55.0$ (V<60 km/h) $0.0009*V^2 + 0.0099*V + 17.8$
	HCT	$0.0015*V^2-0.164*V+5.51$ (V<60 km/h) $0.00001*V^2 + 0.0005*V + 0.86$
	NO _x	$0.00005*V^2-0.0009*V+0.092$ (V<60 km/h) $0.00002*V^2 + 0.0007*V + 0.104$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.2
	N ₂ O	0.002
	NH ₃	0.002
	CC	$0.02730*V^2-2.8490*V+98.90$ (V<60 km/h) $0.00210*V^2 - 0.1550*V + 29.20$
Motocicletas 4 tiempos Tipo I	CO	$0.00760*V^2-0.7300*V+23.50$ (V<60 km/h) $0.001*V^2 + 0.051*V + 0.8$
	HCT	$0.00070*V^2-0.0755*V+2.630$ (V<60 km/h) $0.00007*V^2 - 0.0152*V + 1.19$
	NO _x	$0.00005*V^2-0.0007*V+0.137$ (V<60 km/h) $0.00002*V^2 + 0.001*V + 0.143$
	SO ₂	(1)
	CO ₂	(2)
	CH ₄	0.2
	N ₂ O	0.002
	NH ₃	0.002
	CC	$0.02000*V^2-2.0750*V+77.10$ (V<60 km/h) $0.0013*V^2 - 0.0391*V + 23.5$

(1) y (2): A continuación se describirá el procedimiento de cálculo de emisiones de SO₂ y de CO₂

Emisiones de CO₂ y SO₂

Estas emisiones están directamente relacionadas con los consumos de combustible, asumiéndose para el cálculo de CO₂, que todo el carbono contenido en el combustible es oxidado.

$$ECO_2 = 44.011 \times (CC/12.011 + 1.008 \times r \text{ H:C}) - (ECO/28.011) - (EHCT/13.85) - (EMP/12.011)$$

Ecuación 39

Donde,

CC	:	Consumo de Combustible
ECO	:	Emisiones de CO
EHCT	:	Emisiones de HCT
EMP	:	Emisiones de Material Particulado
r H:C	:	Relación entre el hidrogeno y carbono existente en el combustible 1.8 para gasolina; 2.0 para diesel

En el cálculo de las emisiones de SO₂ se asume que todo el contenido de azufre (S) en el combustible se transforma completamente en SO₂, si consideramos que el peso atómico del azufre es 32 y el del oxigeno 16, el peso final será entonces el doble que el del azufre, siendo su fórmula de cálculo la siguiente:

$$ESO_2 = 2 \times CC \times S_{comb}$$

Ecuación**40**

Donde,

CC	:	Consumo de Combustible
S _{comb}	:	Contenido de azufre en el combustible (en peso m/m)

Cálculo de emisiones

La siguiente tabla muestra los resultados de las emisiones estimadas para la ciudad de Talca, utilizando el modelo de emisiones MODEM II, correspondientes al escenario 2006.

Las emisiones aquí reportadas corresponden a un resumen de las emisiones agrupadas según sus diferentes formas de emisión o tipos de descarga. En el Capítulo 13, se presenta el detalle de emisiones por tipo de descarga, además de otros contaminantes calculados.

Tabla 148. Resumen de emisiones de fuentes móviles en ruta, Talca, año 2006.

Vehículo	Contaminantes Locales (ton/año)							Contam. Globales (ton CO2 eq)	Niveles de Actividad	
	MP 10	MP 2.5	CO	NOx	SO2	NH3	COV		Consumo de Combustible (ton/año)	Kilómetros Recorridos
Vehículos Particulares Cat. Tipo 1	0.40	0.36	217.41	45.85	1.25	6.22	33.28	19912.72	6913.55	88882550.66
Vehículos Particulares No Catalíticos	1.08	1.50	2903.04	191.34	1.43	0.18	349.38	22603.98	7948.62	88882550.66
Vehículos Particulares Otros	0.69	0.63	2.28	1.86	0.60	0.00	0.51	629.27	200.61	3627859.21
Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1	0.09	0.09	50.38	10.60	0.29	1.45	6.13	4669.13	1616.27	20775785.46
Vehículos de Alquiler No Catalíticos	0.02	0.03	49.99	3.42	0.03	0.00	3.84	407.62	140.31	1598137.34
Vehículos de Alquiler Otros	0.09	0.08	0.29	0.23	0.08	0.00	0.06	79.57	25.37	456610.67
Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1	0.37	0.34	538.66	46.20	1.61	5.87	37.30	25624.15	8644.91	83874696.71
Vehículos Comerciales No Catalíticos	0.73	1.01	1106.80	170.33	1.15	0.12	208.05	18274.28	6159.82	59910497.65
Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	2.13	1.96	11.44	31.09	5.71	0.03	3.46	5971.06	1903.33	27387656.07
Camiones Livianos Diesel Convencional	2.04	1.88	17.46	15.76	1.64	0.02	9.63	1627.35	540.04	6269647.70
Camiones Livianos Diesel Tipo 1	0.18	0.16	1.17	1.52	0.22	0.00	0.97	230.60	73.30	842191.48
Camiones Livianos Diesel Tipo 2	0.22	0.20	1.88	3.43	0.44	0.01	1.27	466.11	146.67	1684382.96
Camiones Livianos Diesel Tipo 3	0.05	0.05	0.44	0.52	0.14	0.00	0.32	152.44	48.26	561460.99
Camiones Medianos Diesel Convencional	3.44	3.17	15.00	29.58	2.61	0.02	8.26	2723.21	875.76	5390710.39
Camiones Medianos Diesel Tipo 1	0.17	0.15	0.56	1.56	0.19	0.00	0.46	203.98	65.41	399311.88
Camiones Medianos Diesel Tipo 2	0.15	0.14	0.67	1.65	0.29	0.00	0.64	301.85	97.57	598967.82
Camiones Medianos Diesel Tipo 3	0.05	0.04	0.21	0.52	0.13	0.00	0.20	135.15	42.91	266207.92
Motos de Dos Tiempos Convencional	0.00	0.00	67.34	0.13	0.02	0.01	26.42	278.40	89.32	3067841.37
Motos de Dos Tiempos Tipo 1	0.00	0.00	4.10	0.01	0.00	0.00	1.89	24.42	7.53	340871.26
Buses Rurales Diesel Convencional	1.00	0.92	4.70	16.81	0.68	0.00	1.19	712.02	227.04	1397070.04
Buses Rurales Diesel Tipo 1	0.01	0.01	0.08	0.39	0.03	0.00	0.03	27.51	8.77	46569.00
Buses Rurales Diesel Tipo 2	0.01	0.01	0.10	0.47	0.07	0.00	0.05	75.37	24.03	77615.00
Buses Rurales Diesel Tipo 3	0.00	0.00	0.03	0.13	0.03	0.00	0.01	30.15	9.61	31046.00
Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1	0.16	0.15	94.39	19.95	0.54	2.55	13.55	8585.11	2971.84	36404980.74
Taxis Colectivos No Catalíticos	0.04	0.05	85.69	6.40	0.05	0.01	12.22	774.47	266.50	2895850.74
Taxis Colectivos otros	0.41	0.38	1.37	1.08	0.36	0.00	0.32	375.49	119.71	2068464.81
Buses Licitados Urbanos Diesel VTT	9.57	8.81	45.23	158.51	6.37	0.04	11.67	6659.11	2123.40	12481364.70
Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1	0.13	0.12	0.75	3.70	0.25	0.00	0.29	257.28	82.02	416045.49
Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2	0.14	0.13	1.01	4.40	0.67	0.00	0.45	704.93	224.70	693409.15
Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3	0.04	0.04	0.28	1.23	0.27	0.00	0.13	281.98	89.88	277363.66
TOTAL	23.42	22.42	5222.73	768.69	27.13	16.54	732.00	122798.70	41687.04	451607717.57

PM10 y PM2.5: corresponde a emisiones proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión.

CO y NOx: corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente sumado a las emisiones de partidas en frío.

COV: corresponde a emisiones de COV proveniente del tubo de escape asociadas a emisiones de combustión con motor en caliente y con motor en frío (balance frío caliente), sumado a emisiones evaporativas.

Fuentes Móviles en Carreteras y Vías Específicas

La metodología básica que se aplicara para el cálculo de emisiones en carreteras es similar a aquella utilizada para el cálculo de emisiones de fuentes móviles en ruta dentro de la red urbana. Así, multiplicando el flujo vehicular por una tasa de emisión representativa del tipo de vehículo evaluado se obtiene la estimación de emisiones básica.

Para esto se creó una red modelada georreferenciada, que consideró los principales arcos viales de la región. Así es posible obtener emisiones georreferenciadas, con perfiles de emisión y por tipo de vehículo para su posterior utilización en modelación de calidad del aire.

La información utilizada para realizar las estimaciones, es aquella proporcionada por la Dirección de Vialidad en los departamentos de Estadística y Censo de Tránsito y de Gestión Vial. Los antecedentes asociados al flujo vehicular requeridos son aquellos generados por el Plan Nacional de Censos de Tránsito del Departamento de Vialidad del MOP.

En las siguientes figuras se puede observar la red vial interurbana en la región

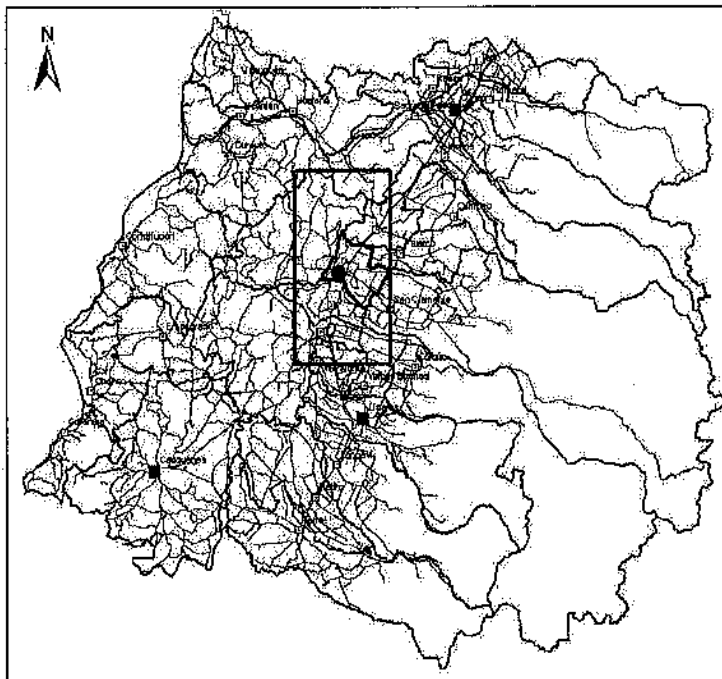


Figura 38. Red vial interurbana VII región y zona de estudio.

Cálculo de emisiones

La siguiente tabla entrega las emisiones por tubo de escape estimadas para tránsito de vehículos en carretera por tipo de vehículo.

Tabla 149. Emisiones tránsito vehicular en carretera

Tipo de vehículo	PM10	PM2,5	NOx	CO	COV	SOx
Buses Interurbanos Diesel Convencional	3,27	3,01	83,88	14,09	7,86	1,68
Buses Interurbanos Diesel Tipo 2	0,97	0,90	40,04	7,57	4,22	2,00
Buses Interurbanos Diesel Tipo 3	0,01	0,01	0,43	0,08	0,05	0,03
Buses Interurbanos Diesel Tipo1	2,43	2,24	52,88	8,88	4,50	1,92
Buses Rurales Diesel Convencional	0,04	0,03	1,68	0,40	0,08	0,02
Buses Rurales Diesel Tipo 1	0,39	0,36	20,78	3,50	1,06	0,42
Buses Rurales Diesel Tipo 2	0,37	0,34	19,95	3,76	1,33	0,93
Buses Rurales Diesel Tipo 3	0,52	0,48	15,12	2,85	1,01	1,01
Camiones Medianos Diesel Convencional	6,33	5,82	76,65	28,31	13,36	2,90
Camiones Medianos Diesel Tipo 1	3,71	3,41	48,37	12,76	9,03	2,61
Camiones Medianos Diesel Tipo 2	2,09	1,92	31,66	9,35	7,72	2,39
Camiones Pesados Diesel Convencional	20,44	18,80	375,48	73,25	34,10	11,73
Camiones Pesados Diesel Tipo 1	9,39	8,64	145,97	28,48	12,05	8,29
Camiones Pesados Diesel Tipo 2	2,58	2,37	75,71	16,62	7,73	5,91
Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1	0,30	0,28	33,81	637,40	7,65	1,23
Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	2,55	2,34	21,42	10,67	1,26	1,25
Vehículos Comerciales No Catalíticos	0,31	0,28	103,95	783,37	29,34	0,30
Vehículos Particulares Cat. Tipo 1	0,46	0,42	20,42	137,45	15,41	0,95
Vehículos Particulares No Catalíticos	0,45	0,41	82,22	1.419,64	27,39	0,26
Total	56,61	52,06	1.250,42	3.198,44	185,14	45,84

4.9.2. FUENTES MOVILES FUERA DE RUTA

Maquinaria vehicular

Los tipos de maquinaria terrestre considerada dentro del presente estudio son aquellas asociadas a maquinaria agrícola y a maquinaria de construcción que operan dentro de la Región.

La fuente de información para fuentes móviles fuera de ruta es la siguiente:

- Maquinaria Agrícola por comuna existente en la Región según fuente INE, Información de Plantas de Revisión Técnica de la Región y maquinaria registrada en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados.

- Maquinaria promedio utilizada en obras de construcción y superficie edificada por comuna en la Región. (información entregada por profesionales del área de la construcción y registros INE, respectivamente).

Para el cálculo de emisiones de fuentes móviles fuera de ruta se utiliza la metodología EPA descrita en el documento "EPA420-P-04-009, April 2004, NR-009c, Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling--Compression-Ignition". Estas fuentes serán consideradas como fuentes de zona, no como fuentes de arco, debido a la dificultad de localizar geográficamente el lugar de emisión.

Esta metodología se basa en la siguiente ecuación:

$$E_{i,k} = EF_i * T_k * C_k * W \quad \text{Ecuación 41}$$

Donde:

- $E_{i,k}$: Emisiones del contaminante i producidas por un vehículo tipo k [gr]
 EF_{ik} : Factor de emisión del contaminante i para los vehículos tipo k [gr/hp-h]
 T_k : Tiempo de operación promedio de los vehículos del tipo k [h]
 C_k : Porcentaje de carga (respecto a la potencia nominal) durante la operación normal de los vehículos tipo k
 W : Potencia nominal [hp]

El factor de emisión debe ser ajustado según:

$$EF_{adj} (HC, CO, NO_x) = EF_{SS} * TAF * DF \quad \text{Ecuación 42}$$

Donde:

- EF_{adj} : Factor de emisión ajustado (g/hp-hr).
 EF_{SS} : Factor de emisión en caliente (g/hp-hr). (Tabla 47)
TAF : Factor de ajuste transiente. (Tabla 48)
DF : Factor de deterioro.

Tabla 150. Consumo de combustible y factores de emisión para HC, CO, NOx Y MP según potencia de motor y tecnología.

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO _x	PM
>0 to 11	Base	0.408 ^b	1.5	5.0	10.0	1.0
	Tier 0		1.5	5.0	10.0	1.0
	Tier 1		0.7628	4.1127	5.2298	0.4474
	Tier 2		0.5508	4.1127	4.3	0.50
	Tier 4A		0.5508	4.1127	4.3	0.28
	Tier 4B		0.5508	4.1127	4.3	0.28
>11 to 16	Base	0.408 ^b	1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 0		1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 1		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 2		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 4A		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
	Tier 4B		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
>16 to 25	Base	0.408 ^b	1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 0		1.7	5.0	8.5	0.9
	Tier 1		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 2		0.4380	2.1610	4.4399	0.2665
	Tier 4A		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
	Tier 4B		0.4380	2.1610	4.4399	0.28
>25 to 50	Base	0.408 ^b	1.8	5.0	6.9	0.8
	Tier 0		1.8	5.0	6.9	0.8
	Tier 1		0.2789	1.5323	4.7279	0.3389
	Tier 2		0.2789	1.5323	4.7279	0.3389
	Tier 4A		0.2789	1.5323	4.7279	0.20
	Tier 4		0.1314	0.153	3.0000	0.0184

(Continuación Tabla anterior)

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO _x	PM
>50 to 75	Base	0,408	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,99	3,49	6,9	0,722
	Tier 1		0,5213	2,3655	5,5988	0,4730
	Tier 2		0,3672	2,3655	4,7	0,24
	Tier 4A		0,1836	2,3655	3,0	0,20
	Tier 4		0,1314	0,237	3,00	0,0184
>75 to 100	Base	0,408	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,99	3,49	6,9	0,722
	Tier 1		0,5213	2,3655	5,5988	0,4730
	Tier 2		0,3672	2,3655	4,7	0,24
	Tier 3B		0,1836	2,3655	3,0000	0,30
	Tier 4		0,1314	0,237	3,00	0,0092
	Tier 4N		0,1314	0,237	0,276	0,0092
>100 to 175	Base	0,367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,68	2,70	8,38	0,402
	Tier 1		0,3384	0,8667	5,6523	0,2799
	Tier 2		0,3384	0,8667	4,1	0,18
	Tier 3		0,1836	0,8667	2,5	0,22
	Tier 4		0,1314	0,087	2,50	0,0092
	Tier 4N		0,1314	0,087	0,276	0,0092
>175 to 300	Base	0,367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,68	2,70	8,38	0,402
	Tier 1		0,3085	0,7475	5,5772	0,2521
	Tier 2		0,3085	0,7475	4,0	0,1316
	Tier 3		0,1836	0,7475	2,5	0,15
	Tier 4		0,1314	0,075	2,50	0,0092
	Tier 4N		0,1314	0,075	0,276	0,0092

(Continuación Tabla anterior)

Engine Power (hp)	Technology Type	BSFC (lb/hp-hr)	Emission Factors (g/hp-hr)			
			HC	CO	NO _x	PM
>300 to 600	Base	0,367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,68	2,70	8,38	0,402
	Tier 1		0,2025	1,3060	6,8153	0,2008
	Tier 2		0,1669	0,8425	4,3351	0,1316
	Tier 3		0,1669	0,8425	2,5	0,15
	Tier 4		0,1314	0,084	2,50	0,0092
	Tier 4N		0,1314	0,084	0,276	0,0092
>600 to 750	Base	0,367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,68	2,70	8,38	0,402
	Tier 1		0,1473	1,3272	5,8215	0,2201
	Tier 2		0,1669	1,3272	4,1	0,1316
	Tier 3		0,1669	1,3272	2,5	0,15
	Tier 4		0,1314	0,133	2,50	0,0092
	Tier 4N		0,1314	0,133	0,276	0,0092
>750 except generator sets	Base	0,367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,68	2,70	8,38	0,402
	Tier 1		0,2861	0,7642	6,1525	0,1934
	Tier 2		0,1669	0,7642	4,1	0,1316
	Tier 4		0,2815	0,076	2,392	0,069
	Tier 4N		0,1314	0,076	2,392	0,0276
Gen sets >750 to 1200	Base	0,367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,68	2,70	8,38	0,402
	Tier 1		0,2861	0,7642	6,1525	0,1934
	Tier 2		0,1669	0,7642	4,1	0,1316
	Tier 4		0,2815	0,076	2,392	0,069
	Tier 4N		0,1314	0,076	0,460	0,0184
Gen sets >1200	Base	0,367	Vary by application, see NEVES			
	Tier 0		0,68	2,70	8,38	0,402
	Tier 1		0,2861	0,7642	6,1525	0,1934
	Tier 2		0,1669	0,7642	4,1	0,1316
	Tier 4		0,2815	0,076	0,460	0,069
	Tier 4N		0,1314	0,076	0,460	0,0184

Fuente: AP42 EPA

Tabla 151. Factor de ajuste transiente según tipo de maquinaria.

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF	HC	CO	NOx		PM		BSFC
			Assignment	Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	Base-T3
2270001000	Recreational Vehicles All	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270001020	Recreational Vehicles Snowmobiles	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001030	Recreational Vehicles All Terrain Vehicles	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001040	Recreational Vehicles Minibikes	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001050	Recreational Vehicles Golf Carts	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270001060	Recreational Vehicles Speciality Vehicle Carts	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002003	Construction Equipment Pavers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002006	Construction Equipment Tampers/Rammers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002009	Construction Equipment Plate Compactors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002015	Construction Equipment Rollers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002018	Construction Equipment Scrapers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002021	Construction Equipment Paving Equipment	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002024	Construction Equipment Surfacing Equipment	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002027	Construction Equipment Signal Boards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002030	Construction Equipment Trenchers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002033	Construction Equipment Bore/Drill Rigs	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002036	Construction Equipment Excavators	Excavator	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002039	Construction Equipment Concrete/Industrial Saws	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002042	Construction Equipment Cement & Mortar Mixers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002045	Construction Equipment Cranes	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002048	Construction Equipment Graders	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002051	Construction Equipment Off-highway Trucks	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002054	Construction Equipment Crushing/Proc. Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270002057	Construction Equipment Rough Terrain Forklifts	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002060	Construction Equipment Rubber Tire Loaders	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002063	Construction Equipment Rubber Tire Dozers	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002066	Construction Equipment Tractors/Loaders/Backhoes	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002069	Construction Equipment Crawler Dozer	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002072	Construction Equipment Skid Steer Loaders	SSLoader	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002075	Construction Equipment Off-Highway Tractors	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270002078	Construction Equipment Dumpers/Tenders	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270002081	Construction Equipment Other Construction Equipment	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270003010	Industrial Equipment Aerial Lifts	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270003020	Industrial Equipment Forklifts	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01

Continuación Tabla

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF	HC	CO	NOx		PM		BSFC
			Assignment	Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	Base-T3
2270003030	Industrial Equipment Sweepers/Scrubbers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003040	Industrial Equipment Other General Industrial Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003050	Industrial Equipment Other Material Handling Equipment	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270003060	Industrial Equipment AC/Refrigeration	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003070	Terminal Tractors	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270004000	Lawn & Garden Equipment ALL	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004010	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004011	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004015	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004016	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004020	Lawn & Garden Equipment Chain Saws < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004021	Lawn & Garden Equipment Chain Saws < 6 HP Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004025	Lawn & Garden Equipment Trimmers/Edgers/Brush Cutters	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004026	Lawn & Garden Equipment Trimmers/Edgers/Brush Cutters (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004030	Lawn & Garden Equipment Leafblowers/Vacuums	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004031	Lawn & Garden Equipment Leafblowers/Vacuums Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004035	Lawn & Garden Equipment Snowblowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004036	Lawn & Garden Equipment Snowblowers Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004040	Lawn & Garden Equipment Rear Engine Riding Mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004041	Lawn & Garden Equipment Rear Engine Riding Mowers (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004045	Lawn & Garden Equipment Front Mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004046	Lawn & Garden Equipment Front Mowers Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004050	Lawn & Garden Equipment Shredders < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004051	Lawn & Garden Equipment Shredders < 6 HP Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003030	Industrial Equipment Sweepers/Scrubbers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003040	Industrial Equipment Other General Industrial Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003050	Industrial Equipment Other Material Handling Equipment	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270003060	Industrial Equipment AC/Refrigeration	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270003070	Terminal Tractors	Crawler	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270004000	Lawn & Garden Equipment ALL	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004010	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004011	Lawn & Garden Equipment Lawn mowers Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004015	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004016	Lawn & Garden Equipment Rotary Tillers < 6 HP Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Continuación Tabla

SCC	Equipment Type	Cycle	TAF	HC	CO	NOx		PM		BSFC
			Assignment	Base-T3	Base-T3	Base, T0-T2	Tier 3	Base, T0-T2	Tier 3	Base-T3
2270004055	Lawn & Garden Equipment Lawn & Garden Tractors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004056	Lawn & Garden Equipment Lawn & Garden Tractors (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004060	Lawn & Garden Equipment Wood Splitters	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004061	Lawn & Garden Equipment Wood Splitters Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004065	Lawn & Garden Equipment Chippers/Stump Grinders	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004066	Lawn & Garden Equipment Chippers/Stump Grinders (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004071	Lawn & Garden Equipment Commercial Turf Equipment (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004075	Lawn & Garden Equipment Other Lawn & Garden Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270004076	Lawn & Garden Equipment Other Lawn & Garden Equipment (Commercial)	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270005010	Farm Equipment 2-Wheel Tractors	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005015	Farm Equipment Agricultural Tractors	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005020	Farm Equipment Combines	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005025	Farm Equipment Balers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005030	Farm Equipment Agricultural Mowers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005035	Farm Equipment Sprayers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005040	Farm Equipment Tillers > 6 HP	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005045	Farm Equipment Swathers	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005050	Farm Equipment Hydro Power Units	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270005055	Farm Equipment Other Agricultural Equipment	AgTractor	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270005060	Farm Equipment Irrigation Sets	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006000	Light Commercial ALL	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006005	Light Commercial Generator Sets	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006010	Light Commercial Pumps	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006015	Light Commercial Air Compressors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006020	Light Commercial Gas Compressors	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270006025	Light Commercial Welders	ArcWelder	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270006030	Light Commercial Pressure Washers	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2270007005	Logging Equipment Chain Saws > 6 HP	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270007010	Logging Equipment Shredders > 6 HP	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270007015	Logging Equipment Forest Equipment	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270008005	Airport Service Equipment Airport Support Equipment	RTLoader	Hi LF	1.05	1.53	0.95	1.04	1.23	1.47	1.01
2270009010	Other Underground Mining Equipment	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18
2270010010	Other Oil Field Equipment	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020005	Recreational Pleasure Craft, Inboards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020010	Recreational Pleasure Craft, Outboards	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2282020015	Recreational Pleasure Craft,	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

	Personal Water Craft									
2282020025	Recreational Pleasure Craft,	None	None	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2285002015	Sailboat Aux. Outboard Railway Maintenance	Backhoe	Lo LF	2.29	2.57	1.10	1.21	1.97	2.37	1.18

Factor de deterioro asociado:

$$DF = 1 + A * (\text{factor de edad})^b \quad \text{Para factor de edad} \leq 1$$

$$DF = 1 + A \quad \text{Para factor de edad} > 1$$

A : Constante según tipo de contaminante/tecnología (**Tabla 152**).

b : Constante, para vehículos diesel se considera b=1 para un factor de deterioro lineal.

$$\text{Factor de edad} = \frac{(\text{horas}_{\text{acumuladas}} * \text{factor}_{\text{de}_{\text{carga}}})}{\text{vida}_{\text{media}_{\text{a}_{\text{carga}_{\text{completa}}}}} \quad \text{Ecuación 43}$$

Tabla 152. Factor de deterioro (A) para motores diesel fuera de ruta

Pollutant	Relative Deterioration Factor (A) (% increase/%useful life)			
	Base/Tier 0	Tier 1	Tier 2	Tier 3+
HC	0.047	0.036	0.034	0.027
CO	0.185	0.101	0.101	0.151
NOx	0.024	0.024	0.009	0.008
PM	0.473	0.473	0.473	0.473

Fuente: AP42 EPA

Factor de ajuste MP10:

La emisión de MP depende del contenido de sulfuro en el combustible, por tanto el factor de emisión para MP se calcula usando:

$$EF_{\text{adj}} (\text{MP}) = EF_{\text{SS}} * \text{TAF} * DF - S_{\text{MPadj}} \quad \text{Ecuación 44}$$

$$S_{\text{MPadj}} = \text{BSFC} * 453.6 * 7.0 * \text{soxcnv} * 0.01 * (\text{soxbas} - \text{soxds}) \quad \text{Ecuación 45}$$

BSFC : Uso de combustible (lb/hp-hr)

453.6 : conversión de libras a gramos.

7.0 : gramos de MP sulfato / gramos MP sulfuro

S_{MPadj} : Factor de ajuste de emisión por variación de contenido de sulfuro en el combustible.

soxcnv : gramos MP sulfuro por gramos de sulfuro combustible consumido

0.01 : conversión de porcentaje a fracción

soxbas : porcentaje de peso por defecto de sulfuro en el combustible

soxdsl : porcentaje de peso de sulfuro en combustible

Existe un valor base para soxcnv = 0.02247 y para soxbas el valor por defecto es de 0.33.

Niveles de actividad.

El nivel de actividad requerido para el cálculo de emisiones es el número de horas de funcionamiento por tipo de maquinaria. Para la estimación de emisiones producto del funcionamiento de maquinaria agrícola se considerará el uso de tractores y cosechadoras, ya que gran parte del resto de la maquinaria agrícola se adosa a tractores para su uso. Para rellenos sanitarios se considerara la maquinaria específica que funciona dentro de cada uno de ellos.

Maquinaria Agrícola

Se considerarán cuatro actividades principales en que se utiliza esta maquinaria: Aradura, Rastra, Aplicación de líquidos y Cultivación. Para cada actividad se estimó un número de horas de utilización según tipo de cultivo y maquinaria, que es finalmente el nivel de actividad por hectárea.

La siguiente tabla resume las horas asignadas a cada actividad por maquinaria y tipo de cultivo.

Tabla 153. Horas de uso de maquinaria por hectárea según actividad y tipo de cultivo.

Actividad	Cereales y Chacras	Industriales	Hortalizas	Frutales
Aradura	2	2	2	0
Rastra	4	4	4	0
Aplicación de líquidos	2	2	4	2
Cultivación	1	1	1	0
Tractor (total)	9	9	11	2
Cosechadora	2	2	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el número total de horas de uso por tipo de maquinaria se utilizó la superficie por hectárea por tipo de cultivo para el año 2006 que serán utilizados en el cálculo de emisiones debido a preparación de terrenos agrícolas.

Rellenos Sanitarios

La siguiente tabla entrega los niveles de actividad necesarios para estimar las emisiones producto de la maquinaria que funciona dentro de los rellenos sanitarios.

Tabla 154. Maquinaria al interior de rellenos sanitarios.

Nombre Relleno	Maquinaria				
	Tipo de Maquinaria	Modelo	Potencia (Hp)	Horas uso (día)	Unidades
EL RETAMO	BULLDOZER	KOMATSU EX65	150	14	1
	EXCAVADORA	KOMATSU PC200	130	10	1

Cálculo de emisiones

La siguiente tabla muestra las emisiones estimadas para las comunas incluidas en el área de influencia de la zona de estudio por tipo de maquinaria agrícola. Para realizar la estimación de emisiones se considero la participación de la superficie de la zona de estudio sobre la superficie total agrícola en cada comuna.

Tabla 155. Emisiones por tipo de maquinaria agrícola, (ton/año), 2006.

MAQUINARIA/COMUNA	CONTAMINANTE				
	HC	CO	NOx	PM	PM 2,5
TRACTORES					
TALCA	2,2	12,6	13,3	2,4	2,2
MAULE	1,3	7,7	8,2	1,5	1,4
PELARCO	0,1	0,8	0,8	0,1	0,1
PENCAHUE	0,8	4,8	5,1	0,9	0,8
SAN CLEMENTE	0,6	3,3	3,5	0,6	0,6
SAN RAFAEL	0,4	2,6	2,8	0,5	0,5
SGA FAMILIA	0,1	0,8	0,9	0,2	0,1
SAN JAVIER	1,2	6,9	7,3	1,3	1,2
VILLA ALEGRE	1,6	9,2	9,8	1,8	1,6
YERBAS BUEBAS	1,0	5,9	6,3	1,1	1,0
COSECHADORAS					
TALCA	0,3	1,6	1,7	0,3	0,3
MAULE	0,1	0,6	0,6	0,1	0,1
PELARCO	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
PENCAHUE	0,1	0,7	0,7	0,1	0,1
SAN CLEMENTE	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1
SAN RAFAEL	0,1	0,4	0,4	0,1	0,1
SGA FAMILIA	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
SAN JAVIER	0,2	1,2	1,2	0,2	0,2
VILLA ALEGRE	0,3	1,5	1,6	0,3	0,3
YERBAS BUEBAS	0,2	1,0	1,1	0,2	0,2
TOTAL MAQUINARIA	10,7	62,3	66,0	11,9	11,0

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla entrega las emisiones estimadas por funcionamiento de maquinaria al interior de rellenos sanitarios.

Tabla 156. Emisiones por tipo de maquinaria y relleno sanitario

	Maquinaria	HC	CO	NOx	PM
El Retamo	Bulldozer	0,15	0,60	2,25	0,17
	Excavadora	0,09	0,34	1,27	0,10
	Total	0,24	0,94	3,52	0,27

4.10. FUENTES FUGITIVAS

4.10.1. CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Construcción de edificios

Metodología y Factores de Emisión

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

$$E = A * T * FE$$

Ecuación 46

Donde:

E : emisiones de material particulado [kg/año]

A : área intervenida en la construcción [m²]

T : tiempo de duración de la obra [mes]

FE : factor de emisión de material particulado [kg/m²-mes]

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

Tabla 157. Factores de emisión para construcción de edificios [kg/m²-mes].

MP ₁₀	PTS
0,0247	0,0504

Fuente: CARB Section: 7.7 Building Construction Dust"
(Revised September 2002)

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

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

Niveles de Actividad

Los niveles de actividad necesarios para realizar la estimación de emisiones es la superficie construida por tipo de edificación, esta información fue entregada por la Municipalidad de Talca para el año 2006 y se muestra en la siguiente tabla según tipo de construcción.

Tabla 158. Superficie construida por tipo de construcción ciudad de Talca 2006.

Año	Viviendas		Industria y servicios	
	Cantidad	Superficie m ²	Cantidad	Superficie m ²
2006	1.426	38.435	38	88.901

Fuente: Municipalidad de Talca.

Cálculo de emisiones

A continuación se entregan las estimaciones realizadas utilizando la información entregada por la Municipalidad de Talca y la metodología descrita anteriormente.

Tabla 159. Emisiones producto de la construcción de edificios (ton/año), ciudad de Talca 2006.

	PTS	MP10
Talca	38,5	18,9

Construcción de caminos

Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

El área que es afectada por la construcción de caminos se estima a partir de los kilómetros de caminos construidos y de la superficie intervenida por kilómetro dependiendo del tipo de vía autopista, carretera, calle en ciudad³⁵.

Los kilómetros de caminos construidos en un año se estiman a partir de la diferencia en los kilómetros de caminos reportados en el año en que se realiza el inventario con respecto al año anterior. Este valor es dividido en los tres tipos de caminos mencionados en el párrafo anterior y el valor de superficie por kilómetro construido se obtiene a partir del número de pistas, ancho de las pistas y el ancho de la berma para cada tipo de camino. Los valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 160. Superficie por kilómetro de camino construido.

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

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

** Área por kilómetro [m²] = 1 kilómetro x Ancho x (1000 m/1 km)

Fuente: CARB, California.

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

El factor de emisión utilizado para la evaluación de las emisiones asociadas a la construcción de caminos, fue tomado de "Section 7.8 Road Construction Dus, CARB" revisión agosto 1997, y está basado en el Midwest Research Institute de California, año 1996.

Tabla 161. Factores de emisión para construcción de caminos (kg/m²-mes)

Factores de emisión	MP10	PTS
Construcción de caminos	0,0247	0,042

Fuente: CARB, California, 1997

³⁵ Los tipos de caminos señalados en la literatura corresponden a freeway, highway y city&county. El tipo freeway corresponde a carreteras donde no se paga peaje.

Niveles de Actividad

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

- El MOP está a cargo de las concesiones y de la red interurbana, la cual se divide en Red Básica y Red comunal. Los caminos que conforman estas redes se dividen en 5 clases:

Clase A: red de caminos nacionales que forma parte de la Red Básica.

Clase B: red de caminos principales que forma parte de la Red Básica.

Clase C: red regional secundaria que forma parte de la Red Básica.

Clase D: red de caminos comunales primarios que forma parte de la Red Comunal

Clase E: red de caminos comunales secundarios que forma parte de la Red Comunal

Según información obtenida de reportes de longitudes pavimentadas para el área de estudio durante el año 2006, no existe construcción de caminos por parte del MOP, por tanto no existirá aporte en las emisiones de esta fuente.

- El MINVU está a cargo de la red vial urbana, a excepción de los caminos públicos administrados por el MOP. Por su parte el MINVU clasifica a la red vial en:

Calles: corresponden a las vías de circulación vehicular que a su vez se divide en expresa, troncal, colectora, de servicio y local.

Pasajes: corresponde a las vías de circulación peatonal que se divide en pasajes y pasajes en pendiente.

No fue posible obtener información referente a construcción de caminos dentro de la ciudad de Talca, por tanto esta fuente no es reportada dentro del estudio.

4.10.2. POLVO RESUSPENDIDO DESDE CALLES PAVIMENTADAS Y NO PAVIMENTADAS

Calles pavimentadas

Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

La metodología se describe en la sección de fuentes móviles, ya que ésta es calculada con el modelo de emisiones MODEM II.

Calles no pavimentadas

Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

La tasa anual de emisiones para tramos de calle sin pavimentar, se estima como el producto entre la tasa de emisión diaria y el número de días con precipitaciones menores de 0.25 mm, es decir:

$$E_{pa} = E_d (365 - (n/24 + 1)p) \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde :

E_{pa} : tasa de emisión anual de partículas para el tramo de calle sin pavimentar [g/año].

E_d : tasa de emisión diaria de partículas para el tramo de calle sin pavimentar [g/día].

p : días al año con precipitaciones mayores de 0.25 mm.

n : número de horas que demora en secar la calle, después de la última lluvia.

Para el cálculo de la emisión específico se utiliza la siguiente expresión:

$$E_d = F_e * F * L \quad \text{Ecuación 48}$$

Donde :

E_d : tasa de emisión diaria de partículas para el tramo de calle sin pavimentar [g/día].

F_e : factor de emisión de partículas por calle (gr/vehículo-km)

F : flujo vehículo diario (vehículo/día)

L : longitud del tramo (km)

La última versión del AP-42 de la EPA, correspondiente al año 2003, señala la siguiente expresión para determinar el factor de emisión a evaluar:

$$e = \frac{k \left[\frac{s}{12} \right]^a \left[\frac{w}{3} \right]^b}{\left[\frac{m}{0.2} \right]^c} \quad \text{Ecuación 49}$$

Donde:

e: factor de emisión [kg/km-vehículo recorrido].

k: factor de corrección por tamaño de partículas [adimensional].

s: contenido de partículas finas en la superficie de la calle [%].

w: peso promedio de los vehículos [Toneladas].

m : contenido de humedad de la superficie [%]

a; b; c : constantes

Niveles de Actividad

Para calles no pavimentadas los niveles de actividad necesarios para la estimación de emisiones corresponden a los flujos de vehículos por calles sin pavimentar y longitud de las vías, tanto en zona urbana como en vías fuera de la ciudad.

Para calles pavimentadas los niveles de actividad necesarios corresponden a los flujos vehiculares en calles pavimentadas tanto en la red vial urbana como interurbana. Los flujos y longitudes de camino son obtenidos de la modelación de transporte y de la red modelada respectivamente. Los flujos y longitudes para la red interurbana son obtenidos de las mediciones de flujos en carreteras realizadas por el MOP (TMDA) y de la cobertura (shape) de red vial del MOP, que entrega además información del tipo de carpeta del camino.

Los niveles de actividad de los metros lineales sin pavimentar por comuna, fueron solicitados a la municipalidad de Talca y en forma paralela al SERVIU para calles dentro de la ciudad de Talca, una vez recepcionada esta información se efectuará la estimación de emisiones.

La siguiente figura muestra la red interurbana de la VII región por tipo de carpeta.

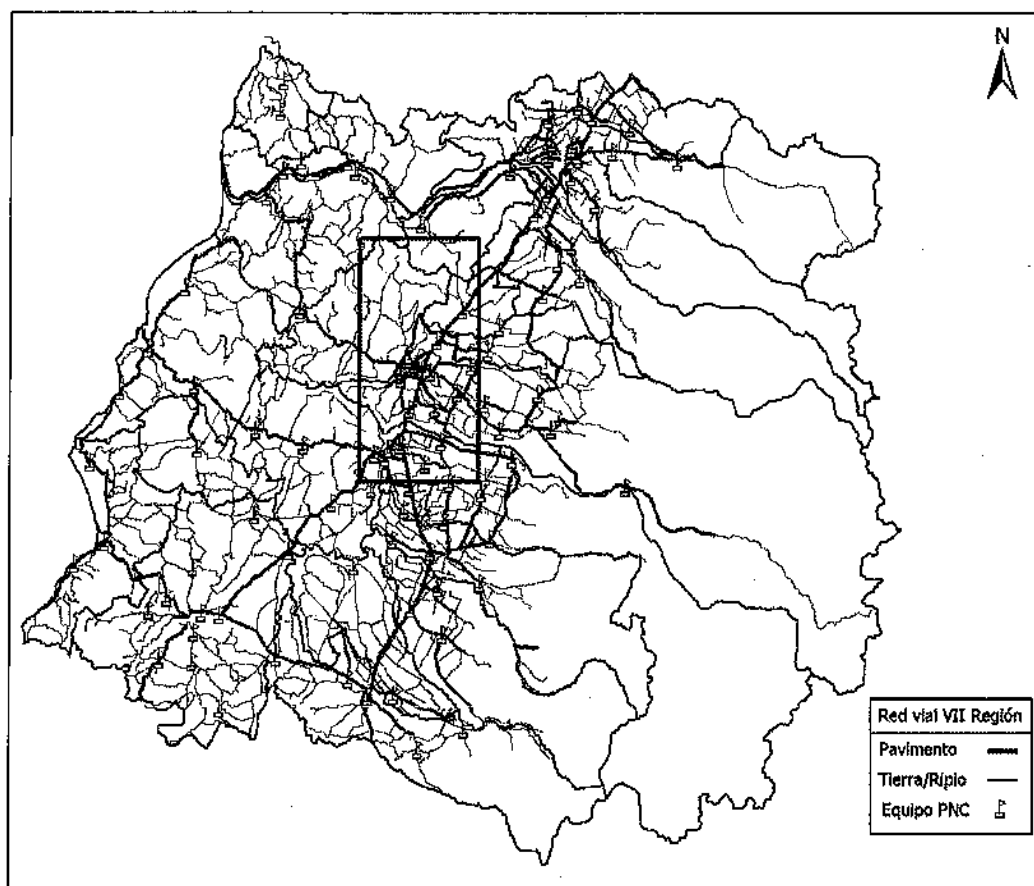


Figura 39. Red vial interurbana VII región por tipo de carpeta.

Cálculo de emisiones

Las siguientes tablas entregan las emisiones totales de polvo resuspendido por tránsito de vehículos en la red pavimentada interurbana y en la red no pavimentada fuera de la ciudad, dentro del área de estudio.

Tabla 162. Emisiones totales red pavimentada interurbana (Ton/año)

PTS	MP10	MP2,5
2.891,38	554,18	79,51

Tabla 163. Emisiones totales red no pavimentada interurbana (Ton/año)

PTS	MP10	MP2,5
30.110,06	9.745,24	968,94

La siguiente tabla entrega las emisiones totales por tránsito de vehículos en la red urbana pavimentada (ciudad de Talca) obtenidos de MODEM.

Tabla 164. Emisiones totales red pavimentada urbana de Talca (Ton/año)

PTS	MP10	MP2.5
904,69	173,39	41,46

4.10.3. ACTIVIDADES AGRICOLAS

Preparación de Terrenos Agrícolas

Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión

Esta categoría estima emisiones de material particulado debido a la preparación del terreno agrícola para la plantación, siembra, según corresponda, y posterior cosecha. Las operaciones que se incluyen en esta categoría son el despeje, labranza, arado y cualquier otra operación mecánica que tenga por objeto la preparación de la tierra.

Las emisiones se calculan al multiplicar un factor de emisión por un nivel de actividad que se basa en el número de hectáreas (acres) de cada cultivo y plantación. Debido a que diferentes cultivos necesitan diferentes operaciones para preparar tierra, cada cultivo tiene su propio valor de "pasadas por acre", que corresponden al número de operaciones por acre que son típicamente necesarias para preparar un campo de un determinado cultivo. La ecuación para determinar las emisiones según la "Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997" corresponde a la expresión siguiente:

$$E_{ci} = FE * A_{ci} * PA_{ci} \quad \text{Ecuación 50}$$

Donde:

E_{ci} : emisiones del cultivo tipo i [ton/año]

FE : factor de emisión [ton/pasadas]

A_{ci} : superficie del cultivo tipo i [acres]

PA_{ci} : operaciones por acre del cultivo tipo i [pasadas/acre]

El factor de emisión que utiliza la metodología de la CARB proviene del "AP-42 4^{ta} edición Section 11.2.2", el cual se describe a continuación:

$$Fe = \frac{4.8 * k * s^{0.6}}{2000} \quad \text{Ecuación 51}$$

Donde :

Fe: factor de emisión [ton/pasadas]

K: depende de la fracción del tamaño de partícula de interés. Para MP-10 el valor de k usado en California ("**Section 7.4 Agricultural Land Preparation, CARB, 1997**") corresponde a 0,148.

s : contenido de fino en el material. Cuando no se cuenta con este tipo información la EPA recomienda un valor 18%.

El factor de emisión de EPA no considera una asociación entre la humedad del suelo y las emisiones. Sin embargo, la metodología de la CARB aconseja aplicar reducciones al factor de emisión en las épocas invernales, debido a que las emisiones del polvo son reducidas cuando la humedad del suelo es más alta. Por lo tanto, la metodología incorpora una corrección de la emisión durante los meses más húmedos del año, valores de 25 y 50% recomendados por CARB, aplicando el primero para los meses de mayo y agosto y el segundo para junio y julio. Cabe mencionar que estos valores de corrección provienen de la metodología internacional que ha sido tomada como base para los inventarios nacionales, y como tales se consideran como valores de referencia y aplicables a la región en estudio.

Por otro lado, sumado al hecho de reducir el factor de emisión en épocas de mayor humedad del suelo, se tiene la existencia de restricciones naturales en la preparación de terrenos que se presentan por la presencia de lluvias en los meses de invierno. Al respecto, la metodología utilizada emplea perfiles temporales que representan el comportamiento estimado de la actividad en el transcurso del año, cuya actividad se restringe por la presencia de lluvia. Este comportamiento de la actividad de preparación de terrenos agrícolas se asocia a la actividad de las labores de manera mensual y a la presencia de lluvias que restringen la operación.

Niveles de actividad

De acuerdo a la metodología de cálculo presentada anteriormente, el nivel de actividad asociado a la preparación de terrenos agrícolas, queda definido por:

- Superficie, en acres, del cultivo tipo "i", Aci
- Operaciones por acre del cultivo tipo "i", PA_{ci}

Las hectáreas de los distintos tipos de cultivos y plantaciones que existen en la zona de estudio se obtienen del Censo Agropecuario del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Dentro de los grupos de cultivo definidos por el INE y de interés en este trabajo se encuentran:

- Cereales y chacras
- Cultivos industriales
- Hortalizas

La información de superficie por tipo de cultivo, es decir, para cereales, chacras, cultivos industriales y hortalizas se obtuvo del Censo Nacional Agropecuario y Forestal elaborado por INE. La información fue obtenida a nivel de provincia, por lo tanto para obtener el dato comunal se utilizó la misma distribución porcentual considerada para el año 1997.

La siguiente tabla resume las hectáreas por tipo de cultivo para las comunas de la zona de estudio.

Tabla 165. Hectáreas por tipo de cultivo, año 2006

Tipo de cultivo y frutales	ha año 2006
Cereales	21745.54
Chacras	3829.73
Cultivos Industriales	2118.55
Hortalizas	5966.72
Total preparación de terrenos agrícolas	33660.54

Fuente: INE, VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, 2006

Para la estimación de emisiones se realizara la consideración descrita en el punto 4.7.1, referente a la superficie por tipo de cultivo dentro del area de estudio, ya que esta no considera la superficie agrícola total de cada comuna.

Cálculo de emisiones

Los resultados del cálculo de emisiones se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 166. Emisiones de PM10 (ton/año) por tipo de cultivo y comuna, año 2006.

COMUNA	CEREALES	CHACRAS	INDUSTRIALES	HORTALIZAS
TALCA	1,59	0,30	0,05	1,14
MAULE	0,61	0,13	0,01	1,36
PELARCO	0,06	0,03	0,01	0,07
PENCAHUE	0,54	0,02	0,01	0,30
SAN CLEMENTE	0,36	0,16	0,07	0,14
SAN RAFAEL	0,33	0,05	0,01	0,17
SAGRADA FAMILIA	0,11	0,01	0,00	0,05
SAN JAVIER	1,00	0,31	0,02	0,14
VILLA ALEGRE	1,69	0,16	0,07	0,22
YERBAS BUENAS	0,59	0,35	0,27	0,08
Total	6,90	1,52	0,53	3,67

5. DOMINIO DE MODELACIÓN Y MODELO DE DISPERSIÓN ESCOGIDO.

En términos generales los mayores impactos de una fuente puntual (chimenea) quedan localizados dentro de los 5 km de la fuente, y luego decaen de manera exponencial con la distancia a un receptor dado. Esta es la metodología típica de los modelos Gaussianos tipo AERMOD, como el que se va a aplicar en este Estudio. Además, los impactos causados por fuentes emitidas a baja altura (caso de la leña o del transporte en zonas urbanas) son los que dominan al MP₁₀, sobre todo en condiciones de mala dispersión atmosférica, con una inversión térmica a baja altura, que atrapa los contaminantes emitidos en una cuenca y los mantiene en elevadas concentraciones. En tales condiciones extremas es factible incluso que los penachos de emisiones elevadas de MP₁₀ pasen por encima de la inversión térmica, sin mezclarse con el aire a nivel de superficie.

Por lo tanto, se considera que las emisiones más importantes de MP₁₀ provienen del consumo de leña en sectores de altas densidades poblacionales (emisiones a baja altura), las cuales están concentradas dentro de la ciudad de Talca. En segundo lugar de importancia se encuentran las emisiones de quemas agrícolas, las cuales se reparten más bien a lo largo del valle en dirección Norte - Sur (también son emisiones a baja altura), y finalmente no se encontraron grandes fuentes emisoras industriales que estén en distancias relevantes con respecto a Talca (entre 20 y 50 kilómetros), por lo que se decidió considerar un dominio de modelación de 30 x 60 kilómetros con la ciudad de Talca en el Centro.

Al respecto, cabe señalar que la zona de Constitución se encuentra a 70 km de Talca. Aunque haya fuentes de emisión importantes (termoeléctricas) emplazadas en Constitución, ellas no van a contribuir a las concentraciones ambientales de MP₁₀ en Talca, debido a la distancia que separa ambas localidades.



Figura 40: Dominio de modelación escogido..

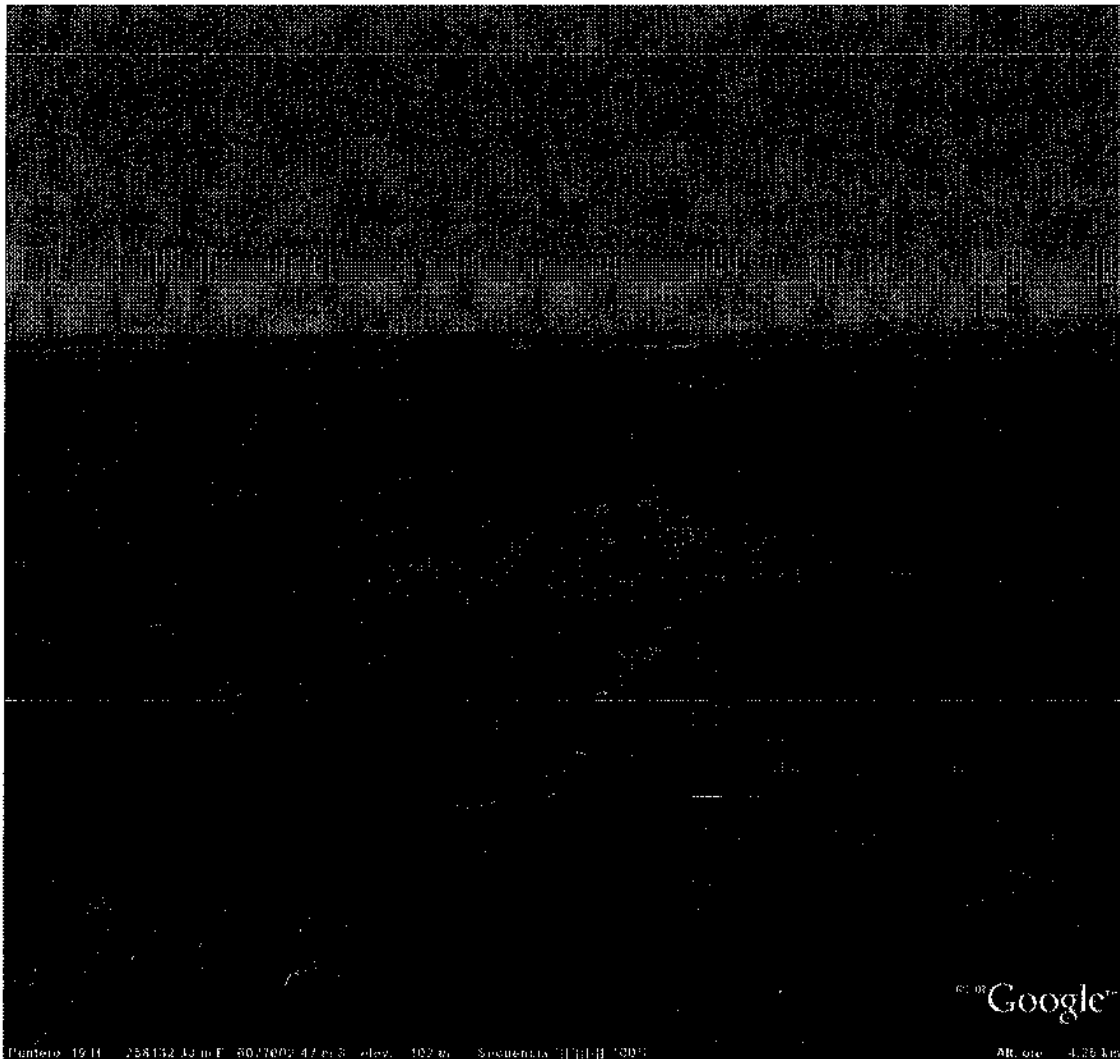


Figura 41: Vista tridimensional del terreno en Talca y sus alrededores.

Considerando los siguientes factores se escogió utilizar el modelo AERMOD:

- Plazo y magnitud del proyecto
- La única especie a modelarse es el MP10
- Solo se dispone de una estación meteorológica de la zona
- Gran parte del dominio es plano, a excepción de las cadenas montañosas ubicadas al Norte y Poniente de Talca.
- Extensión del dominio

En el capítulo siguiente se entrega una descripción del modelo AERMOD.

6. EL MODELO DE DISPERSIÓN AERMOD

A contar del año 2005 la EPA de EEUU ha reemplazado al modelo ISC3 por el modelo AERMOD, el cual ha pasado a ser el modelo preferido para fines de evaluación de impactos ambientales, es decir, se trata del modelo regulatorio actualmente utilizado por la EPA.

Cuando se dispone de un perfil vertical de datos meteorológicos (T, presión viento, etc), el modelo AERMOD incorpora una descripción más actualizada de la dispersión de plumas de todo tipo de fuentes emisoras (puntuales, de área, lineales y de volumen). Por ejemplo, considera que en condiciones convectivas (fuerte insolación, periodo diurno) se produce un ascenso y descenso de masas de aire que puede inducir altos impactos de concentraciones cuando una pluma 'fumiga' sobre un receptor dado, aspecto que no es modelado en detalle por ISC3, y que es representado en forma probabilística por AERMOD.

AERMOD consiste en un sistema de modelación formado por tres componentes: AERMOD (modelo de dispersión), AERMAP (procesador de terreno) y AERMET (procesador meteorológico). Entre las características destacables del sistema AERMOD tenemos su habilidad para tratar la variabilidad vertical de las propiedades de la capa límite planetaria, tratamiento especial de fuentes areales, fuentes de área de forma irregular, un modelo de penachos múltiples para la capa límite convectiva, limitaciones al mezclado vertical en condiciones de estabilidad atmosférica, tratamiento de dispersión sobre terreno complejo que mejora los algoritmos disponibles en modelos como el ISC3 (pero sin la complejidad de CTDMPPLUS).

AERMET es el procesador meteorológico del sistema. Los datos de entrada consisten en datos horarios de cobertura de nubes, meteorología superficial y radiosondeos cada 12 horas (estándar de los EEUU). Los resultados del procesamiento consisten en parámetros de turbulencia superficial así como variables meteorológicas (velocidad y dirección del viento, temperatura) con sus valores en la superficie del dominio y también sus perfiles verticales, los que se requieren para poder representar apropiadamente los procesos de transporte y dispersión de emisiones en el dominio estudiado. En caso que no se cuente con radiosondeo en la zona de estudio, AERMET emplea correlaciones empíricas para estimar la altura de mezclado en condiciones extremas (valores máximo y mínimo para cada día modelado).

AERMAP es un procesador de terreno diseñado para simplificar y estandarizar la entrada de datos de terreno al sistema. Los datos de entrada incluyen las elevaciones de terreno y las ubicaciones de los receptores en el dominio modelado. La salida incluye, para cada receptor seleccionado, la ubicación y su altura relativa

al terreno donde está emplazado. También se estima una altura crítica para establecer si un penacho va a pasar por sobre una colina o solamente la va a rodear, es decir, empleando la metodología introducida en el modelo CTDMPLUS.

Las elevaciones de terreno serán obtenidas de archivos DEM tipo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) provenientes de la U.S. NASA (www2.jpl.nasa.gov/srtm/). Este es un formato de almacenamiento digital de elevaciones (DEM) con espaciamiento horizontal de grillas con resolución de 3 segundos de arco, es decir, aproximadamente 90 metros.

El procesador meteorológico de AERMOD (AERMET) posee extensiones y una gran flexibilidad ya que AERMET acepta sectores angulares con diferentes propiedades de rugosidad, albedo y razón de Bowen, dependiendo de la dirección del viento predominante.

Aermet utiliza la información de meteorología superficial más las características superficiales locales del terreno (albedo, razón de Bowen, latitud, longitud, estacionalidad) para estimar el balance de energía superficial y así estimar los flujos turbulentos de momentum y calor (u^* y H , respectivamente) que definen el estado local de la turbulencia, mediante la aplicación de ecuaciones de diagnóstico.

Entregar más detalles técnicos escapan a los objetivos de este estudio, mayores especificaciones sobre el modelo AERMOD pueden encontrarse en:

http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#aermod

7. ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AIRE MP₁₀ VII REGIÓN DEL MAULE, TALCA

Se analizó la información proveniente de la red de estaciones de monitoreo Monte Baeza, Universidad de Talca y La Florida. Las estaciones y sus respectivas coordenadas aparecen en la tabla siguiente.

Tabla 167: Coordenadas de las estaciones Meteorológicas, Datum WGS 84 Zona 19

Estaciones de Monitoreo	UTM m E	UTM m N	Latitud S	Longitud W
Monte Baeza	262146	6076682	35° 25' 29,64"	71° 37' 11,59"
Universidad de Talca	260875	6078706	35° 24' 22,91"	71° 37' 59,80"
La Florida	256889	6075384	35° 26' 7,16"	71° 40' 41,23"

En la figura se muestra la ubicación de las estaciones de monitoreo.

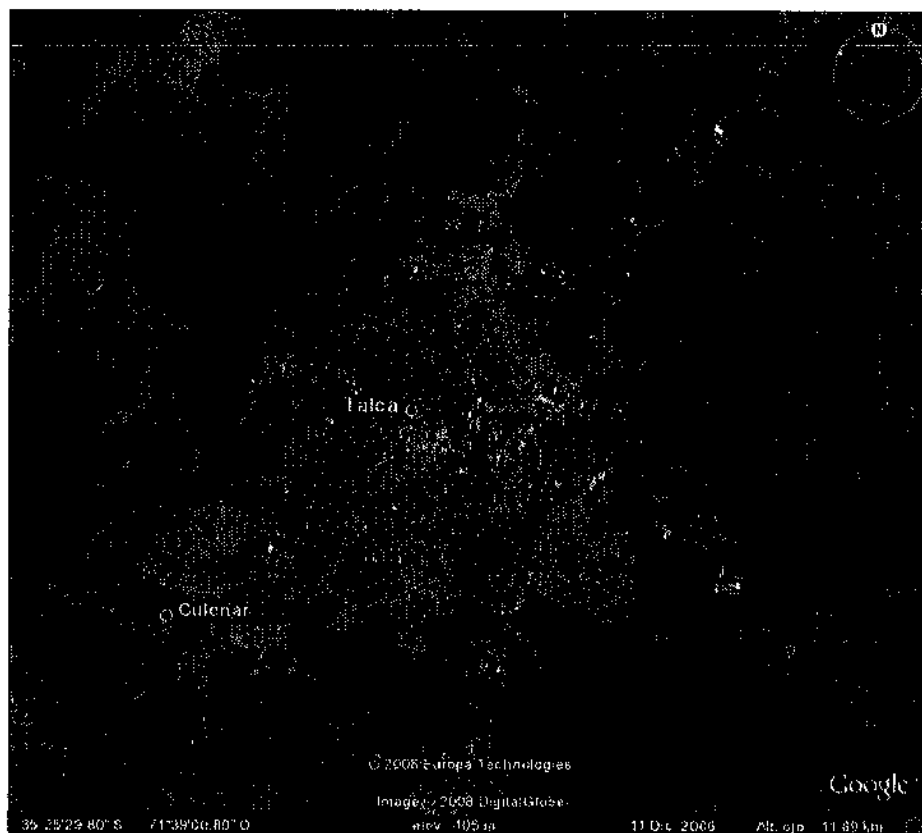


Figura 42: Ubicación estaciones de monitoreo

La información de la calidad del aire entregada pertenece a los años 2005, 2006 y 2007, contaminante MP₁₀, para las tres estaciones de monitoreo. Se analizó los

datos según la Norma de Calidad Primaria para PM10, D.S. N° 59 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República.

A continuación se muestra el porcentaje de información disponible.

Tabla 168: Porcentaje de información disponible por año

Estación Monitorea	Monte Baeza	Universidad de Talca	La Florida
Año 2005			
Cantidad medida	171	172	167
Sin Medir	11	10	15
Total	182	182	182
% de Información	94	95	92
Año 2006			
Cantidad medida	180	174	167
Sin Medir	3	9	16
Total	183	183	183
% de Información	98	95	91
Año 2007			
Cantidad medida	174	175	174
Sin Medir	8	7	8
Total	182	182	182
% de Información	96	96	96
Numero de mediones por Mes entre 14 a 16, realizadas día por medio			

Con esta información se entregan tablas y gráficos de:

- Percentil 98, 24 horas
- Promedio Anual
- Máximos del periodo anual, (a partir de los promedios de 24 horas)

A) Percentil 98, 24 horas

Según el Título II, artículo 2 del Decreto Supremo 59, "Se considerará sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado respirable cuando el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ "

En la tabla a continuación se presentan los datos de calidad del aire obtenidos de las estaciones de monitoreo:

Tabla 169: Cumplimiento de la Norma, Percentil 98, 24 horas

PERCENTIL 98, 24 horas 150 [ug/m3]	Monte Baeza	Universidad de Talca	La Florida	Estacion que Sobrepasa la Norma
2005	109	128	299	La Florida
2006	190	136	165	Monte Baeza y La Florida
2007	110	116	218	La Florida

En la siguiente figura se grafican los datos presentado en la **Tabla 169**.

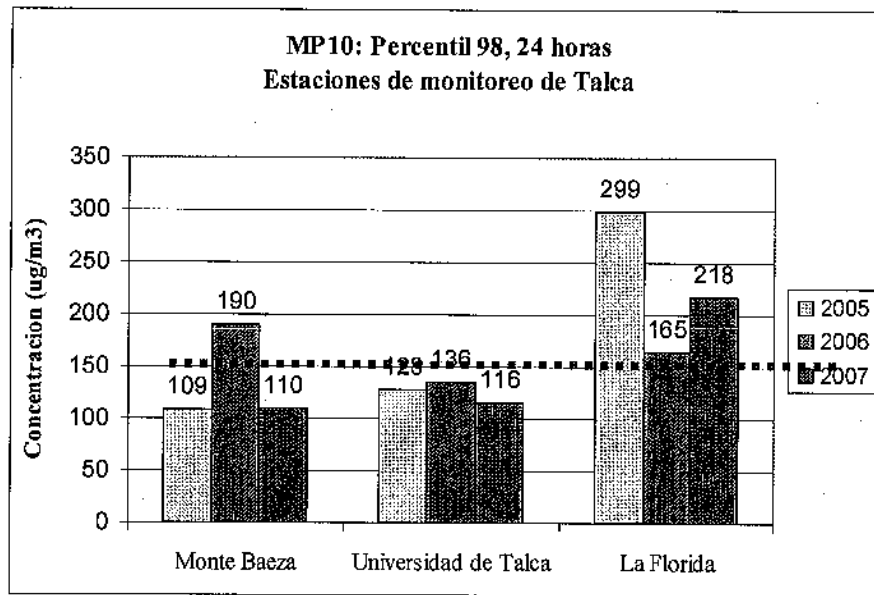


Figura 43: Percentil 98, 24 horas

B) Promedio Anual

Según el Título II, artículo 2 del Decreto Supremo 59, "Se considerará sobrepasada la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual que $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ".

En la Tabla 170 se muestra los promedios por año de PM10, si la comparamos con la norma se observa que para la estación de La Florida hay un sobrepaso para los tres años.

Tabla 170: Promedio anual de PM10 de las estaciones de monitoreo

PROMEDIO ANUAL 50 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Monte Baeza	Universidad de Talca	La Florida
2005	40	44	67
2006	47	43	53
2007	41	45	62

En la Figura 44 se grafican los datos presentados en la tabla mostrada anteriormente.

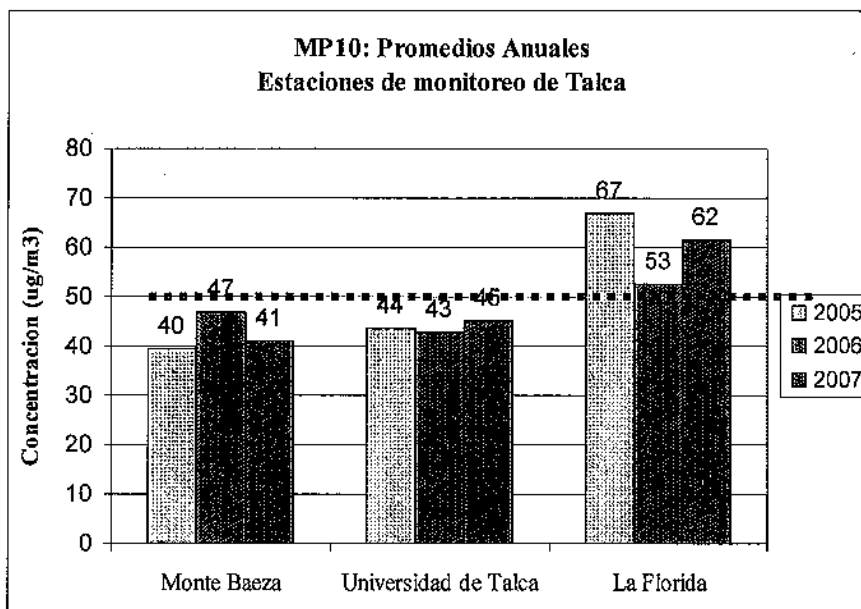


Figura 44: Promedio Anual por estación monitorea

En la tabla siguiente se realiza el procedimiento pedido por la norma para ser comparada con esta, en la cual se observa que la estación La Florida sobrepasa la norma en un 26%. Sin dejar de mencionar que para las otras estaciones los valores son próximos a 50 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

Tabla 171: Cumplimiento de la norma

Promedio Anual Tres Años (2005-2007) 50 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$		
Monte Baeza	Universidad de Talca	La Florida
43	44	63

C) Máximos del periodo anual, (a partir de los promedios de 24 horas)

A partir de los promedios diarios, se obtuvo el valor máximo por año, para cada estación.

Tabla 172: Máximos anuales por estación monitora

Maximo Anual $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Monte Baeza	Universidad de Talca	La Florida
2005	131	239	384
2006	232	156	301
2007	164	161	275

A continuación se grafican los datos mostrados de la tabla 6.

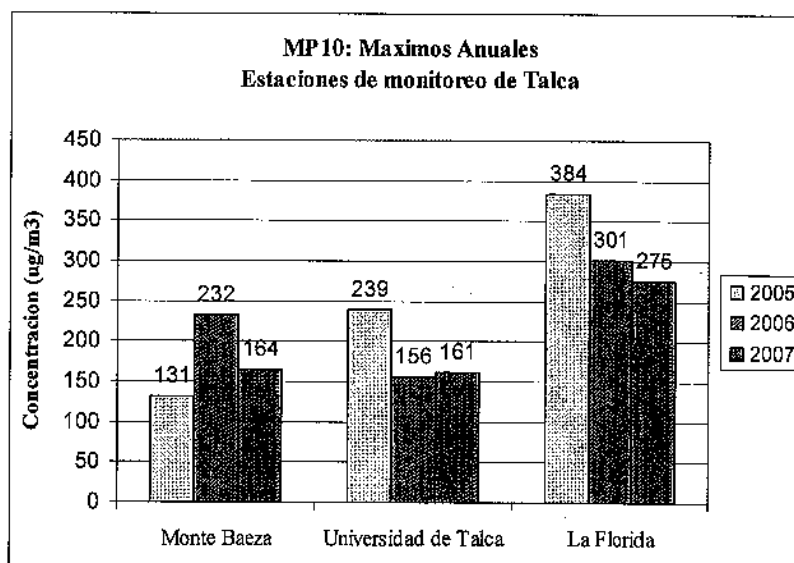


Figura 45: Máximos anuales por estación monitora

8. ANÁLISIS METEOROLÓGICO.

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC) define la climatología de la Región del Maule de la siguiente manera: "Debido a la menor elevación que alcanzan en esta Región ambas cordilleras, que no son suficientes para definir climas claramente diferentes en las zonas que ocupan, en la VII Región se ha identificado un solo tipo climático, que corresponde al templado cálido con estación seca de 4 a 5 meses, aunque las diferencias de relieve y de latitud en la Región definen diferencias apreciables en los montos anuales de agua caída y en la duración de estación seca".

A continuación se describe el tipo de clima definido por la DMC.

- "Clima templado cálido con estación seca 4 a 5 meses: En esta Región, las precipitaciones son casi exclusivamente de origen frontal y más abundantes en invierno. El total de las precipitaciones entre mayo y agosto alcanza al 70% a 75% del total anual, lo que indica que en estas latitudes las precipitaciones que no son invernales alcanzan ya cierta importancia. Entre octubre y marzo ocurre la estación seca, que se prolonga por 4 hasta 6 meses, en que llueve menos de 40 mm. mensuales. En el invierno se presentan intensas nevazones en la cordillera que se constituyen en importantes reservas hídricas para la temporada estival y definen el desarrollo de los sistemas fluviales de la zona.

Los montos anuales de precipitación, que en la costa superan los 800 mm., como en Constitución y el Cabo Carranza, disminuyen a 700 mm. en Cauquenes, al lado oriental de la Cordillera de la Costa; aumentan nuevamente a 720 ó 730 mm. en Curicó y Talca, superan los 1.000 mm en Linares y Panimávida y los 2.500 mm en la alta cordillera.

Las temperaturas medias anuales varían entre unos 13° y 15° C, observándose algunos sectores como Talca, con temperaturas mayores a las de Santiago, en especial en verano. Los valores menores de temperatura media corresponden a la franja costera y la cordillera y los valores mayores se presentan en la depresión intermedia.

La cercanía del océano y la continentalidad también determinan diferentes niveles de amplitud térmica. La diferencia térmica entre el mes más cálido y el más frío es de 5° a 7° C en la costa (Constitución y Punta Carranza), en cambio alcanza los 13° en Curicó y Cauquenes y 14° en Talca y Linares. También la oscilación térmica diaria es desigual: la diferencia media entre las máximas y las mínimas es inferior a 11° C en Constitución y supera los 14° C en Curicó y Talca". Obtenido de www.meteochile.cl.

Se dispone de información meteorológica de un año completo (enero-diciembre 2006) de la estación La Florida, su ubicación se especifica en la Tabla 173.

Tabla 173: Coordenada de la estación Meteorológica, Datum WGS 84 Zona 19

Estacion Meteorológica	UTM m E	UTM m N	Latitud S	Longitud W
La Florida	256889	6075384	35° 26' 7,16"	71° 40' 41,23"

En la figura se muestra la ubicación de la estación, donde se tomaron los datos meteorológicos.



Figura 46: Ubicación estación meteorológica

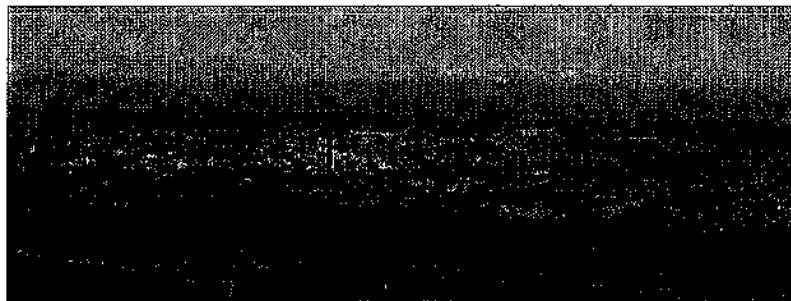


Figura 47: Foto panorámica de Talca

En la siguiente tabla se indican los porcentajes de información de las variables meteorológicas. Con estos datos se ingresan al modelo AERMET, el cual procesa la meteorología entregando los siguientes gráficos: rosa de los vientos y distribución de frecuencias de los vientos.

A continuación se muestra el porcentaje de información disponible.

Tabla 174: Porcentaje de información disponible por año

Prámetros	Cobertura Nubes	Altura nubes m	Velocida Viento m/s	Temperatura °C	Humedad relativa %	Dirección viento	Presión mbar
Medidos	8760	8760	7125	7125	7125	7125	8760
Sin medir	0	0	1635	1635	1635	1635	0
Total	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
% de Información	100	100	81	81	81	81	100

Se analizaron distintos escenarios, tal como lo muestra la tabla.

Tabla 175: Escenarios meteorológicos

Escenarios	Periodo de analisis
Periodo Anual	01 enero-31 diciembre 2006
Madrugada (anual)	00:00 - 07:00 hrs
Día (anual)	08:00 - 19:00 hrs
Noche (anual)	20:00 - 23:00 hrs
Verano	22 diciembre- 21 marzo
Otoño	21 marzo - 22 junio
Invierno	22 junio - 24 septiembre
Primavera	24 septiembre - 22 diciembre

Análisis meteorológico periodo anual

Se entregan gráficos de rosa de los vientos y distribución de frecuencias de los vientos, esta información nos proporcionara la dirección predominante de los vientos, indicando sus velocidades. En la rosa de los vientos se indican desde donde provienen los vientos tal como se muestra en la Figura 48. Esta es la convención ocupada en meteorología terrestre.

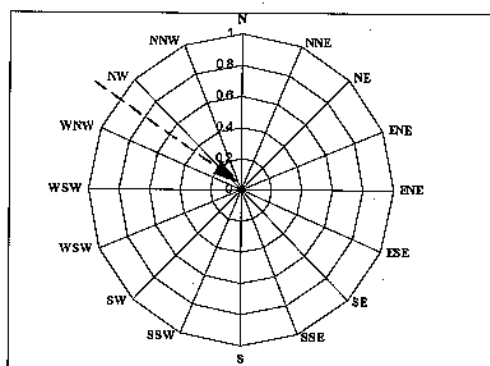


Figura 48: Rosa de los vientos

En la siguiente figura, nos indica que el viento predominante viene en dirección NNW y NNE, esto significa que se dirigen hacia el SSE y SSW respectivamente. Estos se distribuyen en velocidades desde 0.5 a 3.5 [m/s]. También se observan vientos que vienen desde el SW, con velocidades entre los 0.5 -2.5 [m/s].

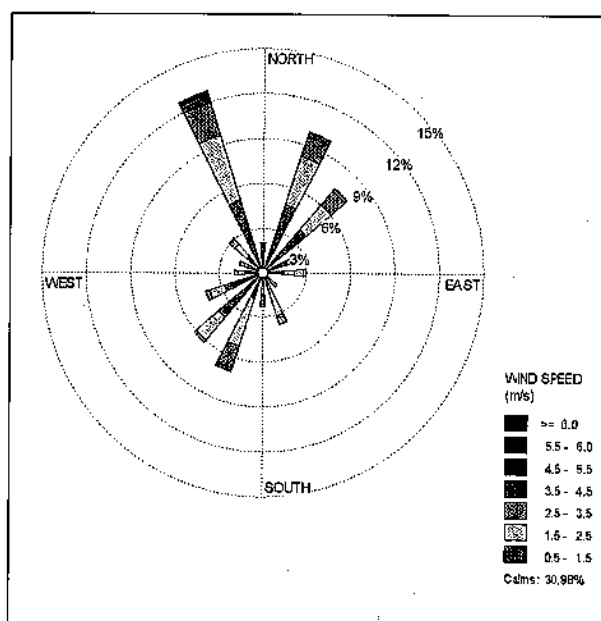


Figura 49: Rosa de los vientos periodo anual

Con el grafico de distribución de frecuencias de los vientos podemos complementar el grafico anterior. Este nos indica que los vientos que predominan están entre los 0.5-1.5 [m/s] con un 32.8% de frecuencia, y las calmas, es decir valores menores a 0.5 [m/s], con un 31 % de frecuencia.

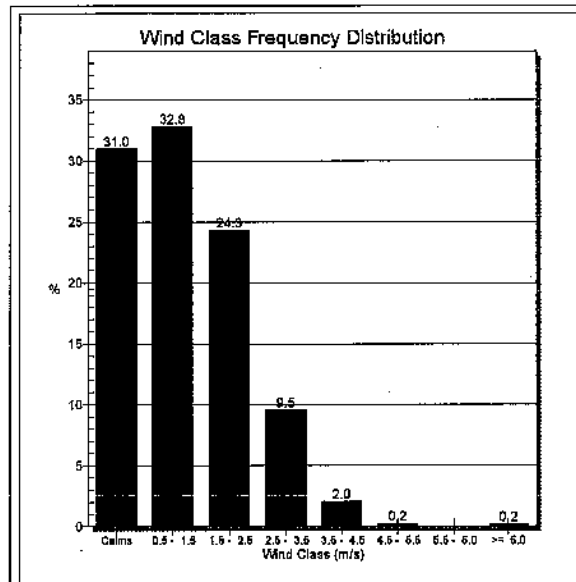


Figura 50: Distribución de frecuencias anual

En conclusión para el periodo anual, los vientos vienen desde el NNW y NNE con velocidades predominantes tales como calmas y velocidades entre 0.5-1.5 [m/s].

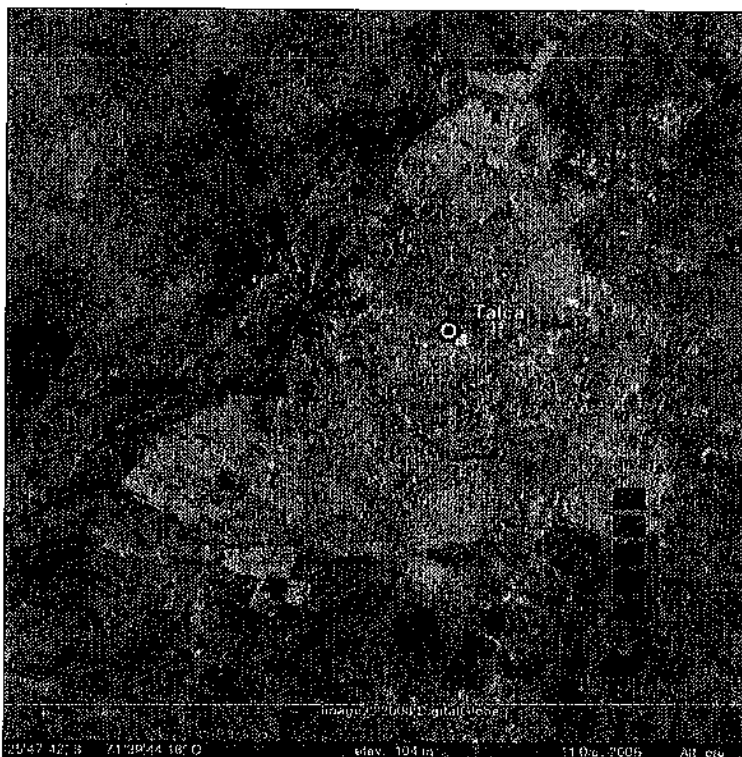


Figura 51: Representación gráfica de la dirección predominante en Talca
Análisis meteorológico por horas

En este caso se analizó el año completo, divididos en las siguientes horas mostrada en la tabla.

Tabla 176: Distribución de horas

Escenarios	Horas de analisis
Madrugada (anual)	00:00 - 07:00 hrs
Día (anual)	08:00 - 19:00 hrs
Noche (anual)	20:00 - 23:00 hrs

- **Escenario *madrugada* 00:00-07:00 hrs**

Para el periodo madrugada predominan los vientos provenientes del N, estos se distribuyen desde 0.5-2.5[m/s] principalmente. También se encuentran vientos entre 1.5-2.5 [m/s] que vienen desde el SW.

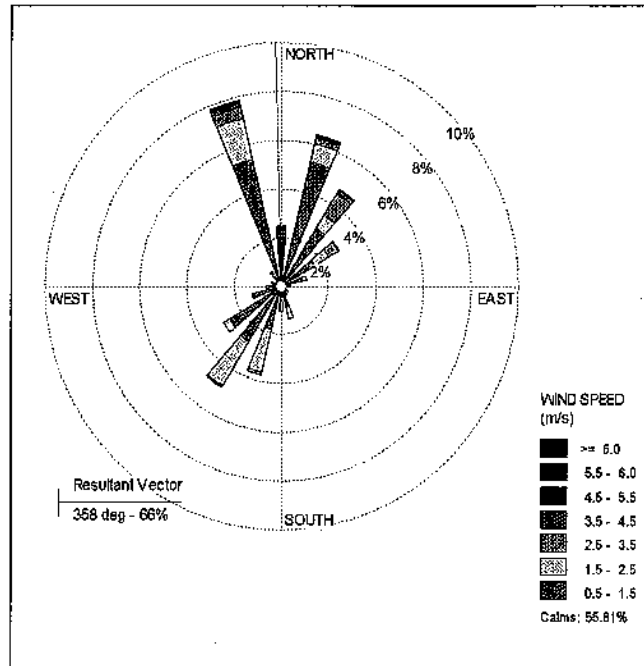


Figura 52: Rosa de los vientos 00:00-07:00 hrs

Complementando la información los vientos en la *madrugada* predominan las calmas con un 55.8%, para este escenario se puede decir que una estabilidad atmosférica debido a que no se produce una buena circulación del aire. Por lo tanto los vientos viene desde en N con velocidades menores a 0.5 [m/s].

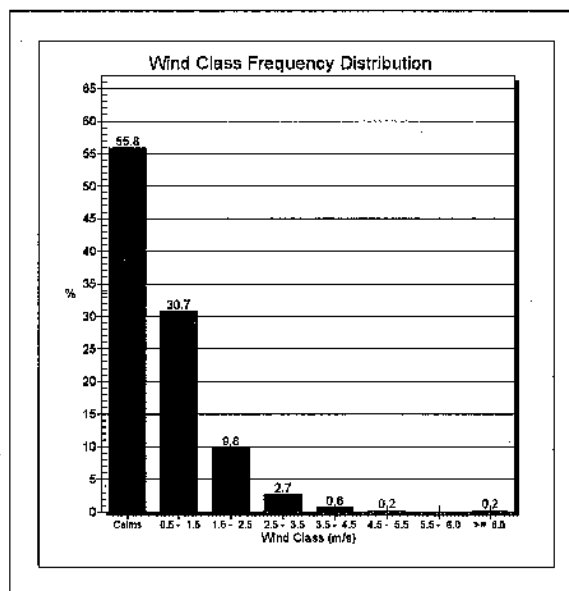


Figura 53: Distribución de frecuencias 00:00-07:00 hrs

- **Escenario *día* 08:00-19:00 hrs**

Para el escenario *día* podemos apreciar que las direcciones de los vientos varían con respecto al escenario de la madrugada, hay una mayor variabilidad en las direcciones de los vientos. Aun así la dispersión del aire predomina desde el N hacia el S con velocidades del orden de los 0.5 a 4.5 [m/s].

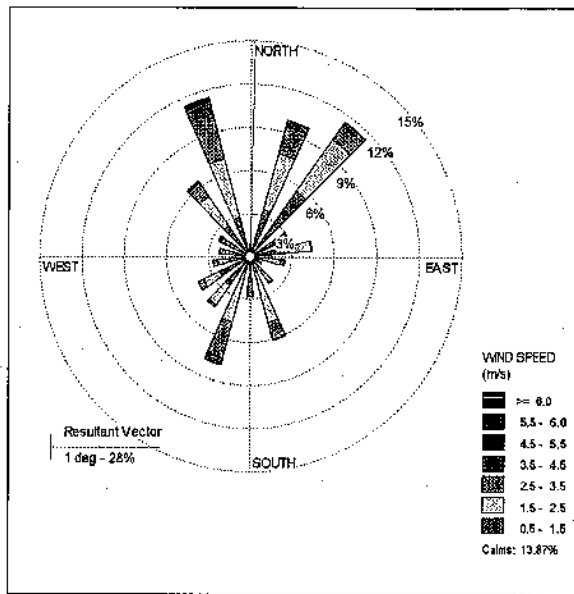


Figura 54: Rosa de los vientos 08:00-19:00 hrs

En la Figura 54 observamos que durante estas horas los vientos se distribuye con una frecuencia de un 34.1%, siendo velocidades entre 1.5-2.5 [m/s], un porcentaje que también destaca es el de un 32.8%, el cual esta representado por velocidades mas bajas entre 0.5 a 1.5 [m/s]. Durante el escenario *día* las calmas disminuyen a un 13.9%.

Concluyendo los vientos vienen desde el N principalmente a velocidades 1.5 a 2.5 [m/s]. En este escenario hay una mayor dispersión del aire.

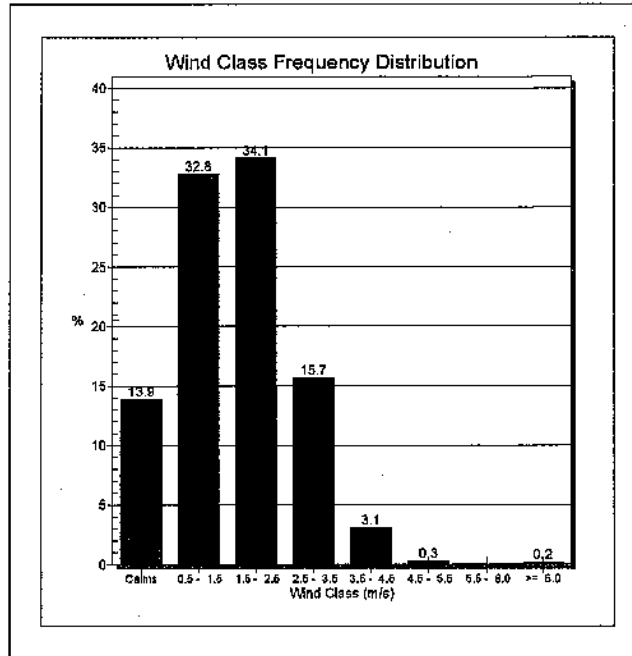


Figura 55: Distribución de frecuencia 08:00-19:00 hrs

• **Escenario noche 20:00-23:00 hrs**

Durante las estas horas se produce una baja de la velocidades producto de las bajas temperaturas, la dirección que predomina es el viento NWN.

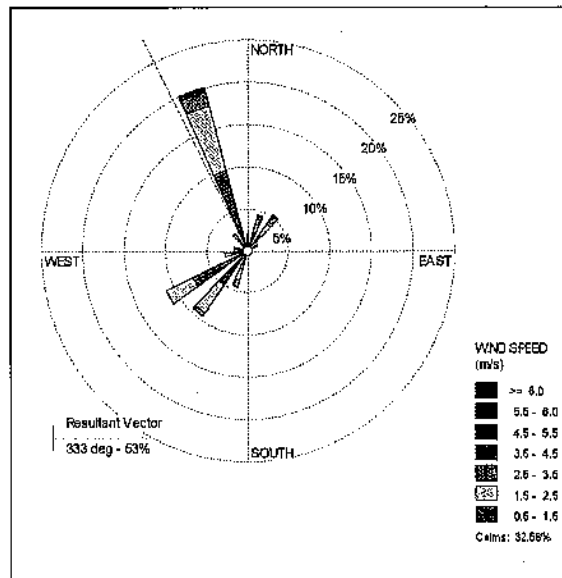


Figura 56: Rosa de los vientos 20:00-23:00 hrs

En la Figura 56 se aprecia que el % de velocidades menores aumenta a un 37% (0.5-1.5 [m/s]), las calmas llegan a un 32.6%, por lo que la dispersión del aire durante la **noche** tiende a ser menor.

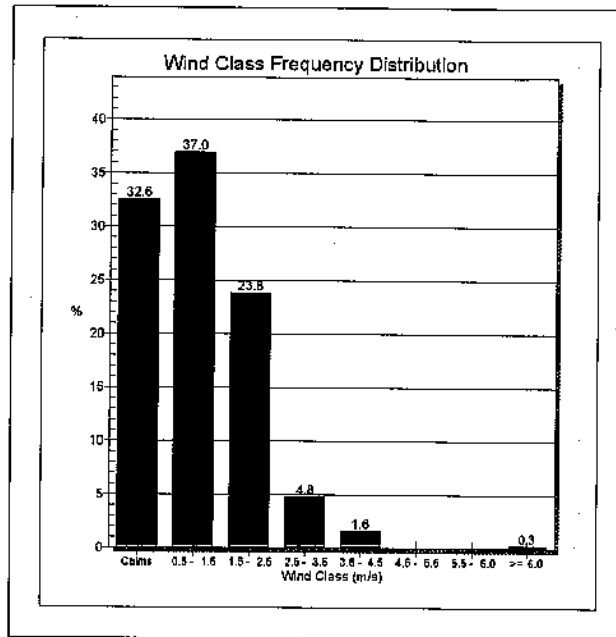


Figura 57: Distribución de frecuencias 20:00-23:00 hrs

Análisis meteorológicos por estaciones del año

Se analizó las estaciones del año, presentadas en la siguiente tabla. Se dividió a las estaciones por similitud, es decir Primavera y Verano, Otoño e Invierno para su análisis.

Tabla 177: Estaciones del año

Escenarios	Días de analisis
Verano	22 diciembre- 21 marzo
Otoño	21 marzo - 22 junio
Invierno	22 junio - 24 septiembre
Primavera	24 septiembre - 22 diciembre

• Análisis Primavera y Verano

Debido a su parecido en las condiciones atmosféricas se analizan en conjunto estas dos estaciones. En la figura vemos que en primavera el viento proviene desde el SW con velocidades del orden de 1.0-4.0 [m/s], en cambio en verano cambia la dirección del viento, este viene desde el NWN a velocidades de 1.0-4.0 [m/s].

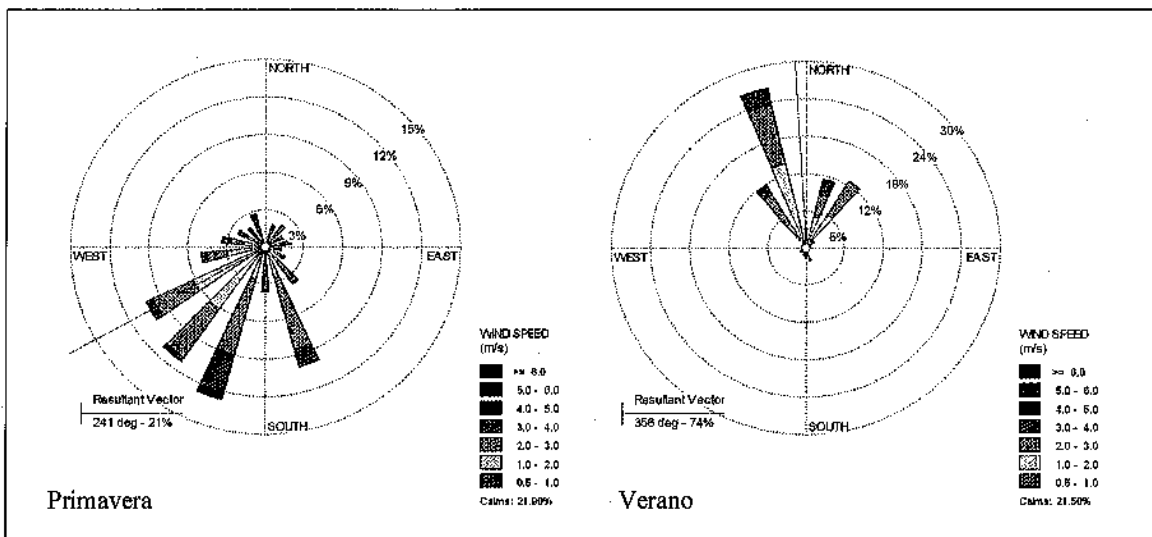


Figura 58: Rosas de los vientos primavera, verano

Observando la figura siguiente, esta nos indica que en primavera predominan vientos del orden de 2.0-3.0[m/s], con un 33.4% de frecuencia, velocidades un poco menores entre 1.0-2.0 [m/s] pertenecen aun 32.3%, las calmas también tienen un porcentaje considerable de un 21.9% de frecuencia.

En verano las distribuciones de frecuencias que toman las velocidades de los vientos son muy similares a la estación primavera, la gran diferencia es que aumentan los vientos del orden de 1.0-2.0 [m/s] con un 38.7% de frecuencia, siendo estos los predominantes.

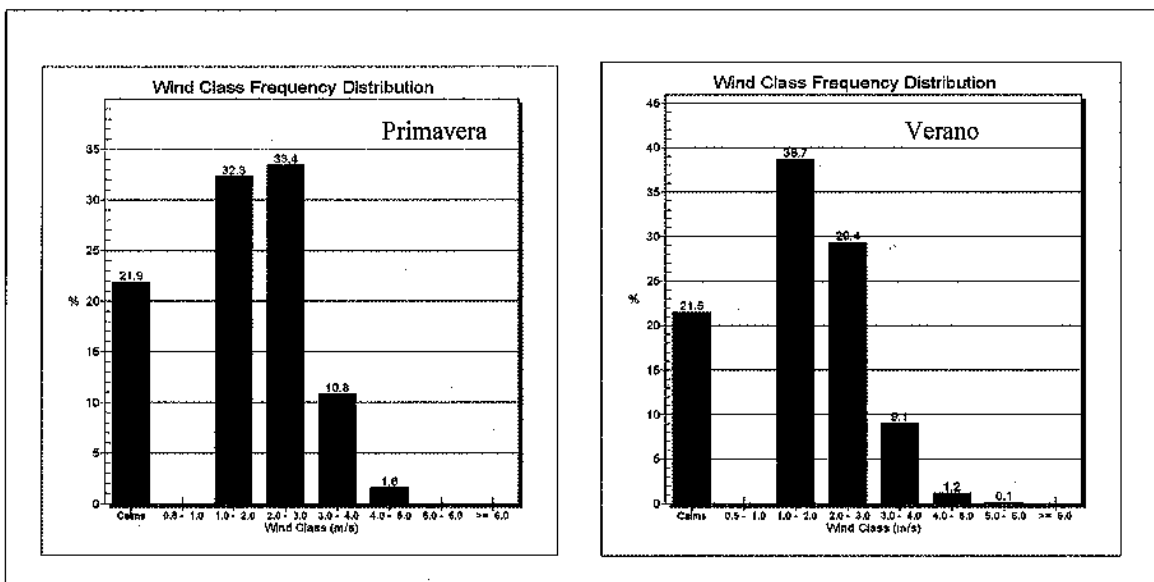


Figura 59: Distribución de frecuencias primavera, verano

A continuación se muestra la tabla comparativa de las estaciones primavera y verano.

Tabla 178: Tabla comparativa

Velocidades [m/s]	Primavera %	Verano %
Calmas	21.9	21.5
0.5-1.0	-	-
1.0-2.0	32.3	38.7
2.0-3.0	33.4	29.4
3.0-4.0	10.8	9.1
4.0-5.0	1.6	1.2
5.0-6.0	-	0.1

En conclusión en primavera los vientos provienen desde el SW a velocidades desde 2.0 a 3.0 [m/s], en cambio en verano los vientos provienen desde el NWN a velocidades desde 1.0 a 2.0 [m/s].

• **Análisis Otoño e Invierno**

Se analizan las estaciones de otoño e invierno debido a sus parecidos en sus condiciones meteorológicas.

En la Figura 60 es posible observar que la dirección de los vientos empieza a cambiar en otoño, nace una componente en dirección NEN, es decir que el viento se dirige hacia el SWS. Siguen predominando las velocidades entre 1.0 a 4.0 [m/s]. En cambio en invierno ya se establecen los vientos NW, apareciendo vientos opuestos los cuales vienen desde el SW. Las velocidades que predominan son entre 1.0 a 4.0 [m/s].

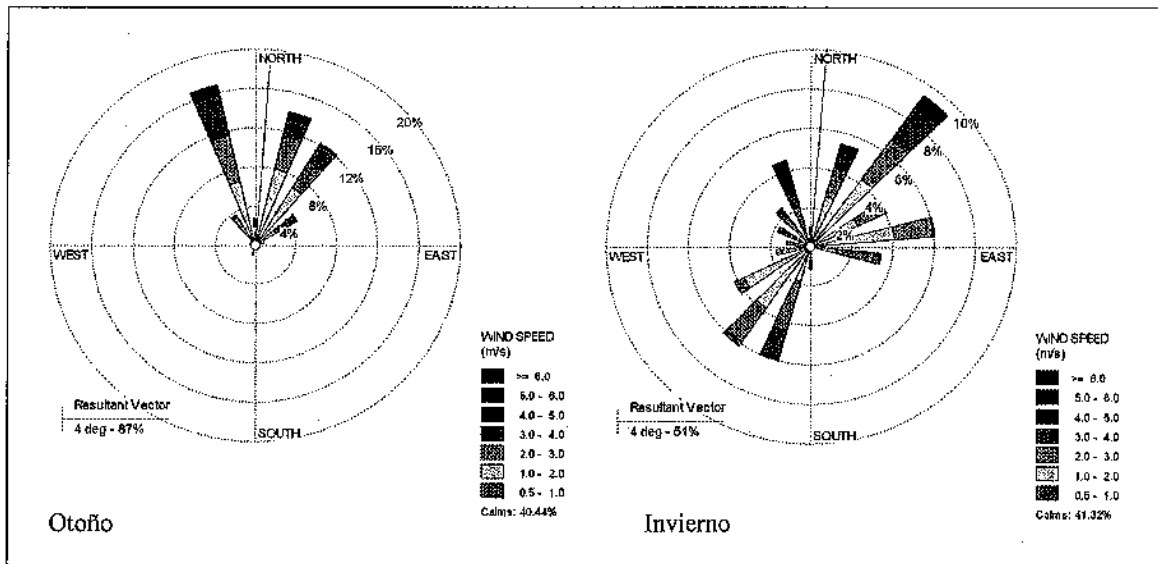


Figura 60: Rosa de los vientos Otoño, Invierno

Observando la Figura 61, en las dos estaciones el porcentaje de las calmas es elevado, para otoño con un 40.4% y en invierno con un 41.3% de frecuencia. En consecuencia en otoño el viento proviene desde el N a velocidades menores 0.5 [m/s] y a 1.0-2.0[m/s] principalmente.

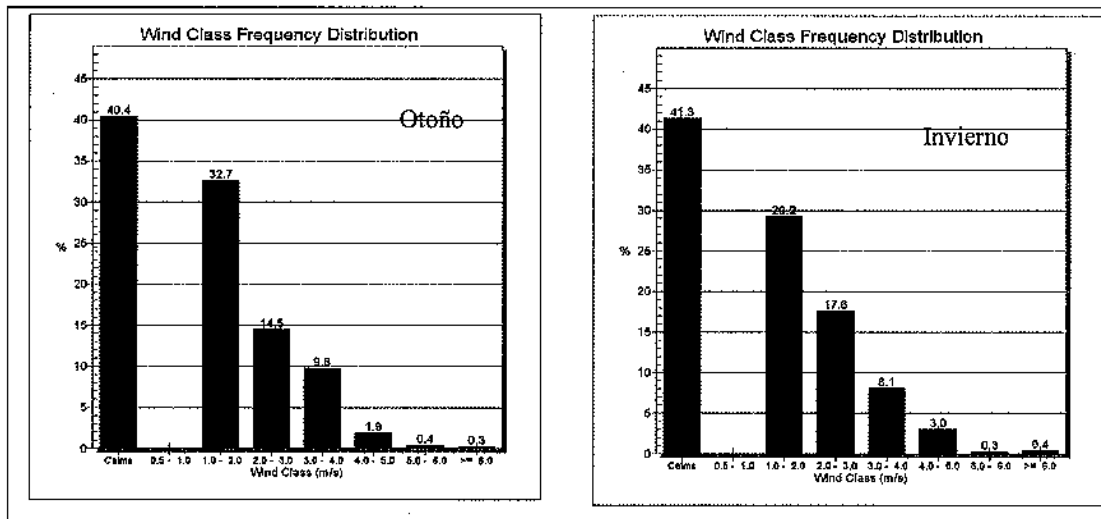


Figura 61: Distribución de frecuencias Otoño, Invierno

En la siguiente tabla se comparan los porcentajes de frecuencias.

Tabla 179: Comparación de frecuencias

Velocidades [m/s]	Otoño %	Invierno %
Calmas	40.4	41.3
0.5-1.0	-	-
1.0-2.0	32.7	29.2
2.0-3.0	14.5	17.6
3.0-4.0	9.6	8.1
4.0-5.0	1.9	3
5.0-6.0	0.4	0.3
≥ 6.0	0.3	0.4

9. INGRESO DE FUENTES EMISORAS AL MODELO

Entre fuentes puntuales, comunales, móviles y resto de fuentes se ingresaron un total de 3024 fuentes al modelo. En la siguiente imagen se puede ver un despliegue geográfico de las fuentes ingresadas.

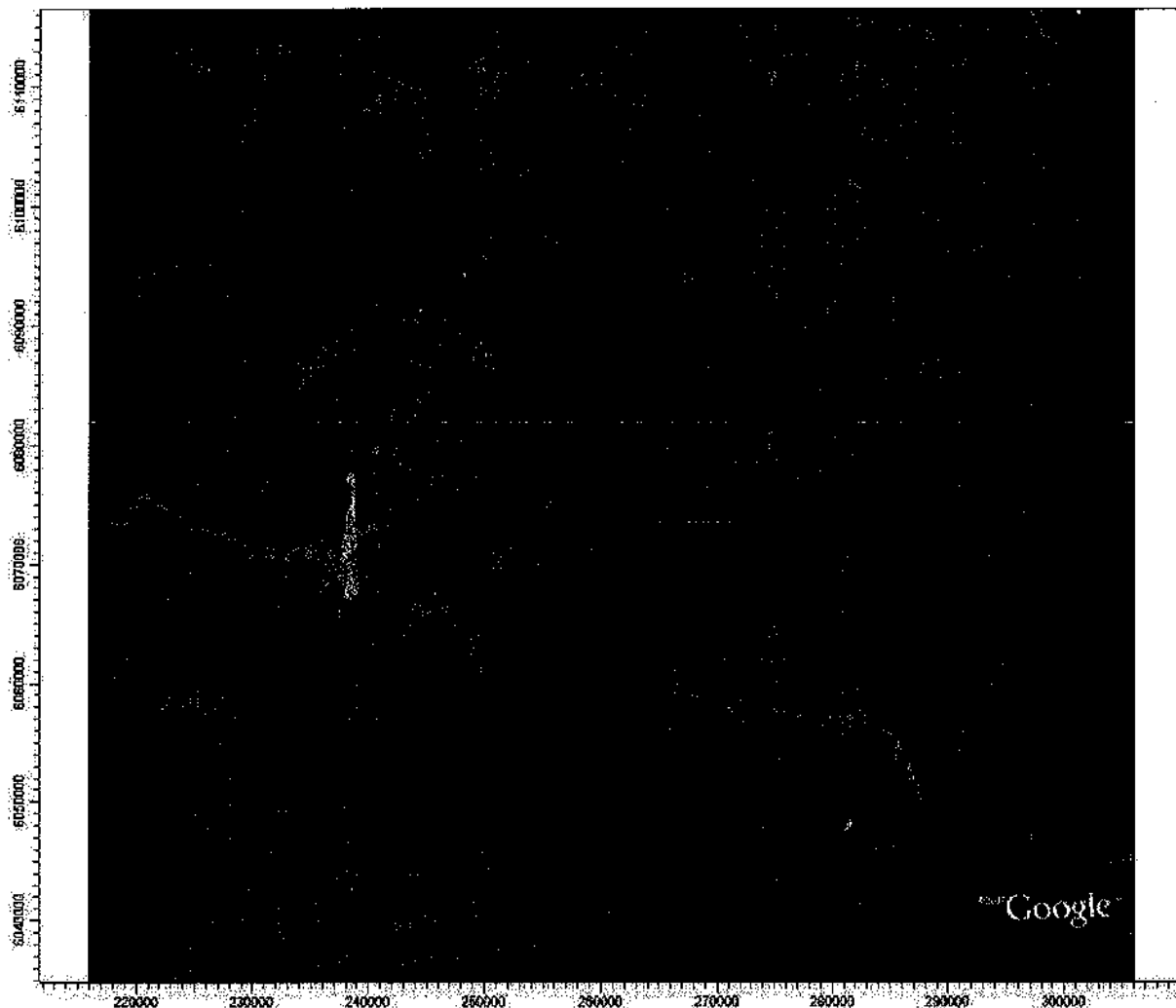


Figura 62: Despliegue geográfico fuentes emisoras ingresadas al modelo.

Durante el ingreso de fuentes, las emisiones fueron cuadradas con la base de datos de emisiones para tener certeza en que las emisiones ingresadas al modelo correspondan a las emisiones calculadas en el inventario de emisiones.

10. VALIDACIÓN Y CALIBRACIÓN RESULTADOS MODELO DE DISPERSIÓN E INVENTARIO.

Para validar el modelo e inventario de emisiones se compararon los resultados del modelo con los monitoreos de MP-10 disponible en Talca. Y además se analizó la participación de las fuentes emisoras en los impactos por MP-10 en estos mismos tres receptores.

Tabla 180: Coordenadas de las estaciones de calidad del aire en Talca, Datum WGS 84 Zona 19

Estaciones de Monitoreo	UTM m E	UTM m N	Latitud S	Longitud W
Monte Baeza	262146	6076682	35° 25' 29,64"	71° 37' 11,59"
Universidad de Talca	260875	6078706	35° 24' 22,91"	71° 37' 59,80"
La Florida	256889	6075384	35° 26' 7,16"	71° 40' 41,23"

Se corroboró que para el área urbana de Talca la principal fuente que impacta por MP-10 es la leña urbana de Talca, la cual tiene un 45 -70 % de participación dependiendo de la zona de Talca. Por esta razón se procedió a calibrar y mejorar el despliegue geográfico de las emisiones estimadas para la combustión de leña en diversas iteraciones:

- Inicialmente se consideraron las emisiones por combustión de leña residencial de la zona urbana de Talca de manera espacialmente homogénea.
- Posteriormente se separaron las estimaciones por distritos censales
- Finalmente conjuntamente con separar por distritos censales la estimación de emisiones se llevaron a celdas de 500 x 500 metros estimadas considerando la información de densidad poblacional correspondiente a estas celdas.

Finalmente los mejores resultados obtenidos fueron los que se muestran a continuación.

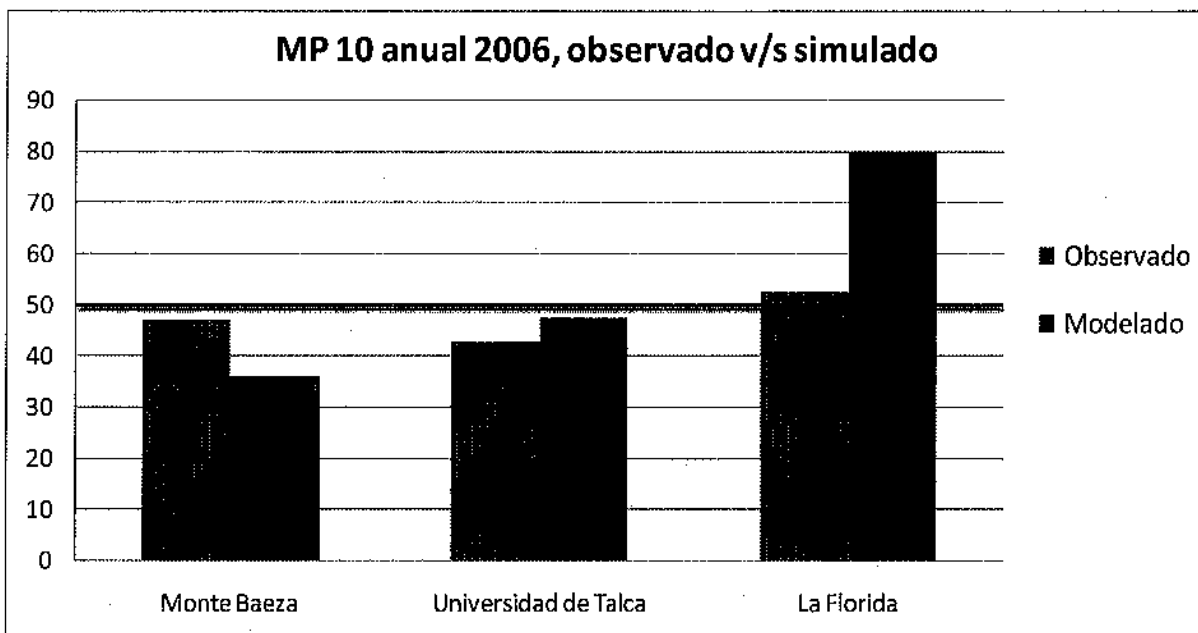


Figura 63: Comparación observado versus simulado en estaciones de monitoreo, promedio anual.

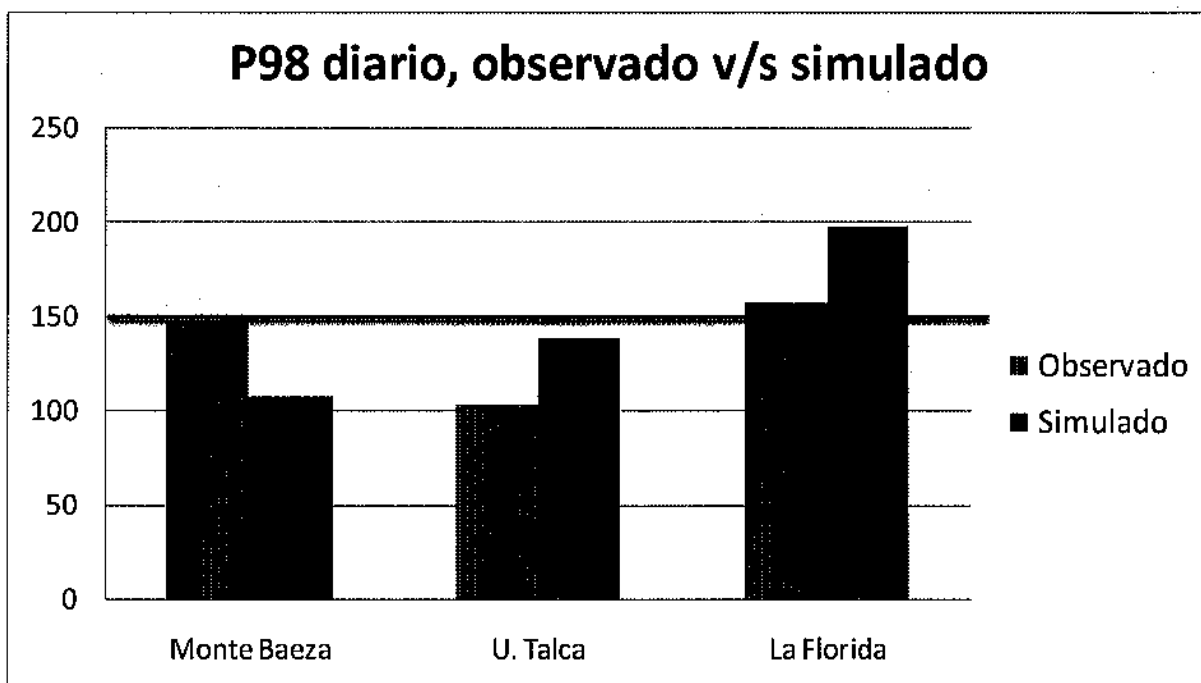


Figura 64: Comparación observado versus simulado en estaciones de monitoreo, percentil 98 promedio diario.

Existen varias fuentes de incertidumbre que pueden estar asociadas con las diferencias entre los observados y simulados de MP_{10} :

- Monitoreo no es continuo ni horario.
- Modelo AERMOD considera campos meteorológicos espacialmente homogéneos
- La información meteorológica presenta gran cantidad de "calmas" en que AERMOD no es capaz de estimar concentraciones.
- Siempre existe algún nivel de incertidumbre en las emisiones estimadas

Para el análisis de participación de los tipos de fuentes en la calidad del aire de Talca se crearon siete grupos de fuentes:

- Leña : Combustión por leña residencial urbana y rural, excepto Talca urbano
- Leña Talca: Combustión por leña residencial urbana en Talca
- Fuentes Móviles Carretera
- Fuentes Móviles Talca
- Quemadas Agrícolas, incluye preparación de terrenos y maquinaria agrícola.
- Fuentes Puntuales
- Incendios Forestales y Urbanos
- Resto de Fuentes: Uso de GLP, Kerosene, rellenos sanitarios y otros

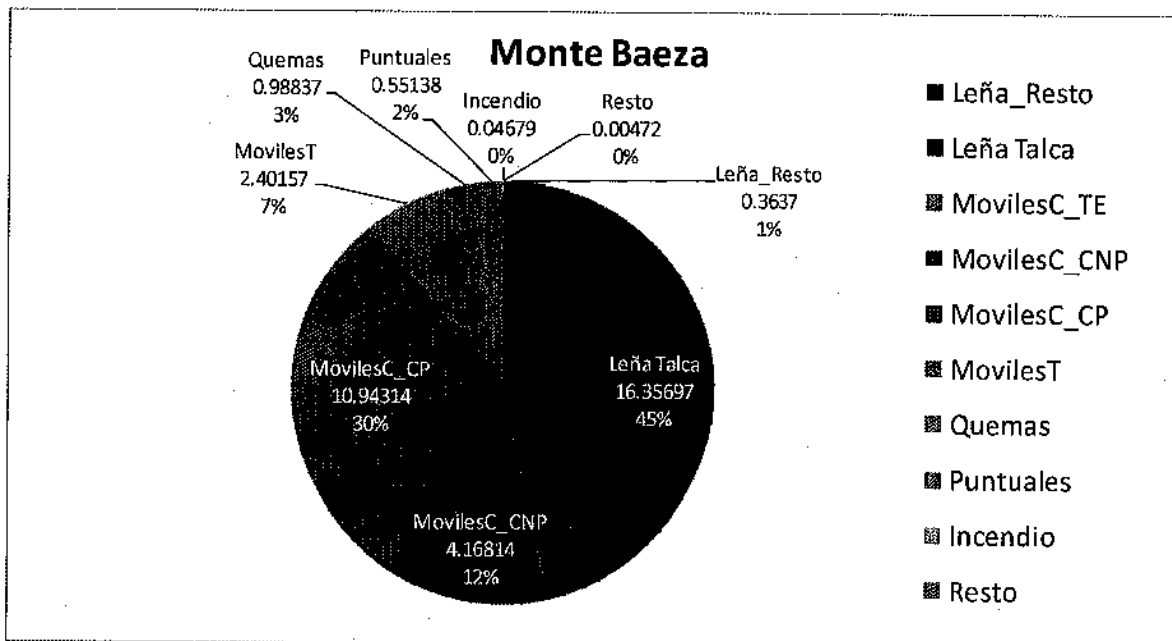


Figura 65: Participación fuentes en concentraciones simuladas de MP_{10} en Monte Baeza

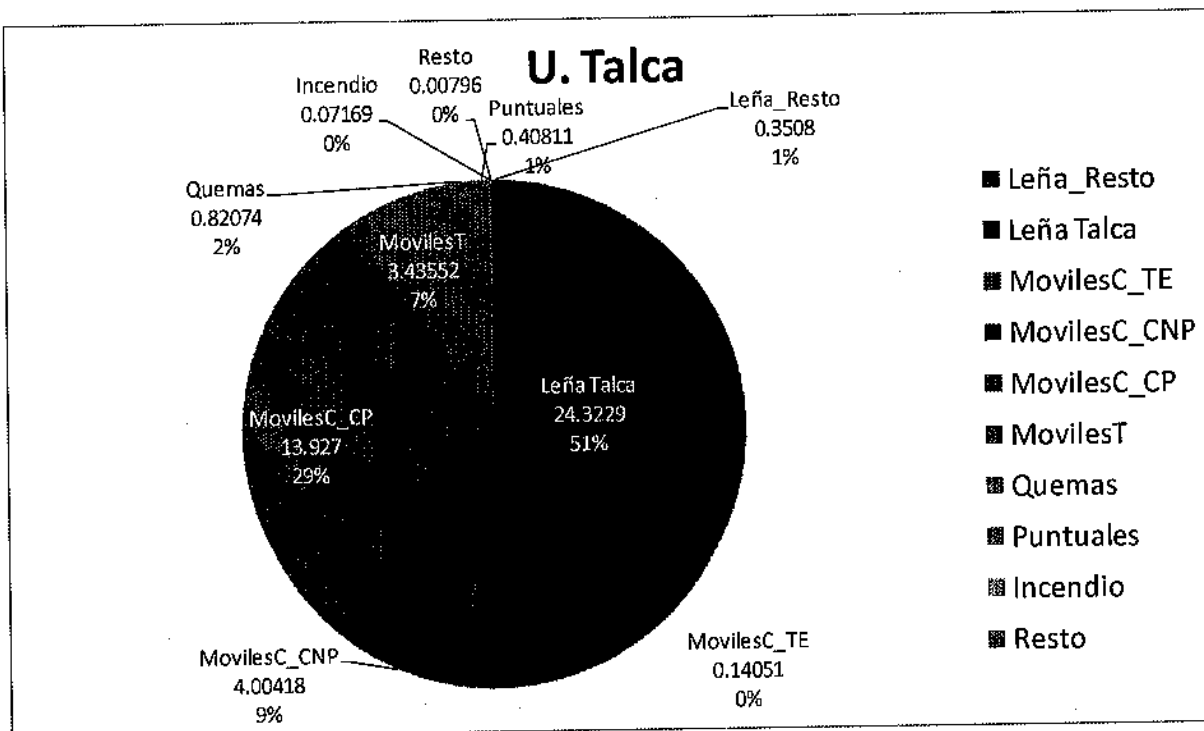


Figura 66: Participación fuentes en concentraciones simuladas de MP-10 en Universidad de Talca.

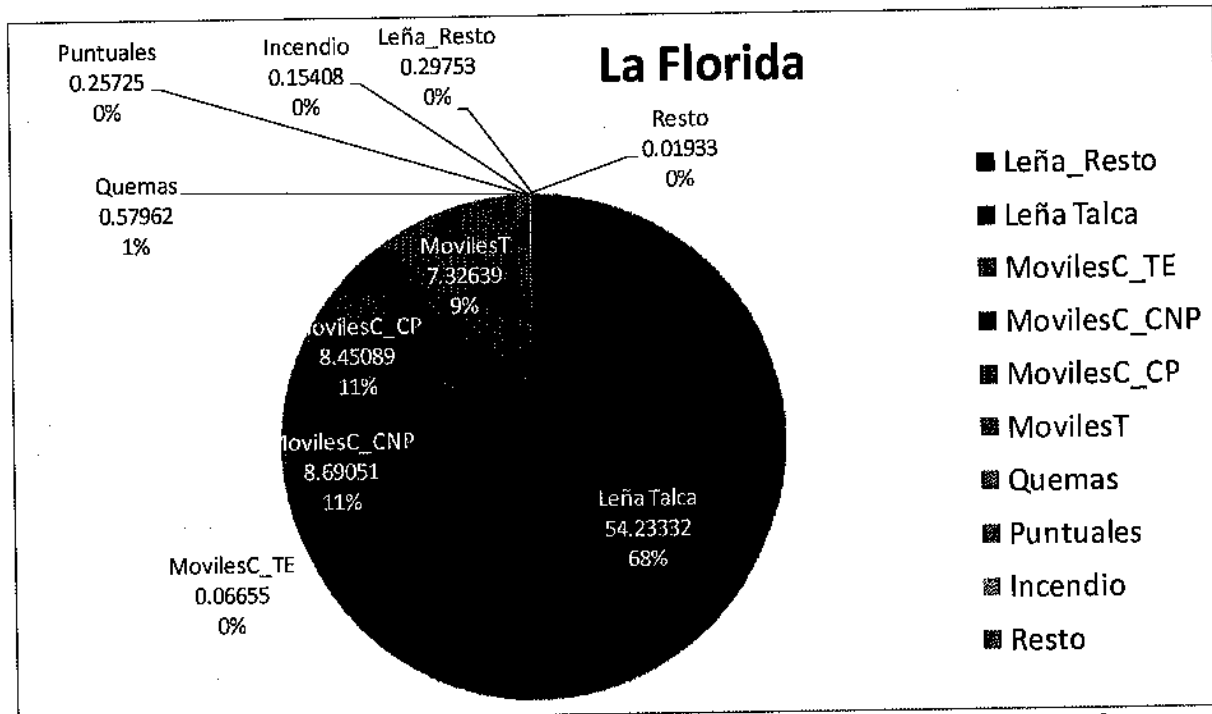


Figura 67: Participación fuentes en concentraciones simuladas de MP-10 en La Florida.

En las últimas tres figuras es posible apreciar la predominancia de los impactos por combustión de leña en los tres puntos analizados. Tal como ya se mencionó anteriormente esto llevó a la iteración en la mejora del trazado de la zona urbana de Talca donde se producen las emisiones por leña y al refinamiento de la distribución urbana de las emisiones por combustión de leña en Talca.

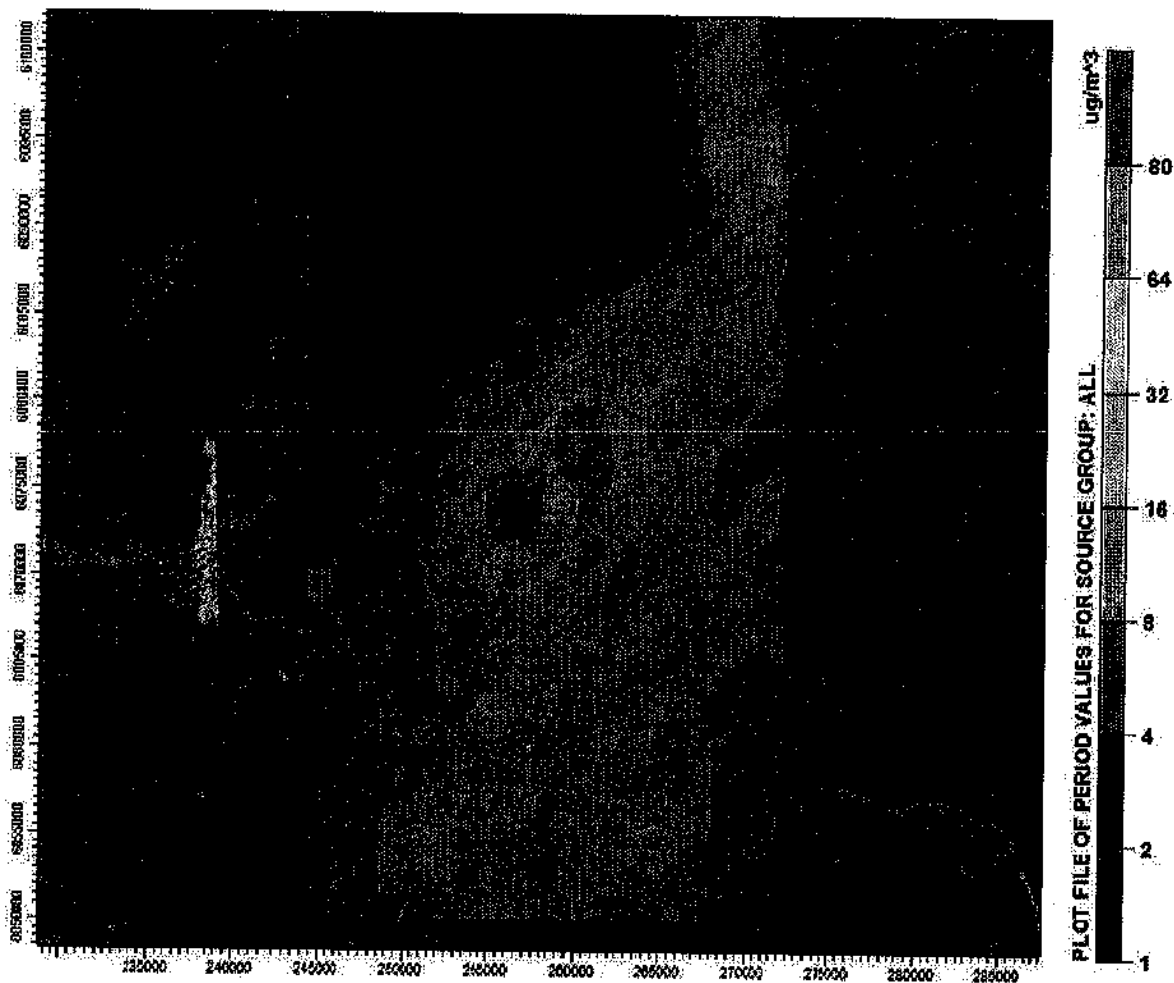


Figura 68: Mapa de concentración promedio anual MP-10, zona completa de modelación.

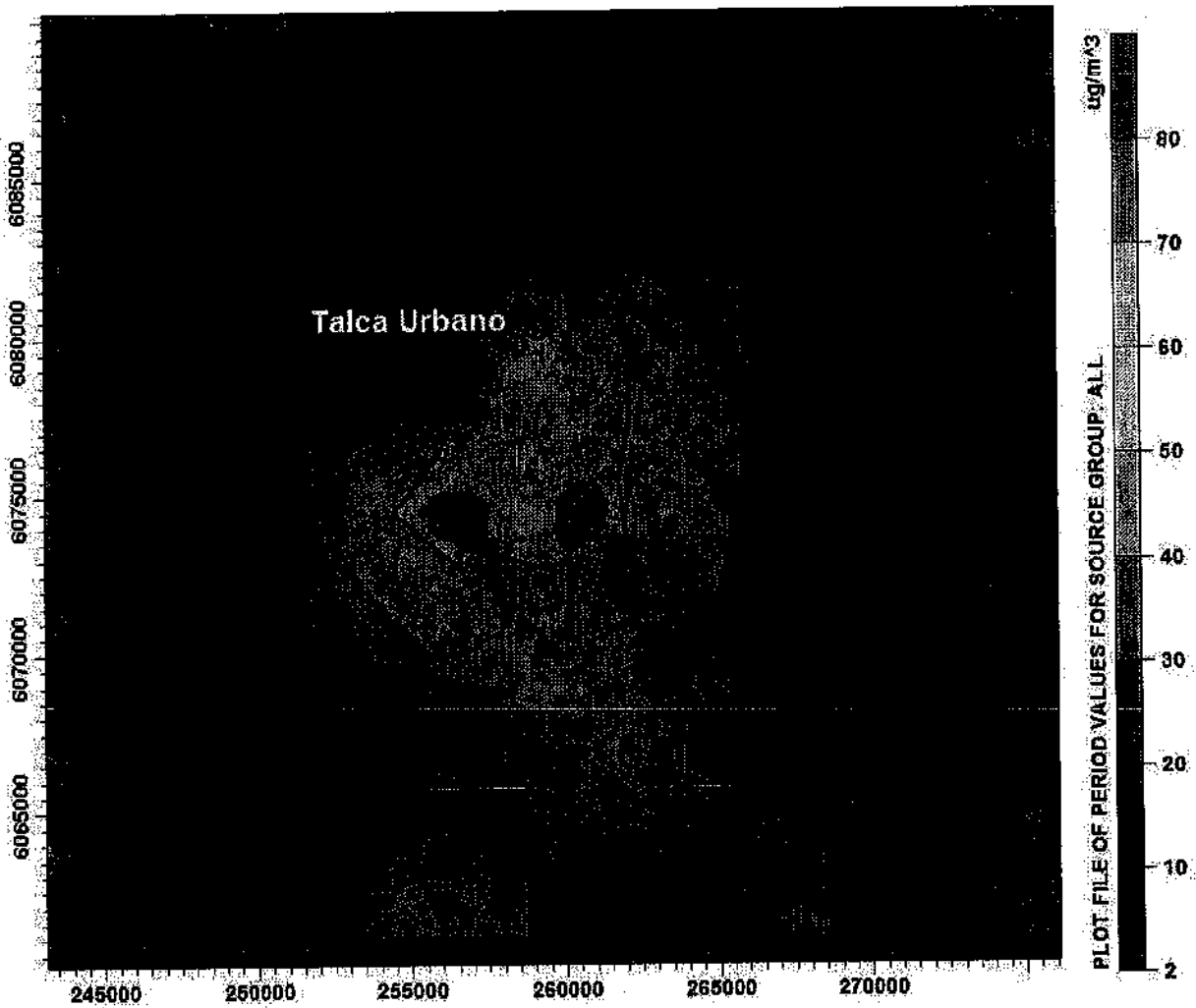


Figura 69: Mapa de concentración promedio anual MP-10, Talca.

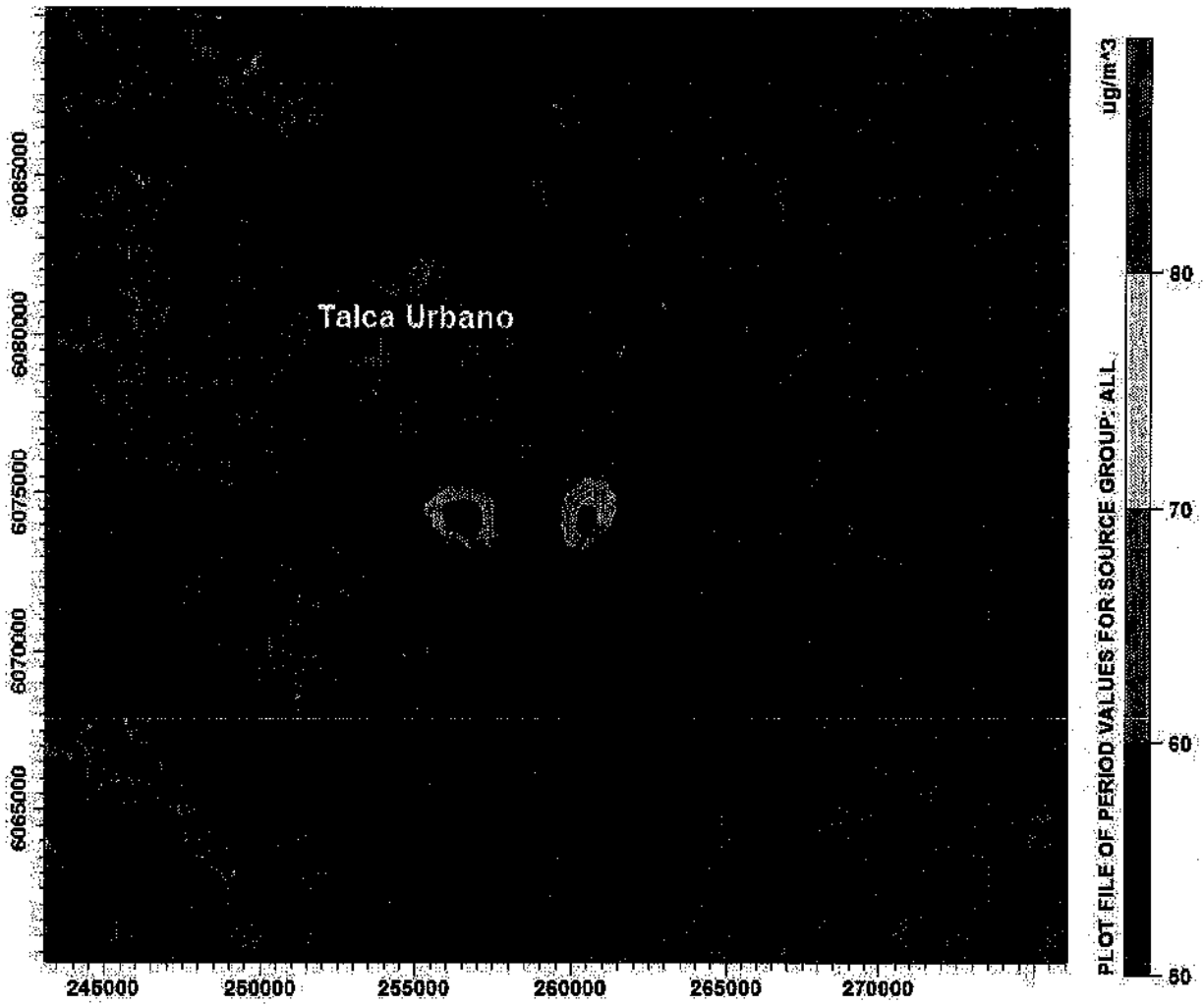


Figura 70: Zona de excedencia de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual de MP-10, Talca.

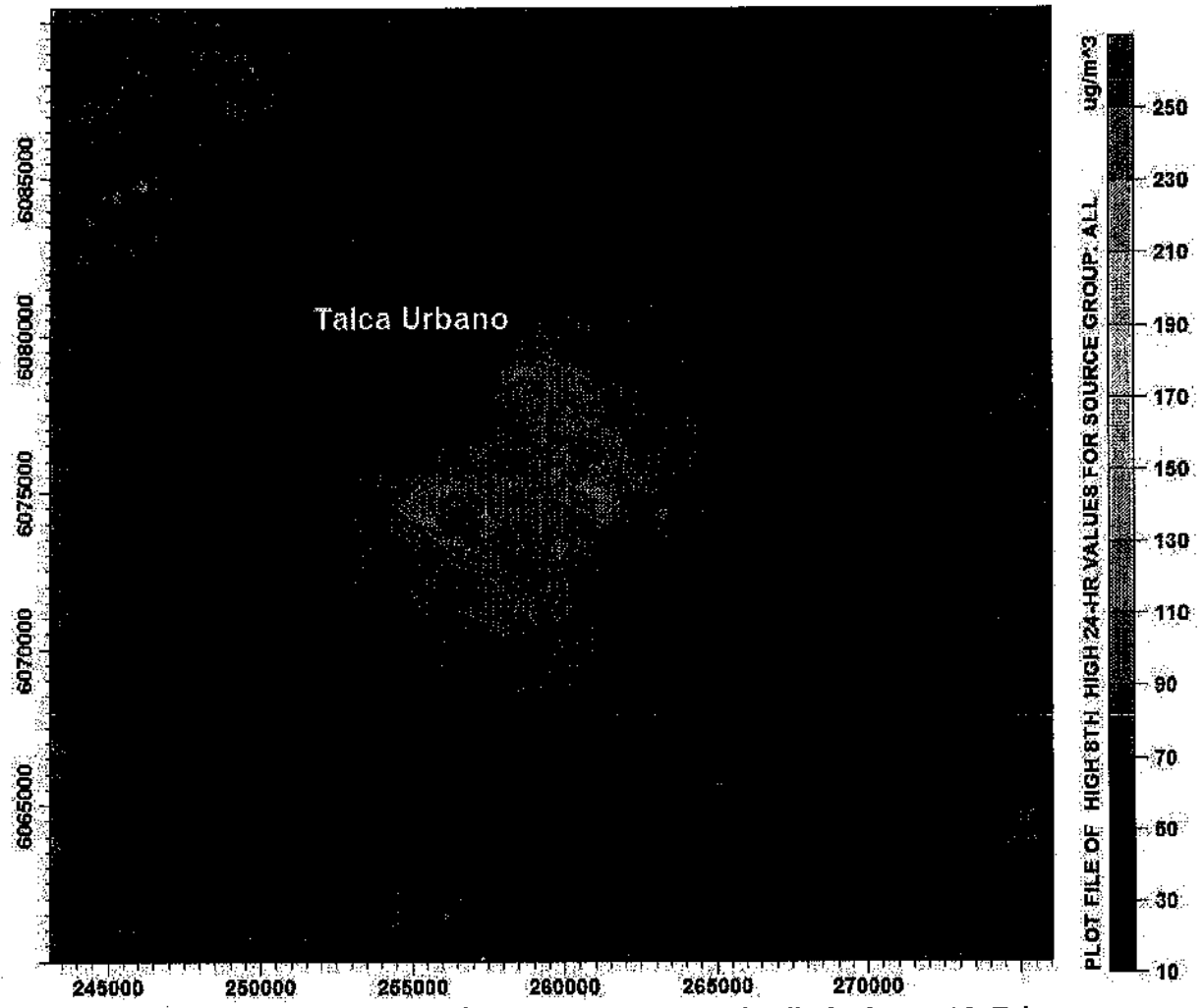


Figura 71: Mapa de concentración percentil 98 promedio diario de MP-10, Talca.

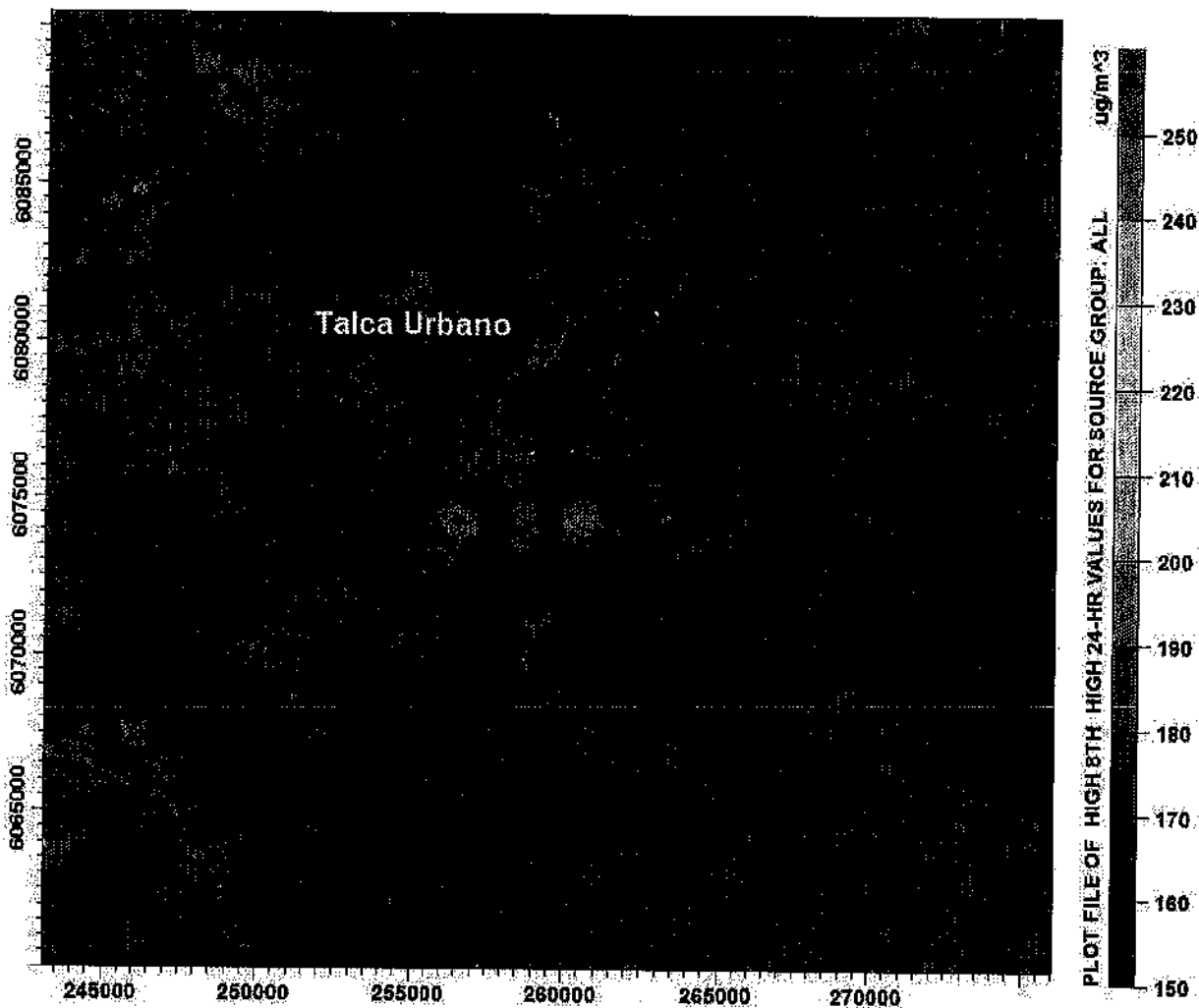


Figura 72: Zona de excedencia de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ percentil 98 promedio diario de MP-10, Talca.

Del análisis anterior es posible concluir que:

- Impactos de MP-10 están altamente predominadas por las emisiones de combustión residencial de leña de la misma zona urbana de Talca, tal como se puede ver en los gráficos de participación.
 - La zona de influencia es claramente la zona urbana de Talca y sus alrededores inmediatos.
- Según la modelación la mayoría de la zona urbana de Talca tiene problemas de superación de norma anual de MP-10.
- Se recomienda establecer como saturada la zona urbana de Talca más un radio de cinco kilómetros a la redonda, considerando que la segunda fuente con mayor participación corresponde al levantamiento de polvo de fuentes móviles en carretera.

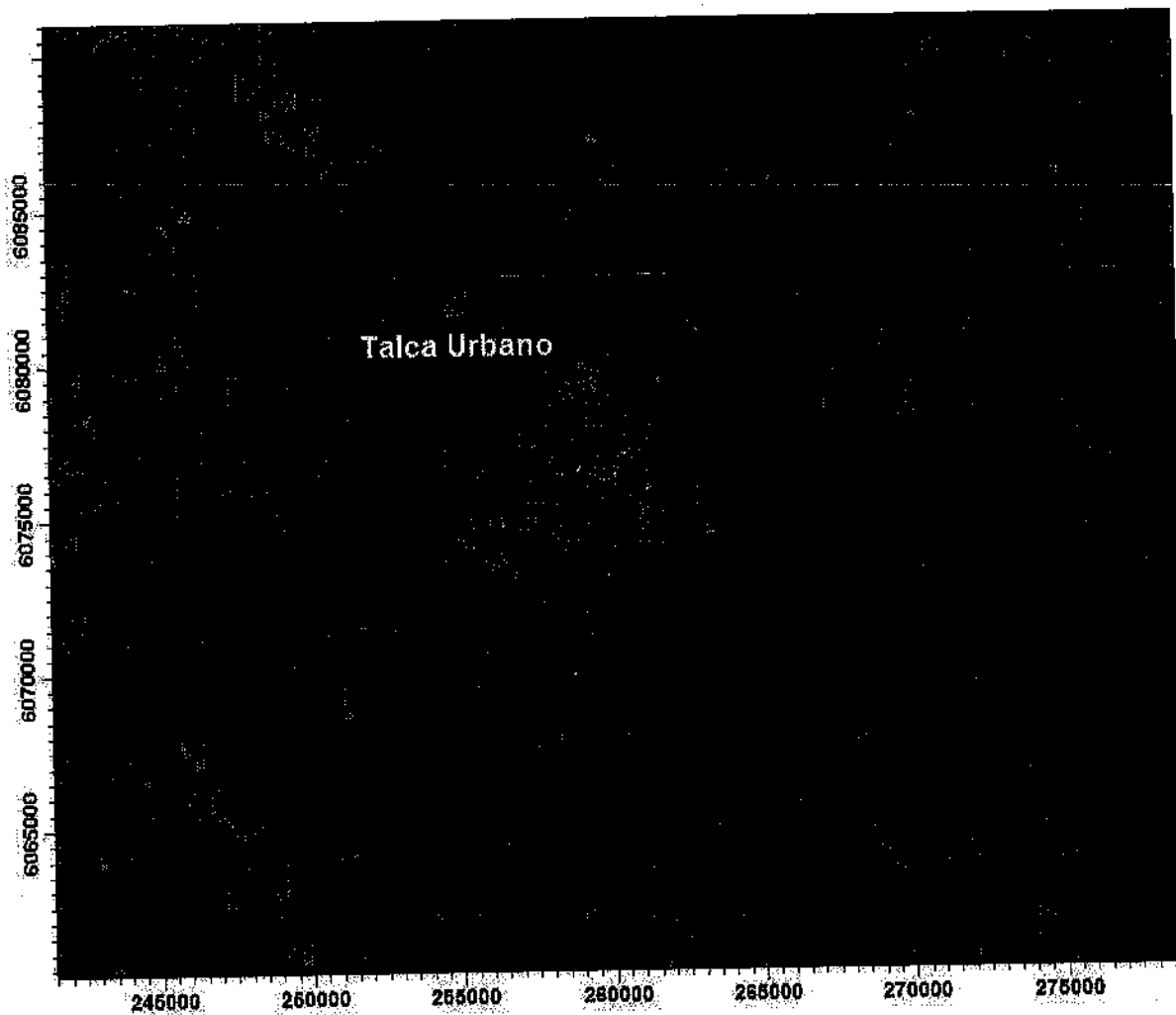


Figura 73: Zona saturada propuesta.

Tabla 181: Coordenadas vértices zona saturada propuesta, Datum WGS 84 Zona 19

Vértices	UTM WGS84-H19 (metros)	
	UTM-E	UTM-N
A	249300	6086600
B	267000	6086600
C	249300	6067600
D	267000	6067600

11. ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Para obtener una medición cualitativa del nivel de incertidumbre con la cual se estima las emisiones de los diferentes contaminantes, se ha seguido la clasificación de calidad utilizada por la EPA. La cual es la siguiente.

Clasificación de calidad.

- A Excelente: Factor posee una clasificación A o B en cuanto a la calidad de los datos, y los datos fueron tomados desde la población industrial en forma aleatoria y se cuenta con un gran número de ellos. Adicionalmente la categoría de fuentes de la población es suficientemente representativa como para minimizar variabilidad.
- B Sobre el promedio: Factor posee una clasificación A o B en cuanto a la calidad de los datos, la muestra incluye un número razonable de plantas industriales, pero no está claro si las pruebas efectuadas corresponden a una muestra aleatoria de la población. Adicionalmente la categoría de fuentes de la población es suficientemente representativa como para minimizar variabilidad
- C Promedio: Factor posee una clasificación A, B o C en cuanto a la calidad de los datos, la muestra incluye un número razonable de plantas industriales, pero no está claro si las pruebas efectuadas corresponden a una muestra aleatoria de la población. Adicionalmente la categoría de fuentes de la población es suficientemente representativa como para minimizar variabilidad
- D Bajo el promedio: Factor posee una clasificación A, B o C en cuanto a la calidad de los datos, la muestra incluye solo un pequeño número de plantas industriales, razón suficiente para suponer que la muestra no es representativa de la población de la industria. Adicionalmente puede haber evidencia de variabilidad dentro de la población de fuentes.
- E Calidad pobre: Factor posee una clasificación C o D en cuanto a la calidad de los datos, existen muchas razones para creer que las pruebas no representan una muestra aleatoria de la población. Adicionalmente puede

haber evidencia de variabilidad dentro de la población de fuentes.

La clasificación anterior se aplica a los diferentes factores de emisión que son aplicadas en el inventario. Clasificaciones similares fueron aplicadas a las estimaciones del nivel de actividad. Por lo anterior, se tienen clasificaciones cualitativas tanto de las estimaciones de los factores de emisión, como de los niveles de actividad. En las paginas siguientes, desarrollaremos a partir de lo anterior, mediciones cualitativas y cuantitativas de la incertidumbre en las estimaciones de emisión de contaminantes.

11.1. Valoración cualitativa de las incertidumbres.

a) Estimación de emisiones con un solo tipo de actividad.

En términos generales la emisión de un contaminante determinado viene dada por una expresión del tipo.

$$\text{Emisión} = FE \cdot NA$$

Tanto FE , el factor de emisión, como NA el nivel de actividad, son estimaciones y por lo tanto están sujetas a error. Una buena practica en las estimaciones es entregar el intervalo de confianza sobre el parámetro a estimar. Por lo tanto se tendrá ecuaciones de la forma:

$$E[FE] = FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$$

$$E[NA] = NA \pm t_{\alpha} \sigma_N$$

Es decir, el valor esperado del factor de emisión, se encontrara en el intervalo $FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$, con una probabilidad $(1 - \alpha)$, donde consideramos FE , como una estimación para el factor de emisión. Análogamente ocurre con la estimación para el nivel de actividad. Ahora para calcular las estimaciones, tendremos que el verdadero valor de la emisión estará en un intervalo de la forma.

$$[I. \text{Emisión}] = (FE \pm t_{\alpha} \sigma_f)(NA \pm t_{\alpha} \sigma_N)$$

$$[I. \text{Emisión}] = FE \cdot NA \pm t_{\alpha} \sigma_f NA \pm t_{\alpha} \sigma_N FE \pm t_{\alpha}^2 \sigma_f \sigma_N$$

Ahora si usamos la variable de emisión tendremos que el largo del intervalo vendrá dado por $t_{\alpha} \sigma_{\text{Emisión}}$, por lo cual igualando tendremos:

$$\sigma_{\text{Emisión}} = \sigma_f NA \pm \sigma_N FE \pm t_{\alpha} \sigma_f \sigma_N$$

Dividiremos por la emisión esperada, para obtener el coeficiente de variación de la variable emisión:

$$E[C.V. Emisión] = \frac{\sigma_{Emisión}}{E[Emisión]} = \frac{\sigma_f NA \pm \sigma_N FE \pm t_\alpha \sigma_f \sigma_N \sigma_N}{E[Emisión]}$$

Si estimamos el factor de emisión por FE , el nivel de actividad por NA y el nivel de las emisiones por $FE \cdot NA$, tendremos que las estimaciones de los coeficientes de variación del factor de emisión y del nivel de actividad vendrán dados por.

$$C.V. factor = \frac{\sigma_f}{FE} \quad C.V. N. Activ. = \frac{\sigma_N}{NA}$$

Mientras que el coeficiente de variación de las emisiones, usando su mayor valor será:

$$C.V. Emisión = \frac{\sigma_f NA + \sigma_N FE + t_\alpha \sigma_f \sigma_N \sigma_N}{FE \cdot NA} =$$

$$C.V. Emisión = C.V. factor + C.V. Emisión + t_\alpha \cdot C.V. factor \cdot C.V. Emisión \quad (A)$$

Esta última expresión será usada para estimar cualitativamente la incertidumbre en las emisiones, para ello, usaremos las clasificaciones definidas anteriormente, les daremos un coeficiente de variabilidad, menor para la clasificación A y aumentando para las siguientes clasificaciones. Es claro que el método a seguir, es un método que persigue obtener una clasificación de las emisiones, a partir de las clasificaciones cualitativas del factor de emisión y del nivel de actividad, pero que por la naturaleza de la falta de datos, no es un método robusto, pero nos dará buenas aproximaciones para las estimaciones de incertidumbre. Los valores, que se dieron para las diferentes clasificaciones son:

Tabla 182. Calidad de factores y coeficiente de variación

Calidad	Coef.Var.
A	Menor a 0,25
B	0,25 y 0,5
C	0,5 y 0,9
D	0,9 y 1,5
E	Mayor a 1,5

Usando estos valores para el coeficiente de variación, y usando la ecuación (A), se obtuvo el siguiente cuadro. Este cuadro entrega una estimación del coeficiente de variación del producto de dos variables, que es la forma como se calculan las emisiones. Se puede apreciar que si hay un cálculo con un factor de emisión con clasificación A y nivel de actividad A, el coeficiente de variación es el mas bajo, un 28%, mientras que si ambos valores tiene una clasificación E, el coeficiente de variación es el más alto 1,200%.

Tabla 183. Coeficiente de variación producto de dos variables

	A	B	C	D	E
A	28%	59%	100%	163%	263%
B	59%	103%	160%	248%	388%
C	100%	160%	238%	358%	550%
D	163%	248%	358%	528%	800%
E	263%	388%	550%	800%	1200%

El paso siguiente, es obtener una clasificación cualitativa para el cálculo del factor de emisión, para ellos se ordenaron los valores obtenidos en la tabla anterior de menor a mayor y luego se procedió a clasificarlos de acuerdo con las similitudes de los grupos, se obtuvieron 5 niveles clasificados de la A al E.

Tabla 184. Niveles de clasificación

A	28%
	59%
B	100%
	103%
	160%
	163%
C	238%
	248%
	263%
D	358%
	388%
E	528%
	550%
	800%
	1200%

Estos niveles dan lugar a la clasificación para evaluar la incertidumbre en el cálculo de las emisiones, lo que se entrega en la tabla siguiente.

Tabla 185. Clasificación para evaluación de niveles de incertidumbre

		Clasificación Factor de Emisión				
		A	B	C	D	E
Clasificación Nivel de Actividad	A	A	A	B	B	C
	B	A	B	B	C	D
	C	B	B	C	D	E
	D	B	C	D	E	E
	E	C	D	E	E	E

Tabla 186: Calidad Cualitativa de las emisiones

ORIGEN FACTOR DE EMISIÓN	Combustible	Consumo ton/año	Calidad	FAC_MP10	Calidad FE	PTS_AÑO	Calidad	MP10_AÑO	Calidad FE MP 10	Calidad
FACTORES CALDERAS	MADERA	5121	B	0,0032	A	0,81936	A	0,73742	B	B
FACTORES CALDERAS	CARBON	1650	B	0,003	B	4,95	B	3,3165	C	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	510	B	0,0032	A	1,632	A	1,4688	B	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	1020	B	0,0032	B	1,632	B	1,4688	C	B
FACTORES CALDERAS	CARBON	1030	B	0,003	B	3,09	B	2,0703	C	B
FACTORES CALDERAS	PETROLEO N°6	1000,2	B	0,00124623	B	1,2464756	B	0,885	C	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	8878	B	0,0032	B	1,42048	B	1,27843	C	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	8878	B	0,0032	B	1,42048	B	1,27843	C	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	43	B	0,0032	A	0,1376	A	0,12384	B	B
FACTORES CALDERAS	PETROLEO N°5	359	B	0,00089233	B	0,3203477	B	0,22745	C	B
FACTORES CALDERAS	PETROLEO N°5	668	B	0,00089233	B	0,5960788	B	0,42322	C	B
FACTORES CALDERAS	PETROLEO N°5	668	B	0,00089233	B	0,5960788	B	0,42322	C	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	3040	B	0,0032	A	9,728	A	4,864	B	B
FACTORES CALDERAS	GAS	41,424	B	0,00013241	E	0,005485	D	0,00274	E	D
FACTORES CALDERAS	GAS	13,27	B	0,00013241	E	0,0017571	D	0,00088	E	D
FACTORES CALDERAS	PETROLEO N°6	1114	B	0,00124623	B	1,3882961	B	0,69415	C	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	6955,18	B	0,0032	B	22,256576	B	11,1283	C	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	6955,18	B	0,0032	B	22,256576	B	11,1283	C	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	2977	B	0,0032	A	9,5264	A	4,7632	B	B
FACTORES CALDERAS	MADERA	2977	B	0,0032	A	9,5264	A	4,7632	B	B
FACTORES CALDERAS	GAS	1599	B	0,00013241	E	0,2117252	D	0,10586	E	D

En la tabla de muestra se entregan; el nivel de activada de cada combustible y su nivel de calidad, además se entregan los factores de emisión para MP10, PTS, MP10-Año, con su respectivo nivel de calidad, en las columnas sombreadas se entrega la clasificación de calidad de las emisiones. En Anexo se entrega, la tabla completa.

a) Estimación de emisiones con varios tipos de actividad.

Cuando un contaminante es producido por más de un tipo de actividad, por ejemplo las emisiones de NO_x, en calderas industriales son emitidas por calderas con uso de Gas, Madera, Petróleo, etc., en estos casos las emisiones son estimadas por:

$$\text{Emisión} = \sum_c F_c N_c$$

Donde la suma corre por todos los combustibles que son usados. La estimación de los intervalos en estos casos viene dado por:

$$[I. \text{Emisión}] = \sum_c [(F_c + t_\alpha \sigma_{fc})] (N_c + t_\alpha \sigma_{nc})$$

$$[I. \text{Emisión}] = \sum_c F_c N_c + t_\alpha \sum_c (\sigma_{fc} N_c + \sigma_{nc} F_c) + t_\alpha^2 \sum_c \sigma_{fc} \sigma_{nc}$$

$$C. \text{Var} = \frac{\sum_c (\sigma_{fc} N_c + \sigma_{nc} F_c) + t_\alpha \sum_c \sigma_{fc} \sigma_{nc}}{\sum_c F_c N_c}$$

$$C. \text{Var} = \sum_c \left(\sigma_{fc} \frac{N_c}{\sum_c F_c N_c} + \sigma_{nc} \frac{F_c}{\sum_c F_c N_c} \right) + t_\alpha \sum_c \sigma_{fc} \sigma_{nc} \frac{1}{\sum_c F_c N_c}$$

$$C. \text{Var} = \sum_c \left(C. \text{Var}_{fc} \frac{F_c N_c}{\sum_c F_c N_c} + C. \text{Var}_{nc} \frac{F_c N_c}{\sum_c F_c N_c} \right) + t_\alpha \sum_c C. \text{Var}_{fc} C. \text{Var}_{nc} \frac{F_c N_c}{\sum_c F_c N_c}$$

Esta última expresión generaliza la ecuación A, para la estimación del coeficiente de varianza de las emisiones. Aparece el factor

$$\frac{F_c N_c}{\sum_c F_c N_c}$$

Que es la proporción de la emisión proveniente del combustible C, sobre el total de emisiones.

La siguiente tabla muestra un ejemplo de aplicación de la ecuación anterior. En ellas, se entregan los distintos combustibles usados en calderas industriales, y los factores de emisión de NO_x para cada combustible, con su respectiva clasificación de calidad, lo mismo ocurre con el nivel de actividad para cada combustible. Las filas siguientes muestran las emisiones de NO_x, en calderas industriales por cada combustible considerado. También, se entrega el porcentaje de contribución al total de las emisiones. La última columna entrega una estimación del coeficiente de variación de las emisiones, de acuerdo a tablas anteriores.

Tabla 187. Ejemplo de clasificación de calidad

	CARBON	PETROLEO Nº2	PETROLEO Nº6	PETROLEO Nº5	MADERA	GAS	Total general
FACTORES DE EMISION							
Factor de Emisión Kg Emisión/Ton Consumo	3,8	2,8	6,8	6,9	0,8	4,4	
Clasificación del Factor Emisión AP-42	B	B	B	B	A	B	
NIVELES DE ACTIVIDAD							
Nivel de Actividad Ton/Año	2.680,00	6.000,00	6.411,80	1.695,00	50.825,10	1.741,30	
Categoría	B	B	B	B	B	B	
Total Emisiones de NOx en Calderas Industriales en Ton/Año	10,05	16,98	43,34	11,71	38,12	7,7	127,9
% Sobre El Total	0,08	0,13	0,34	0,09	0,30	0,06	1
Est. Coef.Var.	103	103	103	103	59	103	103

La aplicación de la ecuación

$$C. Var = \sum \left(C. Var_{fc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c} + C. Var_{nc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c} \right) + t_a \sum C. Var_{fc} C. Var_{nc} \frac{F_c N_c}{\sum F_c N_c}$$

A los valores de la tabla, entrega un total de 89,9%, que corresponde a una clasificación B. De esta forma, podemos decir que la estimación de 127,9 Ton/año de NOx, que emiten las caldera industriales, tiene una clasificación de calidad de tipo B.

11.2. Valoración cuantitativa de las incertidumbres.

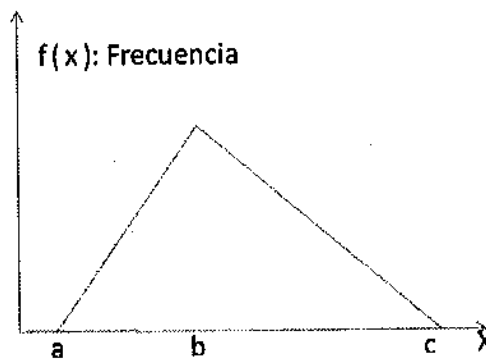
Para obtener una estimación cuantitativa de la incertidumbre de las emisiones de contaminantes, es preciso contar con mas información. Un enfoque para ello es obtener las funciones de densidad de las variables del factor de emisión y del nivel de actividad. En las secciones siguientes se desarrolla un ejemplo de aplicación del método de Montecarlo, para obtener estimaciones de la incertidumbre en el cálculo de las emisiones. Los supuestos básicos con los que se trabajan son los siguiente,

- a) El factor de emisión es una variable aleatoria. Esto, implica que tiene un comportamiento dado por una función de densidad.
- b) El nivel de actividad es una variable aleatoria. Al igual que el caso anterior, implica que tiene un comportamiento dado por una función de densidad.
- c) La emisión, es el producto de dos variables aleatorias, por lo tanto es una variable aleatoria, lo que implica que tiene una función de densidad.
- d) Si conocemos la función de densidad podemos conocer todo el comportamiento de las emisiones.
- e) Para estimar la función de densidad de las emisiones estimamos la funciones de densidad del factor de emisión y del nivel de actividad, y luego simulamos multiplicaciones al azar, para generar una estimación de la función de densidad de las emisiones (Método de Montecarlo).

Desarrollo los puntos anteriores para estimar la incertidumbre en la caso de las emisiones de NOx, en calderas industriales, con uso de gas como combustible.

a) Distribución de los Factores de Emisión.

Suponemos que los factores de son variables aleatorias, y por la descripción completa de ellas viene su función de densidad, se ha que la función de densidad de los son distribuciones triangulares, la tres parámetros: Mínimo esperado (a), probable (b) y esperado (c).



emisión tanto la dada por estimado factores, cual tiene máximo

Fig. 1.

Figura 74 Función de densidad de una variable aleatoria triangular.

Dados los valores a, b, c, se puede obtener la esperanza y la varianza, las que vienen dadas por las siguientes expresiones.

$$E(X) = \frac{a + b + c}{3}$$

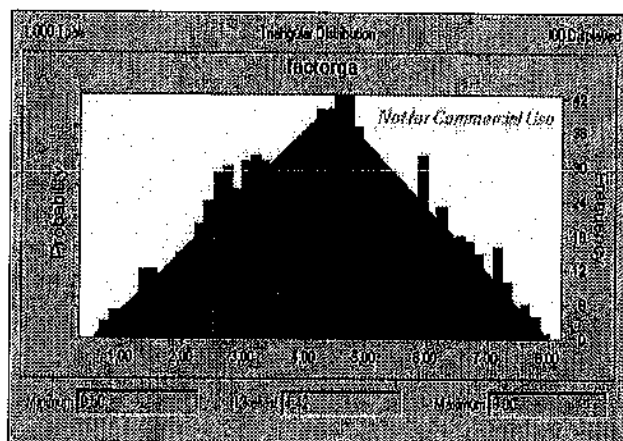
$$V(X) = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18}$$

11.3. Variabilidades del factor de emisión.

El factor de emisión para NO_x, con consumo de gas, entregado por la AP-42 para calderas industriales es de 0,00442 Kg Emisión/Kg de Combustible, o equivalentemente 4,4 Kg de emisión/Ton de Combustible. El nivel de incertidumbre de acuerdo a la categoría de la EPA es C. En este caso se considero, una simulación con los valores de 0,5 Kg Emisión/Ton Combustible como mínimo, de 7,7 Kg Emisión/Ton Combustible como máximo y de 4,4 Kg Emisión/Ton Combustible como valor promedio. El coeficiente de variación elegido para una categoría C, fue de un 35%, con estos valores, las tablas y gráficos siguientes muestran los resultados obtenidos suponiendo que el factor de emisión de NO_x, para calderas industriales con uso de gas, es una variable aleatoria con distribución triangular, de parámetros 0,5; 4,4 y 7,7.

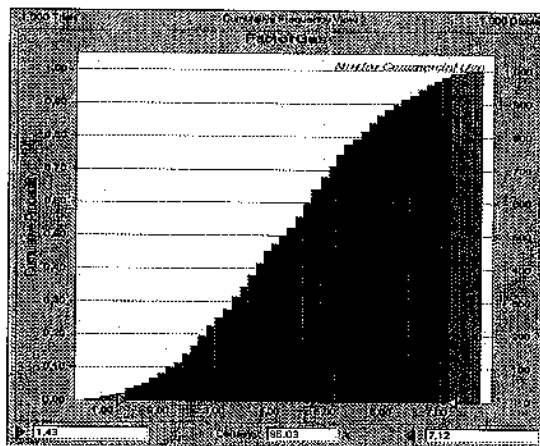
Tabla 188. Estadísticos de una simulación.

Variable Assumption: factorga		
Statistic	Assumption values	Triangular distribution
Trials	1.000	---
Mean	4,34	4,4
Median	4,32	4,33
Mode	---	4,42
Standard Deviation	1,56	1,53
Variance	2,43	2,35
Skewness	0,0391	-0,0444
Kurtosis	2,35	5,40
Coeff. of Variability	0,3656	0,35
Minimum	0,66	0,50
Maximum	7,92	8,00
Mean Std. Error	0,05	---



Los resultados obtenidos muestran una distribución de frecuencia que se ajusta a una distribución triangular con los parámetros entregados. Los datos estadísticos de la tabla anterior, muestra que en 1.000 corridas, se obtuvo un factor de emisión de NOX, para calderas industriales con uso de gas, con un valor mínimo de 0,66 y un máximo de 7,92.

Mediante la función de distribución se pueden obtener los intervalos de confianza del factor de emisión, estos entregan, tal como se muestra en la figura, que el intervalo $[1,4; 7,1]$ es un intervalo obtenido con un 95% de confianza. Cabe mencionar que este es solo uno intervalo posible, ya que el intervalo, $[1,7; 7,7]$ también tiene un 95% de confianza. El intervalo de confianza, nos dice que cualquier valor incluido en el puede ser el verdadero

**Figura 75. Frecuencia de distribución de factor de emisión para NOx en calderas.**

001562

valor del factor de emisión, y que por lo tanto es tan válido usar el valor de 4,4 Kg Emisión/Ton Combustible, dado por la AP-42, como un valor de 7,0 Kg Emisión/Ton Combustible. Claro está que este último valor nos hará aumentar en casi un 60% los valores de emisión de NOx.

b) Distribución del Nivel de actividad.

Los niveles de actividad, son estimados mayoritariamente por medio de estadísticas de consumo regional, que son recopilados en fuentes gubernamentales. Estos consumos son llevados a la resolución necesaria por población (consumo regional/habitantes), para ser usados adecuadamente en las expresiones del cálculo de la emisión de contaminantes.

Para realizar la simulación en la emisión de NOx, se ha supuesto que los niveles de actividad reportados contienen un error, el que se supone que tiene distribución normal. De acuerdo a las características de la medición, se le otorgo una baja variabilidad promedio, dado por el coeficiente de variación, un 66,7%, con ello, para cada nivel de actividad, se supone que tiene una distribución normal de media el valor obtenido en los reportes y desviación estándar de un 66,7% de la media. Por ejemplo, el valor reportado del nivel de actividad en Gas es de 1.741 Ton/Año para Talca. Por lo cual supondremos que la variable aleatoria del nivel de actividad en Gas para Talca, sigue una distribución normal de media, 1.741 Ton/Año y desviación estándar de $0,667 \cdot 1.741 = 1.161$ Ton/año.

11.4. Variabilidades del nivel de actividad

De acuerdo a los valores anteriores, se procedió a realizar una simulación de los niveles de consumo de gas en Talca. Los resultados obtenidos, ver Tabla y grafica siguiente, muestran que se obtuvieron valores de consumo de 5.985 Ton/año como máximo y - 2.048 como mínimo (este valor implica que el supuesto de una distribución normal no es muy bueno, debiendo cambiarse por una normal truncada o por una Gamma).

Statistic Consumo	
Statistic	Forecast values
Trials	1.000
Mean	1.755,58
Median	1.738,44
Mode	'---
Standard Deviation	1.174,12
Variance	1.378.562,28
Skewness	0,0865
Kurtosis	3,10
Coeff. of Variability	0,6688
Minimum	-2.048,30
Maximum	5.985,41
Mean Std. Error	37,13

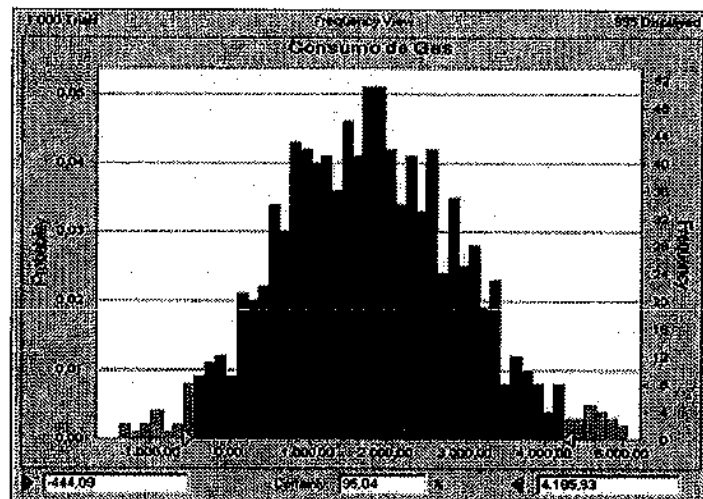


Figura 76. Distribución de nivel de actividad para consumo de gas en Talca.

Un intervalo de confianza para el consumo de gas en Talca es [0; 4.185]

a) Las emisiones de NOx.

a.1) Emisiones de NOx en calderas industriales con uso de gas.

Para estimar la emisión de NOx, se usa la expresión

$$E = F_e N_a$$

Donde:

E : Emisión

Fe : Factor de emisión

Na: Nivel de actividad

La mirada desde el punto de vista de la incertidumbre, es que ahora tanto Fe, como Na, son variables aleatorias, y por lo tanto el resultado de su multiplicación es también una variable aleatoria. Para ver como varía la emisión, al ser una variable aleatoria, seguiremos con el ejemplo de la emisión de NOx por caldera industriales con uso de gas. En los puntos anteriores hemos analizado el comportamiento aleatorio, tanto del factor como del nivel de gas, ahora aplicaremos la ecuación, el método a seguir considera los siguientes pasos:

- Paso 1 – Seleccionar la función de distribución para el factor de emisión y para el nivel de actividad. En los puntos anteriores se selecciono para el factor de emisión una función de distribución triangular y para el nivel de actividad una función de distribución normal.
- Paso 2: Seleccionar aleatoriamente un valor para el factor de emisión y un valor para el nivel de actividad.
- Paso 3: Calcular las emisiones con los datos seleccionados al azar.
- Paso 4: Realizar el paso 2 al 4 hasta el número de iteraciones prefijado.

El resultado final obtenido es la función de distribución de las emisiones, en este caso particular de las emisiones de NOx, en calderas Industriales que usan gas.

Los pasos del 1 al 4, para el cálculo de emisiones de NOx provocados por el uso de gas en calderas industriales, entregan como resultados un valor promedio de 7,36 Toneladas de NOx, con una desviación estándar de 5,79. Un intervalo de confianza al 95%, es [0 ; 19,2]. El valor reportado en el informe, para las emisiones de NOx en calderas industriales con uso de gas es de 7,7 Ton/Año, el intervalo de confianza, basado en el cálculo de los factores de emisión con distribución triangular y con niveles de actividad con distribución normal, entrega que el valor de 7,7 Ton/Año, puede llegar a ser incluso superior a 19 Ton/Año. El análisis estadístico, no distingue entre estos dos valores, siendo ambos igualmente probables.

Forecast: NOx Con Gas	
Statistic	Forecast values
Trials	1.000
Mean	7,36
Median	6,65
Mode	---
S. Deviation	5,79
Variance	33,50
Skewness	0,6006
Kurtosis	3,49
Coeff. Variab.	0,7869
Minimum	-11,17
Maximum	30,28
M. Std. Error	0,18

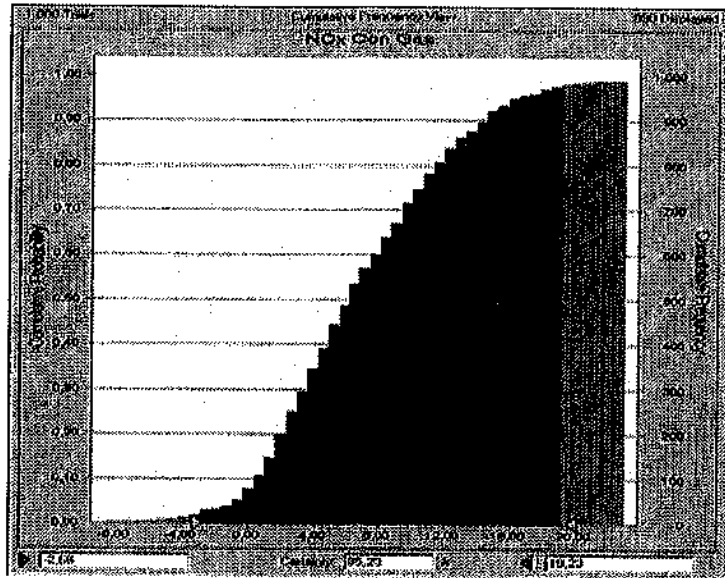


Figura 77. Distribución de las emisiones de NOx.

a.2) Emisiones de NOx, por calderas industriales, en Talca.

Hasta el momento hemos desarrollado estimaciones de la incertidumbre para las emisiones de NOx, emitidos por calderas usando solo el gas como combustible. Para obtener las emisiones totales de NOx de las calderas industriales es necesario agregar al análisis anterior, las emisiones de estas calderas con uso de otros combustibles, tales como, Carbón, Petróleo N° 2, Petróleo N° 6, Petróleo N° 5 y Madera. Los valores reportados, de los factores de emisión y de los niveles de actividad, para calderas industriales, y para emisiones de NOx, se entregan en la siguiente tabla.

Tabla 189. Factores de emisión y niveles de actividad para calderas

	CARBON	PETROLEO Nº2	PETROLEO Nº6	PETROLEO Nº5	MADERA	GAS	Total general
FACTORES DE EMISION							
Factor de Emisión Kg Emisión/Ton Consumo	3,8	2,8	6,8	6,9	0,8	4,4	
Valor Mínimo Kg Emisión/Ton Consumo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Valor Máximo Kg Emisión/Ton Consumo	6,5	4,9	11,7	12,0	1,3	7,7	
Clasificación del Factor Emisión AP-42	A	D	S/I	B	A	E	
NIVELES DE ACTIVIDAD							
Nivel de Actividad Ton/Año	2.680,0	6.000,0	6.411,8	1.695,0	50.825,1	1.741,3	
Desviación Estándar Ton/Año (1)	1.786,7	4.000,0	4.274,5	1.130,0	33.883,4	1.160,9	
Categoría	B	B	B	B	B	B	
Total Emisiones de NOx en Calderas Industriales en Ton/Año	10,05	16,98	43,34	11,71	38,12	7,70	127,9

1.- Supuesto Ambiosis

Para calcular el total de emisiones, la formula usada es:

$$\text{Emisión de NOx} = \sum_c FE_c NA_c$$

Donde

- FE_c : Factor de emisión para el combustible c.
- NA_c : Nivel de actividad para el combustible c.

La fórmula anterior, desde el punto de vista del cálculo de las incertidumbres, es una suma de variables aleatorias, por lo que las emisiones totales de NOx, debido a calderas industriales es una variable aleatoria. El valor esperado de la variable de Emisión de NOx, o esperanza matemática, es lo que normalmente se calcula, como el producto de $FE \cdot NA$, donde se interpreta que tanto FE como NA , son la esperanza de las variables que representan. Existe en este cálculo el razonable supuesto de que el factor de emisión, es independiente del nivel de actividad. Las expresiones que dan cuenta de lo anterior, están dadas por:

$$E[\text{Emisión de NOx}] = E\left[\sum_c FE_c NA_c\right] = \sum_c E[FE_c NA_c] = \sum_c E[FE_c] E[NA_c]$$

Los valores reportados, mostrados en la tabla anterior, entregan

$$E[\text{Emisión de NOx}] = 3,8 * 2.680 + 2,8 * 6.000 + 6,8 * 6.412 + 6,9 * 1.695 \\ + 0,8 * 50.825 + 4,4 * 1.714 = 127.900 \text{ Kg NOx/Año}$$

El valor de 127.900 Kg de NOx/año o 127,9 Ton/Año, debe ser considerado como el valor esperado, pero representa tan solo un valor posible.

Por otro lado, se tienen los errores de la emisión de NOX, estos en cada combustible, se suman, provocándose el efecto de la propagación de errores. La propagación de errores, viene representado por la varianza del total de emisiones de NOX. Una primera aproximación se tiene al considerar que cada una de las variables FE_c/NA_c son independientes entre si. En tal caso, la varianza vendrá dado por:




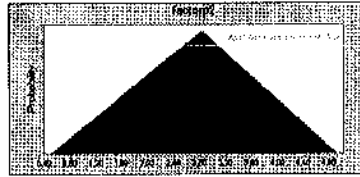
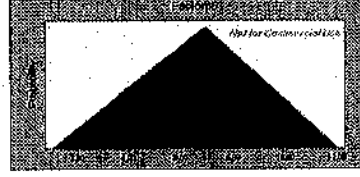
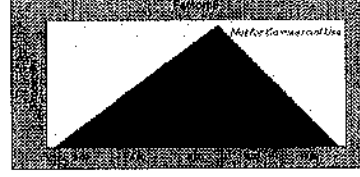
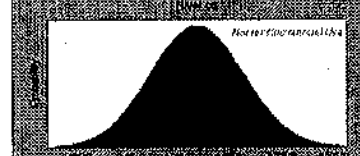
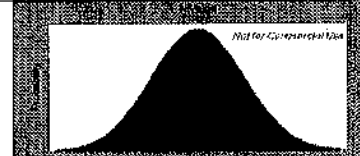
$$V[\text{Emisión de NOx}] = V\left[\sum_c FE_c NA_c\right] = \sum_c V[FE_c NA_c]$$

$$V[\text{Emisión de NOx}] = \sigma_{Carbon}^2 + \sigma_{Petr}^2 + \sigma_{Petr}^2 + \sigma_{Petr}^2 + \sigma_{Madera}^2 + \sigma_{Gas}^2$$

No obstante la simpleza de la expresión anterior, existen fuertes razones como para pensar que el consumo de combustible, se encuentran relacionados, en particular, se puede pensar que si aumenta el consumo de gas disminuirá el de petróleo, con ello la suposición de independencia de las variables no es sostenible, en tal caso la varianza debe ser calculado por medio de la siguiente expresión.

$$V[\text{Emisión de NOx}] = V\left[\sum_c FE_c NA_c\right] \\ = \sum_c V[FE_c NA_c] + \sum_c \sum_{k \neq c} Cov[FE_c NA_c, FE_k NA_k]$$

Para calcular el total emisiones de NOx, producidos por calderas industriales en Talca, se procedió a seguir los pasos 1 al 4, para cada uno de los combustibles. El primer paso consiste en estimar las funciones de densidad, tanto de los factores e emisión como de los niveles de actividad. Este es un punto extremadamente difícil de abordar, solo se pueden obtener estimaciones de la distribución. No obstante, en este estudio, no estamos interesado en el cálculo de las funciones de distribución, sino en obtener aproximaciones de la incertidumbre con la que se entregan los datos. En este contexto, como una primera aproximación, se estimaron las siguientes funciones de distribución, para el factor de emisiones y el nivel de actividad.

<p>Datos del factor de emisión de Carbón</p> <p>Minimum 0,50 Likeliest 3,75 Maximum 6,50</p>	
<p>Datos del factor de emisión de Gas</p> <p>Minimum 0,50 Likeliest 4,42 Maximum 8,00</p>	
<p>Datos del factor de emisión de Madera</p> <p>Minimum 0,68 Likeliest 0,75 Maximum 1,30</p>	
<p>Datos del factor de emisión de Petróleo Nº2</p> <p>Minimum 0,50 Likeliest 2,83 Maximum 4,90</p>	
<p>Datos del factor de emisión de Petróleo Nº5</p> <p>Minimum 1,00 Likeliest 6,91 Maximum 12,00</p>	
<p>Datos del factor de emisión de Petróleo Nº6</p> <p>Minimum 1,00 Likeliest 6,76 Maximum 11,00</p>	
<p>Consumo Carbón</p> <p>Mean 2.680,00 Std. Dev. 1.786,67</p>	
<p>Consumo Gas</p> <p>Mean 1.741,30 Std. Dev. 1.160,87</p>	


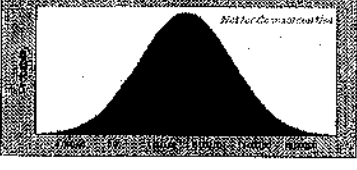


Consumo Madera Mean Std. Dev.	50.825,10 33.883,40	
Consumo Petróleo N°2 Mean Std. Dev.	6.000,00 4.000,00	
Consumo Petróleo N°6 Mean Std. Dev.	6.411,80 4.274,53	
Consumo Petróleo N°5 Mean Std. Dev.	1.695,00 1.130,00	

Figura 78. Funciones de distribución, para el factor de emisiones y el nivel de actividad

Con los datos de las distribuciones entregados en la tabla anterior, se procedió a calcular las emisiones totales de NOX debido a calderas industriales para Talca, Se realizaron dos pruebas una con 100 ensayos y otra con 100 ensayos, los resultados obtenidos se entregan en los cuadros siguientes. La tabla de estadísticas de los ensayos entrega diferencias, tal como es de esperar. En la de 100 ensayos se obtuvo un total de emisiones de 134, 7 Ton /Año y en la de 100 ensayos una media de 138, 8 Ton /Año, ambos valores son mayores a los obtenidos como esperanza matemática, de 127,9 Ton /Año.

Tabla 190. Estadísticas de emisiones de NOx

Statistic	Forecast: Emission Nox	
	Forecast values 1000 Ensayos	Forecast values 100 Ensayos
Trials	1.000	100
Mean	134,68	138,76
Median	132,39	143,12
Mode	'---	'---
Standard Deviation	50,15	53,82
Variance	2.515,19	2.896,42
Skewness	0,2347	0,1004
Kurtosis	3,13	3,48
Coeff. of Variability	0,3724	0,3878
Minimum	-24,17	-8,76
Maximum	296,86	309,62
Mean Std. Error	1,59	5,38

Los datos obtenidos de las funciones de densidad y de distribución de la variable de emisiones totales de NOx, revelan algunos hechos.

- Un acercamiento a la distribución normal. Esto es debido a que hay suma de variables aleatorias. Por el Teorema Central del límite las sumas de variables aleatorias convergen hacia una distribución normal, esto no se aprecia muy bien cuando hay 100 ensayos, pero con 1000 hay una mayor convergencia.
- El intervalo de confianza, con 100 ensayos es de [4,4 ; 240,9] y con 1000 ensayos de [42 ; 241]. Los valores reportados son de 127,9 Ton/Año de emisiones de NOx, pero ambos intervalos de confianza nos alertan que puede ser hasta de 241 Ton/Año.

Funciones de Densidad y distribución de la emisión de NOx, 1000 ensayos

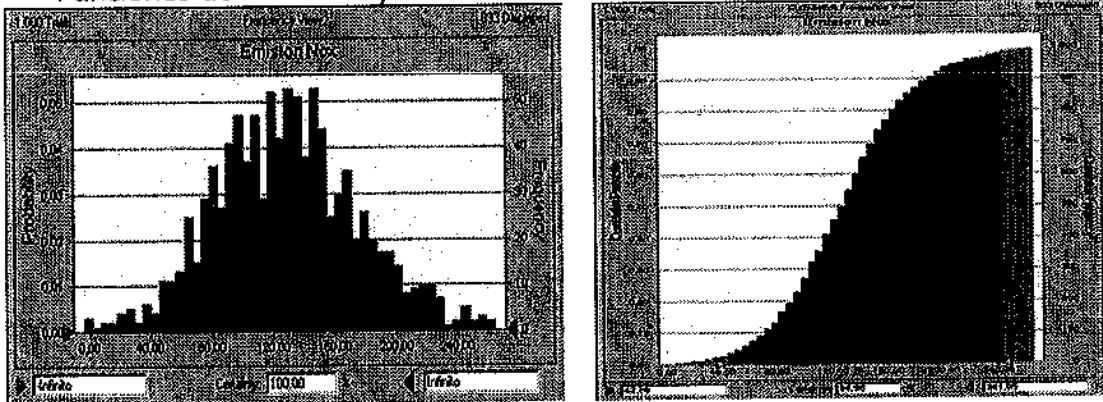


Figura 79. Funciones de Densidad y distribución de la emisión de NOx, 1000.

Funciones de Densidad y distribución de la emisión de NOx Con 100 ensayos

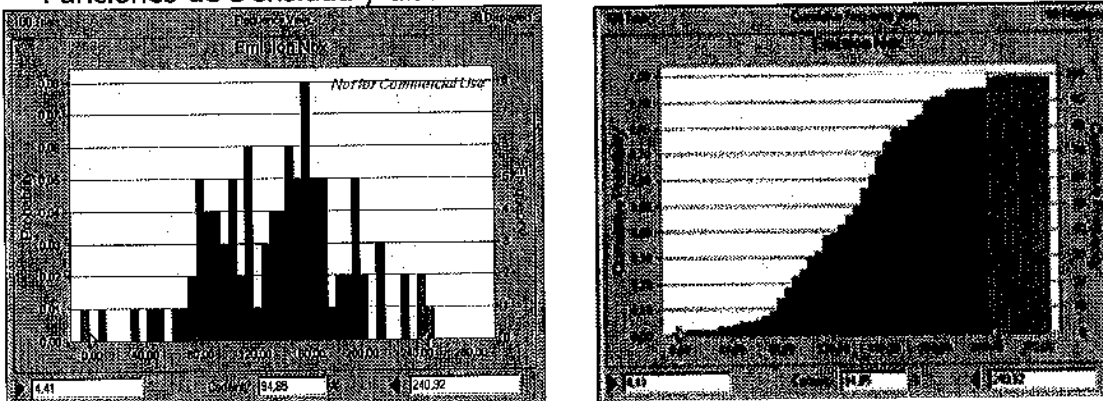


Figura 80. Funciones de Densidad y distribución de la emisión de NOx, 100 ensayos.

a.3) Estimaciones Totales de NOx.

Los cálculos realizados anteriormente son un ejemplo de aplicación cuantitativa para la estimación de la incertidumbre en el cálculo de las emisiones. En la Tabla 11, que reproducimos, se muestra que la aplicación anterior es sólo sobre una "celda" del total de emisiones. En particular en NOx, se hizo el ejemplo, solo para las calderas industriales faltando varios otras. También es posible aplicar el método en los otros contaminantes.

Tabla 11: Emisiones por categoría del inventario, en T/año.

CLASIF. INVENTARIO	PTS	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NOx	COV	SOx	NH ₃	CLASIF. INVENTARIO
CALDERAS CALEFACCION	11,6	8,8	6,2	73,5	13,2	1,2	37,5	12,0	29
CALDERAS INDUSTRIALES	110,4	60,0	20,5	364,2	127,9	6,4	360,1	59,5	40
GRUPOS ELECTROGENOS	0,4	0,2	0,1	1,4	6,3	0,5	0,7	0,0	33
PRODUCTOS DE COBRE Y BRONCE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	1
PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3
PANADERIAS	15,1	7,5	1,8	32,4	6,6	0,6	2,1	5,2	68
Total general	137,5	76,5	28,5	471,5	154,1	8,6	400,6	76,7	174

11.5. Estimación de incertidumbre de inventario de emisiones

En el anexo A se entregan los niveles de incertidumbre asignados a cada fuente considerada dentro del inventario de emisiones, considerando nivel de actividad y factor de emisión.

12. SISTEMA I-AIRVIRO

Debido a que dentro de las actividades se considera la generación de archivos para el SINCA, Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, a continuación se hace una breve descripción del sistema I-Airviro.

12.1. Introducción al sistema I-Airviro

I-Airviro es un sistema de gestión de calidad del aire basado en una herramienta de información geográfica web. Este sistema en su versión actual está físicamente instalado en un servidor Linux el que está permanentemente conectado a redes de información meteorológica y de calidad del aire.

- Permite la administración, almacenamiento y manejo de información ambiental como datos meteorológicos, calidad del aire, emisiones antropogénicas, emisiones naturales.
- Dispone de cuentas de acceso que establecen privilegios de acceso a las distintas bases de datos e información almacenada en el sistema. Algunos usuarios principales pueden crear y modificar bases de datos de meteorología, emisiones, calidad del aire, etc. Otros usuarios solo pueden acceder la información histórica pero no pueden alterarla.
- Es un sistema modular, por lo tanto puede comenzar a operarse con una funcionalidad limitada a la cantidad limitada por la cantidad de información disponible, y por lo tanto aumentar las funcionalidades en el tiempo.

12.2. Descripción de los Módulos del Sistema

Los módulos que se pueden acceder en el sistema son:

Indico Administration: posee las herramientas para crear bases de datos de estaciones de monitoreos y sus diferentes parámetros de mediciones meteorológicas y de calidad del aire, definir configuraciones, etc.

Indico Presentation: Este módulo despliega información de calidad del aire y de meteorología en forma de gráficos, tablas, etc. Muestra datos de tiempo real tomados de estaciones de monitoreo conectadas al servidor y Contiene las bases de datos históricas de calidad del aire y meteorología, las que han sido proporcionadas directamente por las instituciones que han estado a cargo de la recolección de dicha información.

Indico Report: permite producir reportes estandarizados, los cuales se almacenan a través de macros editadas en el sistema. Facilita la confección de informes periódicos.

EDB: creación y mantención de bases de datos de emisiones de fuentes fijas, móviles, areales y difusas. Permite clasificar las fuentes por ubicación geográfica, tipo de actividad industrial, tipos de contaminantes emitidos, etc. Permite crear bases de datos específicamente diseñadas para el propósito de cada usuario. Por ejemplo: sólo fuentes móviles, sólo fuentes fijas, etc. Permite analizar escenarios de cambios de emisiones de manera relativamente sencilla.

Dispersión: este módulo contiene un modelo Gaussiano de dispersión de múltiples fuentes (puntuales, de línea y areales), así como un modelo de dispersión Euleriano (GRID model), ambos conectados a un campo de vientos configurado para distintos episodios históricos, utilizando la información almacenada en las estaciones de monitoreo de meteorología. Ambos modelos están internamente conectados con el módulo EDB de manera que la selección de escenarios de emisiones a ser modelados es directa.

12.3. Tipos de fuentes manejadas por I-Airviro

Como puede apreciarse en la figura siguiente Airviro maneja cuatro tipos de fuentes distintas las cuales se clasifican de acuerdo a la cantidad de coordenadas requeridas para su georeferenciación. La más simple corresponde a las fuentes puntuales que requieren georeferenciar solo el punto donde estas son emplazadas, luego las fuentes de área (aeropuertos, plantas de tratamiento de aguas servidas y rellenos sanitarios) requieren conocer o identificar la coordenada inferior izquierda y superior derecha del polígono en el cual se emplazan. Las fuentes de arco (fuentes móviles) requieren la identificación de las coordenadas de inicio y de término del arco. Finalmente, las fuentes de grilla requieren la georeferenciación de cada una de las celdas que la componen, ejemplo de este tipo de fuentes son la combustión residencial, preparación de terreno agrícola, y todas aquellas fuentes cuyas emisiones se distribuyen a nivel comunal.

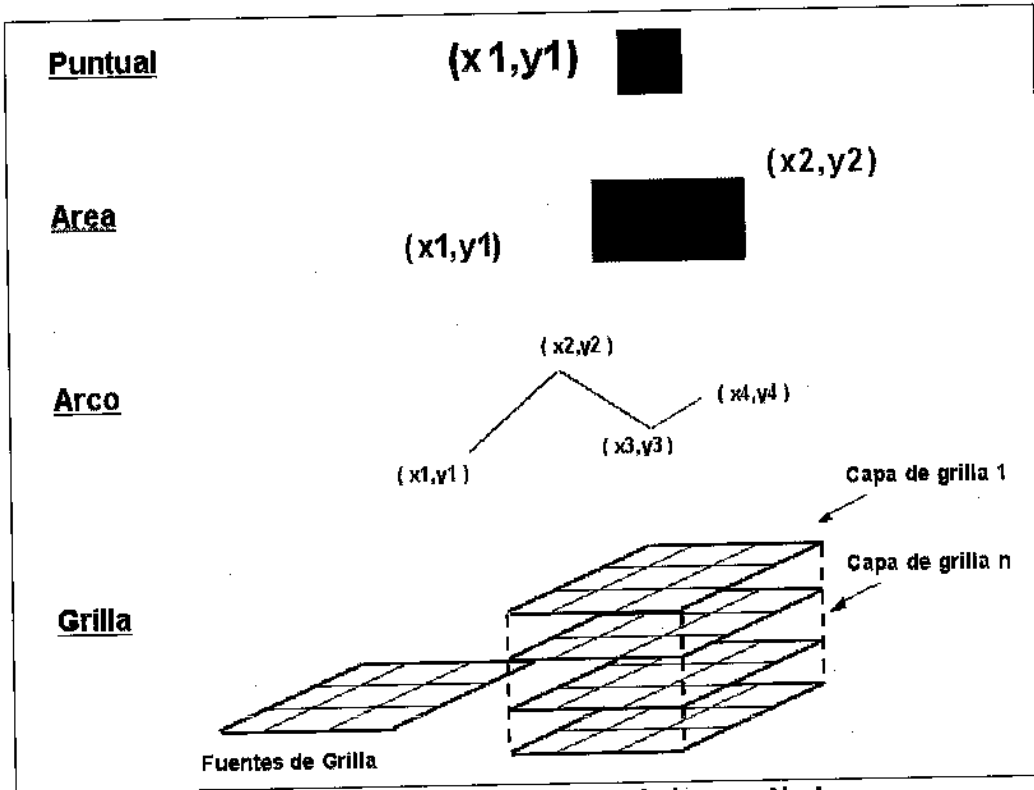


Figura 81: Tipos de fuentes manejadas por Airviro

En la figura que se muestra a continuación se presenta la superposición de las figuras manejadas por Airviro, en esta se muestra un ejemplo de la distribución espacial de las emisiones producidas por los tipos de fuentes que se nombraron en el párrafo anterior.

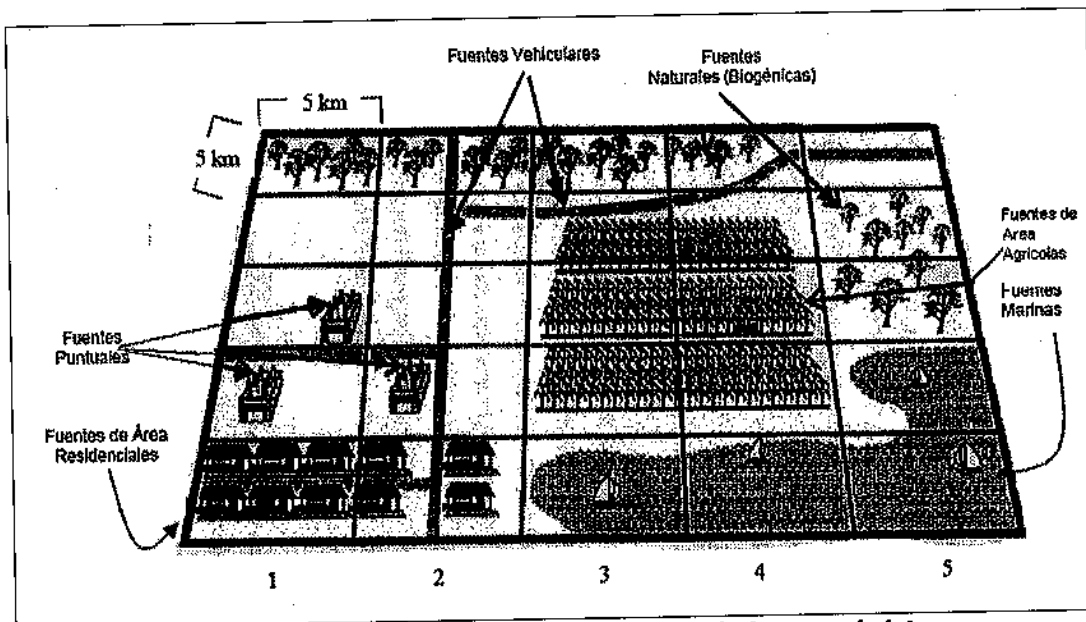


Figura 82: Superposición de las figuras manejadas por el sistema

A continuación, en las figuras siguientes se muestran algunos ejemplos de los tipos de fuentes manejadas por Airviro.

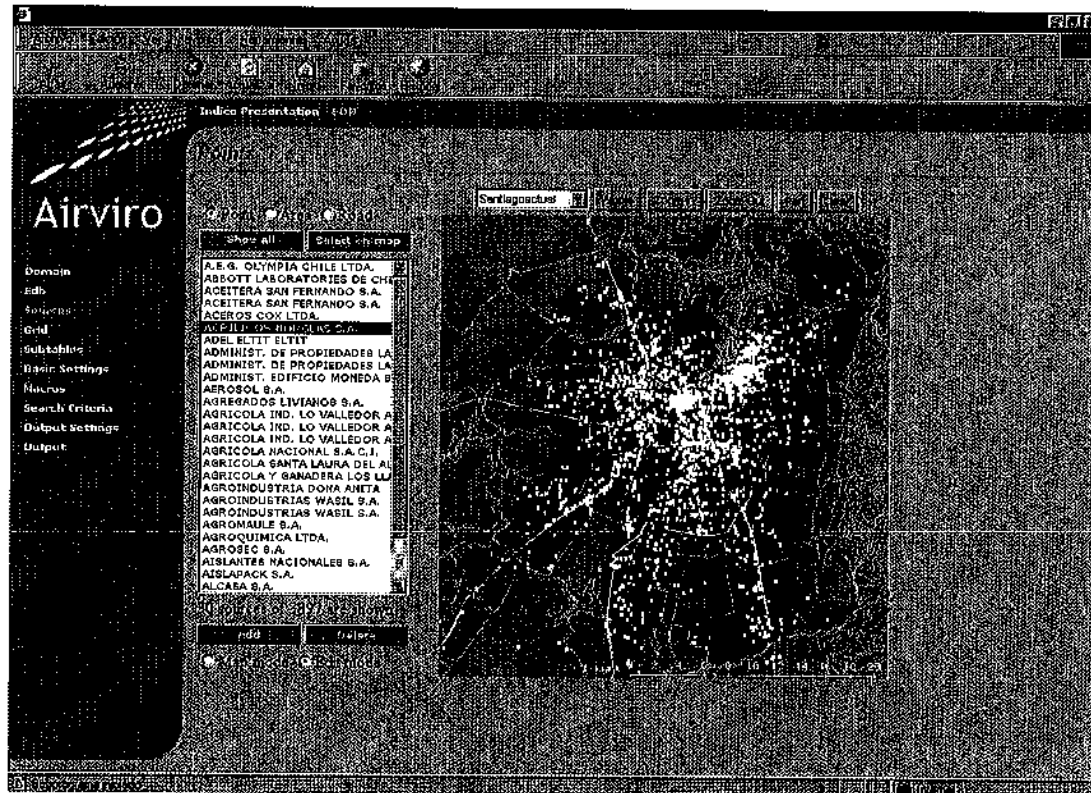


Figura 83: Visualización de las fuentes puntuales



Figura 84: Fuentes móviles

12.4. Descripción de los archivos de entrada al sistema

A continuación, se describen los archivos de entrada generados para alimentar y poblar la EDB del Sistema Airviro.

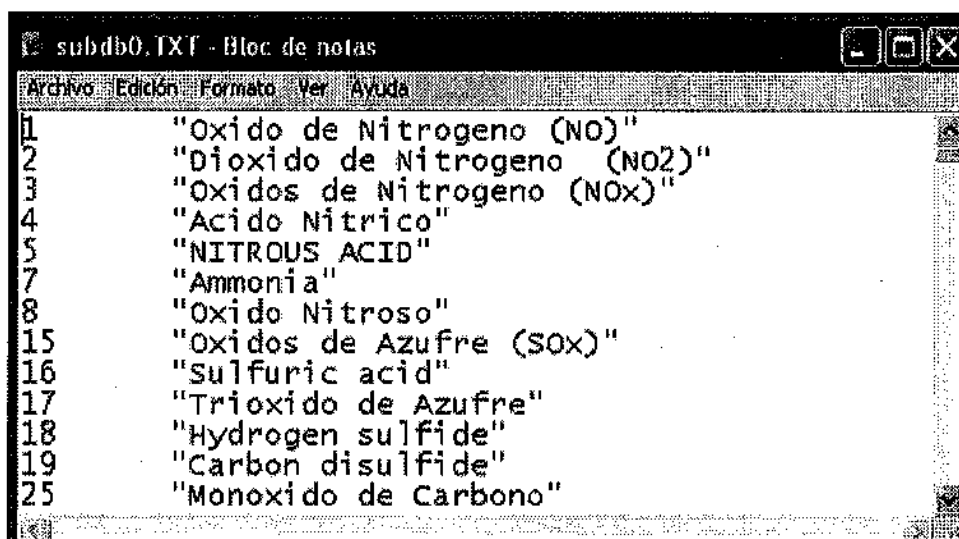
Subdb

I-Airviro carga 5 archivos subdb, los cuales se enumeran del 0 al 5. Estos estructuran la información que entregan en dos columnas, la primera corresponde al id o código único y la segunda al descriptor. En la tabla siguiente se muestra un ejemplo de la información ingresada a Airviro en inventarios desarrollados anteriormente específicamente los cargados a la EDB durante el proyecto SINCA.

Tabla 191: Descripción de archivos subdb manejados por Airviro

Archivo	Descripción
subdb0	Lista de contaminantes
Subdb1 (searchkey 1)	Comunas de la región
Subdb2 (searchkey 2)	Sectores estratégicos de fuentes móviles y lista de rubros de inventarios de fuentes fijas.
Subdb3 (searchkey 3)	Tamaños de flujo de fuentes móviles y tipos de proceso de fuentes fijas
Subdb4 (searchkey 4)	Tipo de flujo (alto, medio, bajo o total)
Subdb5 (searchkey 5)	Lista de combustibles

En las figuras que se muestran a continuación se muestran unos ejemplos de los archivos subdb cargados con información correspondiente al Inventario RM 2005 escenario real.

**Figura 85. Subdb Inventario RM 2005**

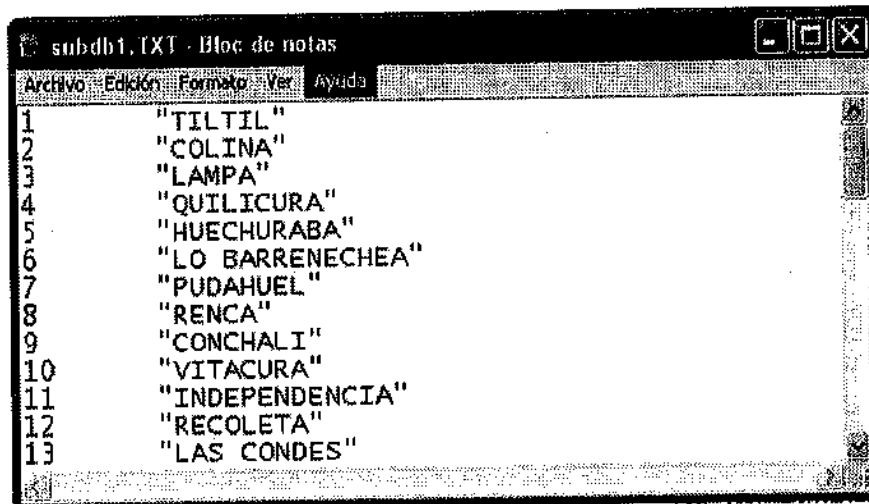


Figura 86. Subdb Inventario RM 2005

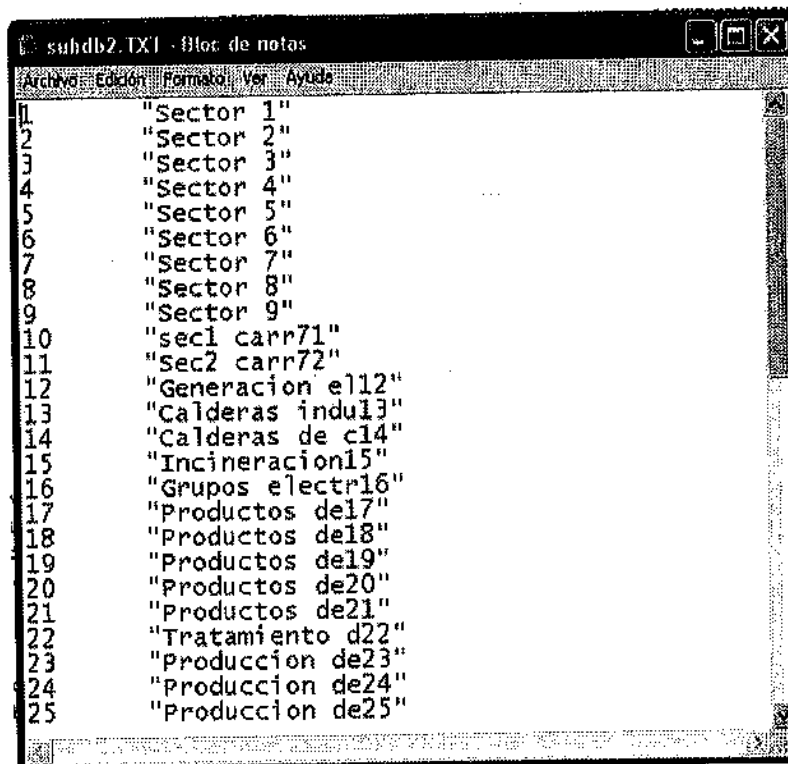


Figura 87. Subdb Inventario RM 2005

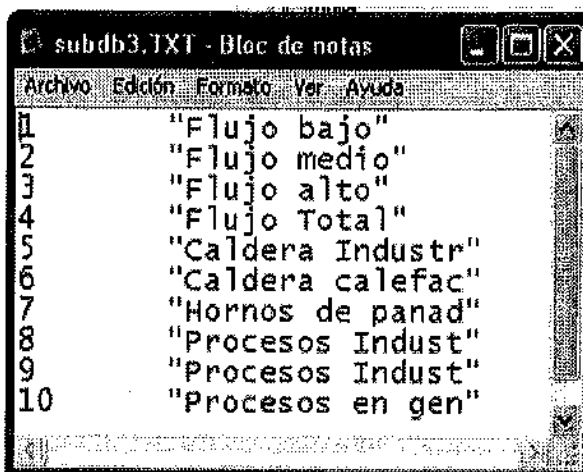


Figura 88. Subdb Inventario RM 2005

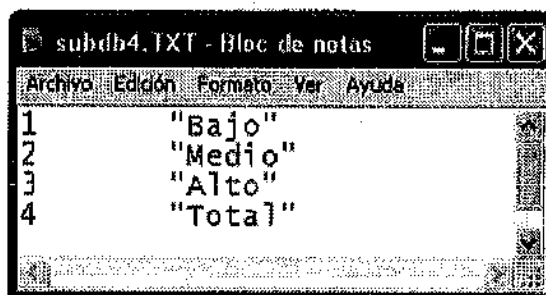


Figura 89. Subdb Inventario RM 2005

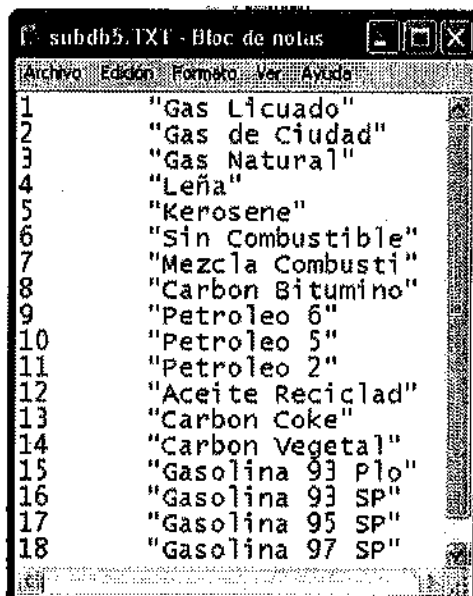


Figura 90. Subdb Inventario RM 2005

Formuladb

El archivo Formuladb contiene los perfiles de actividad de las fuentes emisoras consideradas en los inventarios por clasificación de estas. Generalmente se asocian a un determinado CCF8. En el caso de las fuentes puntuales pueden asignarse también para un modo de operación de una unidad de emisora específica.

Tabla 192: Estructura archivo formuladb

Campo	Descripción
NAME	Nombre abreviado de la formula
INDEX	Número correlativo identificador del ciclo temporal
TYPEDAY	Perfil semanal de actividad normalizado al valor máximo estructurado en una matriz de 24 filas y cuatro columnas. Las columnas representan los días característicos que maneja AIRVIRO Lunes-Jueves, Viernes, Sábado y Domingo de 24 horas, mientras que las filas representan los valores horarios de cada día.
MONTH	Perfil mensual de actividad normalizado al valor máximo estructurado en una matriz de dos filas y seis columnas. en cuatro días característicos
SCENARIO	Scenario permite crear proyecciones para otros años basándose en un año base (Por ejemplo si el inventario es 2005, se pueden poner factores para proyectar para el año 2006, 2007, etc). Los años que se utilizan en scenario se configuran en otro lado. (global EDB)
TEMPF	Esto describe la variación de las emisiones con la temperatura, es decir la influencia de la temperatura en el nivel de actividad de la fuente. 0 es el valor por defecto para que la formula no tenga ninguna relación con la temperatura de salida (Esto no se utilizará)
GASFLOW	Aquí se describe las variaciones de la velocidad del flujo de salida en función del nivel de actividad de la fuente .100 es el valor por defecto. (Esto no se utilizará)

INFOGIVER	Fuente de información
DATE	Fecha de instalación de la fuente
CHANGED	Fecha de generación del archivo de emisiones
MISC	Módulo del sistema
MAXEFFECT	Consumo energético máximo de la fuente en MW en caso de usar vector de factores de emisión en función del consumo energético de la fuente
CHIMNEY HEIGHT	Altura de la chimenea en metros
GASTEMPERATURE	Temperatura de salida de los gases (Kelvin)
GAS FLOW	Velocidad de salida de los gases (m/s)
FUEL	Id de vector de factor de emisión en función del consumo energético de un combustible o bien vector de factores de emisión en función de un nivel de actividad característico (grupo de sustancias)
FORMULA	Id de las formula que contiene el ciclo de operación característico de la fuente
SEARCHKEY1	Llave de búsqueda 1
SEARCHKEY2	Llave de búsqueda 2
SEARCHKEY3	Llave de búsqueda 3
SEARCHKEY4	Llave de búsqueda 4
SEARCHKEY5	Llave de búsqueda 5
CHIMNEY OUT	Diámetro externo de la chimenea (m)
CHIMNEY IN	Diámetro interno de la chimenea (m)
HOUSE WIDTH	Ancho edificio sobre el que se encuentra la fuente (no utilizado)
HOUSE HEIGHT	Altura edificio sobre el que se encuentra la fuente (en el formulario138 corresponde a altura total desde el suelo menos altura del ducto)
NOSEGMENTS	Número de segmentos radiales para especificar los siguientes parámetros que comienzan con la palabra "BUILD". Esto se usa solo para AERMOD. (no utilizado)
BUILD_WIDTHS	Ancho edificio (no utilizado)
BUILD_HEIGHTS	Altura de los edificios (no utilizado)

BUILD_LENGTHS	Largo edificio (no utilizado)
BUILD_DISTFARWALL	Distancia entre cada edificio (no utilizado)
BUILD_CENTER	Distancia de la fuente al centro del edificio (del ángulo correspondiente) No utilizado por ahora
Dist. farthest wall	Distancia de la fuente a la muralla más alejada del edificio.
ACTIVITYCODE	Código de actividad (código CCF de modos de operación)
GEOCODE	Código geográfico (tomado del INE)
FORMULAMACRO	Formula, en caso de crear una macro que depende de parámetros
ALOB	Variables de una ecuación en caso de usar macros definidas por el usuario o bien macros de variables de tiempo real
POINT I ELEMENT j VALUE	Valores de emisión en caso de utilizar estimaciones del titular o mediciones directas en la chimenea
FUEL EMISSION	Nivel de actividad característico para utilizar el vector de factores de emisión (FUEL)

```

X1 356948
Y1 6304666
X2 0
Y2 0
NAME "INV. LYON PLAZA S.A."
INFO "Industriales / CA1189-1"
INFO2 "10300598 ( Caldera CA 01se1 )"
ADDRESS "AVENIDA LAS CONDES 13343"
POSTADDRESS ""
INFOGIVER "AP-42 EPA"
DATE 02/06/2003
CHANGED 16/06/2008
MISC "Fuentes puntuales Proceff"
MAXEFFECT 0
CHIMNEY HEIGHT 24
GASTEMPERATURE 500
GAS FLOW 3.389E+10
FUEL 0
FORMULA 27
SEARCHKEY1 13
SEARCHKEY2 14
SEARCHKEY3 6
SEARCHKEY4 0
SEARCHKEY5 6
CHIMNEY OUT 3.65
CHIMNEY IN 0.39
HOUSE WIDTH 0
HOUSE HEIGHT 0
NOSEGMENTS 1
BUILD_WIDTHS 1
BUILD_HEIGHTS 2
BUILD_LENGTHS 3
BUILD_DISTFARWALL 4
BUILD_CENTER 5
ACTIVITYCODE
GEOCODE
FORMULAMACRO ""
ALOB
POINT0 ELEMENT 3 VALUE 0.340000
POINT1 ELEMENT 7 VALUE 0.020000
POINT2 ELEMENT 15 VALUE 0.100000
POINT3 ELEMENT 25 VALUE 0.090000
POINT4 ELEMENT 40 VALUE 0.029299
POINT5 ELEMENT 70 VALUE 0.010000

```

Figura 92: Ejemplo de un modo de operación incorporado al data db

Griddb

Archivo de emisiones de grillas. En el cual se entregan las emisiones de los módulos de emisiones comunales, resto de las fuentes y las fuentes puntuales que no pudieron incorporarse al Datadb.

El griddb en la práctica corresponde a un conjunto de archivos que entregan por celda las emisiones de las diferentes grillas definidas. Por cada grilla se generan dos archivos el primero de extensión ".asc" que contiene la descripción de la grilla y los contaminantes que incluye. El segundo archivo de extensión ".data" en que se indican por celda las emisiones de los diferentes contaminantes, y los indicadores y en algunos casos también niveles de actividad.

Tabla 194: Estructura archivo GRIDDB.asc

Campo	Descripción
X	Coordenada este del inicio de la grilla
Y	Coordenada norte del inicio de la grilla
NX	Número de celdas en la dirección este
NY	Número de celdas en la dirección norte
DX	Ancho de la celda en la dirección este
DY	Ancho de la celda en la dirección norte
NAME	Nombre de la grilla
INFO	DYNAMIC
INFO2	Módulo de emisiones del SAIE al que corresponde las fuente y las emisiones
ADDRESS	Malla Airviro empleada
POSTADDRESS	
INFOGIVER	Fuente de información
DATE	Fecha de creación de la grilla
CHANGED	Fecha en que se genero el archivo
MISC	DYNAMIC
FUEL	Combustible
FORMULA	Ciclo temporal
SEARCHKEY1	
SEARCHKEY2	
SEARCHKEY3	
SEARCHKEY4	
SEARCHKEY5	
ACTIVITYCODE	
GEOCODE	
TOTAL	Numero total de contaminantes
SUBSTANCES	
SUBSTANCE 1	Identificadores de contaminante según nomenclatura Airviro
.	
.	
SUBSTANCE n	

Tabla 195: Estructura archivo .data

Campo	Descripción
Utm X	Coordenada este de la celda
Utm Y	Coordenada norte de la celda
Id Celda	Identificados de celda de la malla airviro
Airviro	Consumo de combustible o indicador de actividad [ton/año]
Consumo	
Indice	
Comuna	Según subdb1
E1	Emisión del contaminante 1 [ton/año], según subdb 0
E2	Emisión del contaminante 2 [ton/año], según subdb 0
.	
.	
.	
En	Emisión del contaminante n [ton/año], según subdb 0

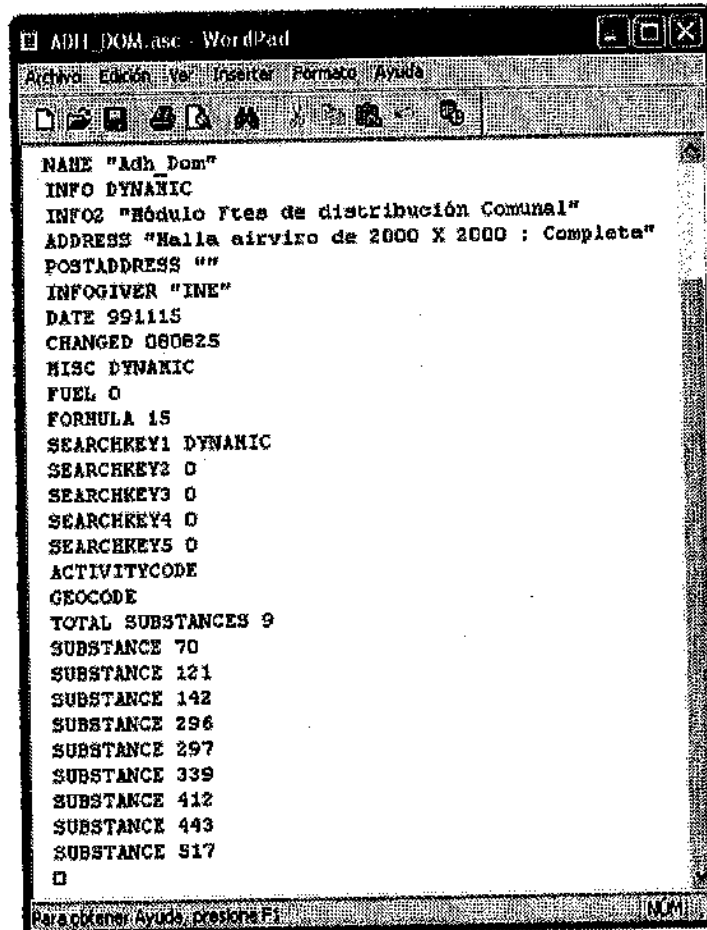


Figura 93: Ejemplo archivo .asc correspondiente a grilla adhesivos domiciliarios.

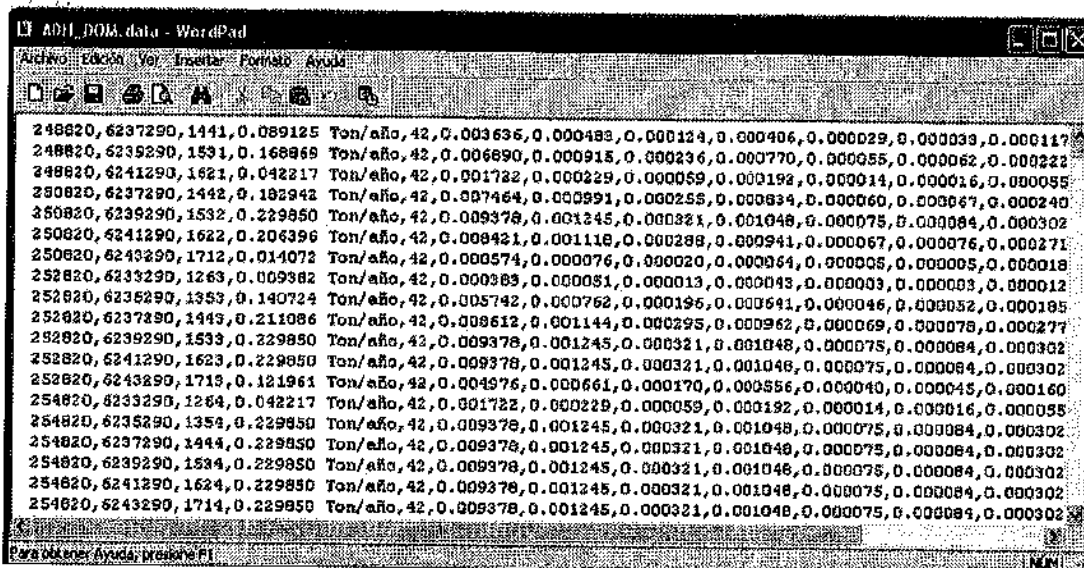


Figura 94: Ejemplo archivo .data correspondiente a grilla adhesivos domiciliarios.

RoadDb

Figura 95: Estructura de archivo roaddb.txt

Campo	Descripción
NAME	Nombre del arco
INFO	Esta compuesto por los nodos del arco
INFO2	Es el cod_arcdup del arco
VEHICLES	Flujo AM del arco
VEHICLEMACRO	Por defecto va en blanco
CORRFACOR	Factor de corrección
NOLANES	Numero de pistas del arco
SPEED	Valor por defecto
ROADTYPE	Valor por defecto
EMIFAC	Valor por defecto
VEH1	Esta compuesto por el índice del vehiculo, por el índice de la formula, porcentaje horario punta del arco
VEH2	Esta compuesto por el índice del vehiculo, por el índice de la formula, porcentaje horario punta del arco
VEH3	Esta compuesto por el índice del vehiculo, por el índice de la formula, porcentaje horario punta del arco
.	.
.	.
.	.
.	.

VEH-n	Esta compuesto por el índice del vehículo, por el índice de la formula, porcentaje horario punta del arco
CONGESTIONLIMIT	Valor por defecto
CONGESTIONSPEED	Valor por defecto
CONGESTIONVEHICLES	Valor por defecto
CONGESTIONLIMIT2	Valor por defecto
CONGESTIONSPEED2	Valor por defecto
CONGESTIONVEHICLES2	Valor por defecto
CONGESTIONLIMIT3	Valor por defecto
CONGESTIONSPEED3	Valor por defecto
CONGESTIONVEHICLES3	Valor por defecto
SEARCHKEY1	Código de la comuna
SEARCHKEY2	Código del sector
SEARCHKEY3	Valor por defecto
SEARCHKEY4	Valor por defecto
SEARCHKEY5	Valor por defecto
GEOCODE	Esta compuesto por el código de región, código de provincia, código de comuna
WIDTH	Valor por defecto
DISTHOUSES	Valor por defecto
SLOPE	Valor por defecto
HEIGHT	Valor por defecto
NOISE	No se usa
ALOB	
TO=18.7200	Tiempo del flujo libre del arco
CAPACIDAD	Capacidad del arco
ALFA_PUNTA	Valor horario punta del arco
ALFA_FUERA_PUNTA	Valor horario fuera de punta
BETA_PUNTA	Valor en horario punta
BETA_FUERA_PUNTA	Valor en horario fuera de punta
FAC1_PUNTA	Factor horario punta
FAC1_FUERA_PUNTA	Factor horario fuera de punta
FAC2_PUNTA	Factor horario punta
FAC2_FUERA_PUNTA	Factor horario fuera de punta
FAC3_PUNTA	Factor horario punta
FAC3_FUERA_PUNTA	Factor horario fuera de punta
X0 Y0	Coordenadas del arco Nodo A
X1 Y1	Coordenadas del arco Nodo B

Vehículo

Tabla 196: Estructura archivo vehiculo.txt

Campo	Descripción
DIMENSION	Valor por defecto, número de variables del factor de emisión
DIM1	Valor por defecto, número de valores que toma la variable
HEADER1 VELOCIDAD	Valor por defecto. Nombre de la variable (velocidad y peso)
TEXT1	Valor por defecto, nombre de cada valor que toma la variable
.	
.	
TEXT2000	Valor por defecto
NAME	Abreviación del ccf8
INDEX	Índice del vehiculo
ACTIVITYCODE	CCF8
ISHEAVY	Indica si el vehiculo es pesado o no
ISTRAFFIC	Valor por defecto
WEIGHT	Peso del vehiculo
EMISSIONMODEL	Valor del modelo de emisiones, COPERT = 1
FLOWEQUI	Flujo equivalente
INFO	Factor asociado al ccf8
ind_airv1	veloc veloc_evaluada
.	
.ind_airv1	veloc veloc_evaluada
.	
.ind_airvk	veloc veloc_evaluada
.	
ind_airvk	veloc veloc_evaluada

```

vehiculo_nuevo.txt WordPad
-----
DIMENSION 1
DIM1 2000
HEADER1 VELOCIDAD
TEXT1 1
TEXT2 2
TEXT3 3
.
.
TEXT1998 1998
TEXT1999 1999
TEXT2000 2000

NAME "PCTA"
INDEX 2
ACTIVITYCODE 7.01.001.01
ISRAVY 0
ISTRAFFIC 1
WEIGHT 1.2000
EMISSIONMODEL 1
FLOWQUI 1.0000
INFO
3 1 2945.61335 0.00000 0.00000 0.00000
3 2 2961.66182 0.00000 0.00000 0.00000
3 3 2976.15984 0.00000 0.00000 0.00000
3 4 2988.54720 0.00000 0.00000 0.00000
3 5 2999.06422 0.00000 0.00000 0.00000
3 6 3007.75059 0.00000 0.00000 0.00000
3 7 3014.64619 0.00000 0.00000 0.00000
3 8 3019.79114 0.00000 0.00000 0.00000
3 9 3023.32835 0.00000 0.00000 0.00000
3 10 3024.98876 0.00000 0.00000 0.00000
3 11 3025.12134 0.00000 0.00000 0.00000
3 12 3023.46302 0.00000 0.00000 0.00000
3 13 3020.45976 0.00000 0.00000 0.00000
3 14 3016.12256 0.00000 0.00000 0.00000
3 15 3010.14231 0.00000 0.00000 0.00000
3 16 3002.71959 0.00000 0.00000 0.00000
3 17 2993.90685 0.00000 0.00000 0.00000

```

Figura 97: Ejemplo archivo vehiculo.txt

12.5. Descripción de los tipos de fuentes a incluir en la EDB correspondiente al inventario de Talca 2006

Tabla 197: Fuentes fijas a incluir en archivo datadb

CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	RUBRO
Combustión	Combustión externa puntual	Generación eléctrica Calderas industriales Calderas de calefacción Incineración de residuos
	Combustión interna	Grupos electrógenos
Procesos	Ind. metalúrgica secundaria	Productos de hierro y acero
	Ind. de productos minerales	Producción primaria de Cobre Producción de ladrillos Producción, almacenamiento y transporte de arcillas
	Industria química	Industria química Fabricación de productos plásticos
	Ind. madera y el papel	Fabricación y reciclaje de papel
	Ind. aliment. y agropecuaria	Procesamiento de granos Panaderías Faenamiento de animales Deshidratación de frutas Fabricación de alimentos
Evaporativas	Evaporativas puntuales	Almacenamiento de Combustible
Misceláneas	Misceláneas	Misceláneas

Tabla 198: Fuentes de grilla y areales a incluir en los archivos de grillas .asc y .data

Residencial	Comb. ext. residencial	Gas Licuado
		Gas de Ciudad
		Gas Natural
		Kerosene
		Leña
	Evaporativas residencial	Soventes de uso doméstico
		Pintado arquitectónico
		Uso de Adhesivos
		Residencial de NH3
	Fugas residenciales de GLP	
Comercial	Evaporativas comercial	Distribución de combustible
		Lavasecos
		Recubrimiento industrial de superficies
		Aplicación de asfalto
		Fugas comerciales de GLP
	Rest. y comida rápida	Restoranes
	Asadurías	
Polvo fugitivo	Construcción y Demolición	Construcción de edificios
		Construcción de caminos
		Producción de áridos
	Polvo Resuspendido	Calles pavimentadas en red urbana
		Calles sin pavimentar
		Calles pavimentadas en red de carreteras
		Calles sin pavimentar asociadas a áridos
		Calles sin pavimentar asociadas a rellenos sanitarios
	Preparación de terrenos agrícolas	Cereales y chacras
		Cultivos Industriales
		Hortalizas
		Frutales
	Otras	Disposición de residuos
Quema abierta de basura		
Plantas de tratamiento de aguas servidas		
Quemas		Quemas agrícolas
		Incendios forestales
		Incendios urbanos
		Cigarrillos

		Producción de ladrillos artesanales
	Emisiones biogénicas	Todas las especies vegetales
	Actividades agrícolas	Fertilizantes y plaguicidas
	Crianza de Animales	Bovinos
		Cerdos
		Pollos
		Otras Aves
		Ovinos
		Caprinos
		Camélidos
		Equinos
	Maquinaria vehicular	Maquinaria agrícola
		Maquinaria dentro de plantas de áridos
		Camiones dentro de plantas de áridos
		Maquinaria de construcción
		Maquinaria dentro de rellenos sanitarios
		Camiones dentro de rellenos sanitarios

Tabla 199: Categorías de fuentes móviles a incluir en los archivos roaddb.txt y vehiculo.txt

Categoría	Sub categoría
Vehículos Particulares (sedan y SW)	Vehículos Particulares Cat. Tipo 1
	Vehículos Particulares Cat. Tipo 2
	Vehículos Particulares No Catalíticos
	Vehículos Particulares Otros
Vehículos de Alquiler (Taxis básicos)	Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1
	Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 2
	Vehículos de Alquiler No Catalíticos
	Vehículos de Alquiler Otros
Vehículos Comerciales (Jeep, camionetas particulares y comerciales, furgón comercial y furgón de pasajeros)	Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1
	Vehículos Comerciales Cat. Tipo 2
	Vehículos Comerciales No Catalíticos
	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1
	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 2
	Buses particulares
Camiones Livianos	Camiones Livianos Diesel Convencional
	Camiones Livianos Diesel Tipo 1
	Camiones Livianos Diesel Tipo 2
	Camiones Livianos Diesel Tipo 3
Camiones Medianos	Camiones Medianos Diesel Convencional
	Camiones Medianos Diesel Tipo 1

001594

	Camiones Medianos Diesel Tipo 2
	Camiones Medianos Diesel Tipo 3
Motos	Motos de Dos Tiempos Convencional
	Motos de Dos Tiempos Tipo 1
	Motos de Cuatro Tiempos Convencional
	Motos de Cuatro Tiempos Tipo 1
Taxis Colectivos	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1
	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 2
	Taxis Colectivos No Catalíticos
	Taxis Colectivos otros
Camiones Pesados	Camiones Pesados Diesel Convencional
	Camiones Pesados Diesel Tipo 1
	Camiones Pesados Diesel Tipo 2
	Camiones Pesados Diesel Tipo 3
Buses Licitados	Buses Licitados Urbanos Diesel VTT
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2
Buses Rurales e Interurbanos	Buses Interurbanos Diesel Convencional
	Buses Interurbanos Diesel Tipo 1
	Buses Interurbanos Diesel Tipo 2
	Buses Rurales Diesel Convencional
	Buses Rurales Diesel Tipo 1
	Buses Rurales Diesel Tipo 2

13. RESULTADOS INVENTARIO DE EMISIONES

A continuación se entregan los resultados del Inventario 2006 para la comuna de Talca y para el área total de la zona de estudio.

Las figuras siguientes se presentan con el fin de poder interpretar a qué fuentes específicas corresponden las agrupaciones de fuentes principales entregadas en las tablas de resúmenes de inventarios.

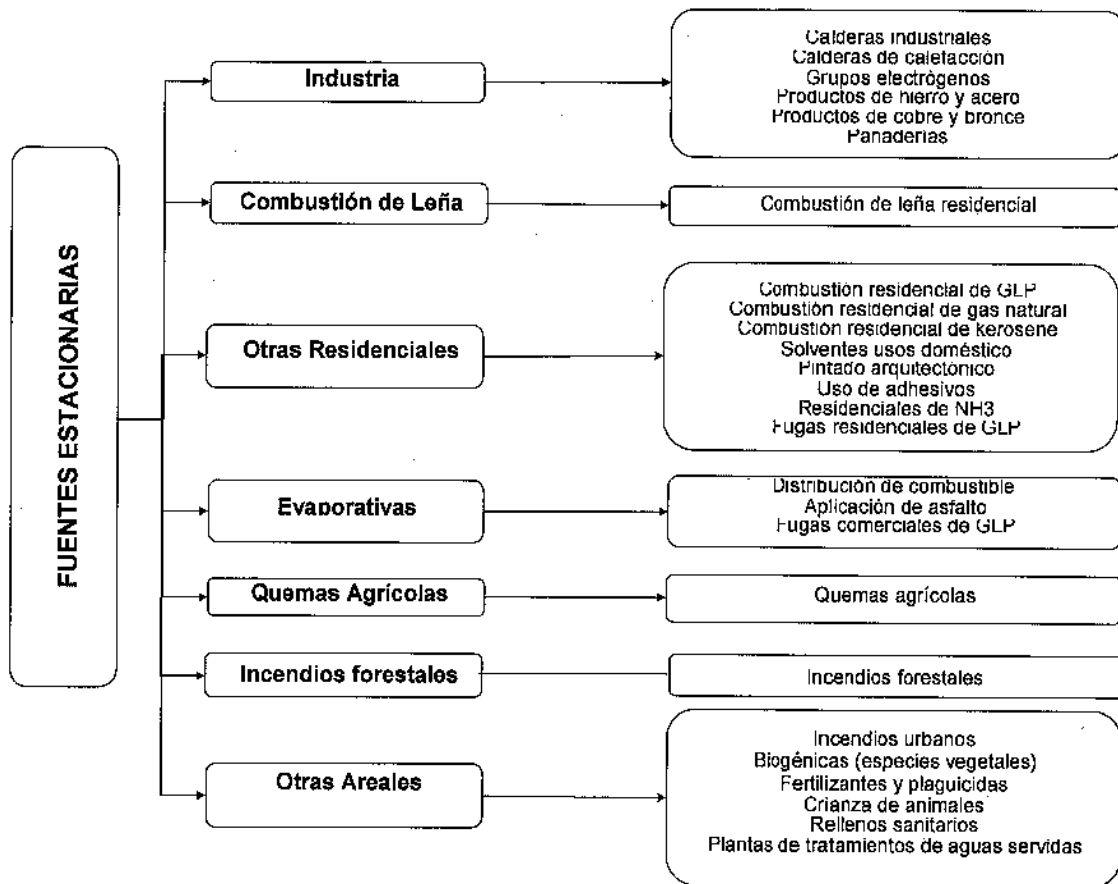


Figura 98: Estructura de agrupación de fuentes estacionarias

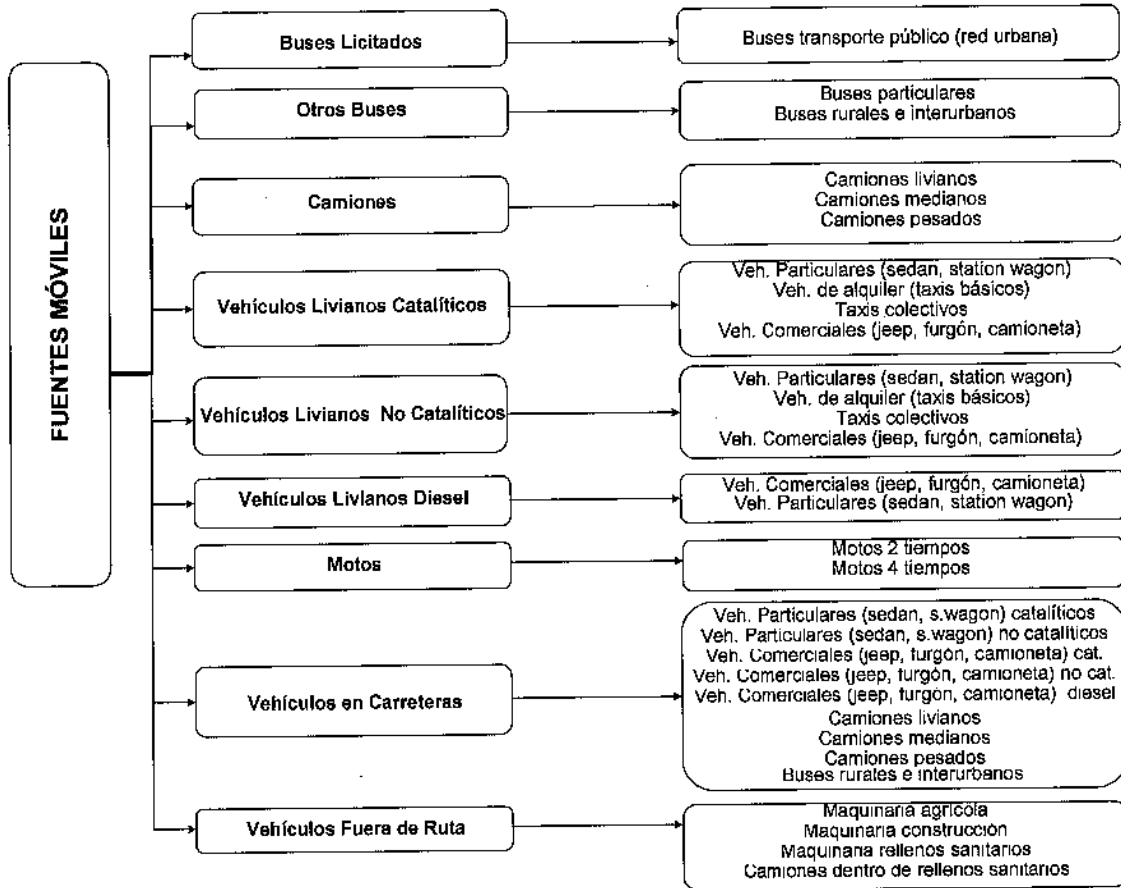


Figura 99: Estructura de agrupación de fuentes móviles

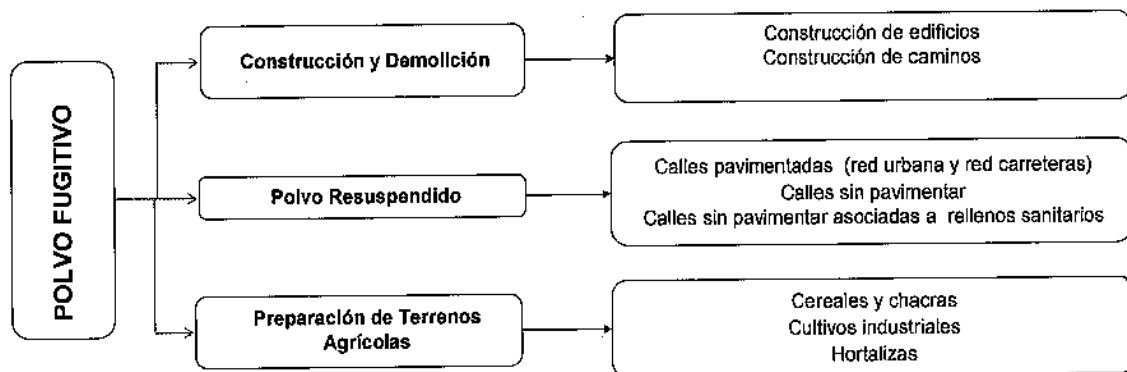


Figura 100: Estructura de agrupación de fuentes de polvo fugitivo

13.1. Emisiones Talca

A continuación se presenta el resumen de emisiones para la comuna de Talca con las categorías de fuentes agrupadas de acuerdo a lo indicado en las gráficas anteriores.

Tabla 200: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES, ESCENARIO 2006, TALCA.

INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL, ESCENARIO 2006, TALCA							
FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES							
Categoría de Fuente	PM10 ton/año	PM2,5 ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	COV ton/año	SOx ton/año	NH3 ton/año
Fijas Combustión	68,97	26,72	439,07	147,37	8,06	398,37	71,52
Fijas Procesos+Evap	7,56	1,81	32,43	6,72	0,57	2,22	5,18
Combustión de Leña	1.311,16	1.275,06	11.418,94	77,43	4.867,66	13,49	70,00
Otras residenciales	0,71	0,55	4,17	19,40	822,30	5,15	139,81
Evap. Comerciales	-	-	-	-	113,02	-	-
Quemas Agrícolas	30,62	29,27	205,49	8,41	18,12	1,21	-
Incendios Forestales	1,89	1,67	16,86	0,55	0,84	0,55	0,12
Otras Areales	6,57	-	97,37	2,67	1.281,37	0,37	294,14
Total Estacionarias	1.427	1.435	12.214	262	7.112	421	581
Buses tpe. público red urbana	10,07	9,09	47,27	167,84	12,55	7,56	0,04
Otros buses	1,05	0,95	4,91	17,80	1,27	0,81	0,00
Camiones	6,55	5,79	37,38	54,54	21,75	5,65	0,05
Veh Livianos cat	4,04	0,94	900,84	122,61	90,27	3,70	16,10
Veh Livianos no cat	3,88	2,59	4.145,52	371,49	573,50	2,65	0,31
Veh. Livianos Diesel	3,76	3,05	15,37	34,27	4,35	6,75	0,03
Motos	0,04	-	71,44	0,14	28,31	0,02	0,01
Fuera de ruta	3,00	2,77	15,23	18,94	2,65	0,00	0,00
Total Móviles	32	18	5.235	788	735	27	16
TOTAL MÓVILES Y ESTACIONARIAS	1.460	1.453	17.449	1.050	7.847	448	597

Fuente: CONAMA VII REGIÓN-AMBIOSIS. (2008)

Notas:

1. Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a las suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.
2. Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.
3. La categoría "Otros Buses" corresponde a buses particulares, buses rurales e interurbanos.
4. Las emisiones de fuentes móviles en ruta, en el presente reporte, considera las emisiones de vehículos que circulan en la ciudad de Talca.
5. Las emisiones de COV reportadas para "Otras Areales" incluye entre otras la categoría "biogénicas", la cual representa las emisiones de la comuna de Talca.
6. Las emisiones de "combustión de leña" corresponden a las estimadas a partir de la encuesta de leña efectuada en el marco del presente estudio y de las emisiones del área rural de la comuna de Talca obtenidas de estimaciones realizadas en el SINCA.

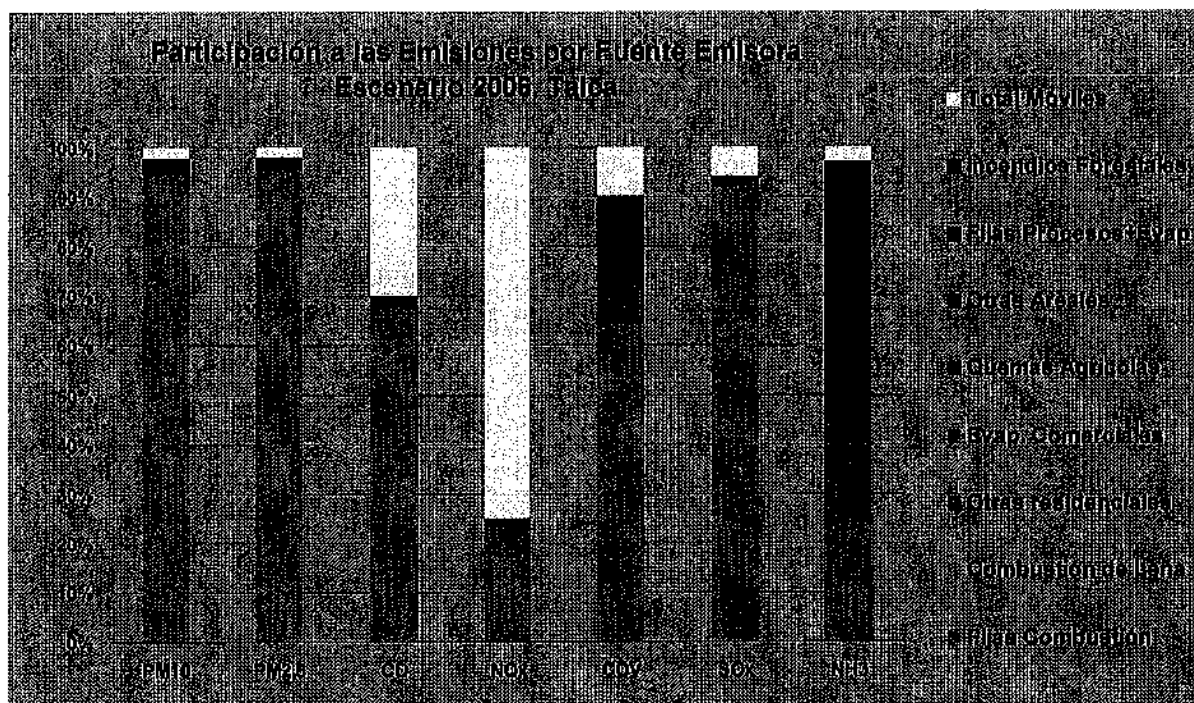


Figura 101: Participación de emisiones por categoría de fuentes, fuentes móviles agrupadas, año 2006, Talca.

Tabla 201: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES POLVO FUGITIVO, ESCENARIO 2006, TALCA.

POLVO FUGITIVO ESCENARIO 2006			
Categoría de Fuente	PTS	PM10	PM2,5
	ton/año	ton/año	ton/año
Construcción de Edificios	38,5	18,9	
Total construcción y demolición	38,5	18,9	
Calles pavimentadas	904,69	173,39	41,46
Calles no pavimentadas	35,85	10,96	1,10
Total Polvo Resuspendido	940,54	184,35	42,56
Cereales y chacras	2,59	1,89	0,78
Cultivos Industriales	0,07	0,05	0,02
Hortalizas	1,56	1,14	0,47
Total Preparación de Alimentos Agrícolas	4,22	3,08	1,27
TOTAL POLVO FUGITIVO	985,26	206,93	43,83

Fuente: CONAMA VII REGIÓN-AMBIOSIS (2008).

Notas:

- Las emisiones de polvo resuspendido en calles no pavimentadas corresponden a las producidas por el tránsito de camiones en el relleno sanitario El Retamo.
- Las emisiones provenientes de calles pavimentadas corresponden a las emisiones de material particulado por la circulación de vehículos sobre calles pertenecientes a la red urbana de la ciudad de Talca.

13.2. Análisis de Resultados comuna de Talca

Las emisiones de MP10 en Talca provienen principalmente de la combustión de leña residencial alcanzando 1.311 ton de MP10 al año, las cuales representan cerca del 90% de las emisiones totales de MP10 en la ciudad.

Respecto a las emisiones de NOx, destaca la participación de las fuentes móviles con un 75% sobre el total de emisiones. De ellas, los aportes principales vienen dados por los vehículos livianos y camiones, y dentro de los vehículos livianos las emisiones de vehículos sin convertidor catalítico alcanzan el 47% de las emisiones totales de las fuentes móviles.

Los mayores aportes en emisiones de CO se asocian a emisiones de combustión de leña y a emisiones provenientes de vehículos sin convertidor catalítico, las cuales juntan casi el 90% de las emisiones totales de CO, y las emisiones de leña en forma individual un 65 % con 11.419 ton de CO al año. No despreciable son las emisiones de procesos de combustión de calderas industriales que emiten 439,07 ton de CO al año, sin embargo presentan un aporte menor en comparación con las fuentes mencionadas anteriormente.

En la categoría *otras areales* se observa un importante aporte de las emisiones biogénicas, las cuales corresponden a 1.201 toneladas de COV para la comuna de Talca.

Respecto a las emisiones de amoníaco, la principal participación, de casi un 39%, corresponde a las emisiones de la categoría crianza de animales.

13.3. Emisiones Comunas del Área de Influencia

A continuación se presenta el resumen de emisiones para las comunas del área de influencia.

Tabla 202: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES, ESCENARIO 2006, COMUNAS ÁREA DE INFLUENCIA.

INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL ESCENARIO 2006 COMUNAS AREA DE INFLUENCIA							
FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES							
Categoría de Fuente	PM10 ton/año	PM2,5 ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	COV ton/año	SOx ton/año	NH3 ton/año
Fijas Combustión	68,97	26,72	439,07	147,37	8,06	398,37	71,52
Fijas Procesos+Evap	7,56	1,81	32,43	6,72	0,57	2,22	5,18
Combustión de Leña	4.329,70	4.235,20	34.188,90	375,50	10.097,00	52,40	69,00
Otras residenciales	1,28	0,84	5,77	26,90	1.011,32	6,89	248,46
Evap. Comerciales	-	-	-	-	3.229,30	-	-
Quemas Agrícolas	331,29	316,61	2.333,07	87,85	199,02	13,98	-
Incendios Forestales	9,60	8,41	87,79	2,88	4,87	0,77	0,70
Otras Areales	6,57	3,29	97,37	2,67	48.512,90	0,37	4.063,18
Total Estacionarias	4.755	4.595	37.184	650	63.063	475	4.458
Buses tpe. público red urbana	10,07	9,09	47,27	167,84	12,55	7,56	0,04
Otros buses	9,05	8,32	46,04	252,56	21,33	8,82	0,00
Camiones	51,09	46,75	206,15	808,38	105,74	39,48	0,05
Veh Livianos cat*	4,80	1,64	1.675,69	176,84	113,33	5,88	16,10
Veh Livianos no cat*	4,64	3,28	6.348,53	557,66	630,23	3,21	0,31
Veh. Livianos Diesel	6,31	5,39	26,04	55,69	5,61	8,00	0,03
Motos*	0,04	-	71,44	0,14	28,31	0,02	0,01
Fuera de ruta	12,20	11,27	63,33	69,94	10,95	0,00	0,00
Total Móviles	98	86	8.485	2.089	978	73	17
TOTAL MÓVILES Y ESTACIONARIAS	4.853	4.681	45.669	2.739	63.991	548	4.475

Fuente: CONAMA VII REGIÓN-AMBIOSIS. (2008)

Notas:

1. Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a las suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.
2. Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.
3. La categoría "Otros Buses" corresponde a buses particulares, buses rurales e interurbanos.
4. Las emisiones de fuentes móviles en ruta, en el presente reporte, incluyen las emisiones de vehículos que circulan la dentro de la ciudad de Talca y en las vías interurbanas dentro del área de estudio.
5. Las emisiones de COV reportadas para "Otras Areales" incluye entre otras la categoría "biogénicas", la cual representa las emisiones del total del área de estudio.
6. Las emisiones de "combustión de leña" corresponden a las estimadas a partir de la encuesta de leña efectuada en el marco del presente estudio y de las emisiones del resto de los sectores del área de estudio, obtenidas de estimaciones realizadas en el SINCA.

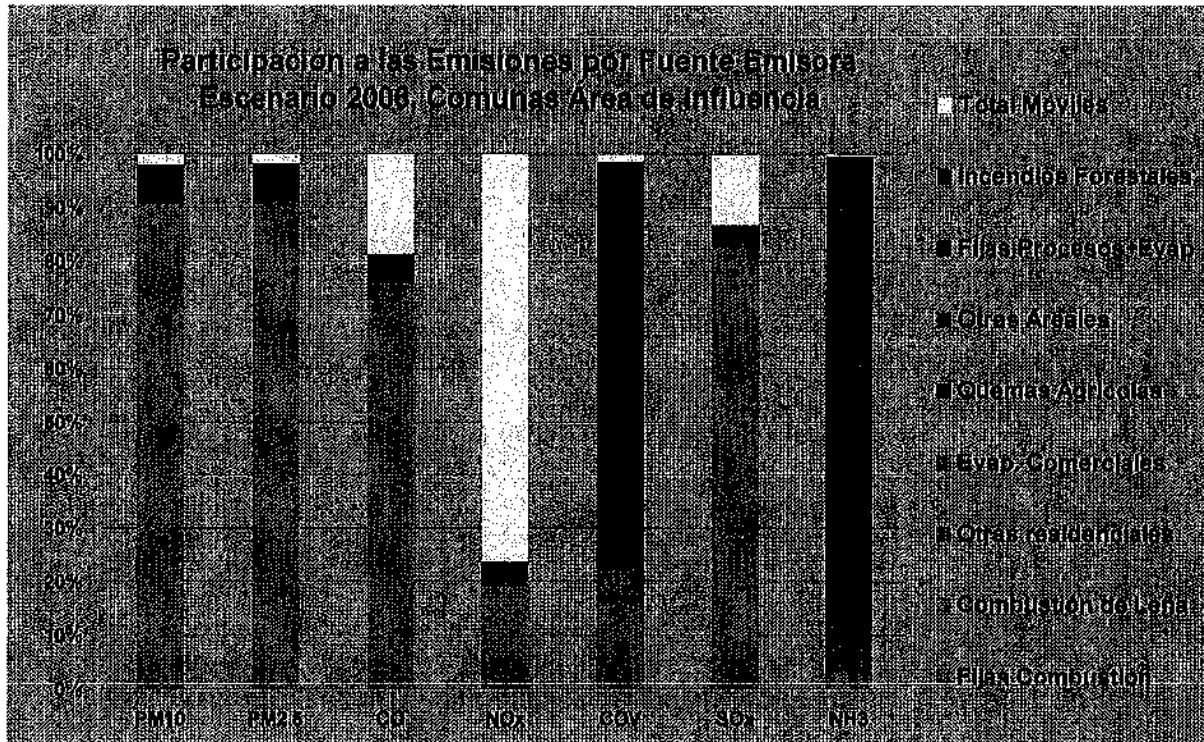


Figura 102: Participación de emisiones por categoría de fuentes, fuentes móviles agrupadas, año 2006, comunas del área de influencia.

Tabla 203: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES POLVO FUGITIVO, ESCENARIO 2006, COMUNAS ÁREA DE INFLUENCIA.

POLVO FUGITIVO ESCENARIO 2006			
Categoría de Fuente	PTS ton/año	PM10	PM2,5
		ton/año	ton/año
Construcción de Edificios	38,5	18,9	
Total Construcción y Demolición	38,5	18,9	
Calles pavimentadas	3.796,07	727,57	120,97
Calles no pavimentadas	30.145,91	9.756,20	970,04
Total Polvo Resuspendido	33.942	10.484	1.091
Cereales y chacras	11,54	8,42	3,45
Cultivos Industriales	0,73	0,53	0,22
Hortalizas	5,03	3,67	1,50
Total Preparación de Terrenos Agrícolas	17,29	12,62	5,17
TOTAL POLVO FUGITIVO	33.959	10.515	1.096

Fuente: CONAMA VII REGIÓN-AMBIOSIS (2008).

Notas:

- Las emisiones de polvo resuspendido en calles no pavimentadas corresponden a las producidas por el tránsito de vehículos en vías interurbanas y camiones en el relleno sanitario El Retamo.
- Las emisiones provenientes de calles pavimentadas corresponden a las emisiones de material particulado por la circulación de vehículos sobre calles pertenecientes a la red urbana de la ciudad de Talca y en vías interurbanas.

13.4. Análisis de Resultados del área de estudio

Las emisiones de MP10 en la zona de estudio (sin considerar el polvo resuspendido) provienen principalmente de la combustión de leña residencial alcanzando 4.329 ton de MP10 al año, las cuales representan cerca del 90% de las emisiones totales de MP10 en el área. También su participación en las emisiones de CO son importantes, con una participación del 75% en el total de emisiones.

Respecto a las emisiones de NOx, al igual que en la ciudad de Talca destaca la participación de las fuentes móviles con un 76% sobre el total de emisiones.

Las fuentes fijas disminuyen su participación en términos de CO, aportando con un 1% del total de emisiones. Sin embargo el aporte en SOx alcanza un 73%, siendo el más mayor aporte para este contaminante.

Los resultados obtenidos en fuentes fijas para todos los contaminantes considerados en el presente estudio, muestran la importancia de las emisiones de las calderas industriales, lo que se debe por un lado a los mayores consumos de combustible, así como a que utilizan principalmente leña como combustible.

En la categoría *otras areales* se observa un importante aporte de las emisiones biogénicas, las cuales corresponden a 48.138 toneladas de COV para la el área de estudio.

Respecto a las emisiones de amoníaco, la participación de la crianza de animales aumenta a un 89% al considerar el total del área de estudio.

14. INVENTARIO DE EMISIONES DETALLADO POR CATEGORÍA

Las siguientes tablas entregan los resultados de emisiones para el área de estudio, en formato detallado por categoría, para el escenario 2006.

Tabla 204. Emisiones de fuentes fijas escenario 2006, Talca (ton/año).

SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	RUBRO	PTS	MP10	MP 2,5	CO	NOx	VOC	SOx	NH3	
combustión	Combustión externa		Calderas industriales	110,44	59,99	20,49	364,21	127,86	6,37	360,12	59,52	
			Calderas de calefacción	11,55	8,76	6,17	73,49	13,19	1,20	37,52	11,98	
Procesos	Combustión interna		Grupos electrógenos	0,44	0,22	0,05	1,37	6,33	0,49	0,73	0,02	
			Productos de cobre y bronce	0,01	0,00	0,00	0,03	0,11	0,00	0,17	0,01	
			Productos de hierro y acero	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Panaderías	15,10	7,55	1,81	32,40	6,60	0,57	2,06	5,18	

Tabla 205. Emisiones de fuentes areales y otras fuentes, escenario 2006, área de estudio (ton/año).

SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	RUBRO	MP10	MP2.5	CO	NOx	VOC	SOx	NH3		
AREALES	Residencial	Comb. ext. residencial	Gas Licuado	0,7	0,7	4,6	22,8	1,8	0,0	0,0		
			Kerosene	0,6	0,1	1,2	4,2	0,6	6,9	0,2		
			Leña	4.329,7	4.236,2	34.188,9	375,5	10.097,0	52,4	69,0		
	Residencial	Evaporativas residencial	Solventes de uso doméstico						76,2			
			Pintado arquitectónico					207,5				
			Uso de Adhesivos					401,5				
			Fugas residenciales					321,8			248,3	
	Comercial	Evaporativas comercial	Distribución de						82,5			
			Aplicación de asfalto					3088,0				
			Fugas comerciales de					58,8				
Disposición de residuos		Plantas de tratamiento de aguas servidas								73,6		
Otras	Quemas		Quemas agrícolas	331,3	316,6	2333,1	87,9	199,0	14,0			
			Incendios forestales	9,6	8,4	87,8	2,9	4,9	0,8	0,7		
			Incendios urbanos	6,6	3,3	97,4	2,7	8,4	0,4			
	Emisiones biogénicas		Todas las especies vegetales					48138,4				
	Actividades agrícolas		Fertilizantes y plaguicidas					366,1				
	Cría de Animales			Bovinos							3601,4	
				Cerdos								30,1
				Pollos								
Otras Aves												2,0
Ovinos												113,7
Caprinos												18,4
Camelidos									2,9			
Equinos									52,8			

Tabla 207. Emisiones de fuentes móviles fuera de ruta, escenario 2006, área de estudio (ton/año).

FUERA DE RUTA		Sub categoría	MP10	MP2.5	CO	NOX	VOC	SOX	NH3
Maquinaria vehicular	Maquinaria agrícola		11,90	11,00	62,30	66,00	10,70	NE	NE
	Maquinaria dentro de rellenos sanitarios		0,27	0,25	0,94	3,52	0,24	NE	NE
	Camiones dentro de rellenos sanitarios		0,03	0,02	0,09	0,42	0,01	0,00	0,00
		TOTAL FUERA DE RUTA	12,20	11,27	63,33	69,94	10,95	0,00	0,00

Tabla 208. Emisiones de fuentes móviles en ruta escenario 2006 (ton/año), Ciudad de Talca.

Categoría	Sub categoría	PM10			PM2,5			CO		
		TE	DF	DN	TE	DF	DN	CO Total	CO TE	CO BFC
Vehículos Particulares	Vehículos Particulares Cat. Tipo 1	0.40	0.72	0.44	0.36			217.41	112.36	105.05
	Vehículos Particulares No Catalíticos	1.08	0.72	0.44	1.50			2903.04	1978.09	924.95
	Vehículos Particulares Otros	0.69	0.03	0.02	0.63			2.28	2.28	0.00
Vehículos de Alquiler	Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1	0.09	0.17	0.10	0.09			50.38	26.44	23.95
	Vehículos de Alquiler No Catalíticos	0.02	0.01	0.01	0.03			49.99	36.44	13.55
	Vehículos de Alquiler Otros	0.09	0.00	0.00	0.08			0.29	0.29	0.00
Vehículos Comerciales	Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1	0.37	0.68	0.42	0.34			538.66	325.68	212.98
	Vehículos Comerciales No Catalíticos	0.73	0.49	0.30	1.01			1106.80	860.21	246.60
	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	2.13	0.22	0.14	1.96			11.44	11.44	0.00
Camiones Livianos	Camiones Livianos Diesel Convencional	2.04	0.05	0.05	1.88			17.46	17.46	0.00
	Camiones Livianos Diesel Tipo 1	0.18	0.01	0.01	0.16			1.17	1.17	0.00
	Camiones Livianos Diesel Tipo 2	0.22	0.01	0.01	0.20			1.88	1.88	0.00
Camiones Medianos	Camiones Livianos Diesel Tipo 3	0.05	0.00	0.00	0.05			0.44	0.44	0.00
	Camiones Medianos Diesel Convencional	3.44	0.04	0.04	3.17			15.00	15.00	0.00
	Camiones Medianos Diesel Tipo 1	0.17	0.00	0.00	0.15			0.56	0.56	0.00
Motos	Camiones Medianos Diesel Tipo 2	0.15	0.00	0.00	0.14			0.67	0.67	0.00
	Camiones Medianos Diesel Tipo 3	0.05	0.00	0.00	0.04			0.21	0.21	0.00
	Motos de Dos Tiempos Convencional	0.00	0.02	0.01	0.00			67.34	67.34	0.00
Taxis Colectivos	Motos de Dos Tiempos Tipo 1	0.00	0.00	0.00	0.00			4.10	4.10	0.00
	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1	0.16	0.30	0.18	0.15			94.39	49.53	44.86
	Taxis Colectivos No Catalíticos	0.04	0.02	0.01	0.05			85.69	62.46	23.23
Buses Licitados	Taxis Colectivos otros	0.41	0.02	0.01	0.38			1.37	1.37	0.00
	Buses Licitados Urbanos Diesel VTT	9.57	0.10	0.06	8.81			45.23	45.23	0.00
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1	0.13	0.00	0.00	0.12			0.75	0.75	0.00
Buses Rurales	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2	0.14	0.01	0.00	0.13			1.01	1.01	0.00
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3	0.04	0.00	0.00	0.04			0.28	0.28	0.00
	Buses Rurales Diesel Convencional	1.00	0.01	0.01	0.92			4.70	4.70	0.00
Total Fuentes Móviles en Ruta	Buses Rurales Diesel Tipo 1	0.01	0.00	0.00	0.01			0.08	0.08	0.00
	Buses Rurales Diesel Tipo 2	0.01	0.00	0.00	0.01			0.10	0.10	0.00
	Buses Rurales Diesel Tipo 3	0.00	0.00	0.00	0.00			0.03	0.03	0.00
Total Fuentes Móviles en Ruta		23.42	3.67	2.29	22.42			5.222.73	3.627.57	1.595.16

TE = corresponde a emisiones proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión.

DF = corresponde a emisiones de desgaste de frenos; DN = corresponde a emisiones provenientes del desgaste de neumáticos.

CO Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente sumado a las emisiones de partidas en frío.

CO TE = corresponde a emisiones de CO proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en caliente.

CO BFC = corresponde a emisiones de CO proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en frío (balance frío caliente)

Emissiones de fuentes móviles en ruta escenario 2006 (ton/año). Ciudad de Talca (Continuación)

Categoría	Sub categoría	NOx			COV									
		NOx Total	NOx TE	NOx BFC	COV Total	COV TE	COV BFC	COV DR	COV DD	COV DC				
Vehículos Particulares	Vehículos Particulares Cat. Tipo 1	45.85	33.08	12.78	33.28	10.46	13.19	1.47	3.65	4.51				
	Vehículos Particulares No Catalíticos	191.34	188.06	3.28	349.38	126.10	39.31	14.68	18.25	151.05				
	Vehículos Particulares Otros	1.86	1.86	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00				
Vehículos de Alquiler	Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1	10.60	7.71	2.89	6.13	2.45	3.00	0.34	0.06	0.28				
	Vehículos de Alquiler No Catalíticos	3.42	3.37	0.05	3.84	2.27	0.56	0.26	0.02	0.72				
	Vehículos de Alquiler Otros	0.23	0.23	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00				
Vehículos Comerciales	Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1	46.20	36.37	9.83	37.30	16.47	14.53	1.39	1.76	3.16				
	Vehículos Comerciales No Catalíticos	170.33	168.53	1.80	208.05	98.82	18.89	9.89	6.27	74.18				
	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	31.09	31.09	0.00	3.46	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00				
Camiones Livianos	Camiones Livianos Diesel Convencional	15.76	15.76	0.00	9.63	9.63	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Camiones Livianos Diesel Tipo 1	1.52	1.52	0.00	0.97	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Camiones Livianos Diesel Tipo 2	3.43	3.43	0.00	1.27	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00				
Camiones Medianos	Camiones Livianos Diesel Tipo 3	0.52	0.52	0.00	0.32	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Camiones Medianos Diesel Convencional	29.58	29.58	0.00	8.26	8.26	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Camiones Medianos Diesel Tipo 1	1.56	1.56	0.00	0.46	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00				
Motos	Camiones Medianos Diesel Tipo 2	1.65	1.65	0.00	0.64	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Camiones Medianos Diesel Tipo 3	0.52	0.52	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Motos de Dos Tiempos Convencional	0.13	0.13	0.00	26.42	26.42	0.00	0.00	0.00	0.00				
Taxis Colectivos	Motos de Dos Tiempos Tipo 1	0.01	0.01	0.00	1.89	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1	19.95	14.52	5.43	13.55	4.53	5.54	0.60	0.50	2.37				
	Taxis Colectivos No Catalíticos	6.40	6.31	0.09	12.22	4.33	1.07	0.48	0.20	6.14				
Buses Licitados	Taxis Colectivos otros	1.08	1.08	0.00	0.32	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Buses Licitados Urbanos Diesel VTT	158.51	158.51	0.00	11.67	11.67	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1	3.70	3.70	0.00	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00				
Buses Rurales	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2	4.40	4.40	0.00	0.45	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3	1.23	1.23	0.00	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Buses Rurales Diesel Convencional	16.81	16.81	0.00	1.19	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00				
Total Fuentes Móviles en Ruta	Buses Rurales Diesel Tipo 1	0.39	0.39	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Buses Rurales Diesel Tipo 2	0.47	0.47	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00				
	Buses Rurales Diesel Tipo 3	0.13	0.13	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00				
Total Fuentes Móviles en Ruta		768.69	732.55	36.14	732.00	333.66	96.09	29.11	30.71	242.42				

NOx Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente sumado a las emisiones de partidas en frío.

NOx TE = corresponde a emisiones de NOx provenientes del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en caliente.

NOx BFC = corresponde a emisiones de NOx proveniente del tubo de escape, emisiones de combustión con motor en frío (balance frío caliente).

COV Total = corresponde a la suma de las emisiones de combustión con el motor en caliente (COV TE, tubo de escape) sumado a las emisiones de partidas en frío (COV BFC, balance frío caliente) y a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido (COV DR), emisiones durante el día (COV DD) y emisiones por detenciones en caliente (COV DC).

Emisiones de fuentes móviles en ruta escenario 2006 (ton/año). Ciudad de Talca (Continuación)

Categoría	Sub categoría	Sox	NH3	CO2	N2O	CH4	CC			KM REC
							CC Total	CC TE	CC BFC	
Vehículos Particulares	Vehículos Particulares Cat. Tipo 1	1.25	6.22	19912.72	4.71	3.12	6913.55	6256.87	656.68	88882550.66
	Vehículos Particulares No Catalíticos	1.43	0.18	22603.98	0.44	7.12	7948.62	7125.84	822.78	88882550.66
	Vehículos Particulares Otros	0.60	0.00	629.27	0.10	0.02	200.61	200.61	0.00	3627859.21
Vehículos de Alquiler	Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1	0.29	1.45	4669.13	1.10	0.73	1616.27	1467.11	149.16	20775785.46
	Vehículos de Alquiler No Catalíticos	0.03	0.00	407.62	0.01	0.13	140.31	128.51	11.80	1598137.34
	Vehículos de Alquiler Otros	0.08	0.00	79.57	0.01	0.00	25.37	25.37	0.00	456610.87
Vehículos Comerciales	Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1	1.61	5.87	26624.15	4.45	2.94	8644.91	8053.58	591.33	83874696.71
	Vehículos Comerciales No Catalíticos	1.15	0.12	18274.28	0.36	8.99	6159.82	5752.56	407.26	59970497.65
	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	5.71	0.03	5971.06	0.47	0.14	1903.33	1903.33	0.00	27387656.07
Camiones Livianos	Camiones Livianos Diesel Tipo 1	1.64	0.02	1627.35	0.19	0.53	540.04	540.04	0.00	6269647.70
	Camiones Livianos Diesel Convencional	0.22	0.00	230.60	0.03	0.05	73.30	73.30	0.00	842191.48
	Camiones Livianos Diesel Tipo 2	0.44	0.01	466.11	0.05	0.10	146.67	146.67	0.00	1684382.96
Camiones Medianos	Camiones Livianos Diesel Tipo 3	0.14	0.00	152.44	0.02	0.02	48.26	48.26	0.00	561460.99
	Camiones Medianos Diesel Convencional	2.61	0.02	2723.21	0.16	0.46	875.76	875.76	0.00	5390710.39
	Camiones Medianos Diesel Tipo 1	0.19	0.00	203.98	0.01	0.03	65.41	65.41	0.00	399311.88
Motos	Camiones Medianos Diesel Tipo 2	0.29	0.00	301.85	0.02	0.04	97.57	97.57	0.00	598967.82
	Camiones Medianos Diesel Tipo 3	0.13	0.00	135.15	0.01	0.01	42.91	42.91	0.00	266207.92
	Motos de Dos Tiempos Convencional	0.02	0.01	278.40	0.01	0.46	89.32	89.32	0.00	3067841.37
Taxis Colectivos	Motos de Dos Tiempos Tipo 1	0.00	0.00	24.42	0.00	0.05	7.53	7.53	0.00	340871.26
	Taxis Colectivos Catalíticos Tipo 1	0.54	2.55	8585.11	1.93	1.41	2971.84	2697.58	274.26	36404980.74
	Taxis Colectivos No Catalíticos	0.05	0.01	774.47	0.01	0.26	266.50	244.09	22.41	2895850.74
Buses Licitados	Taxis Colectivos otros	0.35	0.00	375.49	0.06	0.01	119.71	119.71	0.00	2068464.81
	Buses Licitados Urbanos Diesel VTT	6.37	0.04	6659.11	0.37	2.18	2123.40	2123.40	0.00	12481364.70
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 1	0.25	0.00	267.28	0.01	0.05	82.02	82.02	0.00	416045.49
Buses Rurales	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 2	0.67	0.00	704.93	0.02	0.08	224.70	224.70	0.00	693409.15
	Buses Licitados Urbanos Diesel Tipo 3	0.27	0.03	281.98	0.01	0.02	89.88	89.88	0.00	277363.66
	Buses Rurales Diesel Convencional	0.68	0.00	712.02	0.04	0.24	227.04	227.04	0.00	1397070.04
Buses Rurales	Buses Rurales Diesel Tipo 1	0.03	0.09	27.51	0.00	0.01	8.77	8.77	0.00	46569.00
	Buses Rurales Diesel Tipo 2	0.07	0.00	75.37	0.00	0.01	24.03	24.03	0.00	77615.00
	Buses Rurales Diesel Tipo 3	0.03	0.00	30.15	0.00	0.00	9.61	9.61	0.00	31046.00
Total Fuentes Móviles en Ruta		27.13	16.54	122798.70	14.59	29.23	41687.04	38751.36	2935.69	451607717.57

CC Total = corresponde a la suma de los consumos de combustible de los vehículos en el trayecto con el motor en caliente (CC TE) sumado al consumo del trayecto con el motor en frío (CC BFC).

Tabla 209. Emisiones de fuentes móviles en carreteras, escenario 2006, área de estudio (ton/año).

Categoría	Sub categoría	PM10 TE	PM2,5	CO	NOX	COV		Sox
						COV Total	COV TE	
Vehículos Particulares	Vehículos Particulares Cat. Tipo 1	0,46	0,42	137,45	20,42	15,41	15,41	0,95
	Vehículos Particulares No Catalíticos	0,45	0,41	1.419,64	82,22	27,39	27,39	0,26
	Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Vehículos de Alquiler Cat. Tipo 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Vehículos de Alquiler No Catalíticos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vehículos de Alquiler básicos)	Vehículos de Alquiler Otros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1	0,30	0,28	637,40	33,81	7,65	7,65	1,23
	Vehículos Comerciales No Catalíticos	0,31	0,28	783,37	103,95	29,34	29,34	0,30
	Vehículos Comerciales Diesel Tipo 1	2,55	2,34	10,67	21,42	1,26	1,26	1,25
	Camiones Medianos Diesel Convencional	6,33	5,82	28,31	76,65	13,36	13,36	2,90
Camiones Medianos	Camiones Medianos Diesel Tipo 1	3,71	3,41	12,76	48,37	9,03	9,03	2,61
	Camiones Medianos Diesel Tipo 2	2,09	1,92	9,35	31,66	7,72	7,72	2,39
	Camiones Medianos Diesel Tipo 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Motos de Dos Tiempos Convencional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Motos	Motos de Dos Tiempos Tipo 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Motos de Cuatro Tiempos Convencional	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Motos de Cuatro Tiempos Tipo 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Camiones Pesados Diesel Convencional	20,44	18,80	73,25	375,48	34,10	34,10	11,73
Camiones Pesados	Camiones Pesados Diesel Tipo 1	9,39	8,64	28,48	145,97	12,05	12,05	8,29
	Camiones Pesados Diesel Tipo 2	2,58	2,37	16,62	75,71	7,73	7,73	5,91
	Camiones Pesados Diesel Tipo 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Buses Rurales e Interurbanos	Buses Interurbanos Diesel Convencional	3,27	3,01	14,09	83,88	7,86	7,86	1,68
	Buses Interurbanos Diesel Tipo 1	2,43	2,24	8,88	52,88	4,50	4,50	1,92
	Buses Interurbanos Diesel Tipo 2	0,97	0,90	7,57	40,04	4,22	4,22	2,00
	Buses Interurbanos Diesel Tipo 3	0,01	0,01	0,08	0,43	0,05	0,05	0,03
	Buses Rurales Diesel Convencional	0,04	0,03	0,40	1,68	0,08	0,08	0,02
	Buses Rurales Diesel Tipo 1	0,39	0,36	3,50	20,78	1,06	1,06	0,42
Buses Rurales Diesel Tipo 2	Buses Rurales Diesel Tipo 2	0,37	0,34	3,76	19,95	1,33	1,33	0,93
	Buses Rurales Diesel Tipo 3	0,52	0,48	2,85	15,12	1,01	1,01	1,01
	TOTAL	56,61	52,06	3.198,43	1.250,42	184,14	185,15	45,83

FUENTES MÓVILES EN CARRETERAS

