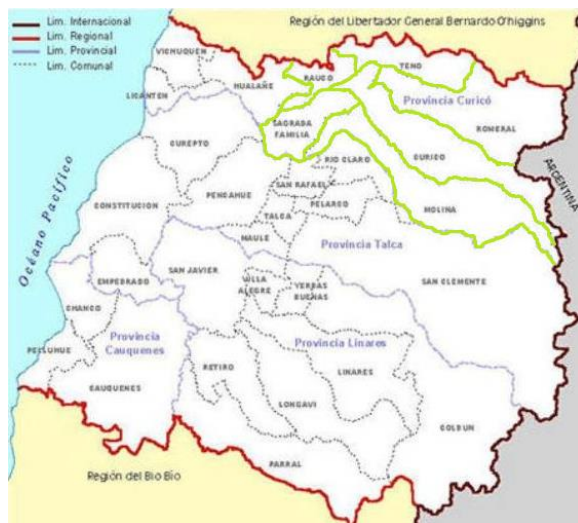


INFORME FINAL

“INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y MODELACIÓN DE
CONTAMINANTES DE LAS COMUNAS DE CURICÓ, TENO, ROMERAL, RAUCO,
SAGRADA FAMILIA Y MOLINA, AÑO BASE 2014”



PREPARADO PARA:
Subsecretaría del Medio Ambiente

PROPONENTE



SISTAM INGENIERÍA
PSI-207-2015

Febrero de 2016

ÍNDICE

1	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	4
2	OBJETIVOS	6
2.1	Objetivo General.....	6
2.2	Objetivos Específicos	6
3	ACTIVIDADES	7
3.1	Contar con un inventario de emisiones de MP10, MP2.5, CO, NOx, S02 y COVs, para todas las fuentes de interés en la zona de estudio, para una base temporal correspondiente al año 2014.....	7
3.1.1	<i>Revisión de metodologías de cálculo de emisiones</i>	7
3.1.2	<i>Revisión de factores de emisión a utilizar en metodologías</i>	52
3.1.3	<i>Recopilación y descripción de los niveles de actividad de las fuentes emisoras localizadas en las comunas estudiadas y su entorno</i>	102
3.1.4	<i>Análisis del área de estudio</i>	144
3.2	Aplicación de control de calidad sobre el inventario de emisiones realizado.	160
3.2.1	<i>Aplicación del control de calidad del inventario y obtención del inventario final</i>	160
3.2.2	<i>Valoración cualitativa de las incertidumbres</i>	161
3.3	Contar con una base de datos estructurada del inventario de emisiones	188
3.3.1	<i>Desarrollo del inventario de emisiones</i>	188
3.3.2	<i>Generar un mapa de emisiones en formatos que refleje la localización de las distintas fuentes y actividades emisoras</i>	196
3.4	Realizar una proyección del inventario de emisiones a partir del inventario año base 2014, en un horizonte a 15 años	198
3.4.1	<i>Metodología de proyección del inventario de emisiones, escenario conservador</i>	198
3.4.2	<i>Proyección de emisiones, escenario conservador</i>	214
3.4.3	<i>Metodología de proyección del inventario de emisiones, escenario optimista</i>	222
3.4.4	<i>Proyección de emisiones, escenario optimista</i>	238
3.4.5	<i>Comparación de escenarios</i>	243
3.5	Proponer una delimitación de la zona saturada mediante el uso de herramientas de modelación de dispersión de contaminantes.	248
3.5.1	<i>Aplicación de un modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos</i>	248
3.5.2	<i>Modelación</i>	251
3.5.3	<i>Emisiones para modelación</i>	269
3.5.4	<i>Simulación de dispersión</i>	270
3.5.5	<i>Delimitación de zona saturada</i>	278
4	PROYECCIÓN DE EMISIONES COMBUSTIÓN EXTERNA RESIDENCIAL DE LEÑA.	281
4.1	Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de leña.	283



4.2	Factores de emisión Combustión externa residencial de leña.	284
5	ANEXOS	286
5.1	Metodología Encuesta de consumo de leña	286
5.1.1	<i>Marco teórico de la encuesta</i>	286
5.1.2	<i>Tamaños Muestrales</i>	290
5.2	Encuesta consumo de Leña	295
5.3	Anexo digital	305



1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

Dentro de la estrategia de planes de descontaminación 2014-2018 del programa de Gobierno, se encuentran consideradas las comunas de Curicó y Teno, como una nueva zona saturada por MP_{10} y $MP_{2,5}$.

Lo anterior, debido a que desde el año 2012 se encuentra operando una estación de monitoreo de calidad del aire, perteneciente al Ministerio de Medio Ambiente, en la ciudad de Curicó, la que mide material particulado respirable MP_{10} y $MP_{2,5}$. Dicha estación ha registrado valores que superan las normas diarias y anual de ambos contaminantes, lo que ha implicado que dicha comuna este incluida dentro de la Alerta Sanitaria por contaminación atmosférica del Ministerio de Salud, por construir un riesgo inminente para la salud de la población, ya que aún no ha sido declarada como zona saturada y por lo tanto tampoco cuenta con un Plan de Descontaminación Atmosférica PDA.

En el caso de la comuna de Teno, en el año 2012 mediante ORD.1223/11-06-2012, la SEREMI de Salud del Maule informo que las concentraciones de material particulado respirable, registradas en la estación de monitoreo de calidad de aire de Teno, pertenecientes a la empresa de cementos Biobío (EMRP), sobrepasan los niveles establecidos en la reglamentación vigente, por lo que corresponde declarar oficialmente como Zona Saturada a dicha comuna.

Para poder declarar zona saturada el área y posteriormente elaborar el respectivo PDA, es necesario contar con la información base que permita conocer cuáles son las fuentes emisoras, dónde están ubicadas, como se distribuyen geográficamente y como se dispersan los contaminantes en las mencionadas comunas y comunas aledañas (**Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina**), para determinar el Área Geográfica que será declarada zona saturada.

La principal fuente de contaminación, al igual que toda la zona centro sur del país, es la **combustión de leña y otras actividades económicas** (Calefacción de edificios, panaderías, etc.) pero además presencia de industrias productivas, tales como **fabricación de cemento, industrias forestales y agroindustrias**.



El inventario de emisiones es un instrumento de alta relevancia dentro de la gestión de calidad de aire, ya que permite identificar cuáles son los agentes contaminantes preponderantes en una determinada zona y evaluar la importancia y el impacto de cada una de las fuentes presentes, así como evaluar en el largo plazo, la eficacia de las medidas que se implementen en el marco un PDA mediante la actualización de dicho instrumento. Además, es información indispensable para la modelación de la calidad del aire que permite establecer las zonas de mayor impacto de manera de hacer más eficiente la gestión de la calidad del aire, así como también permitirá alimentar de información un modelo de pronóstico de calidad de aire para la gestión y manejo de episodios.



2 OBJETIVOS

2.1 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 de dispersión de Material Particulado Respirable para delimitar el área a declarar como zona saturada.

2.2 Objetivos Específicos

1. Contar con un inventario de emisiones de MP_{10} , $MP_{2,5}$, CO, NO_x , SO_2 y COVs, para todas las fuentes de interés en la zona de estudio, para una base temporal correspondiente al año 2014.
2. Aplicación de control de calidad sobre el inventario de emisiones realizado.
3. Contar con una base de datos estructurada del inventario de emisiones en un formato a ser definido en conjunto con la contraparte técnica del estudio.
4. Realizar una proyección del inventario de emisiones a partir del inventario año base 2014, en un horizonte a 15 años, el cual será discutido con la contraparte técnica del estudio.
5. Proponer una delimitación de la zona saturada mediante el uso de herramientas de modelación de dispersión de contaminantes.



3 ACTIVIDADES

3.1 Contar con un inventario de emisiones de MP10, MP2.5, CO, NOx, SO2 y COVs, para todas las fuentes de interés en la zona de estudio, para una base temporal correspondiente al año 2014.

A continuación se presentan las principales actividades desarrolladas para realizar el inventario de emisiones, las cuales fueron descritas en detalle en el informe 1, por tal razón se describen en términos generales dichas actividades, para así centrar el foco del presente informe en el desarrollo del inventario, los criterios de proyección de emisiones y resultados de las emisiones.

3.1.1 Revisión de metodologías de cálculo de emisiones

Para el cumplimiento de esta actividad se realizó una recopilación y revisión de las metodologías de cálculo de emisiones y factores de emisión que han sido utilizadas comúnmente en los últimos inventarios de emisiones atmosféricas a nivel nacional e internacional, para ello se revisaron los factores de emisión y metodologías recopiladas.

Algunas de las principales fuentes de información metodológicas que fueron consideradas para el correcto desarrollo de la presente actividad son las siguientes:

- Metodologías Internacionales
 - AP-42, EPA (compilación de factores de emisión de contaminantes atmosféricos)
 - WebFire, EPA (base de datos que contiene factores de emisión de contaminantes criterios y peligrosos del aire (HAP) para procesos industriales y no industriales)
 - EMEP CORINAIR, EEA (guía para inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos)



- COPERT IV (herramienta para el cálculo de las emisiones de contaminantes atmosféricos y de gases de efecto invernadero procedentes del transporte por carretera en todo el mundo).
- Metodologías Nacionales
 - Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el RETC, MMA, SECTRA, MINSAL.
 - Metodologías de estimación de emisiones RETC, considera fuentes fijas, fuentes móviles, combustión residencial de leña, quemas agrícolas, incendios forestales y urbanos.

A continuación, se presentan los principales aspectos metodológicos por tipo de fuente emisora.

3.1.1.1 Metodología Estimación de Emisiones, Fuentes Fijas (combustión y procesos).

3.1.1.1.1 Metodología Estimación de Emisiones Combustión y Procesos

Para el caso de fuentes fijas, específicamente en procesos y calderas la metodología se basa en la aplicación de factores de emisión y niveles de actividad para estimar las emisiones de una determinada fuente puntual, sin embargo en caso de existir mediciones continuas o discretas, se debe privilegiar este método por sobre la estimación con factor de emisión, es por eso que finalmente se procederá a estimar las emisiones para cada establecimiento y fuente con el siguiente orden de priorización: Medición continua, medición discreta y estimación de emisión.

Lo anterior se realizará a través de la calculadora de emisiones Web de fuentes fijas, herramienta que utiliza el MINSAL y el MMA para el cálculo de las emisiones que provienen del Sistema de Declaraciones de Fuentes Fijas (F138 Web) y que posteriormente son cargados al RETC (Ventanilla Única) para el desarrollo del inventario de emisiones nacional.

Los procedimientos de estimación, así como los factores de emisión utilizados pueden tener modificaciones en el futuro, por lo cual pueden ser actualizados periódicamente.



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

$$E = fe * Na * \left[1 - \frac{Ea}{100} \right] \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

E : Emisión

Fe : Factor de emisión

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

Ea : Eficiencia de abatimiento

Las emisiones anuales de las fuentes consideradas en el D.S. 138/2005 MINSAL, son estimadas de dos formas generales, de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Si la fuente está sometida a una obligación legal de realizar muestreos puntuales periódicos o continuos, ya sea como parte del cumplimiento de una norma de emisión, exigencia de una resolución de calificación ambiental o plan de descontaminación, se utilizan los resultados del muestreo (kg/h de emisión) y los niveles de operación declarados (horas y días) para estimar las emisiones anuales.
- Si la fuente no está sometida a una obligación legal de realizar muestreos, para alguno de los contaminantes considerados en el D.S. MINSAL 138 y en su Circular, se utilizan factores de emisión basados en la literatura internacional (principalmente AP-42 de EPA), y los niveles de operación declarados, para estimar las emisiones anuales.

3.1.1.2 Metodología Estimación de Emisiones, Fuentes Móviles (en ruta y fuera de ruta).

3.1.1.2.1 Metodología Estimación de Emisiones Fuentes Móviles en ruta



Para la aplicación de la metodología de fuentes móviles, se considerará abordar la misma metodología que utiliza actualmente el MMA para la estimación de fuentes móviles en ruta, vale decir caracterización y flujo del parque vehicular, distancias de los arcos considerados, velocidades de circulación, entre otros parámetros a considerar.

A continuación, se presenta la metodología que se abordará para la estimación de fuentes móviles en ruta.

La metodología de cálculo de emisiones asume que éstas provienen de tres fuentes fundamentales: las derivadas del motor cuando éste se encuentra en condiciones de operación estables (emisiones en caliente), aquellas provenientes del motor cuando éste se encuentra frío (emisiones por partidas en frío) y por último aquellas denominadas evaporativas (emisiones de hidrocarburos evaporados). Además, se consideran las emisiones de polvo resuspendido generadas por el paso de los vehículos, el desgaste de freno y desgaste de neumáticos (agrupadas como desgaste en la ecuación). Las emisiones totales son, en consecuencia, la suma de estos cinco tipos de emisiones, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Desagregación de las emisiones totales según su tipo de descarga

Desagregación de las emisiones totales		
$E_{total} = E_{caliente} + E_{partidas\ en\ frío} + E_{evaporativas} + E_{polvo} + E_{desgastes}$		
Dónde:		
E_{total}	: Emisiones totales del contaminante considerado [gramos]	Ecuación 2
$E_{caliente}$: Emisiones en caliente, fase estabilizada del motor [gramos]	
$E_{partidas\ en\ frío}$: Emisiones por partidas en frío [gramos]	
$E_{evaporativas}$: Emisiones por evaporación ¹ [gramos]	
E_{polvo}	: Emisiones provenientes del polvo resuspendido por la circulación de vehículos sobre calles pavimentadas	



Desagregación de las emisiones totales	
[gramos]	
E_{desgaste}	: Emisiones por desgaste de frenos, neumáticos y superficie [gramos]

Por su parte, se considera que las emisiones evaporativas en fuentes móviles provienen de tres fuentes primarias:

Tabla 2. Fuentes primarias de emisiones evaporativas

Tipos de Emisiones Evaporativas
<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones durante el día (diurna) • Emisiones por detenciones en caliente (hotsoakemissions) • Pérdidas durante el recorrido (runninglosses)

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 dónde el largo del viaje promedio es corto y las temperaturas son bajas.

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



Desde el punto de vista de la metodología utilizada para el cálculo de emisiones, se distinguen dos tipos: metodología para cálculo de emisiones por arco y metodología para cálculo de emisiones por zonas, cuya aplicación de cada una depende del tipo de descarga de emisión que se estime.

- **Metodología Tipo Arco para ciudades que cuentan con modelo de transporte**

La metodología tipo Arco se basa en la existencia de una red vial característica de los sectores involucrados. Cada arco tiene asociados características de operación básicas 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 los siguientes tipos de emisiones:

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

Las ecuaciones generales de cálculo para cada uno de los tipos de emisiones se describen a continuación:

- **Metodología de cálculo de emisiones en caliente por tubo de escape**

La metodología general para este tipo de emisiones corresponde a:

$$E_{ijkhda} = F_{jp} \cdot CPD_{pkj} \cdot PF_{jkhd} \cdot FE(v_{kjhd})_{ik} \cdot FCC_{ka} \cdot FCD_{ka} \cdot L_j$$

Ecuación 3

Dónde:

E_{ijkhda} : Emisiones [gr/hora] del contaminante considerado "i", en un arco "j" para la categoría vehicular "k" en una hora "h" de un día "d" para un año de evaluación "a".



- F_{jp} : Flujo vehicular [veh/h] total en el arco “j” para la categoría vehicular “p” (categorías entregado directamente por la corrida del modelo de transporte) para un día “d”= lunes-jueves en la hora punta mañana (AM). Además, este valor es entregado para una hora fuera de punta (FP) y punta tarde (PT)², el valor de PF (perfil de flujo) es igual a 1 (PF=1) en los horarios en que se cuenta con el flujo directo del modelo de transporte. Para el resto de las horas y día de la semana el flujo es obtenido a partir del perfil de flujo.
- CPD_{pkj} : Composición promedio diaria de la categoría “p” (proveniente del modelo de transporte) en tipos de vehículos “k” para el arco “j”, medido en [%] aplicada a los flujos entregados por el modelo de transporte en los horarios punta, fuera de punta y punta tarde. En general todos los arcos pertenecientes a un mismo sector poseen los mismos valores de “CDP” para descomponer las categorías vehiculares “p” entregadas por el modelo de transporte en las categorías “k” requeridas por la metodología de estimación de emisiones.
- PF_{jkhd} : Perfil de flujo o fracción del flujo total (Flujo $_{jkhd}$) correspondiente a la categoría “k” para el arco “j” para la hora “h” de un día “d”), medido en [%]. En general todos los arcos pertenecientes a un mismo sector y sentido de circulación poseen los mismos valores de “PF” para cada categoría vehicular “k”.
- $FE(v_{kjhd})_{ik}$: Factor de emisión [gr/km*veh] del contaminante “i”, para la categoría vehicular “k”, en función de la velocidad “ v_{kjhd} ” en [km/h] que corresponde a la velocidad para la hora “h” del día d para el tipo de vehículo “k” en el arco “j”. Es importante aclarar que las velocidades se obtienen para las categorías vehiculares entregadas por el modelo de transporte (categorías “p”), no obstante, la velocidad se utiliza en forma idéntica para cada tipo de vehículo “k” obtenido a partir de la categoría “p”. En general la metodología no permite velocidades menores a 5 km/hr y mayor a 100 km/hr en el caso de arcos de la red urbana y mayor a 120 km/hr en el caso de arcos de la red interurbana.
- $FCCk_{ka}$: Factor de corrección por composición del combustible locales para la categoría “k”, según las propiedades del combustible en el año de evaluación “a”, medido en [%]. En general este factor depende del tipo de combustible que posee la categoría “k”.

² En el caso de la metodología MODEM actualizada es posible incorporar una nueva corrida del modelo de transporte para la punta tarde (PT)



FCD_{k_a}: Factor de corrección por deterioro para la categoría “k” en el año de evaluación “a”, medido en [%]. En general este factor depende del kilometraje de los vehículos y debe ser determinado en función del kilometraje promedio de la categoría “k” en el año “a”.

L_j : Largo del arco evaluado “j” [km].

d : Día característico tipo “d”: lunes-jueves, viernes, sábado y domingo.

Mayores detalles de cómo obtener cada parámetro pueden ser encontrados en la guía metodológica del RETC.

○ **Metodología de cálculo de emisiones evaporativas por pérdidas durante el recorrido Copert III**

En el caso de las runninglosses, 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 “hotrunninglosses” cuando la temperatura del agua refrigerante del motor se encuentra sobre los 70°C y “warmrunninglosses” cuando se encuentra por debajo de este valor.

La expresión genérica para el cálculo por arco es:

$$E_{\text{evapRL}_{kj}} = \sum (FE_{\text{evapRL}_k} \cdot F_{kj} \times L_j)$$

Ecuación 4

Dónde:

E_{evapRL_{kj}} : emisiones evaporativas totales debidas al recorrido diario (runninglosses) de la categoría k por arco de la red vial j [gr/hr].

FE_{evapRL_k} : factor de emisión para emisiones evaporativas debidas al recorrido diario (hotrunninglosses o warmrunninglosses 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].

- **Metodología de cálculo de emisiones proveniente del desgaste de frenos y neumáticos CORINAIR COPERT IV - Simplificada**

La metodología base de estimación de emisiones corresponde a:

$$E_d = \sum_k NA_k \times FE_{d,k} \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

E_d : Emisiones [gr] de material particulado provenientes de la descarga d

NA_k : Nivel de actividad de la categoría vehicular k [km]

$FE_{d,k}$: Factor de emisión de material particulado para la categoría vehicular k y tipo de descarga d [gr/km]

k : Categoría vehicular (vehículos livianos, buses, camiones, motos)

d : Tipo de descarga (desgaste de frenos, desgaste de neumáticos y de la superficie)

- **Metodología Tipo Zona para ciudades que cuentan con modelo de transporte**

En la metodología tipo Zona, las emisiones difusas (principalmente las originadas en la evaporación de combustibles líquidos) no son calculadas por arco sino por zonas geográficas más extensas (generalmente comunas o agrupación de comunas en ciudades grandes y sectores más pequeños en el caso de ciudades intermedias los que son definidos en función de las características del parque en cada ciudad). Este tipo de metodología se caracteriza por utilizar información de entrada a nivel zonal, principalmente parque vehicular en la zona, viajes entre zonas, lo cual limita el nivel de distribución espacial de las emisiones a la zona en dónde se cuenta con dicha información (generalmente a nivel de comunas).

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



- ✓ Emisiones por partida en frío
- ✓ Emisiones evaporativas durante el día
- ✓ Emisiones por detenciones en caliente

Las ecuaciones generales de cálculo para cada uno de los tipos de emisiones se describen a continuación:

○ **Metodología de cálculo de emisiones por partidas en frío Copert 3**

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

La metodología de cálculo para este tipo de emisiones se basa en la fórmula genérica mostrada a continuación:

$$E_{i,j,k,m} = E_{cal\ ijkm} * (e_{frío}/e_{cal})_{jk} * (T_m) * F_{viaje}(T_m, LV_k) \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

- 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



- **Metodología de cálculo de emisiones evaporativas durante el día (diurnal) Copert III**

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

$$E_{\text{evapD}_k} = N_{v_k} \cdot F_{E_{\text{evapD}_k}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

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.

$F_{E_{\text{evapD}_k}}$: Factor de emisión para emisiones diarias debidas a cambios en la temperatura ambiente (diurnal) correspondiente a la categoría k [gr/día].

El número de vehículos N_{v_k} , se obtiene a partir de la información proveniente de INE (permisos de circulación) para el año en evaluación. Además, con el fin de redistribuir de una manera más representativa el parque en la ciudad durante el día, y estimar qué fracción de los vehículos realmente se mantiene en su sector de origen y cuáles salen o entran, se utiliza la información de matrices de viajes de transporte privado, por sectores EOD, de los estudios de Diagnóstico del Sistema de Transporte Urbano efectuados por SECTRA en distintas ciudades del país.

- **Metodología de cálculo de emisiones evaporativas por detenciones en caliente (hot snack) Copert III**

Las emisiones por detenciones en caliente (hotsoak) 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 “hotsoak” cuando la



temperatura del agua de refrigeración del motor al ser apagado está por sobre los 70°C y en “warmsoak” 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:

$$E_{\text{evapHS}_k} = N_{v_k} \cdot N_{v_d_k} \cdot F_{E_{\text{evapHS}_k}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

E_{evapHS_k} : Emisiones evaporativas totales debidas a las detenciones en caliente (hot o warmsoak 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.

$N_{v_d_k}$: Número de viajes diarios promedio realizado por la categoría k.

$F_{E_{\text{evapHS}_k}}$: Factor de emisión para emisiones provenientes de las detenciones en caliente (hot o warmsoak) de la categoría k [gr/detención].

- **Metodología Tipo Arco para ciudades que no cuentan con modelo de transporte**

La forma de obtención de las emisiones presenta la misma manera de calcular las emisiones que la metodología de ciudades que tienen modelo de transporte, es decir, multiplicar los kilómetros recorridos por un factor de emisión. La diferencia fundamental radica en la forma de estimar el nivel de actividad y en la utilización de un factor de emisión promedio.

La emisión total queda determinada por la siguiente ecuación.

$$E_c = \sum_i \sum_k FE(v)_{ck} * P_i * C_{ik} * KR_k \quad \text{Ecuación 9}$$



Dónde:

- E_c : Emisión total del contaminante c en una ciudad de tamaño de parque vehicular p .
- $FE(v)_{ck}$: Factor de emisión para el contaminante c del vehículo k evaluada a una velocidad v promedio característica por tipo de vehículo y tamaño del parque vehicular de la zona en estudio obtenidos a partir de ciudades que cuentan con modelo de transporte.
- P_i : Parque de vehículos tipo i las que pueden ser obtenidas directamente a partir de agrupaciones del parque vehicular del INE.
- C_{ik} : Composiciones vehiculares para transformar vehículos tipos i en vehículos tipo K compatibles con los factores de emisión de las ciudades que cuentan con modelo de transporte.
- KR_k : Kilómetros promedios recorridos por el tipo de vehículos k en una ciudad de tamaño de parque p .
- K : La tecnología k es equivalente a las descritas para ciudades que cuentan con modelo de transporte.

En la siguiente tabla se muestran los valores de los kilómetros promedios recorridos por tipo de vehículos según el tamaño del parque de la ciudad:

Tabla 3. Valores de kilómetros promedios por tipo de vehículos

Tipo Vehículo	Parque \leq 25.000	Parque > 25.000 & \leq 50.000	Parque $>$ 50.000
	Kilómetros Promedio Anuales/ Vehículo		
Vehículos Particulares	5.592	6.841	9.511
Vehículos de Alquiler	31.677	44.975	54.785
Vehículos Comerciales Particulares	7.990	12.331	13.549
Camiones Livianos	3.789	10.332	54.295
Camiones Medianos	3.789	10.332	54.295
Motos	1.796	4.358	6.652
Buses Interurbanos	30.212	34.436	54.497
Taxis Colectivos	31.677	44.975	54.785
Buses Urbanos	30.212	34.436	54.497



Tipo Vehículo	Parque <= 25.000	Parque > 25.000 & <= 50.000	Parque > 50.000
	Kilómetros Promedio Anuales/ Vehículo		
Camiones Pesados	24.445	25.569	120.876
Buses Rurales	30.212	34.436	54.497
Buses Particulares e Institucionales	30.212	34.436	54.497
Vehículos Comerciales Empresas	7.990	12.331	13.549
Vehículos Medianos	7.990	12.331	13.549

Fuente: Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el RETC, MMA, SECTRA, MINSAL.

- **Metodología Tipo Zona para ciudades que no cuentan con modelo de transporte**

Para el caso de correcciones por partidas en frío y emisiones evaporativas, en general las ecuaciones dependen de un número mayor de parámetros que las emisiones tipo arco. Por tanto, en este caso la metodología utilizada es equivalente a la presentada anteriormente para el “tipo arco”, pero sin considerar los kilómetros promedios recorridos (KRk). En este caso a partir de las ciudades que cuentan con modelo de transporte se determinan para cada categoría vehicular tipo i emisiones promedio según el tamaño del parque de la zona en estudio “p”

Para la obtención de un factor de emisión promedio se utiliza la siguiente ecuación:

$$FE_{ciz} = \frac{E_{ciz}}{P_{iz}}$$

Ecuación 10

Dónde:

- FE_{ciz} : Factor de emisión promedio (en ton/año) para el contaminante c, de un vehículo tipo i, en la ciudad z.
- E_{ciz} : Emisión promedio (en ton/año) para el contaminante c, de un vehículo tipo i, en la ciudad z.
- P_{iz} : Parque para el tipo de vehículo i en la ciudad z.



En general para esta metodología los requerimientos de información son idénticos a la de la metodología tipo arco, pero en este caso se requiere estimar factores de emisión promedio por tipo de vehículo.

3.1.1.2.2 Metodología Estimación de Emisiones Fuentes Móviles fuera de ruta

- **Información y Normativa**

Información a nivel Internacional: Dentro de la bibliografía internacional se cuenta con información de CORINAIR (Europa), Dinamarca y EPA, referente a potencias, nivel de actividad, vida útil, factores de emisión y metodologías para el cálculo de emisiones de maquinaria fuera de ruta. A continuación, se presenta un resumen de la información disponible.

Información a nivel Nacional: En el ámbito nacional, para el rubro de la construcción, se dispone de información de potencias y niveles de actividad recabada desde distintas fuentes, entre las que se encuentran: Resoluciones de Calificación Ambiental y encuestas a empresas constructoras.

Para determinar los niveles de actividad de los sectores distintos de la construcción, a parte de los internacionales, con los cuales se compararon para determinar el más idóneo, se cuenta también con algún nivel de información proveniente de importadores, como indicadores de niveles de actividad para cada rubro.

Respecto a la vida útil se cuenta con información de plantas de revisión técnica (PRT), en donde se tiene información detallada de una muestra³ de algunos tipos de maquinarias y que servirá para conocer la distribución de antigüedad de la maquinaria en el país.

Normativa: Junto con el desarrollo de los estándares de emisiones para motores diésel se ha desarrollado la tecnología de éstos principalmente en lo que se refiere a los sistemas de inyección de combustible y sistemas de post tratamiento de emisiones, por ser los elementos más determinantes en las emisiones.

³ La información de PRT no cubre toda la flota de maquinaria fuera de ruta.



Es así como los motores modernos se caracterizan por la presencia de sistemas de inyección controlados electrónicamente mediante una unidad de control electrónico (ECU), que permite una mejor dosificación del diésel sobre la base de un conjunto de parámetros del motor tales como: temperatura del lubricante, posición del acelerador, presión del turbo, etc. De esta manera la cantidad de combustible inyectado se ajusta con precisión a los requerimientos operacionales del motor, además de ajustar el momento y la duración de la inyección.

Otro elemento importante que se ha ido incorporando a estos sistemas es la inyección de alta presión (High Pressure Injection, HPI). Ejemplos de estos sistemas son las bombas inyectoras common rail o las unidades de inyección electrónica (EUI).

Las reducciones de MP de Stage IIIB/Tier4 respecto del límite Stage II/Tier2 son del 90% o más, para rangos de potencia sobre 19 [kW], lo que hace prever la incorporación de sistemas de post tratamiento de filtros de partículas diésel. Asimismo, los estándares de NOx que se exigirán para Tier4, en rangos de potencia sobre 56 [kW], hacen presumir el uso de sistemas de post tratamiento del tipo SCR.

- **Calculo de Emisiones**

Para el cálculo de las emisiones se utilizará la metodología EPA que corresponde a la definida en el documento “*Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition*” [EPA2004]. La metodología básica se expresa en la siguiente ecuación:

$$E_i = N \cdot NA \cdot POT \cdot LF \cdot EF_i \quad \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

- E_i : Emisiones del contaminante i durante el período, en [g],
- N : Población (unidades),
- NA : Nivel de Actividad (horas de uso en el periodo), [hr]
- POT : Potencia nominal promedio de la población, [kW],
- LF : Factor de carga típica (Load Factor, LF). Representa la fracción de la potencia nominal a la que típicamente opera la maquinaria.
- EF_i : Promedio de emisiones del contaminante i por unidad de trabajo, [g /kW-hr].



Para la expresión del cálculo de las emisiones provenientes de la maquinaria fuera de ruta, en esta metodología se utiliza la siguiente expresión para el factor de emisión (EF):

$$EF_{aj}(HC, CO, NOx) = EF_{EE} \cdot TAF \cdot FD \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

- EF_{aj} : Factor de Emisión ajustado por operación transiente y deterioro, [g/kW-hr],
 EF_{EE} : Factor de Emisión en estado estacionario de un equipo nuevo (hora cero), [g/kW-hr],
 TAF : Factor de ajuste transiente para Tier 1 a Tier3, depende del tipo de operación de la maquinaria. (Tier 4 TAF = 1)
 FD : Factor de Deterioro depende del envejecimiento del motor [adimensional].

En la expresión anterior EF_{EE} , corresponde típicamente al valor de certificación del motor, al valor límite de la norma o a valores experimentales. Para EPA se usa típicamente el valor de certificación de las emisiones medidas en las pruebas de dinamómetro de motor.

Para el material particulado se considerará una corrección por el contenido de azufre como sigue:

$$EF_{aj}(MP) = EF_{EE} \cdot TAF \cdot FD - S_{MPaj} \quad \text{Ecuación 13}$$

Dónde:

S_{MPaj} : Ajuste del MP por el contenido de azufre en el combustible [gr/kW-hr].

Este ajuste representa la variación del contenido de azufre en el combustible comercial respecto del utilizado para la certificación, el que se utiliza para obtener los valores de EF de los equipos nuevos (EF_{EE}).

A su vez la expresión para el ajuste por contenido de azufre S_{MPaj} , se entrega a continuación.

$$S_{MPaj} = BSFC \cdot TAF \cdot 7,0 \cdot soxcnv \cdot 0,01 \cdot (soxbas - soxdsl) \quad \text{Ecuación 14}$$



Dónde:

- BSFC : Consumo específico de Combustible al Freno, [g/kW-hr]
 7,0 : Gramos de sulfato de MP / gramos de azufre en MP
 Soxcnv⁴ : Gramos de Azufre en MP/gramos de Azufre en combustible Consumido.
 0.01 : Conversión Porcentaje a Fracción
 Soxbas⁵ : Contenido de azufre usado en el combustible de Certificación [%].
 Soxdsl⁶ : Contenido de Azufre en el Combustible de Evaluación [%].

Los factores de emisión de CO₂ y SO₂, por lo general son calculados en base al consumo de combustible específico del freno (BSFC). A continuación, se presentan las ecuaciones para el cálculo de los factores de emisión:

$$EF(\text{CO}_2) = (\text{BSFC}_{adj} - \text{HC}_{adj}) \cdot 0,87 \cdot (44/12) \quad \text{Ecuación 15}$$

$$EF(\text{SO}_2) = (\text{BSFC}_{adj} \cdot (1 - \text{soxcnv}) - \text{HC}_{adj}) \cdot 0,01 \cdot \text{soxdsl} \cdot 2 \quad \text{Ecuación 16}$$

Dónde:

- EF(CO₂) : Factor de emisión de CO₂ en [g/kW-hr]
 BSFC_{adj} : consumo de combustible ajustado por factor transiente en [g/kW-hr]
 HC_{adj} : Factor de emisión de HC ajustado por factor transiente en [g/kW-hr]
 0,87 : Fracción de masa de carbono del diésel
 44/12 : Proporción de CO₂ en masa a la masa de carbono
 EF(SO₂) : Factor de emisión de SO₂ en [g/kW-hr]
 Soxcnv : Gramos de Azufre en MP/gramos de Azufre en combustible Consumido.
 0,01 : Factor de conversión de porcentaje a fracción
 Soxdsl : Contenido de Azufre en el Combustible de Evaluación [%]
 2 : Gramos de SO₂ formados a partir de un gramo de azufre

⁴ Soxcnv = 0,02247 (Tier 0 a Tier 4A); Soxcnv = 0,3 (Tier 4)

⁵ Soxbas = 0,33 % (Tier 0 a Tier 1); Soxbas = 0,2% (Tier 2 a Tier 3); Soxbas = 0,05 (Tier 4N); Soxbas = 0,0015 (Tier 4)

⁶ Soxdsl = 0,0015 (Región Metropolitana); Soxdsl = 0,005 (Resto del país)



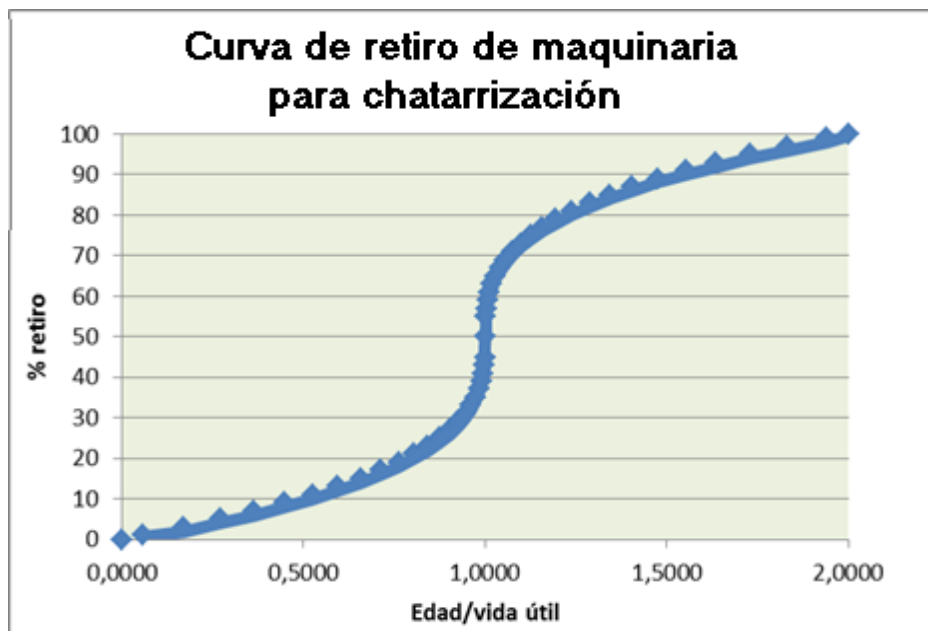
- **Chatarrización**

El término "Chatarrización" como se usa aquí, significa la disposición o retiro final del equipo, de tal manera que ya no contribuye a las emisiones o al consumo de combustible de la flota. Esto puede ser debido al envejecimiento del motor o ruptura en alguna parte del equipo.

El modelo EPA utiliza una curva de chatarrización, para determinar la proporción de equipos que han sido desechados. Para ello define la variable Vida Media, como el periodo de tiempo en horas de uso a plena carga del motor, para el cual el 50% de la maquinaria es chatarrizada. Considerando el nivel de actividad de la maquinaria (NA), en horas anuales, y el factor de carga en el uso de ésta, es posible calcular la Vida Útil en años, que viene a ser el periodo de tiempo real para el cual el 50% de la maquinaria es chatarrizada, como sigue:

$$Vida\ útil = \frac{vida\ media\ [hrs]}{NA\ \left[\frac{hrs}{año}\right] \cdot factor\ de\ carga} \quad \text{Ecuación 17}$$

El Modelo EPA, utiliza una distribución normal para caracterizar la curva de retiro de la maquinaria, considerando que el 50% de la flota se retira al momento de cumplir la Vida útil y el 100% se retira al cumplir 2 veces la vida útil. Para expresar esta curva de forma normalizada, para todos los casos de Vida Útil, se procede a calcular el "factor de edad", que es el cociente entre la edad que tiene la maquinaria y su vida útil (Edad/Vida Útil). Con este factor se procede a buscar el porcentaje de maquinaria a retirar, en una tabla de retiro. A continuación, se presenta la curva de retiro en su forma gráfica:



Fuente: [EPA 2005-B]

Figura 1: Curva de retiro de maquinarias para chatarrización

3.1.1.3 Metodología Estimación de Emisiones, Fuentes Aerales (residenciales, comerciales y otras).

3.1.1.3.1 Metodología Estimación de Emisiones Residenciales (combustión externa y evaporativas)

3.1.1.3.1.1 Metodología Estimación de Emisiones Combustión externa residencial de leña.

Las emisiones de esta fuente de área se producen por la combustión de la leña en las residencias particulares, ya sea para los usos de calefacción, calentar agua o la cocción de alimentos.

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



$$E_i = FE_{ij} \cdot NA_j$$

Ecuación 18

Dónde:

- 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]
 NA_j : Nivel de actividad, definido en este caso por el consumo anual de leña asociado al artefacto j [kg/año]

Esta metodología es utilizada por el MMA para la estimación de emisiones provenientes del consumo residencial de leña para el RETC. En la metodología aplicada para el presente estudio se construyeron factores de emisión representativos a las comunas del estudio en base al levantamiento de información que se realizó con la aplicación de las encuestas de leña.

De esta manera la estimación de emisiones se obtuvo por tipo de población (urbano y rural) al multiplicar el consumo de leña de la comuna por el factor de emisión representativo de la comuna, de acuerdo a la siguiente expresión general:

$$E_{total_{ijkm}} = \sum (NA_{jkm} * FE_{ijk}) / 1.000.000 \quad \text{Ecuación 19}$$

Dónde:

- $E_{total_{ijkm}}$: Emisiones en (ton/año) del contaminante i , para un año de evaluación j , para la comuna k , para el tipo de población m .
 NA_{jkm} : Nivel de actividad en (kg/año) para la comuna k , para un año de evaluación j , para el tipo de población m .
 FE_{ijk} : Factor de emisión en (g/kg) del contaminante i , para un año de evaluación j , para la comuna k .

$$NA_{jkm} = Pob_{jkm} * Consumo_{jkm}$$

- Pob_{jkm} : Número de personas del tipo de población m de la comuna k en el año j .



Consumo_{jk}m : Consumo percapita de leña en (kg/per) del tipo de población m de la comuna k en el año j.

3.1.1.3.1.2 Metodología Estimación de Emisiones Combustión externa residencial de Kerosene y GLP.

Metodología de Estimación de emisiones Fuentes de Combustión Residencial

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

- Kerosene
- Gas licuado GLP

Las emisiones dependen del tipo de combustión, la composición del combustible y del tipo de equipo donde se produce la combustión. Sin embargo, para el caso de nuestro país no se cuenta con mediciones locales que puedan especificar factores de emisión en función del tipo de equipo, de la operación local y de las características de la composición de los combustibles locales, la metodología planteada trabaja con factores de emisión obtenidos de la literatura internacional. Los estudios de referencia permiten aplicar un ajuste a los factores de emisión de SO₂ de acuerdo al contenido de azufre de los combustibles locales.

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

Ecuación 20

$$E = FE \cdot Na$$



Dónde:

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

3.1.1.3.1.3 Metodología Estimación de Emisiones Evaporativas residenciales

Dentro de la categoría de emisiones evaporativas residenciales se consideran las fuentes que producto de sus actividades generan algún tipo de fuga (emisión) principalmente asociada a los contaminantes COV y NH₃.

Metodología de Estimación de emisiones Uso de Solventes

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

$$E = C * FE$$

Ecuación 21

Dónde:

- E : Emisiones anuales de COV [ton/año].
 FE : Factor de emisión de COV [% de COV en el producto]
 C : Consumo de solvente anual [ton/año]

Metodología de Estimación de emisiones Pintado arquitectónico

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



$$E = C * FE$$

Ecuación 22

Dónde:

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

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

C : Consumo de solvente anual [ton/año]

Metodología Estimación Recubrimiento industrial de superficies

Con respecto a las emisiones de COV provenientes del recubrimiento industrial de superficies, la metodología general de estimación de emisiones se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = C * FE$$

Ecuación 23

Dónde:

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

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

C : Consumo de pintura anual [ton/año]

Metodología de Estimación de emisiones Uso de Adhesivos Domésticos

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

$$E = V_s * FE_s + V_a * FE_a$$

Ecuación 24

Dónde:

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 adhesivo base acuosa (ton/año).

FE_a : factor de emisión base acuosa (ton COV/ton de adhesivos)

Metodología de Estimación de emisiones Fuentes Residenciales de NH₃



La metodología general de estimación de emisiones proveniente de fuentes residenciales de NH_3 considera los siguientes tipos de fuentes:

- Respiración
- Transpiración
- Caseras
- Niños con pañal desechable
- Niños con pañal de género

Adultos sin planta de TMT (corresponde a adultos que poseen planta tratamiento de aguas servidas en sus hogares)

- Planta de tratamiento
- Perros
- Gatos

La fórmula para estimar las emisiones de estos tipos de fuentes se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = NA * FE$$

Ecuación 25

Dónde:

E : Emisiones anuales [ton/año].

NA : Nivel de actividad dado por número de personas, niños, perros, gatos y cantidad de agua tratada.

FE : Factor de emisión por persona de NH_3 .

Metodología de Estimación de emisiones Fugas residenciales de GLP

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



$$E = C \cdot P_c$$

Ecuación 26

Dónde:

E : emisiones de COV producto de fuga de GLP (ton/año)

C : Consumo de gas por sector ya sea residencial o comercial [ton/año].

P_c : Porcentaje de pérdida por sector de consumo [%].

3.1.1.3.2 Metodología Estimación de Emisiones Comerciales (evaporativas, restaurantes y comida rápida)

3.1.1.3.2.1 Metodología Estimación de Emisiones Evaporativas comerciales.

Metodología de Estimación de emisiones Distribución de combustible

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

1. Transporte
2. Expendio final

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

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



$$E = C * LI$$

Ecuación 27

Dónde:

- E : Emisión de VOC por transporte de combustible en Ton de VOC/Año
 LI : Factor de emisión por pérdidas por llenado en Ton de COV/m³ de líquido cargado.
 C : Cantidad de combustible cargado en un año en m³ de líquido cargado/año

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

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

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

$$E = C * (FE1+FE2+FE3+FE4)$$

Ecuación 28

Dónde:

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



Metodología de Estimación de emisiones Lavasecos

Las emisiones de lavasecos se calculan usando la siguiente ecuación:

$$E = N * FE$$

Ecuación 28

Dónde:

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

FE : Factor de emisión de COV [Kg de COV/ por habitante]

N : Número de Personas en la comuna de estudio

Tabla 4. Factor de emisión, para lavasecos.

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	0,0633	Estudio NMVOC Emissionen aus der Lösemittelanwendung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung. Fortschritt Berichte VDI Reihe 15 Nr. 252", Jochen Theloke, 2005	Se utilizó la población proyectada para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: Estudio "Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana" USACH 2014

Metodología de Estimación de emisiones Talleres de Pintura

Las emisiones de COV provenientes de talleres de pintura, la metodología general de estimación de emisiones se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = N * FE$$

Ecuación 29

Dónde:

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

FE : Factor de emisión de COV [Kg de COV/ por habitante]

N : Número de Personas en la comuna de estudio

Tabla 5. Factor de emisión, para talleres de pintura

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	0,014	Programa de Inventario de Emisiones de México, SERMANAT 2000, disponible en: http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/areainv5.pdf	Se utilizó la población proyectada para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: Estudio “Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminante atmosféricos en la Región Metropolitana” USACH 2014.

Metodología de Estimación de emisiones Imprenta

Las imprentas usan como materia prima las tintas SUNCHEMICAL y diluyente washer, aunque una minoría aun utiliza bencina blanca y parafina en sus procesos, en cuanto a su tecnología la mayoría de las maquinarias de imprenta son del modelo offset cuya antigüedad data aproximadamente de los años 70 y 80. La gran parte de los talleres de imprenta no presentan extractores de aire, por lo tanto, no presentan un sistema de ventilación adecuado en el lugar de trabajo.

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

$$E = N * FE \quad \text{Ecuación 30}$$

Dónde:

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

FE : Factor de emisión de COV [Kg de COV/ por habitante]

N : Número de Personas en la comuna de estudio

Esta metodología implica que las emisiones son iguales al consumo debido a que todo el solvente utilizado se evapora en las operaciones de secado de la tinta.

Tabla 6. Factor de emisión, para imprentas

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	0,4	AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 4: Evaporation Loss Sources 4.9.1 General Graphical Printing	Se utilizó la población proyectada para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: Estudio “Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana” USACH 2014.

Metodología de Estimación de emisiones Aplicación de asfalto

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

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

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

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



$$E = C * FE$$

Ecuación 31

Dónde:

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

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

C : Calles asfaltadas [Km/año]

Metodología de Estimación de emisiones Fugas comerciales de GLP

La metodología general de estimación de emisiones provenientes fugas comerciales de GLP es similar a la presentada en la sección “3.1.1.3.1.3 Metodología Estimación de Emisiones Evaporativas residenciales”, específicamente en el punto “Metodología de Estimación de emisiones Fugas residenciales de GLP”.

3.1.1.3.2.2 Metodología Estimación de Emisiones Restaurantes y comida rápida.

La metodología para estimar las fuentes de emisión asociadas a restaurantes y comida rápida son básicamente hornos de cocción de alimentos, específicamente los hornos de panadería; por lo tanto, la metodología que desarrollada es similar a la presentada en la sección “3.1.1.1.1 Metodología Estimación de Emisiones Combustión y Procesos”

3.1.1.3.3 Metodología Estimación de Emisiones para Otras fuentes de área (disposición de residuos, quemas, emisiones biogénicas, actividades agrícolas y crianza de animales)

3.1.1.3.3.1 Metodología Estimación de Emisiones Disposición de residuos.



Metodología de Estimación de emisiones Disposición de residuos (Plantas de tratamiento de aguas servidas)

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

$$E = NA * FE$$

Ecuación 32

Dónde:

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

FE : Factor de emisión [mg/lt]

NA : Tratamiento de la planta (lt/hr)

3.1.1.3.3.2 Metodología Estimación de Emisiones Quemadas.

Dentro de esta categoría se consideran las emisiones provenientes de las quemadas agrícolas, incendios urbanos y forestales, quema de cigarrillos y producción de ladrillos artesanales, a continuación, se presenta el detalle metodológico para cada una de ellas.

Metodología de Estimación de emisiones Quemadas Agrícolas.

La metodología utilizada como guía para la estimación de emisiones derivadas de las quemadas agrícolas, es la proveniente de la CARB (Agencia Ambiental de California) quien 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*”⁷.

La estimación de emisiones por quemadas agrícolas se obtiene de la siguiente ecuación:

$$E = S * FE * FC$$

Ecuación 33

⁷<http://o3.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-17.pdf>



Dónde:

- E : Emisiones anuales [t/año].
- S : Superficie en hectáreas (ha) sometidas a quemas agrícolas.
- FE : Factor de emisión del contaminante considerado [t/t].
- FC : Factor de carga [t/ha].

Metodología de Estimación de emisiones Incendios Forestales

La metodología utilizada como guía para la estimación de emisiones derivadas de Incendios Forestales, es la proveniente de la CARB (Agencia Ambiental de California) quien presentó en octubre del año 2004 una actualización metodológica respecto al cálculo de emisiones, “*Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology*”.

La estimación de emisiones se realizó en base a la información proveniente de los registros de CONAF para la temporada 2014, la que clasifica el tipo de vegetación quemada y la superficie afectada, además de los factores de emisión para cada tipo de material y los factores de carga por especie, estos datos provenientes de la CARB.

La estimación de emisiones por incendios forestales se obtiene de la siguiente ecuación:

$$E = S * FE * FC \qquad \text{Ecuación 34}$$

Dónde:

- E : Emisiones anuales [t/año].
- S : Superficie en hectáreas (ha) consumidas por incendios forestales.
- FE : Factor de emisión del contaminante considerado [t/t].
- FC : Factor de carga [t/ha].



Metodología de Estimación de emisiones Incendios Urbanos

La metodología utilizada en esta actividad corresponde a la generada por la Agencia Ambiental de California (CARB), *sección 7.14 Structure and Automobile Fires*.

Las emisiones generadas por los incendios urbanos fueron estimadas de acuerdo a la metodología proveniente de Agencia Ambiental de California (CARB), *sección 7.14 Structure and Automobile Fires*.

Esta metodología considera el número de siniestros o incendios ocurridos durante el período de estudio y una tasa de emisión que representa las toneladas de contaminante (t/incendio).

La estimación de emisiones se obtiene de la siguiente ecuación:

$$E = K * FE \quad \text{Ecuación 35}$$

Dónde:

E : Emisiones anuales [t/año].

K : Número de siniestros ocurridos en un año a nivel comunal.

FE : Factor de emisión del contaminante considerado [t/t].

Metodología de Estimación de emisiones Cigarrillos

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

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

$$C = PN + I - E \quad \text{Ecuación 36}$$

Dónde:



- C : consumo neto [cigarrillos/año]
 PN : producción nacional
 [cigarrillos/año]
 I : importaciones [cigarrillos/año]
 E : exportaciones [cigarrillos/año]

La información de producción nacional se obtuvo a través de INE (Instituto Nacional de Estadísticas), mientras que las cantidades importadas y exportadas a través de los servicios de Aduana.

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

$$C_P = \frac{C_N}{P_N} \quad \text{Ecuación 37}$$

Dónde:

C_P : consumo per-cápita nacional [ton/año-habitante]

C_N : consumo neto nacional [ton/año]

P_N : población nacional mayor a 15 años [habitantes]

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

$$C_{VI} = C_P * P_{VI} \quad \text{Ecuación 38}$$

Dónde:

C_{VI} : consumo en la zona [ton/año]

P_{VI} : población de la zona mayor a 15 años [habitantes]

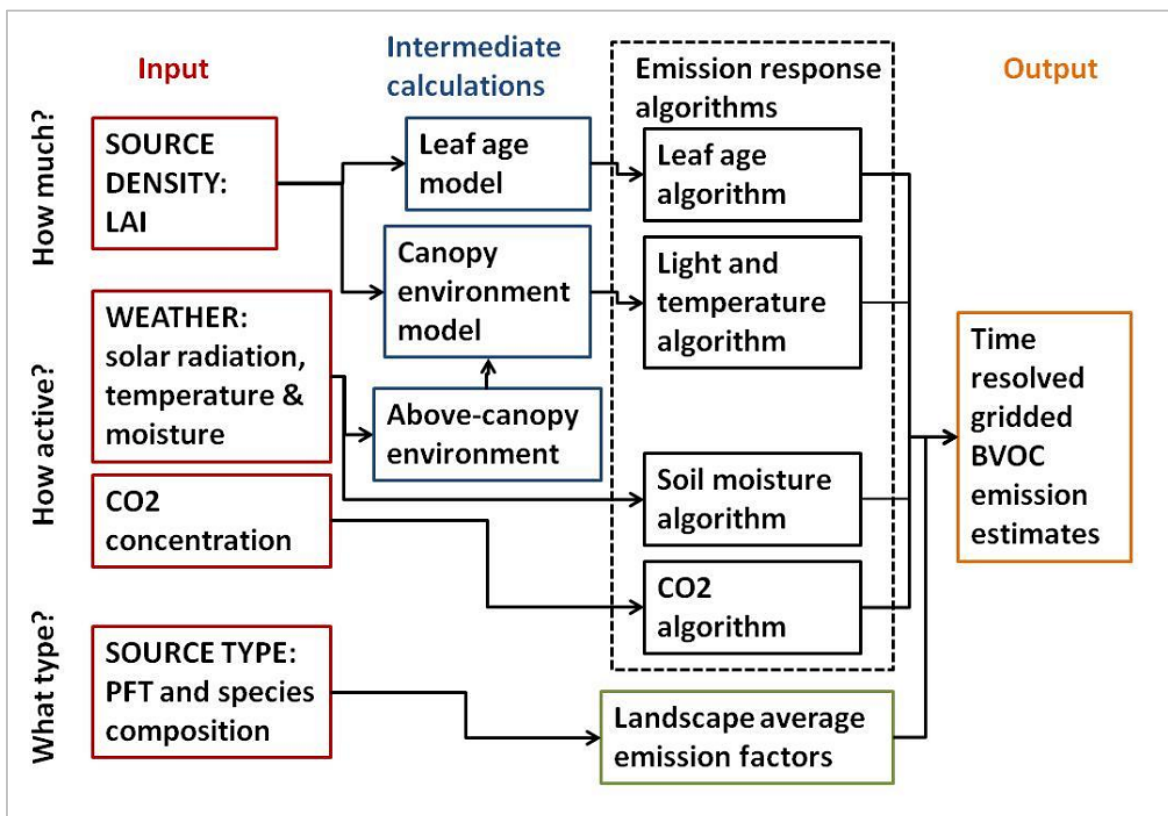


Finalmente, el consumo de cigarrillos per-cápita obtenido para la zona se multiplica por el factor de emisión respectivo obteniendo de esta manera las emisiones para el contaminante en cuestión.

3.1.1.3.3 Metodología Estimación de Emisiones biogénicas.

Para la estimación de las emisiones provenientes de fuentes biogénicas, se utilizó el programa MEGAN2.1, modelo cuyas últimas mejoras fueron implementadas el año 2012 por el “*National Center for Atmospheric Research (NCAR, EEUU)*”.

Las variables de entradas del modelo incluyen meteorología (temperatura, radiación solar, humedad y velocidad del viento), además del índice de área foliar (LAI) y tipo de planta funcional (PFT) lo que permitió caracterizar la vegetación en las comunas de Curicó, Molina, Rauco, Romeral, Sagrada Familia y Teno.



Fuente: lar.wsu.edu/megan/, (Consultado en enero del año 2016)



Figura 2: Esquema de las variables utilizadas por MEGAN y los pasos para calcular las emisiones.

3.1.1.3.3.4 Metodología Estimación de Emisiones para Actividades agrícolas.

Metodología de Estimación de emisiones Fertilizantes y plaguicidas

Los fertilizantes son utilizados de manera extensiva para añadir o reabastecer nutrientes agotados o que de alguna otra manera faltan en el suelo agrícola. Debido a la gran variedad de suelos y de cultivos se han formulado muchos tipos diferentes de fertilizantes. Después de su aplicación, los fertilizantes con base nitrógeno emiten amoníaco a la atmósfera. La cantidad de emisiones de amoníaco depende del tipo de fertilizante aplicado y por lo general se expresa como un porcentaje del contenido de nitrógeno del fertilizante.

Las emisiones provenientes de este tipo de fuente se obtienen al multiplicar las pérdidas de nitrógeno por el nivel de consumo de fertilizantes. Los factores de emisión utilizados se derivan de estudios referentes al tipo de fertilizantes sintéticos aplicados al suelo.

Las emisiones de amoníaco de uso de fertilizantes se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$E_{i,j,l} = \sum_j (nf_{i,j} * \frac{17}{14} * FC_{i,j,l}) \quad \text{Ecuación 39}$$

Dónde:

$E_{i,j,l}$: País, Categoría de fertilizante (urea y otros fertilizantes nitrogenados), años.

E : Emisiones de amoníaco por uso de fertilizante [Gg NH₃-N / año]

nf : Pérdida de nitrógeno (categoría de abono específico) [% de contenido de N / 100]

FC : Uso de fertilizantes [Gg N / año].



Dado que la pérdida de nitrógeno se expresa como un porcentaje del total de nitrógeno en el fertilizante, el factor de conversión (17/14) se utiliza para calcular las emisiones de amoníaco.

3.1.1.3.3.5 Metodología Estimación de Emisiones en Crianza de Animales.

Metodología de Estimación de emisiones Crianza de Animales

- **Metodología de cálculo de emisiones**

En general, las emisiones de amoníaco asociadas a la crianza de animales provienen de 4 actividades: alojamiento de animales, almacenaje de estiércol, pastoreo (rumiantes y equinos) y aplicación de estiércol sobre el suelo. Las emisiones de NH₃ provenientes de estas actividades se pueden explicar y globalizar en la siguiente ecuación planteada dentro del estudio “*Current and Future Emissions of Ammonia in China*” for International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria⁸.

$$EL_{i,l} = \sum_j L_{j,l} \sum_k \sum_{s=1}^4 [ef_{i,j,l,s} (1 - \eta_{i,k,z}) X_{i,j,k,l}] \quad \text{Ecuación 40}$$

Dónde:

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

⁸<http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei10/ammonia/klimont.pdf>

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

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

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

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

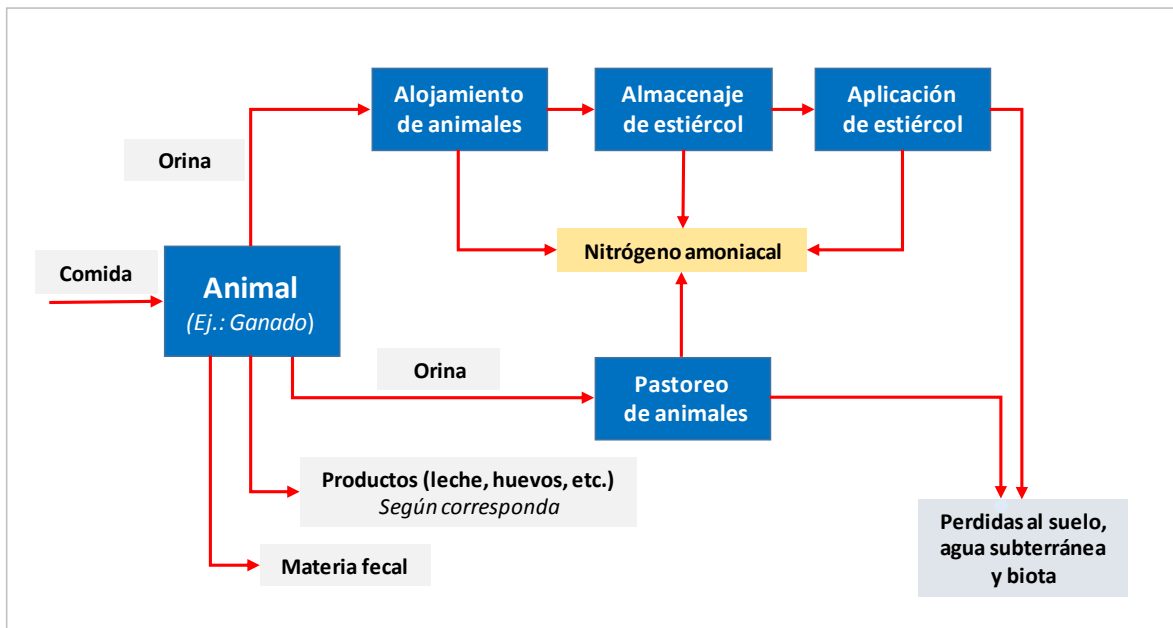


Figura 3: Diagrama de actividades asociadas a crianza de animales y del flujo de nitrógeno amoniacal (NH₃)

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 41

Dónde:

- 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):

$$E_{NH_3} = FE_{NH_3} * N_{anim} = 1.21 FE_{NH_3-N} * N_{anim} \quad \text{Ecuación 42}$$

Dónde:

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



3.1.1.4 Metodología Estimación de Emisiones, Polvo Fugitivo (construcción y demolición, polvo resuspendido de calles y preparación de terrenos agrícolas).

3.1.1.4.1 Metodología Estimación de Emisiones Construcción y demolición

Para un determinado grupo de fuentes fugitivas de área que aportan a la fracción gruesa del material particulado, la metodología general empleada es la siguiente:

$$E = fe * Na * \left[1 - \frac{Ea}{100} \right] \quad \text{Ecuación 43}$$

Dónde:

E : Emisión

Fe : Factor de emisión

Na : Nivel de actividad característico de la fuente de área

Ea : Eficiencia de abatimiento

Esta ecuación variara sus factores de emisión y niveles de actividad e incluso pueden verse afectadas algunas variables de la ecuación, dependiendo del tipo de actividad emisora. Los tipos de actividades emisoras consideradas en primera instancia son las siguientes:

- Perforación
- Excavaciones
- Emisión desde Pilas por Acción del Viento y Movimiento de Materiales
- Demolición
- Almacenamiento en Galpones
- Descarga de Material Desde Camiones
- Almacenamiento en Silos
- Transportes de Materias Primas
- Alimentación de Productos a Silos y Molinos con Control
- Cargas de Productos
- Descargas de Producto
- Emisiones de Polvo en Actividades de Construcción de Caminos



- Emisiones de Polvo en Actividades de Construcción de Edificaciones Comerciales
- Otras actividades emisoras de fracción gruesa de material particulado.

Mayor detalle sobre la aplicación de la metodología se entregará más adelante en el documento, específicamente en la sección de “3.1.2 Revisión de factores de emisión a utilizar en metodologías”.

3.1.1.4.1.1 Metodología Estimación de Emisiones Construcción de edificios.

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

$$E = A * T * FE \quad \text{Ecuación 44}$$

Dónde:

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]

3.1.1.4.1.2 Metodología Estimación de Emisiones Construcción de caminos.

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:

$$E = A * T * FE \quad \text{Ecuación 45}$$

Dónde:



E	:	Emisiones de material particulado [Ton/año]
A	:	Área intervenida en la construcción [m ²]
T	:	Tiempo de duración de la obra [mes]
FE	:	Factor de emisión de material particulado [kg/m ² -mes]

El área que es afectada por la construcción de caminos se estima a partir de los kilómetros de caminos construidos y de la superficie intervenida por kilómetro dependiendo del tipo de vía autopista, carretera, calle en ciudad⁹.

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

Tabla 7: 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, "Section 7.8 Road Construction Dust, CARB" revisión agosto 1997.

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

⁹ 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.



3.1.1.4.1.3 Metodología Estimación de Emisiones Producción de áridos.

La ecuación general para estimar emisiones de producción de áridos según el último reporte de la AP-42, Fifth Edition es la siguiente:

$$E = Fe * A * (1 - Ea/100) \quad \text{Ecuación 46}$$

Dónde:

E	=	Emisión (ton/año)
Fe	=	Factor de emisión
A	=	Nivel de actividad, dado por la cantidad de material procesado por tipos de actividad
Ea	=	Eficiencia de abatimiento (%)

Las actividades que son consideradas dentro del proceso de producción de áridos son las siguientes:

- Extracción en el Frente
- Transferencias discretas de material
- Transferencias continuas de material
- Actividades de Chancado
- Actividades de clasificación de material pétreo
- Acopio de Material
- Tamizado

3.1.1.4.2 *Metodología Estimación de Emisiones Polvo resuspendido desde calles*

El tránsito de vehículos y maquinarias por superficies pavimentadas y no pavimentadas generan emisiones de polvo resuspendido. A continuación, se detalla la metodología utilizada.



3.1.1.4.2.1 Polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas en red urbana e interurbana

Para la estimación de emisiones de polvo resuspendido generado por el tránsito de las distintas fuentes móviles que circulan por determinados arcos de la zona de estudio se utilizó la metodología proveniente de la última actualización del AP-42 de la EPA, año 2006.

A continuación, se describe la metodología de estimación de emisiones proveniente de la resuspensión de material particulado sobre calles pavimentadas, metodología presentada en la última edición del AP-42.

$$E_{pa} = E_d(1 - P/4N)$$

Ecuación 47

$$\text{con } E_d = e * F * L$$

Dónde:

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_d : tasa de emisión diaria por tramo [g/día].

e : factor de emisión de partículas por calles [g/vehículo-km].

F : flujo vehicular diario [vehículos/día].

L : longitud del tramo [km].

3.1.1.4.3 Metodología Estimación de Emisiones Preparación de terrenos agrícolas



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:

$$E_{ci} = FE * A_{ci} * PA_{ci}$$

Ecuación 48

Dónde:

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]

3.1.2 Revisión de factores de emisión a utilizar en metodologías

Se realizó una revisión exhaustiva de los factores de emisión utilizados en inventarios previos para todos los tipos de actividades emisoras, además se recopilaron y revisaron nuevas fuentes de información que no fueron consideradas por inventarios previos, posteriormente se identificó la incertidumbre de los factores, con ello se obtuvo un completo diagnóstico y se definieron los factores de emisión y metodologías definitivas a utilizar en el presente estudio.

3.1.2.1 Factores de emisión para estimación de Emisiones, Fuentes Fijas (combustión y procesos).



3.1.2.1.1 Factores de emisión Combustión y Procesos

Los factores de emisión de fuentes fijas del tipo “Combustión y Procesos”, corresponden a los que contiene la calculadora de emisiones web del MINSAL-MMA, estos factores de emisión están asociados a un determinado código de clasificación de fuentes (CCF8) y a un determinado parámetro (combustible en los casos de calderas, turbinas, grupos electrógenos y otros procesos con combustión; y materias primas en los casos de procesos con y sin combustión).

A continuación, se presentan a modo de ejemplo algunos factores de emisión de los principales tipos de fuentes fijas que se encuentran en la zona de estudio.

Factores de emisión “Grupos Electrógenos”

Para la estimación de las emisiones provenientes de la operación de grupos electrógenos se utilizan factores de emisión propuestos por la US EPA en su documento “*Compilation of Air Pollutant Emission Factors – Volume I: Stationary Point and Area Sources*”, quinta edición, sección 3.3, para fuentes de combustión interna que operan con petróleo diésel.

Los factores de emisión usados son los siguientes:

Tabla 8: Factores de Emisión de Petróleo liviano para Grupos Electrógenos

Tipo de Fuente	Unidad	MP ₁₀	CO	NO _x	COV	SO _x
Grupos Electrónico	Kg/Kg	0,00563	0,0173	0,0801	0,00636	0,00527

Fuente: Guía metodológica RETC

Los factores utilizados son expresados en unidades de kg de contaminante por kg de combustible consumido (Pet 2). Los niveles de actividad requeridos son los consumos de combustibles de Pet-2 por año.

Factores de emisión “Calderas”

Los factores de emisión utilizados corresponden a los indicados en el AP-42 de EPA, y representan un promedio de una gran cantidad de mediciones de emisiones realizadas en



calderas que utilizan los combustibles indicados, con una gran variedad de tecnologías de combustión. A continuación, se entregan algunos ejemplos de factores de emisión según tipo de combustibles.

Tabla 9: Factores de Emisión Empleados por Calderas a GLP

Combustible	Contaminante	Factor De Emisión (Kg/Kg/GLP)	Fuente /Edición/Año De Publicación
Gas Licuado de Petróleo (GLP). (SCC 1-02-010-01)	MP	0,00013	AP-42 de la EPA, LPG Combustión, Industrial Boilers, Quinta Edición/1998.
	MP ₁₀	0,00013	
	MP _{2,5}	0,00013	
	CO	0,00076	
	NO _x	0,00441	
	VOC	0,00008	
	SO _x	0,00031	

Fuente: Guía metodológica RETC

Tabla 10: Factores de Emisión Empleados por Calderas a Petróleo 6.

Combustible	Contaminante	Factor De Emisión (Kg/Kg Petróleo 6)	Fuente /Edición/Año De Publicación
PET6 (SCC 1-02-004-01)	MP	0,00125	AP-42 de la EPA, Fuel Oil Combustión, Quinta Edición/1998.
	MP ₁₀	0,00077	
	MP _{2,5}	0,00056	
	CO	0,00061	
	NO _x	0,00676	
	VOC	0,00003	
	SO _x	0,02364	

Fuente: Guía metodológica RETC

En el caso de las calderas industriales y de calefacción utilizadas para la generación de vapor o agua caliente en Chile, la mayor parte de las fuentes son importadas, en el caso de



sus quemadores estos son importados en un 100%, por lo cual la representatividad de los factores de emisión utilizados es de amplia confiabilidad. El detalle de la totalidad de los factores de emisión se entrega en el anexo digital “Factores de Emision_FFijas.xlsx”.

3.1.2.2 Factores de emisión para estimación de emisiones, Fuentes Móviles (en ruta y fuera de ruta).

3.1.2.2.1 Factores de emisión Fuentes Móviles en ruta

En el presente estudio se utilizaron los factores de emisión COPERT cargados en la base de datos del modelo de emisiones MODEM v5.1 de SECTRA.

Cabe destacar que estos factores dependen de diversos parámetros de acuerdo con el contaminante y tipo de descarga que se desea calcular.

Los contaminantes considerados en el modelo de emisiones MODEM son los siguientes:

Tabla 11. Contaminantes

Contaminantes
Amoniaco
Compuestos Orgánicos Volátiles
Dióxido de Carbono
Dioxinas
Hidrocarburos totales
Material particulado
Mercurio
Metano
Monóxido de Carbono
MP _{2,5}
MP ₁₀
Óxido Nitroso
Óxidos de Azufre
Óxidos de Nitrógeno

Fuente: Elaboración propia



Los tipos de descarga considerados en el modelo de emisiones MODEM son los siguientes:

Tabla 12. Tipos Descargas

Tipos De Descargas
Desgaste de frenos
Desgaste de neumáticos
Detenciones en caliente
Durante el día
Durante el recorrido
Partidas en frío
Polvo de calle
Tubo de escape

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan a modo de ejemplo algunos factores de emisión considerados en MODEM, la totalidad de los factores de emisión a utilizar se muestran en el anexo digital “Factores Fuentes Móviles en Ruta.xlsx”:

- **Factores de emisión Tipo Arco para ciudades que cuentan con modelo de transporte**

En el marco del presente estudio la única ciudad que cuenta con modelo de transporte es Curicó.

- ✓ **Factores de emisión en caliente por tubo de escape**

Tabla 13. Extracto de factores de emisión tubo de escape

CCF8_COD	TDES_COD	CONT_COD	VELINI	VELFIN	FACTOR
70100110	2	353	5	120	$5.41301 * V^{-0.574}$
70100210	2	353	5	120	$5.41301 * V^{-0.574}$
70100810	2	353	5	120	$5.41301 * V^{-0.574}$
70100316	2	353	5	120	$(19.127 + -0.5215 * V + 0.0037 * V^2) * (1 - 0.39)$
70103912	2	353	5	120	$(19.127 + -0.5215 * V + 0.0037 * V^2) * (1 - 0.39)$
70100317	2	353	5	120	$(1.076 + -0.026 * V + 22.3E-05 * V^2) * (1 - 0)$
70103913	2	353	5	120	$(1.076 + -0.026 * V + 22.3E-05 * V^2) * (1 - 0)$



CCF8_COD	TDES_COD	CONT_COD	VELINI	VELFIN	FACTOR
70104012	2	353	5	120	$(19.127 + -0.5215 * V + 0.0037 * V^2) * (1 - 0.39)$
70104013	2	353	5	120	$(1.076 + -0.026 * V + 22.3E-05 * V^2) * (1 - 0)$
70100111	2	353	5	120	$(0.0175+86.42*(1+EXP((V+117.67)/21.99))^{-1})*(1-0)$

Fuente: Elaboración propia

✓ **Factores de emisión evaporativas por pérdidas durante el recorrido Copert III**

Tabla 14. Extracto de factores de emisión durante el recorrido

CFC8_COD	TDES_COD	CONT_COD	FACTOR
70103901	6	376	$0.136 * \exp(-5.967 + 0.04259 * RVP + 0.1773 * Ta)$
70103902	6	376	$0.1 * 0.136 * \exp(-5.967 + 0.04259 * RVP + 0.1773 * Ta)$
70103903	6	376	$0.1 * 0.136 * \exp(-5.967 + 0.04259 * RVP + 0.1773 * Ta)$
70100101	6	376	$0.1 * (0.136 * \exp(-5.967 + (0.04259 * RVP) + (0.1773 * ta)))$
70100102	6	376	$0.1 * (0.136 * \exp(-5.967 + (0.04259 * RVP) + (0.1773 * ta)))$
70100103	6	376	$0.136 * \exp(-5.967 + (0.04259 * RVP) + (0.1773 * ta))$
70100201	6	376	$0.1 * (0.136 * \exp(-5.967 + (0.04259 * RVP) + (0.1773 * ta)))$
70100202	6	376	$0.1 * (0.136 * \exp(-5.967 + (0.04259 * RVP) + (0.1773 * ta)))$
70100203	6	376	$0.136 * \exp(-5.967 + (0.04259 * RVP) + (0.1773 * ta))$
70100301	6	376	$0.1 * (0.136 * \exp(-5.967 + (0.04259 * RVP) + (0.1773 * ta)))$

Fuente: Elaboración propia

✓ **Factores de emisión proveniente del desgaste de frenos y neumáticos CORINAIR COPERT IV - Simplificada**

Tabla 15. Extracto de factores de emisión de desgaste frenos-neumáticos

CCF8_COD	TDES_COD	CONT_COD	FN_VELINI	FN_VELFIN	FACTOR
70103602	4	578	5	120	$(0.012734693877551 * 1 * 1)$
70100711	5	578	5	120	$(0.0189 * 1 * 1)$
70103302	4	578	5	120	$(0.012734693877551 * 1 * 1)$
70100807	5	535	5	120	$(0.0064 * 1 * 1)$
70100603	5	578	5	120	$(0.00196 * 1 * 1)$
70100306	4	437	5	120	0.008125
70101904	5	535	5	120	$(0.027 * 1 * 1)$
70103902	5	535	5	120	$(0.0064 * 1 * 1)$
70101704	4	535	5	120	$(0.032 * 1 * 1)$



CCF8_COD	TDES_COD	CONT_COD	FN_VELINI	FN_VELFIN	FACTOR
70101704	4	578	5	120	(0.012734693877551*1*1)

Fuente: Elaboración propia

- **Factores de emisión Tipo Zona para ciudades que cuentan con modelo de transporte**

- ✓ **Factores de emisión por partidas en frío Copert III**

Tabla 16. Extracto de factores de emisión partidas en frío

CCF8_COD	TDES_COD	CONT_COD	VELINI	VELFIN	FACTOR
70100103	28	376	5	120	$((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * ((11.589 * (35)^{-0.5595})) * (2.8 - 0.06 * Ta)) - ((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * ((11.589 * (35)^{-0.5595}))))$
70100101	28	376	5	25	$((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * (1.1851 * (35)^{-0.616})) * (A * (35) + B * Ta + C) - ((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * (1.1851 * (35)^{-0.616})))$
70100102	28	376	5	25	$((0.32 * (0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta)) * (0.1777 * (35)^{-0.616}) * (A * (35) + B * Ta + C)) - ((0.32 * (0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta)) * (0.1777 * (35)^{-0.616})))$
70100105	28	353	5	120	$((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * ((21 * (10^{-5}) * (35)^2) - 0.03385 * (35) + 1.4497) * (1.9 - 0.03 * Ta)) - ((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * ((21 * (10^{-5}) * (35)^2) - 0.03385 * (35) + 1.4497)))$
70100107	28	353	5	120	$((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * ((21 * (10^{-5}) * (35)^2) - 0.03385 * (35) + 1.4497) * (1.9 - 0.03 * Ta)) - ((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * ((21 * (10^{-5}) * (35)^2) - 0.03385 * (35) + 1.4497)))$
70100104	28	353	5	120	$((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * (0.00110 * (35)^2 - 0.1165 * (35) + 4.2098) * (3.66 - 0.09 * Ta)) - ((0.6474 - (0.02545 * Lviaje) - (0.00974 - 0.000385 * Lviaje) * ta) * (0.00110 * (35)^2 - 0.1165 * (35) + 4.2098)))$

CCF8_COD	TDES_COD	CONT_COD	VELINI	VELFIN	FACTOR
					$0.1165*(35)+4.2098$
70100303	28	376	5	120	$((0.6474-(0.02545*Lviaje)-(0.00974-0.000385*Lviaje)*ta)*((0.000677*((35)^2)-(0.117*(35))+5.4734)*(2.8-0.06*Ta))-((0.6474-(0.02545*Lviaje)-(0.00974-0.000385*Lviaje)*ta)*((0.000677*((35)^2)-(0.117*(35))+5.4734)))$
70100301	28	376	5	25	$((0.6474-(0.02545*Lviaje)-(0.00974-0.000385*Lviaje)*ta)*((5.77*(10^-5)*((35)^2)-(0.0104*(35))+0.5462)*(A*(35)+B*Ta+C))-((0.6474-(0.02545*Lviaje)-(0.00974-0.000385*Lviaje)*ta)*((5.77*(10^-5)*((35)^2)-(0.0104*(35))+0.5462)))$
70100302	28	376	5	25	$((0.32*(0.6474-(0.02545*Lviaje)-(0.00974-0.000385*Lviaje)*ta))*((1-0.86)*(5.77*(10^-5)*((35)^2)-(0.0104*(35))+0.5462))*(A*(35)+B*Ta+C))-((0.32*(0.6474-(0.02545*Lviaje)-(0.00974-0.000385*Lviaje)*ta))*((1-0.86)*(5.77*(10^-5)*((35)^2)-(0.0104*(35))+0.5462)))$
70100313	28	353	5	120	$((0.6474-(0.02545*Lviaje)-(0.00974-0.000385*Lviaje)*ta)*20*(10^-5)*(35)^2-0.0256*(35)+1.8281)*(1.9-0.03*Ta))-((0.6474-(0.02545*Lviaje)-(0.00974-0.000385*Lviaje)*ta)*20*(10^-5)*(35)^2-0.0256*(35)+1.8281)))$

Fuente: Elaboración propia

✓ **Factores de emisión evaporativas durante el día (diurnal) Copert III**

Tabla 17. Extracto de factores de emisión durante el día

CCF8_COD	TDES_COD	CONT_COD	FACTOR
70103901	29	376	$9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+0.0574*(Tmin-22,5)+0.0614*(Tinc-11,7))$
70103902	29	376	$0.2*(9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+0.0574*(Tmin-22,5)+0.0614*(Tinc-11,7)))$
70103903	29	376	$0.2*(9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+0.0574*(Tmin-22,5)+0.0614*(Tinc-11,7)))$
70100101	29	376	$0.2*(9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+0.0574*(tmin-22.5)+0.0614*(tinc-11.7)))$
70100102	29	376	$0.2*(9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+0.0574*(tmin-22.5)+0.0614*(tinc-11.7)))$
70100103	29	376	$9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+(0.0574*(tmin-22.5)+(0.0614*(tinc-11.7)))$
70100201	29	376	$0.2*(9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+0.0574*(tmin-22.5)+0.0614*(tinc-11.7)))$
70100202	29	376	$0.2*(9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+0.0574*(tmin-22.5)+0.0614*(tinc-11.7)))$
70100203	29	376	$9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+(0.0574*(tmin-22.5)+(0.0614*(tinc-11.7)))$
70100301	29	376	$0.2*(9.1*\exp(0.0158*(RVP-61.2)+0.0574*(tmin-22.5)+0.0614*(tinc-11.7)))$

Fuente: Elaboración propia



✓ **Factores de emisión evaporativas por detenciones en caliente (hot snack) Copert III**

Tabla 18. Extracto de factores de emisión detenciones en caliente

CCF8_COD	TDES_COD	CONT_COD	FACTOR
70100202	30	376	0
70100802	30	376	0
70100302	30	376	0
70103901	30	376	$3.0042 * \exp(0.02 * RVP)$
70103902	30	376	$0.3 * \exp(-2.41 + 0.02302 * RVP + 0.09408 * Ta)$
70103903	30	376	0
70100101	30	376	$0.5 * 0.3 * \exp(-2.41 + (0.02302 * RVP) + (0.09408 * ta))$
70100102	30	376	$0.5 * 0.3 * \exp(-2.41 + (0.02302 * RVP) + (0.09408 * ta))$
70100103	30	376	$3.0042 * \exp(0.02 * RVP)$
70100201	30	376	$0.5 * 0.3 * \exp(-2.41 + (0.02302 * RVP) + (0.09408 * ta))$

Fuente: Elaboración propia

Factores de emisión Tipo Arco para ciudades que no cuentan con modelo de transporte

En el caso de las ciudades sin modelo de transporte, que en este caso corresponden a las comunas de Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina se utilizan los mismos factores de emisión de las ciudades con modelo de transporte emisión para los tipos de descarga tubo de escape y polvo resuspendido.

Factores de emisión Tipo Zona para ciudades que no cuentan con modelo de transporte

En el caso de las ciudades sin modelo de transporte no se calculan este tipo de emisiones debido a la falta de información específica que requiere esta metodología, tal como matriz origen-destino, largos de viaje promedio, etc.



3.1.2.2.2 Factores de emisión Fuentes Móviles fuera de ruta

Factor de emisión equipo nuevo: En la tabla que se presenta a continuación se tabula el factor de emisión por contaminante y el consumo específico de combustible según rango de potencia del motor (potencias mayores o iguales a 19 kW y menores que 560 kW) y el tipo de tecnología.

Tabla 19. Factor de emisión equipo nuevo y consumo de combustible según rango de potencia

Potencia (kW)	Tipo de tecnología	BSFC [lb/kW-hr]	Factor de emisión [g/kW-hr]			
			HC	CO	NOx	MP
>19 A 37	Tier 0	0,55	2,40	6,70	9,25	1,10
	Tier 1		0,40	2,10	6,00	0,50
	Tier 2		0,40	2,10	6,34	0,50
	Tier 4INT		0,40	2,10	6,34	0,30
	Tier 4B		0,18	0,21	4,02	0,02
>37 A 56	Tier 0	0,55	1,33	4,68	9,25	0,97
	Tier 1		0,70	3,20	7,51	0,60
	Tier 2		0,50	3,20	6,30	0,30
	Tier 4INT		0,20	3,20	4,02	0,30
	Tier 4B		0,18	0,32	4,02	0,02
>56 A 75	Tier 0	0,55	1,33	4,68	9,25	0,97
	Tier 1		0,70	3,20	7,51	0,60
	Tier 2		0,50	3,20	6,30	0,30
	Tier 3		0,20	3,20	4,00	0,40
	Tier 4INT		0,18	0,32	4,02	0,01
	Tier 4N		0,18	0,32	0,37	0,01
>75 A 130	Tier 0	0,49	0,91	3,62	11,24	0,54
	Tier 1		0,50	1,20	7,58	0,40
	Tier 2		0,50	1,20	5,50	0,20
	Tier 3		0,20	1,20	3,00	0,30
	Tier 4INT		0,18	0,12	3,35	0,01
	Tier 4N		0,18	0,12	0,37	0,01
>130 A 225	Tier 0	0,49	0,91	3,62	11,24	0,54
	Tier 1		0,40	1,00	7,48	0,30
	Tier 2		0,40	1,00	5,36	0,20
	Tier 3		0,20	1,00	3,00	0,20
	Tier 4INT		0,18	0,10	3,35	0,01
	Tier 4		0,18	0,10	0,37	0,01
>225 A 450	Tier 0	0,49	0,91	3,62	11,24	0,54
	Tier 1		0,30	1,80	8,00	0,30
	Tier 2		0,20	1,10	6,00	0,20
	Tier 3		0,20	1,10	3,00	0,20



Potencia (kW)	Tipo de tecnología	BSFC [lb/kW-hr]	Factor de emisión [g/kW-hr]			
			HC	CO	NO _x	MP
	Tier 4INT		0,18	0,11	3,35	0,01
	Tier 4		0,18	0,11	0,37	0,01
>450 A 560	Tier 0	0,49	0,91	3,62	11,24	0,54
	Tier 1		0,20	1,80	8,00	0,30
	Tier 2		0,20	1,80	5,00	0,20
	Tier 3		0,20	1,80	3,00	0,20
	Tier 4INT		0,18	0,18	3,35	0,01
	Tier 4		0,18	0,18	0,37	0,01

Nota: los valores iniciales en hp fueron transformados por su equivalencia en kW (1hp=0,7457kW)

Fuente: Elaboración propia, a partir de [EPA 2004]

Para tener la relación del THC con otros tipos de mediciones; por ejemplo, COV se darán las relaciones en la siguiente tabla:

Tabla 20. Factor de conversión para componentes de emisiones de hidrocarburos

Tipo motor	TOG/THC	NMOG/THC	NMHC/THC	VOC/THC
Diésel	1,07	1,054	0,984	1,053

Fuente: Elaboración propia, a partir de [EPA 2005-A]

Factores de Emisiones del cárter HC: Las emisiones del cárter son aquellas emisiones que se escapan de la cámara de combustión más allá de los anillos de pistón en el cárter. Para los motores diésel con cárteres abiertos los factores de emisión de las MMFR el factor de emisión de HC del cárter es igual al 2,0% del factor de emisión de HC a la salida del escape, incluido el deterioro. Esto es válido para todos los motores Tier 3 y anteriores. Para motores Tier 4, se supone que las emisiones del cárter cero.

MP_{2,5} fracción de MP₁₀: Los factores de emisión entregados anteriormente son para calcular el MP de 10 micras (MP₁₀). Si se selecciona MP_{2,5}, un ajuste de 0,97 se aplica a la salida de MP₁₀.

Factor de deterioro: El deterioro es el incremento de las emisiones con el uso del motor y se considera lineal con el tiempo de uso, por lo que se representa con un factor (DF).



Para el modelo EPA el factor de Deterioro (DF), se representa como sigue:

$$\begin{aligned} DF &= 1+A*(\text{Factor Edad})^b & \text{SI, (Factor Edad)} \leq 1 \\ DF &= 1+A & \text{SI, (Factor Edad)} > 1 \end{aligned}$$

Dónde:

A : Constantes para un nivel dado de Tecnología y Contaminación

b : Constante, para vehículos diésel se considera b=1 para un factor de deterioro lineal.

$$\text{Factor de edad} = \frac{(\text{horas acumuladas} * \text{factor de carga})}{\text{vida media a carga completa}} \quad \text{Ecuación 49}$$

Tabla 21. Valores del coeficiente A

Contaminante	Tier 1	Tier 2	Tier 3+
HC	0,036	0,034	0,027
CO	0,101	0,101	0,151
NOx	0,024	0,009	0,008
PM	0,473	0,473	0,473

Fuente: [EPA 2004]

La Vida Media a carga completa, fue obtenida a partir del estudio “Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling” [EPA 2004-A], en ella se presentan estimaciones de la vida Media de motores NONROAD, a partir de datos desarrollado por la CARB (California Air Resources Board).

Factor transiente ajustado: Los factores de emisión de HC, CO, NOx, PM y BSFC, para motores de maquinaria fuera de ruta se obtienen principalmente con las pruebas de estado estacionario (Non Road Stationary Test Cycle, NRSTC). Sin embargo, la operación de estado estacionario no siempre es representativa en las condiciones de operaciones reales de la maquinaria. Las diferencias se deben a la carga, la velocidad y demandas



transitorias del motor. La EPA aplica "factores transitorios de ajuste" ("TAF"), para los factores de emisión de estado estacionario antes descritos. TAF se aplica a los factores de emisiones base, Tier 0, Tier 1, Tier 2 y tier 3. Para Tier 4, los factores de emisiones de certificación incluyen la medición bajo un ciclo transiente (Non Road Transient Cycle, NRTC). Como resultado, el TAF no se aplica a los factores de emisión para los motores Tier 4 (es decir, el modelo se aplica un TAF de 1,0).

$$TAF = \frac{EF_{trans}}{EF_{ss}} \quad \text{Ecuación 50}$$

El TAF se calcula como la relación entre el factor de emisión transiente (EF_{trans}) obtenido con el ciclo transiente y el factor de emisión estacionario (EF_{ss}) obtenido con ciclo estacionario. Factores de ajuste transitorios pueden ser mayores o menores que 1,0.

3.1.2.3 Factores de emisión para estimación emisiones, Fuentes Areales (residenciales, comerciales y otras).

3.1.2.3.1 Factores de emisión Fuentes Areales Residenciales (combustión externa y evaporativas)

3.1.2.3.1.1 Factores de emisión Combustión externa residencial de leña.

A continuación, se presentan los factores de emisión base que han sido utilizados en la mayoría de los inventarios para el cálculo de las emisiones asociadas a la combustión residencial de leña.

Tabla 22: Factores de emisión base asignados a cada artefacto (g/kg).

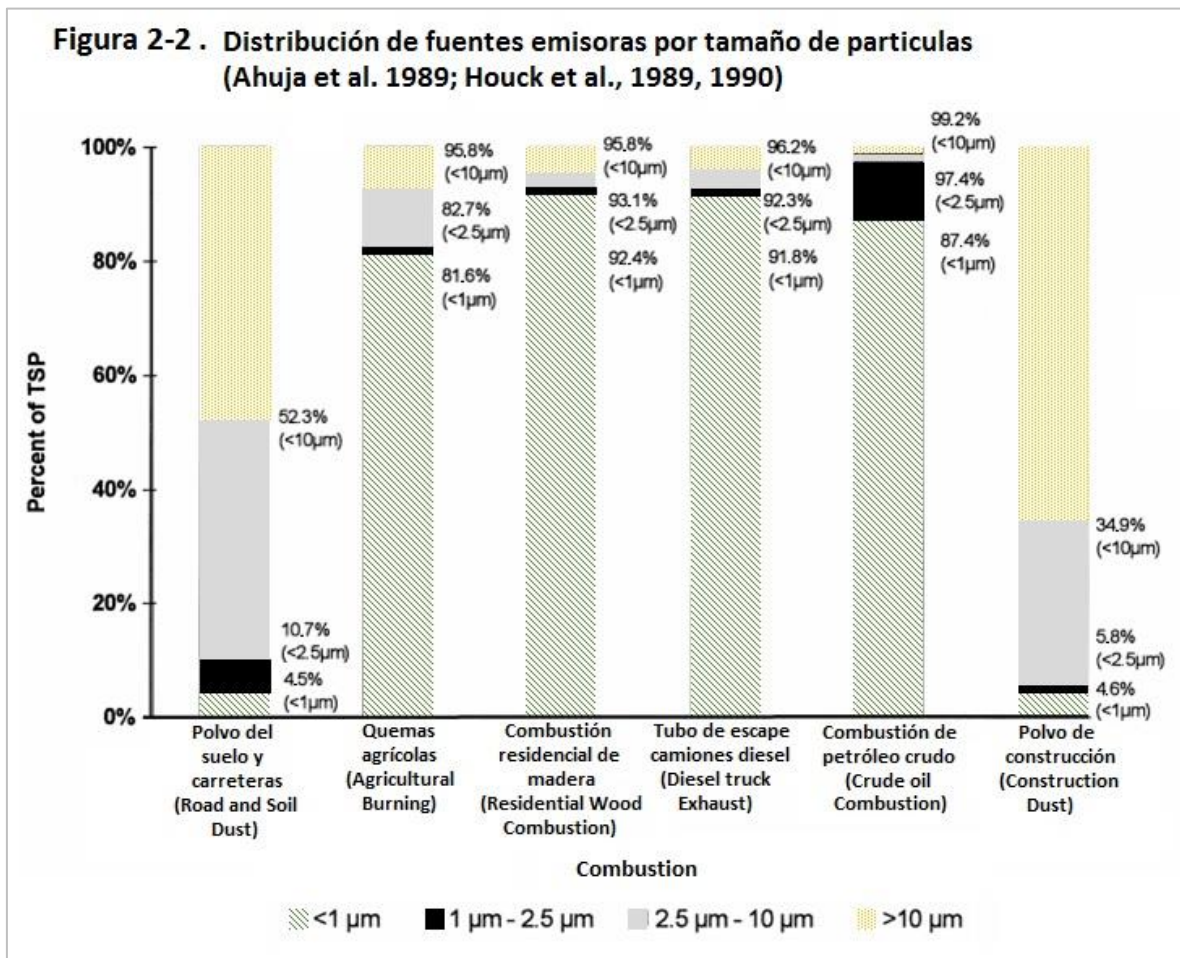
Artefacto	Contaminante	< 20 % Hd.	20 % - 30 %	>30 % Hd.	Mala operación
Cocina a leña	MP ₁₀	19,2	30,9	90,1	-
	MP _{2,5}	18,6	30,1	87,6	-
	CO	126,3	401	1.139,70	-
	NO _x	1,3	1,3	1,3	-

Artefacto	Contaminante	< 20 % Hd.	20 % - 30 %	>30 % Hd.	Mala operación
	COV	114,5	363,5	1.033,20	-
	SO _x	0,2	0,2	0,2	-
Calefactor sin templador / Insert	MP ₁₀	15,3	24,7	72	76
	MP _{2,5}	14,9	24	69,9	73,9
	CO	115,4	366,4	1.041,30	584,7
	NO _x	1,4	1,4	1,4	1,4
	COV	26,5	84,1	239,1	134,3
	SO _x	0,2	0,2	0,2	0,2
Calefactor con templador	MP ₁₀	8,3	13,5	39,3	76
	MP _{2,5}	8,1	13,1	38,2	73,9
	CO	115,4	366,4	1.041,30	584,7
	NO _x	1,4	1,4	1,4	1,4
	COV	26,5	84,1	239,1	134,3
	SO _x	0,2	0,2	0,2	0,2
Salamandra / Chimenea tradicional / Otro	MP ₁₀	16,6	26,8	78	-
	MP _{2,5}	16,1	26	75,8	-
	CO	126,3	401	1.139,70	-
	NO _x	1,3	1,3	1,3	-
	COV	114,5	363,5	1.033,20	-
	SO _x	0,2	0,2	0,2	-

Fuente: Elaboración propia a partir de estudios "Results from Tests on Wood Stoves and revised Recommendations for Emission Limit Values for Chile". "Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Definición de Área de Influencia de las emisiones que causan el efecto de saturación por MP₁₀ en la Ciudad de Talca" y "Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas"

Nota a la tabla anterior: El guion ("-"), significa que no hay estimación de un factor de emisión para esa categoría.

Para obtener el factor de emisión de MP se utilizó la siguiente tabla de especiación:



Fuente: Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Sources Contribution Estimates, DRI, Desert Research Institute 1999 EPA. Figure 2-2.

Tal como se planteó en la metodología de estimación de emisiones asociada a la combustión residencial de leña, se construyeron factores de emisión por comuna utilizando los factores base y los parámetros de los cuales dependen los factores de emisión (humedad y distribución por tipo de artefacto), esta última información fue obtenida a partir del levantamiento de información de la encuesta aplicada a las comunas del estudio y complementada con información de los diversos estudio disponibles relacionados al mercado de leña en la zona de estudio.

Para obtener el factor de emisión de las comunas se obtuvo un factor de emisión representativo de acuerdo a la información recopilada desde la encuesta de leña, además



de información disponible en estudios e inventarios previos realizados en la zona de estudio.

El factor de emisión de la comuna, se obtiene de la siguiente forma:

$$FE_{km} = \sum (NA_{ijm} * FE_{base}) \quad \text{Ecuación 51}$$

Dónde:

FE_{KM} : Factor de emisión promedio para el contaminante k en la comuna m

NA_{ijm} : Nivel de actividad del artefacto i con un rango de humedad j para la comuna m

$$NA_{ijm} = PDA_{im} * RH_{jm}$$

PDA_{jm} = % de distribución de consumo de leña para el artefacto i en la comuna m

RH_{jm} = % de distribución por rango de humedad j en la comuna m

FE_{base} : Factor de emisión base para el contaminante k, para el artefacto i con un rango de humedad j, para la comuna m

De acuerdo a la metodología antes señalada, se obtuvieron factores de emisión representativos de las comunas; a continuación, se presentan los resultados y la distribución del consumo de leña por tipo de artefacto y la distribución de rango de humedad, (tablas que se presentan más adelante en la sección de niveles de actividad) estos son los resultados.

Tabla 23: Factores de Emisión específicos por comuna Combustión Residencial de leña.

Comuna	Contaminante	2014 – Base	2014 - Conservador	2014 - Optimista
Curicó	MP ₁₀	28,62760199	28,62760199	18,05371014
	MP _{2,5}	27,83238651	27,83238651	17,51370902
	CO	244,2932548	244,2932548	172,9864823
	NO _x	1,368761217	1,368761217	1,328113428
	COV	84,63257232	84,63257232	80,74623176
	SO _x	0,2	0,2	0,2

Comuna	Contaminante	2014 – Base	2014 - Conservador	2014 - Optimista
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Molina	MP ₁₀	25,48052479	25,48052479	17,9347905
	MP _{2,5}	24,75776236	24,75776236	17,39383574
	CO	213,842535	213,842535	156,7115147
	NO _x	1,347419263	1,347419263	1,316857681
	COV	98,68719764	98,68719764	96,02170674
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Rauco	MP ₁₀	23,39103374	23,39103374	18,13668193
	MP _{2,5}	22,71327745	22,71327745	17,58342292
	CO	189,7612774	189,7612774	148,2825964
	NO _x	1,332223083	1,332223083	1,310325064
	COV	107,3830629	107,3830629	103,7998646
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Romeral	MP ₁₀	25,20795775	25,20795775	17,77853273
	MP _{2,5}	24,48905262	24,48905262	17,23768496
	CO	221,3258284	221,3258284	154,8961847
	NO _x	1,341754011	1,341754011	1,313797016
	COV	113,5983163	113,5983163	97,383823
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Sagrada Familia	MP ₁₀	26,24355044	26,24355044	17,39823673
	MP _{2,5}	25,50249953	25,50249953	16,87289823
	CO	237,3564327	237,3564327	160,3882042
	NO _x	1,350270667	1,350270667	1,317426387
	COV	109,539332	109,539332	92,19711026
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Teno	MP ₁₀	28,08667026	28,08667026	17,27436118
	MP _{2,5}	27,2921706	27,2921706	16,75282739
	CO	270,7963921	270,7963921	156,1504895
	NO _x	1,343897227	1,343897227	1,314704145
	COV	144,2527041	144,2527041	96,21405519
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1

Nota: El detalle de los resultados de la encuesta se presenta en el anexo digital



3.1.2.3.1.2 Factores de emisión Combustión externa residencial de Kerosene y GLP.

Factores de emisión de Estimación de emisiones Fuentes de Combustión Residencial

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

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

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

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



Tabla 24: Factores de Emisión por Combustión Residencial de GLP.

Contaminante	FE (Kg/10 ³ m ³)	Tabla CARB	Fecha Revisión	Ranking
CO	222,00	S/N	03/1993	No reporta
NO _x	1092,00	S/N	03/1993	No reporta
SO ₂	1,68	S/N	03/1993	No reporta
VOC	87,60	S/N	03/1993	No reporta
MP ₁₀	33,60	S/N	03/1993	No reporta
MP _{2.5}	0,00	S/N	03/1993	No reporta

S/N = Sin Número. Fuente: Residential Fuel Combustión, Section 7.3, CARB, Marzo 1993.

La documentación del AP-42 no contiene factores de emisión específicos de kerosene. Sin embargo, a la fecha, en los inventarios desarrollados por CONAMA se le ha asignado a kerosene los factores de emisión de destilado de petróleo reportados dentro de dicha documentación, según lo recomendado por la *Emissions Inventory Improvement Program (EIIP)*. Cabe mencionar que dentro de la documentación de la EPA se encuentra un paper elaborado por Bernd H. Haneke¹⁰ en dónde se indica que, para obtener el factor de emisión de kerosene a partir del destilado de petróleo, es recomendable aplicar un factor de corrección al factor de destilado de petróleo que represente la razón entre poderes caloríficos de estos combustibles. El factor de ajuste correspondería a 0,98 de acuerdo a los poderes caloríficos reportados por la CNE. La tabla siguiente entrega los factores de emisión a utilizar, a los cuales ya se les ha aplicado el factor de ajuste.

Tabla 25: Factores de Emisión por Combustión Residencial de Kerosene.

Contaminante	FE (Kg/10 ³ m ³)	Tabla AP-42	Fecha Publicación	Ranking
CO	588,00	1.3-1	09/1998	A
NO _x	2116,80	1.3-1	09/1998	A
SO ₂	5009,76	1.3-1	09/1998	A
VOC	82,32	1.3-3	09/1998	A
MP ₁₀	127,01	1.3-7	09/1998	D
MP _{2.5}	97,61	1.3-7	09/1998	D

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

¹⁰Paper denominado: "A National Methodology and Emission Inventory for Residential Fuel Combustion".



3.1.2.3.1.3 Factores de emisión Evaporativas residenciales

Factores de emisión Uso de Solventes

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, dónde se supone que todo el compuesto se volatiliza.

La metodología general de estimación de emisiones provenientes de Solventes de uso doméstico:

$$E = N * FE \quad \text{Ecuación 52}$$

Dónde:

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

FE : Factor de emisión de COV [Kg de COV/ por habitante]

N : Número de Personas en la comuna de estudio

Tabla 26: Factores de Emisión se solventes de uso doméstico.

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	<ul style="list-style-type: none"> - Productos en aerosol: 0,046 kg/persona - Productos domésticos: 0,36 kg/personas - Productos de cuidado personal: 1,05 kg/personas - Pesticidas domésticos: 0,81 kg/personas - Productos de cuidado automotriz: 0,61 kg/personas 	EPA, AP-42 http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/areainv5.pdf	Se utilizó la población proyectada, para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: EPA AP-42.



Factores de emisión por Pintado arquitectónico

La metodología general de estimación de emisiones es:

$$E = N * FE \quad \text{Ecuación 53}$$

Dónde:

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

FE : Factor de emisión de COV [Kg de COV/ por habitante]

N : Número de Personas en la comuna de estudio

Factor de emisión y nivel de actividad para el uso de solvente doméstico.

Tabla 27: Factores de Emisión de pintado arquitectónico.

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	1,36	Programa de inventario de emisiones de México (Radian, 199730). Disponible en: http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/areainv5.pdf	Se utilizó la población proyectada para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: Estudio "Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana" USACH 2014.

Factores de emisión por Uso de Adhesivos Domésticos

La metodología general de estimación de emisiones provenientes de Adhesivos:

$$E = N * FE \quad \text{Ecuación 54}$$

Dónde:

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

FE : Factor de emisión de COV [Kg de COV/ por habitante]



N : Número de Personas en la comuna de estudio

Factor de emisión y nivel de actividad para el uso de Adhesivos

Tabla 28: Factores de Emisión de uso de adhesivos.

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	Adhesivos y selladores: 0,61 kg/personas	EPA, AP- 42 http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/areainv5.pdf	Se utilizó la población proyectada para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: EPA AP-42

Factores de emisión Fuentes Residenciales de NH₃

Tabla 29: Factores de Emisión por Combustión Residencial para NH₃

Combustible	NH ₃	Unidad	Ranking
GLP	$3,780 \times 10^{-3}$	Kg/Ton	No disponible
GN	$8,339 \times 10^{-3}$	Kg/m ³	No disponible
GC	$2,64827 \times 10^{-6}$	Kg/m ³	No disponible

Fuente: Dickson R.J. et al., Development of the Ammonia Emission Inventory for the Southern California Air Quality Study Report prepared for the California Air Resources Board, Sacramento CA by RADIANT Corporation, Sacramento CA, Sept., 2001.

Tabla 30: Factores de Emisión otras actividades residenciales NH₃

Fuente	Factor Emisión	Unidades
Respiración	1,59	gr NH ₃ /per/año
Transpiración	249,48	gr NH ₃ /per/año
Caseras	22,68	gr NH ₃ /per/año
Niños con pañal desechable	163,296	gr NH ₃ /per/año
Niños con pañal de género	3126,84	gr NH ₃ /per/año
Adultos sin planta de TMT	22,68	gr NH ₃ /per/año
Planta de tratamiento	3,3266	mg/lt
Perros	2.49	KgNH ₃ /animal
Gatos	0.81	KgNH ₃ /animal



Fuente: Manuales del Programa de Emisiones de Inventarios de México, Volumen V¹¹

Factores de emisión Fugas residenciales de GLP

El factor de emisión de COV para fugas residenciales de GLP se expresa como porcentaje de pérdida del consumo [%], y en el caso del sector residencial según la SEC corresponde a 3,5%.

3.1.2.3.2 Factores de emisión Fuentes Aerales Comerciales (evaporativas, restaurantes y comida rápida)

3.1.2.3.2.1 Factores de emisión Evaporativas comerciales

Factores de emisión de Distribución de combustible

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

$$L_1 = 12.46 \frac{SPM}{T} \left(1 - \frac{E_{ff}}{100} \right) \quad \text{Ecuación 55}$$

Dónde:

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

¹¹ Elaborado para: La Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y El Comité Asesor Binacional
Elaborado por: Radian International LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, 1997.



estanque dedicado normal, con traspaso de vapores (S=1). La tabla siguiente muestra los distintos factores de saturación según modo de operación de carga de líquidos.

En la siguiente tabla se muestran los factores de emisión provenientes de la distribución de combustibles, datos obtenidos de la EPA y SEC.

Tabla 31: Factores de Emisión para distribución de combustible.

Factores de Emisión de COV para las etapas de expendio final de gasolina				
Tipo	Valor 1	Unidad	Valor 2	Unidad
Llenado con camiones	880	mg/lt	0,00088	t/m ³
Respiración	120	mg/lt	0,00012	t/m ³
Llenado a vehículos	1013	mg/lt	0,001013	t/m ³
Derrames	80	mg/lt	0,00008	t/m ³

Fuente: AP-42, EPA y SEC

Factores de emisión, para Lavasecos

Tabla 32. Factores de emisión, para Lavasecos

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	0,0633	Estudio NMVOC Emissionen aus der Lösemittelanwendung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung. Fortschritt Berichte VDI Reihe 15 Nr. 252", Jochen Theloke, 2005.pdf	Se utilizó la población proyectada para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: Estudio "Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana" USACH 2014.



Factores de emisión Talleres de Pintura

Tabla 33. Factores de emisión, para Talleres de Pintura.

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	0,014	Programa de Inventario de Emisiones de México, SERMANAT 2000, disponible en: http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/areainv5.pdf	Se utilizó la población proyectada para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: Estudio "Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana" USACH 2014.

Factores de emisión Imprenta

Tabla 34. Factores de emisión, para imprentas.

Contaminante	Factor de emisión COV (Kg/habitante/año)	Fuente	Nivel de actividad
COV	0,4	AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 4: Evaporation Loss Sources 4.9.1 General Graphical Printing.	Se utilizó la población proyectada para el 2014 según el INE para cada comuna en estudio.

Fuente: Estudio "Actualización y sistematización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana" USACH 2014.

Factores de emisión Aplicación de asfalto

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

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

Ecuación 56



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

Tabla 35: Valores por defecto para estimar el factor de emisión por aplicación de asfalto

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

Fuente: Emission Inventory Procedural Manual, vol III, Methods for Assessing Area Source Emissions in California

Factores de emisión Fugas comerciales de GLP

El factor de emisión de COV para fugas residenciales de GLP se expresa como porcentaje de pérdida del consumo [%], y en el caso del sector comercial según la SEC corresponde a 1.5%.

3.1.2.3.2 Factores de emisión Restaurantes y comida rápida.

Los factores de emisión para estimar las emisiones asociadas a restaurantes y comida rápida son básicamente los factores de emisión para hornos de panadería, y se presentan a continuación:

Tabla 36: Factores de Emisión Procesos industriales-Alimento y Agricultura-Panadería-Combustión con Petróleo N 2 (Diesel)

Contaminante	Factor de emisión (kg/kg)
Material Particulado	0.00029
MP ₁₀	0.00014
MP _{2,5}	0.00003
Monóxido de Carbono	0.00071
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	0.00283
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	0.00005



Contaminante	Factor de emisión (kg/kg)
Óxidos de Azufre (SOx)	0.0042
Amoniaco	0.00014
Arsénico	0.000000000000565
Plomo	0.000000000000127
Dioxinas (PCDD)	2.12E-14
Mercurio	5.05E-10
Dióxido de Carbono	3.12

Fuente: EPA AP-42 y SEC

Tabla 37: Factores de Emisión Procesos industriales-Alimento y Agricultura-Panadería-Combustión con Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Contaminante	Factor de emisión (kg/kg)
Material Particulado	0.00017
MP ₁₀	0.00017
PM _{2,5}	0.00017
Monóxido de Carbono	0.00076
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	0.00441
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	0.00008
Óxidos de Azufre (SOx)	0.00031
Amoniaco	0.000066
Dioxinas (PCDD)	2.5E-13
Mercurio	5.5E-8
Dióxido de Carbono	2.82

Fuente: EPA AP-42 y SEC



3.1.2.3.3 Factores de emisión Otras fuentes de área (disposición de residuos, quemas, emisiones biogénicas, actividades agrícolas y crianza de animales)

Factores de emisión de Estimación de emisiones Disposición de residuos (Plantas de tratamiento de aguas servidas)

Los factores de emisión utilizados son los proporcionados por el estudio "Development of the Ammonia Emission Inventory for the Southern California Air Quality Study", desarrollado por 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 38: Factores de emisión Plantas de Tratamiento.

Factores De Emisión		
Plantas De Tratamiento ¹²	3,33	Mg de NH ₃ /lt

Fuente: "Development and Selection of Ammonia Emission Factors Final Report", EPA, 1994

3.1.2.3.3.1 Factores de emisión Quemadas.

Factores de emisión de Estimación de emisiones Quemadas Agrícolas.

A continuación, se presenta los factores de emisiones provenientes "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, CARB, 2005, que se utilizarán para el cálculo de estimación de emisiones provenientes de Quemadas Agrícolas.

¹² Se supone que en promedio una persona utiliza 11.42 lts/hr de agua. Ref. (SISS)



Tabla 39: Factores de Emisión por tipo de Vegetación (Quemas Agrícolas).

Factores de Emisión (t/t)						
Cultivo	MP ₁₀	MP _{2,5}	NOX	SO ₂	COV	CO
Trigo	0,0048081	0,0048018	0,0019504	0,0004082	0,0034473	0,0560640
Cebada	0,0064864	0,0062596	0,0002313	0,0000454	0,0068039	0,0833249
Maíz	0,0051710	0,0049442	0,0014969	0,0001814	0,0029937	0,0321597
Ramas	0,0037200	0,0031600	0,0032800	0,0011100	0,0011000	0,0209600
Vegetación	0,0072121	0,0068855	0,0020366	0,0002767	0,0211200	0,0516869
Pino	0,0097976	0,0083007	0,0034473	0,0010433	0,0420072	0,0933493
Eucaliptus	0,0063503	0,0053978	0,0036287	0,0011340	0,0227386	0,0505302
O. Plantación	0,0080739	0,0068492	0,0035380	0,0010886	0,0323729	0,0719398
Otros	0,0025857	0,0024940	0,0009801	0,0007071	0,0179200	0,0383090

Fuente: "Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, CARB, 2005

Factores de emisión de Estimación de emisiones Incendios Forestales

A continuación, se presenta los factores de emisiones provenientes, *Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology*", CARB 2004, Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002

Tabla 40: Factores de Emisión por tipo de Vegetación (Incendios Forestales).

Factores de Emisión (t/t)						
Cultivo	MP ₁₀	MP _{2,5}	NOX	SO ₂	COV	CO
Arbolado	0,0097976	0,00830074	0,0034473	0,00104326	0,04200719	0,09334931
Pinos P0 +	0,00421841	0,00358338	0,00371946	0,00113398	0,01069571	0,02376824
Pinos P11+	0,00635029	0,00539775	0,00362874	0,00113398	0,02273859	0,05053019
Pinos 18 +	0,0097976	0,00830074	0,0034473	0,00104326	0,04200719	0,09334931
Eucaliptus	0,00635029	0,00539775	0,00362874	0,00113398	0,02273859	0,05053019
Otra Plantación	0,00421841	0,00358338	0,00371946	0,00113398	0,01069571	0,02376824
Agrícola	0,00485721	0,00457541	0,00231543	0,00004821	0,00424256	0,0085467
Desechos	0,00909547	0,00783434	0,00313031	0,00080584	0,01559206	0,02887316
Matorral	0,00113851	0,00966152	0,00335658	0,00104326	0,05086585	0,01130352



Pastizal	0,00137892	0,001170268	0,00322051	0,0009979	0,06452125	0,01433805
----------	------------	-------------	------------	-----------	------------	------------

Fuente: "Section 9.3, Wildfires, Revised Methodology", CARB 2004, Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono", Universidad Austral de Chile, 2002.

Factores de emisión de Estimación de emisiones Incendios Urbanos

Los factores de emisión para la estimación de emisiones provenientes de incendios urbanos, son proporcionados por la Agencia Ambiental de California (CARB) y se presentan a continuación.

Tabla 41: Factores de emisión para incendios urbanos

Contaminante	COV	NO _x	MP	CO	NH ₃
t/siniestro	0,0081	0,0023	0,0063	0,0977	0,0019

Fuente: CARB, California.

Factores de emisión de Estimación de emisiones Cigarrillos

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

Tabla 42: Factores de Emisión consumo de cigarrillos

Contaminante	FE [mg/cig]
Amoniaco	5,2
Material Particulado	8

Fuente: California Air Resources Board

3.1.2.3.3.2 Factores de emisión Emisiones biogénicas.

El modelo requiere como datos de entrada los siguientes insumos:



1. Datos meteorológicos del modelo WRF (Weather Research and Forecasting Model, datos horarios).
2. Datos de vegetación (plant functional type) PFT (constante en tiempo).
3. Datos del estado de la vegetación (Índice del área foliar, leaf area index) LAI.

Los FE que utiliza el modelo MEGAN, están dados en $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ para distintos COVs provenientes de emisiones biogénicas vegetales. Cada FE está asociado a un grupo funcional de plantas PFT (Guenther et al, 2012).

Los grupos funcionales son los siguientes:

Tabla 43: Grupos Funcionales

Grupos Funcionales	
Nº FE	PFT
1	Árbol hoja Aciculada Perenne Templado
2	Árbol hoja Aciculada Perenne Boreal
3	Árbol hoja Aciculada Caduca Boreal
4	Árbol hoja Ancha Perenne Tropical
5	Árbol hoja Ancha Perenne Templado
6	Árbol hoja Ancha Caduca Tropical
7	Árbol hoja Ancha Caduca Boreal
8	Árbol hoja Ancha Perenne Boreal
9	Arbusto hoja Ancha Perenne Templado
10	Arbusto hoja Ancha Caduca Templado
11	Arbusto hoja Ancha Caduca Boreal
12	Pastizal C3 Artico
13	Pastizal C3 Frio
14	Pastizal C4 Templado
15	Cultivo
16	Maíz

Fuente: MEGAN 2.1

Los factores de emisión ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) que utiliza MEGAN 2.1 asociado a cada grupo funcional son los siguientes:

Tabla 44: FE Emisiones Biogénicas

FE BIOGÉNICAS							
Compuesto	FE1	FE2	FE3	FE4	FE5	FE6	FE7
Isopreno	600	3000	1	7000	10000	7000	10000
Mirceno	70	70	60	80	30	80	30
Sabineno	70	70	40	80	50	80	50
Limoneno	100	100	130	80	80	80	80
3-Careno	160	160	80	40	30	40	30
<i>t-β- Ocimeno</i>	70	70	60	150	120	150	120
β-Pineno	300	300	200	120	130	120	130
α-Pineno	500	500	510	600	400	600	400
Otros Monoterpenos	180	180	170	150	150	150	150
α-Farneseno	40	40	40	60	40	60	40
β-Cariofileno	80	80	80	60	40	60	40
Otros Sesquiterpenos	120	120	120	120	100	120	100
232-MBO	700	60	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Metanol	900	900	900	500	900	500	900
Acetona	240	240	240	240	240	240	240
CO	600	600	600	600	600	600	600
COV Bidireccional	500	500	500	500	500	500	500

Fuente: MEGAN 2.1

Tabla 45: FE Emisiones Biogénicas

BIOGÉNICAS								
Compuesto	FE8	FE9	FE10	FE11	FE12	FE13	FE14	FE15
Isopreno	11000	2000	4000	4000	1600	800	200	1
Mirceno	30	30	50	30	0,3	0,3	0,3	0,3
Sabineno	50	50	70	50	0,7	0,7	0,7	0,7
Limoneno	80	60	100	60	0,7	0,7	0,7	0,7
3-Careno	30	30	100	30	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>t-β- Ocimeno</i>	120	90	150	90	2	2	2	2
β-Pineno	130	100	150	100	1,5	1,5	1,5	1,5
α-Pineno	400	200	300	200	2	2	2	2
Otros Monoterpenos	150	110	200	110	5	5	5	5
α-Farneseno	40	40	40	40	3	3	3	4
β-Cariofileno	40	50	50	50	1	1	1	4



Otros Sesquiterpenos	100	100	100	100	2	2	2	2
232-MBO	2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Metanol	900	900	900	900	500	500	500	900
Acetona	240	240	240	240	80	80	80	80
CO	600	600	600	600	600	600	600	600
COV Bidireccional	500	500	500	500	80	80	80	80

Fuente: MEGAN 2.1

3.1.2.3.3 Factores de emisión Actividades agrícolas.

Factores de emisión Fertilizantes y plaguicidas

Los factores de emisión por el uso de fertilizantes y plaguicidas en actividades agrícolas están dados por las tasas de demanda de nitrógeno (precursor del contaminante NH₃) según tipo de cultivo, estas fueron obtenidas de la estadística de uso de fertilizantes proporcionada por la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, esta entidad muestra las estadísticas de empleo de fertilizantes por el país, el producto y año seleccionado. Esta información es elaborada en base a encuestas con los países. La siguiente tabla muestra la tasa de nutrientes utilizados en kg/ha para cada cultivo:

Tabla 46: Tasa de aplicación de nutrientes por superficie.

Kg de nutriente por ha			
CHILE	TASA N	TASA P	TASA K
Cebada	100	80	30
Remolacha	200	250	90
Forraje	45	30	0
Frutas	80	45	40
Maíz	200	100	30
Otros cereales	100	80	0
Papas	100	110	60



Kg de nutriente por ha			
CHILE	TASA N	TASA P	TASA K
Legumbres	50	80	40
Tabaco	140	150	30
Arroz	120	80	40
Maíz	80	80	30
Girasol	100	80	40
Tabaco	100	40	30
Verduras	0,1	0,2	66,1
Trigo	100	80	20

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

3.1.2.3.3.4 Factores de emisión Crianza de Animales.

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

Alojamientos

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

Ecuación 57

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

Ecuación 58

Nota: En la ecuación 65: Otros animales se refiere a: bovinos, ovinos, caprinos, camélidos y equinos.

- Aplicación al suelo



$$\text{Cerdos y aves } FE_{NH3-N} = \frac{FactorI}{1000} [N_{exin} - (FactorC * FactorF + FactorC * FactorG) * 365 * 05]$$

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

Ecuación 59

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

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

Ecuación 60

Nota: En la ecuación 67: Otros animales se refiere a: bovinos, ovinos, caprinos, camélidos y equinos.

- Pastoreo

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

Ecuación 61

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

Ecuación 62

Los valores de los Factores C, D, E, F, G, H, I y de N_{ex} dependen del tipo de animal.

Definición de estas variables:

- 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.

Tabla 47: Factores de Emisión para Ingredientes Activos

Tipo de aplicación	Presión inicial (mm Hg)	Presión final (mm Hg)	Factor Emisión (EF) (t de COV/t Ingrediente)
Aplicación Superficial	0	9,999E-07	0,465
Aplicación Superficial	0,0001	9,9999999	0,58
Aplicación Superficial	0,000001	0,000099999	0,35
Aplicación Superficial	1E-10	9,999999	0,052
Aplicación Superficial	0,000001	9,9999E-07	0,0027
Aplicación Superficial	0	0,000099999	0,021
Aplicación Superficial	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:

$$FEM_m^{COV} = \left(\sum_i \frac{PA_{i,m}}{100} \times EF_i(Ta, Pv) \right) + \left(\frac{PI_m}{100} \times \frac{PVI_m(Tf, Ta)}{100} \right) \quad \text{Ecuación 63}$$

Dónde:

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.

3.1.2.4 Factores de emisión para estimación de emisiones, Polvo Fugitivo (construcción y demolición, polvo resuspendido de calles y preparación de terrenos agrícolas).

3.1.2.4.1 Factores de emisión Construcción y demolición

A continuación, se presentan los factores de emisión por tipo de actividad emisora.

3.1.2.4.1.1 Factores de emisión Construcción de edificios.

Factores de emisión Construcción de Edificaciones Comerciales

- Factores de Emisión para Perforación

Tabla 48. Factores de emisión para Perforación

Factor de Emisión (f_e)	Unidad	Parámetros
$f_e = 0,590$	(kg/perforación)	No utiliza parámetros

Fuente: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42, 5th Edition, Chapter 11, Section 11.9 "Western surface coal mining".

Descripción: Corresponde al factor de emisión de perforaciones. La unidad de este factor de emisión corresponde a kilogramos emitidos por perforación (hole) realizada.

Notas: Este es un factor de emisión que estima partículas totales en suspensión (TSP).

- Factores de Emisión para Excavaciones

Tabla 49. Factores de emisión para Excavaciones

Factor de Emisión (fe)	Unidad	Parámetros
$fe = 0,45 \times 0,75 \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}}$	(kg/hr)	s: % de finos del suelo [8,5 valor por defecto]
		M: % humedad material [6,5 valor por defecto]

Fuente: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42, 5th Edition: Chapter 11, Section 11.9 "Western Surface Coal Mining", Table 11.9-2.

Descripción: Corresponde al factor de emisión de despeje de material (bulldozing / overburden) escalado por 0,75 para ser aplicado a MP₁₀. La unidad de este factor corresponde a kilogramos emitidos por hora excavada. El nivel de actividad se determina a través del rendimiento de la maquinaria y el volumen a escavar.

- **Factores de Emisión para Pilas de acopio y Movimiento de Materiales**

Tabla 50. Factores de emisión para Pilas de Acopio y Movimiento de Materiales

Factor de Emisión (fe)	Unidad	Parámetros
$fe = 0,45 \times 0,75 \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}}$	(kg/ha)	s: contenido de fino del material (%). [8,5 valor por defecto]
		f: porcentaje del tiempo en el que el viento excede los 5,4 m/s.

Fuente: Area Sources Methodologies, Section 7.7, Building Construction Fugitive Dust, CARB, 1997

Las variables ambientales, como velocidad promedio del viento y precipitaciones, se obtienen desde estaciones de monitoreo de calidad del aire existentes en la zona de



estudio. Para la determinación de las emisiones por hectárea, se requiere estimar el área de la pila expuesta.

- **Factores de Emisión para Descarga de Material Desde Camiones**

Para estimar las emisiones generadas producto de las operaciones de descarga de materias primas desde camiones a tolvas o chutes, se utiliza el factor de emisión obtenido de la Tabla 11.17-3 (Metric Units). *EMISSION FACTORS FOR LIME MANUFACTURING RAW MATERIAL AND PRODUCT PROCESSING AND HANDLING*, Product loading, open truck, del AP-42.

Las descargas de materiales de mayor contenido de finos desde camiones a tolvas o chutes, se estiman utilizando el factor de emisión obtenido de la Tabla 12.5-4 (Metric And English Units). *UNCONTROLLED PARTICULATE EMISSION FACTORS FOR OPEN DUST SOURCES AT IRON AND STEEL MILLS*, Batch drop Front end loader/truck, High silt slag, del AP-42.

- **Factores de Emisión para Transportes de Materias Primas**

Las emisiones de MP provenientes de sistemas de transporte de materias primas, se estiman mediante los factores indicados en Table 11.17-3 (Metric Units). *EMISSION FACTORS FOR LIME MANUFACTURING RAW MATERIAL AND PRODUCT PROCESSING AND HANDLING*a, Crushed material conveyor transfer.

- **Factores de Emisión para Demolición**

Tabla 51. Factores de emisión para Demolición

Factor de Emisión (f_e)	Unidad
$f_e = 1,883$	(ton/ha/mes)

Fuente: Area Sources Methodologies, Section 7.7, Building Construction Fugitive Dust, CARB, 1997



Corresponde al factor de emisión de construcción de la CARB para proyectos de gran escala. Se convirtió a escala métrica multiplicando por 0,9072 para transformar de tonelada corta a tonelada métrica y multiplicada por 2,4711 para transformar de acres a hectáreas. Se multiplicó además por 2 para descontar el efecto de las medidas de abatimiento ya incluidas en el factor de la CARB.

Este factor de emisión considera una jornada laboral de 8 horas durante 5 días a la semana. Se deberá corregir por este efecto de acuerdo a la jornada laboral del proyecto.

- **Factores de Emisión para Emisiones de Polvo en Actividades de Construcción de Edificaciones Comerciales**

Los factores de emisión dependen del tiempo en que demora la realización de la obra y en la superficie de terreno intervenida, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

Tabla 52. Factores de Emisión Para Construcción de Edificios [$\text{kg}/\text{m}^2\text{mes}$].

MP ₁₀	Material Particulado
0,0247	0,0504

Fuente: CARB Section: 7.7 Building Construction Dust
(Revised September 2002)

3.1.2.4.1.2 Factores de emisión Construcción de caminos.

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

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 Dust, CARB*”



revisión agosto 1997, y está basado en el Midwest Research Institute de California, año 1996.

Tabla 53. Factores de Emisión Para Construcción de Caminos (kg/m²-mes)

Factor de Emisión	MP ₁₀	PTS
Construcción de caminos	0,0272	0,042

Fuente: CARB, California, 1997.

3.1.2.4.1.3 Factores de emisión Producción de áridos.

a) Extracción en el Frente

Para calcular las emisiones por la carga de material a camiones se usó la metodología incluida en la sección 11.9 Western Surface Coal Mining (Tabla 11.9-2 “*Emission Factor Equations for Uncontrolled Open Dust Sources at Western Surface Coal Mines*”).

Para este caso se usó la fuente “Truck Loading”, siendo los factores de emisión y ecuaciones asociadas al cálculo, las siguientes:

Tabla 54. Factores de Emisiones Carga Camiones

Contaminante	Ecuaciones para Factor de Emisiones
PTS	$\frac{0,580}{(M)^{1,2}}$

Tabla 55. Factor Especiación Carga Camiones

Fracción	Factor de Especiación
MP ₁₀	0,75 ⁽¹⁾
MP _{2,5}	0,019 ⁽²⁾



- (1) Factor a multiplicarse por la ecuación de MP₁₅
- (2) Factor a multiplicarse por la ecuación de PTS

b) Transferencias discretas de material (kg/ton)

Para esta actividad, se utiliza como referencia lo indicado por “Compilation of Pollutant Emission Factors, AP-42: Chapter 13.2.4 “Aggregate Handling and Storage Piles”, cuyo cálculo de factor de emisión se detalla a continuación:

$$Fe = \frac{0.0016 * 0,35 * (U/2,2)^{1,3}}{(M/2)^{1,4}} \text{ [Kg/ton]} \quad \text{Ecuación 64}$$

Dónde:

U: Velocidad del viento (m/s)

M: Humedad del material

c) Transferencias continuas de material

Para el cálculo del factor de emisión se utiliza la siguiente ecuación referida a lo indicado en “Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001”, basado en la documentación AP-42.

$$Fe = \frac{K (0,0009)(s/5)(U/2,2)(H/3)}{(M/2)^2} \quad \text{Ecuación 65}$$

Dónde:

- | | | |
|----|---|--|
| Fe | : | factor de emisión Kg/ton |
| K | : | Coefficiente de tamaño de partícula emitida adimensional |
| S | : | Contenido de finos del material, en % |
| U | : | Velocidad del viento al momento de la transferencia en m/s |
| H | : | Altura de caída del material, en metros |



M : Contenido de humedad del material, en %

d) Actividades de Chancado

Los factores de emisión actualmente utilizados están descritos en la publicación “Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y ambientales, 2001” basados en el reporte AP-42 y consideran dos tipos de roca mineral, según el contenido de humedad: material seco (con humedad inferior a 4% en peso) y material húmedo (mayor que 4%). Los factores son los siguientes:

Tabla 56. Factor de emisión para MP₁₀

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

Fuente: Industria del Árido en Chile, Tomo 1, Sistematización de Antecedentes Técnicos y Ambientales, 2003.

Los valores representan kilogramos de MP₁₀ por cada tonelada de material sometido a chancado. Las tasas de emisión (por ejemplo, kg/día) se determinan multiplicando los factores de emisión de la tabla por la cantidad de toneladas de material sometidas al chancado durante el intervalo de tiempo considerado.

Respecto a actualizaciones, el AP-42 5ta edición, Agosto 2004, capítulo 11.19.2 “*Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing*” indica que el factor de emisión para MP₁₀ en el chancador terciario es de 0,0012 (kg/mg). Para el chancador primario y secundario el reporte no entrega datos disponibles; sin embargo, señala que el valor del chancador terciario se puede utilizar como límite superior:

Tabla 57. Factor de emisión para MP₁₀

Chancador	Sin mitigación	Con mitigación
	< 4% humedad	> 4% humedad
Primario	Dato no disponible*	Dato no disponible*
Secundario	Dato no disponible*	Dato no disponible*
Terciario	0.0012 kg/mg	0.00027

Ref: "Compilation of Pollutant Emission Factors, AP-42: cap 11.19.2 "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing"

- ❖ Se recomienda utilizar el valor del chancador terciario como límite superior para el chancador primario y secundario.

e) Actividades de clasificación de material pétreo

El factor de emisión para el harneo de materiales secos (< 4% humedad) es:

Tabla 58. Factor de emisión para PM-10

FE harneo de materiales secos (kg/ton)
0.06

Fuente: Industria del Árido en Chile,
Tomo 1, Sistematización de Antecedentes
Técnicos y ambientales, 2001.

Tabla 59. Factor de emisión para el harneo con control

Tipo	FE harneo con control (Kg/ton)
Sin Mitigación MP ₁₀	0,0043



Con Mitigación MP ₁₀	0,00037
---------------------------------	---------

Fuente: Table 11.19.2-1 (Metric Units)
 en la AP-42: cap 11.19.2 “Crushed
 Stone Processing and Pulverized
 Mineral Processing”.

f) Acopio de Material (kg/día/há)

La ecuación utilizada para estimar el factor de emisión de polvos fugitivos generado por el acopio de material en terreno es:

$$Fe = 1.9 * (s/1.5) (f/15) (365-P) / 365 \quad \text{Ecuación 66}$$

Dónde:

Fe : Factor de emisión (Kg/día/Ha)

S : Contenido de finos del suelo o material apilado

F : Porcentaje del tiempo en que el viento excede los 5,4 m/s a la altura media de la pila

p : Número de días al año con precipitación igual o mayor que 0,254 mm

g) Levantamiento de polvo por tránsito de camiones (Kg/km – viajes) por caminos sin pavimentar.

La metodología actualizada para estimar las emisiones generadas por esta actividad se presenta en la sección “Maquinaria dentro de plantas de áridos”.

h) Tamizado

Los factores de emisión recomendado por la EPA para operaciones de proceso de roca molida (Table 11.19.2-1 (Metric Units). Emission Factors For Crushed Stone Processing Operations) son los siguientes:



Tabla 60. Factores de Emisión – Tamizado

Fracción del MP	Factor de Emisión [Kg./Ton Procesada]
PTS	0,15
MP ₁₀	0,03

3.1.2.4.2 Factores de emisión Polvo resuspendido desde calles

A continuación, se detalla los factores de emisión de polvo resuspendido por el tránsito en calles pavimentadas y no pavimentadas.

3.1.2.4.2.1 Factores de emisión Polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas en red urbana e interurbana

A continuación, se muestra como obtener los factores de emisión para Caminos Pavimentados y Caminos No Pavimentados:

- Factor de Emisión para Caminos Pavimentados

Los factores de emisión de polvo desde caminos pavimentados, corresponden a la última versión (año 2011) del AP-42 de la EPA relativo a fuentes misceláneas de emisiones de polvo fugitivo desde caminos pavimentados. El factor de emisión se puede obtener de la siguiente forma:

$$e = k * (Sp)^{0,91} * (W)^{1,02} \quad \text{Ecuación 67}$$

Dónde:

e	: Factor de emisión de partículas por caminos pavimentados [g/vehículo-km].
k	: Constante, depende del tamaño de partícula a considerar [gr/VKT].
Sp	: Contenido de material fino, fracción de polvo de diámetro ≤ 75 micrones [g/m ²].
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 muestra en la siguiente tabla:



Tabla 61. Valores de la constante k

Tamaño de partícula Valores de k en [gr/VKT].	
MP 2,5	0,15
MP 10	0,62
MP 15	0,77
MP 30*	3,23

*: Se asocia a MP

Fuente: AP42-Paved Roads Table13.2.1-1

Respecto a la carga de sedimentos de material fino de la superficie del camino, la siguiente tabla muestra los valores por defecto del AP-42 Capítulo 13.

Tabla 62. Valores de sedimentos de material fino

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 500-5.000 y 5.000-10.000, con valores de 0,2 y 0,06 respectivamente.

Fuente: AP42-Paved Roads Table13.2.1-2

El valor de W es obtenido de valores promedio utilizados para vehículos en movimiento. La siguiente tabla muestra estos valores:

Tabla 63. Valores de peso promedio por vehículo

Tipo de vehículo	Peso (ton)
Vehículos Particulares	1,2
Vehículos de Alquiler	2
Vehículos Comerciales uso Particular	2
Camiones Livianos	7,5
Camiones Medianos	12
Motos	0,2



Tipo de vehículo	Peso (ton)
Buses Interurbanos	17,2
Taxis Colectivos	2
Buses Urbanos	17,2
Camiones Pesados	45
Buses Rurales	17,2
Buses Particulares e Institucionales	17,2
Vehículos Comerciales uso Empresas	2
Vehículos Medianos	2

- Factor de Emisión para Caminos No Pavimentados
- ✓ Caminos No Pavimentados Industriales

Para vehículos que viajan en superficies no pavimentadas en emplazamientos industriales, el factor de emisión se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$e = k * (Sp/12)^a * (W/3)^b \quad \text{Ecuación 68}$$

- ✓ Caminos de acceso público

Para vehículos livianos que viajan en caminos de acceso público, el factor de emisión se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$e = (k * (Sp/12)^a * (S/30)^d) / (M/0,5)^c \quad \text{Ecuación 69}$$

Dónde:

e	: Factor de emisión en lb/VMT
k, a, b, c y d	: Constantes empíricas
Sp	: Contenido de material fino
W	: Peso promedio de la categoría vehicular en toneladas
M	: Contenido de humedad de la superficie
S	: Velocidad media en mph



Los parámetros Sp, W y M se conocen como parámetros de corrección para ajustar el factor de emisión a las condiciones locales. La conversión de lb/VMT a gramos (g) por kilómetro recorrido del vehículo se obtiene de la siguiente forma:

$$1 \text{ lb/VMT} = 281,9 \text{ g/VKT}$$

Las constantes para las ecuaciones 75 y 76 basadas en los tamaños de partículas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 64. Valores de constantes empíricas

Constante	Caminos industriales			Caminos públicos		
	MP 2,5	MP 10	MP 30*	MP 2,5	MP 10	MP 30*
K (lb/VMT)	0,15	1,5	4,9	0,18	1,8	6,0
A	0,9	0,9	0,7	1	1	1
B	0,45	0,45	0,45	-	-	-
C	-	-	-	0,2	0,2	0,3
D	-	-	-	0,5	0,5	0,3

Fuente: AP42-Unpaved Roads Table13.2.2-2

Nota a la tabla anterior:

*: Se asocia a MP

" - ": No se utiliza en la ecuación de factor de emisión.

3.1.2.4.3 Factores de emisión Preparación de terrenos agrícolas

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:

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

Ecuación 70

Dónde:

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.



3.1.3 Recopilación y descripción de los niveles de actividad de las fuentes emisoras localizadas en las comunas estudiadas y su entorno

Se recopilaron y describieron los niveles de actividad de las fuentes emisoras consideradas en el área de estudio, para ello se revisaron en primera instancia las fuentes de información ya disponibles que han sido utilizadas en estudios¹³ anteriores, además se complementaron con los insumos (por ejemplo, encuestas, mediciones, terreno, flujos vehiculares, etc.), necesarios para el correcto desarrollo de las metodologías de cálculos de emisiones planteadas por el consultor.

3.1.3.1 Niveles de actividad para estimación de Emisiones, Fuentes Fijas (combustión y procesos).

3.1.3.1.1 Niveles de actividad Combustión y Procesos

Los niveles de actividad corresponden a: “consumo de combustible” en el caso de fuentes de combustión tales como calderas, grupos electrógenos y hornos de cocción de alimentos y “materias primas” en el caso de procesos. En base a información recopilada del D.S. 138/2005 MINSAL, a continuación, se presenta el número de fuentes de las comunas en estudio:

¹³ **UACH (2013)**. Estudio “Encuesta del consumo energético para el sector residencial” (Estudio en ejecución por parte del MMA).
CENMA (2010). Actualización del Inventario de Emisiones de Temuco y Padre Las Casas. Informe Final año base 2009.
DICTUC (2005). Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de Temuco y Padre Las Casas. Informe Final año base 2009.
UCT-CONAMA (2009). Inventario de emisiones atmosféricas para LAS CIUDADES DE CHILLÁN Y LOS ANGELES.
UCT-CONAMA (2009) Actualización del inventario de emisiones atmosféricas para Concepción Metropolitano.
AMBIOSIS (2009) "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 TALLA".
ENVIROMODELING (2009). "Análisis de Emisiones Atmosféricas en Coyhaique".
INFOR (2012). "Estudio de Consumo Domiciliario Urbano de Material Leñoso en Valdivia".
IIT- U. de Concepción (2014). Diagnóstico de la Calidad del Aire y Medidas de Descontaminación en Talca Y Maule".
CEOC-UTALCA (2007). "Equipos de Calefacción y Combustibles Utilizados en Talca y Curicó".



Tabla 65. Número de Fuentes declaradas el año 2014

Clasificación de fuente	Curicó	Molina	Romeral	Sagrada Familia	Teno
Calderas (Industriales y de calefacción)	17	8	11	3	6
Grupos electrógenos	33	22	14	5	56
Panaderías	9	0	0	1	0
Manejo de áridos ¹⁴	0	0	2	0	0
Producción de Cemento	0	0	0	0	23
Total	59	30	27	9	85

Fuentes: Elaboración propia en base DS 138/MINSAL 2005.

El detalle de los consumos de combustible y materias primas se presentan en el anexo digital, archivo: “emisiones_fuentes_fijas.xlsx”, Hoja (“2014”).

3.1.3.2 Niveles de actividad para estimación de emisiones, Fuentes Móviles (en ruta y fuera de ruta).

3.1.3.2.1 Niveles de actividad Fuentes Móviles en ruta

Niveles de actividad Tipo Arco para ciudades que cuentan con modelo de transporte.

Curicó es la única comuna que cuenta con modelo de transportes, se obtuvieron los archivos de corridas de transporte los cuales son proporcionados por SECTRA para correr el sistema MODEM. Además, se utilizaron archivos shapes de las redes viales correspondientes a Curicó y los archivos de nodos.

- **Composiciones vehiculares**

¹⁴ Estas fuentes fueron declaradas en el F138, sin embargo, corresponden a fuentes fugitivas de polvo, por tanto, fueron cuantificadas en dicho grupo.



Para la generación de las composiciones vehiculares requeridas por la metodología es necesario descomponer las categorías vehiculares que entrega el modelo de transporte en tipos más específicos que permitan aplicar los factores de emisión, los cuales consideran el tipo de vehículo y su nivel tecnológico (categorías k en la metodología tipo arco). Para esto se utiliza la información de parque vehicular del INE en combinación con las bases de datos de revisión técnica las que permiten agrupar los vehículos en una zona dada (comuna) según su tipo y año de ingreso lo cual lleva asociada la norma que cumple (EURO I, EURO II, etc.). En general todos los arcos de una zona dada tendrán la misma composición tecnológica.

A modo de ejemplo a continuación se presentan gráficos para composición vehicular y tecnológica para la ciudad de Curicó para el año 2014:

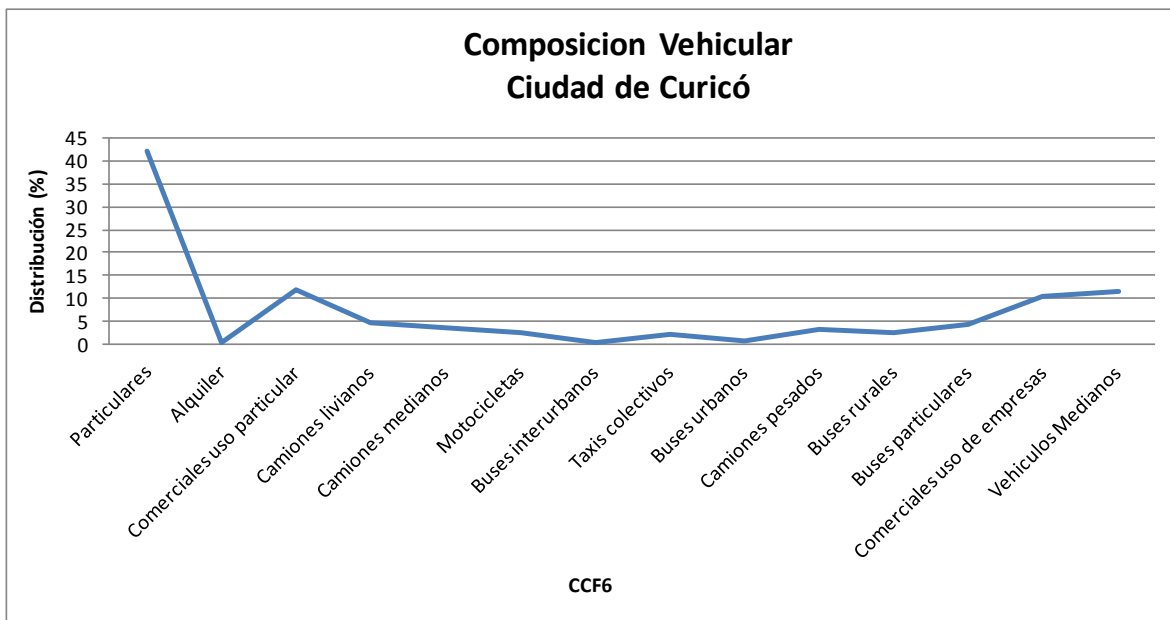


Figura 4: Composición vehicular para la ciudad de Curicó para el año 2014

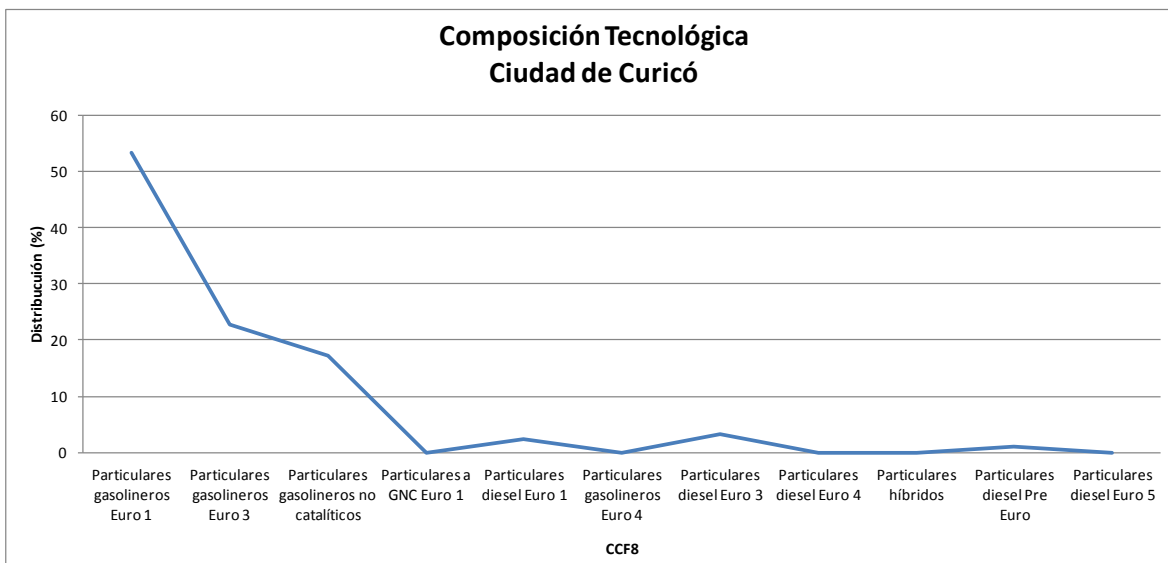


Figura 5: Composición tecnológica para la ciudad de Curicó para el año 2014

- Perfiles Temporales

Los modelos de transporte sólo entregan información de flujo para ciertos períodos de un día laboral (punta, fuera de punta y punta tarde), no obstante, los modelos de emisiones requieren los flujos para las 24 horas del día para todos los días de una semana y para distintos meses del año. Para esto SECTRA ha proporcionado perfiles históricos, principalmente del año 2005 construidos a partir de campañas de conteos vehiculares, los cuales diferencian tipos de vehículos según sentido de circulación en una zona dada (sector). Por otra parte, en general se considera en la metodología MODEM que estos perfiles presentan una baja variabilidad y se recomienda su actualización cada 5 años y para los fines del presente estudio estos se utilizaron en forma directa de las bases de datos generadas para el RETC en los años anteriores.

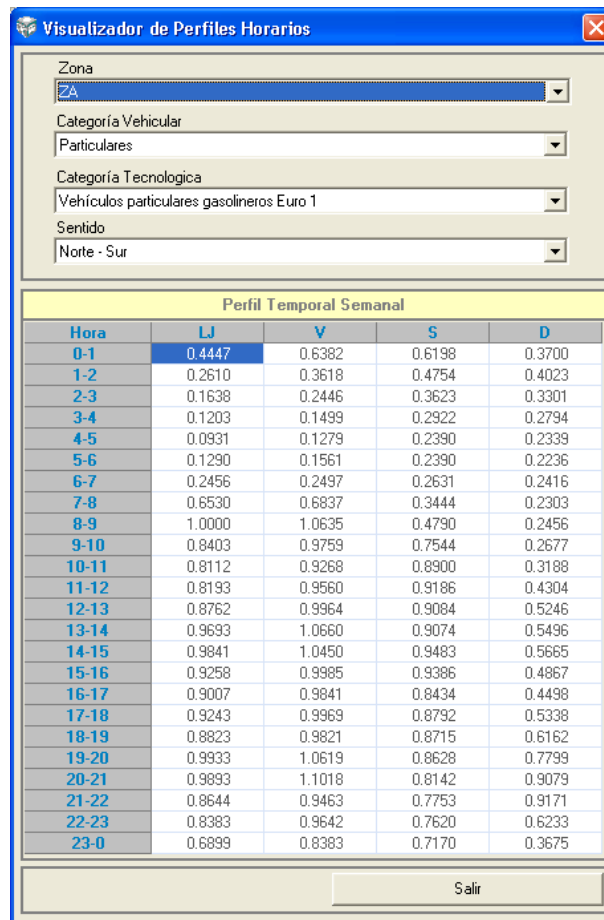


Figura 6: Visualizador de perfil horario

Niveles de actividad Tipo Zona para ciudades que cuentan con modelo de transporte

Para poder aplicar esta metodología se necesita contar con la siguiente información:

- Información de parque vehicular

Principalmente información del INE a nivel comunal para determinar, cuántos vehículos existen en un sector determinado. En general se asume que la cantidad de vehículos que sacan su permiso de circulación en una zona corresponden a los residentes de esa zona. Por tanto, una zona con mucho parque vehicular tendrá muchas partidas en frío durante la mañana y muchas detenciones en caliente durante la tarde.



- Matriz Origen - Destino

En general la cantidad de detenciones en caliente durante la mañana en una zona de determinada dependerá de cuantos viajes atrae esa zona, por otra parte, si una zona atrae muchos viajes tendrá a su vez muchas emisiones evaporativas durante el día y muchas partidas en frío durante la tarde. Para este tipo de emisiones es fundamental contar con información de movilidad del parque durante el día lo cual viene dado por las matrices origen destino que utiliza SECTRA para generar y atraer viajes en sus modelos de transporte, la cual debe ser ingresada como una matriz al sistema MODEM v 5.1.

- Otros parámetros metodológicos

Esto se refiere a la actualización de valores que inciden directamente en las ecuaciones de cálculo y que dentro del sistema están asociados a cada tipo de vehículos entre estos tenemos el largo de un viaje promedio y el número de viajes promedio. En general estos valores se han mantenido inalterados con el tiempo ya que su actualización requiere de estudios de transporte específicos.

- Otra información que se actualiza

Esto se refiere principalmente a la homologación que debe existir dentro del sistema entre las categorías para las cuales se cuenta con información de parque vehicular (categorías INE) y las categorías para las cuales se estiman las emisiones (categorías MODEM).

Finalmente el sistema MODEM cuenta con una Matriz de decisión llamada matriz criterio Origen-Destino en la cual se definen los horarios para los cuales las emisiones evaporativas dentro de la zona de estudio están determinadas por el parque vehicular origen (parque residente en la zona) o parque vehicular destino (parque que fue atraído a la zona).

Niveles de actividad Tipo Arco para ciudades que no cuentan con modelo de transporte

Para poder aplicar esta metodología se necesita contar con la siguiente información:

- Parque vehicular de la zona en estudio proveniente del INE.



- Descomposición de los tipos de vehículos por tecnología para lo cual se utiliza la misma metodología seguida en la ciudades con modelo de transporte para generar las composiciones vehiculares.
- Obtención de kilómetros recorridos promedio por cada categoría vehicular, lo cual debe ser determinado a partir de ciudades que cuentan con modelos de transporte. Por tanto en el marco del presente estudio deberán ser actualizadas las tablas de kilómetros recorridos por tipo de vehículos según tamaño del parque.
- Obtención de velocidades promedio de circulación por tipo de vehículos que también es obtenida de las ciudades que cuentan con modelo de transporte según el tamaño del parque vehicular y al igual que en el caso de los kilómetros promedios también deberán ser actualizadas.
- Factores de emisión los cuales fueron tomados directamente de los factores actualizados para ciudades con modelo de transporte.

Tabla 66. Kilómetros Recorridos ciudad de Curicó año 2014

Categoría Vehicular	Kms Rec
Buses interurbanos	0
Buses licitados urbanos	3.618.267
Buses particulares e institucionales	0
Buses rurales	3.556.763
Camiones livianos	479.663
Camiones medianos	385.293
Camiones pesados	313.079
Motocicletas	8.158.271
Taxis colectivos	19.622.647
Vehículos comerciales de uso de empresas	28.783.885
Vehículos comerciales de uso particular	21.714.539
Vehículos de alquiler	1.196.164
Vehículos Medianos	0
Vehículos particulares	76.593.978
Total	164.422.550

Fuente: Elaboración propia



Tabla 67. Kilómetros Recorridos ciudades sin modelo de transporte

CCF6	Descripción	Kilómetros / Vehículo		
		<= 25.000	> 25.000 y <= 50.000	> 50.000
701001	Particulares	5592	6841	9511
701002	Alquiler	31677	44975	54785
701003	Comerciales	7990	12331	13549
701004	Camión Liviano	3789	10332	54295
701005	Camión Mediano	3789	10332	54295
701006	Motos	1796	4358	6652
701007	Buses	30212	34436	54497
701008	Colectivos	31677	44975	54785
701009	Buses	30212	34436	54497
701010	Camión Pesado	24445	25569	120876
701037	Buses	30212	34436	54497
701038	Buses	30212	34436	54497
701039	Comerciales	7990	12331	13549
701040	Medianos	7990	12331	13549

Fuentes: Elaboración propia



Tabla 68. Parque vehicular año 2014

Categoría Vehicular	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno	Curicó	Total
Buses interurbanos	0	0	0	0	0	0	0
Buses licitados urbanos	1104	178	821	637	1030	2372	6.142
Buses particulares e institucionales	134	210	32	33	71	476	956
Buses rurales	0	0	0	0	0	0	0
Camiones livianos	2.230	3767	4280	1827	3063	5.789	20.956
Camiones medianos	0	0	0	0	0	0	0
Camiones pesados	672	2.061	2300	745	2679	1484	9.941
Motocicletas	2.177	1.006	2.168	1.256	1.895	9.240	17.742
Taxis colectivos	185	221	861	8	143	5034	6.452
Vehículos comerciales de uso de empresas	15.581	17.822	17.568	11.780	12.410	47.763	122.924
Vehículos comerciales de uso particular	1425	781	1387	867	772	4.534	9.766
Vehículos de alquiler	183	59	141	2	73	1114	1.572
Vehículos Medianos	0	0	0	0	0	0	0
Vehículos particulares	23.414	12.678	27.185	17.010	16.170	105.553	202.010
Total	47.105	38.783	56.743	34.165	38.306	183.359	398.461

Fuentes: Elaboración propia en base a parque INE publicado



Tabla 69. Parque Red Interurbana año 2012

Categoría Vehicular	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno	Curicó	Total
Buses interurbanos	2.020,96	856,27	892,72	444,89	8.013,97	4.944,22	17.173,02
Buses licitados urbanos	8.074,51	3.421,12	3.566,75	1.777,52	32.018,88	15.538,98	64.397,75
Buses particulares e institucionales	51.885,49	21.983,56	22.919,34	11.422,08	205.748,17	102.334,50	416.293,14
Buses rurales	17.758,65	7.524,23	7.844,52	3.909,39	70.420,66	67.616,29	175.073,74
Camiones livianos	83.049,12	258.473,31	122.413,83	37.570,67	261.626,76	213.916,92	977.050,60
Camiones medianos	48.120,18	149.764,17	70.928,81	21.769,13	151.591,34	185.994,45	628.168,08
Camiones pesados	27.838,09	204.822,59	112.097,60	10.303,37	395.252,09	88.201,00	838.514,75
Motocicletas	137.774,94	103.467,08	81.759,26	42.739,92	305.422,07	585.835,07	1.256.998,35
Taxis colectivos	36.331,06	15.484,87	34.452,01	190,80	27.547,87	326.744,62	440.751,25
Vehículos comerciales de uso de empresas	51.755,92	108.825,93	35.291,36	16.983,68	105.393,01	163.214,16	481.464,05
Vehículos comerciales de uso particular	899.747,51	1.891.877,56	613.520,47	295.251,75	1.832.198,21	2.713.744,45	8.246.339,94
Vehículos de alquiler	11.323,97	4.223,15	5.142,09	0,00	10.779,60	63.143,90	94.612,71
Vehículos Medianos	167.210,25	351.589,00	114.017,45	54.869,97	340.498,11	646.571,23	1.674.756,00
Vehículos particulares	1.529.679,35	1.280.317,18	1.044.358,79	521.846,81	2.611.059,27	6.957.355,23	13.944.616,63
Total	3.072.570,00	4.402.630,00	2.269.205,00	1.019.080,00	6.357.570,00	12.135.155,00	29.256.210,00

Fuentes: Elaboración propia en base a plan nacional de censos

Niveles de actividad Tipo Zona para ciudades que no cuentan con modelo de transporte

En general para esta metodología los requerimientos de información son idénticos a la de la metodología tipo arco, pero en este caso se requiere estimar factores de emisión promedio por tipo de vehículo.

3.1.3.2.2 Niveles de actividad Fuentes Móviles fuera de ruta

Niveles de actividad Estimación de Emisiones de Fuentes Móviles Fuera De Ruta (Off Road)

El Nivel de actividad se refiere a la intensidad del uso de la maquinaria y se expresa habitualmente en horas/año [hr/año].





Esta información se obtuvo principalmente de las estadísticas de aduana y empresas del rubro que sirvan para construir un catastro y levantamiento de la información necesaria.

Para los distintos rubros se sistematizará la información internacional proveniente de la EPA y Corinair, con el fin de asignar los niveles de actividad a las maquinarias por rubro presentes en las bases de datos de aduanas.

Tipología: Respecto a la tipología de los distintos rubros, se dispone de información de la Maquinaria Fuera de Ruta (MFR) por rubro y tipo, en base a la legislación internacional (CORINAIR, específicamente el capítulo 1.4.a “Non-road mobile sources and machinery”). A partir de dichas clasificaciones este consultor contará con la segmentación por rubro, clasificando la maquinaria para la estimación del parque en el estudio.

Algunos ejemplos se mencionan a continuación.

Tabla 70. Tipología Maquinaria Fuera De Ruta

Categoría	Maquinaria Fuera de Ruta	Imagen
Agrícola	Pulverizadora, Tractor, Cargador, Cultivadores, Desmalezador, Desmenuzadora, Rotovalor, Segadora, Sembradora, Cargador, Retroexcavadora.	
Forestal	Forestal, Compactador, Grúas forestales, Procesadores Forestal, Skidder (Tractor Forestal), Talador, Transportador Troncos, Cargador, Retroexcavadora.	
Minería	Excavadora, Máquinas de carga, acarreo y descarga (LHD) para minería subterránea, Motoniveladora, Palas mecánicas, Traillas, Cargador, Retroexcavadora, Compactador	
Construcción	Excavadora, Motoniveladora, Bulldozer, Grúas Horquillas, Manipulador, Minicargador, Pavimentadora, Grúa telescópica, Tiendetubos.	

Potencia: Esta variable se refiere a la potencia media del motor para cada tipo de maquinaria y se expresa en [kW].

En el caso de las potencias también se homologará y adecuará la información internacional según las maquinarias existentes por rubro en las bases de dato de aduanas.

Este consultor también depurará, analizará y segmentará las bases de aduanas, por rubro y maquinaria para obtener las potencias declaradas en las importaciones.

Vida Útil: La vida útil es el tiempo medio de uso de la maquinaria antes de su retiro de la flota. Habitualmente se expresa en horas [hrs] o años.

En relación a la vida útil, se dispone de información internacional de Corinair por rubro y tipo de maquinaria. Sin embargo, dicha información deberá ser segmentada y adecuada a la maquinaria por rubro existente en el país.

A continuación se presentan algunos ejemplos del Corinair 2010 para el rubro de la construcción:

Tabla 71. Ejemplos de CORINAIR 2010.

Tipo de maquinaria	Tiempo de vida (años)
Motoniveladoras	10
Pavimentadora de asfalto	10
Montacargas 2-3 ton	20
Generadores	13
Excavadoras / cargadores	10
Cargadores de Cadena	10
Cargadores sobre ruedas (0-5 tons)	10
Cargadores sobre ruedas (> 5,1 tons)	10
Excavadoras sobre ruedas	10
Excavadoras de cadena (0-5 tons)	10
Excavadoras de cadena (> 5,1 tons)	10
Cargadores telescópicos	14
Mini cargadores	14
Montacargas > 10 tons (diésel)	20
Montacargas 5-10 tons (diésel)	20
Montacargas 3-5 tons (diésel)	20
Montacargas 0-2 tons (diésel)	20

Para determinar la antigüedad de la flota, la que sirvió de input para la estimación de la maquinaria en el parque, se utilizó la información que proporcionan las Plantas de Revisiones Técnicas, las que cada 4 años inspeccionan a las maquinarias. Si bien estas bases de PRT no cuentan con toda la información, sirve para ver el perfil y distribución de los distintos tipos de maquinarias.

NIVEL DE ACTIVIDAD, FACTOR DE CARGA: A continuación, se presenta el nivel de actividad y factor de carga reportados en el documento [EPA2004-A] o en su análogo, el Model 2008a¹⁵, aplicado a las categorías definidas para el inventario de líneas base 2013, elaborado por el estudio.

Tabla 72. Nivel de actividad, factor de carga

Tipo de maquinaria	Factor de Carga	NA [Hrs/año]
Plataforma telescópica	0,21	384
Tractores agrícolas y forestal	0,59	475
Perforador	0,43	466
Grúa telescópica	0,43	990
Dumper	0,21	566
Excavadoras	0,59	1092
Grúa Horquilla	0,59	1700
Motoniveladoras	0,59	962
Equip fell / bunch / skidders	0,59	1276
Camiones Fuera de Carretera	0,59	1641
Otro Equipo Agrícola	0,59	381
Otro material de construcción	0,59	606
Otros industrial general Equipo	0,43	878
Otro equipo del campo petrolífero	0,43	1231
Otro Equipo Para Minería Subterránea	0,21	1533
Asfaltadora	0,59	821
Rodillos	0,59	760
Grúa horquilla todo terreno	0,59	662
Bulldozer	0,59	899
Cargador Frontal	0,59	761
Minicargadoras	0,21	818
Quitanieve	0,34	40
Barredoras	0,43	1220
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	0,21	1135
Zanjadoras	0,59	593

Fuente: Elaboración propia a partir de [EPA 2004-A]

¹⁵ Model2008, es el modelo utilizado por la EPA, para desarrollar los inventarios de emisiones.

3.1.3.3 Niveles de actividad para estimación emisiones, Fuentes Aerales (residenciales, comerciales y otras).

3.1.3.3.1 Niveles de actividad Residenciales (combustión externa y evaporativas)

3.1.3.3.1.1 Niveles de actividad Combustión externa residencial de leña.

Niveles de actividad Estimación de Emisiones Combustión residencial de leña RETC

Para la metodología de estimación de consumo de leña a nivel comunal se realizó el siguiente procesamiento de información de manera secuencial:

- a) Obtención de la población a nivel comunal mediante Proyecciones del INE.
- b) Estimación de la población a nivel comunal subdividida en urbano-rural, mediante proyecciones del INE.
- c) Estimación del consumo de leña subdividido en urbano - rural a partir del levantamiento de información de la **encuesta de leña** complementado con datos de la Encuesta CASEN 2013.
- d) Estimación del porcentaje de personas que no consumen leña a nivel comunal, subdividido en urbano - rural a partir de la **encuesta de leña** complementado con datos de la CASEN 2013.
- e) Obtención de consumos de leña a nivel comunal subdivididos en urbano y rural.
- f) Encuesta de consumo de leña aplicada a la zona de estudio.

Encuesta Consumo de Leña

A continuación se presentan las fechas de su ejecución por comuna:

Tabla 73: Fechas de ejecución “Encuesta Consumo de Leña”

Comuna	Fecha Inicio	Fecha Termino
Romeral	28/12/2015	27/01/2016
Teno	01/01/2016	29/01/2016
Rauco	29/12/2015	28/01/2016
Sagrada Familia	04/01/2016	29/01/2016
Molina	08/01/2016	29/01/2016
Curicó	22/01/2016	01/02/2016

Los resultados de la campaña de encuestas fueron analizados y procesados para generar los niveles de actividad necesarios para la estimación de las emisiones. A continuación se presentan algunos de los antecedentes relevantes utilizados por la metodología.

Tabla 74: Consumo residencial de leña por tipo de artefacto y por comuna.

Tipo artefacto	Kg/leña/artefacto					
	Curicó	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno
Calentador c/Templador	541,05	597,07	462,22	574,12	660,37	543,42
Chimeneas	800,00	862,50	0	400,00	0	0
Cocinas	884,00	1090,45	1414,29	690,56	663,00	720,00
Otros	483,33	1733,33	600,00	0	487,50	200,00
Salamandra	462,08	588,12	580,00	507,69	574,12	611,38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75: Tipo de uso de leña y humedad por comuna Combustión Residencial de leña

Tipo de uso de leña y humedad	Comuna					
	Curicó	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno
Húmeda	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	8,9%
Seca	96,9%	96,2%	95,4%	88,0%	86,5%	91,1%
Semi húmeda	3,1%	3,5%	4,6%	12,0%	13,5%	0,0%
Total general	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76: Consumo per cápita por comuna Combustión Residencial de leña

Comuna	Percapita (Kg/Persona)	Percapita rural (Kg/Persona)
Curicó	67,81	177,82
Molina	130,47	140,85
Rauco	153,21	124,51
Romeral	111,31	168,67
Sagrada Familia	133,90	145,83
Teno	97,50	367,94

Fuente: Elaboración propia

La metodología para determinar el tamaño muestral y el formato de la encuesta de leña se presenta en los Anexos 5.1 *Metodología Encuesta de consumo de leña*.

3.1.3.3.1.2 Niveles de actividad Combustión externa residencial de Kerosene y GLP.

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

Tabla 77: Niveles de actividad (consumo residencial e industrial de GLP), para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Comuna	GLP (toneladas)	
	Consumo Residencial	Consumo Industrial
Curicó	5950,5	2945,6
Molina	1757,2	869,8
Rauco	415,9	205,9
Romeral	625,0	309,4
Sagrada Familia	812,0	401,9
Teno	1184,5	586,3
Total	10745,0	5319,0

Fuente: Informe Estadístico de Combustibles 2014.

Tabla 78: Niveles de actividad (consumo de kerosene m³), para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Comuna	Kerosene m ³
Curicó	910,47
Molina	268,86
Rauco	63,63
Romeral	95,62
Sagrada Familia	124,24
Teno	181,23
Total	1644,05

Fuente: Informe Estadístico de Combustibles 2014.

3.1.3.3.1.3 Niveles de actividad Evaporativas residenciales

Niveles de actividad para Estimación de emisiones Uso de Solventes

Los niveles de actividad están dados por la cantidad de solventes utilizados, información que actualmente está en etapa de recopilación y procesamiento por parte del consultor.

Niveles de actividad para Estimación de emisiones Pintado arquitectónico

Los niveles de actividad están dados por la cantidad de solventes utilizados, información que actualmente está en etapa de recopilación y procesamiento por parte del consultor.

Niveles de actividad para Estimación de emisiones Uso de Adhesivos Domésticos

Los niveles de actividad están dados por la cantidad de adhesivos domésticos, información que actualmente está en etapa de recopilación y procesamiento por parte del consultor.

Niveles de actividad para Estimación de emisiones Fuentes Residenciales de NH₃

Los niveles de actividad están dados por la cantidad habitantes, niños y animales, a continuación, se detalla cada uno de ellos:

Tabla 79. Población (Año 2014)

Comuna	Total	Urbana	Rural
Curicó	119.585	100.506	19.079
Molina	38.521	28.232	10.289
Rauco	8.566	3.114	5.452
Romeral	12.707	3.675	9.032
Sagrada Familia	17.519	5.080	12.439
Teno	25.596	6.729	18.867
Total general	222.494	147.336	75.158

Fuente: Censo Población y Vivienda 2002 y Proyecciones-de-poblacion-2014 - INE

Tabla 80: Población niños 0-2 años (Año 2014)

Comuna	Total	Urbana	Rural
Curicó	22.873	19.223	3.650
Molina	7.368	5.399	1.969
Rauco	1.638	595	1.043
Romeral	2.430	702	1.728
Sagrada Familia	3.350	971	2.379
Teno	4.895	1.286	3.609
Total general	42.554	28.176	14.378

Fuente: Censo Población y Vivienda 2002 y Proyecciones-de-poblacion-2014 – INE

Tabla 81: Tasa de animales por cada 1000 habitantes, dependiendo en la zona y número de habitantes.

Tipo	Urbana (> 800 mil hab.)	Suburbana (200 mil - 800 mil hab.)	Rural (< 200 mil hab.)
Proporción Perros	122	167	220
Proporción Gatos	83	111	133

Fuente: RETC, México.

Tabla 82: Población de perros y gatos, en relación a la población proyectada por el INE

Comuna	Proporción Perros			Proporción Gatos		
	Perros	Urbana	Rural	Gatos	Urbana	Rural
Curicó	48.790	17.405	31.386	30.815	11.841	18.974
Molina	14.408	5.140	9.268	9.100	3.497	5.603
Rauco	3.410	1.216	2.193	2.154	828	1.326
Romeral	5.124	1.828	3.296	3.236	1.244	1.993
Sagrada Familia	6.658	2.375	4.283	4.205	1.616	2.589
Teno	9.712	3.464	6.247	6.134	2.357	3.777

Fuente: Censo Población y Vivienda 2002, Proyecciones-de-poblacion-2014 – INE y México.

Niveles de actividad para Estimación de emisiones Fugas residenciales de GLP

En la siguiente tabla se presentan las fugas de GLP provenientes del sector Residencial, para las comunas en estudios, correspondiente al año 2014.

Tabla 83: Niveles de actividad (Fugas de GLP (toneladas), para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Comuna	Fugas de GLP (toneladas)
	Residencial
Curicó	208,27
Molina	61,50
Rauco	14,55
Romeral	21,87
Sagrada Familia	28,42
Teno	41,46
Total	376,07

Fuente: Elaboración propia a partir del Informe Estadístico de Combustibles 2014.

3.1.3.3.2 Niveles de actividad Comerciales (evaporativas, restaurantes y comida rápida)

3.1.3.3.2.1 Niveles de actividad Evaporativas comerciales.

Niveles de actividad Distribución de combustible

Los niveles de actividad corresponden a la cantidad de combustible distribuido en las comunas del estudio.

Tabla 84: Cantidad de vehículos, por comuna en estudio, correspondiente al año 2014.

Comunas	Total Vehículos
Curicó	34138
Molina	8857
Rauco	7110
Romeral	7666
Sagrada Familia	5934
Teno	6305

Fuente: Parque Vehicular INE.

Tabla 85: Cantidad de combustible (m³), para la región del Maule, correspondiente al año 2014.

Tipo de Combustible	Total (m ³)
Gasolina_93	98878
Gasolina_95	61168
Gasolina_97	31569

Fuente: Informe Estadístico de Combustibles (SEC), 2014.

Niveles de actividad para Estimación de emisiones de Lavasecos

El nivel de actividad considerado, corresponde a la proyección de la población realizada por el INE para el año 2014 por comuna, debido a que no se contaba con información más detallada de la cantidad de solventes utilizados.

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Talleres de Pintura

El nivel de actividad considerado es la proyección de la población realizada por el INE para el año 2014 por comuna, debido a que no se contaba con información más detallada de la cantidad de solventes, pinturas, tintas, etc.

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Imprenta

El nivel de actividad considerado es la proyección de la población realizada por el INE para el año 2014 por comuna, debido a que no se contaba con información más detallada de la cantidad de solventes, uso de tintas en el proceso de impresión.

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Aplicación de asfalto

En la siguiente tabla se presentan la distancia (Km) construida de asfalto, para las comunas en estudios, correspondiente al año 2014.

Tabla 86: Niveles de actividad (Caminos construidos de asfalto (km), para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Comunas	Longitud (Km)
Curicó	0,52
Molina	1,63
Rauco	0,26
Romeral	0,56
Sagrada Familia	0,00
Teno	1,14

Fuente: MINVU

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Fugas comerciales de GLP

En la siguiente tabla se presentan las fugas de GLP provenientes del sector Comercial/Industrial, para las comunas en estudios, correspondiente al año 2014.

Tabla 87: Niveles de actividad (Fugas de GLP (toneladas), para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Comuna	Fugas de GLP (toneladas)
	Industrial/Comercial
Curicó	44,18
Molina	13,05
Rauco	3,09
Romeral	4,64
Sagrada Familia	6,03
Teno	8,79
Total	79,78

Fuente: Elaboración propia a partir del Informe Estadístico de Combustibles 2014.

3.1.3.3.2 Niveles de actividad Restaurantes y comida rápida.

Los niveles de actividad necesarios para estimar las fuentes de emisión asociadas a restaurantes y comida rápida son básicamente los consumos de combustibles (principalmente gas licuado y leña) en los hornos de panadería, y se presentan a continuación:

Tabla 88: Niveles de actividad Hornos de Panadería

Comuna	Gas Licuado		Gas Natural	Petróleo Nº 2 (Diésel)
	Kg	m3	m3	kg
Curicó	323.808	11.169	98.466	43.292
Molina	0	11.712	65.988	74
Sagrada Familia	21.120	0	0	0

3.1.3.3.3 Niveles de actividad Otras fuentes de área (disposición de residuos, quemas, emisiones biogénicas, actividades agrícolas y crianza de animales)

3.1.3.3.3.1 Niveles de actividad Disposición de residuos.

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Disposición de residuos (Plantas de tratamiento de aguas servidas)

Los niveles de actividad corresponden a la cantidad de aguas servidas que llega a las plantas de tratamiento de las comunas del estudio; a continuación, se detalla la información reportada por la SISS.

Tabla 89: Total aguas tratadas por comuna 2014

Comuna	Volumen Caudal (m ³ /año)
Curicó	539.052
Molina	114.060
Romeral	32.160
Teno	6.240
Total	691.512

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Las comunas Rauco y Sagrada Familia no declaran información para el año 2014 asociada al DS 609¹⁶.

3.1.3.3.2 Niveles de actividad Quemadas.

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Quemadas Agrícolas.

Los niveles de actividad requeridos para la aplicación metodológica, son la cantidad de superficie en hectáreas quemadas por tipo de cultivo y/o vegetación. Base de Datos generada por CONAF a nivel comunal, única entidad que registra y autoriza el uso del fuego para la eliminación de residuos, rastrojos y/o desechos etc. de origen vegetal.

Las especies vegetales que se encuentran dentro de la clasificación de CONAF son algunos cereales (desechos provenientes de la post-cosecha de Trigo, Maíz, Cebada etc.), actividades silvícolas (podas, raleos y desechos de cosecha) de plantaciones forestales y vegetación menor como matorrales y pastizales en sitios abiertos, para habilitar caminos, superficie para siembra, limpieza de canales etc.

En la siguiente tabla se presentan las superficies (hectáreas) sometidas a quemadas agrícolas por tipo de cultivo o vegetación), para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

¹⁶ D.S. 609/1998 Fija la cantidad máxima de contaminante permitida para los residuos industriales líquidos, descargados por los establecimientos industriales en los servicios públicos de recolección de aguas servidas de tipo separado o unitario y establece plazo para el cumplimiento de la norma.

Tabla 90: Niveles de actividad (hectáreas) sometidas a quemas agrícolas, para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Comunas	Eucaliptus	Maíz	Otros	Pino	Ramas	Trigo	Vegetación
Curicó	12,0	3,0	15,1	0,0	5,8	0,0	0,0
Molina	20,0	0,0	19,5	0,0	8,9	0,0	0,0
Rauco	0,0	26,5	13,5	0,0	8,0	14,0	0,0
Romeral	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0
Sagrada Familia	0,0	0,0	43,5	99,3	18,0	0,0	0,0
Teno	0,0	106,2	45,7	0,0	19,8	29,4	15,7

Fuente: Base de Datos de CONAF.

Clasificación de vegetación afectada por quemas agrícolas.

- **Eucaliptus:** Corresponde a material vegetal de plantaciones de Eucaliptus, provenientes de faenas (Poda, raleo y cosecha).
- **Maíz:** Corresponde a residuos y/o rastrojos de Maíz, provenientes de la post-cosecha.
- **Otros:** Corresponde a material vegetal de diversas especies (no clasificadas por CONAF), provenientes de faenas (Poda, raleo y cosecha).
- **Ramas:** Corresponde a material vegetal leñoso menor (ramas, frutos, desechos de podas de frutales etc.).
- **Trigo:** Corresponde a residuos y/o rastrojos de Trigo, provenientes de la post-cosecha.
- **Vegetación:** Corresponde a material vegetal menor herbáceo o leñoso menos (pastizales, vegetación natural etc.)

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Incendios Forestales

Los niveles de actividad representan la superficie (en hectáreas) afectada por incendios de vegetación natural y plantaciones forestales, desagregadas por comuna, información reportada por CONAF, en ella se definen a los pastizales, matorrales y bosque nativo como vegetación natural, pinos y eucaliptus como plantaciones forestales. Sin embargo, la información reportada en internet no es suficiente para la estimación requerida, debido a que los reportes indican las hectáreas consumidas durante la temporada que CONAF considera como período de evaluación.

Especies vegetales por unidad de análisis: Base de Datos generada por CONAF a nivel comunal, única entidad que registra y autoriza el uso del fuego para la eliminación de residuos, rastrojos y/o desechos etc. de origen vegetal.

En la siguiente tabla se presentan las superficies (hectáreas) afectadas por incendios forestales, por tipo de cultivo y/o vegetación, para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Tabla 91: Niveles de actividad (hectáreas afectadas por incendios forestales, para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Comunas	Agrícola	Arbolado	Desechos	Eucalipto	Matorral	P10	Pastizal
Curicó	0,00	212,80	0,30	17,10	211,83	0,00	100,11
Molina	1,00	0,21	1,10	1,90	7,13	0,00	11,42
Rauco	0,00	0,00	0,00	1,51	4,52	0,00	9,51
Romeral	1,00	265,52	0,97	8,20	502,74	104,01	26,95
Sagrada Familia	0,00	1,50	30,00	1,00	65,52	0,00	60,10
Teno	0,00	0,00	0,50	2,00	5,52	0,00	8,32

Fuente: Base de Datos de CONAF.

Clasificación por tipo de vegetación o cultivo afectada por incendios forestales.

- **Agrícola:** Corresponde a cultivos agrícolas (principalmente cereales y frutales).
- **Arbolado:** Corresponde a Bosque Nativo en la zona.
- **Desechos:** Corresponde a desechos vegetales agrícolas y/o forestales.
- **Eucalipto:** Corresponde a plantaciones de Eucaliptus.
- **Matorral:** Corresponde a vegetación, (matorrales, arbustos, leñosas menores etc.).
- **P10:** Corresponde a plantaciones de Pinos en estado juvenil de 11 a 18 años
- **Pastizal:** Corresponde a vegetación menor (pastizales, hierbas, malezas etc.).

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Incendios Urbanos

En la siguiente tabla se presentan los incendios urbanos producidos para las comunas en estudio, para el año 2014.

Tabla 92: Niveles de actividad (cantidad de incendios urbanos), para la zona de estudio, correspondiente al año 2014.

Comuna	Nº Incendios
Curicó	78
Molina	11
Rauco	5
Romeral	7
Sagrada Familia	14
Teno	6

Fuente: Carabineros de Chile, Año 2014

Niveles de actividad de Estimación de emisiones Cigarrillos

En este caso el nivel de actividad está dado por la cantidad de cigarrillos quemados, para ello existen tasas por defecto de consumos de cigarrillo por habitantes, o bien estadísticas de ventas de cigarrillos.

3.1.3.3.3 Niveles de actividad Emisiones biogénicas.

Las variables de entrada del modelo fueron extraídas de la base de datos Global Landcover Facility [<http://glcf.umd.edu/data/>], mantenida por la Universidad de Maryland y que cuenta con información del programa Landsat [<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>], MODIS [<http://modis.gsfc.nasa.gov/>] y AVHRR [<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>].

La base de datos es calculada utilizando técnicas de percepción remota aplicada a imágenes satelitales de alta resolución.

Índice de área foliar (Leaf Area Index)

El índice de área foliar es una magnitud adimensional que caracteriza el dosel forestal, se define como la magnitud de área foliar por área de terreno.

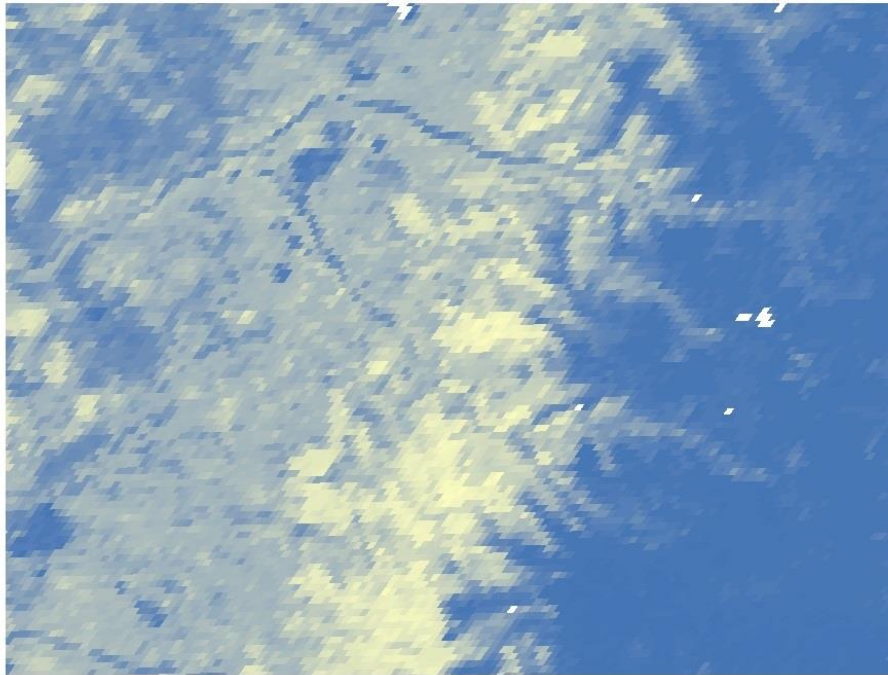


Figura 7: Índice de área foliar para la región de interés. Imagen 2013 Glass

Fuente: <http://glcf.umd.edu/data/lai/> - University of Maryland; Department of Geography and Beijing Normal University

Tipos de plantas funcionales (Plant functional types)

Este sistema para la clasificación de especies vegetales y tipos de vegetación en categorías, se utilizó en conjunto con clasificación por tipo de suelo.

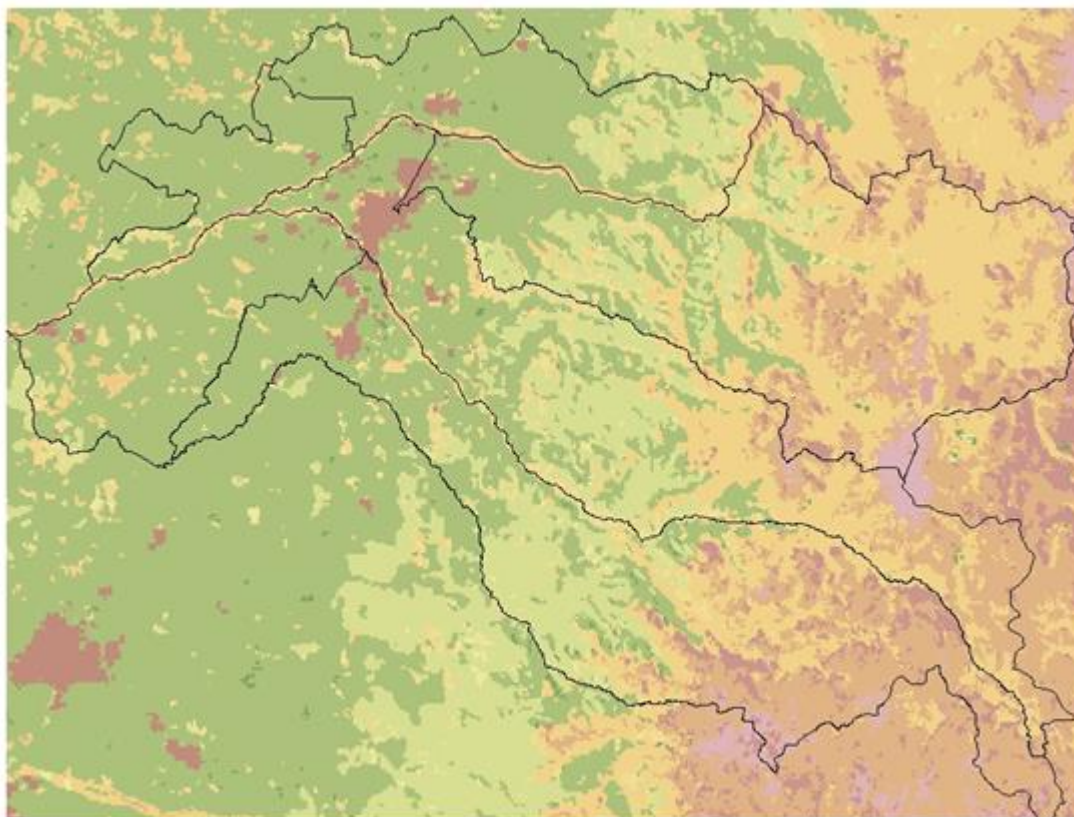


Figura 8: Clasificación por tipo de suelo y especies vegetales para el área de interés.

Fuente: <http://glcf.umd.edu/data/lc/> University of Maryland, Department of Geography and NASA

3.1.3.3.4 Niveles de actividad Actividades agrícolas

Niveles de actividad Fertilizantes y plaguicidas

Los niveles de actividad están dados por el consumo de fertilizante que existe en la zona en estudio. Sin embargo, debido a la falta de información del sector se ha utilizado una metodología alternativa, la cual utiliza la demanda potencial de nitrógeno en la superficie de cada tipo de cultivo para estimar las emisiones de N y de NH_3 , utilizando las tasas de demanda de la FAO.

En la siguiente tabla se muestran los niveles de actividad que corresponden a las superficies (ha) de diferentes tipos de cultivos.

Tabla 93: Superficies (ha) con cultivos de cereales, para la región del Maule, comprende la temporada 2013/2014 y 2014/2015.

Año agrícola	Región	Estimación de superficie sembrada con cereales (grano seco)						
		Trigo	Avena	Centeno	Cebada T	Maíz	Arroz	Triticale
2013/14	Maule	31.814	3.343	118	982	40.077	17.403	108
2014/15	Maule	32.067	2.433	406	397	37.234	19.641	-

Fuente: Odepa

Tabla 94: Superficies (ha) con cultivos de leguminosas y tubérculos, para la región del Maule, comprende la temporada 2013/2014 y 2014/2015.

Año agrícola	Región	Estimación de superficie sembrada con leguminosas y tubérculos					
		Poroto	Lenteja	Garbanzo	Arveja	Chicharo	Papa
2013/14	Maule	7.294	265	219	21	47	3.557
2014/15	Maule	7.268	368	106	-	58	3.594

Fuente: ODEPA

Tabla 95: Superficies (ha) con cultivos industriales, para la región del Maule, comprende la temporada 2013/2014 y 2014/2015.

Año agrícola	Región	Estimación de superficie sembrada con cultivos industriales					
		Maravilla	Raps	Remolacha	Tabaco	Tomate industrial	Otros industrial
2013/14	Maule	1.782	619	5.282	960	3.723	74
2014/15	Maule	802	517	8.945	680	3.877	515

Fuente: ODEPA

Tabla 96: Superficies (ha) con cultivos de hortalizas, para la región del Maule, para el año 2014.

Cultivo	Superficie (Hectáreas) 2014
TOTAL	9.867,20
Acelga 2/	18,6
Ají	259
Ajo	0,3
Alcachofa	51,5
Apio	3,7
Arveja Verde	344,3
Betarraga	97
Brócoli 2/	12,3
Cebolla de Guarda	768,8
Cebolla temprana	123,2
Choclo	1.622,90
Coliflor	107,3
Espárrago	961,8
Espinaca 2/	0,7
Haba	56,2
Lechuga	477,6
Melón	523
Orégano	35
Pepino de ensalada 2/	80,1
Pimiento	79,9
Poroto granado	648,6
Poroto Verde	243,4
Repollo	276
Sandía	1.215,90
Tomate consumo fresco	869
Zanahoria	12,3
Zapallo Italiano	49,5
Zapallo temprano y de guarda	875,3
Otras Hortaliza	53,8

Fuente: INE (El período de levantamiento de información fue entre el 6 de octubre y el 12 de diciembre de 2014 siendo el período de referencia el año calendario 2014)

Tabla 97: Superficies (ha) con cultivos de Frutales, para la Provincia de Curicó, para el año 2014

Especie	Provincia de Curicó
Almendro	17,58
Arándano Americano	653,89
Avellano	797,02
Caqui	12,80
Cerezo	6776,93
Ciruelo Europeo	251,67
Ciruelo Japonés	730,46
Duraznero Consumo Fresco	2,81
Duraznero Tipo Conservero	102,50
Frambuesa	518,38
Granado	9,00
Guindo Agrio	46,69
Higuera	7,47
Kiwi	3342,02
Kiwi Gold o Kiwi Amarillo	239,99
Limonero	0,72
Manzano Rojo	8353,08
Manzano Verde	2044,23
Membrillo	36,89
Moras Cultivadas e Híbridos	477,60
Naranja	0,27
Nectarino	38,46
Nogal	530,44
Olivo	1845,35
Palto	3,50
Papayo	1,57
Pera Asiática	27,24
Peral	1424,77
Vid de Mesa	90,97
Zarzaparrilla Roja	15,84
Total	28421,28

Fuente: Fuente: ODEPA - CIREN Catastro Frutícola 2013

3.1.3.3.5 Niveles de actividad Crianza de Animales

Los niveles de Actividad se obtienen a partir de la información publicada por el INE.

En la siguiente tabla se presentan la existencia (cantidad) de Ganado Bovino para la Provincia de Curicó, registro correspondiente al año 2013.

Tabla 98: Ganado Bovino para la Provincia de Curicó 2013

PROVINCIA	Existencia de ganado bovino por categoría (número de cabezas)								
	Tipo	Total	Vacas	Vaquillas	Ternereras	Terneros	Novillos	Toritos	Toros
Curicó	32.360	10.761	4.320	3.032	2.899	10.347	415	555	30

Fuente: Estadísticas Pecuarias INE.

En la siguiente tabla se presentan la existencia (cantidad) de Ganado Ovino para la Provincia de Curicó, registro correspondiente al año 2013.

Tabla 99: Ganado Ovino para la Provincia de Curicó 2013

PROVINCIA	Existencia de ganado ovino por categoría (número de cabezas)							
	Total	Ovejas	Borregas	Corderas (hembras menores de 1 año)	Corderos (machos menores de 1 año)	Carnerillos o borregos	Carneros	Capones
Curicó	36.391	21.161	3.968	4.796	4.858	466	1.063	79

Fuente: Estadísticas Pecuarias INE.

En la siguiente tabla se presentan la existencia (cantidad) de Cerdos para la región del Maule, registro correspondiente al año 2014.

Tabla 100: Existencia de Cerdos, para la región del Maule, 2014

Descripción	Semestre	Cantidad
Existencia de cerdos (cabezas)	1	81.302
	2	84.616

Fuente: Estadísticas Pecuarias INE.

En la siguiente tabla se presentan la existencia (cantidad) de Aves para la región del Maule, registro correspondiente al año 2014

Tabla 101: Existencia de Aves, para la región del Maule, 2014

Descripción	Semestre	Cantidad
Existencia de aves (miles)	1	1.591
	2	1.429

Fuente: Estadísticas Pecuarias INE.

3.1.3.4 Niveles de actividad para estimación de emisiones, Polvo Fugitivo (construcción y demolición, polvo resuspendido de calles y preparación de terrenos agrícolas).

3.1.3.4.1 Niveles de actividad Construcción y demolición

3.1.3.4.1.1 Niveles de actividad Construcción de edificios

En la siguiente tabla se presentan las construcciones de viviendas (m²), para la región del Maule, registro correspondiente al año 2014, proveniente del INE.

Tabla 102: Construcciones de viviendas (m²), para la región del Maule, 2014

Tipo	Edificación Obras Nuevas	Edificación Ampliaciones
Viviendas (m ²)	610.923	99.179

Fuente: INE, Banco de Datos Región del Maule.

En la siguiente tabla se presentan los metros cuadrados construidos, correspondientes al sector industrial, comercio, establecimientos financieros y servicios, para la región del Maule, registro correspondiente al año 2014, proveniente del INE.

Tabla 103: Construcciones de viviendas (m2), para la región del Maule, 2014

Tipo	Edificación Obras Nuevas	Edificación Ampliaciones
Industria, Comercio Y Establecimientos Financiero (m2)	216.198	72.227
Servicios (m2)	68.171	30.239

Fuente: INE, Banco de Datos Región del Maule.

3.1.3.4.1.2 Niveles de actividad Construcción de caminos

Los niveles de actividad son los kilómetros de caminos y/o carretera construidos, información obtenida del Documento Red Vial Nacional Dimensionamiento y Características, año 2014.

Tabla 104: Longitud de caminos construidos (km)

Longitud de Caminos pavimentados (km)						
Tipo Carpeta	Curicó	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno
Caminos pavimentados	40,07	25,74	3,35	0,55	0,25	4,74
Caminos solución básica	13,03	5,57	1,2	0,72	2,35	7,37

Fuente: Red Vial Nacional Dimensionamiento y Características, año 2014 Fuente: INE, Banco de Datos Región del Maule.

3.1.3.4.1.3 Niveles de actividad Producción de áridos

Los niveles de actividad de producción de áridos corresponden a los movimientos de materias primas y sus respectivas cantidades.

El detalle de materias primas se presenta en el archivo "emisiones_fuentes_fijas.xlsx".

3.1.3.4.2 Niveles de actividad Polvo resuspendido desde calles

3.1.3.4.2.1 Niveles de actividad para Polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas en red urbana e interurbana

Los niveles de actividad en este caso corresponden a la longitud de los caminos pavimentados y no pavimentados, además de la cantidad de vehículos.

- Bottom-Up

En la siguiente tabla se muestra la longitud total para calles pavimentadas en red urbana correspondiente a la comuna de Curicó:

Tabla 105: Longitud de Calles Pavimentadas en red urbana (kms)

Longitud de Calles Pavimentadas (kms.)	
Tipo Carpeta	Curicó
Calles Pavimentadas	238,264

Fuente: Corridos de transporte proporcionadas por SECTRA

- Top Down

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de vehículos por comuna y categoría vehicular:

Tabla 106: Número de vehículos por comuna y categoría vehicular

Número de vehículos por categoría vehicular		
Comuna	Categoría Vehicular	Nº Vehículos
Molina	Vehículos livianos de pasajeros	15.361

Número de vehículos por categoría vehicular		
Comuna	Categoría Vehicular	N° Vehículos
	Vehículos de alquiler	114
	Vehículos livianos comerciales de uso particular	9.035
	Camiones livianos	834
	Camiones medianos	483
	Motocicletas	1.383
	Buses interurbanos	20
	Taxis colectivos	365
	Buses licitados urbanos	81
	Camiones pesados	280
	Buses rurales	178
	Buses particulares e institucionales	521
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	520
	Vehículos Medianos	1.679
	Rauco	Vehículos livianos de pasajeros
Vehículos de alquiler		28
Vehículos livianos comerciales de uso particular		12.735
Camiones livianos		1.740
Camiones medianos		1.008
Motocicletas		696
Buses interurbanos		6
Taxis colectivos		104
Buses licitados urbanos		23
Camiones pesados		1.379
Buses rurales		51
Buses particulares e institucionales		148
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas		733
Vehículos Medianos		2.367
Romeral	Vehículos livianos de pasajeros	19.246
	Vehículos de alquiler	95
	Vehículos livianos comerciales de uso particular	11.306
	Camiones livianos	2.256
	Camiones medianos	1.307
	Motocicletas	1.507
	Buses interurbanos	16
	Taxis colectivos	635
	Buses licitados urbanos	66
	Camiones pesados	2.066
	Buses rurales	145

Número de vehículos por categoría vehicular		
Comuna	Categoría Vehicular	N° Vehículos
	Buses particulares e institucionales	422
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	650
	Vehículos Medianos	2.101
Sagrada Familia	Vehículos livianos de pasajeros	12.958
	Vehículos de alquiler	0
	Vehículos livianos comerciales de uso particular	7.332
	Camiones livianos	933
	Camiones medianos	541
	Motocicletas	1.061
	Buses interurbanos	11
	Taxis colectivos	5
	Buses licitados urbanos	44
	Camiones pesados	256
	Buses rurales	97
	Buses particulares e institucionales	284
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	422
	Vehículos Medianos	1.363
Teno	Vehículos livianos de pasajeros	10.329
	Vehículos de alquiler	43
	Vehículos livianos comerciales de uso particular	7.248
	Camiones livianos	1.035
	Camiones medianos	600
	Motocicletas	1.208
	Buses interurbanos	32
	Taxis colectivos	109
	Buses licitados urbanos	127
	Camiones pesados	1.564
	Buses rurales	279
	Buses particulares e institucionales	814
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	417
Vehículos Medianos	1.347	

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran los valores de los kilómetros promedios recorridos por tipo de vehículos según el tamaño del parque de la ciudad:

Tabla 107. Valores de kilómetros promedios por tipo de vehículos

Tipo Vehículo	Parque <= 25.000	Parque > 25.000 & <= 50.000	Parque > 50.000
	Kilómetros Promedio Anuales/ Vehículo		
Vehículos Particulares	5.592	6.841	9.511
Vehículos de Alquiler	31.677	44.975	54.785
Vehículos Comerciales Particulares	7.990	12.331	13.549
Camiones Livianos	3.789	10.332	54.295
Camiones Medianos	3.789	10.332	54.295
Motos	1.796	4.358	6.652
Buses Interurbanos	30.212	34.436	54.497
Taxis Colectivos	31.677	44.975	54.785
Buses Urbanos	30.212	34.436	54.497
Camiones Pesados	24.445	25.569	120.876
Buses Rurales	30.212	34.436	54.497
Buses Particulares e Institucionales	30.212	34.436	54.497
Vehículos Comerciales Empresas	7.990	12.331	13.549
Vehículos Medianos	7.990	12.331	13.549

Fuente: Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el RETC, MMA, SECTRA, MINSAL.

- Interurbana

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de vehículos transitados por comuna y categoría vehicular el año 2014:

Tabla 108: Número de vehículos por comuna y categoría vehicular

Número de vehículos por categoría vehicular		
Comuna	Categoría Vehicular	N° Vehículos
Curicó	Vehículos livianos de pasajeros	6.957.355
	Vehículos de alquiler	63.144

Número de vehículos por categoría vehicular		
Comuna	Categoría Vehicular	N° Vehículos
	Vehículos livianos comerciales de uso particular	2.713.744
	Camiones livianos	213.917
	Camiones medianos	185.994
	Motocicletas	585.835
	Buses interurbanos	4.944
	Taxis colectivos	326.745
	Buses licitados urbanos	15.539
	Camiones pesados	88.201
	Buses rurales	67.616
	Buses particulares e institucionales	102.334
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	163.214
	Vehículos Medianos	646.571
	Molina	Vehículos livianos de pasajeros
Vehículos de alquiler		11.324
Vehículos livianos comerciales de uso particular		899.748
Camiones livianos		83.049
Camiones medianos		48.120
Motocicletas		137.775
Buses interurbanos		2.021
Taxis colectivos		36.331
Buses licitados urbanos		8.075
Camiones pesados		27.838
Buses rurales		17.759
Buses particulares e institucionales		51.885
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas		51.756
Vehículos Medianos	167.210	
Rauco	Vehículos livianos de pasajeros	1.280.317
	Vehículos de alquiler	4.223
	Vehículos livianos comerciales de uso particular	1.891.878
	Camiones livianos	258.473
	Camiones medianos	149.764
	Motocicletas	103.467
	Buses interurbanos	856
	Taxis colectivos	15.485
	Buses licitados urbanos	3.421
	Camiones pesados	204.823
	Buses rurales	7.524
	Buses particulares e institucionales	21.984

Número de vehículos por categoría vehicular		
Comuna	Categoría Vehicular	N° Vehículos
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	108.826
	Vehículos Medianos	351.589
Romeral	Vehículos livianos de pasajeros	1.044.359
	Vehículos de alquiler	5.142
	Vehículos livianos comerciales de uso particular	613.520
	Camiones livianos	122.414
	Camiones medianos	70.929
	Motocicletas	81.759
	Buses interurbanos	893
	Taxis colectivos	34.452
	Buses licitados urbanos	3.567
	Camiones pesados	112.098
	Buses rurales	7.845
	Buses particulares e institucionales	22.919
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	35.291
	Vehículos Medianos	114.017
	Sagrada Familia	Vehículos livianos de pasajeros
Vehículos de alquiler		0
Vehículos livianos comerciales de uso particular		295.252
Camiones livianos		37.571
Camiones medianos		21.769
Motocicletas		42.740
Buses interurbanos		445
Taxis colectivos		191
Buses licitados urbanos		1.778
Camiones pesados		10.303
Buses rurales		3.909
Buses particulares e institucionales		11.422
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas		16.984
Vehículos Medianos		54.870
Teno	Vehículos livianos de pasajeros	1.567.715
	Vehículos de alquiler	6.472
	Vehículos livianos comerciales de uso particular	1.100.076
	Camiones livianos	157.084
	Camiones medianos	91.017
	Motocicletas	183.379
	Buses interurbanos	4.812
	Taxis colectivos	16.540

Número de vehículos por categoría vehicular		
Comuna	Categoría Vehicular	N° Vehículos
	Buses licitados urbanos	19.225
	Camiones pesados	237.315
	Buses rurales	42.282
	Buses particulares e institucionales	123.534
	Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	63.279
	Vehículos Medianos	204.440

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra la longitud total para caminos pavimentados en red interurbana:

Tabla 109: Longitud de Caminos Pavimentados en red interurbana (kms)

Longitud de caminos Pavimentados (kms.)	
Comuna	Longitud
Curicó	9,3578565
Molina	8,930132924
Rauco	4,971202819
Romeral	10,43804591
Sagrada Familia	6,887906179
Teno	3,553190257

Fuente: Elaboración propia a partir de censo de vialidad

3.1.3.4.3 Niveles de actividad para la Preparación de terrenos agrícolas

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”, PAci

Las hectáreas de los distintos tipos de cultivos y plantaciones que existen en la zona de estudio se obtuvieron de la ODEPA. Dentro de los grupos de cultivo definidos por el INE y de interés en este trabajo se encuentran:

- Cereales y chacras
- Cultivos industriales
- Hortalizas
- Frutales

Los niveles de actividad que se utilizaron, corresponden a las superficies de cultivos presentados en la tabla 97: Superficies (ha) con cultivos de cereales, para la región del Maule, comprende la temporada 2013/2014 y 2014/2015, de la sección “3.1.3.3.4 Niveles de actividad Actividades agrícolas”.

3.1.4 Análisis del área de estudio

Se realizó un análisis exhaustivo a las fuentes emisoras consideradas en las comunas de Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia, Molina y sus alrededores con el propósito de identificar zonas rurales o aledañas que pudieran contener actividades emisoras relevantes, principalmente del tipo misceláneas, agrícolas y maquinaria fuera de ruta entre otras que pudieran generar un impacto en la magnitud de las emisiones y su dispersión atmosférica.

Para ello, se identificaron y clasificaron las zonas que contienen actividades emisoras de acuerdo a la siguiente tipología:

- Urbano
- Rural o Aledaña
- Urbano, Rural o Aledaña

A continuación, se presenta el cuadro general de clasificación de zonas de influencia para cada una de los grupos, subgrupos, categorías y subcategorías descritas en el inventario:

Tabla 110: Zonas de influencia por tipos de actividad emisora

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	Zona
FUENTES FIJAS	Combustión	Combustión externa puntual	Urbano, Rural o Aledaña
		Combustión interna	Urbano, Rural o Aledaña
	Procesos	Ind. de productos minerales	Rural o Aledaña
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Urbano
		Combustión externa residencial	Urbano, Rural o Aledaña
		Evaporativas residencial	Urbano
	Comercial	Evaporativas comercial	Urbano
		Rest. y comida rápida	Urbano
	Otras	Disposición de residuos	Rural o Aledaña
		Quemas	Urbano, Rural o Aledaña (Dependiendo del tipo de quema)
		Emisiones Biogénicas	Rural o Aledaña
		Actividades agrícolas	Rural o Aledaña
		Crianza de Animales	Rural o Aledaña
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de edificios	Urbano
		Construcción de caminos	Urbano, Rural o Aledaña
		Producción de áridos	
	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana e interurbana	
		Calles en sitios industriales	
	Preparación de terrenos agrícolas	Cereales y chacras	
		Cultivos Industriales	
		Hortalizas	
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles fuera de ruta	Maquinaria vehicular	
	Fuentes móviles en ruta	Vehículos livianos de pasajeros	
		Vehículos de alquiler	
		Vehículos livianos comerciales de uso particular	
		Motocicletas	
		Taxis colectivos	
		Camiones livianos	
		Camiones medianos	
		Camiones pesados	
		Buses licitados urbanos	
		Buses rurales e interurbanos	
		Buses particulares e institucionales	

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	Zona
		Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	
		Vehículos medianos	

Fuente: Elaboración propia

Además, se analizó la magnitud de las emisiones en cada zona, a continuación, se presentan estadísticas de aportes porcentuales por tipo de actividad emisora, contaminante y zona, para las 6 comunas.

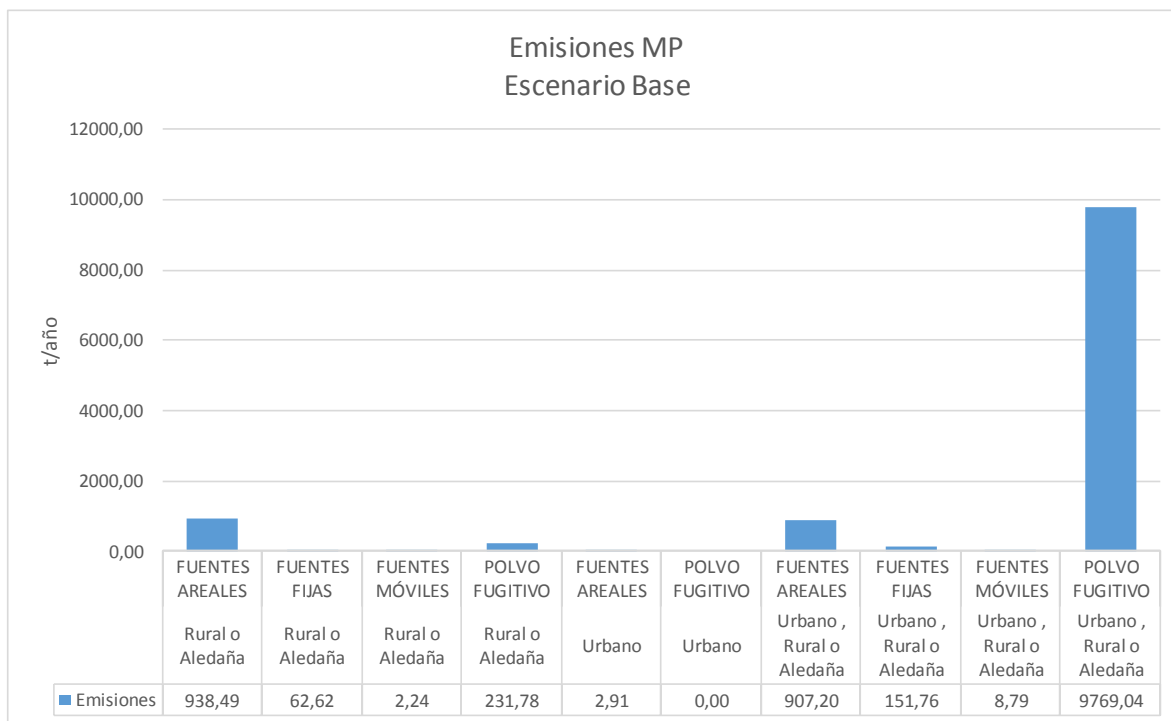


Figura 9: Emisiones por grupo y zona de MP para Escenario Base

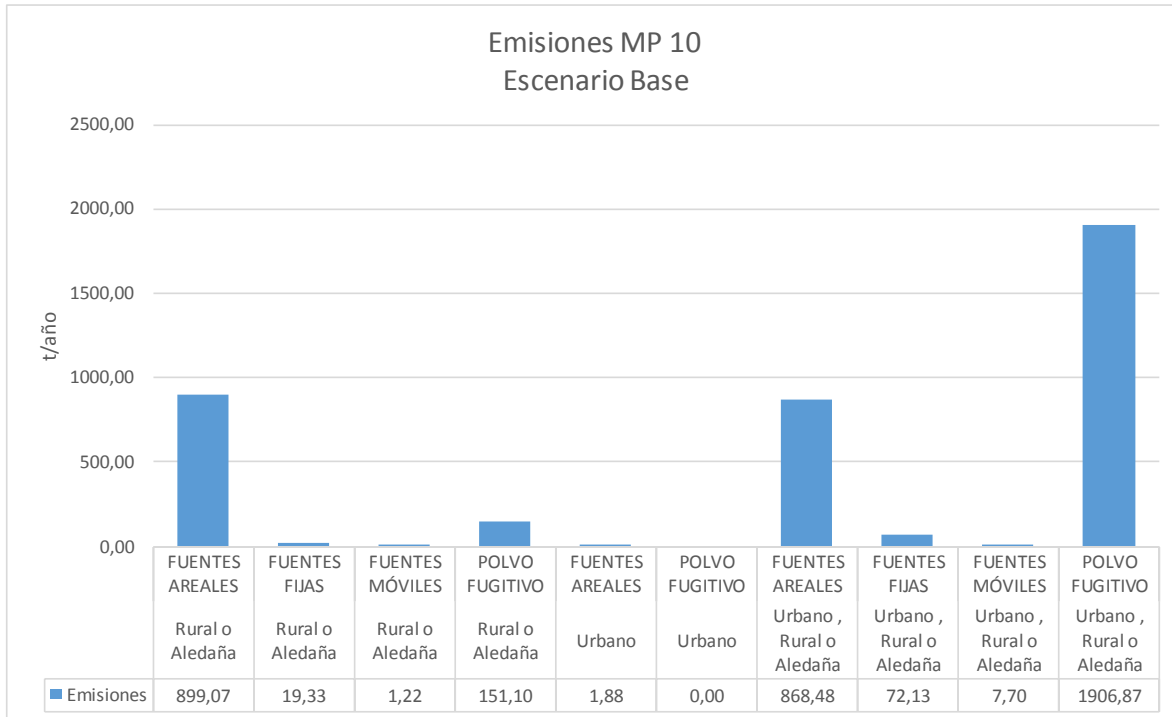


Figura 10: Emisiones por grupo y zona de MP₁₀ para Escenario Base

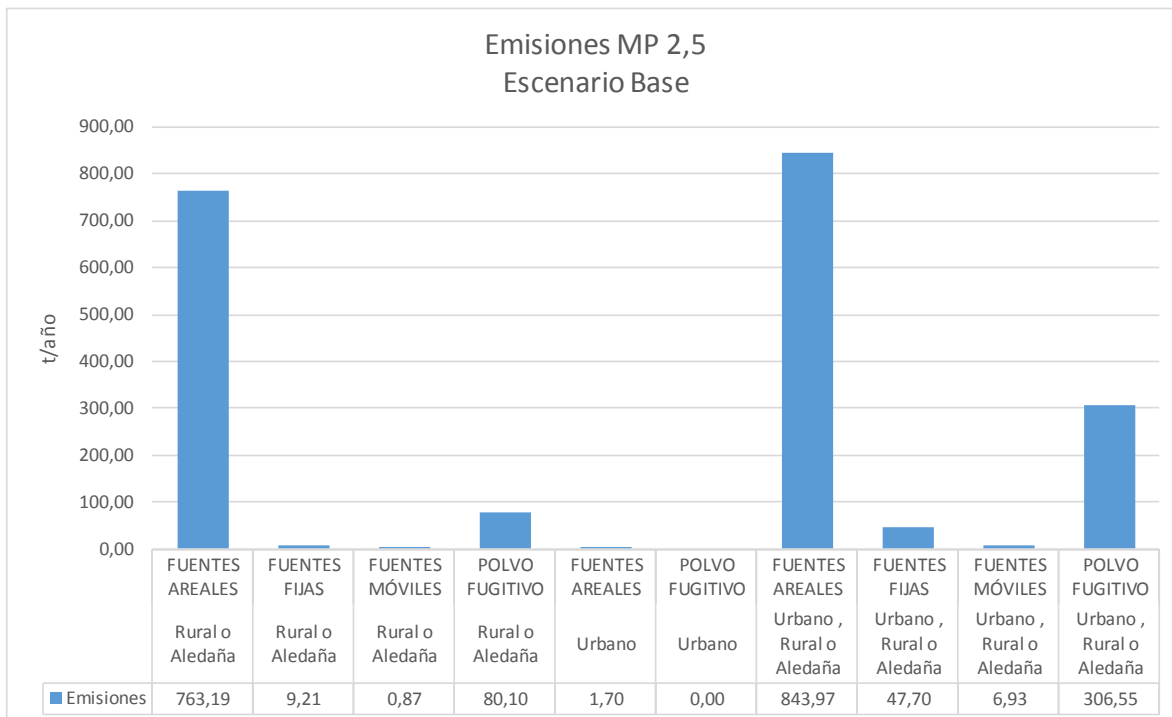


Figura 11: Emisiones por grupo y zona de MP_{2,5} para Escenario Base

Tal como se puede apreciar en las figuras 9, 10 y 11, se concluye que el mayor aporte de emisiones de MP corresponden a la actividad combustión residencial de leña y polvo fugitivo, los que se distribuyen en forma uniforme entre las zona urbana y rural o aldeaña.

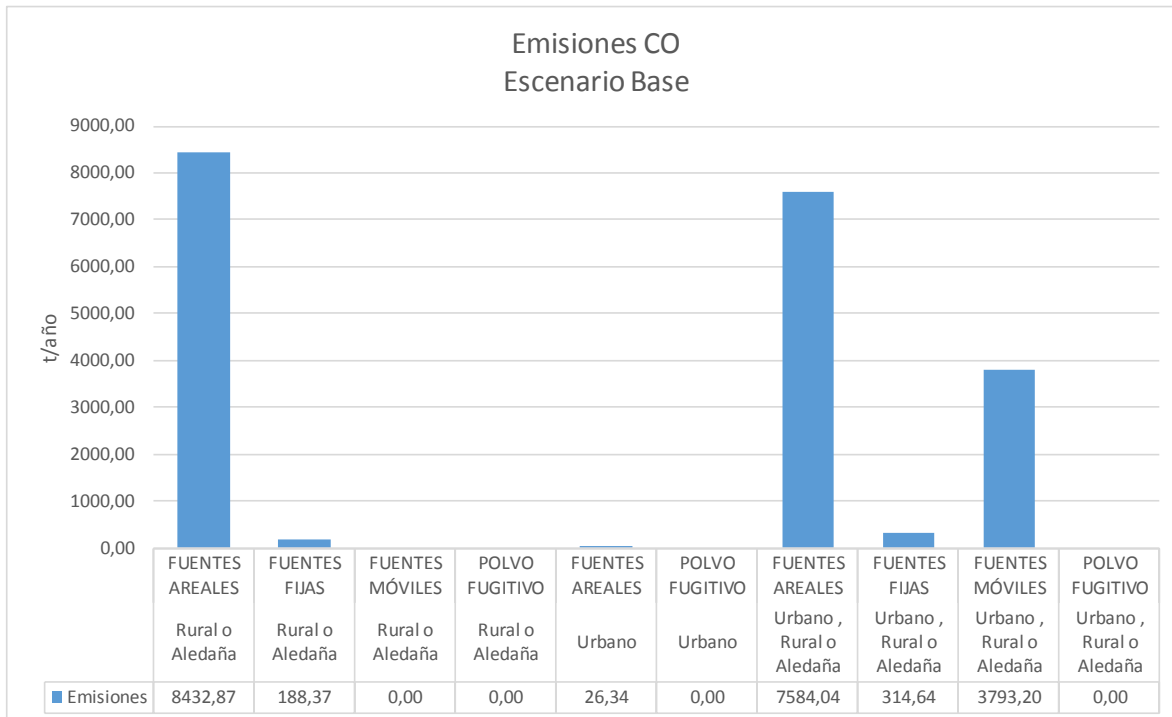


Figura 12: Emisiones por grupo y zona de CO para Escenario Base

Como se muestra en la figura anterior, las emisiones de CO son generadas principalmente por fuentes areales y en menor medida por fuentes móvil es tanto en zonas urbanas como rurales o aldeañas.

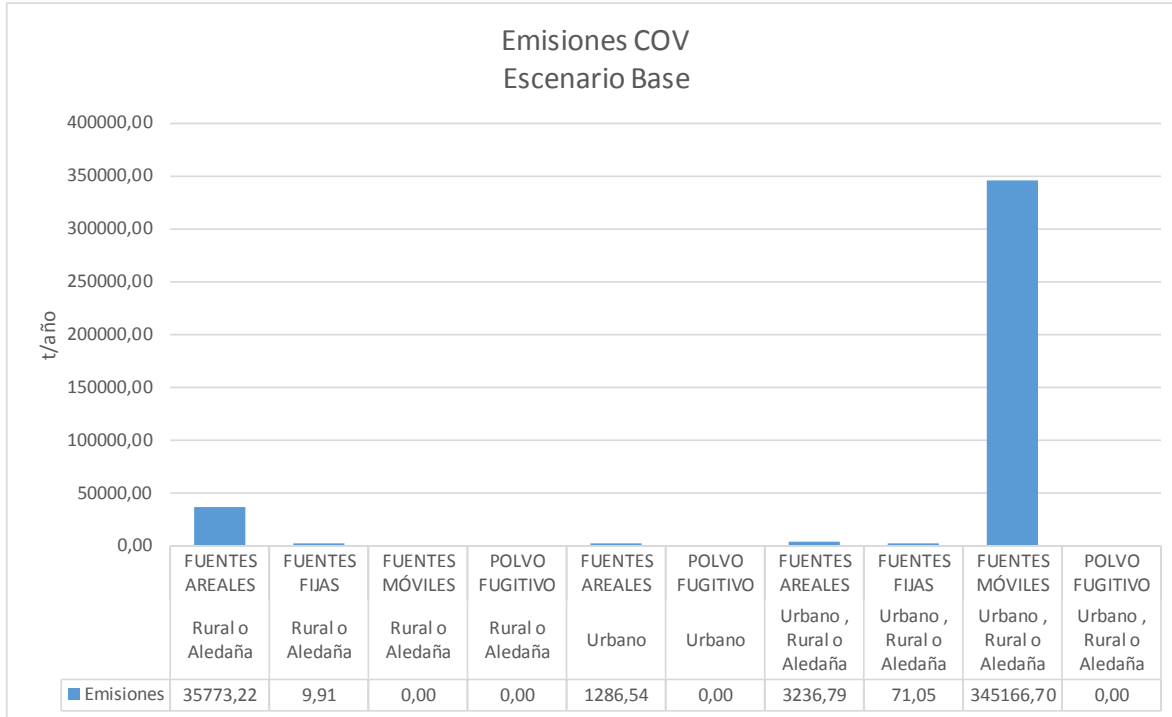


Figura 13: Emisiones por grupo y zona de COV para Escenario Base

En la figura anterior, se aprecia que las emisiones de COV, son generadas principalmente por fuentes móviles y en menor medida por fuentes areales, y por zonas se generan tanto en zonas urbanas como rurales o aledañas.

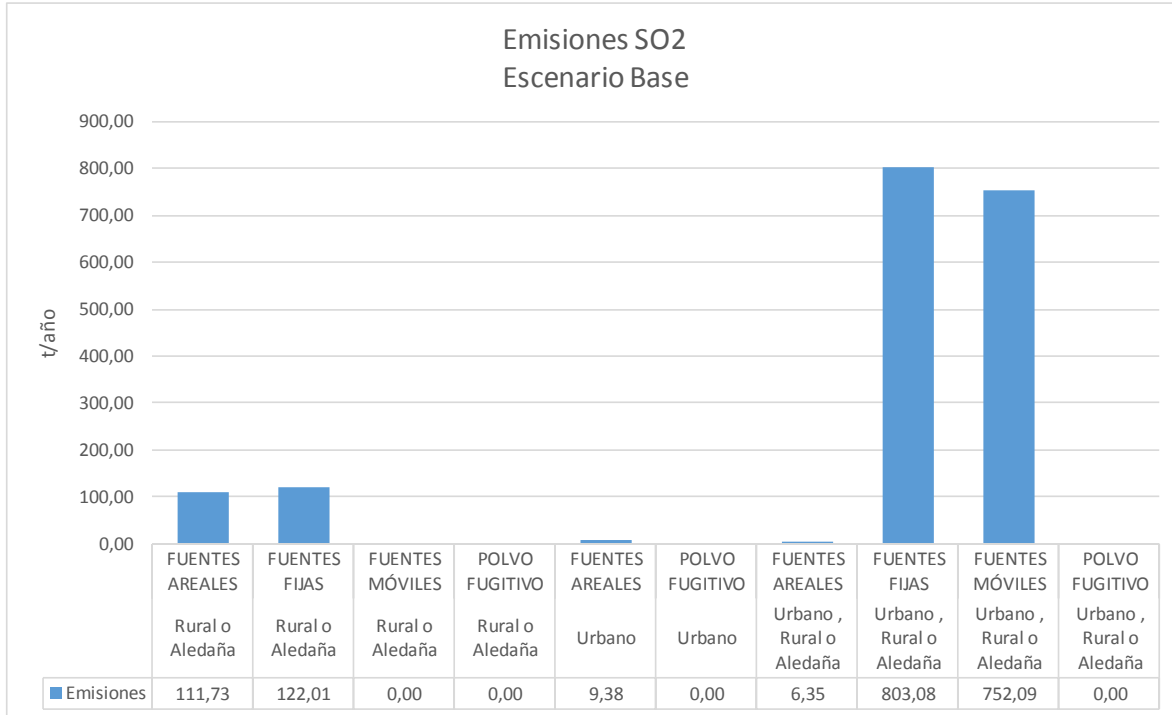


Figura 14: Emisiones por grupo y zona de SO2 para Escenario Base

Para el caso de las emisiones de SO₂, como muestra el gráfico anterior las fuentes móviles, areales y fijas son las principales responsables de estas emisiones, y se generan tanto en zonas urbanas como rurales o aledañas.

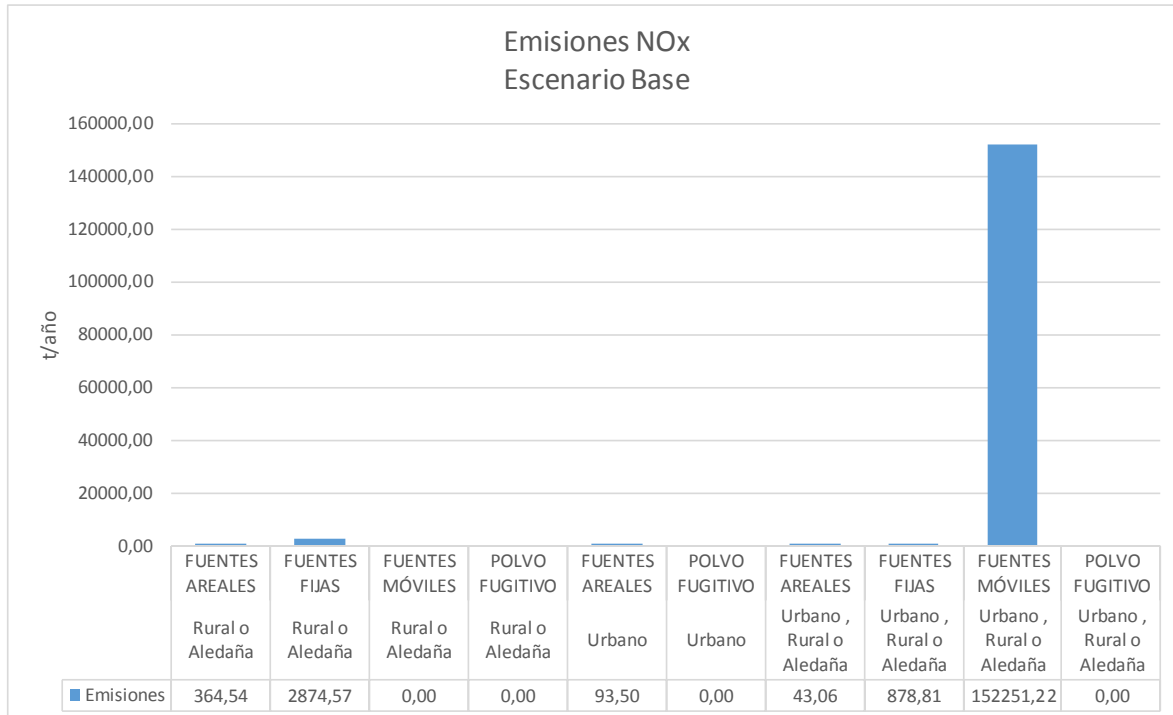


Figura 15: Emisiones por grupo y zona de NOx para Escenario Base

Como muestra la figura anterior los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), son generados principalmente por las fuentes móviles y en menor medida por las fuentes fijas, tanto en las zonas urbanas como rurales.

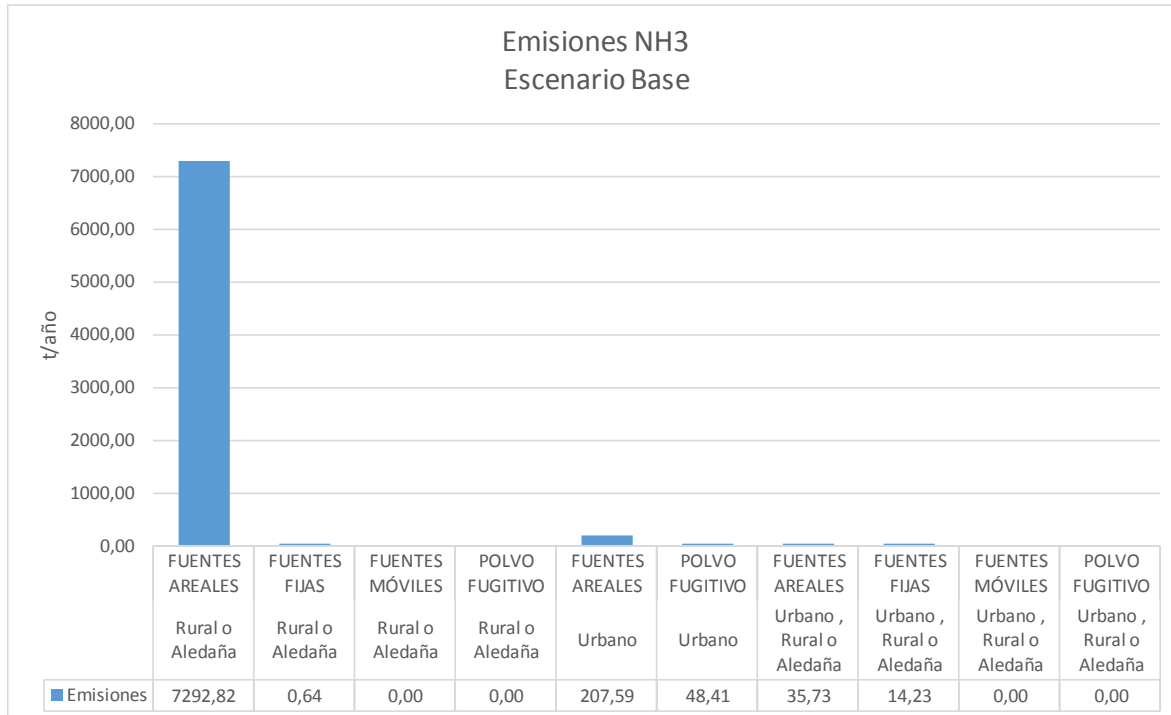


Figura 16: Emisiones por grupo y zona de NH₃ para Escenario Base

La figura anterior muestra que las emisiones de NH₃, están atribuidas principalmente a fuentes areales, por actividades agrícolas y crianza de Animales y se generan en zonas rurales o aledañas y en menor medida a zonas urbanas.

Los lugares donde se generan estas emisiones, se muestran a continuación a través de mapas georreferenciados de las fuentes emisoras:

Fuentes Fijas.

Tal como se puede apreciar en la figura siguiente, las emisiones de fuentes fijas (puntuales), se generan principalmente dentro y en torno a las zonas urbanas de las comunas de Curicó, Molina y Teno, en las demás comunas la incidencia en las zonas urbanas es menor; sin embargo, también existen en menor cantidad fuentes en zonas aledañas próximas a estas comunas y un grupo aún más pequeño de fuentes en zonas rurales de estas comunas, principalmente cercanas al sector costero de la comuna de Sagrada Familia.

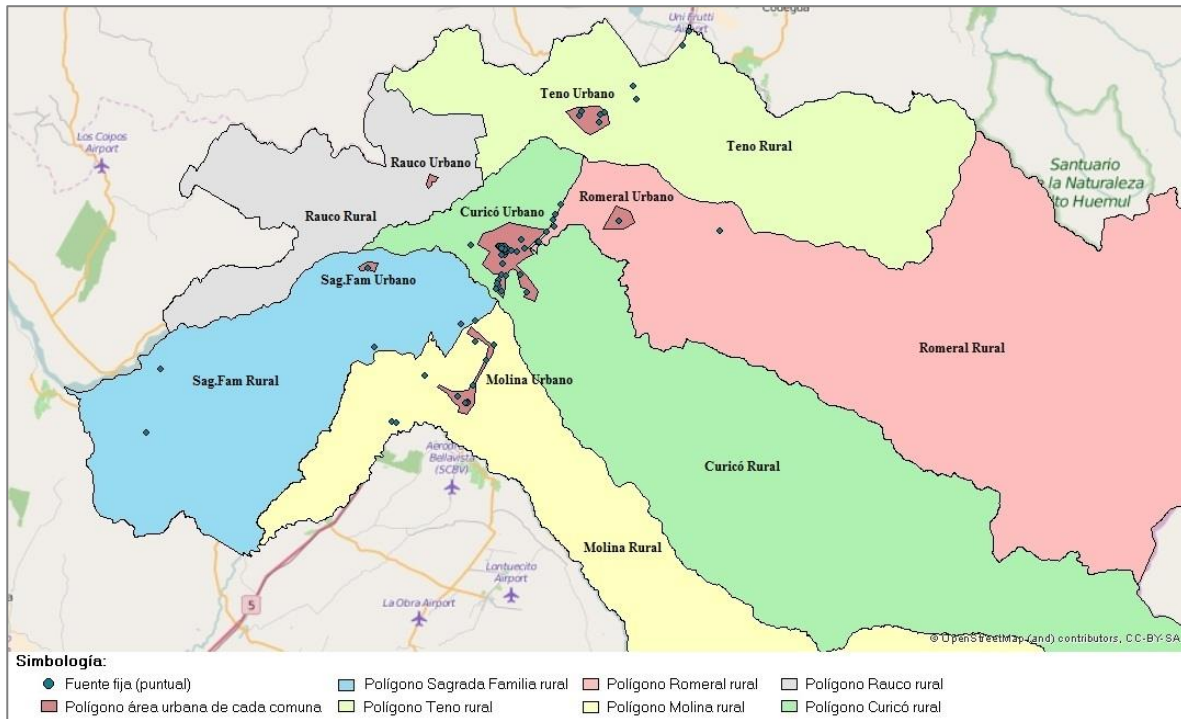


Figura 17: Mapa georreferenciado correspondiente a los lugares donde se generan las emisiones de fuentes fijas de las comunas del inventario.

En la siguiente tabla se puede apreciar lo señalado en el párrafo anterior, de acuerdo a la distribución porcentual de las emisiones por contaminantes estimados para las fuentes fijas:

Tabla 111. Distribución porcentual de emisiones de fuentes fijas Año 2014.

Fuentes Fijas	Contaminante								
	Comuna	MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
Curicó		15%	21%	28%	15%	3%	1%	1%	57%
Teno		65%	64%	59%	69%	60%	76%	92%	25%
Romeral		9%	8%	10%	3%	3%	21%	1%	15%
Rauco		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sagrada Familia		4%	1%	1%	4%	12%	1%	2%	2%
Molina		7%	6%	2%	9%	23%	1%	4%	2%
Total		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Fuentes Móviles.

Tal como se puede apreciar en la figura siguiente, las emisiones de fuentes móviles en ruta se concentran en la zona urbana de Curicó (polilíneas para red urbana modelada Bottom-Up) y para las zonas urbanas (polilíneas para red interurbana) de las comunas de Teno, Romeral, Sagrada Familia, Molina y Rauco se generan polígonos en la red urbana de cada una de ellas (red urbana Top-Down).

La red interurbana se ubica en las zonas aledañas y rurales de cada comuna; debido a la circulación de vehículos en rutas que conectan las distintas localidades de la zona y que cubren gran parte de su zona rural; es el caso de las comunas de Romeral, Sagrada Familia, Teno, Rauco y Molina; y en el caso de Curicó urbano que concentra gran parte del flujo vehicular en su condición de capital provincial, se aprecia un gran número de rutas interurbanas que confluyen en ella, además de la red urbana que la afecta.



Figura 18: Mapa georreferenciado correspondiente a los lugares donde se generan las emisiones de fuentes móviles de las comunas del inventario.

En la siguiente tabla se puede apreciar la concentración, de acuerdo a la distribución porcentual de las emisiones por contaminantes estimados para las fuentes móviles en ruta:

Tabla 112. Distribución porcentual de emisiones de fuentes móviles Año 2014.

Fuentes Móviles Comuna	Contaminante							
	MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
Curicó	20%	20%	19%	39%	58%	21%	24%	44%
Teno	16%	16%	16%	10%	7%	15%	19%	8%
Romeral	29%	29%	29%	20%	15%	29%	23%	19%
Rauco	19%	19%	19%	10%	8%	17%	13%	10%
Sagrada Familia	7%	7%	7%	8%	5%	7%	7%	8%
Molina	10%	9%	10%	14%	8%	11%	13%	12%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: elaboración propia.

Leña residencial.

Tal como se puede apreciar en la figura siguiente, las emisiones de combustión residencial de leña se distribuyen en forma de polígonos uniformemente, tanto en las zonas urbanas como rurales y aledaña de cada comuna y por consiguiente el uso de leña afecta tanto a zonas urbanas, aledañas a cada comuna y zonas rurales.

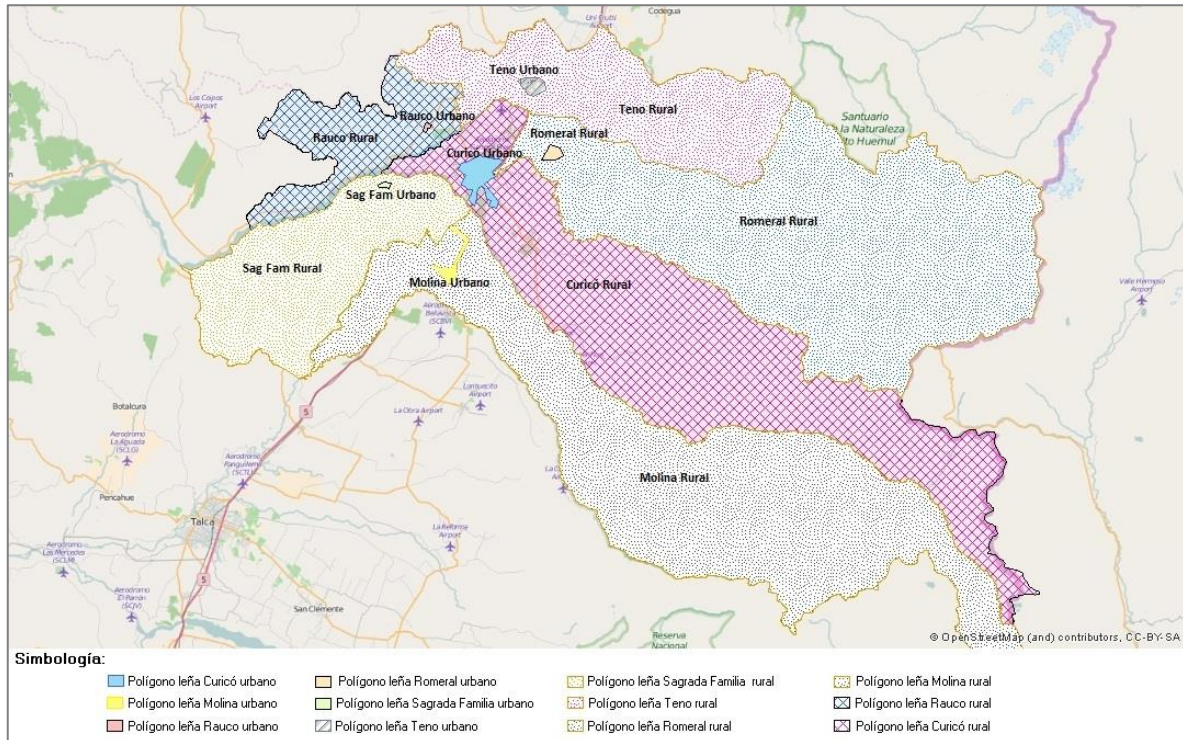


Figura 19: Mapa georreferenciado correspondiente a los lugares donde se generan las emisiones de leña residencial (rural y urbana) de las comunas del inventario

La distribución porcentual urbana-rural de las emisiones por comuna se representan de la siguiente manera:

Tabla 113: Distribución porcentual emisiones de leña residencial

COMUNA	URBANO (%)	RURAL (%)	Total (%)
Curicó	44%	56%	100%
Molina	66%	34%	100%
Rauco	72%	28%	100%
Romeral	58%	42%	100%
Sagrada Familia	66%	34%	100%
Teno	35%	65%	100%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior, se puede apreciar que las comunas de Molina, Rauco, Romeral y Sagrada Familia tienen un mayor consumo de leña en la zona urbana respecto a la zona rural; por el contrario, la comuna de Curicó tiene un comportamiento inverso debido a que el consumo de leña por hogar es mayor en la zona rural. En cambio, en las otras comunas el consumo de leña por hogar es más uniforme.

Fuentes Areales.

En la figura siguiente, las emisiones de fuentes areales se distribuyen principalmente en zonas urbanas de cada comuna y se generan por las actividades de combustión residencial de kerosene y GLP, usos de solventes, pintado arquitectónico, uso de adhesivos, residenciales de NH₃, fugas de GLP, distribución de combustibles, Lavasecos, talleres de pintura, imprentas, aplicación de asfaltos, panaderías, PTAS y quema de cigarrillos, para los cuales se definieron polígonos que distribuyen en forma homogénea las emisiones .

Las zonas rurales se ven afectadas por actividades de PTAS, fertilizantes y crianza de animales; para el caso de quemas agrícolas e incendios forestales se definieron también polígonos específicos donde se generan dichas actividades, estas afectan principalmente las zonas rurales de cada comuna.

Las quemas agrícolas en zonas aledañas a cada comuna generan un impacto hacia las zonas urbanas.

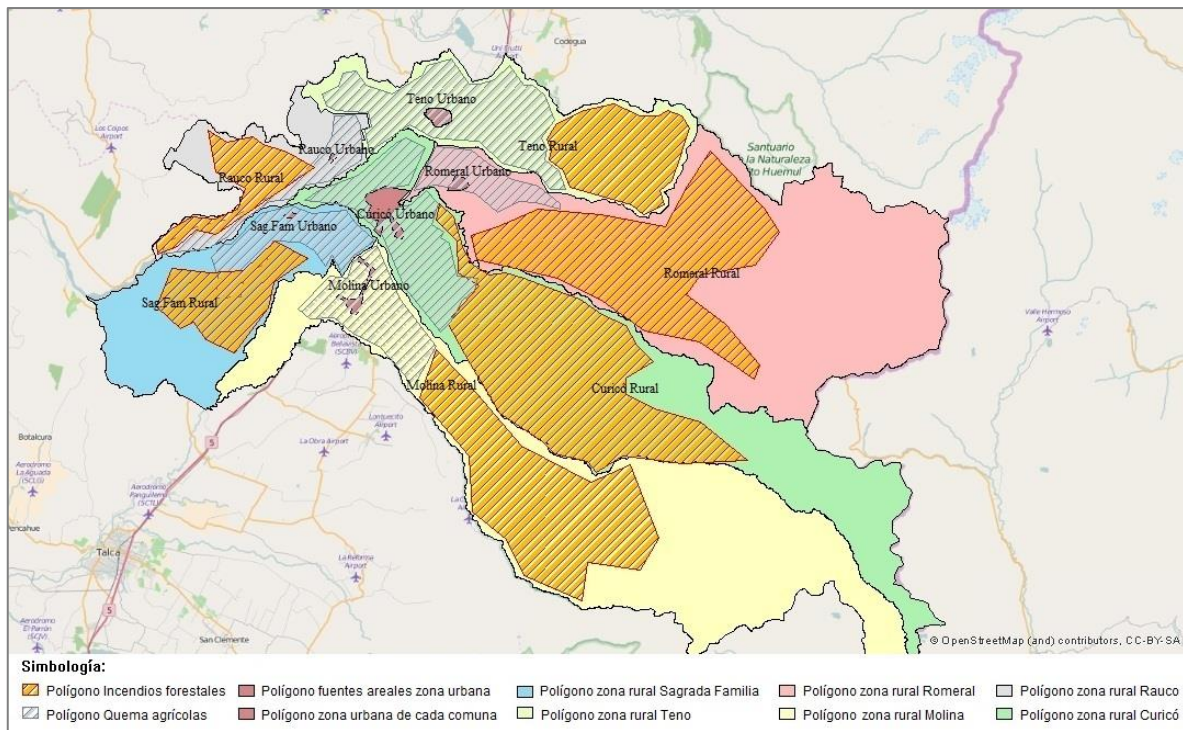


Figura 20: Mapa georreferenciado correspondiente a los lugares donde se generan las emisiones de fuentes areales.

En la siguiente tabla se puede apreciar la distribución porcentual de las emisiones por contaminantes estimadas para fuentes areales para cada comuna:

Tabla 114. Distribución porcentual de emisiones de fuentes Areales Año 2014.

Fuentes Areales	Contaminante								
	Comuna	MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
Curicó		19%	25%	38%	36%	40%	50%	20%	24%
Teno		14%	12%	8%	8%	8%	7%	24%	20%
Romeral		25%	20%	12%	10%	9%	7%	15%	12%
Rauco		16%	13%	8%	6%	6%	5%	9%	6%
Sagrada Familia		11%	14%	16%	18%	16%	16%	12%	19%
Molina		15%	16%	19%	21%	21%	15%	21%	20%
Total		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

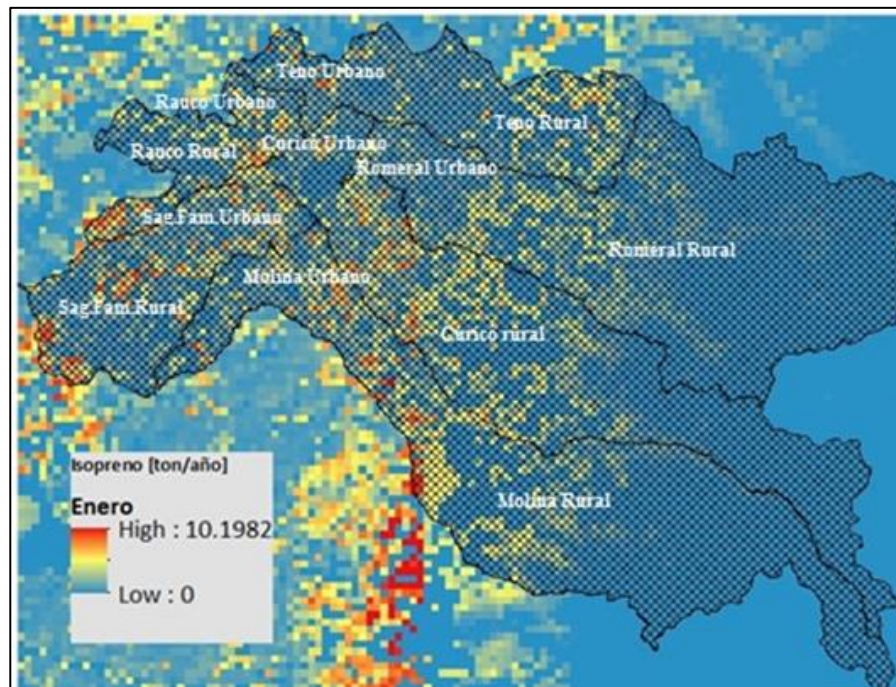


Figura 21: Mapa georreferenciado correspondiente a los lugares donde se generan las emisiones biogénicas de Isópreno de las comunas del inventario (mes de enero).

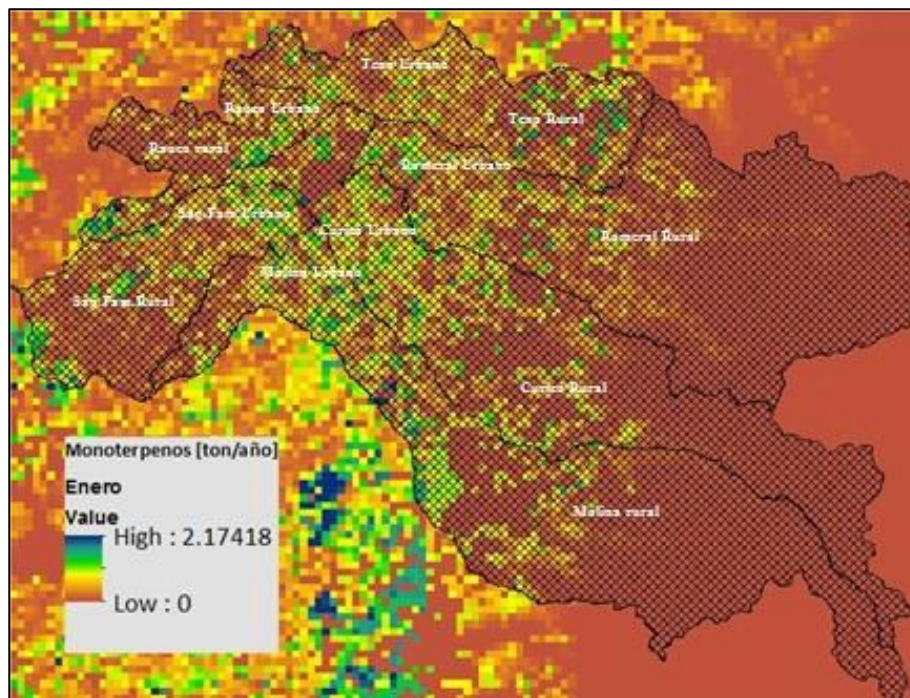


Figura 22: Mapa georreferenciado correspondiente a los lugares donde se generan las emisiones Biogénicas de Monoterpenos de las comunas del inventario (mes de enero).

Tal como se puede apreciar en las dos figuras anteriores, las emisiones de fuentes Biogénicas (que corresponden a fuente de grilla), se distribuyen en zonas urbanas y rurales de las comunas de acuerdo al tipo de vegetación presente en cada una de ellas; sin embargo, la mayor concentración se da en torno a las zonas urbanas y aledañas del sectores centro y costa, de las comunas de Curicó, Molina, Romeral, Raucó y Tenorio; por razones de altura geográfica el sector cordillerano de estas comunas no genera emisiones biogénicas.

Mayor detalle sobre los lugares donde se generan las emisiones se presenta en los archivos shapes del anexo digital "shapes.zip", para la totalidad de las fuentes consideradas en el inventario de emisiones; en la sección "3.3.2 Generar un mapa de emisiones en formatos que refleje la localización de las distintas fuentes y actividades emisoras", se detalla la forma y tipo de cada shapefile.

Un análisis detallado de la dispersión de estas emisiones en la zona de estudio, se presenta en la sección 3.5.2. Modelación.

3.2 Aplicación de control de calidad sobre el inventario de emisiones realizado.

3.2.1 Aplicación del control de calidad del inventario y obtención del inventario final.

a) Control de calidad y estimación de incertidumbre de inventario de emisiones

Para obtener una medición cualitativa del nivel de incertidumbre, con la cual se estiman las emisiones de los diferentes contaminantes, se siguió la clasificación de calidad utilizada por la EPA en base a los factores de emisión utilizados, cuya clasificación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 115. Clasificación de calidad EPA

Tipo	Clasificación	Descripción
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

Tipo	Clasificación	Descripción
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.

Fuente: Elaboración propia

La clasificación anterior se aplicó a los diferentes factores de emisión que se utilizaron en el cálculo de emisiones del inventario y del nivel de actividad. Por lo anterior, se obtuvieron clasificaciones cualitativas tanto de las estimaciones de los factores de emisión, como de los niveles de actividad. A continuación, se presentan los métodos para desarrollar las mediciones cualitativas de la incertidumbre en las estimaciones de emisión de contaminantes.

3.2.2 Valoración cualitativa de las incertidumbres.

a) Estimación de emisiones con un solo tipo de actividad.

En términos generales la emisión de un contaminante determinado está dado por la expresión:

$$Emisión = FE * NA$$

Tanto, el factor de emisión (FE), como el nivel de actividad (NA), corresponden a estimaciones y están sujetos a error; entonces, una buena práctica en las estimaciones es entregar el intervalo de confianza para el parámetro a estimar; en este caso se obtendrá una ecuación 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 encuentra en el intervalo $FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$ $FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$, con una probabilidad $1 - \alpha$ (1- α), Dónde 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.

$$[I. Emisión] = (FE \pm t_{\alpha} \sigma_f)(NA \pm t_{\alpha} \sigma_N)$$

$$[I. Emisión] = FE \cdot NA \pm t_{\alpha} \sigma_f NA \pm t_{\alpha} \sigma_N FE \pm t_{\alpha}^2 \sigma_f \sigma_N$$

Si se utiliza la variable de emisión, se tiene que el largo del intervalo estará dado por la expresión $t_{\alpha} \sigma_{Emisión}$ $FE \pm t_{\alpha} \sigma_f$; $t_{\alpha} \sigma_{Emisión}$ igualando tendremos:

$$\sigma_{Emisión} = \sigma_f NA \pm \sigma_N FE \pm t_{\alpha} \sigma_f \sigma_N$$

Dividiendo por la emisión esperada, para obtener el coeficiente de variación de la variable emisión, se obtiene: la siguiente expresión:

$$E[C.V. Emisión] = \frac{\sigma_{Emisión}}{E[Emisión]} = \frac{\sigma_f NA \pm \sigma_N FE \pm t_{\alpha} \sigma_f \sigma_N}{E[Emisión]}$$

Si se estima el factor de emisión (FE), el nivel de actividad por NA y el nivel de las emisiones por FE*NA, tendremos que las estimaciones de los coeficientes de variación del factor de emisión y del nivel de actividad vendrán dados por la siguiente expresión:

$$C.V. factor = \frac{\sigma_f}{FE} \quad ; \quad C.V. N. Activ. = \frac{\sigma_N}{NA}$$

Mientras que el coeficiente de variación de las emisiones, usando su mayor valor es:

$$C.V.Emisión = \frac{\sigma_f NA + \sigma_N FE + t_\alpha \sigma_f \sigma_N}{FE \cdot NA} =$$

$$C.V.Emisión = C.V.factor + C.V.Emisión + t_\alpha \cdot C.V.factor \cdot C.V.Emisión \quad (A)$$

Esta última expresión fue usada para estimar cualitativamente la incertidumbre en las emisiones, para ello, se usaron las clasificaciones definidas anteriormente, se asignó un coeficiente de variabilidad menor para la clasificación A y se fue aumentando para las siguientes clasificaciones. Este método 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 da buenas aproximaciones para las estimaciones de incertidumbre. Los valores, que se dieron para las diferentes clasificaciones son:

Tabla 116. Calidad de factores y coeficiente de variación

Calidad	Coefficiente Var.
A	< 0,25
B	[0,25 ; 0,5]
C	[0,5 ; 0,9]
D	[0,9 ; 1,5]
E	> 1,5

Fuente: Elaboración propia

Utilizando los valores de la tabla anterior para el coeficiente de variación, y la ecuación (A), se obtuvo un cuadro resumen que entrega una estimación del coeficiente de variación del producto de dos variables, que corresponde a la forma como se calculan las emisiones, que se presenta a continuación:

Tabla 117. Clasificación para evaluación de niveles de incertidumbre

Clasificación Nivel de Actividad	Clasificación Factor de Emisión					
		A	B	C	D	E
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

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo anterior, los niveles de incertidumbre fueron asignados a los diferentes factores de emisión que fueron utilizados en el cálculo de emisiones del inventario, clasificaciones similares fueron aplicadas a los niveles de actividad, con esto se obtuvieron clasificaciones cualitativas tanto de los factores de emisión, como de los niveles de actividad y por ende de las emisiones.

Como resultado de la aplicación del control de calidad se obtuvo una medición cualitativa del nivel de incertidumbre de las emisiones de los diferentes contaminantes; a continuación, se presentan los resultados del análisis:

Tabla 118: Aplicación del control de calidad del inventario a Niveles de Actividad

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Fuente de Niveles de Actividad	Calidad del nivel de actividad
FUENTES FIJAS	Combustión	Combustión externa puntual	Generación eléctrica (Turbinas y Calderas de generación eléctrica)	Sistema de Declaraciones de Fuentes Fijas (F138 Web)	B
			Calderas (Industriales y de calefacción)	Sistema de Declaraciones de Fuentes Fijas (F138 Web)	B
		Combustión interna	Grupos electrógenos	Sistema de Declaraciones de Fuentes Fijas (F138 Web)	B
		Ind. de productos minerales	Producción de Cemento	Sistema de Declaraciones de Fuentes Fijas (F138 Web)	B
FUENTES AREALES	Combustión externa residencial		Gas Licuado	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014	B
			Kerosene	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014	B
			Leña	Encuesta de consumo de leña comunas de Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina	A
	Residencial	Evaporativas residencial	Solventes de uso doméstico	Datos obtenidos de la Proyección de población realizada por el INE para el año 2014	C
			Pintado arquitectónico	Datos obtenidos de la Proyección de población realizada por el INE para el año 2014	C
			Uso de Adhesivos	Datos obtenidos de la Proyección de población realizada por el INE para el año 2014	C
			Residencial de NH ₃	Datos obtenidos de la Proyección de población realizada por el INE para el año 2014	C

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Fuente de Niveles de Actividad	Calidad del nivel de actividad
			Fugas residenciales de GLP	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014	B
	Comercial	Evaporativas comercial	Distribución de combustible	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014 y Parque Vehicular INE año 2014	B
			Lavasecos	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014	B
			Talleres de pintura	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014	B
			Imprentas	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014	B
			Aplicación de asfalto	Datos obtenidos a través del MINVU	B
			Fugas comerciales de GLP	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014	B
		Restaurantes y comida rápida	Panaderías	Datos obtenidos del Informe Estadístico de combustibles (SEC) año 2014	B
	Otras	Disposición de residuos	Quema abierta de basura	-	-
			Plantas de tratamiento de aguas servidas	Datos obtenidos de SISS (Superintendencia de servicios sanitarios) y la proyección de población realizada por el INE para el año 2014	B
		Quemas	Quemas agrícolas	Superficies (ha) quemadas reportadas por CONAF, para el año 2014	B
			Incendios forestales	Superficies (ha) quemadas reportadas por CONAF, para el año 2014	B
	Incendios urbanos		Cantidad de incendios zona urbana Carabineros de Chile	B	

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Fuente de Niveles de Actividad	Calidad del nivel de actividad
			Cigarrillos	Datos obtenidos de la proyección de población realizada por el INE para el año 2014	C
		Emisiones biogénicas	Todas las especias vegetales	Catastro de uso de suelo a nivel regional.	D
		Actividades agrícolas	Fertilizantes	Datos de cultivos ODEPA e INE, para el año 2014	C
		Crianza de Animales	Bovinos	Datos de cantidad de animales ODEPA e INE, para el año 2014	C
			Cerdos	Datos de cantidad de animales ODEPA e INE, para el año 2014	C
			Ovinos	Datos de cantidad de animales ODEPA e INE, para el año 2014	C
			Aves	Datos de cantidad de animales ODEPA e INE, para el año 2014	C
			Caprinos y Camélidos	Datos de cantidad de animales ODEPA e INE, para el año 2014	C
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de edificios	Construcción de edificios y viviendas	Banco de Base de Datos Región del Maule (INE) año 2014	B
		Construcción de caminos	Construcción de caminos	Red Vial Nacional Dimensionamiento y características año 2014	B
		Producción de áridos	Producción de áridos	Sistema de Declaraciones de Fuentes Fijas (F138 Web)	B
	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana e interurbana	Calles pavimentadas en red urbana e interurbana	-	-
			Calles no pavimentadas en red urbana e interurbana	-	-
		Calles en sitios industriales	Calles no pavimentadas en sitios industriales	-	-

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Fuente de Niveles de Actividad	Calidad del nivel de actividad
	Preparación de terrenos agrícolas	Cereales y chacras	Cereales y chacras	Datos de cultivos ODEP-A e INE, para el año 2014	C
		Cultivos Industriales	Cultivos Industriales	Datos de cultivos ODEPA e INE, para el año 2014	C
		Hortalizas	Hortalizas	Datos de cultivos ODEPA e INE, para el año 2014	C
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles fuera de ruta	Maquinaria vehicular	Todas	Plantas de Revisión Técnica (PRT)	B
	Fuentes móviles en ruta	Vehículos livianos de pasajeros	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Vehículos de alquiler	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Vehículos livianos comerciales de uso particular	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Motocicletas	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Fuente de Niveles de Actividad	Calidad del nivel de actividad
		Taxis colectivos	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Camiones livianos	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Camiones medianos	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Camiones pesados	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Buses licitados urbanos	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Buses rurales e interurbanos	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de	C

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Fuente de Niveles de Actividad	Calidad del nivel de actividad
				Parque INE 2014.	
		Buses particulares e institucionales	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C
		Vehículos medianos	Todas	Modelo de transporte: entrega flujos por arco y tipo de vehículo. Parque INE 2014: entrega cantidad de vehículos por tipo. Proyección de parque vehicular a partir de Parque INE 2014.	C

Nota: En la tabla anterior se indica con un guion ("-") aquellas subcategorías en que no se aplicó control de calidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 119: Aplicación del control de calidad del inventario a Factores de emisión

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Calidad del Factor de Emisión								
				MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃	
FUENTES FIJAS	Combustión	Combustión externa puntual	Generación eléctrica (Turbinas y Calderas de generación eléctrica)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			Calderas (Industriales y de calefacción)	B	B	B	B	B	B	B	B	C
	Combustión interna	Grupos electrógenos	B	B	B	B	B	B	B	B	C	
	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de Cemento	B	B	B	B	B	B	B	B	C
FUENTES AREALES	Combustión externa residencial		Gas Licuado	B	B	B	B	B	B	B	B	B
			Kerosene	B	B	B	B	B	B	B	B	B
			Leña	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Residencial	Evaporativas residencial	Solventes de uso doméstico	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA	NA
			Pintado arquitectónico	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA	NA
			Uso de Adhesivos	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA	NA
			Residencial de NH ₃	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA	C
			Fugas residenciales de GLP	NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA
	Comercial	Evaporativas	Distribución de combustible	NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Calidad del Factor de Emisión							
				MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
		comercial	Lavasecos	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA
			Talleres de pintura	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA
			Imprentas	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA
			Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA
			Fugas comerciales de GLP	NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA
		Restaurantes y comida rápida	Panaderías	B	B	B	B	B	B	B	B
		Disposición de residuos	Plantas de tratamiento de aguas servidas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	B
		Quemas	Quemas agrícolas	B	B	B	B	B	B	B	NA
			Incendios forestales	B	B	B	B	B	B	B	NA
			Incendios urbanos	C	C	C	C	C	NA	C	C
			Cigarrillos	C	C	C	C	NA	NA	NA	C
		Emisiones biogénicas	Todas las especias vegetales	NA	NA	NA	NA	D	NA	NA	NA
		Actividades agrícolas	Fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
		Crianza de Animales	Bovinos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
			Cerdos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
			Ovinos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Calidad del Factor de Emisión							
				MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
			Aves	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
			Caprinos y Camélidos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de edificios	Construcción de edificios y viviendas	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
		Construcción de caminos	Construcción de caminos	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
		Producción de áridos	Producción de áridos	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
	Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana e interurbana	Calles pavimentadas en red urbana e interurbana	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
			Calles no pavimentadas en red urbana e interurbana	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
		Calles en sitios industriales	Calles no pavimentadas en sitios industriales	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
	Preparación de terrenos agrícolas	Cereales y chacras	Cereales y chacras	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
		Cultivos Industriales	Cultivos Industriales	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
		Hortalizas	Hortalizas	C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
	FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles fuera de ruta	Maquinaria vehicular	Todas	B	B	B	NA	NA	NA	NA

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Calidad del Factor de Emisión							
				MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
	Fuentes móviles en ruta	Vehículos livianos de pasajeros	Todas	A	A	A	A	A	D	A	C
		Vehículos de alquiler	Todas	A	A	A	A	A	D	A	C
		Vehículos livianos comerciales de uso particular	Todas	A	A	A	A	A	D	A	C
		Motocicletas	Todas	B	B	B	B	B	D	B	C
		Taxis colectivos	Todas	A	A	A	A	A	D	A	C
		Camiones livianos	Todas	A	A	A	A	A	D	A	C
		Camiones medianos	Todas	B	B	B	B	B	D	B	C
		Camiones pesados	Todas	B	B	B	B	B	D	B	C
		Buses licitados urbanos	Todas	B	B	B	B	B	D	B	C
		Buses rurales e interurbanos	Todas	B	B	B	B	B	D	B	C

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	Calidad del Factor de Emisión							
				MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
		Buses particulares e institucionales	Todas	B	B	B	B	B	D	B	C
		Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	Todas	A	A	A	A	A	D	A	C
		Vehículos medianos	Todas	A	A	A	A	A	D	A	C

Fuente: Elaboración propia

Notas a la tabla anterior:

- Guion ("-"), indica que no se define evaluación de niveles de incertidumbre para una subcategoría.
- "NA", indica que no aplica al nivel de incertidumbre para uno o más contaminantes, debido a que no corresponde su cálculo.

Tabla 120: Aplicación del control de calidad del inventario a Emisiones

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	incertidumbre Emisiones								
				MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃	
FUENTES FIJAS	Combustión	Combustión externa puntual	Generación eléctrica (Turbinas y Calderas de generación eléctrica)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			Calderas (Industriales y de calefacción)	B	B	B	B	B	B	B	B	B
		Combustión interna	Grupos electrógenos	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de Cemento	B	B	B	B	B	B	B	B	B
FUENTES AREALES	Residencial	Combustión externa residencial	Gas Licuado	B	B	B	B	B	B	B	B	B
			Kerosene	B	B	B	B	B	B	B	B	B
			Leña	A	A	A	A	A	A	A	A	A
		Evaporativas residencial	Solventes de uso doméstico	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA	NA
			Pintado arquitectónico	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA	NA
			Uso de Adhesivos	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA	NA
			Residencial de NH ₃	NA	NA	NA	C	NA	NA	NA	NA	C
		Fugas residenciales de GLP	NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA	
		Comercial	Evaporativas comercial	Distribución de combustible	NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA
	Lavasecos			NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA
	Talleres de pintura			NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA
	Imprentas			NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA
	Aplicación de asfalto			NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA
	Fugas comerciales de GLP			NA	NA	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA
	Restaurantes y comida rápida		Panaderías	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Disposición de	Plantas de tratamiento de	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	B	

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	incertidumbre Emisiones										
				MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃			
		residuos	aguas servidas											
		Quemas	Quemas agrícolas		B	B	B	B	B	B	B	B	NA	
			Incendios forestales		B	B	B	B	B	B	B	B	NA	
			Incendios urbanos		B	B	B	B	B	NA	B	B		
			Cigarrillos		C	C	C	C	NA	NA	NA	C		
		Emisiones biogénicas	Todas las especias vegetales		NA	NA	NA	NA	E	NA	NA	NA		
		Actividades agrícolas	Fertilizantes		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C	
		Crianza de Animales	Bovinos		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
			Cerdos		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
			Ovinos		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
			Aves		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
			Caprinos y Camélidos		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C
		POLVO FUGITIVO	Construcción y Demolición	Construcción de edificios	Construcción de edificios y viviendas		B	B	B	NA	NA	NA	NA	NA
				Construcción de caminos	Construcción de caminos		B	B	B	NA	NA	NA	NA	NA
				Producción de áridos	Producción de áridos		B	B	B	NA	NA	NA	NA	NA
Polvo Resuspendido de calles	Calles en red urbana e interurbana		Calles pavimentadas en red urbana e interurbana		B	B	B	NA	NA	NA	NA	NA		
			Calles no pavimentadas en red urbana e interurbana		B	B	B	NA	NA	NA	NA	NA		
	Calles en sitios industriales		Calles no pavimentadas en sitios industriales		C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA		
Preparación de terrenos	Cereales y chacras		Cereales y chacras		C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA		
	Cultivos		Cultivos Industriales		C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA		

GRUPO	SUB-GRUPO	CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	incertidumbre Emisiones								
				MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃	
	agrícolas	Industriales										
		Hortalizas	Hortalizas		C	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
FUENTES MÓVILES	Fuentes móviles fuera de ruta	Maquinaria vehicular	Todas		B	B	B	NA	NA	NA	NA	NA
		Vehículos livianos de pasajeros	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
	Fuentes móviles en ruta	Vehículos de alquiler	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Vehículos livianos comerciales de uso particular	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Motocicletas	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Taxis colectivos	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Camiones livianos	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Camiones medianos	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Camiones pesados	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Buses licitados urbanos	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Buses rurales e interurbanos	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Buses particulares e institucionales	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C
		Vehículos medianos	Todas		B	B	B	B	B	D	B	C

Fuente: Elaboración propia.

Notas a la tabla anterior:

- Guion ("-"), indica que no se define evaluación de niveles de incertidumbre para una subcategoría.
- "NA", indica que no aplica al nivel de incertidumbre para uno o más contaminantes, debido a que no corresponde su estimación.

b) Metodología para complementar el control de calidad del inventario de emisiones

Además de la metodología para estimar la incertidumbre, el consultor realizó validaciones técnicas de la información reportada en F138 para fuentes fijas, con el objetivo de determinar emisiones fuera de rango (outlier), en base a características de la fuente emisora; por ejemplo, para un mismo contaminante, comuna, tipo de fuente, combustible, rubro, etc.

A continuación, se presentan los principales criterios que fueron utilizados para validar información técnica de las fuentes fijas.

En primera instancia se revisó la correcta asignación por tipo de fuente, para ello se verificó visualmente uno a uno que los tipos asignados coincidan con la descripción, por ejemplo, si tomamos en cuenta los campos de información del F138 podemos utilizar el “tipo de unidad de emisión” para identificar las fuentes que deben ser analizadas, estas corresponden a calderas o turbinas. El listado de Unidad de emisión (o fuente) corresponde al siguiente:

- CA: Caldera calefacción
- EL: Grupos Electrónicos
- GE: Caldera de generación eléctrica
- IN: Caldera Industrial
- PA: Hornos de panadería
- PC: Procesos Industriales con combustión
- PS: Procesos Industriales sin combustión

Las validaciones que se realizaron son las siguientes:

- Tipo de unidades de emisión con modos de operación (CCF8)
- Modos de operación (CCF8) con parámetros declarados
- Tipo de unidades de emisión con Equipos de Control

c) Visitas a terreno (Validación In Situ)

Para las fuentes fijas se realizaron algunas visitas a terreno, previo acuerdo con la contraparte, con el propósito de corroborar la información reportada en el F138 por los

establecimientos de las comunas del estudio. Los criterios para seleccionar los establecimientos y fuentes a visitar fueron los siguientes:

- Mayor incertidumbre de información en base a disponibilidad de datos.
- Series históricas con datos de emisiones y otras variables técnicas coherentes.
- Valores fuera de rango para establecimientos de similares características
- Otros indicadores técnicos sospechosos

Se confeccionó una lista de chequeo (bitácoras, variables, fuentes de información, etc.), con el propósito de corroborar la información reportada por estos establecimientos.

A continuación, se presentan los principales aspectos y antecedentes recabados de cada visita:

Visita CAROZZI NutriPro.

Asistentes: Jeraldo Ortuya: Gerente de Producción.

Ernesto Martínez: Jefe de Planta.

Diego Pérez: Ministerio de Medio Ambiente.

Carolina Vega: Seremi Medio Ambiente Región del Maule.

Oscar González: Supervisor de Producción.

Lincoln Norambuena: SISTAM Ingeniería.

Jaime Escobar: SISTAM Ingeniería.

Cristian Villamán: SISTAM Ingeniería.

Se realizó una presentación por parte de SISTAM Ingeniería de las Fuentes Fijas que estaba declarada en DS138.

Existe un cambio de RUT de la planta.

Caldera es del tipo parrilla Fija, tiene un equipo de control un ciclón seco el cual no se encuentra registrado en DS138.



- Consumo de materia prima para su funcionamiento es BIOMASA (cascarilla de Avena), la que tiene un consumo de 950 a 1050 kg /hora
- Producción de Vapor máxima de 10000 toneladas/hora, producción utilizada para los procesos productivos de 6500 toneladas/hora.

No tienen equipo de respaldo (No poseen Grupo Electrógeno) por el alto costo que implica para la planta.

No tienen mediciones a las fuentes.

La planta cuenta con una producción de 6 días a la semana (día sábado hacen paralización por mantención de 16 – 24 horas).

La planta cuenta con un proceso de producción de pellets (alimento para animales) de un 95 %.

Cuentan con registro en Ventanilla Única, en la que tienen DS138.

Posee 4 molinos (moliendas), cada uno cuenta con su chimenea propia, además de los filtros de mangas para cada molino, considerar que se genera polvo fino proveniente de cereales como maíz, trigo y otros.

La Tolva también posee un filtro de manga

Flujo de Camiones 300 a 400 metros al interior de planta, poseen un registro de cada camión mediante la Romana.

Información solicitada:

- Flujo de Camiones: Registro de los camiones al interior de planta
- Eficiencia de los Filtros de Mangas.
- Datos del ciclón seco que se encuentra como equipo de control en la caldera.

Visita Curtiembre Rufino Melero S.A.

Asistentes: Víctor San Martín: Proyectos y Medio Ambiente

Víctor Farías: Encargado de Mantención

Diego Pérez: Ministerio de Medio Ambiente



Carolina Vega: Seremi Medio Ambiente Región del Maule.

Lincoln Norambuena: SISTAM Ingeniería

Jaime Escobar: SISTAM Ingeniería

Cristian Villamán: SISTAM Ingeniería

Se realizó una presentación por parte de SISTAM Ingeniería, respecto de las Fuentes Fijas que estaban declaradas en el F138.

El establecimiento posee una Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Se realizó una visita al área productiva y fuentes en la planta:

Caldera industrial

- Fabricación y Año Fabricación: WENCO S.A (1986) Registro N°263
- Producción máxima de vapor: 9900 kilos hora
- Combustible: Leña (Rollizos de Pino radiata)
- Chimenea de la Caldera: Diámetro 0.9 – 1 metro

Altura Chimenea: 6 metros aguas abajo y 16 metros aguas arriba

Revisar el ciclo de funcionamiento, ya que se encuentra con menos horas de funcionamiento, solo se declaró las horas de horario del personal que es menor del funcionamiento de la caldera.

Tienen 2 grupos electrógenos:

- Grupo Eléctrico 155 KVA

Tiene un funcionamiento total de 3 horas en 3 años (horómetro)

Tiene una operación solo de prueba de 10 minutos cada 15 días

Altura Total: 3 metros

Altura de la chimenea: 1 metro

- Grupo Eléctrico 350 KVA

Se encuentra inactivo debido a problemas del motor



Filtro de Mangas (Lijadoras)

Información solicitada:

- Revisión y Prueba de la caldera.

Visita Cementos Biobío

Asistentes: Eduardo Pimentel: Gerente
 Jaime Valdés: Subgerente de Operaciones
 Jorge Sandoval: Ingeniero especialista en Medio Ambiente
 Carolina Vega: Seremi Medio Ambiente Región del Maule.
 Lincoln Norambuena: SISTAM Ingeniería
 Jaime Escobar: SISTAM Ingeniería
 Cristian Villamán: SISTAM Ingeniería

Se realizó una presentación por parte de SISTAM Ingeniería de las Fuentes Fijas que estaban declaradas en DS138 las 7 fuentes y 7 chimeneas declaradas en DS138, se visitó junto con los encargados de cementos Biobío. Se hizo la revisión de los Generadores, por la clasificación

La información de las fuentes se encuentra en sistema SAP.

- Poseen 4 generadores Marca Hyundai (tienen 9 cilindros y 9 culatas tipo barco)
- Potencia de cada generador 2610 KVA Potencia generada 13.6 MW total
- Consumo de FO6 (Petróleo N°6)
- Cinta transportadora: no tiene estimación, combustible utilizado pet coke.
- **Clinker (Molino 2): Molino – Calcinador (entrada de O₂)- Horno** (las mediciones se hacen anual).
- Molinos de BOLA capacidad de 125 toneladas, (las mediciones se hacen semestral)

Información solicitada:

- Datos de la estación de Monitoreo (2009-2011) comuna de Teno
- Monitoreo Continuo (Datos de la planta) no ingresados o pedidos en DS138.
- Flujo de Camiones: registro de los camiones al interior de planta
- Datos Estación meteorológica (datos mensuales)
- Datos del Motor: EL007169

Visita ENLASA

Asistentes: Carol Gray: Jefe de asuntos Ambientales

Cesar Herrera: Supervisor de la Planta

Carolina Vega: Seremi Medio Ambiente Región del Maule.

Lincoln Norambuena: SISTAM Ingeniería

Jaime Escobar: SISTAM Ingeniería

Cristian Villamán: SISTAM Ingeniería

- Se realizó una presentación por parte de SISTAM Ingeniería de las Fuentes Fijas que estaban declaradas en DS138, se visitó los generadores junto con los encargados de ENLASA
- Poseen 36 equipos (generadores de respaldo).
- Tienen un punto de descarga (Ducto cuadrado dimensiones 6 metros de alto y 4 metros de ancho) .
- Consumo aproximado 200 a 300 kg / Petróleo 2 (Diésel).
- Datos del motor: MTU con cilindro V16 (culatines).
- HP: 2600. 1940 KW.
- Los generadores no tienen equipo de control

Se realizan Pruebas al Vacío (sin Carga) con un tiempo de 5 a 10 minutos cada 2 semanas, para mantenimiento del equipo y lubricación del motor.

Cuando está en plena capacidad la planta tiene un consumo de 12 m³/hora y se conecta al interconectado central, los meses punta o de mayor consumo son junio y julio.

Visita CAROZZI (AGROZZI)

Asistentes: Rodrigo Silva: Gerente de Producción

Christian Rubio: Sub-Gerente Técnico

Carolina Vega: Profesional Calidad de Aire, Seremi Región del Maule.

Lincoln Norambuena: SISTAM Ingeniería

Jaime Escobar: SISTAM Ingeniería

Cristian Villamán: SISTAM Ingeniería

Se realizó una presentación y caracterización de las fuentes declaradas en DS138 por parte de SISTAM Ingeniería, se visitaron los generadores junto con los encargados de Agrozzi.

Se solicita rectificar la información de la Caldera (7): Consumo real de combustible, hora de funcionamiento anual y consumo de vapor por hora de la fuente.

Se debe rectificar la información de la Caldera (6), aparece como caldera de calefacción siendo industrial se debe cambiar el código de CA a IN

Verificación de la caldera (5) y (6) ya que unen a un mismo punto de descarga (Chimenea)

Solo se consume el vapor para procesos internos tanto de pasta de tomates y pulpa de fruta.

Consumo de las calderas es FO6 (Petróleo 6) están en estudio cambiar el combustible a Gas Natural

Se mencionó el error en la descripción del ducto de las Calderas (4) y (7) corregir las dimensiones del ducto referentes a los diámetros exterior 150 cm y diámetro interior 90 cm.

Flujo de Camiones: Registro de los camiones al interior de planta, aproximadamente 350 camiones día con un recorrido de 1 km.

Información solicitada:

- Mediciones Isocinéticas realizadas a las fuentes.
- Flujo de Camiones: Registro de los camiones al interior de planta.
- Revisión y Pruebas de las calderas.
- Al distribuidor de combustible COPEC (FO6 % de concentrado de azufre)

3.3 Contar con una base de datos estructurada del inventario de emisiones

3.3.1 Desarrollo del inventario de emisiones.

Se generó una base de datos en Excel desagregada por tipos de fuentes emisoras, la información generada permite su uso posterior en la etapa de modelación. Los formatos entregados que contienen el inventario de emisiones son los siguientes:

- Papel (tipo informe).
- Planilla Excel (detalladas y resúmenes).

El detalle de las emisiones y los cálculos realizados por tipo de fuentes se presenta en el anexo digital, en el archivo “emisiones.rar”; la ruta a este archivo se detalla en la sección 5.3 Anexo digital.

A continuación, se presenta los principales resultados del inventario de emisiones:

Tabla 121. Emisiones Año 2014 por Grupo de fuente en ton/año

TIPO FUENTES	MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
FUENTES AREALES	1.848,6026	1.769,4310	1.608,8621	16.043,2437	40.296,5486	127,4603	501,1009	7.584,5543
FUENTES FIJAS	214,3763	91,4569	56,9101	503,0039	80,9612	925,0916	3.753,3855	14,8747
FUENTES MÓVILES	69,8523	68,8331	68,5207	7.587,5725	616,6016	7,7650	17.950,0461	23,3120
POLVO FUGITIVO	10.003,0665	2.059,1833	387,5123	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total general	12.067,0664	3.990,8177	2.123,2764	24.004,3300	40.964,1629	1.079,6862	22.043,1979	7.622,9157

Fuente: Elaboración propia

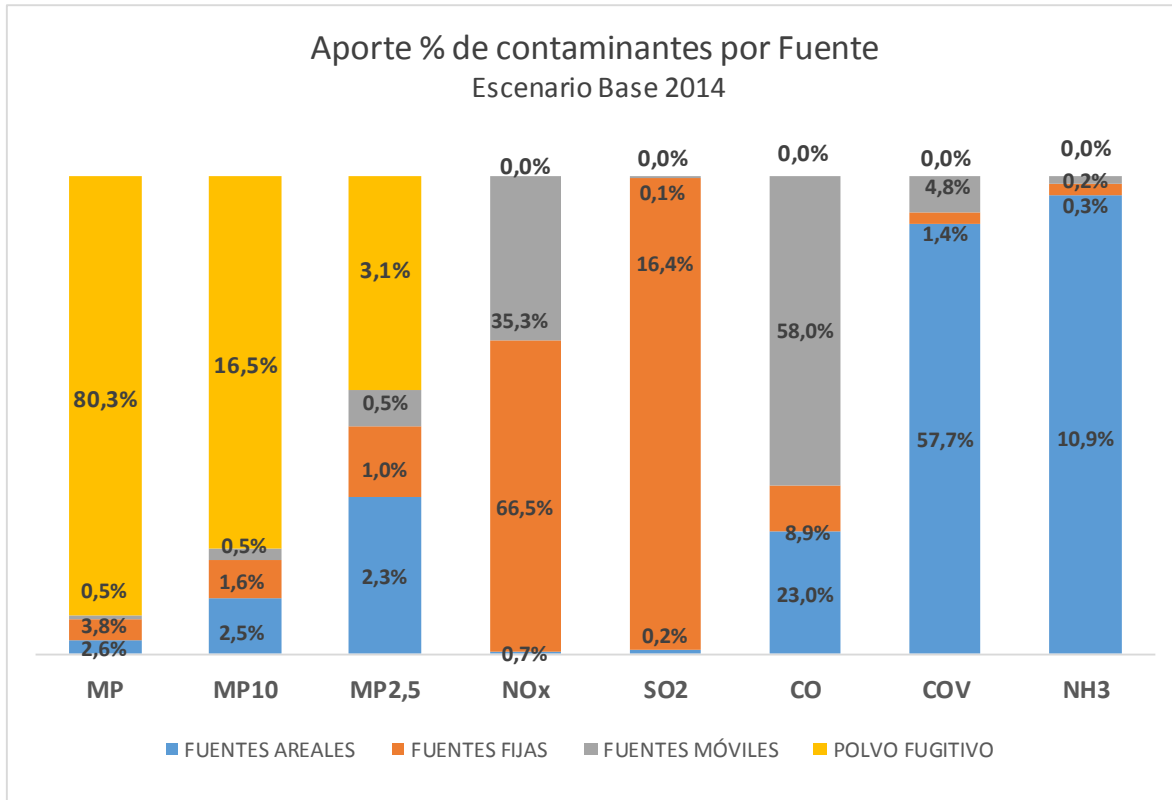


Figura 23: Aporte porcentual de contaminantes por fuente, Año 2014

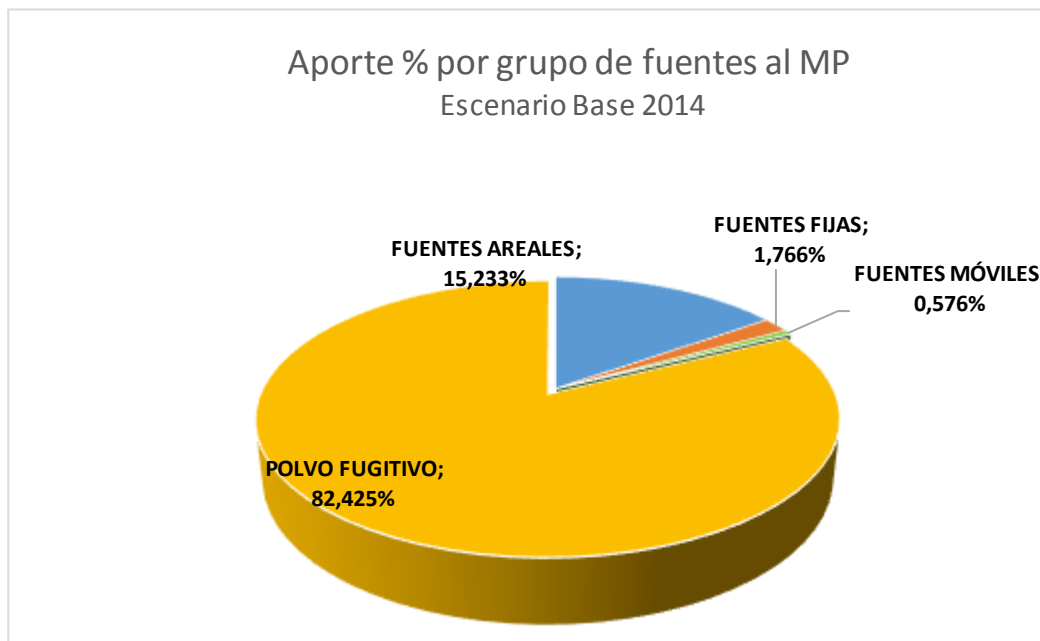


Figura 24: Aporte porcentual de MP por grupo de fuentes, Año 2014

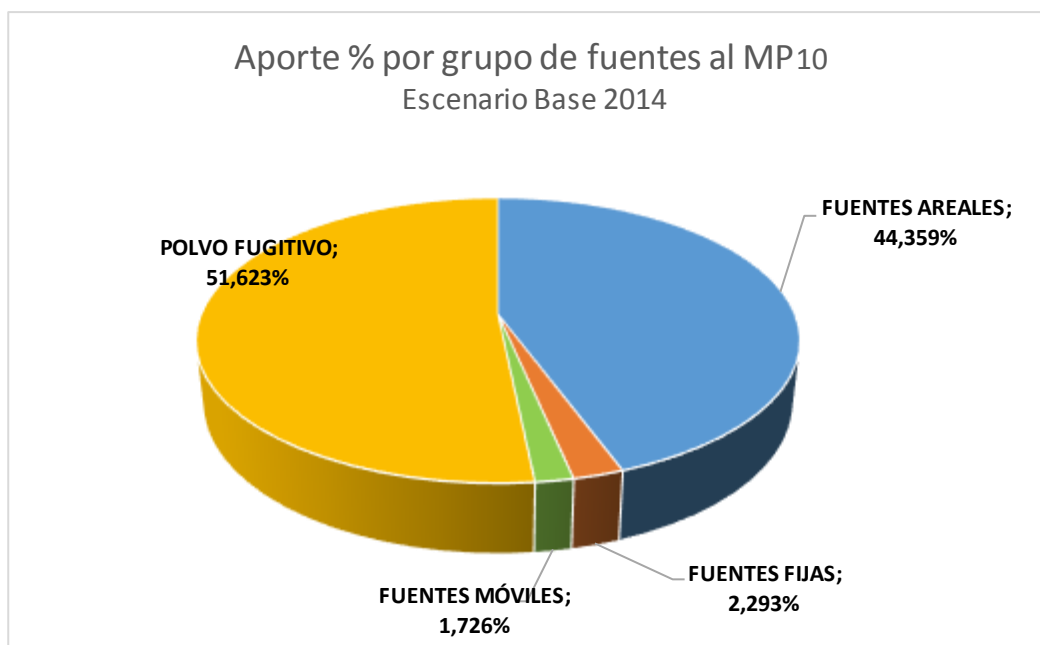


Figura 25: Aporte porcentual de MP₁₀ por grupo de fuentes, Año 2014

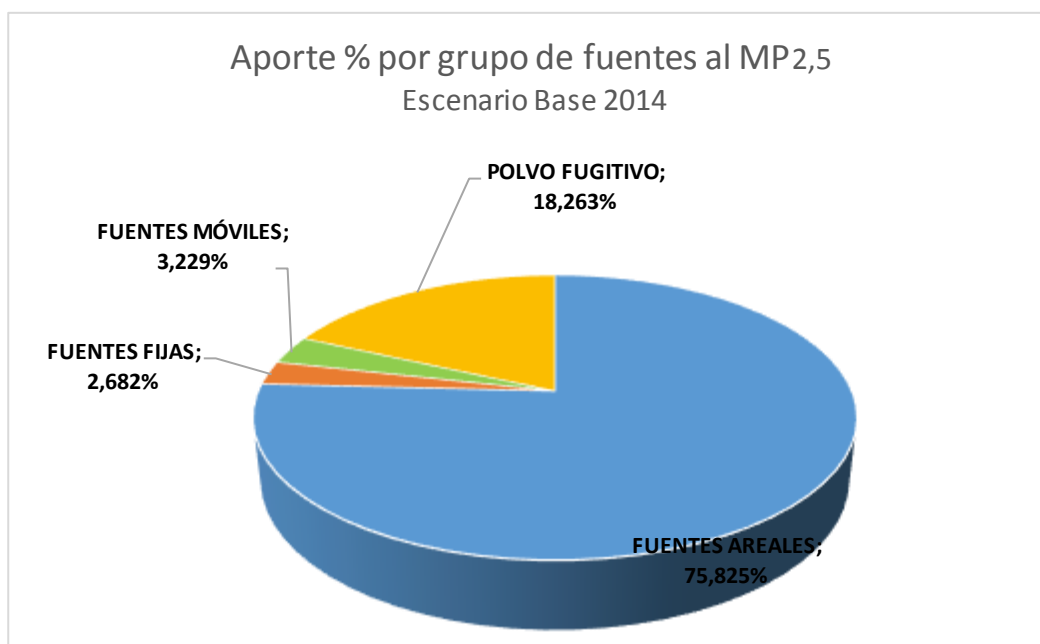


Figura 26: Aporte porcentual de MP_{2,5} por grupo de fuentes, Año 2014

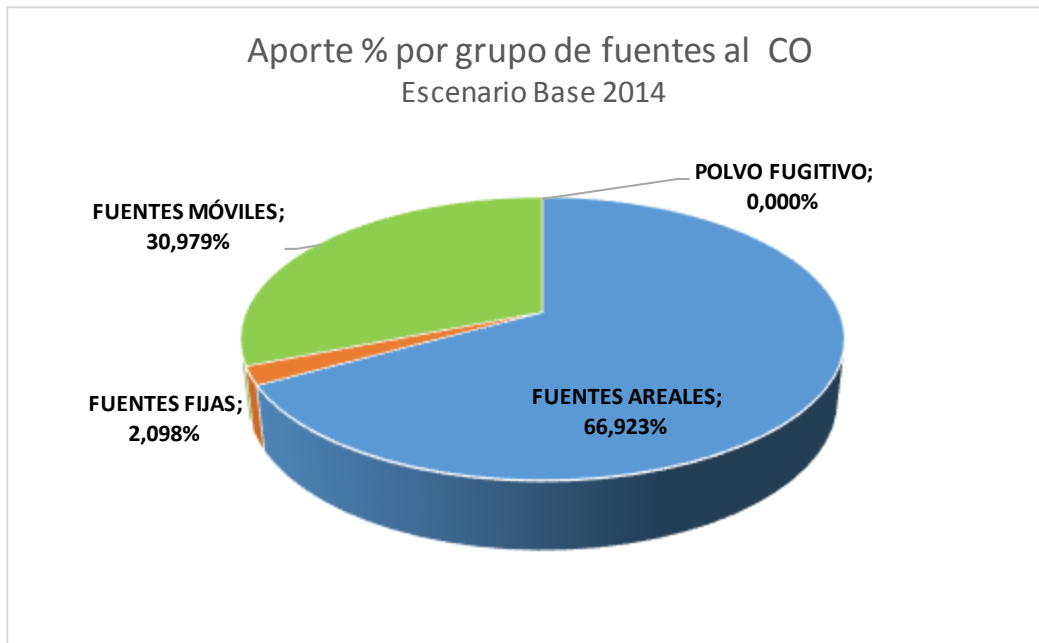


Figura 27: Aporte porcentual de CO por grupo de fuentes, Año 2014

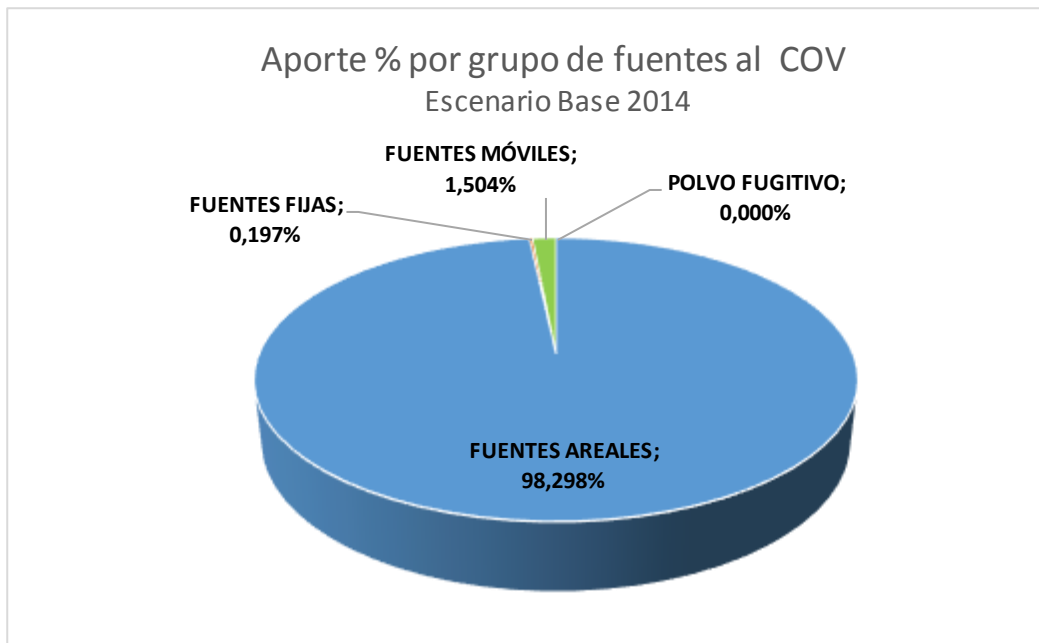


Figura 28: Aporte porcentual de COV por grupo de fuentes, Año 2014

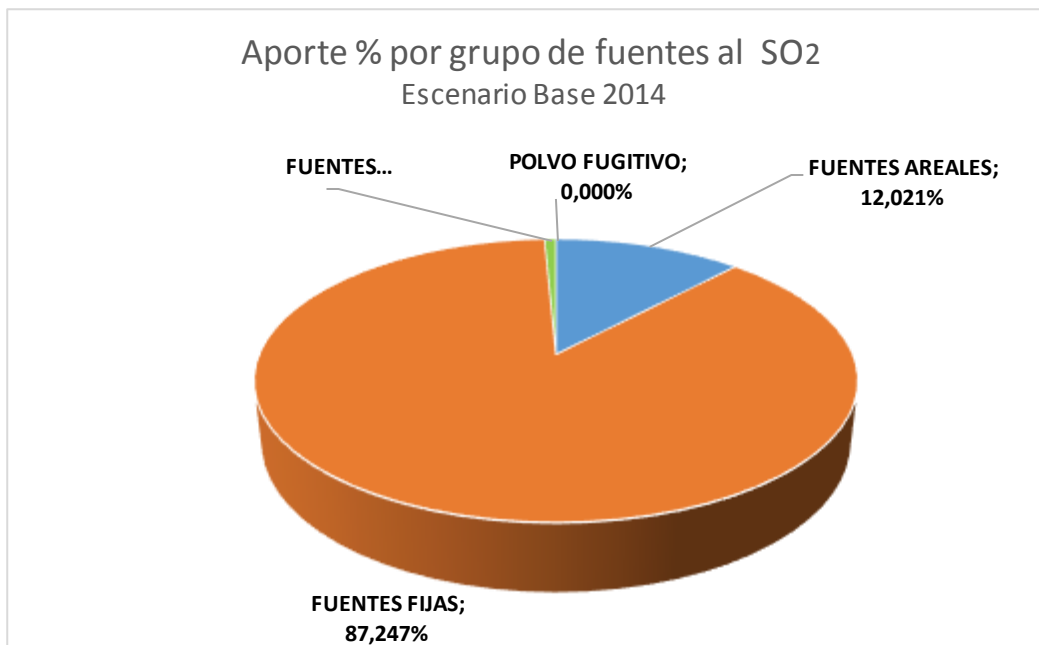


Figura 29: Aporte porcentual de SO₂ por grupo de fuentes, Año 2014

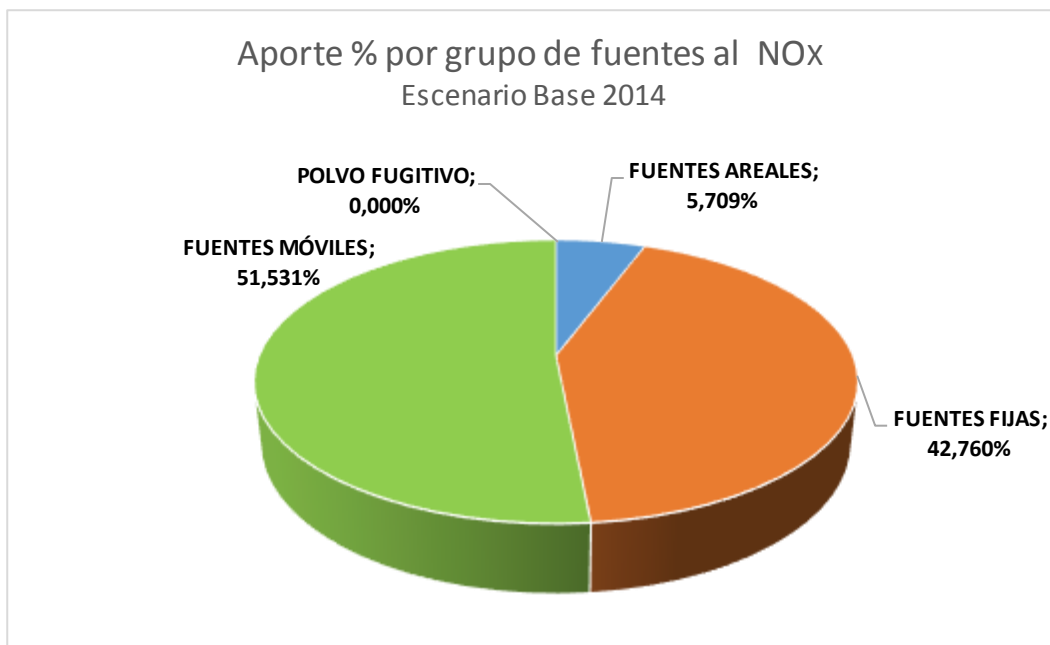


Figura 30: Aporte porcentual de NO_x por grupo de fuentes, Año 2014

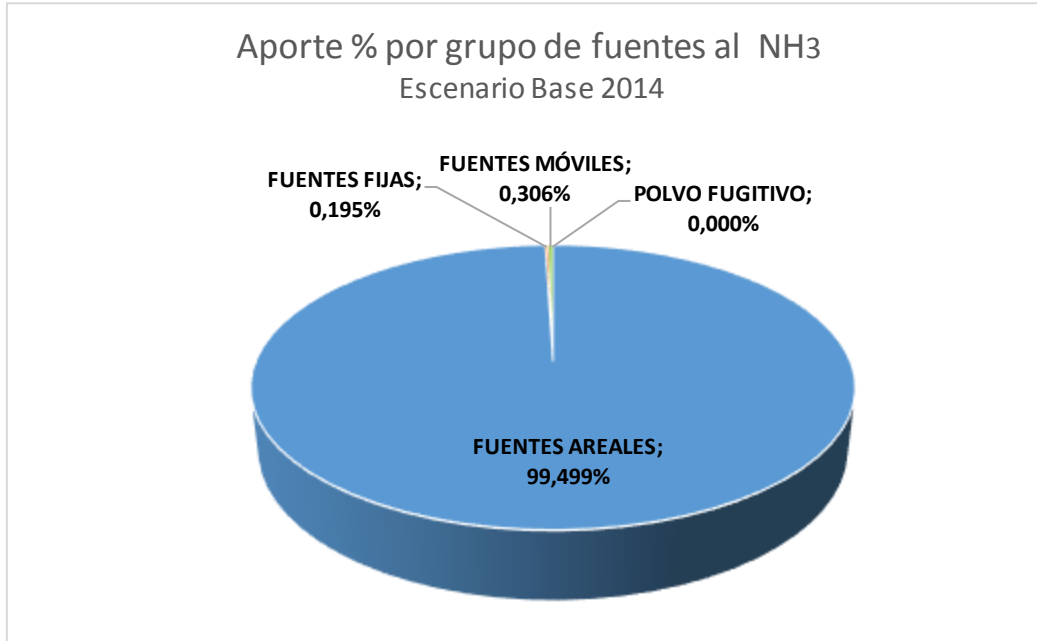


Figura 31: Aporte porcentual de NH₃ por grupo de fuentes, Año 2014

En la tabla siguiente se muestra mayor detalle de las emisiones calculadas para el año base 2014:

Tabla 122: Detalle del inventario año base 2014 a nivel de grupos y categorías

Emisiones (t/año)								
Tipos de Fuentes	MP	MP ₁₀	MP _{2.5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
FUENTES AREALES	1.848,6026	1.769,43	1.608,86	16.043,24	40.296,54	127,4603	501,1009	7.584,55
Comercial	1,0434	1,0434	1,0434	9,4646	356,4293	3,5027	69,6667	0,4051
Evaporativas comercial	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	355,9383	0,0000	0,0000	0,0000
Rest. y comida rápida	1,0434	1,0434	1,0434	9,4646	0,4910	3,5027	69,6667	0,4051
Otras	940,4780	899,9668	763,8864	8.444,6906	35.774,2004	111,7271	364,8160	7.342,2627
Actividades agrícolas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5.612,2121
Crianza de Animales	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1.671,6529
Disposición de residuos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	57,3694
Emisiones biogénicas	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	31.926,4000	0,0000	0,0000	0,0000
Quemas	940,4780	899,9668	763,8864	8.444,6906	3.847,8004	111,7271	364,8160	1,0283
Residencial	907,0811	868,4209	843,9323	7.589,0886	4.165,9189	12,2306	66,6181	241,8865
Combustión externa residencial	907,0811	868,4209	843,9323	7.589,0886	3.238,8828	12,2306	66,6181	35,0944
Evaporativas residencial	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	927,0361	0,0000	0,0000	206,7921
FUENTES FIJAS	214,3763	91,4569	56,9101	503,0039	80,9612	925,0916	3.753,3855	14,8747
Combustión	151,7587	72,1261	47,6996	314,6356	71,0463	803,0802	878,8108	14,2329
Combustión externa puntual	113,1737	55,4819	42,7094	200,5827	31,3650	676,8358	364,8852	11,8161
Combustión interna	38,5850	16,6442	4,9903	114,0529	39,6813	126,2445	513,9256	2,4168
Procesos	62,6176	19,3308	9,2105	188,3683	9,9149	122,0114	2.874,5747	0,6418
Ind. de productos minerales	62,6176	19,3308	9,2105	188,3683	9,9149	122,0114	2.874,5747	0,6418
FUENTES MÓVILES	69,8523	68,8331	68,5207	7.426,5433	616,6016	7,7650	4.523,3434	23,3120
Fuentes móviles en ruta	62,7278	62,6926	62,6926	7.369,8843	616,6016	7,7650	3.209,1526	23,3120
Buses licitados urbanos	3,5927	3,5927	3,5927	51,6845	9,6573	0,1634	123,7617	0,0255
Buses particulares e institucionales	15,0237	15,0237	15,0237	305,8176	34,4717	1,1976	790,7286	0,0982
Buses rurales e interurbanos	9,1465	9,1465	9,1465	142,9741	20,6649	0,6183	394,2100	0,0591
Camiones livianos	3,6412	3,6557	3,6557	23,7213	14,5706	0,1711	55,0321	0,0459

Emisiones (t/año)								
Tipos de Fuentes	MP	MP ₁₀	MP _{2.5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
Camiones medianos	3,8748	3,8748	3,8748	20,9393	32,7151	0,2093	80,4058	0,0330
Camiones pesados	15,7100	15,7100	15,7100	157,3408	33,7657	1,6284	537,9479	0,1646
Motocicletas	0,0520	0,0023	0,0023	169,0548	19,6833	0,0315	5,3403	0,0389
Taxis colectivos	1,3271	1,3271	1,3271	172,9774	11,2379	0,3632	54,5223	1,4228
Vehículos de alquiler	0,0255	0,0255	0,0255	34,2396	1,9557	0,0585	6,7966	0,2666
Vehículos liv.comerc. uso de empresas	1,7975	1,7975	1,7975	290,3579	24,1655	0,1934	83,3627	0,9496
Vehículos liv. comerc. uso particular	6,3332	6,3332	6,3332	2.186,4957	135,8575	1,4432	488,8203	6,7172
Vehículos livianos de pasajeros	1,0144	1,0144	1,0144	3.605,1323	258,9947	1,4018	545,8230	12,1987
Vehículos medianos	1,1893	1,1893	1,1893	209,1489	18,8617	0,2853	42,4014	1,2919
Fuentes móviles fuera de ruta	7,1246	6,1405	5,8281	56,6590	0,0000	0,0000	1.314,1908	0,0000
Maquinaria vehicular	7,1246	6,1405	5,8281	56,6590	0,0000	0,0000	1.314,1908	0,0000
POLVO FUGITIVO	10.003,0665	2.059,1833	387,5123	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Construcción y Demolición	332,3583	194,6283	115,2684	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Construcción de caminos	211,5590	137,0097	74,0457	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Construcción de edificios	117,7792	57,6186	41,2227	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Producción de áridos	3,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Polvo Resuspendido de calles	9.648,2435	1.849,2467	265,3266	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Calles en red urbana e interurbana	9.648,2435	1.849,2467	265,3266	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Calles en sitios industriales	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Preparación de terrenos agrícolas	22,4647	15,3082	6,9173	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cereales y chacras	18,2674	13,3374	5,4822	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cultivos Industriales	1,9549	0,7552	0,5694	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hortalizas	2,2424	1,2156	0,8657	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total general	12.135,8977	3.988,9043	2.121,8052	23.972,7909	40.994,1115	1.060,3169	8.777,8298	7.622,7410

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Generar un mapa de emisiones en formatos que refleje la localización de las distintas fuentes y actividades emisoras.

El consultor trabajó y validó la georreferenciación de las fuentes de emisión. En el anexo digital del presente informe se entrega una base de datos georreferenciada con la totalidad de fuentes incluidas en el inventario de emisiones, para ello se generó un conjunto de shapefiles, los cuales están asociado a una tabla de atributos que contiene el detalle de las emisiones de los contaminantes.

La georreferenciación de las fuentes emisoras posee distintas formas según el tipo de actividad emisora. Se definieron los siguientes tipos de georreferenciación según grupo de fuentes:

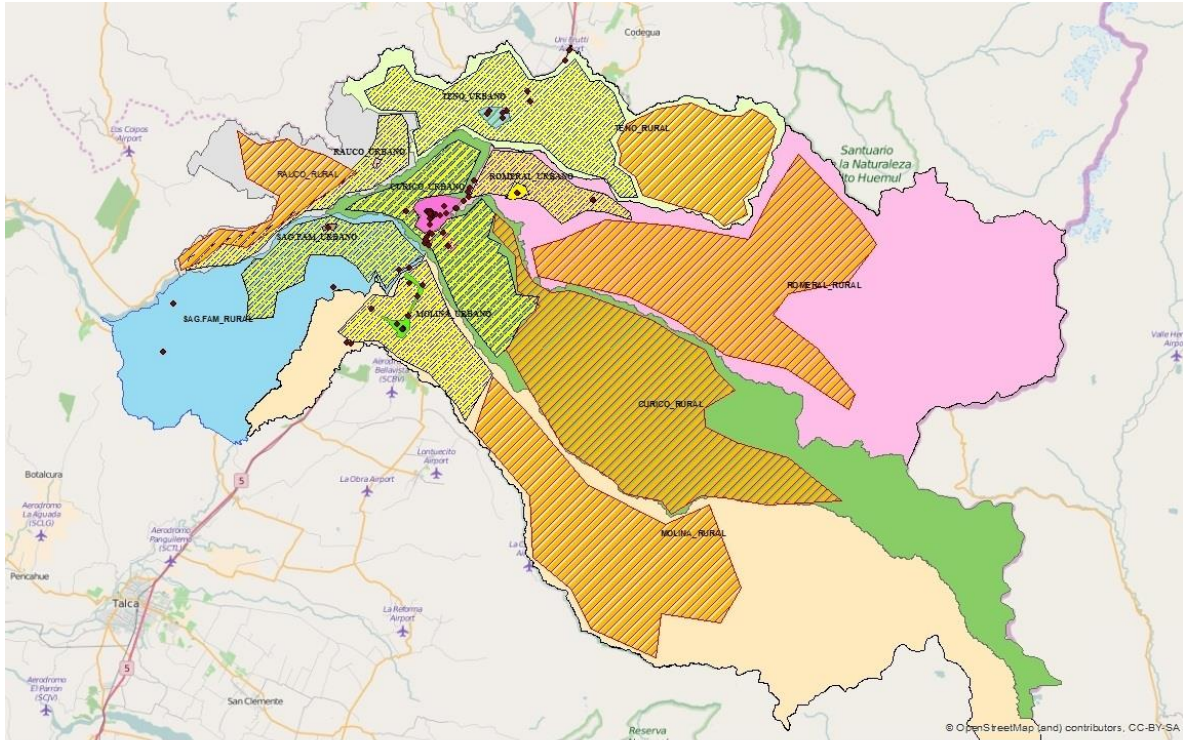
- Fuentes Puntuales: Puntos.
- Fuentes Móviles: Polilíneas (para red interurbana y ciudad con modelo de transporte) y Polígonos (para ciudades con estimación top down).
- Fuentes Areales y Fugitivas: Polígonos.

Los mapas georreferenciados se presentan según las siguientes especificaciones (Layers):

- Elipsoide = WGS-84 (World Geodetic System 1984[5])
- Datum = WGS-84
- Huso = S-19 (Sur)
- Sistema de coordenadas = UTM (Universal Transverse Mercator)

El detalle sobre los mapas georreferenciados de todas las fuentes consideradas en el inventario de emisiones se presenta en el anexo digital shapes.zip.

A continuación, se muestran una imagen referencial de todas las fuentes georreferenciadas:



Simbología:

● Fuente fija (puntual)	Polígono comuna de Sagrada Familia zona urbana	Polígono comuna de Curicó zona urbana	Polígono comuna de Raucó zona rural
Polígono Incendios forestales	Polígono comuna de Romeral zona urbana	Polígono comuna de Teno zona rural	Polígono comuna de Molina zona rural
Polígono Quemaz agrícolas	Polígono comuna de Raucó zona urbana	Polígono comuna de Sagrada Familia zona rural	Polígono comuna de Curicó zona rural
Polígono comuna de Teno zona urbana	Polígono comuna de Molina zona urbana	Polígono comuna de Romeral zona rural	

Figura 32: Mapa georreferenciado correspondiente a la distribución espacial de las emisiones de varios tipos de fuentes de las comunas del inventario.

3.4 Realizar una proyección del inventario de emisiones a partir del inventario año base 2014, en un horizonte a 15 años

3.4.1 Metodología de proyección del inventario de emisiones, escenario conservador

Se realizó la proyección de las emisiones en un horizonte a 15 años, de esta manera se obtuvieron las emisiones para el escenario proyectado (año 2030). Para poder realizar la proyección de las emisiones, el consultor definió criterios y supuestos, los cuales deben ser discutidos y acordados con la contraparte técnica.

Algunos antecedentes utilizados para la proyección de emisiones son los siguientes:

- Crecimiento poblacional
- Crecimiento económico
- Crecimiento del parque vehicular

Crecimiento poblacional proyectado al año 2030, según datos del INE.

Tabla 123: Población proyectada al año 2030

Comuna	Población 2014	Población proyectada a 2030
Curicó	142.662	169.964
Molina	42.128	60.659
Rauco	9.970	12.852
Romeral	14.983	19.160
Sagrada Familia	19.467	21.700
Teno	28.397	35.607
Total	257.607	319.942

Fuente: Elaboración propia en base a Proyecciones INE

3.4.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones, Fuentes Fijas (combustión, procesos y evaporativas).

3.4.1.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión y Procesos

La proyección para fuentes fijas se basó en el crecimiento de las fuentes, este crecimiento y su proyección puede ser asociado al Indicador de Actividad Económica Regional, INACER, es por ello que se utilizó la tasa de crecimiento anual del Índice del INACER de los últimos 5 años (periodo 2011-2015).

Tabla 124: Índice de Actividad Económica Regional (Base promedio 2011=100)

Periodo	Trimestre	Indicador Maule	Variación Porcentual Maule
2011	Ene-Mar ^{/r}	107,3	-
	Abr-Jun ^{/r}	100,6	-
	Jul-Sep ^{/r}	92,3	-
	Oct-Dic ^{/r}	99,8	-
2012	Ene-Mar ^{/r}	121,2	12,9
	Abr-Jun ^{/r}	109,7	9,1
	Jul-Sep ^{/r}	99,1	7,4
	Oct-Dic ^{/r}	99,3	-0,5
2013	Ene-Mar ^{/r}	118,6	-2,1
	Abr-Jun ^{/r}	112,5	2,5
	Jul-Sep ^{/r}	96,9	-2,2
	Oct-Dic ^{/r}	101,1	1,8
2014	Ene-Mar ^{/r}	119,7	0,9
	Abr-Jun ^{/r}	110,9	-1,4
	Jul-Sep ^{/r}	97,3	0,4
	Oct-Dic ^{/r}	105,7	4,6
2015	Ene-Mar/P	122,3	2,2
	Abr-Jun ^{/p}	113,3	2,2
	Jul-Sep ^{/p}	99,0	1,7

Fuente: INE

Notas a la tabla anterior: el guion ("-"), indica que no se define evaluación de niveles de incertidumbre para una subcategoría.

A continuación, se presenta el número de fuentes fijas proyectadas al año 2030.

Tabla 125. Número de Fuentes proyectadas al año 2030

Clasificación de fuente	Curicó	Molina	Romeral	Sagrada Familia	Teno
Calderas (Industriales y de calefacción)	26	12	17	5	9
Grupos electrógenos	50	33	21	8	85
Panaderías	14	0	0	2	0
Manejo de áridos ¹⁷	0	0	3	0	0
Producción de Cemento	0	0	0	0	35
Total	89	45	41	14	129

Fuentes: Elaboración propia en base DS138 y Proyecciones

3.4.1.2 Metodología de Proyección de Emisiones, Fuentes Móviles (en ruta y fuera de ruta).

3.4.1.2.1 Metodología de Proyección de Emisiones Fuentes Móviles en ruta

Para proyectar las emisiones de fuentes móviles en ruta, específicamente en la red urbana, se utilizó la tasa de crecimiento anual del parque vehicular de los últimos 7 años (periodo 2008-2014). A continuación, se presenta el parque vehicular proyectado al año 2030 por categoría vehicular.

Tabla 126. Parque vehicular proyectado al año 2030

Categoría Vehicular	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno	Curicó	Total
Buses interurbanos	0	0	0	0	0	0	0
Buses licitados urbanos	85	732	142	388	238	115	1.700
Buses particulares e institucionales	9	7.587	0	0	1	31.226	38.822
Buses rurales	0	0	0	0	0	0	0
Camiones livianos	1.597	996	173	112	107	2.095	5.079

¹⁷ Estas fuentes fueron declaradas en el F138, sin embargo, corresponden a fuentes fugitivas de polvo, por tanto, fueron cuantificadas en dicho grupo.

Categoría Vehicular	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno	Curicó	Total
Camiones medianos	0	0	0	0	0	0	0
Camiones pesados	1.423	2.634	118	0	52	215	4.442
Motocicletas	8.729	2.990	1.423	1.265	3.584	30.545	48.534
Taxis colectivos	297	446	0	0	142	645	1.532
Vehículos comerciales de uso de empresas	8.250	4.377	1.660	6.422	4.314	26.476	51.498
Vehículos comerciales de uso particular	177	100	26	20	67	1.154	1.545
Vehículos de alquiler	29	2.136	2	2	5	261	2.434
Vehículos Medianos	0	0	0	0	0	0	0
Vehículos particulares	22.734	3.262	4.354	3.942	8.420	117.116	159.827
Total	43.330	25.259	7.897	12.150	16.931	209.847	315.414

Fuentes: Elaboración propia en base a parque INE publicado y Proyecciones

Para la red interurbana se utilizó la tasa de crecimiento bianual del plan nacional de censos realizado por vialidad cada 2 años (2008, 2010 y 2012). A continuación, se presenta los datos proyectados al año 2030 por categoría vehicular:

Tabla 127. Parque Red Interurbana proyectado al año 2030

Categoría Vehicular	Molina	Rauco	Romerol	Sagrada Familia	Teno	Curicó	Total
Buses interurbanos	4344,373023	2030,757718	4738,289795	8393,035356	16347,76624	51031,16077	86885,3829
Buses licitados urbanos	17357,4408	8113,657984	18931,28978	33533,40368	65315,61246	160383,6481	303.635
Buses particulares e institucionales	111536,1276	52.137	121649,4284	215480,2678	419707,6384	1.056.233	1.976.743
Buses rurales	38175,05322	17844,7577	41636,49486	73751,6253	143651,7636	697893,1821	1012952,877
Camiones livianos	178.527	613005,4463	649738,1336	708779,3869	533694,8989	2.207.917	4.891.662
Camiones medianos	103441,9937	355186,5824	376470,1741	410679,7576	309232,5986	1919718,719	3474729,825
Camiones pesados	59.842	485.765	594982,4763	194375,5428	806278,4759	910355,7679	3.051.600
Motocicletas	296.169	245.387	433.955	806.299	623.033	6.046.624	8.451.467
Taxis colectivos	78099,41176	36724,52523	182861,5868	3599,547088	56195,1665	3372454,322	3.729.935
Vehículos comerciales de uso de empresas	111.258	258.096	187.317	320.401	214.992	1.684.595	2.776.658
Vehículos comerciales de uso particular	1934150,644	4486851,125	3256393,934	5569992,778	3737518,44	28.009.579	46.994.485
Vehículos de alquiler	24342,6738	10.016	27292,77414	0	21989,41298	651731,9702	735.373
Vehículos Medianos	359445,0811	833842,2715	605172,5004	1035134,73	694585,3068	6673505,151	10201685,04
Vehículos particulares	3.288.290	3.036.451	5.543.162	9.844.761	5.326.324	71.809.484	98.848.472
Total	6.604.979	10.441.450	12.044.301	19.225.181	12.968.867	125.251.505	186.536.284

Fuentes: Elaboración propia en base a plan nacional de censos y Proyecciones

Tabla 128. Kilómetros Recorridos ciudad de Curicó proyectados año 2030

Categoría Vehicular	Kms Rec
Buses interurbanos	0
Buses licitados urbanos	3.630.900
Buses particulares e institucionales	0
Buses rurales	3.556.763
Camiones livianos	490.791
Camiones medianos	385.293
Camiones pesados	316.616
Motocicletas	9.419.372
Taxis colectivos	19.808.630
Vehículos comerciales de uso de empresas	29.691.337
Vehículos comerciales de uso particular	22.073.659
Vehículos de alquiler	1.212.921
Vehículos Medianos	0
Vehículos particulares	80.967.006
Total	171.553.288

Fuentes: Elaboración propia en base a calculo ciudad con modelo y Proyecciones del parque vehicular

3.4.1.2.2 Metodología de Proyección de Emisiones Fuentes Móviles fuera de Ruta

Maquinaria fuera de ruta

Para la proyección de emisiones provenientes de maquinaria fuera de ruta se ocuparon los datos provenientes de las Plantas de Revisión Técnica de la comuna de Curicó, la cual fue clasificada por su potencia en KW y en la que se calculó el promedio de las PRT, correspondiente al periodo 2010-2014.

Para la ponderación de terrenos agrícolas se utilizó la información de CONAF a través del Sistema Información Territorial para las comunas de estudio, esto debido a que la información proviene de las PRT que solo se encuentran en la comuna de Curicó.

3.4.1.3 Metodología de Proyección de Emisiones, Fuentes Aerales (residenciales, comerciales y otras).

3.4.1.3.1 Metodología de Proyección de Emisiones Residenciales (combustión externa y evaporativas)

3.4.1.3.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de leña.

Para proyectar las emisiones de combustión residencial de leña fue necesario obtener el consumo de leña al año 2030, para ello se utilizó la población proyectada al año 2030 y los consumos per capitas que utiliza la metodología top down del RETC, en espera de los resultados de la encuesta de leña que actualmente está en etapa de ejecución. A continuación, se presenta el consumo de leña proyectado al año 2030.

Tabla 129: Niveles de actividad (consumo de leña residencial) proyectados al año 2030.

Comuna	Consumo Urbano (ton)	Consumo Rural (ton)
Curicó	21.134	26.755
Molina	12.789	6.665
Rauco	2.700	1.059
Romeral	4.097	2.997
Sagrada Familia	8.246	4.335
Teno	2.551	4.646
Total	51.517	46.458

Fuente: Elaboración propia en base al RETC 2014 y Proyecciones de población INE

3.4.1.3.1.2 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de Kerosene, GLP, GN y Gas de ciudad o GPD.

Para la proyección de las emisiones de GLP y Kerosene se utilizaron los siguientes criterios:

- Proyección del INE (poblacional) hasta el año 2020, clasificada por edad, género y comuna, se hizo una extensión del año 2020 a 2030, con el porcentaje de variación de anual, en los periodos (2020-2019), (2019-2018), (2018-2017), (2017-2016),

(2016-2015), (2015-2014). Se realizó un promedio de variación el cual fue aplicado hasta el año 2030.

Tabla 130. Población proyectada 2030.

Comuna	Población 2014	Población 2030
Curicó	142.662	170.185
Molina	42.128	45.817
Rauco	9.970	11.536
Romeral	14.983	17.598
Sagrada Familia	19.467	21.124
Teno	28.397	30.797

Fuente: INE

- Para la obtención de los consumos de GLP y kerosene al año 2030, se utilizaron los valores reportados en el “Informe Estadístico de Combustibles, SEC”, reporte año 2007-2014 correspondientes a la región del Maule.

Tabla 131. Variación porcentual para el consumo de GLP

Año	GLP		Variación % Envasado	Variación % Granel
	Envasado	Granel (2)		
2014	43.195	21.383	0,74	10,12
2013	42.875	19.218	2,25	6,93
2012	41.913	17.887	-3,89	5,74
2011	43.541	16.861	4,09	6,78
2010	41.758	15.718	8,72	0,29
2009	38.119	15.671	2,35	11,66
2008	37.225	13.844	-4,95	-3,95
2007	39.068	14.390	-4,85	-17,24
Promedio	40.962	16.872	0,56	2,54

Fuente: Informe Estadístico Combustible (SEC)

Tabla 132. Variación porcentual para el consumo de Kerosene

Kerosene (m3)		Variación %
Año	Envasado	
2014	6.609	-15,16
2013	7.611	0,14
2012	7.600	0,07
2011	7.595	-18,60
2010	9.008	8,79
2009	8.216	29,65
2008	5.780	-40,78
2007	8.137	6,97
Promedio	7.570	-3,61

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.3.1.3 Metodología de Proyección de Emisiones Evaporativas residenciales

Metodología de Proyección de Emisiones Uso de Solventes

Se utilizó la proyección de la población realizada por el INE al periodo 2030, junto con la metodología de estimación donde la emisión está en función del número de habitantes (Kg/habitante/año).

Metodología de Proyección de Emisiones Pintado arquitectónico

La población se obtuvo, según los datos de proyección del INE, para el año 2030, considerando que la emisión proviene del nivel de actividad es el número de personas por el factor emisión por persona /año

Metodología de Proyección de Emisiones Uso de Adhesivos Domésticos

La población se obtuvo, según los datos de proyección del INE, para el año 2030, considerando que la emisión proviene del nivel de actividad es el número de personas por el factor emisión por persona /año

Metodología de Proyección de Emisiones Fuentes Residenciales de NH₃

La población se obtuvo, según los datos de proyección del INE, para el año 2030, considerando, clasificación por edad 0-2 años por el uso de pañales, relación número de habitantes por números de animales (perros y gatos) y porcentaje de población de adultos que sus residuos son sin tratamiento en plantas de aguas servidas.

Metodología de Proyección de Emisiones Fugas residenciales de GLP

Para la Estimación de emisiones provenientes de GLP, se obtuvieron del Informe Estadístico de Combustibles 2014 (SEC), el cual entrega datos de consumo de combustibles a nivel regional, la relación es un % determinado por instalaciones y envasado del GLP.

3.4.1.3.2 Metodología de Proyección de Emisiones Comerciales (evaporativas, restaurantes y comida rápida)

3.4.1.3.2.1 Metodología de Proyección de Emisiones Evaporativas comerciales.

Metodología de Proyección de Emisiones Distribución de combustible

Para la obtención de los consumos de Combustibles (Gasolina 93-95-97) para el año 2030, se utilizaron los valores reportados en el Informe Estadístico de Combustibles (SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles) los reportes 2007 a 2014 datos correspondiente a la región del Maule.

Para obtener el número total de vehículos al año 2030, se usaron los datos del “Parque vehículos del INE” años 2009-2014, se obtuvo una variación anual proyectada.

En la siguiente tabla se muestran datos del parque automotriz para la zona de estudio y su variación para la proyección del parque al año base 2030.

Tabla 133: Número de vehículos, datos obtenidos del Parque automotriz (INE), en el periodo (2014-2009).

Total Vehículos y Base 2030								
Comunas	Total Vehículos 2014	Total Vehículos 2013	Total Vehículos 2012	Total Vehículos 2011	Total Vehículos 2010	Total Vehículos 2009	Base 2030	PROMEDIO variación %
Curicó	34138	32577	28842	24847	21293	22358	110965	9,14
Molina	8857	7782	7596	6756	6348	5763	28752	9,05
Rauco	7110	5113	5818	6441	5572	4431	33864	11,72
Romeral	7666	7893	7744	9220	8821	7845	8298	0,75
Sagrada Familia	5934	5051	3625	5872	5567	4521	21556	9,43
Curicó	6305	5725	5391	5399	6014	5587	8812	2,71

Fuente: Elaboración propia con datos del parque vehicular (INE)

Metodología de Proyección de Emisiones Lavasecos

Es la relación de la población año 2014 (Proyección INE), con el factor de emisión por defecto y contaminante (COV).

Metodología de Proyección de Emisiones Talleres de Pintura y Recubrimiento industrial de superficies

Es la relación de la población año 2014 (Proyección INE), con el factor de emisión por defecto y contaminante (COV).

Metodología de Proyección de Emisiones Imprenta

Es la relación de la población año 2014 (Proyección INE), con el factor de emisión por defecto y contaminante (COV).

Metodología de Proyección de Emisiones Fugas comerciales de GLP

Para la Estimación de emisiones provenientes de GLP, se obtuvieron del Informe Estadístico de Combustibles 2014 (SEC), el cual entrega datos de consumo de combustibles a nivel regional, la relación es un % determinado por instalaciones y envasado del GLP (Granel).

3.4.1.3.2 Metodología de Proyección de Emisiones Restaurantes y comida rápida.

Se utilizó la misma metodología presentada para fuentes puntuales.

3.4.1.3.3 *Metodología de Proyección de Emisiones para Otras fuentes de área (disposición de residuos, quemas, emisiones biogénicas, actividades agrícolas y crianza de animales)*

3.4.1.3.3.1 Metodología de Proyección de Emisiones Disposición de residuos (Plantas de tratamiento de aguas servidas)

Para la proyección se consideró lo siguiente: Consumo promedio por persona (datos obtenidos por la SISS Superintendencia de Servicios Sanitarios) en relación con la población, según los datos de proyección del INE, para el año 2030, solo se pudo obtener las emisiones de las comunas con tratamiento de aguas servidas (Curicó, Molina, Romeral y Tenó.)

3.4.1.3.3.2 Metodología de Proyección de Emisiones Quemadas.

Metodología de Proyección de Emisiones Quemadas Agrícolas

Para la proyección de emisiones de quemadas agrícolas, se obtuvo desde los reportes de CONAF, los niveles de actividad (superficies por vegetación y/o cultivo quemadas) en el periodo 2008-2014.

Como las quemadas tienen una gran variabilidad, no tiene una tendencia establecida ya que en algunos casos es para eliminación de vegetación, ampliación de caminos o cambio o rotación de cultivo total o parcial, de esta forma se obtuvo mediante un promedio de las superficies reportadas por CONAF.

En la siguiente tabla se presentan las superficies (ha) por tipo de cultivo y/o vegetación.

Tabla 134: Promedio de superficies (ha) por tipo de cultivo y/o vegetación entre el periodo 2007-2014.

Comunas	Eucaliptus	Maíz	Otros	Pino	Ramas	Trigo	Vegetación
Curicó	2,00	17,07	21,39	6,53	38,72	22,07	1,56
Molina	3,21	12,20	13,63	22,10	43,89	88,03	3,00
Rauco	0,00	14,20	8,73	0,00	7,62	16,71	0,43
Romeral	0,00	11,29	0,07	12,93	8,55	11,60	0,51
Sagrada Familia	0,00	2,86	26,45	14,19	79,71	8,57	2,97
Teno	0,00	52,50	25,08	0,00	26,46	101,63	2,33

Fuente: CONAF y Elaboración propia

Metodología de Proyección de Emisiones Incendios Forestales

Para la proyección de emisiones de incendios forestales, se obtuvo desde los reportes de CONAF los niveles de actividad (superficies por vegetación y/o cultivo quemadas) en el periodo 2007-2014.

Los incendios forestales son eventos aleatorios por zona de vegetación, no tiene una tendencia o relación entre su cantidad declarada por superficie quemada, de esta forma se obtuvo mediante un promedio de las superficies reportadas por CONAF.

En la siguiente tabla se presentan las superficies (ha) por tipo de cultivo y/o vegetación.

Tabla 135: Promedio de superficies (ha) por tipo de cultivo y/o vegetación entre el periodo 2007-2014.

Comuna	PINO INSIGNE 0- 10 AÑOS	PINO INSIGNE 11- 17 AÑOS	PINO INSIGNE 18 O MAS	EUCALIPTO	OTRAS SP.
Curicó	1,46	0,25	0,16	4,04	0,00
Molina	0,24	57,44	6,38	4,22	0,00
Rauco	0,00	0,00	0,00	1,08	0,00
Romeral	0,00	13,00	8,59	6,93	0,00
Sagrada Familia	35,06	0,58	1,00	0,59	0,25
Teno	0,45	0,00	0,13	1,28	0,00
Comuna	ARBOLADO	MATORRAL	PASTIZAL	AGRICOLA	DESECHOS
Curicó	88,10	81,00	48,64	0,08	0,79
Molina	196,39	67,52	53,72	0,38	1,32
Rauco	9,40	19,85	22,34	0,25	0,88
Romeral	269,15	151,37	67,22	0,13	14,55
Sagrada Familia	31,00	56,71	62,26	0,13	0,55
Teno	9,45	17,13	17,20	0,25	0,50

Fuente: CONAF y Elaboración propia

Metodología de Proyección de Emisiones Incendios Urbanos

Para la proyección de emisiones de Incendios Urbanos, se obtuvo desde los reportes de Carabineros de Chile, los niveles de actividad (número de incendios por comuna) en el

periodo 2010-2014. En el cual se obtuvo un promedio al cual se le aplico la tasa de variación porcentual entregada por INACER (el cual incluye la construcción de viviendas)

Metodología de Proyección de Emisiones Cigarrillos

Para la proyección para las emisiones provenientes del consumo de cigarrillos viene de la población se obtuvo, según los datos de proyección del INE, para el año 2030, la cual fue clasificada por género y rango de edad, ya que se utilizó los porcentajes presentados en el Décimo Primer Estudio Nacional de Drogas en población general, estos datos son para la Región del Maule.

3.4.1.3.3 Metodología de Proyección de Emisiones para Actividades agrícolas.

Metodología de Proyección de Emisiones Fertilizantes

Se usaron los datos del informe “cultivos regionales de la OPEPA, para Superficie-hectáreas –plantadas, desde la temporada (2005-2006) hasta la temporada (2014-2015), de esta información se obtuvo la variación porcentual anual. Se debe considerar que los factores de emisión utilizados se derivan de estudios referentes al tipo de fertilizantes sintéticos aplicados al suelo (se consideró el N aplicado al suelo) con la tasa N propuesta por la FAO.

3.4.1.3.4 Metodología de Proyección de Emisiones en Crianza de Animales.

Existencia de animales por tipo (Aves, Bovinos, Porcinos, Ovinos), para la región del Maule correspondiente a 2014) reportados por la ODEPA e INE.

Se obtuvo los porcentajes del total de animales por comuna de estudio, según los datos del Censo Agropecuario 2007, proyectado al 2030.

3.4.1.4 Metodología de Proyección de Emisiones, Polvo Fugitivo (construcción y demolición, polvo resuspendido de calles y preparación de terrenos agrícolas).

3.4.1.4.1 Metodología de Proyección de Emisiones Construcción y demolición

3.4.1.4.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones Construcción de edificios.

Para la proyección de construcción de edificios y viviendas, se obtuvieron los datos de la Base de Datos del INE, Región del Maule (2010-2014), correspondiente a (m²) construidos tanto para obras nuevas y ampliaciones en Viviendas, Comercio y Servicios.

Se obtuvo una variación porcentual año a año de las construcciones, para el periodo (2010 a 2014), se obtuvo la variación de población, a partir de los datos de proyectados del INE, para el año 2030.

3.4.1.4.1.2 Metodología de Proyección de Emisiones Construcción de caminos.

Para la proyección de construcción de caminos se obtuvieron los datos “Documento Red Vial Nacional Dimensionamiento y Características Año 2014”, aunque se obtuvo información de antiguos reportes la poca información de la fusión de calles y carreteras no se pudo obtener una variación año a año, sino que se proyectó con IER (Índice Económico Regional).

3.4.1.4.2 Metodología de Proyección de Emisiones Polvo resuspendido desde calles

3.4.1.4.2.1 Metodología de Proyección de Emisiones Polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas en red urbana e interurbana

La metodología utilizada que se utilizó para la proyección de emisiones de polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas en red urbana e interurbana es la misma metodología presentada en el punto 3.4.1.2.1 Metodología de Proyección de Emisiones Fuentes Móviles en ruta.

3.4.1.4.2.2 Metodología de Proyección de Emisiones Polvo resuspendido desde calles asociadas a áridos y rellenos sanitarios.

3.4.1.4.3 Metodología de Proyección de Emisiones Preparación de terrenos agrícolas

Para la proyección de emisiones, se utilizaron los reportes de ODEPA e INE a nivel regional y comunal, datos de cultivo en ha desde el año 2004 al 2014, considerando una tasa de variación porcentual proyectada al 2030, considerando la gran variabilidad de rotación y cambios de cultivos de un año a otro.

La ponderación se hizo a cultivos de Cereales, Chacras, Hortalizas y Cultivos Industriales.

3.4.2 Proyección de emisiones, escenario conservador

Para la proyección de emisiones, se consideró el escenario base proyectado, como escenario conservador, lo anterior bajo el supuesto que dicha proyección corresponde a un escenario sin medidas y supone la peor condición que pudiera presentarse en el año 2030.

El detalle de las emisiones y los cálculos realizados por tipo de fuentes se presenta en el anexo digital, en el archivo “emisiones.rar”, la ruta a este archivo se detalla en la sección 5.3 Anexo digital.

A continuación, se presentan las emisiones proyectadas al año 2030:

Tabla 136. Emisiones Año 2030 escenario conservador por Grupo de fuente en ton/año

Tipo Fuente	MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
FUENTES AREALES	2.268,40	2.268,40	2.173,27	19.766,57	10.536,68	163,95	573,26	15.458,42
FUENTES FIJAS	220,57	220,57	141,50	566,05	77,31	1.431,30	5.443,63	22,81
FUENTES MÓVILES	73,95	73,95	62,09	2.796,58	242,08	3,62	4.924,23	8,87
POLVO FUGITIVO	38.628,53	38.628,53	7.650,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	41.191,45	41.191,45	10.027,27	23.129,19	10.856,06	1.598,87	10.941,12	15.490,09

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el aporte de cada fuente a los diferentes contaminantes calculados para el inventario

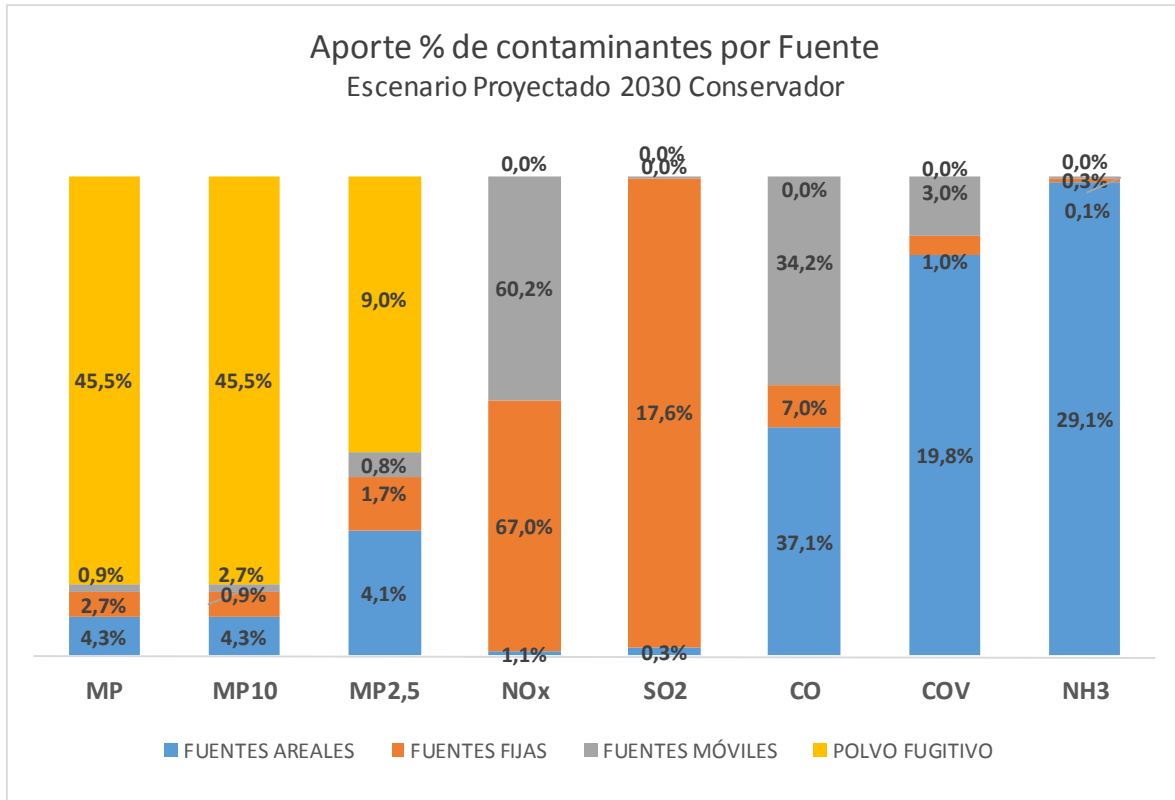


Figura 33: Aporte porcentual de contaminantes por fuente, Año 2030 escenario conservador

El detalle de los aportes por grupo de fuentes a los diferentes contaminantes se muestran a continuación:

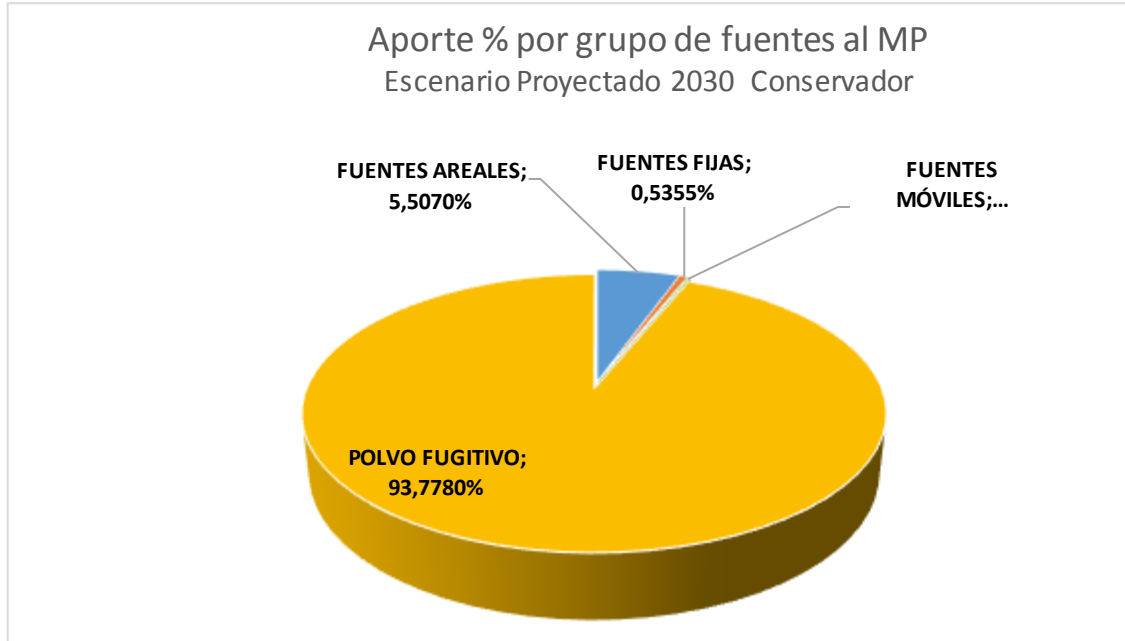


Figura 34: Aporte porcentual de MP por grupo de fuentes, Año 2030

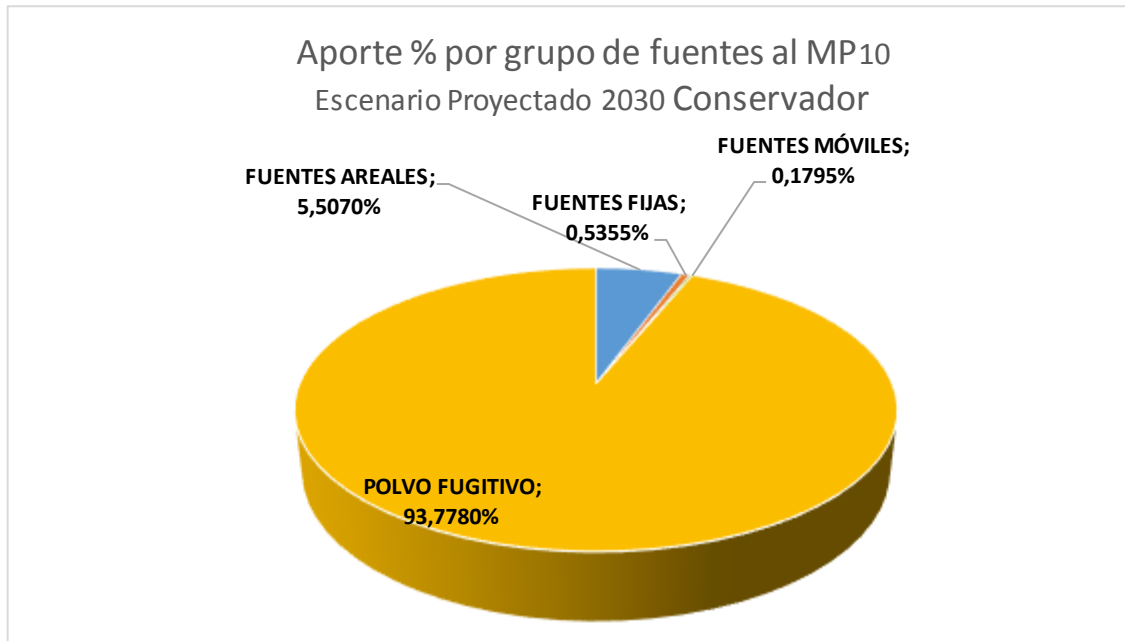


Figura 35: Aporte porcentual de MP₁₀ por grupo de fuentes, Año 2030

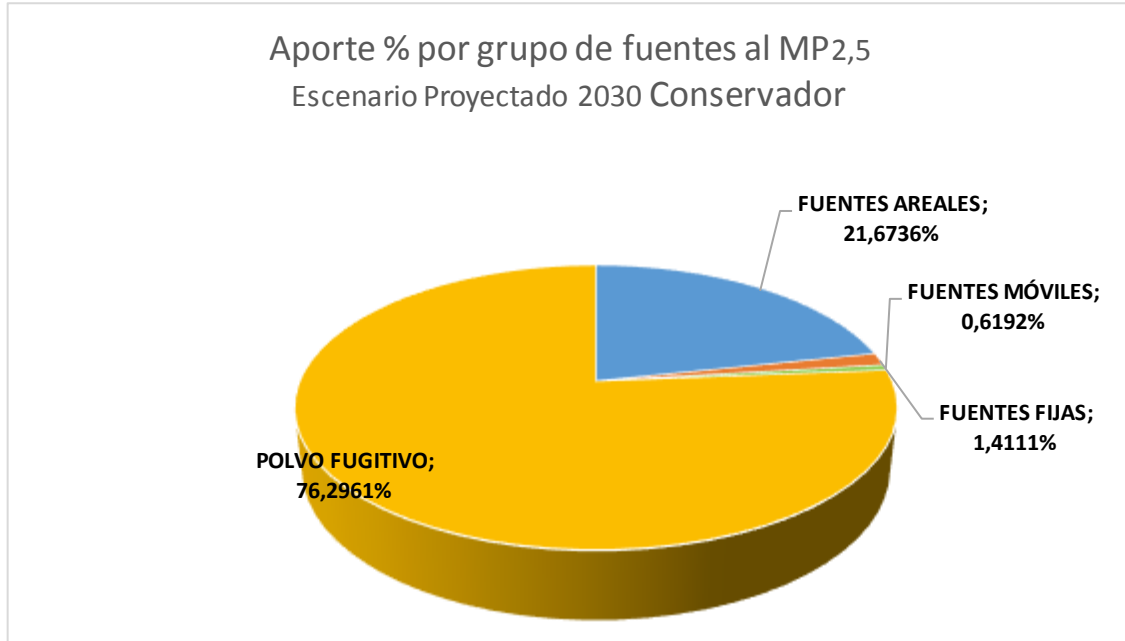


Figura 36: Aporte porcentual de MP_{2,5} por grupo de fuentes, Año 2030

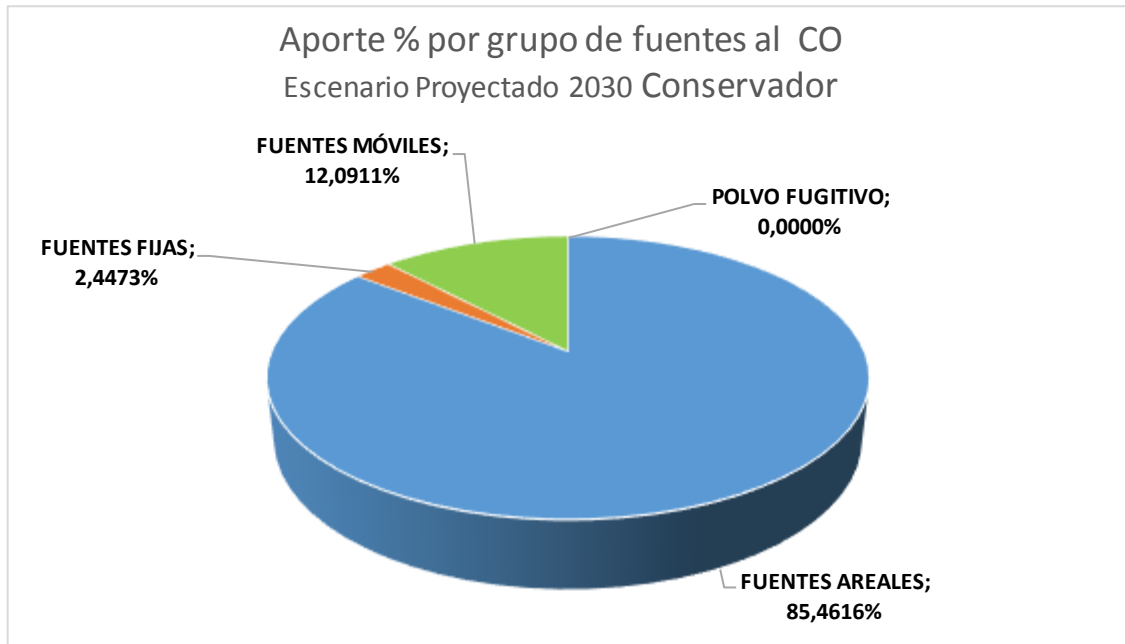


Figura 37: Aporte porcentual de CO por grupo de fuentes, Año 2030

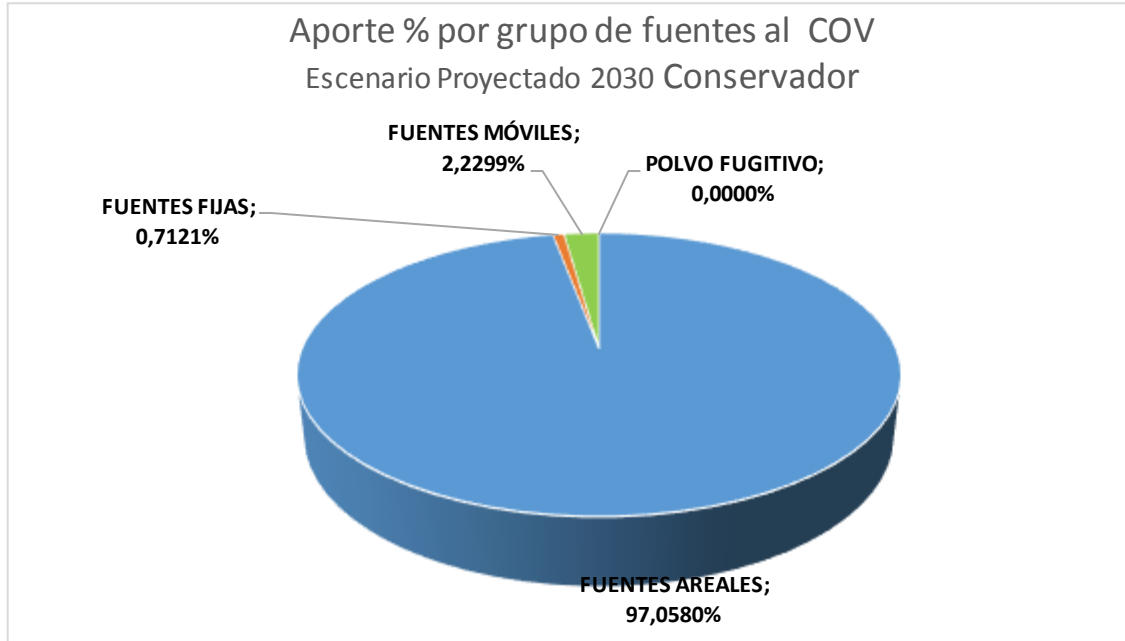


Figura 38: Aporte porcentual de COV por grupo de fuentes, Año 2030

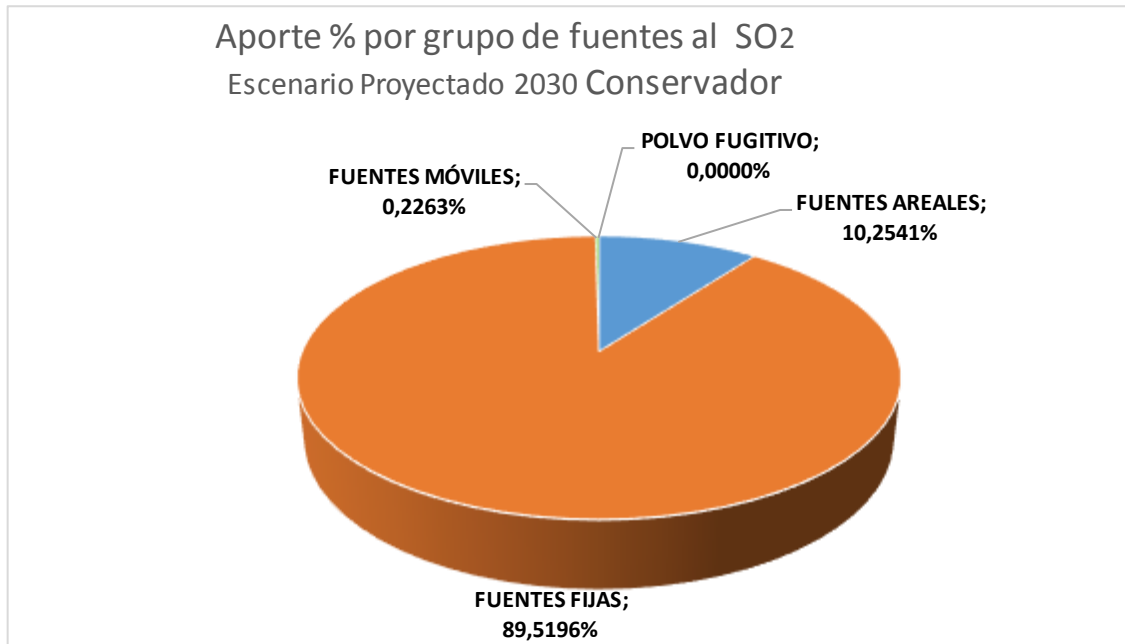


Figura 39: Aporte porcentual de SO₂ por grupo de fuentes, Año 2030

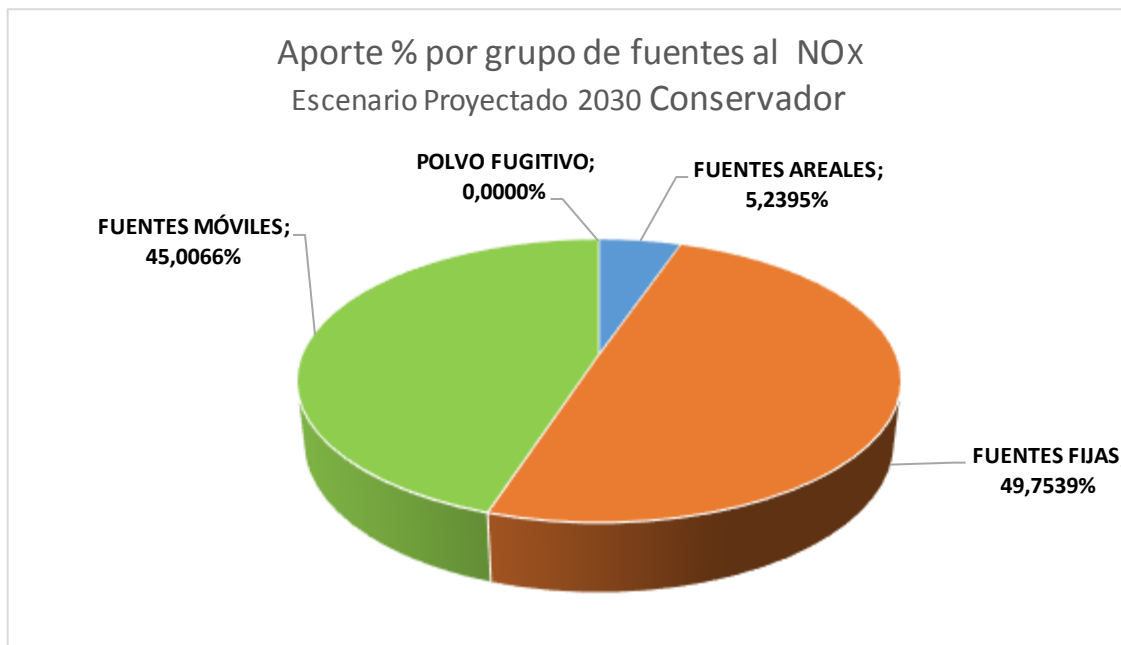


Figura 40: Aporte porcentual de NO_x por grupo de fuentes, Año 2030

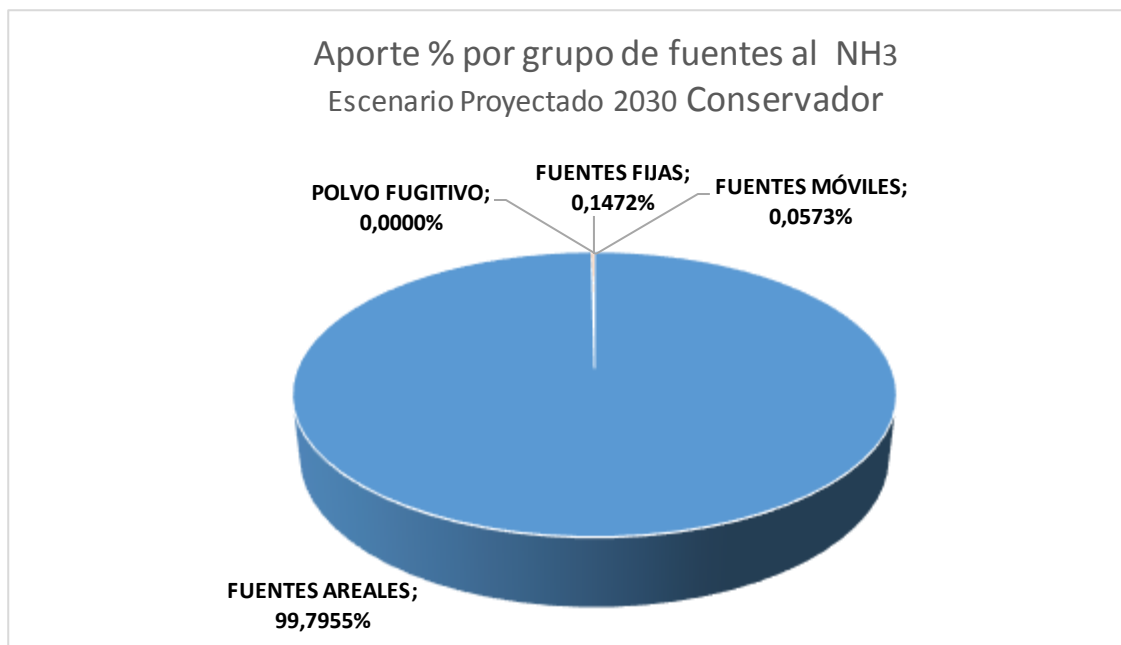


Figura 41: Aporte porcentual de NH₃ por grupo de fuentes, Año 2030

En la siguiente tabla se muestra un mayor nivel de detalle de las emisiones calculadas para el escenario conservador:

Tabla 137: Emisiones escenario conservador por grupo y categoría

Grupo de Fuente	Emisiones (t/año)							
	CO	COV	MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	NH ₃	NO _x	SO ₂
FUENTES AREALES	19.766,569	10.536,677	2.268,397	2.268,397	2.173,266	15.458,416	573,258	163,949
Comercial	14,343	249,500	1,581	1,581	1,581	0,614	105,578	5,308
Evaporativas comercial	0,000	248,755	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Restaurantes y comida rápida	14,343	0,744	1,581	1,581	1,581	0,614	105,578	5,308
Otras	10.307,450	4.695,884	1.137,278	1.137,278	1.089,769	15.184,344	411,548	125,362
Actividades agrícolas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11.521,187	0,000	0,000
Crianza de Animales	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3.575,502	0,000	0,000
Disposición de residuos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	87,285	0,000	0,000
Emisiones biogénicas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Quemas	10.307,450	4.695,884	1.137,278	1.137,278	1.089,769	0,369	411,548	125,362
Residencial	9.444,776	5.591,293	1.129,537	1.129,537	1.081,916	273,458	56,132	33,279
Combustión externa residencial	9.444,776	4.055,948	1.129,537	1.129,537	1.081,916	43,759	56,132	33,279
Evaporativas residencial	0,000	1.535,345	0,000	0,000	0,000	229,699	0,000	0,000
FUENTES FIJAS	566,048	77,308	220,569	220,569	141,499	22,807	5.443,632	1.431,299
Combustión	281,289	62,433	191,902	191,902	131,126	22,807	1.093,960	1.273,009
Combustión externa puntual	109,374	2,748	113,799	113,799	87,229	18,209	316,043	1.060,962
Combustión interna	171,915	59,685	78,103	78,103	43,898	4,598	777,918	212,047
Procesos	284,758	14,875	28,667	28,667	10,373	0,000	4.349,672	158,290
Ind. de productos minerales	284,758	14,875	28,667	28,667	10,373	0,000	4.349,672	158,290
FUENTES MÓVILES	2.796,579	242,076	73,954	73,954	62,088	8,869	4.924,227	3,618
Fuentes móviles en ruta	2.733,140	242,076	52,037	52,037	52,001	8,869	3.681,968	3,618
Buses licitados urbanos	135,223	9,867	5,600	5,600	5,600	0,068	440,639	0,167
Buses particulares e institucionales	595,970	65,518	32,909	32,909	32,909	0,499	2.217,714	1,606

Emisiones (t/año)								
Grupo de Fuente	CO	COV	MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	NH ₃	NO _x	SO ₂
Buses rurales e interurbanos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Camiones livianos	17,466	2,624	1,113	1,113	1,466	0,035	61,390	0,034
Camiones medianos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Camiones pesados	173,498	8,998	6,182	6,182	6,182	0,070	547,698	0,176
Motocicletas	187,649	47,319	0,389	0,389	0,000	0,141	11,346	0,105
Taxis colectivos	28,246	1,714	0,438	0,438	0,438	0,194	21,469	0,090
Vehículos de alquiler	20,506	0,678	0,140	0,140	0,140	0,029	10,251	0,056
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	352,523	22,174	3,692	3,692	3,692	1,974	147,654	0,650
Vehículos livianos comerciales de uso particular	226,853	13,268	0,745	0,745	0,745	0,853	54,852	0,111
Vehículos livianos de pasajeros	995,206	69,915	0,830	0,830	0,830	5,007	168,955	0,624
Vehículos medianos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fuentes móviles fuera de ruta	63,438	0,000	21,917	21,917	10,087	0,000	1.242,259	0,000
Maquinaria vehicular	63,438	0,000	21,917	21,917	10,087	0,000	1.242,259	0,000
POLVO FUGITIVO	0,000	0,000	38.628,531	38.628,531	7.650,418	0,000	0,000	0,000
Construcción y Demolición	0,000	0,000	546,575	546,575	321,168	0,000	0,000	0,000
Construcción de caminos	0,000	0,000	339,490	339,490	219,860	0,000	0,000	0,000
Construcción de edificios	0,000	0,000	207,085	207,085	101,308	0,000	0,000	0,000
Producción de áridos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Polvo Resuspendido de calles	0,000	0,000	38.022,256	38.022,256	7.287,599	0,000	0,000	0,000
Calles en red urbana e interurbana	0,000	0,000	38.022,256	38.022,256	7.287,599	0,000	0,000	0,000
Calles en sitios industriales	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Preparación de terrenos agrícolas	0,000	0,000	59,700	59,700	41,651	0,000	0,000	0,000
Cereales y chacras	0,000	0,000	54,690	54,690	39,924	0,000	0,000	0,000
Cultivos Industriales	0,000	0,000	5,010	5,010	1,727	0,000	0,000	0,000
Total general	23.129,195	10.856,060	41.191,450	41.191,450	10.027,273	15.490,092	10.941,116	1.598,866

3.4.3 Metodología de proyección del inventario de emisiones, escenario optimista

3.4.3.1 Metodología de Proyección de Emisiones, Fuentes Fijas (combustión, procesos y evaporativas).

3.4.3.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión y Procesos

Para proyectar el escenario optimista de fuentes fijas de combustión y procesos se consideraron los siguientes criterios:

- Crecimiento del número de fuentes, en un escenario conservador para el año 2030, de acuerdo al crecimiento Indicador de Actividad Económica Regional, INACER, de los últimos 5 años (periodo 2011-2015).
- Tasa de crecimiento de acuerdo al Índice de Actividad Económica Regional (INACER - Base promedio 2011=100), en base al crecimiento de los últimos 5 años
- Cambio de tipo de combustibles (uso de combustibles limpios (electricidad y/o Gas natural)
- Mejora tecnológica (aumento de eficiencia) e incorporación de equipos de control de emisiones a la totalidad de fuentes fijas. Se prohíben las emisiones de gases y partículas no efectuadas a través de chimeneas o ductos de descarga (sistemas de abatimiento de emisiones) a la totalidad de fuentes fijas.
- Normas de emisión para fuentes puntuales grupales y puntuales, y calderas de calefacción grupal existente y nueva, para fuentes nuevas: 56 mg/m³N)

3.4.3.2 Metodología de Proyección de Emisiones, Fuentes Móviles (en ruta y fuera de ruta).

3.4.3.2.1 Metodología de Proyección de Emisiones Fuentes Móviles fuera de Ruta

Las medidas consideradas para proyectar el escenario optimista para fuentes móviles en ruta son las siguientes:

- Disminución horas de funcionamiento de la maquinaria y Factores de carga (peso de la maquinaria)
- Aplicación de normativas asociadas a tipos de vehículos y combustibles a partir de DS 211/1991, DS54/1194 y DS 55/1994
- Se considerara un crecimiento del 3% anual y una antigüedad límite de 5 años
- Se considerara la existencia de camiones con tecnología EURO V y una antigüedad límite de 12 años.
- Se considerara una vida útil de 18 años.
- DS 211/1991, DS54/1194 y DS 55/1994.

3.4.3.2.2 Metodología de Proyección de Emisiones Fuentes Móviles en ruta

Tomando como base la información de permisos de circulación de INE se efectuó un análisis de la participación de los distintos tipos de vehículos y se encontró que al transcurrir los años se mantiene un patrón estable en cuanto a la distribución por antigüedad del parque vehicular.

Por tanto, para cada tipo de vehículo, por tipo de combustible, se construyeron entre el 2010 al 2014 las composiciones por antigüedad del parque, agrupando los años de tal manera que al 2030 estos intervalos coincidan exactamente con el calendario normativo vigente en ese año, tanto en un escenario optimista, como conservador.

En el caso del escenario optimista el supuesto es la consideración de la entrada de una norma EURO VI a partir del año 2019, tomando que en promedio el desfase normativo de Chile y Europa es de aproximadamente de 5 años y el escenario conservador considera inalteradas las normas actualmente vigentes.

Con los gráficos obtenidos se obtuvo una composición promedio por antigüedad (coincidente con las normas vigentes al 2030) la cual se aplicó al parque vehicular proyectado al 2030 para cada categoría de vehículo por tipo de combustible

En los siguientes gráficos se presentan ejemplos del análisis efectuado y de los resultados obtenidos.

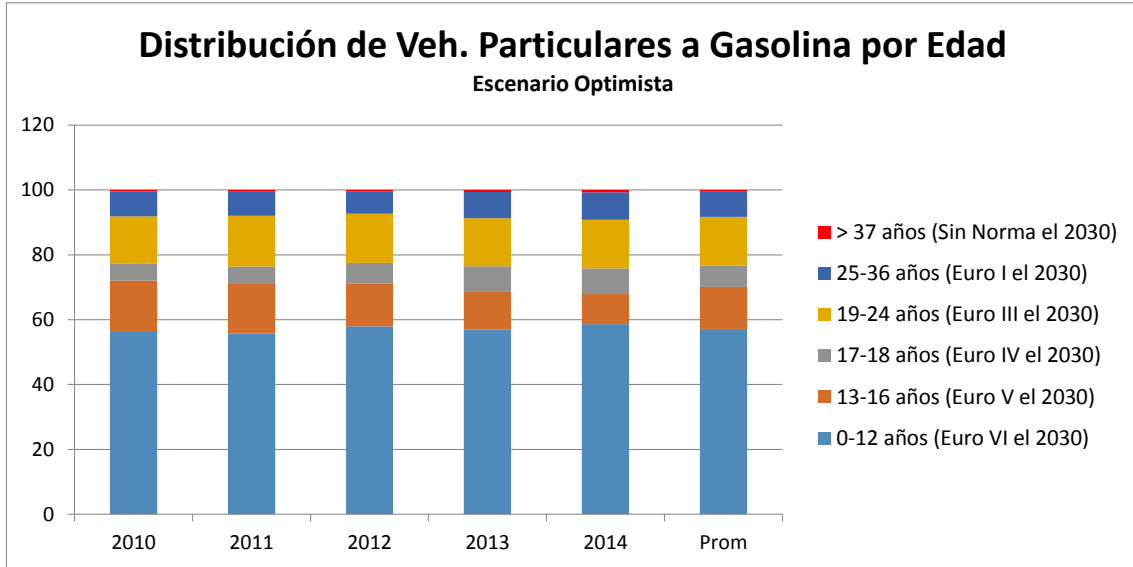


Figura 42: Distribución de vehículos particulares a gasolina por edad

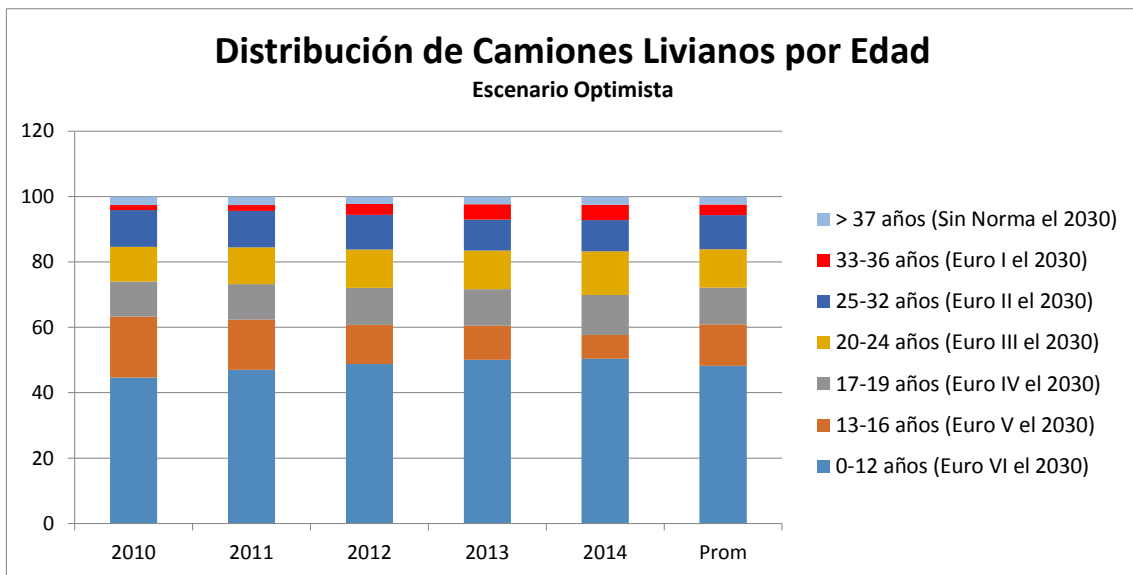


Figura 43: Distribución de camiones livianos por edad

3.4.3.3 Metodología de Proyección de Emisiones, Fuentes Aerales (residenciales, comerciales y otras).

3.4.3.3.1 Metodología de Proyección de Emisiones Residenciales (combustión externa y evaporativas)

3.4.3.3.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de leña.

La proyección del escenario optimista para la leña, considera los siguientes criterios:

- Proyección de la población por comuna al año base proyectado 2030 (INE).
- Recambio de equipos: Se utilizaron las mismas tasas de recambio para calefactores aplicadas en el Plan de descontaminación (PDA) de la ciudad de Temuco y Padre Las casas.
- Potencial de mejoramiento tecnológico para cocina a leña y Ley que otorga a SEC facultades para fiscalizar a organismos certificadores.
- Disminución del uso de cocinas a leña en zonas urbanas (50%).
- Disminución % de humedad de la leña residencial, cumplir con un contenido de humedad menor o igual al 25% en base seca.

3.4.3.3.1.2 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de Kerosene y GLP.

Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de GLP.

Se obtuvo una tasa de crecimiento en base a una variación porcentual año a año, para periodo (2007-2014), para llegar al consumo al año 2030, las cuales tienen las siguientes medidas:

- Nuevas Tecnologías limpias promoviendo el uso de Gas Natural y Electricidad (10% de cambio de uso de GLP)

- Mejoramiento Térmico de las viviendas nuevas (reducción de un 5% sobre el uso GLP a nivel residencial)

Tabla 138: Consumos de GLP (t), para la región del Maule, aplicando el porcentaje de medidas implementadas

GLP		
Año	Envasado	Granel
2030 (Base)	43.195	21.383
2030 (Medidas)	35.832	18.545

Fuente: Elaboración propia

Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de Kerosene.

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

Considerando que su uso se concentra en los meses de condiciones climáticas (Bajas Temperaturas)

- Nuevas Tecnologías limpias promoviendo el uso de Gas Natural y Electricidad (10% de cambio de uso de kerosene)
- Mejoramiento Térmico de las viviendas nuevas (reducción de un 20% uso GLP)

Tabla 139: Consumos de kerosene (m3), para la región del Maule, aplicando el porcentaje de medidas implementadas

Kerosene	
Año	Envasado
2030 (Base)	4.162
2030 (Medidas)	2.913

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.3.1.3 Metodología de Proyección de Emisiones Evaporativas residenciales

Metodología de Proyección de Emisiones Uso de Solventes

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- Aumento en la calidad de productos de uso domésticos, considerando nuevos componentes y mejor tecnología en la elaboración (Productos en aerosol, Productos domésticos, Productos de cuidado personal, Productos de cuidado automotriz), el factor emisión disminuirá en un 10 % a productos menos nocivos al ambiente).

Metodología de Proyección de Emisiones Pintado arquitectónico

- Aumento en la calidad de pinturas (nuevos componentes a base de agua o sustancias orgánicas), el factor emisión disminuirá en un 10 % a productos menos nocivos al ambiente).

Metodología de Proyección de Emisiones Uso de Adhesivos Domésticos

- Aumento en la calidad de productos de uso domésticos, considerando nuevos componentes (eliminación de solventes volátiles) el factor emisión disminuirá en un 10 % a productos menos nocivos al ambiente , biodegradables).

Metodología de Proyección de Emisiones Fuentes Residenciales de NH₃

La población se obtuvo, según los datos de proyección del INE, para el año 2030, considerando, clasificación por edad 0-2 años por el uso de pañales, relación número de habitantes por números de animales (perros y gatos) y porcentaje de población de adultos que sus residuos son sin tratamiento en plantas de aguas servidas.

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- Disminución del uso de pañales de género, solo un 20 % de niños entre 0-2 años.
- Mejor calidad en material pañales (Biodegradables), en niños entre 0-2 años.
- Disminución de la población de adultos que sus residuos son sin tratamiento en plantas de aguas servidas (1% de la población).

Metodología de Proyección de Emisiones Fugas residenciales de GLP

Para la Estimación de emisiones provenientes de GLP, se obtuvieron del Informe Estadístico de Combustibles 2007-2014 (SEC), el cual entrega datos de consumo de combustibles a nivel regional, la relación es un % determinado por instalaciones y envasado del GLP.

- Mejoramiento en la calidad de conexiones de GLP, en sectores residenciales.

3.4.3.3.2 Metodología de Proyección de Emisiones Comerciales (evaporativas, restaurantes y comida rápida)

3.4.3.3.2.1 Metodología de Proyección de Emisiones Evaporativas comerciales.

Metodología de Proyección de Emisiones Distribución de combustible

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- Nuevas Tecnologías limpias promoviendo el uso de Gas Natural y Electricidad hoy en día la locomoción colectiva, taxis y algunos autos particulares han realizado la conversión de sus motores, pero de forma parcial (10% de cambio de uso de Gasolina).
- Mejoramiento en la calidad de la gasolina, para un menor consumo y una mayor eficiencia (reducción de un 15% en el consumo de combustible)

Tabla 140: Cantidad de Vehículos año 2030.

Comuna	Nº Vehículos Base 2030	Nº Vehículos Escenario Optimista 2030
Curicó	110.965	99.869
Molina	28.752	25.877
Rauco	33.864	30.478
Romeral	8.298	7.468
Sagrada Familia	21.556	19.400
Curicó	8.812	7.931

Fuente: Elaboración propia con datos del parque automotriz (INE)

El consumo de combustibles (Gasolina 93,95.97) se obtuvieron del Informe Estadístico de Combustibles 2007-2014 (SEC, Superintendencia de Electricidad y Combustibles), el cual entrega datos a nivel regional, el cual se obtuvo una variación porcentual año a año, para la proyección de combustible año 203

Tabla 141: Consumos de Gasolina (m3), para la región del Maule, aplicando el porcentaje de medidas implementadas

Gasolina (m3)	
Año	Envasado
2030 (Base)	387.020
2030 (Medidas)	328.967

Fuente: Elaboración propia

Metodología de Proyección de Emisiones Lavasecos

Metodología de Proyección de Emisiones Talleres de Pintura y Recubrimiento industrial de superficies

Metodología de Proyección de Emisiones Imprenta

Metodología de Proyección de Emisiones Fugas comerciales de GLP

3.4.3.3.2 Metodología de Proyección de Emisiones Restaurantes y comida rápida.

3.4.3.3.3 Metodología de Proyección de Emisiones para Otras fuentes de área (disposición de residuos, quemas, emisiones biogénicas, actividades agrícolas y crianza de animales)

3.4.3.3.3.1 Metodología de Proyección de Disposición de residuos (Plantas de tratamiento de aguas servidas),.

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- Mejores tecnologías para tratamiento de aguas servidas (Reducción de 10 % en el factor de emisión).
- Programas de incentivo para un mayor aprovechamiento hídrico (residencial, procesos industriales, cultivos etc.)
- Reducción de 10 % en el consumo promedio por persona.

3.4.3.3.3.2 Metodología de Proyección de Emisiones Quemadas.

Metodología de Proyección de Emisiones Quemadas Agrícolas

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- Prohibición de quemas durante todo el año, actualmente CONAF cuenta con un calendario de quemas.

- Crear medidas de abatimiento, por ejemplo el uso de rastrojos de cereales, para forraje , o construcción (Adobe), compostaje etc, para eliminare el uso del fuego.

Metodología de Proyección de Emisiones Incendios Forestales

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- La recurrencia de los incendios forestales, no permiten hacer una proyección optimista, ya que son eventos espontáneos sin control, existe una gran variabilidad de la cantidad de (ha), afectadas y no existe una relación del número de incendios con la superficie afectada.

Metodología de Proyección de Emisiones Incendios Urbanos

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- Mejora en los materiales y tecnología de construcción, retardantes, mayor duración a altas temperaturas para evitar colapsos y fundición de materiales, lo que disminuiría los factores de emisión (contaminantes) en un 15%.

Metodología de Proyección de Emisiones Cigarrillos

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- Según la OPS (Organización Panamericana de la Salud) entrego datos de consumo diario de fumadores hombres 10.1 y mujeres 8.9 cigarrillos diarios (datos para Chile 2014), debido a esta tendencia, generar nuevos incentivos al tabaco , aumentando su precio , prohibiendo su consumo en lugares públicos, con estas medidas se reducirá un 10 % el consumo diario de tabaco.

3.4.3.3.3 Metodología de Proyección de Emisiones para Actividades agrícolas.

Metodología de Proyección de Emisiones Fertilizantes

Para un escenario optimista se consideró lo siguiente:

- Reducción en la utilización de fertilizantes sintéticos fue aplicado de la siguiente forma

Tabla 142: Reducción porcentual de la aplicación de fertilizantes con contenido de nitrógeno por tipo de cultivo.

Cultivo	Porcentaje % reducción (N) como fertilizante
Cereal	15
Cultivos industriales	20
Hortaliza	10
Leguminosa	10
Plantaciones frutales	10
Tubérculo	10
Plantaciones frutales (VID)	25
Plantaciones frutales	25

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.3.4 Metodología de Proyección de Emisiones en Crianza de Animales.

Para la proyección base se realizó lo siguiente:

- Se utilizaron los niveles de actividad (Existencia de animales por tipo, para la región del Maule) reportados por la ODEPA e INE, y porcentajes con respecto al Censo Agropecuario, debido que los datos son a nivel regional, considerando la alta variabilidad de producción Pecuaria (Numero de animales) de la zona de estudio.
- Alternativas para los desechos animales (producción de purines para energía y fertilizantes del tipo orgánico). Así reduciendo las emisiones ya que estas provienen de los desechos animales.

Tabla 143: Reducción porcentual del total de animales por clase

Cultivo	Porcentaje % reducción	Objetivo
Aves	15	Reutilización del guano de aves para la obtención de fertilizante.
Cerdos	10	Reutilización de las heces de cerdos para la producción de purín para generación de energía.
Bovinos	20	Reutilización del estiércol de Bovinos para la obtención de purín para generación de energía y el secado de este para fertilizantes

Fuente: Elaboración propia

3.4.3.4 Metodología de Proyección de Emisiones, Polvo Fugitivo (construcción y demolición, polvo resuspendido de calles y preparación de terrenos agrícolas).

3.4.3.4.1 Metodología de Proyección de Emisiones Construcción y demolición

3.4.3.4.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones Construcción de edificios.

Para la proyección base se realizó lo siguiente:

- Disminución en los factores de emisión de acuerdo con la mejora de tecnologías, materiales y maquinaria de construcción (reducción 15 % del polvo suspendido).
- Optimización en el tiempo/ rendimiento de construcción de obras al menos 10%.

3.4.3.4.1.2 Metodología de Proyección de Emisiones Construcción de caminos.

Para la proyección base se realizó lo siguiente:

- Disminución en los factores de emisión de acuerdo con la mejora de tecnologías, materiales y maquinaria de construcción (una reducción 15 % del polvo suspendido total).

3.4.3.4.2 Metodología de Proyección de Emisiones Polvo resuspendido desde calles

3.4.3.4.2.1 Metodología de Proyección de Emisiones Polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas en red urbana e interurbana

3.4.3.4.2.2 Metodología de Proyección de Emisiones Polvo resuspendido desde calles asociadas a áridos y rellenos sanitarios.

3.4.3.4.3 Metodología de Proyección de Emisiones Preparación de terrenos agrícolas

Para la proyección base se realizó lo siguiente:

- Se considero una tasa de variación porcentual proyectada al 2030, de acuerdo a la gran variabilidad de rotación y cambios de cultivos de un año a otro, el uso de nuevas tecnologías y maquinas más eficientes, optimizaran el rendimiento

(superficie (ha)) de la preparación del suelo, esto afectara directamente en el factor de emisión, en especial a los cultivos principales cereales y cultivos agrícolas por su automatización para siembra.

Los porcentajes de reducción por tipo cultivo se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 144: Porcentajes de reducción del Factor de emisión por cultivo

Cultivo	Porcentaje % reducción Factor emisión
Cereal	15
Cultivos industriales	20
Chacras	10

Fuente: Elaboración Propia

El detalle de las emisiones y los cálculos realizados por tipo de fuentes se presenta en el anexo digital, en el archivo “emisiones.rar”, la ruta a este archivo se detalla en la sección 5.3 Anexo digital.

Tabla 145: Emisiones calculadas escenario optimista por contaminantes a nivel de categoría de fuentes

Grupos de Fuente	Emisiones (t/año)							
	CO	COV	MP	MP10	MP2,5	NH3	NOx	SO2
FUENTES AREALES	27.586,063	12.168,196	2.465,937	2.465,937	2.356,020	11.509,358	255,609	27,590
Comercial	14,343	370,279	1,581	1,581	1,581	0,614	105,578	5,308
Evaporativas comercial	0,000	369,535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Restaurantes y comida rápida	14,343	0,744	1,581	1,581	1,581	0,614	105,578	5,308
Otras	17,285	1,433	12,634	12,634	6,107	11.292,022	0,407	0,000
Actividades agrícolas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9.130,045	0,000	0,000
Crianza de Animales	0,000	0,000	10,764	10,764	5,266	2.090,449	0,000	0,000
Disposición de residuos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	70,701	0,000	0,000
Emisiones biogénicas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Quemas	17,285	1,433	1,870	1,870	0,841	0,827	0,407	0,000
Residencial	27.554,434	11.796,483	2.451,722	2.451,722	2.348,332	216,722	149,624	22,281
Combustión externa residencial	27.554,434	11.244,134	2.451,722	2.451,722	2.348,332	107,863	149,624	22,281
Evaporativas residencial	0,000	552,349	0,000	0,000	0,000	108,859	0,000	0,000
FUENTES FIJAS	566,048	77,308	212,204	212,204	140,411	22,723	5.438,967	1.417,437
Combustión	281,289	62,433	183,537	183,537	130,038	22,723	1.089,295	1.259,147
Combustión externa puntual	109,374	2,748	113,522	113,522	86,768	18,388	423,605	1.053,052
Combustión interna	171,915	59,685	70,015	70,015	43,270	4,335	665,690	206,095
Procesos	284,758	14,875	28,667	28,667	10,373	0,000	4.349,672	158,290
Ind. de productos minerales	284,758	14,875	28,667	28,667	10,373	0,000	4.349,672	158,290
FUENTES MÓVILES	2.546,897	238,615	63,134	63,134	53,112	8,763	3.620,792	3,409
Fuentes móviles en ruta	2.495,512	238,615	44,976	44,976	44,941	8,763	2.614,563	3,409
Buses licitados urbanos	93,968	9,893	4,331	4,331	4,331	0,068	243,651	0,167
Buses particulares e institucionales	486,956	65,586	29,584	29,584	29,584	0,499	1.701,382	1,606

Emisiones (t/año)								
Grupos de Fuente	CO	COV	MP	MP10	MP2,5	NH3	NOx	SO2
Buses rurales e interurbanos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Camiones livianos	13,395	2,628	0,951	0,951	1,305	0,035	39,515	0,034
Camiones medianos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Camiones pesados	113,642	7,144	3,847	3,847	3,847	0,070	246,412	0,176
Motocicletas	187,649	47,319	0,389	0,389	0,000	0,141	11,346	0,105
Taxis colectivos	26,789	1,787	0,449	0,449	0,449	0,174	17,099	0,056
Vehículos de alquiler	18,795	0,737	0,155	0,155	0,155	0,014	7,238	0,030
Vehículos livianos comerciales de uso de empresas	336,066	20,261	3,677	3,677	3,677	1,913	125,703	0,518
Vehículos livianos comerciales de uso particular	226,697	13,249	0,745	0,745	0,745	0,853	54,642	0,110
Vehículos livianos de pasajeros	991,554	70,010	0,849	0,849	0,849	4,996	167,574	0,607
Vehículos medianos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fuentes móviles fuera de ruta	51,385	0,000	18,158	18,158	8,171	0,000	1.006,230	0,000
Maquinaria vehicular	51,385	0,000	18,158	18,158	8,171	0,000	1.006,230	0,000
POLVO FUGITIVO	0,000	0,000	36.154,388	36.154,388	7.128,701	0,000	0,000	0,000
Construcción y Demolición	0,000	0,000	429,171	429,171	255,666	0,000	0,000	0,000
Construcción de caminos	0,000	0,000	281,417	281,417	182,251	0,000	0,000	0,000
Construcción de edificios	0,000	0,000	147,754	147,754	73,415	0,000	0,000	0,000
Producción de áridos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Polvo Resuspendido de calles	0,000	0,000	35.674,270	35.674,270	6.837,569	0,000	0,000	0,000
Calles en red urbana e interurbana	0,000	0,000	35.674,270	35.674,270	6.837,569	0,000	0,000	0,000
Calles en sitios industriales	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Preparación de terrenos agrícolas	0,000	0,000	50,947	50,947	35,466	0,000	0,000	0,000
Cereales y chacras	0,000	0,000	46,935	46,935	34,263	0,000	0,000	0,000
Cultivos Industriales	0,000	0,000	4,012	4,012	1,204	0,000	0,000	0,000
Total general	30.699,007	12.484,119	38.895,662	38.895,662	9.678,245	11.540,844	9.315,368	1.448,435

3.4.4 Proyección de emisiones, escenario optimista

A continuación, se presentan los principales resultados calculados para el escenario optimista:

Tabla 146. Emisiones Año 2030 escenario optimista por Grupo de fuente en ton/año

Tipo Fuente	MP	MP10	MP2,5	CO	COV	SO2	NOx	NH3
FUENTES AREALES	2.465,94	2.465,94	2.356,02	27.586,06	12.168,20	27,59	255,61	11.509,36
FUENTES FIJAS	212,20	212,20	140,41	566,05	77,31	1.417,44	5.438,97	22,72
FUENTES MÓVILES	63,13	63,13	53,11	2.546,90	238,62	3,41	3.620,79	8,76
POLVO FUGITIVO	36.154,39	36.154,39	7.128,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total general	38.895,66	38.895,66	9.678,24	30.699,01	12.484,12	1.448,44	9.315,37	11.540,84

Fuente: Elaboración propia

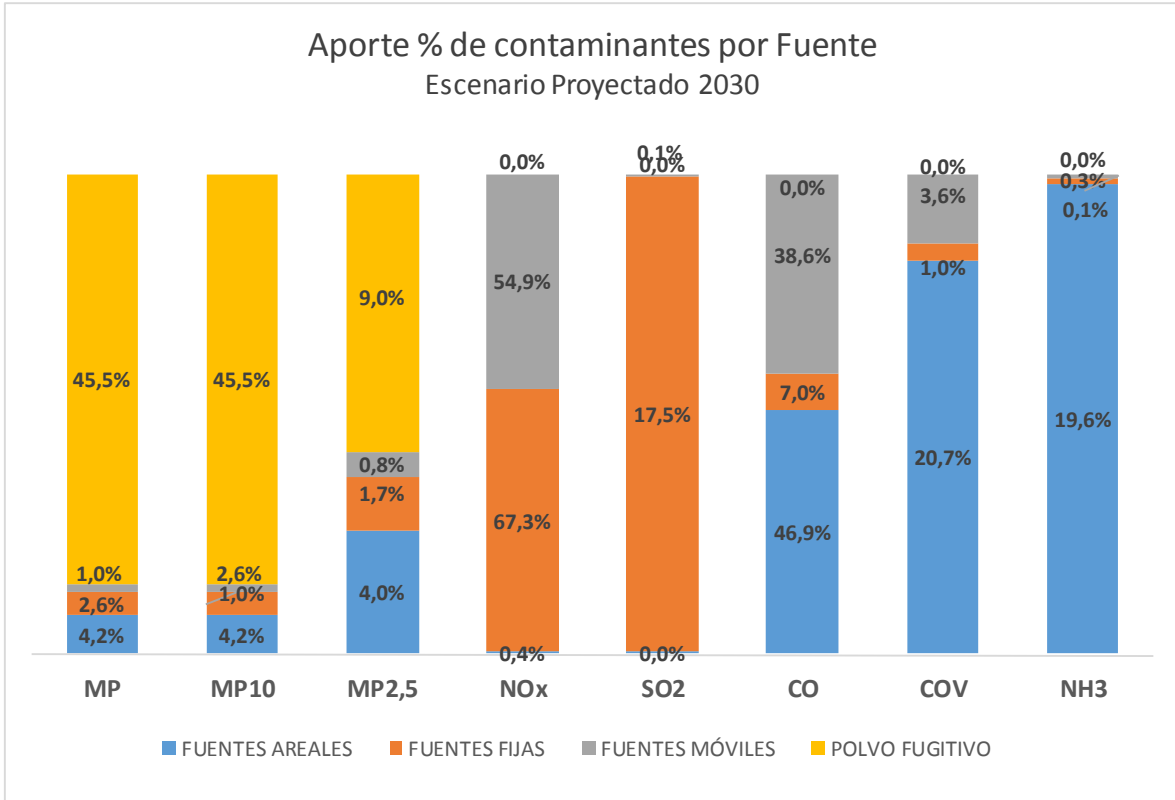


Figura 44: Aporte porcentual de contaminantes por fuente, Año 2030 escenario optimista

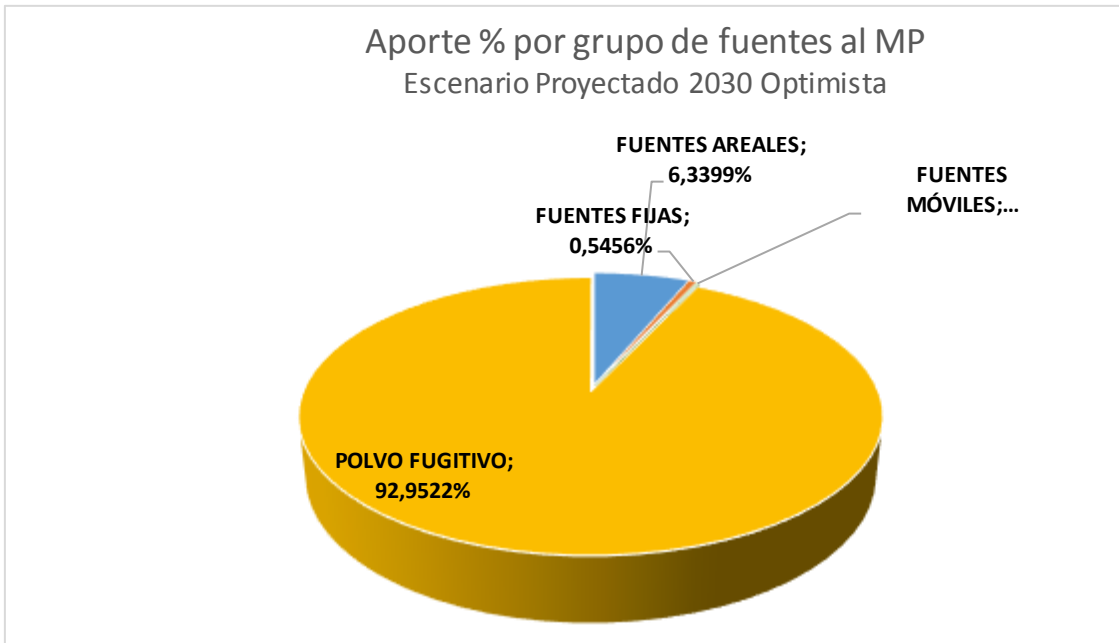


Figura 45: Aporte porcentual por grupo de fuentes para MP, Año 2030 escenario optimista

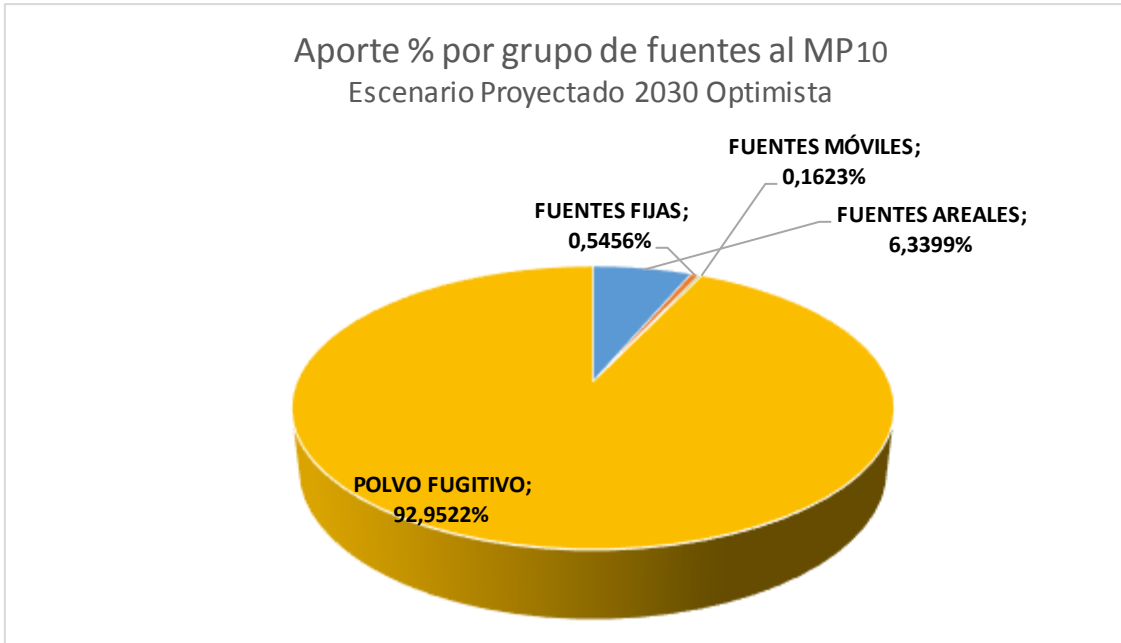


Figura 46: Aporte porcentual por grupo de fuentes para MP₁₀, Año 2030 escenario optimista

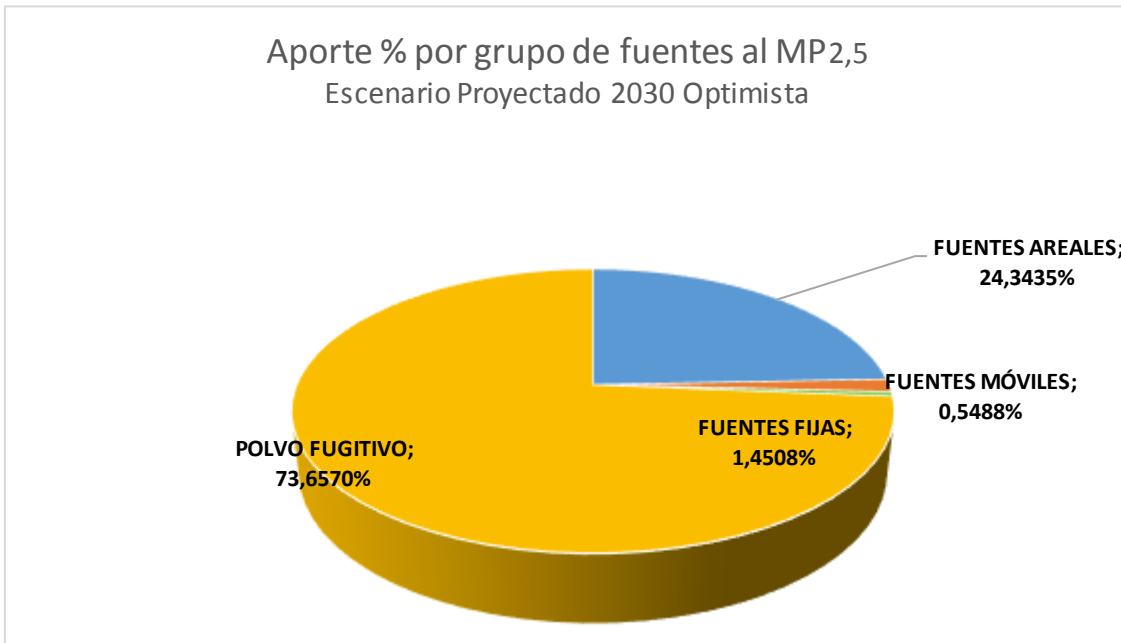


Figura 47: Aporte porcentual por grupo de fuentes para MP_{2,5}, Año 2030 escenario optimista

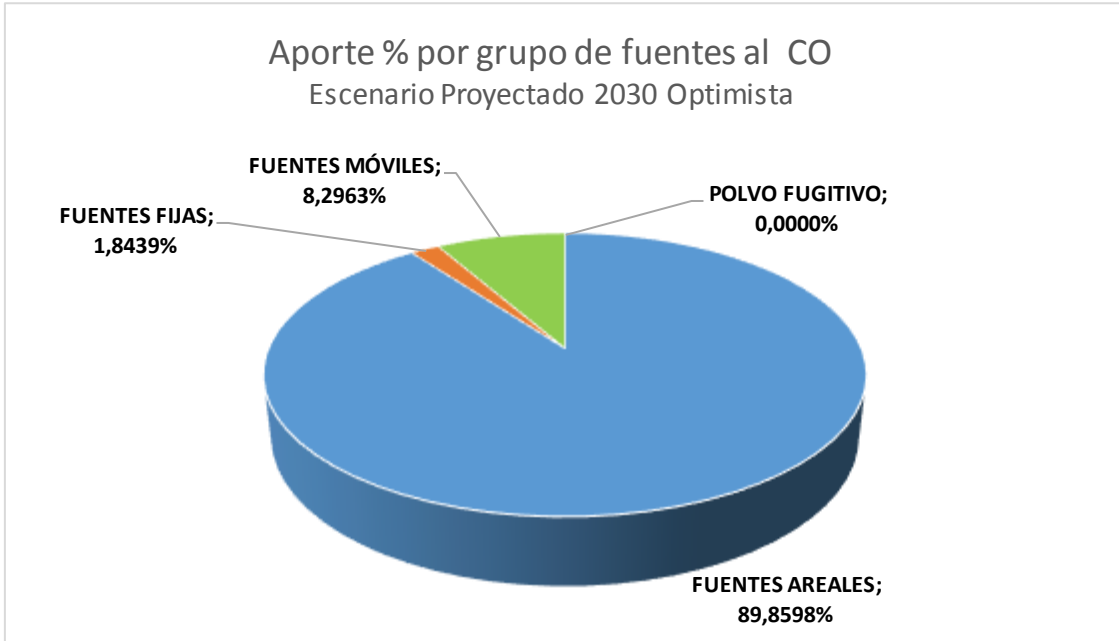


Figura 48: Aporte porcentual por grupo de fuentes para CO, Año 2030 escenario optimista

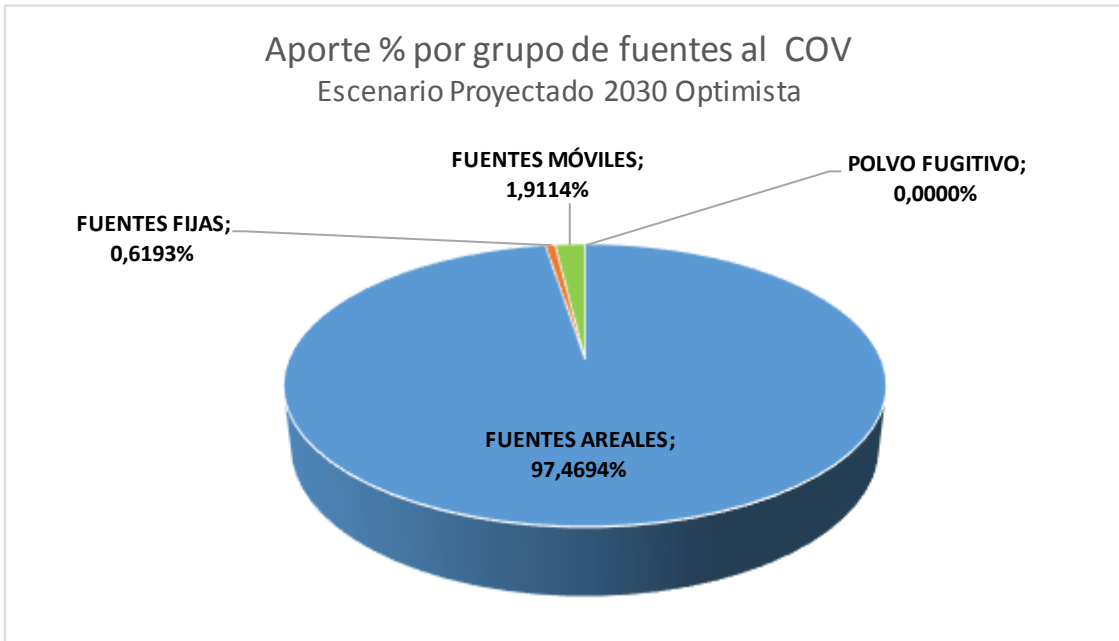


Figura 49: Aporte porcentual por grupo de fuentes para COV, Año 2030 escenario optimista

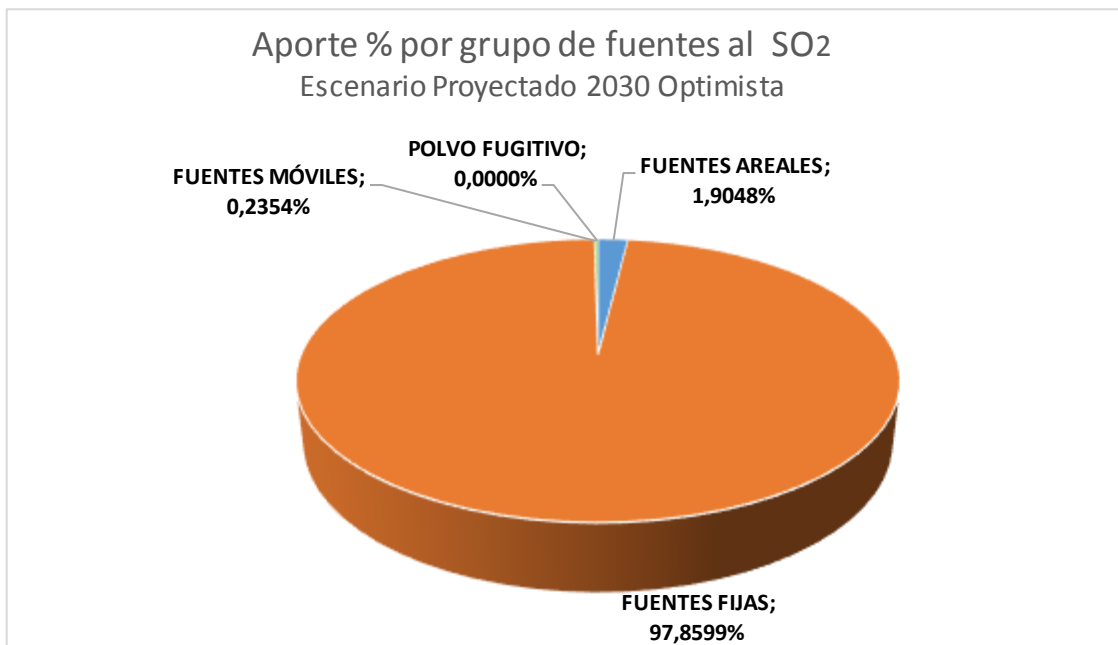


Figura 50: Aporte porcentual por grupo de fuentes para SO₂, Año 2030 escenario optimista

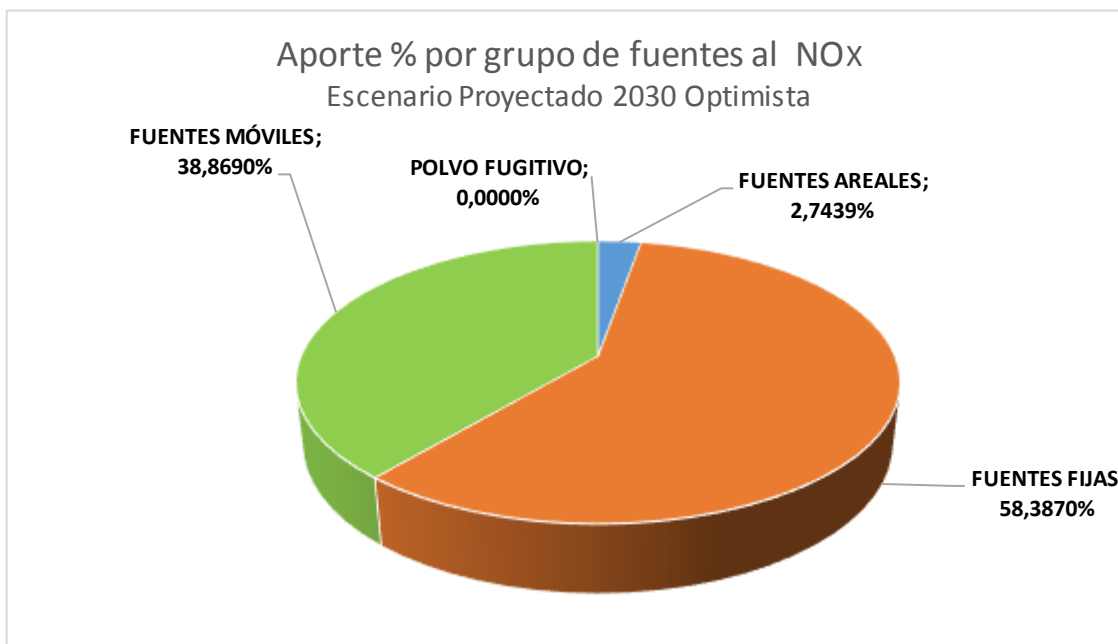


Figura 51: Aporte porcentual por grupo de fuentes para NO_x, Año 2030 escenario optimista

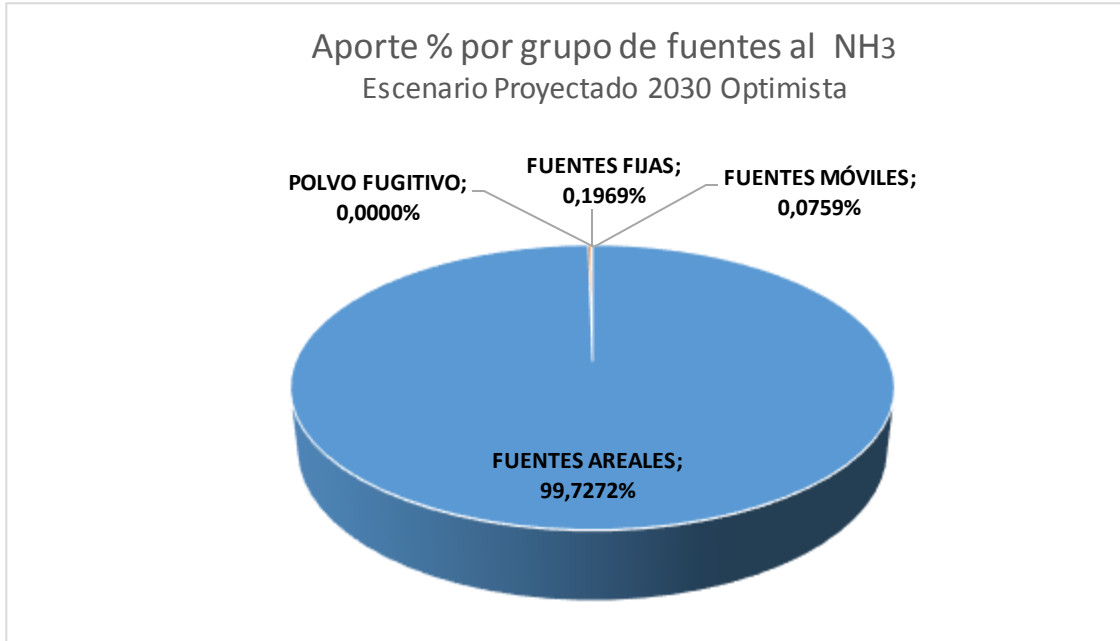


Figura 52: Aporte porcentual por grupo de fuentes para NH₃, Año 2030 escenario optimista

3.4.5 Comparación de escenarios

A continuación, se muestran los escenarios comparados por contaminante para cada una de las categorías de fuentes emisoras:

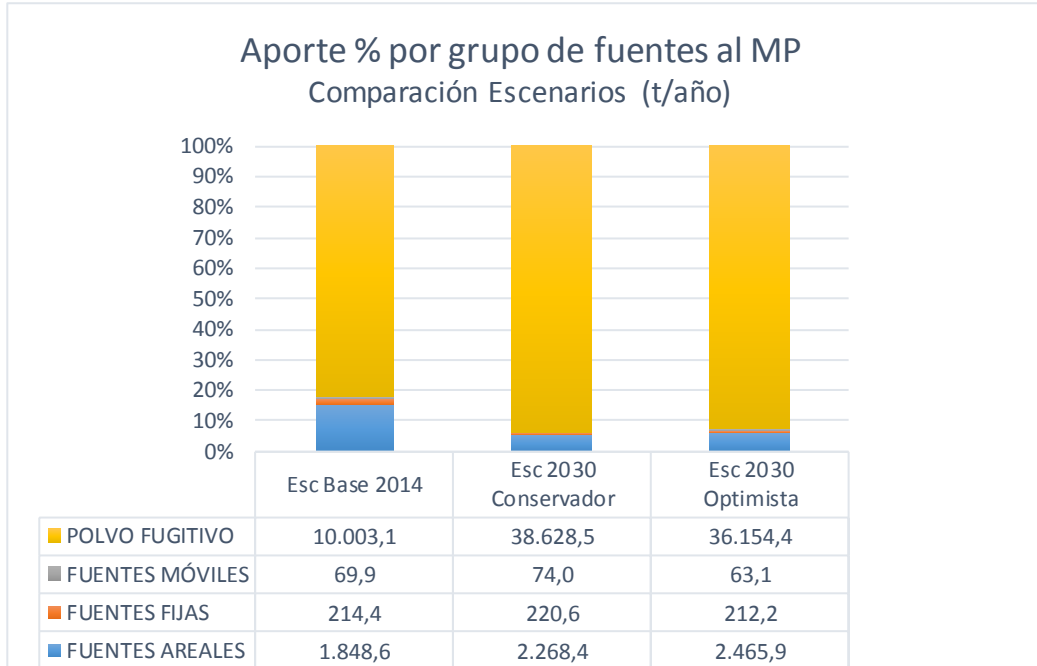


Figura 53: Comparación de Escenarios, aporte porcentual de MP por grupo de fuentes

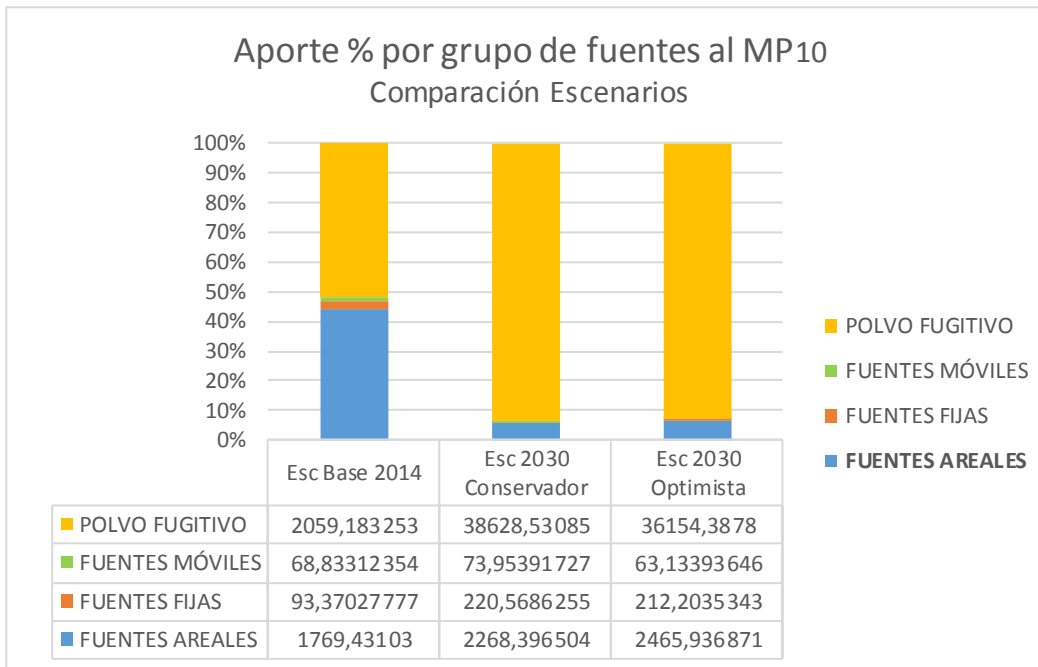


Figura 54: Comparación de Escenarios, aporte porcentual de MP₁₀ por grupo de fuentes

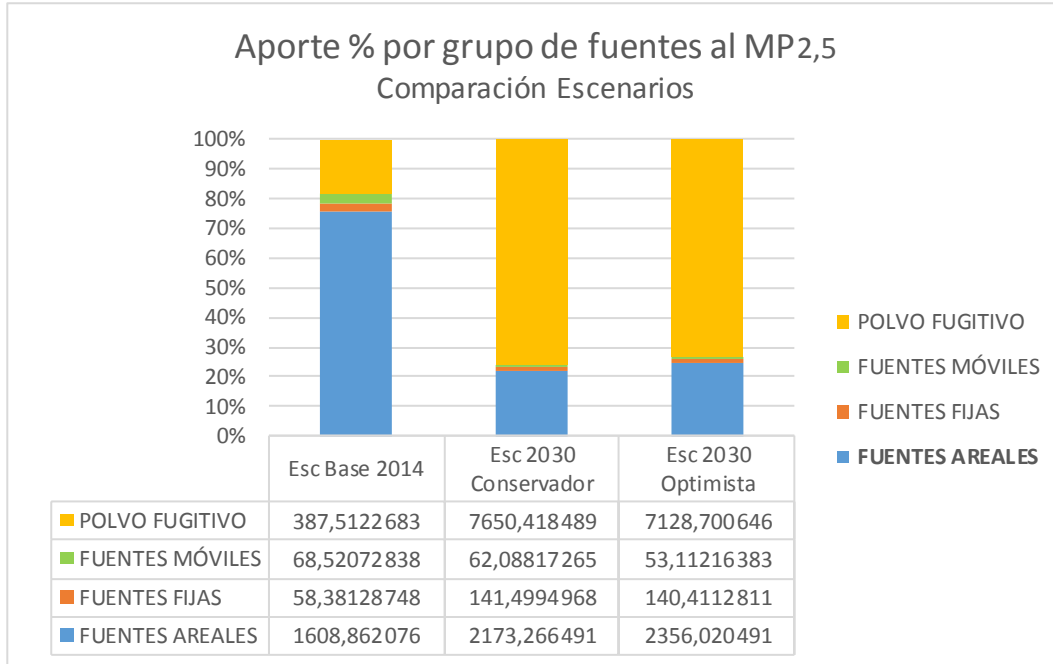


Figura 55: Comparación de Escenarios, aporte porcentual de MP_{2,5} por grupo de fuentes

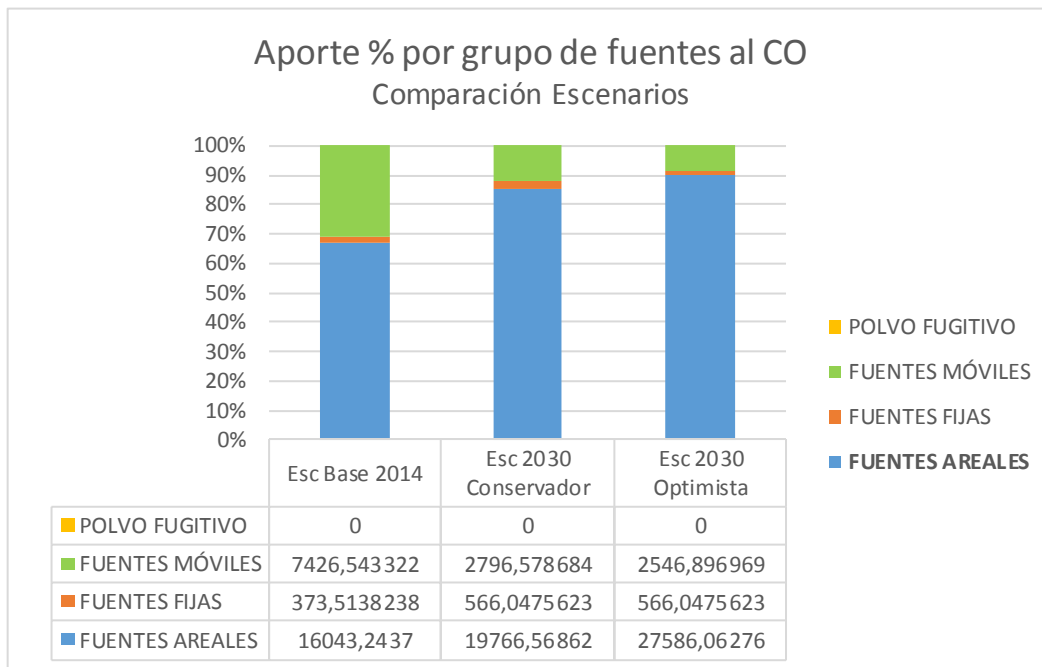


Figura 56: Comparación de Escenarios, aporte porcentual de CO por grupo de fuentes

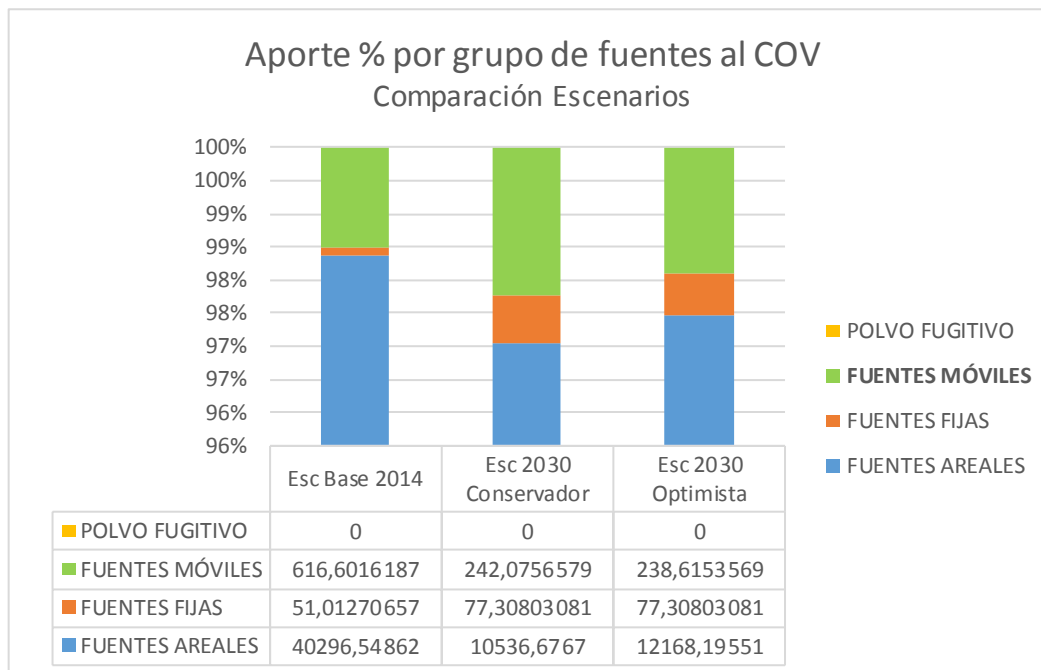


Figura 57: Comparación de Escenarios, aporte porcentual de COV por grupo de fuentes

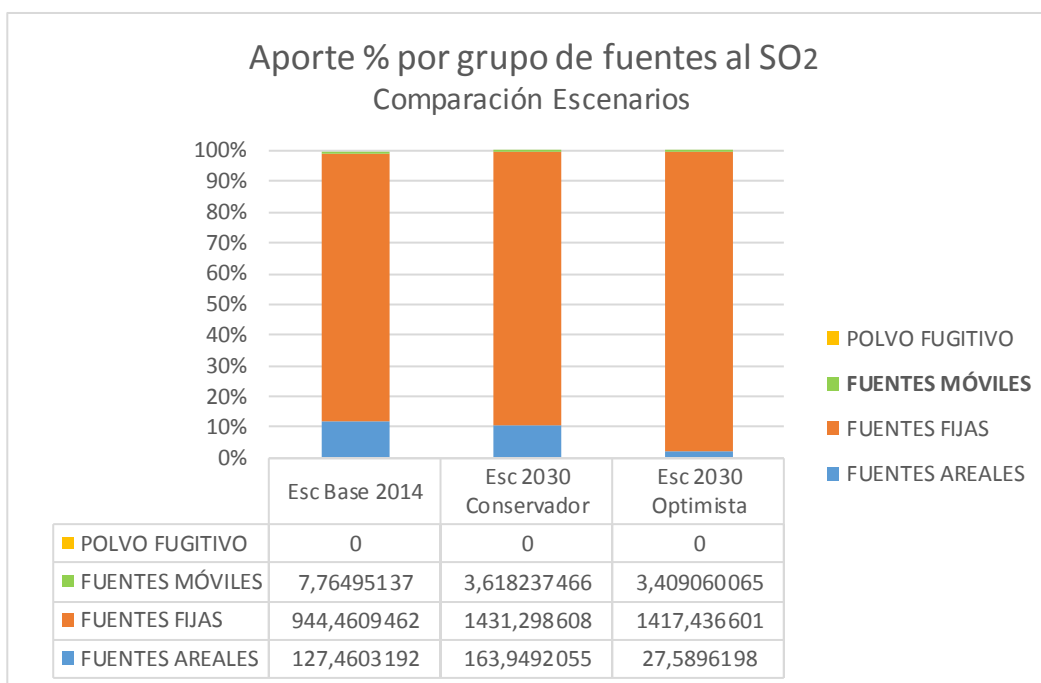


Figura 58: Comparación de Escenarios, aporte porcentual de SO₂ por grupo de fuentes

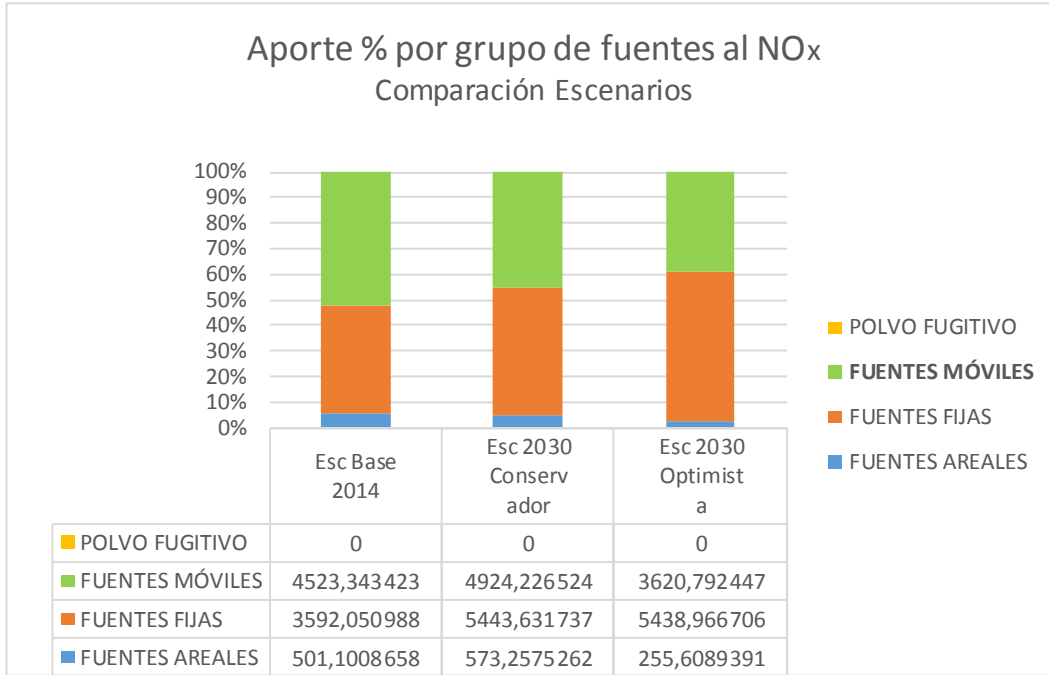


Figura 59: Comparación de Escenarios, aporte porcentual de NOx por grupo de fuentes

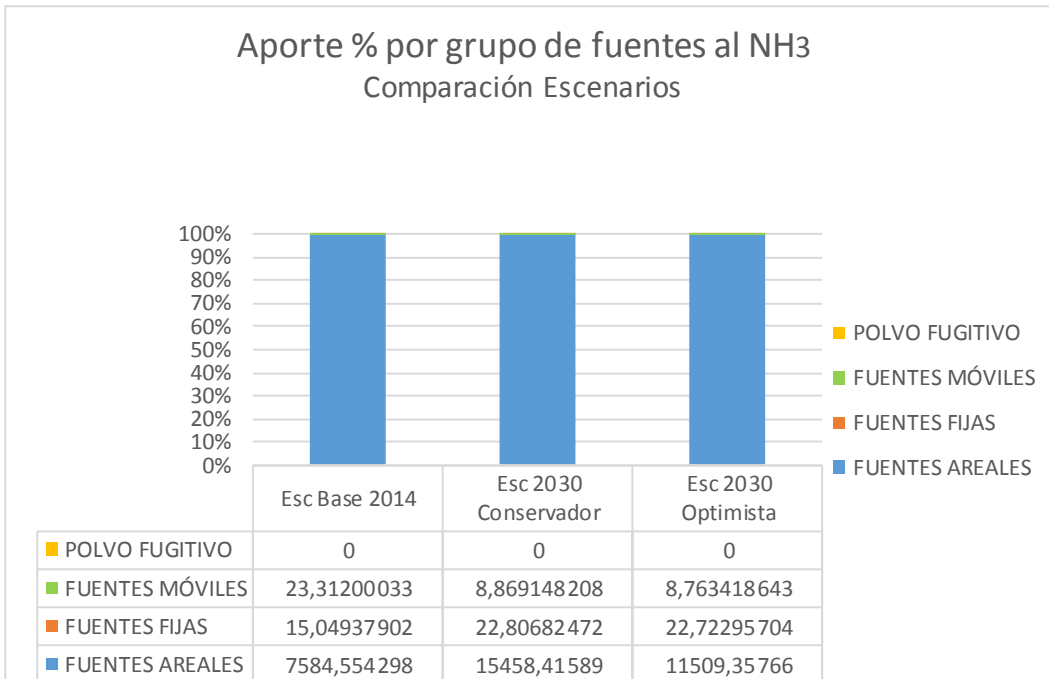


Figura 60: Comparación de Escenarios, aporte porcentual de NH₃ por grupo de fuentes

3.5 Proponer una delimitación de la zona saturada mediante el uso de herramientas de modelación de dispersión de contaminantes.

En esta sección del informe se evalúa el impacto ambiental que tienen las actividades industriales, residenciales, las fuentes móviles y agrícolas, que se desarrollan en la provincia de Curicó. Actualmente, Curicó y las comunas aledañas se encuentran en condición de zona saturada para el contaminante Material particulado respirable MP_{2,5}. Esto se debe a que existe una superación en la norma diaria de este contaminante. Debido a lo anterior, y considerando que el objetivo principal del estudio es delimitar el área geográfica de la zona saturada dentro de la provincia de Curicó. A continuación, se presentan los valores observados de MP_{2,5} en estación Curicó.

Tabla 147: valores observados de MP_{2,5} en estación Curicó

MP _{2,5}				
Estación Curicó	Concentraciones [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]		Norma [%]	
	Promedio Anual	Percentil 98	Promedio Anual	Percentil 98
	27	89	135	178

Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

3.5.1 Aplicación de un modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos

El patrón de concentraciones de MP₁₀ Y MP_{2,5} en la zona y los aportes en el punto receptor Estación Curicó fueron modeladas según requerimiento de la “Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA, 2012” del Servicio de Evaluación Ambiental, mediante la aplicación del sistema de modelación atmosférica “WRF – CALPUFF” para simular la dispersión de contaminantes en terreno complejo.

A continuación, se detallan las razones para aplicar estos modelos:

3.5.1.1 Modelos de dispersión atmosféricos disponibles

Los modelos existentes se pueden clasificar como Gaussianos, Eulerianos, Lagrangeanos y tipo “puff” cuyos conceptos se describen a continuación.

3.5.1.2 Modelos Gaussianos

Los modelos Gaussianos describen la distribución tridimensional de una pluma bajo condiciones meteorológicas y de emisiones estacionarias. Las concentraciones se estiman en base a una distribución Gaussiana cuyos parámetros dependen de las condiciones meteorológicas. Aunque existen modelos Gaussianos que tratan de incluir el efecto del terreno complejo en la distribución espacial de concentraciones, sus conceptos matemáticos son fundamentalmente iguales a aquellos modelos que no lo hacen.

Modelos existentes: AERMOD

3.5.1.3 Modelos Lagrangeanos

El concepto detrás de un modelo Lagrangeano es seguir matemáticamente el movimiento de una parcela de aire o de una partícula en la atmósfera. Es decir, si en la posición inicial de una partícula se conoce tanto la velocidad como la dirección del viento fácilmente se puede calcular a dónde va esa partícula en un intervalo de tiempo finito dado (integración en el tiempo). Después de esa integración la partícula tiene una posición nueva en el espacio donde el viento puede ser distinto que en la posición inicial. Ocupando esta información del viento, nuevamente se puede integrar en el tiempo moviendo la partícula a otra posición y así sucesivamente se sigue la integración. El camino que se describe a través de esta integración se llama trayectoria. Con el fin de obtener una estimación de las concentraciones en un modelo de trayectorias se requiere el cálculo de muchas trayectorias (del orden de un millón para la dispersión de un contaminante desde una fuente). Aparte de los procesos de transporte por el viento, también se pueden incorporar los procesos turbulentos de la atmósfera. Al contrario de los modelos Eulerianos, los modelos Lagrangeanos tienen una capacidad muy limitada de incorporar procesos químicos. No hay mucha experiencia en el uso de modelos Lagrangeanos en Chile y, además, a nivel internacional se usan en muy pocos países con fines regulatorios (por ejemplo, Alemania). Mientras no se descarte su uso en el futuro también en Chile con estos fines, no existen antecedentes suficientes para que este tipo de modelo sea recomendado.

Modelo existente: AUSTAL

3.5.1.4 Modelos tipo “puff”

Los modelos tipo puff son una combinación entre los modelos Gaussianos y los modelos Lagrangeanos en el sentido que esencialmente calculan la dispersión de una emisión instantánea, llamada “puff”, a lo largo de una trayectoria. Su aproximación matemática es estimar la dispersión en forma Gaussiana en cada punto de una trayectoria; es decir, a diferencia de los modelos Langrangeanos que necesitan el cálculo de un gran número de trayectorias para una fuente, en el caso de los modelos tipo “puff” sólo se requiere una trayectoria por “puff” lo que hace su cálculo mucho más rápido. En el caso de emisiones continuas, se simulan las trayectorias y la dispersión Gaussiana de muchos “puffs”. Además, estos modelos son capaces de simular muchas fuentes y fuentes de distinto tipo al mismo tiempo.

Modelos existentes: CALPUFF

3.5.1.5 Sistema de Modelación WRF - CALPUFF

El modelo utilizado para determinar el efecto que tendrán las emisiones de material particulado y gases provenientes de la operación del Proyecto, corresponde al sistema de modelación “WRF-CALPUFF” tal como se recomienda en el Anexo 1 “Fundamentos de la Contaminación Atmosférica” de la “Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA” del Servicio de Impacto Ambiental (SEA).

En términos simples, WRF es un modelo de pronóstico meteorológico que simula campos de viento y temperatura en un dominio de modelación engrillado y tridimensional, WRF también produce campos en dos dimensiones como altura de mezcla, características de superficie y propiedades de dispersión. Por otra parte, CALPUFF es un modelo que trata las emisiones como “puffs”, que se van desplazando a través de un campo meteorológico tridimensional. El sistema de modelación CALPUFF incluye dos componentes principales: WRF y CALPUFF, además de una larga selección de preprocesadores diseñados para incluir en el modelo datos meteorológicos y geofísicos, con el objetivo de modelar el transporte y dispersión de contaminantes emitidos por las fuentes emisoras (“puffs”). La salida primaria de este modelo contiene concentraciones y/o flujos de deposición.

3.5.2 Modelación

Etapa 1: Elección de modelos

Tal como indica la “*Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA*” del Servicio de Impacto Ambiental (SEA), en adelante la “*Guía*”; se requieren dos tipos de modelos, uno meteorológico y uno de dispersión de contaminantes. En el caso de las comunas que aborda el modelo se trata de una meteorología de terreno complejo con emisiones relevantes a distancias de hasta aproximadamente 40 km (o mayor. Según esta Guía, para esta situación se requiere la modelación meteorológica en base al modelo *Weather Research and Forecasting Model* (WRF). Se utilizó la información meteorológica del modelo WRF, y aplicó al modelo CALPUFF para la dispersión de los contaminantes. De esta manera, se garantiza la mejor representación meteorológica y de dispersión de contaminantes.

Una consideración específica en este caso, es el tamaño de dominio. La *Guía* recomienda una extensión de 73 x 73 km para el dominio meteorológico y 62x62 km para el dominio de la dispersión.

Etapa 2: Modelación meteorológica

A través del modelo WRF, se simula un año entero de meteorología. Según la lógica de la Guía, un año de simulación cubre las escalas temporales más importantes de la variabilidad meteorológica (diaria y estacional). En consecuencia, el supuesto en este caso es que cualquier año sea representativo para la zona. Dado que la evaluación del modelo depende de la disponibilidad de mediciones, se debería elegir el año en que estará disponible la mayor cantidad de información. De esta manera, la elección del año debería basarse en la evaluación de los datos meteorológicos disponibles en términos del año de mayor disponibilidad y mayor calidad de información.

Etapa 3: Evaluación de la simulación meteorológica

La meteorología es la que media entre las emisiones de contaminantes y sus respectivos impactos. Es decir, una vez liberado un contaminante a la atmósfera en el punto (o área) de la fuente emisora, es la meteorología la responsable dónde y cuánto impacta. En

consecuencia, la calidad de la simulación meteorológica en gran medida determina también la calidad de la simulación posterior de la dispersión. En este sentido, es clave evaluar de manera rigurosa los resultados de esta simulación a través de su comparación con los datos observacionales. Para este fin, se hizo uso de todas las mediciones (meteorológicas) disponibles para el año simulado. Como evaluación básica, se seguirá las recomendaciones de la *Guía* en términos de los gráficos de los ciclos diarios y estacionales para cada uno de los puntos donde están ubicadas las estaciones meteorológicas las que se compararán con los gráficos del mismo tipo, pero basados en las observaciones.

Cabe enfatizar que esta evaluación es clave para la evaluación de las incertidumbres (etapa5).

Etapa 4: Modelación de dispersión de contaminantes

La modelación de dispersión se realizó, a través del modelo CALPUFF. Los datos de entrada clave para este modelo son los de la meteorología (de WRF según etapa 2) y de las emisiones que se levantarán dentro de este proyecto. Se simulará cada una de las fuentes por separado y usando una emisión unitaria (por ejemplo 1 ton/año). El uso de la emisión unitaria es muy importante por la siguiente razón: la relación entre las concentraciones (o impactos) obtenidas a través de la simulación depende linealmente de las emisiones. A modo de ejemplo, supongamos la simulación que usa la emisión 1 ton/año indica en un cierto receptor 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Si ahora la emisión real de esa fuente es 10 ton/año (o sea, 10 veces mayor que la simulada), la concentración real también es diez veces mayor que la simulada, o sea el resultado es 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Considerando ahora todas las fuentes, se puede expresar matemáticamente el impacto en receptores I_R según:

$$I_R = \sum_{i=1, N_F} C_{iR} E_i \quad (3.6.1)$$

Dónde:

I_R = impacto en receptor R (R puede ser cualquier punto en el dominio de modelación)

C_{iR} = concentración en el punto receptor R proveniente de la emisión i

E_i = emisión real de la fuente i

N_F = número de fuentes

Esta metodología permite evaluar el aporte individual de cada fuente y analizar impacto de medidas de mitigación específicas de manera rápida y flexible sin la necesidad de simular cada escenario de emisiones (y si la autoridad lo estime conveniente). También se puede usar las emisiones reales de todas fuentes en su conjunto para poder delimitar el polígono de la zona saturada tanto al nivel diario como anual.

Etapa 5: Evaluación de la simulación de dispersión.

En primer lugar, es importante recordar que una estación de monitoreo de calidad del aire siempre mide sólo el impacto total de las concentraciones provenientes de todas las fuentes en su alrededor. Es decir, no es posible evaluar el desempeño de un modelo a nivel de impacto por fuentes individuales sino sólo a nivel de impacto total de todas las fuentes. En segundo lugar, existen dos fuentes principales de incertidumbre en el modelo de dispersión: la primera fuente de incertidumbre está en la información de la meteorología según la simulación WRF (etapa 2) la cual se estima en la etapa 3 de esta actividad. La segunda fuente está dentro de las emisiones. Mientras en la actividad se aplican todas las metodologías más avanzadas y completas en la estimación de las emisiones, ellas siempre se asocian a incertidumbres relativamente altas. Estos dos tipos de incertidumbres se propagan al modelo de dispersión y representan el nivel “basal” de incertidumbre de las simulaciones de dispersión.

Teniendo estos antecedentes en mente, se evaluó el modelo de dispersión a través de la comparación de sus resultados con las mediciones de material particulado en la zona. Cabe señalar que no es posible garantizar una buena correlación con los datos reales, sino sólo el mejor resultado posible. Lo importante en este sentido es un análisis riguroso sobre las posibles fuentes de error y llegar a conclusiones y recomendaciones como poder mejorar la calidad de las simulaciones. Estas conclusiones pueden ser de tal tipo que sea posible realizar optimizaciones dentro de este estudio, otras más bien pueden ser de tipo de largo alcance las cuales se entregarán a través de recomendaciones dentro del informe.

La meteorología utilizada en la modelación, corresponde a la obtenida por medio del modelo meteorológico de pronóstico Weather Research and Forecasting Model (WRF), la cual será utilizada como entrada para el modelo de dispersión CALPUFF. Dicha información es referente al entorno del proyecto y corresponde al periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año 2014.

El área de modelación corresponde a una grilla de **73 x 73 km²**, con un espaciamiento de 1 km. La figura 61 presenta el dominio de la modelación.

Aparte de la información meteorológica, también se requieren las emisiones como datos de entrada. En este caso, se tomaron las emisiones estimadas justamente en este estudio.

En lo que sigue, se presentan las características meteorológicas según las mediciones y el modelo WRF (sección 2). La sección 3 describe los aspectos importantes de las emisiones en su relación con la modelación. La sección 4 entrega los resultados de la simulación de dispersión con el modelo CALPUFF y la delimitación de la zona saturada. Finalmente, la sección 5 entrega las conclusiones de esta parte del proyecto.

3.5.2.1 Dominio y periodo de modelación

Se definió un área de modelación que incluye todas las actividades emisoras dentro de las comunas de Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina, lo anterior se logra al considerar polígonos con las siguientes superficies:

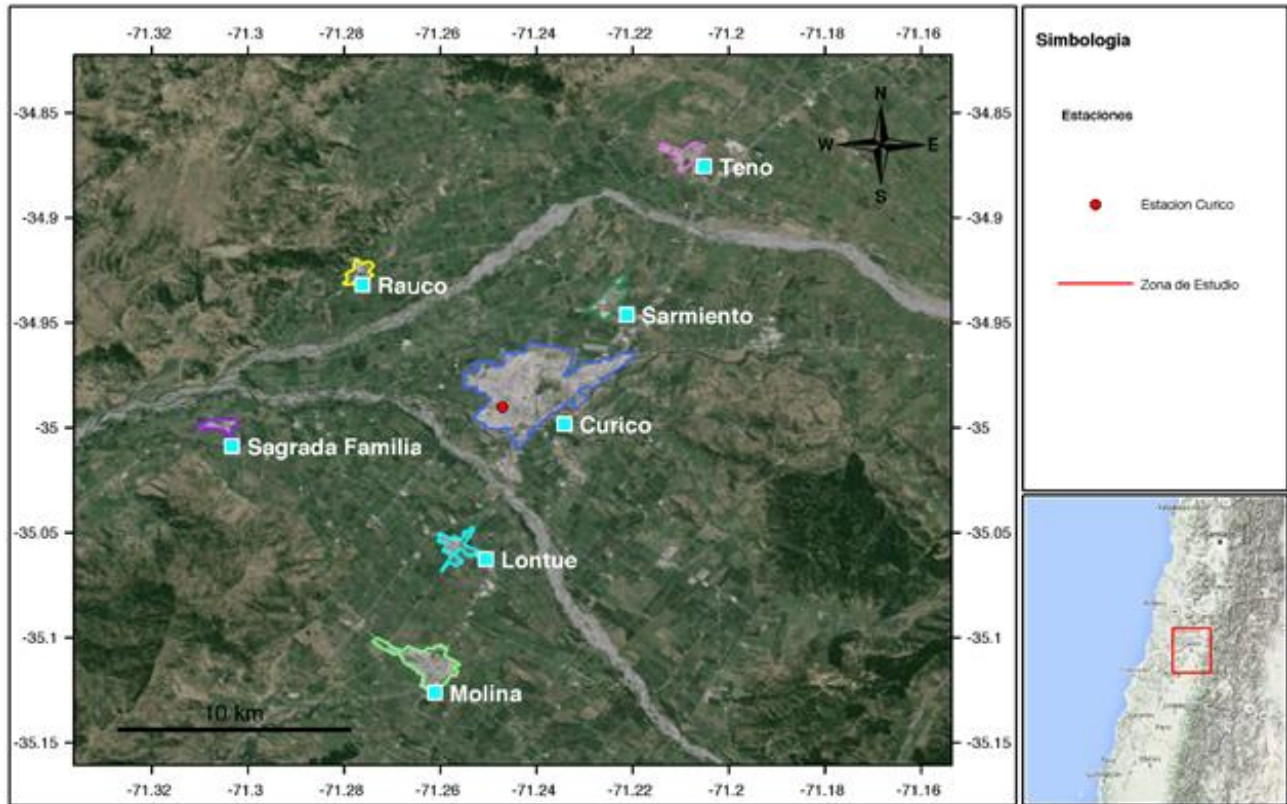
- Curicó: 1.328 Km²
- Molina: 1.552 Km²
- Rauco: 309 Km²
- Romeral: 1.597 Km²
- Sagrada Familia: 549 Km²
- Teno: 618 Km²

El centro del dominio de cada comuna se presenta a continuación:

- Curicó: 34°59'00"S; 71°14'00"W; Datum WGS 84; Huso 19 Sur
- Teno: 34°52'00"S; 71°11'00"W; Datum WGS 84; Huso 19 Sur
- Rauco: 34°56'00"S; 71°19'00"W; Datum WGS 84; Huso 19 Sur
- Romeral: 34°58'00"S; 71°08'00"W; Datum WGS 84; Huso 19 Sur
- Molina: 35°07'00"S; 71°17'00"W; Datum WGS 84; Huso 19 Sur
- Sagrada Familia: 35°00'00"S; 71°23'00"W; Datum WGS 84; Huso 19 Sur

Por su parte el periodo de modelación es desde el 01 de enero de 2014 hasta el 31 de diciembre del 2014.

La figura siguiente muestra el dominio de modelación. Se indican al interior de la imagen, las ciudades relevantes y la ubicación de la estación de monitoreo "Curicó".



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 61: Dominio de modelación. Se indican las ciudades que quedan dentro del dominio y la estación de monitoreo.

3.5.2.2 Meteorología

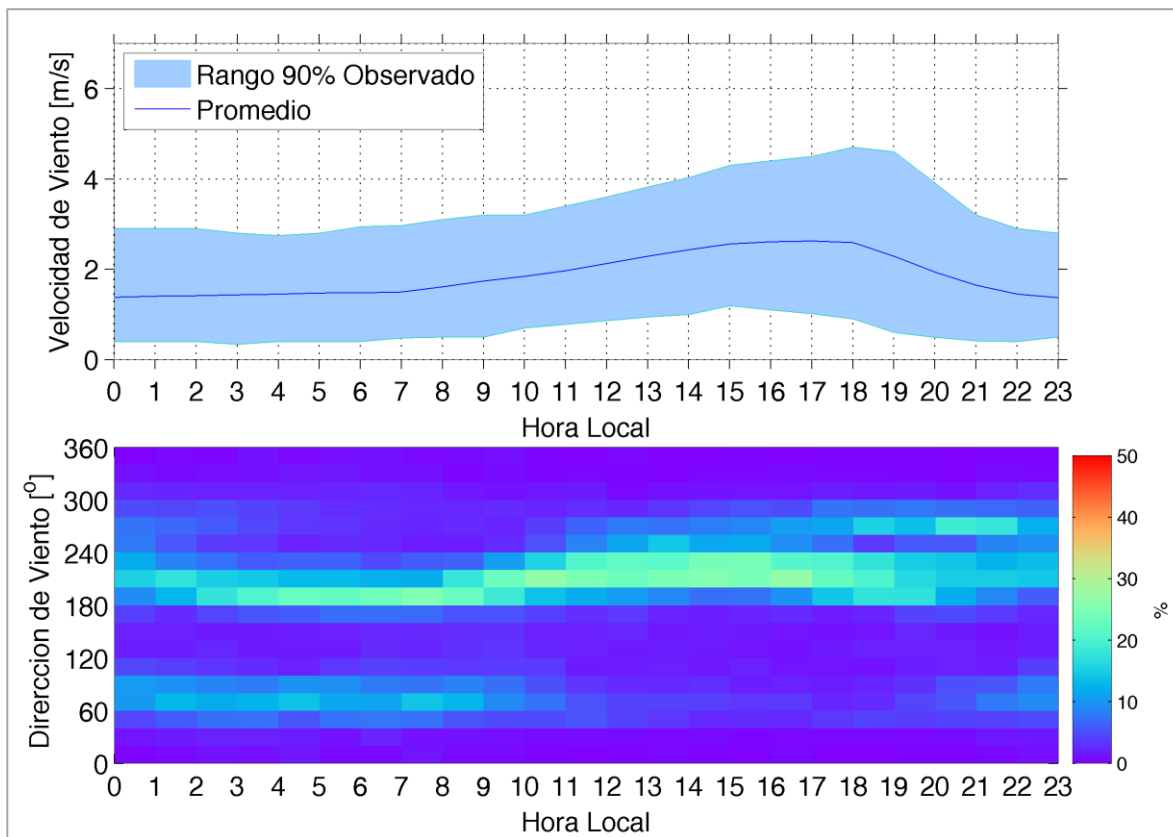
3.5.2.2.1 Diagnóstico en base a observaciones

La información más objetiva en relación a la situación atmosférica de una zona en particular son las observaciones. Por tanto, es recomendable realizar una caracterización meteorológica de esa zona en base a ellas. En la zona de interés, se cuenta sólo con la estación Curicó para este fin. En lo que sigue, se entrega esta caracterización en términos de los ciclos diarios y ciclos estacionales del viento para justamente esta estación, seguido por los resultados del modelo WRF.

3.5.2.2.1.1 Ciclo Diario de Viento

La zona de estudio se ubica en la Región del Maule, dentro de un sector de valles y con una topografía pronunciada. Tal como se menciona en el Anexo 1 "Fundamentos de la Contaminación Atmosférica" de la "Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA" del Servicio de Impacto Ambiental (SEA) una topografía tal como se encuentra en la zona está sujeta a brisas de valle/montaña. En términos simples, estas brisas se caracterizan por vientos pendiente arriba durante el día y vientos pendiente abajo durante la noche. En términos de la magnitud del viento, esta es en general mayor durante el día que durante la noche

La figura 62 muestra los ciclos diarios de la velocidad y dirección del viento en la estación Curicó. Se muestra en el panel superior el ciclo diario promedio (línea azul) y el rango de 90% de los datos (sombra celeste). En el panel inferior se muestran las frecuencias de las direcciones de viento horario.



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 62: Ciclo diario de viento para estación Curicó. Panel superior: magnitud del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Panel inferior: Histograma de frecuencia de dirección de viento en unidades de porcentaje.

En primer lugar, se observa un ciclo diario marcado del viento, tomando valores mayores durante el día que durante la noche y alcanzando aproximadamente máximos promedio de 3 m/s y mínimos promedio de 1.5 m/s. El máximo diurno se registra alrededor de las 17:00 hrs y el mínimo en horas de la madrugada, aproximadamente a las 01:00 hrs.

Con respecto al ciclo diario de la dirección de viento, se observan vientos predominantes del oeste y sur-oeste durante las horas del día. Durante la noche (aproximadamente entre las 21:00 a las 09:00 hrs), se observan dos regímenes, uno del suroeste (aproximadamente de 200°) y otro con menor frecuencia del noreste (aproximadamente de 60°). Durante el día la dirección de viento predominante es de suroeste (aproximadamente de 220°). También existe un segundo régimen diario, con muy baja frecuencia, que es del noreste (aproximadamente de 60°).

3.5.2.2.1.2 Ciclo Estacional de Viento

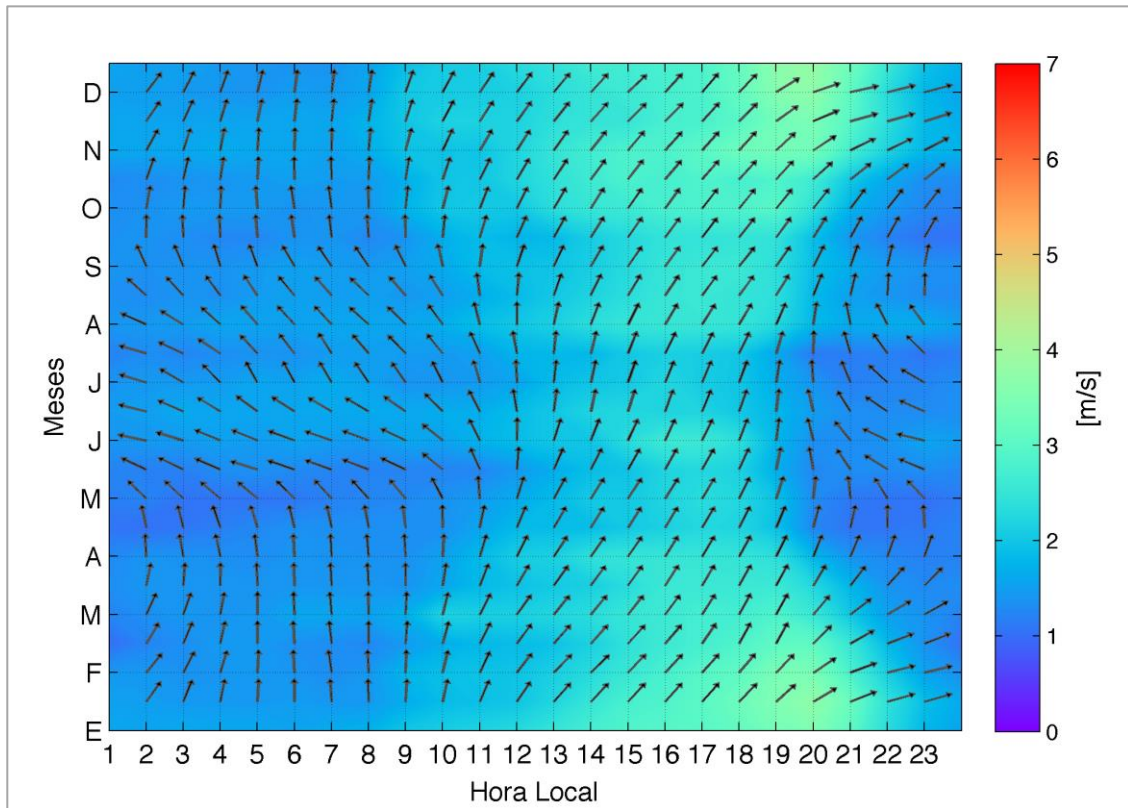
Los ciclos diarios descritos en la sección anterior indican el comportamiento promedio del viento a lo largo del año. No obstante, estos vientos se deben principalmente al forzamiento radiativo en terreno complejo (el cual produce las brisas de tierra/mar). Dado que el forzamiento radiativo tiene un ciclo estacional muy marcado, también es de esperar que los ciclos diarios de viento tengan una variabilidad a la escala estacional.

Esta variabilidad estacional se visualiza a través de graficar los ciclos estacionales de los ciclos diarios, tal como se entrega en la figura 63. Estos ciclos estacionales son importantes en zonas donde existe un contraste fuerte entre las estaciones del año. Cabe señalar que para estas figuras se calcula el promedio de las direcciones de viento lo que puede generar problemas en los resultados siendo la dirección una variable circular. A modo de ejemplo: se puede imaginar un valle con orientación este-oeste y que en este valle el viento tenga en un 50% del tiempo dirección este (90°) y el otro 50% dirección oeste (270°). En este caso el promedio indicaría un viento del sur (180°) que en la realidad nunca se observaría. Es importante, considerar ese problema matemático en la interpretación de la dirección del viento en las figuras de los ciclos estacionales. No obstante, no existe otra opción para este tipo de gráfico que calcular el promedio u otras métricas equivalentes que tendrían el mismo problema. Los colores en las figuras indican la velocidad del viento y las líneas con puntos la dirección. La dirección del viento se debe interpretar en el sentido que el viento sopla desde el punto hacia la línea.

Se observa en el ciclo estacional, al igual que en el ciclo diario de la magnitud del viento, un máximo diurno y un mínimo nocturno. Durante los meses de verano los vientos más intensos del día se mantienen entre las 10:00 y las 21:00 hrs., mientras que en invierno se observan sólo entre las 12:00 y las 19:00 hrs. Por otra parte, cabe destacar que las bandas de vientos de mayor intensidad durante las noches de invierno pueden atribuirse al paso de sistemas frontales por la zona.

Con respecto a las direcciones de viento, se observa que durante el día estas no muestran variaciones a lo largo del año. Sin embargo, durante la noche se observan diferencias con el cambio de estación. Para los meses de verano, se observa un viento predominante del sur y la componente del este (observada en la figura 62) se pierde durante este periodo. Por otra parte, durante los meses de invierno ambas componentes vuelven a ser notorias durante la noche. En la figura se observan direcciones predominantes del sur-este sin embargo esto

es producto de promediar las direcciones vistas en la figura 63, sur (sur-oeste) y este (nor-este). Este problema es muy común ya que, como se mencionó anteriormente, la dirección viento es una variable circular.



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

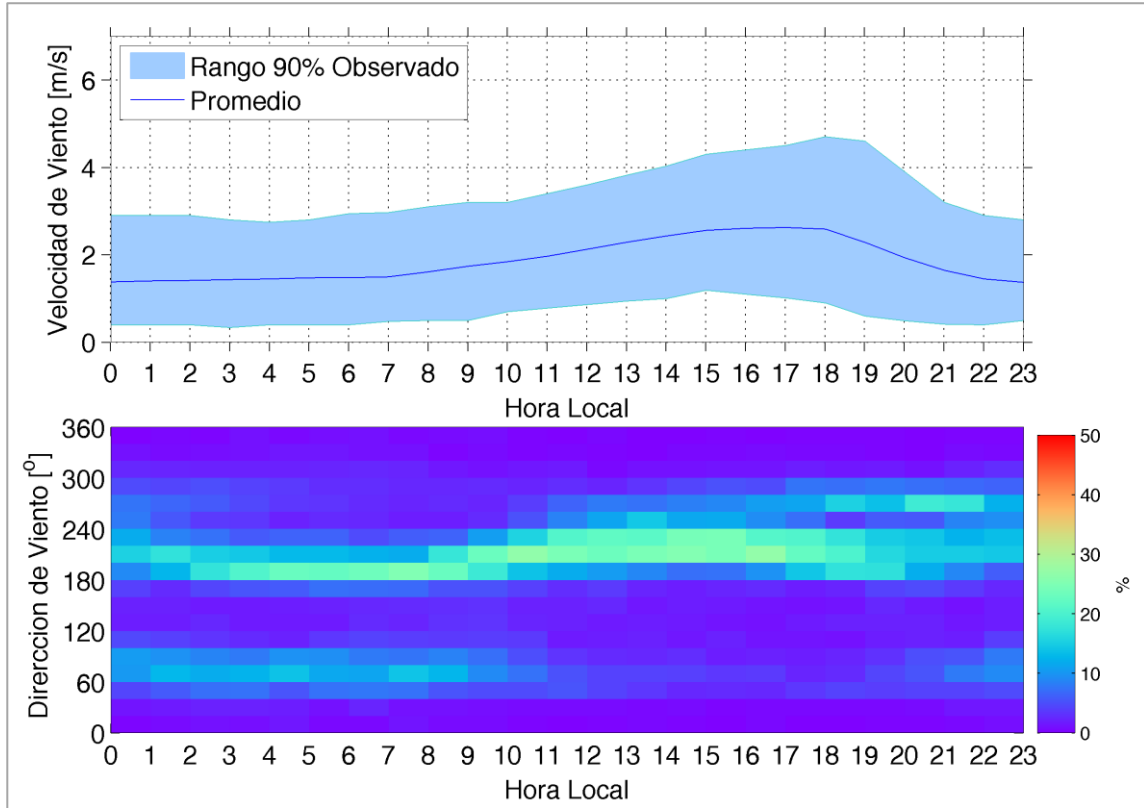
Figura 63: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para estación Curicó. Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con puntos la dirección.

3.5.2.2.2 Comparación de resultados WRF con observaciones

Un modelo numérico forma la base fundamental para la caracterización meteorológica espacial global de una zona. Antes de usar sus resultados, es importante evaluar la calidad de la información que entrega. Con fines de esta evaluación, se comparan los resultados del modelo con las observaciones. Tal como lo recomienda la Guía, el periodo del modelo es un año. Ya que se supone que un año de modelación sea representativo para la climatología de la zona de interés, se compara este año con las series de tiempo completas de las observaciones. En este contexto, también cabe señalar que las simulaciones de WRF NO ocupan datos de observaciones como datos de entrada, así que la evaluación es completamente independiente y objetiva. Esta sección se enfoca en la capacidad de WRF para reproducir los ciclos presentados anteriormente; el año simulado por WRF fue el año base del inventario 2014.

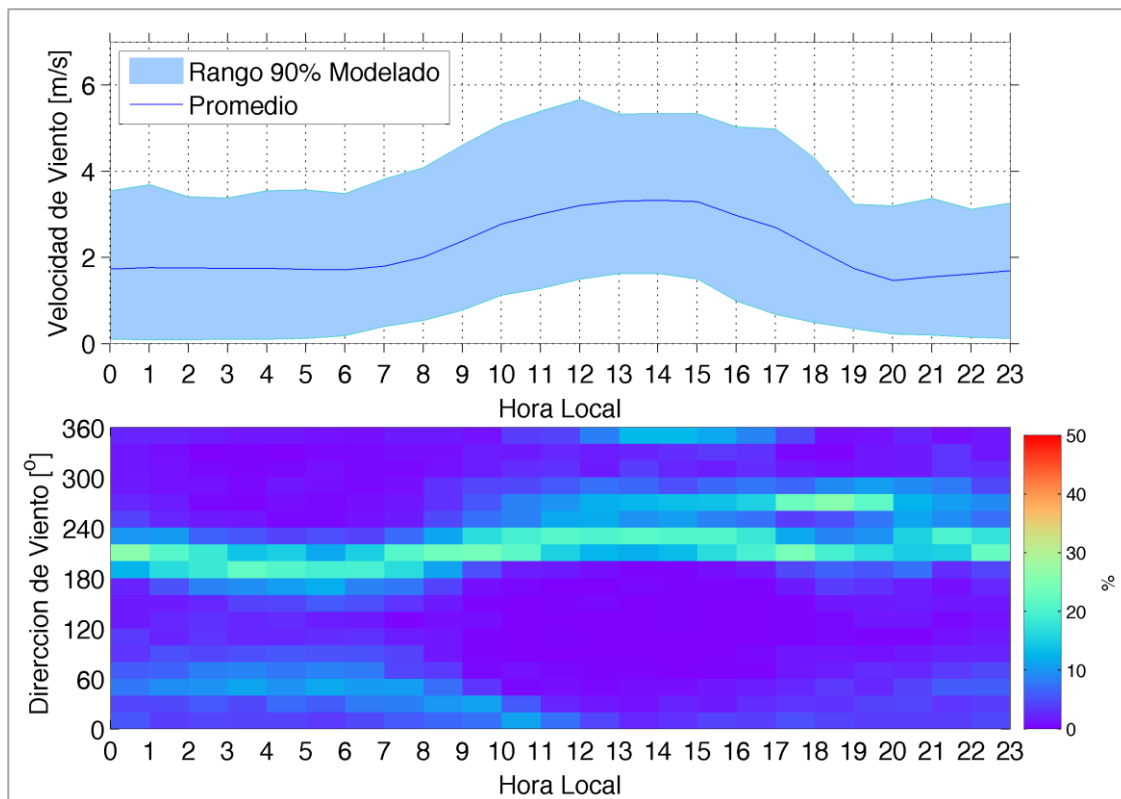
3.5.2.2.2.1 *Ciclo Diario de Viento*

En las figuras siguientes se muestran los ciclos diarios observados y los simulados con WRF para la estación Curicó.



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 64: Ciclo diario de viento para estación Curicó. Panel superior: magnitud del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Panel inferior: ciclo diario de la frecuencia de la dirección de viento en unidades de porcentaje



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 65: Ciclo diario de viento modelado con WRF para estación Curicó. Panel superior: magnitud del viento promedio (línea azul) y rango del 90% observado (sombra celeste). Panel inferior: ciclo diario de la frecuencia de la dirección de viento en unidades de porcentaje

En general, el modelo WRF representa bien el ciclo diario de la velocidad de viento, mostrando máximos de la variable en el día y mínimos en la noche. También existe buena correspondencia en la magnitud del viento, ya que el modelo WRF sólo sobre-estima en 0,1 m/s el mínimo nocturno y en 0,7 m/s el máximo diurno. La principal diferencia entre el ciclo diario de viento observado y el modelado con WRF es que la hora del máximo se encuentra desfasada en aproximadamente 2 horas. Se desconoce la raíz de esta diferencia.

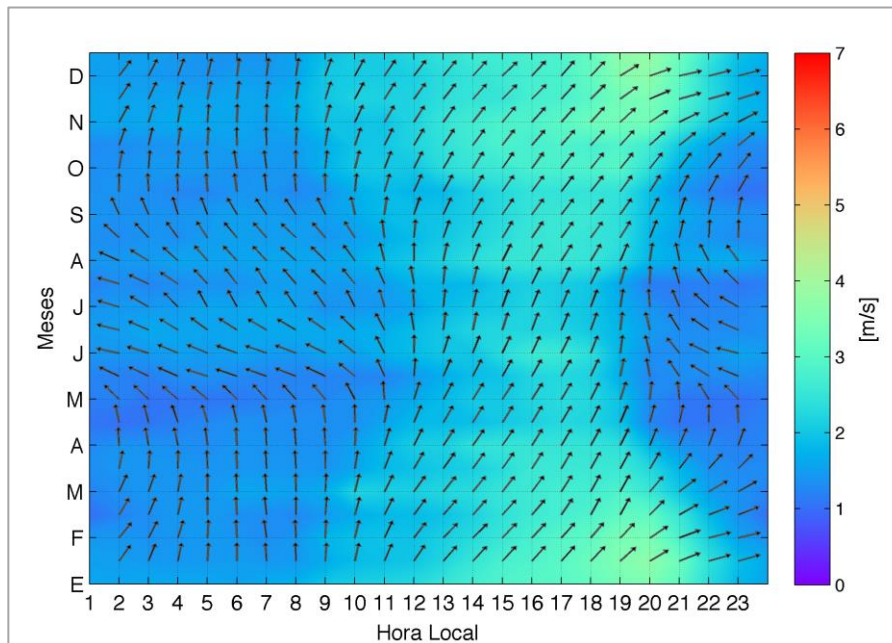
Con respecto al ciclo diario de la dirección de viento, se puede observar que el modelo WRF logra representar muy bien esta variable. Durante el día muestra los vientos principalmente provenientes del sur (sur-oeste) y durante la noche se puede apreciar que el modelo reproduce muy bien los dos regímenes observados. La única diferencia que se observa en términos es en el segundo régimen durante el día (de menor frecuencia) que en las observaciones tiene una dirección de aproximadamente noreste y en el modelo de

norte. A pesar de esa diferencia, el desempeño del modelo en términos de la dirección de viento debe ser considerado muy bueno.

3.5.2.2.2 *Ciclo Estacional de Viento*

En las figuras 66 y 67 se muestran los ciclos estacionales observados y simulados con WRF para la estación Curicó. Se observa que WRF representa bien la magnitud del viento; muestra la menor duración del máximo diurno durante invierno. Las bandas de más altas magnitudes durante los meses de invierno en el modelo se podrían atribuir a sistemas frontales. También se registran esos sistemas frontales en las observaciones, pero con menor intensidad. De hecho, se observa en general una sobre-estimación de la magnitud, pero como se mencionaba anteriormente esta sobre-estimación es leve.

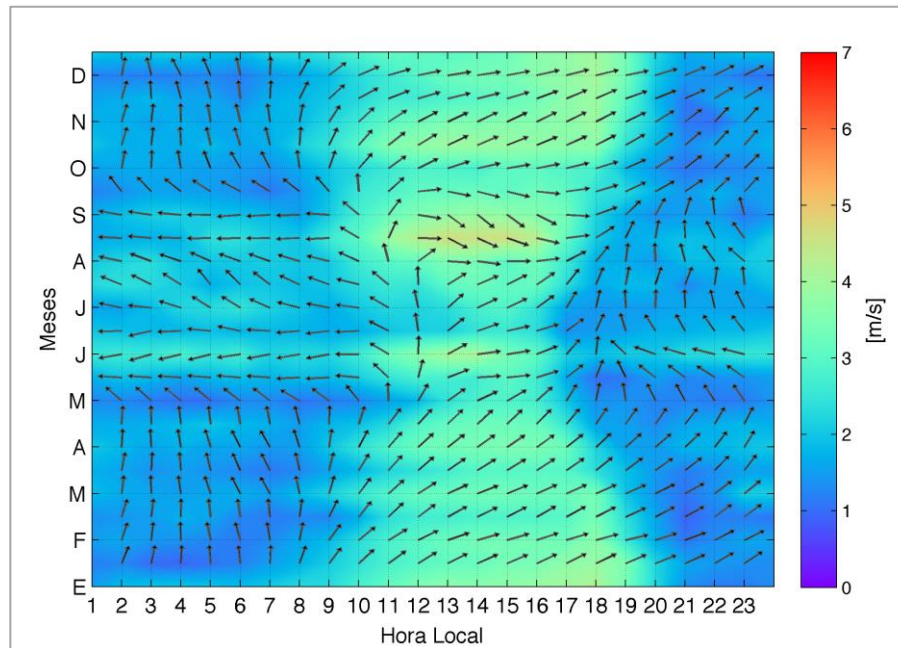
Con respecto a la dirección del viento se observa que el modelo logra reproducir las componentes predominantes del viento durante el día y la noche, y también durante el cambio de estación.



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 66: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) para estación Curicó

Notas: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con puntos la dirección. La dirección del viento se debe interpretar en el sentido que el viento sopla desde el punto hacia la línea.



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 67: Ciclo estacional del ciclo diario de viento (velocidad y dirección) modelado con WRF para estación Curicó.

Notas: Los colores indican la velocidad del viento y las líneas con puntos la dirección. La dirección del viento se debe interpretar en el sentido que el viento sopla desde el punto hacia la línea.

3.5.2.2.3 Análisis Cuantitativo

Mientras en el análisis anterior se compararon los resultados WRF con las observaciones en términos cualitativos, en la siguiente tabla se entregan los valores cuantitativos de la comparación. En este caso se comparan los resultados del modelo WRF con las observaciones en términos de los errores absolutos (sesgo del modelo) para los promedios de las mínimas y máximas de la velocidad del viento. La tabla siguiente, entrega los valores

para la estación Curicó, tanto para las observaciones como para WRF y los valores de los respectivos sesgos.

Tabla 148: Comparativa de las variables de Viento mínimo y máximo diario, tanto para las observaciones como para WRF y sus respectivos sesgos

Magnitud de Viento [m/s]						
Estación	Observado		WRF		Sesgo	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Curicó	1,4	2,6	1,5	3,3	0,1	0,7

Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Como se mencionó anteriormente, el modelo WRF representa bastante bien la magnitud del viento. Si bien es cierto que existen sobre-estimaciones, éstas son muy pequeñas. Se observa un sesgo promedio de 0,1 m/s durante la noche (valores mínimos) en estación Curicó y de 0,7 m/s durante el día (valores máximos).

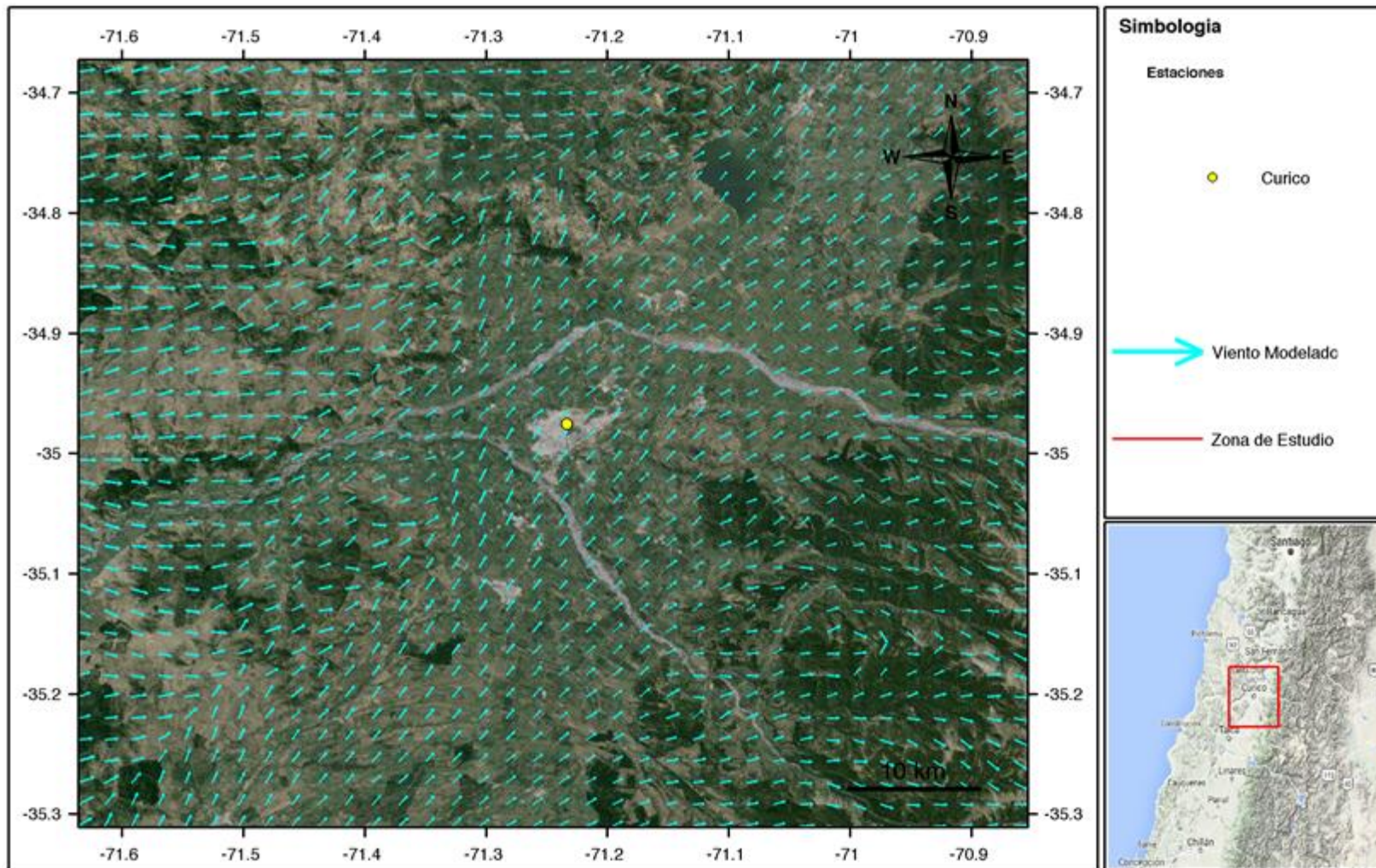
3.5.2.2.3 Caracterización de los vientos según WRF

La discusión sobre la meteorología hasta ahora se ha centrado sólo en la de la estación de Curicó. Es justamente la aplicación de un modelo numérico lo que permite patrones de viento espacialmente completos. Los patrones según un modelo siempre deben ser interpretadas dentro del contexto del análisis de errores comparando el modelo con las mediciones (según subsección anterior). Debido a que el modelo reproduce muy bien las mediciones, se debe suponer que su desempeño en el resto de la zona también es bueno.

Las figuras que se muestran a continuación (68 y 69), muestran los patrones de viento según el modelo WRF a las 05:00 y las 17:00 hrs. que se consideran horas representativas de los patrones durante la noche y el día, respectivamente. La cuenca de Curicó se emplaza entre la cordillera de la costa y la cordillera de los Andes.

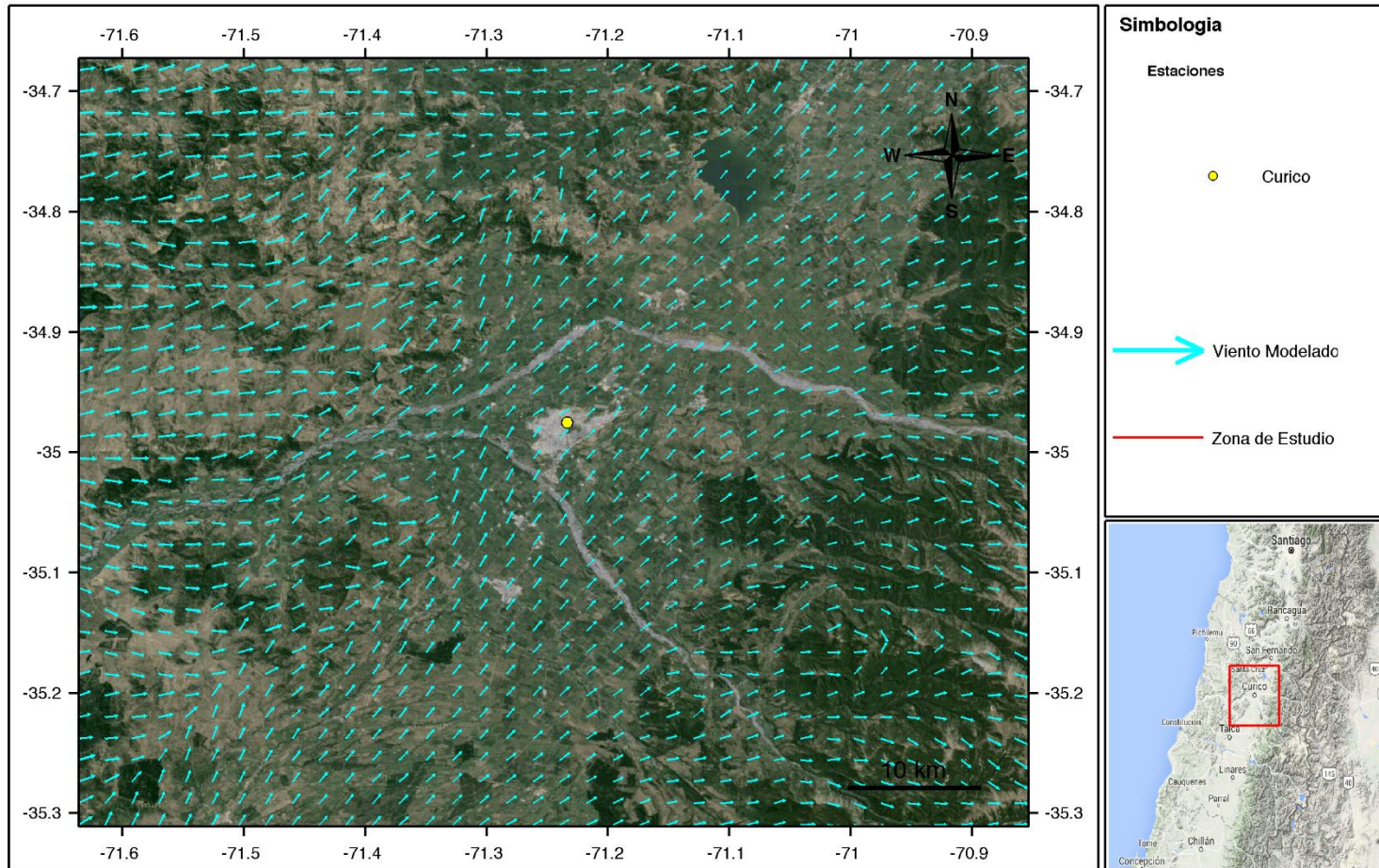
Durante el día, en todo el dominio se observan vientos más fuertes lo que se debe al forzamiento radiativo el que produce vientos desde los valles hacia las montañas (vientos anabáticos). La dirección de viento es en general y según la topografía local del sur, sureste o este.

Durante la noche, se observan en la cordillera vientos de similar magnitud que, durante el día, pero con direcciones opuestas, es decir desde las montañas hacia los valles (vientos katabáticos). Por otro lado, en los valles mismos y la cuenca de Curicó los vientos son más bien débiles durante la noche. Estos vientos débiles indican en general una atmósfera estable. Son estas situaciones con vientos débiles y una atmósfera estable que inhiben la dispersión de contaminantes. Además, en zonas como Curicó donde la quema de leña corresponde a una de las fuentes principales; y por lo tanto, las tasas de emisiones máximas se dan durante el invierno y en la tarde, cuando las personas llegan a sus hogares. Y es justamente en estas situaciones de altas tasas de emisiones que se coincide con vientos débiles y una atmósfera estable en la cuenca de Curicó.



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 68: Patrón de viento según WRF a las 17:00 horas.



Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 69: Patrón de viento según WRF a las 05:00 horas.

3.5.3 Emisiones para modelación

Tal como mencionado anteriormente, la otra información de entrada para la modelación de dispersión—aparte de la meteorología—, son las emisiones. Para las simulaciones en este caso, se usaron las estimaciones ya individualizadas en la sección 3.1 de este informe.

El modelo Calpuff distingue entre emisiones areales (cuyas ubicaciones se describen a través de polígonos), lineales y puntuales. Las fuentes areales en este caso son: incendios, agricultura, rurales, urbanos y leña. Las fuentes lineales son las móviles y las puntuales corresponden a las fuentes fijas.

Tabla 149: Contribución relativa de los distintos tipos de fuentes a los respectivos contaminantes (%)

Tipo de fuente	Contribución relativa de fuentes (%)							
	MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	COV	SO ₂	NO _x	NH ₃
LEÑA	42,5%	45,0%	48,6%	31,6%	7,9%	0,6%	0,5%	0,5%
FUENTES AREALES	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	81,0%	0,9%	1,1%	99,0%
INCENDIOS FORESTALES	42,8%	45,3%	42,7%	34,3%	9,1%	10,2%	4,1%	0,0%
QUEMAS AGRÍCOLAS	1,2%	1,3%	1,3%	0,9%	0,2%	0,3%	0,1%	0,0%
FUENTES FIJAS	10,1%	4,7%	3,3%	2,1%	0,2%	87,2%	42,8%	0,2%
FUENTES MÓVILES	3,3%	3,6%	4,0%	31,0%	1,5%	0,7%	51,5%	0,3%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Nota: Las contribuciones presentadas no consideran polvo fugitivo.

Dado que no se contempla una temporalidad de las emisiones, no se incluyeron los incendios en la modelación. Asimismo, dentro de este proyecto la modelación se limitó a la modelación de dispersión sin fotoquímica por lo que sólo se consideraron los contaminantes MP₁₀ y MP_{2,5} con el fin de delimitar la zona saturada por material particulado. Considerando estos aspectos se puede ver que dominan por lejos las emisiones dentro de las ciudades (urbanas y leña). Además, estas fuentes están muy restringidas dentro de sus respectivos límites urbanos. Tanto las fuentes agrícolas, rurales y móviles se distribuyen mucho más espacialmente.

3.5.4 Simulación de dispersión

La presente sección da cuenta de los resultados obtenidos al modelar la dispersión atmosférica de las concentraciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ que son producto de las emisiones de las diversas fuentes en la provincia de Curicó.

3.5.4.1 Aportes

Mediante la aplicación del modelo CALPUFF fue posible obtener las concentraciones de material particulado, basándose en los campos de vientos generados por la modelación meteorológica realizada con WRF.

Las tablas 3 y 4 presentan el resumen de las concentraciones resultantes de la modelación en Estación Curicó y el porcentaje que estas constituyen de la normativa vigente para MP_{10} y $MP_{2,5}$.

Tabla 3: Aportes del proyecto en los puntos receptores para el escenario de Operación.

Concentraciones [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]				
Estación Curicó	MP_{10}		$MP_{2,5}$	
	Promedio Anual	Percentil 98	Promedio Anual	Percentil 98
	50,2	121,4	32,4	81,5

Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Tabla 4: Relación porcentual entre los aportes y la normativa vigente para el escenario de Operación

Norma [%]				
Estación Curicó	MP_{10}		$MP_{2,5}$	
	Promedio Anual	Percentil 98	Promedio Anual	Percentil 98
	100,5	80,9	162,2	163,0

Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Para MP_{10} se puede observar que la normativa vigente se encuentra superada para promedio anual y en latencia para el percentil 98 diario en Estación Curicó. Para $MP_{2,5}$ se puede ver que la normativa se encuentra superada para ambos estadísticos evaluados, alcanzando un 160% de la norma aproximadamente.

Se puede observar que el modelo sobre-estima la situación actual. Cabe señalar en este contexto que la estación de Curicó está ubicada en la ciudad misma y por lo mismo existen varias posibilidades por las que puede haber una diferencia entre el modelo y las mediciones:

- 1) Dentro del modelo, la estación está ubicada en el polígono de las máximas emisiones. En la realidad existe una distribución de emisiones no homogénea dentro del límite urbano. Calpuff no necesariamente tiene esa misma distribución y, debido a que las concentraciones en zonas de las fuentes mismas- dependen, entre otras, mucho de la distribución espacial de las emisiones esta diferencia puede ser un factor importante.
- 2) A pesar de que se trata de una estación con representatividad poblacional, también en este caso la magnitud de las emisiones puede depender mucho de posibles fuentes cercanas. Se puede observar en otras ciudades de mediano tamaño como por ejemplo Calma que distintas estaciones a pesar de una distancia relativamente corta entre ellas pueden medir concentraciones muy diferentes. En este sentido siempre es mejor poder comparar los resultados de un modelo con más de una estación para ver si el modelo siempre tiene el mismo sesgo y si bien puede tener sesgos distintos según la estación con que se compara.

Finalmente, mientras existe una diferencia entre el modelo y las observaciones, esta diferencia se considera aceptable dentro del contexto que el fin de esta modelación es poder delimitar la extensión de la zona donde existen concentraciones significativas y que se debería declarar saturada.

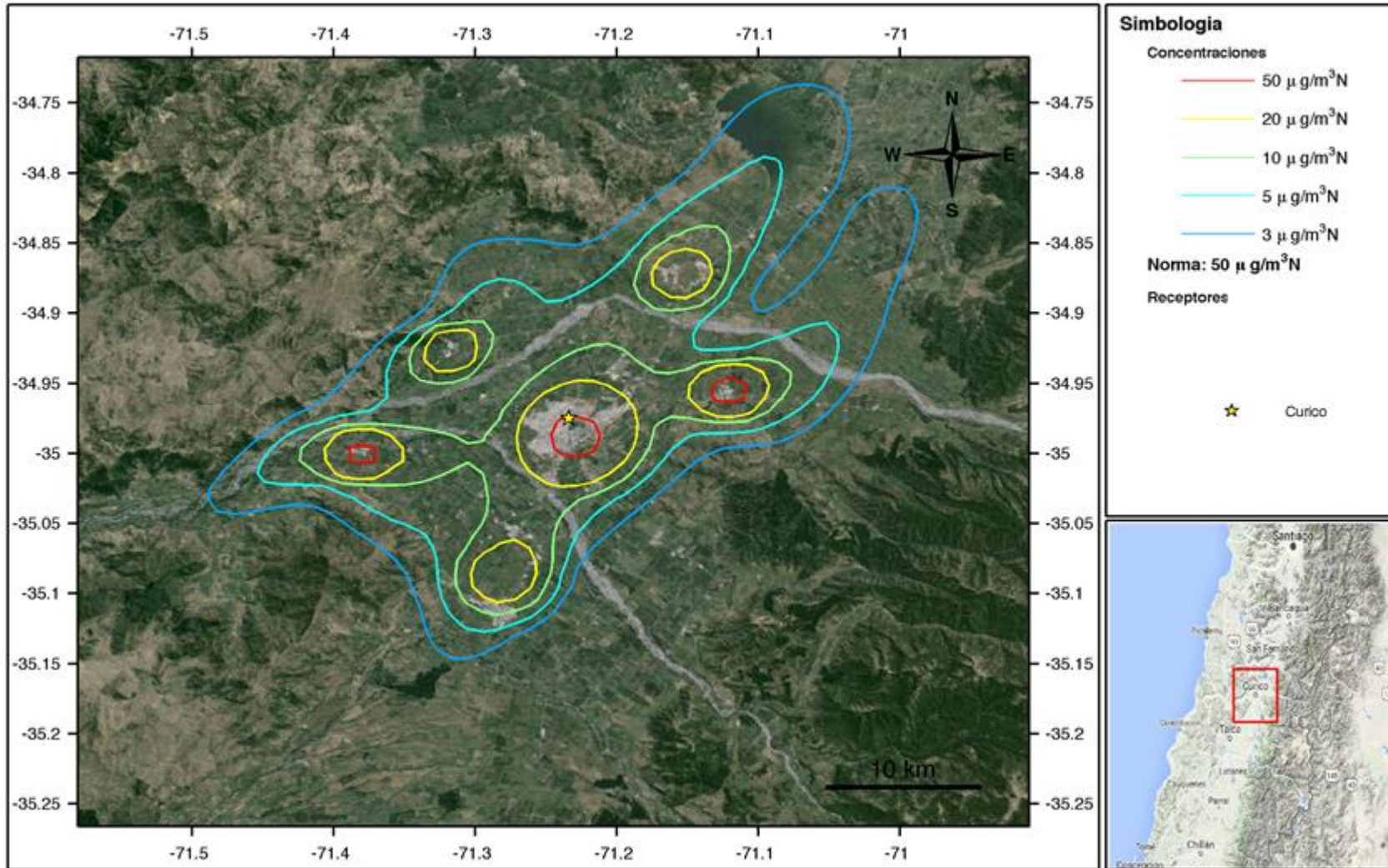
3.5.4.2 Iso-líneas de concentración

Los resultados de la modelación entregan las iso-concentraciones de las respectivas normas (anual, diaria) que, a su vez, indican la extensión espacial del problema. También entregan información sobre las fuentes emisoras relevantes del problema. Es decir, el polígono de la zona saturada (sea por norma diaria o anual) debe comprender toda el área de concentraciones en que se supere el umbral indicado por las respectivas normas. Con el fin de poder hacer gestión en la zona el polígono también debe incluir todas las emisiones que contribuyen a estas concentraciones (aunque las fuentes emisoras mismas no se encuentren dentro del área donde se superan las normas). Además, se puede considerar todos los aportes de los proyectos aprobados en el e-seia, pero todavía no materializados.

A continuación, se presentan las iso-concentraciones obtenidas en la modelación para MP_{10} (figuras 70 y 71), $MP_{2,5}$ (figuras 72 y 73).

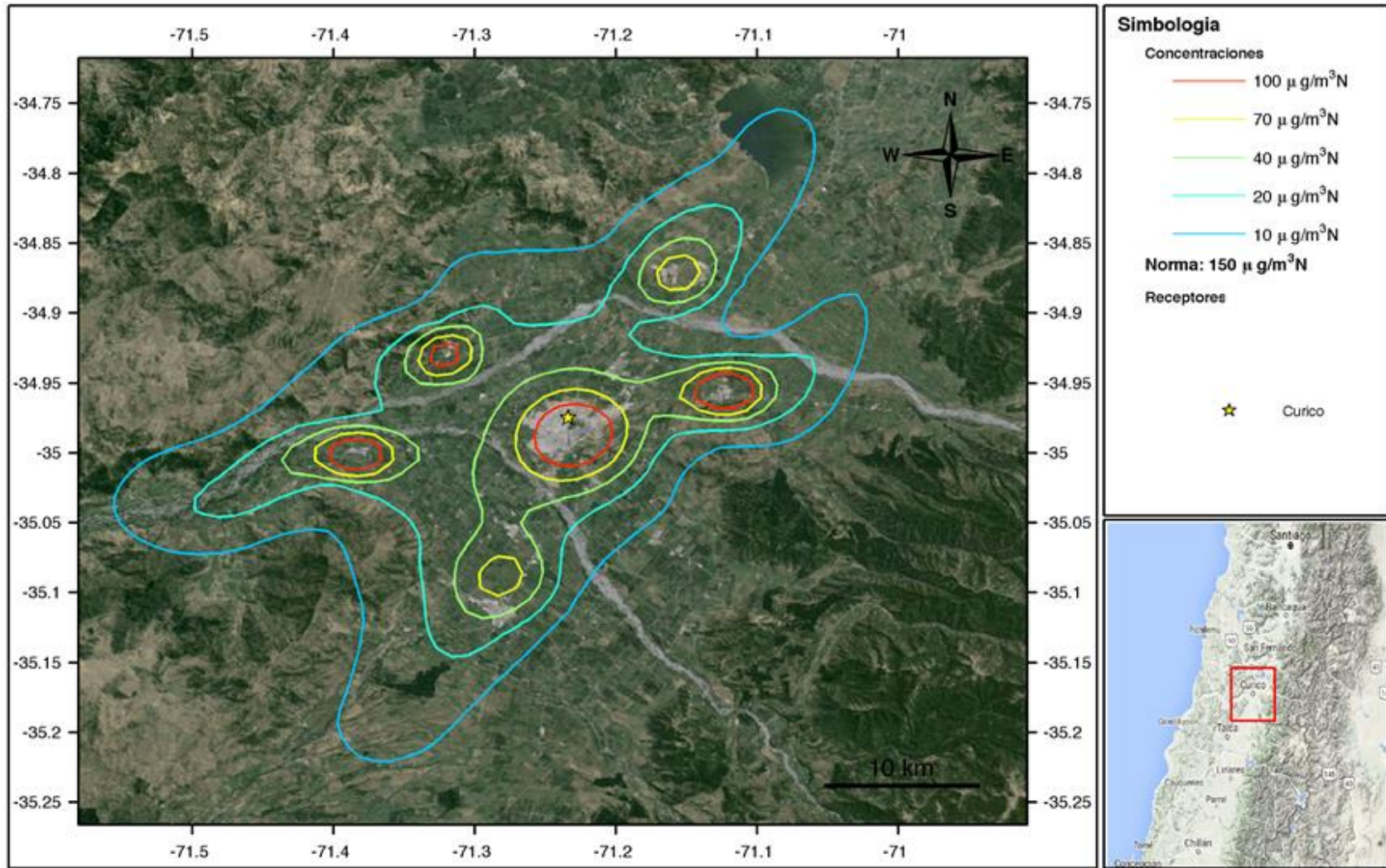
En primer lugar, se puede observar que los patrones de dispersión para ambos variables son muy similares. En segundo lugar, una de las características llamativa de esos patrones son las iso-concentraciones más bien circulares alrededor de los centros urbanos. Existen dos explicaciones para este fenómeno:

- 1) La situación meteorológica que causa las mayores concentraciones es durante la tarde/noche con vientos débiles y una atmósfera estable. Estos vientos débiles hacen que no se generen patrones alongados, sino que más bien bajo estas situaciones de calma los contaminantes se acumulan cerca de sus fuentes.
- 2) Las fuentes que dominan por lejos son las que se ubican dentro de los límites urbanos. Y debido a que, tal como se mencionó en el punto anterior, los contaminantes se acumulan cerca de sus fuentes, son justamente estos centros urbanos que dominan también en esas figuras.



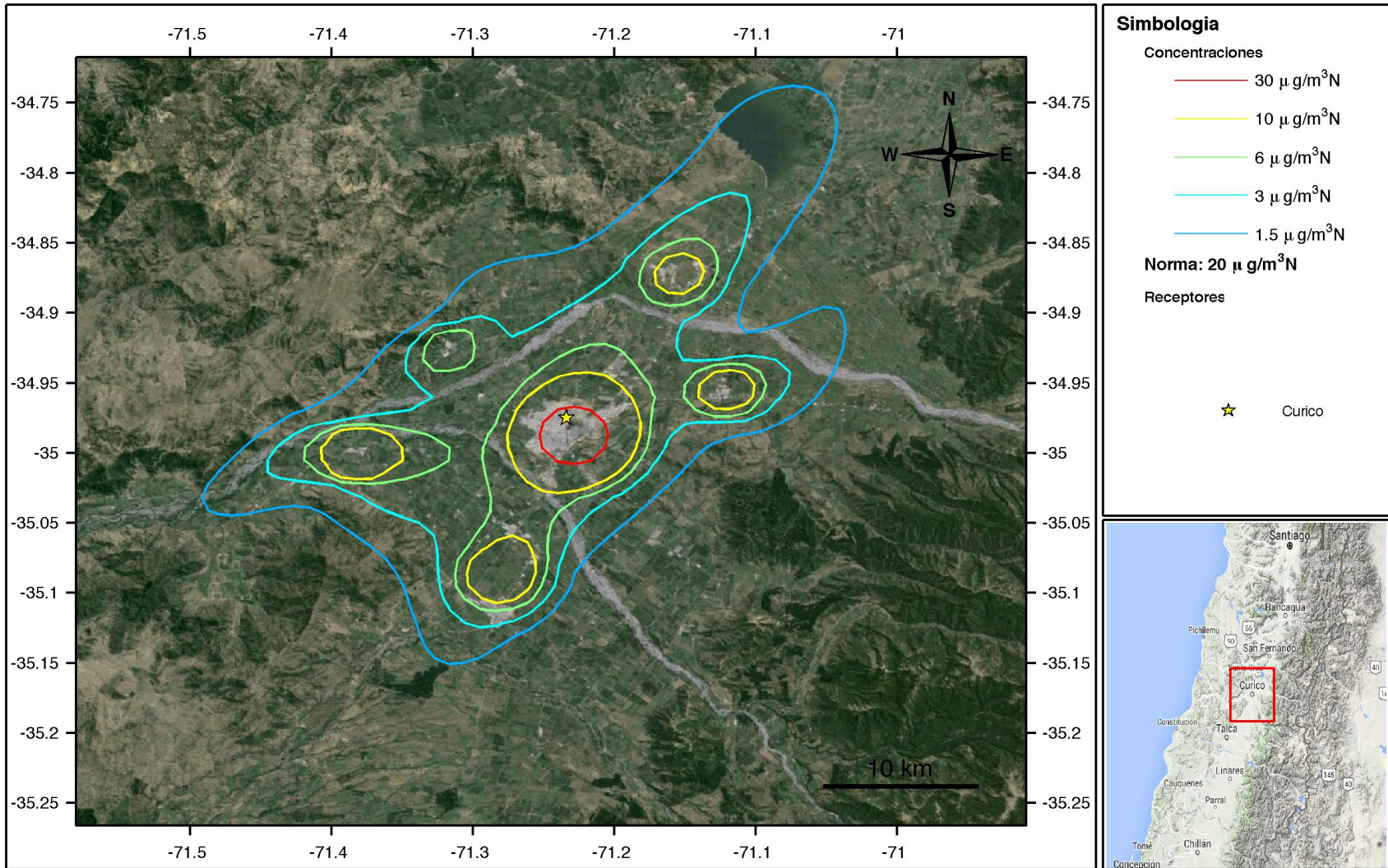
Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 70: Iso-líneas para el promedio anual de MP10.



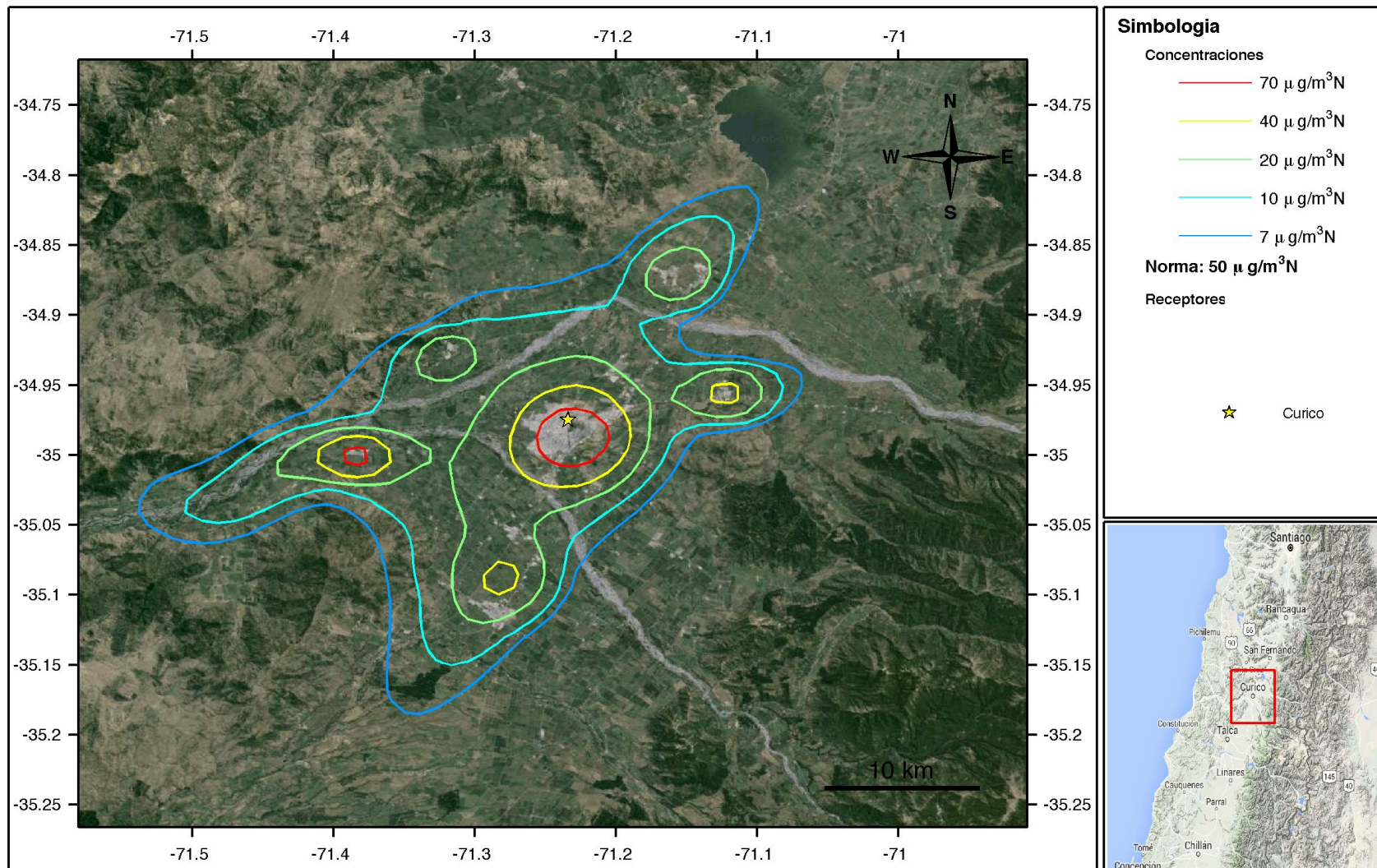
Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 71: Iso-líneas para el percentil 98 diario de MP10.



Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 72: Iso-líneas para el promedio anual de MP2,5.



Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 73: Iso-líneas para el percentil 98 diario de MP2,5.

3.5.4.3 Análisis de incertidumbres

El objetivo de un análisis de incertidumbre es poner en contexto los resultados de las simulaciones de dispersión con los errores del modelo meteorológico. De esta manera, se apunta a evaluar posibles sobre- o subestimaciones del modelo de dispersión. Las posibles fuentes de error en este sentido son las siguientes:

1) Errores debido al modelo meteorológico

En la sección 2 se hizo una evaluación del modelo WRF. Según las características presentadas en esa sección se debe concluir que las incertidumbres a raíz del modelo meteorológico son pequeñas.

2) Incertidumbres en las emisiones

Es evidente que cualquier inventario de emisiones se asocia con incertidumbres. No obstante, por el esfuerzo dentro de este proyecto también se debe concluir que se trata de la mejor estimación y la menor incertidumbre posible.

3) Errores del propio modelo de dispersión

Este punto ya fue mencionado en la sección 4.1. También en este caso, puede haber incertidumbres, pero tampoco se consideran significativas

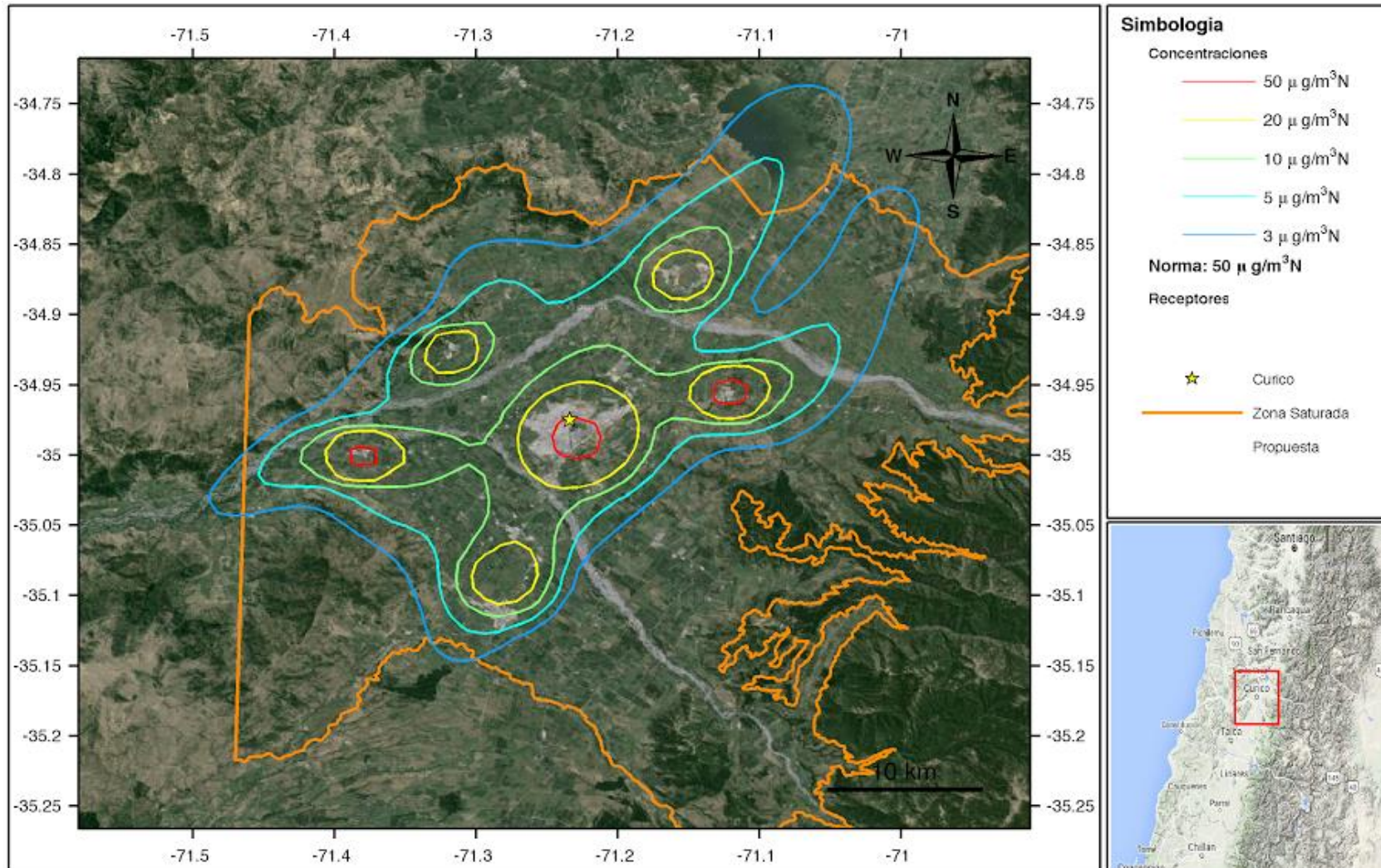
En este sentido, se estima con las incertidumbres de la modelación lo suficientemente bajas para poder llegar a una recomendación a una delimitación de la zona saturada como sigue.

3.5.5 Delimitación de zona saturada

Finalmente, las figuras 74 y 75, indican la propuesta de delimitación de zona saturada para MP₁₀ y MP_{2,5}, respectivamente. En ambas figuras se presentan nuevamente las iso-concentraciones promedio junto con la delimitación para la zona saturada (línea naranja). Debido a que para MP₁₀ como MP_{2,5} la extensión de las concentraciones es muy similar, se decidió proponer la delimitación de la zona saturada en ambos casos.

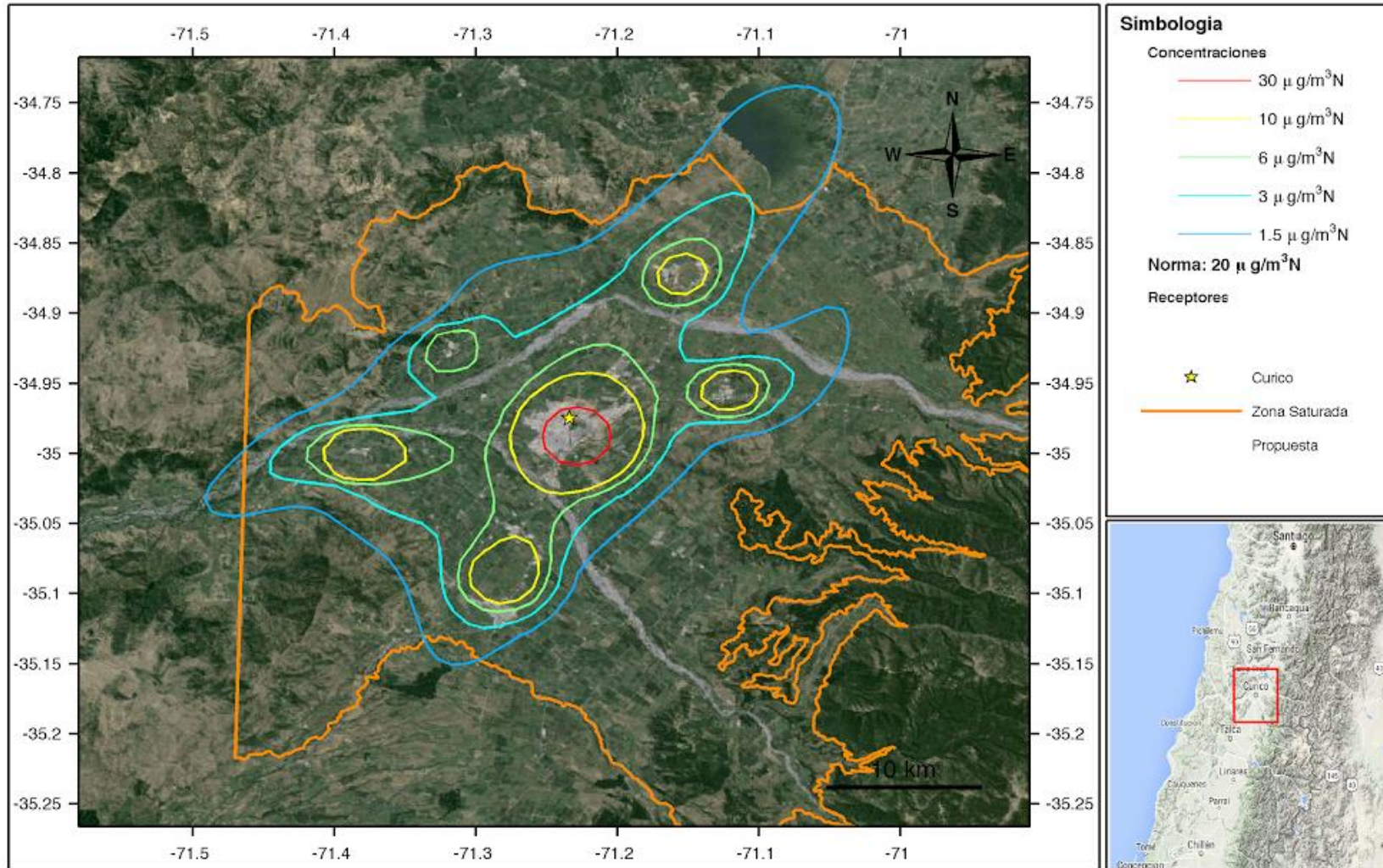
Los criterios de la delimitación propuesta son los siguientes:

- 1) Todos los centros urbanos importantes deben estar dentro de la zona.
- 2) Las fuentes principales deben estar dentro de la zona.
- 3) Limitar la zona a una provincia.
- 4) Hacia el este y oeste no hay límites políticos razonables para la delimitación. En este sentido se ocupó una cota de 600 metros hacia el este y una línea recta hacia el oeste. Es evidente que estos límites son más bien arbitrarios y podrían ser modificadas si fuera necesario por algunas razones prácticas.



Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 74: Propuesta para la delimitación de zona saturad. para MP10



Fuente: Fuente: Meteodata - Ingeniería y Geofísica Limitada

Figura 75: Propuesta para la delimitación de zona saturada. para MP2,5

4 PROYECCIÓN DE EMISIONES COMBUSTIÓN EXTERNA RESIDENCIAL DE LEÑA.

Para proyectar las emisiones de combustión residencial de leña fue necesario obtener el consumo de leña al año 2030, para ello se utilizó la población proyectada al año 2030 y los consumos per capitas que utiliza la metodología top down del RETC; una vez procesada la información de la encuesta (cuya metodología se presenta en detalla en el anexo 5.1 Metodología Encuesta de consumo de leña) y se consolidaron los resultados, se obtuvieron nuevos consumos per capitas para las comunas del inventario; de la misma forma se obtuvieron nuevos factores de emisión representativos de estas comunas, con esta información, se pudo cuantificar la distribución por tipo de artefactos utilizados en cada comuna y el porcentaje de humedad con que se consume la leña. A continuación, se presentan las tablas representativas de los valores obtenidos por comuna:

Tabla 150: Porcentaje de la población según grado de humedad de leña consumida y por comuna.

Humedad de la leña	Curicó	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno
Húmeda	0,00%	0,35%	0,00%	0,00%	0,00%	8,86%
Seca	96,87%	96,20%	95,35%	88,02%	86,47%	91,14%
Semi húmeda	3,13%	3,45%	4,65%	11,98%	13,53%	0,00%
No usa	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total general	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de leña

Como se aprecia en la tabla anterior, en todas las comunas las personas consumen en su mayoría leña del tipo seca y en menor grado del tipo semi húmeda, a excepción de la comuna de Teno dónde sí se consume leña del tipo húmeda.

Respecto del consumo, se concluye que la totalidad de los encuestados consume leña con alguno de los porcentajes definidos de humedad.

Tabla 151: Tabla distribución por tipo de artefacto y por comuna.

Tipo de artefacto	Curicó	Molina	Rauco	Romeral	Sagrada Familia	Teno
Calefactores c/Templador	68,76%	47,42%	32,22%	41,75%	50,27%	43,90%
Chimeneas	6,21%	1,49%	0,00%	3,42%	0,00%	0,00%
Cocinas	12,86%	20,71%	38,34%	26,59%	11,22%	9,38%
Salamandra	10,76%	25,89%	22,46%	28,24%	27,52%	46,20%
Otros (*)	1,41%	4,49%	6,97%	0,00%	11,00%	0,52%
No Consume	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total general	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de leña

De la tabla anterior, se aprecia que mayoritariamente los principales artefactos utilizados por las familias en las comunas encuestadas, corresponden a calefactores y salamandras y por lo tanto el uso principal es para calefacción y en menor medida a cocinar.

(*): El tipo otros, incluye: Calefactores sin templador, horno de barro o ladrillo, brasero y otros, sin especificar.

Tabla 152: Consumos per capita por persona Urbano-Rural y por comuna

Comuna	Kg pers/hogar urbano	Kg pers/hogar rural	PERCAPITA URB (Kg/persona)	PERCAPITA RURAL (Kg/persona)
Curicó	1.520,09	1.611,61	67,81	63,96
Molina	887,88	826,06	130,47	140,23
Rauco	168,52	180,77	153,21	142,83
Romeral	210,00	184,19	111,31	126,91
Sagrada Familia	264,88	286,88	133,90	123,64
Teno	393,60	403,25	97,50	95,17
Total (kg)	3.444,98	3.492,75	694,20	692,73

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de leña

En la tabla anterior, se aprecia que las comunas de Molina, Rauco, Romeral y Sagrada Familia tienen el mayor consumo per cápita de la zona, en cambio Curicó y Teno tienen un menor consumo, esto principalmente por el acceso a otras tecnologías y tipos de combustibles y artefactos, tanto para calefacción, como cocina.

4.1 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de leña.

Como se indicó en la sección 3.4.3.3.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de leña para el escenario conservador, considera los siguientes criterios:

- Proyección de la población por comuna al año base proyectado 2030 (INE).
- Sin recambio de equipos y/o potencial de mejoramiento tecnológico.

La proyección del escenario optimista visto en la sección 3.4.3.3.1.1 Metodología de Proyección de Emisiones Combustión externa residencial de leña para la leña, considera los siguientes criterios:

- Proyección de la población por comuna al año base proyectado 2030 (INE).
- Recambio de equipos de acuerdo a las tasas de recambio de acuerdo al PDA de la ciudad de Temuco y Padre Las casas para calefactores.
- Potencial de mejoramiento tecnológico para cocina a leña y Ley que otorga a SEC facultades para fiscalizar a organismos certificadores.
- Disminución del uso de cocinas a leña en zonas urbanas (50%).
- Disminución % de humedad de la leña residencial, cumplir con un contenido de humedad menor o igual al 25% en base seca.

4.2 Factores de emisión Combustión externa residencial de leña.

De acuerdo a la metodología antes señalada, se obtuvieron factores de emisión representativos de las comunas; a continuación, se presentan los resultados y la distribución del consumo de leña por tipo de artefacto y la distribución de rango de humedad, (tablas que se presentan más adelante en la sección de niveles de actividad) estos son los resultados.

Tabla 153: Factores de Emisión específicos por comuna Combustión Residencial de leña

COMUNA	CONTAMINANTE	2014 BASE	2030 CONSERVADOR	2030 OPTIMISTA
Curicó	MP ₁₀	28,62760199	28,62760199	18,05371014
	MP _{2,5}	27,83238651	27,83238651	17,51370902
	CO	244,2932548	244,2932548	172,9864823
	NO _x	1,368761217	1,368761217	1,328113428
	COV	84,63257232	84,63257232	80,74623176
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Molina	MP ₁₀	25,48052479	25,48052479	17,9347905
	MP _{2,5}	24,75776236	24,75776236	17,39383574
	CO	213,842535	213,842535	156,7115147
	NO _x	1,347419263	1,347419263	1,316857681
	COV	98,68719764	98,68719764	96,02170674
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Rauco	MP ₁₀	23,39103374	23,39103374	18,13668193
	MP _{2,5}	22,71327745	22,71327745	17,58342292
	CO	189,7612774	189,7612774	148,2825964
	NO _x	1,332223083	1,332223083	1,310325064
	COV	107,3830629	107,3830629	103,7998646
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Romeral	MP ₁₀	25,20795775	25,20795775	17,77853273
	MP _{2,5}	24,48905262	24,48905262	17,23768496
	CO	221,3258284	221,3258284	154,8961847
	NO _x	1,341754011	1,341754011	1,313797016
	COV	113,5983163	113,5983163	97,383823
	SO _x	0,2	0,2	0,2

COMUNA	CONTAMINANTE	2014 BASE	2030 CONSERVADOR	2030 OPTIMISTA
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Sagrada Familia	MP ₁₀	26,24355044	26,24355044	17,39823673
	MP _{2,5}	25,50249953	25,50249953	16,87289823
	CO	237,3564327	237,3564327	160,3882042
	NO _x	1,350270667	1,350270667	1,317426387
	COV	109,539332	109,539332	92,19711026
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1
Teno	MP ₁₀	28,08667026	28,08667026	17,27436118
	MP _{2,5}	27,2921706	27,2921706	16,75282739
	CO	270,7963921	270,7963921	156,1504895
	NO _x	1,343897227	1,343897227	1,314704145
	COV	144,2527041	144,2527041	96,21405519
	SO _x	0,2	0,2	0,2
	NH ₃	1,1	1,1	1,1

Nota: FE expresado en [g/kg leña-persona]

Fuente: Elaboración propia a partir de factores de emisión calculados con metodología RETC.

Nota: El detalle de la encuesta de consumo residencial de leña, se encuentra detallado en el anexo digital.

5 ANEXOS

5.1 Metodología Encuesta de consumo de leña

A continuación, se detalla la metodología que se aplicó a la encuesta de consumo de leña para las comunas que considera el estudio, respecto del marco teórico y tamaño muestral.

5.1.1 Marco teórico de la encuesta

5.1.1.1 Variables a investigar.

En esta sección se define brevemente las principales variables a ser investigadas; consumo de leña por hogar y consumo total de leña.

a) Consumo por hogar de Leña.

El consumo por hogar de leña se define como la cantidad consumida por una vivienda en un período de un año, en los distintos usos que se le dé, ya sea calefaccionar, cocinar u otros. Esta variable se entiende como el total de consumo realizado en la vivienda en la cual se realizará la consulta.

La unidad de medición de esta variable, es declarada por el encuestado, para lo cual la encuesta consideró diferentes opciones. No obstante, lo anterior, la unidad final del estudio se transforma a m^3 estéreos, a objeto de poder comparar la información con otros estudios regionales.

b) Consumo Total de Leña.

El consumo total de leña, es la suma del consumo de leña de todas las viviendas, que componen la población objetivo.

Dado que esta variable es estimada por medio de un método de muestreo se considerará:

- i. Que en las viviendas es posible que declaren consumo en diferentes unidades, por lo cual, como paso intermedio, se usará una medida de conversión y como paso final, expresar el consumo total en m^3 estéreos.

- ii. Dada las características del muestreo, es preciso llegar a una estimación del consumo total de leña, expandiendo los resultados de la muestra usando los factores de expansión que resulten del diseño muestral.

5.1.1.2 Población objetivo.

La población objetivo es:

- A) **Población urbana de las comunas de Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina.**

5.1.1.3 Marco Muestral

El Marco muestral utilizado para las encuestas, se obtuvo de la siguiente forma:

Distribución:

- a) Para poder desagregar la población, número de viviendas y número de hogares a nivel distrital y de manzanas, se utilizó distribución porcentual realizada por SISTAM, a partir de la tasa de crecimiento de población de las nuevas Proyecciones publicadas por INE el año 2014 (Proyecciones para los años 2014 a 2020), todo esto dado que aún no ha publicado oficialmente las cifras del censo 2012.
- b) Por su parte, para distribuir número de habitantes, por zonas (rural-urbana), a nivel de distrito censal y manzanas, se utilizaron las tasas de distribución de población, vivienda y hogares del Censo 2002 publicados por INE y contenidos en REDATAM plus, a nivel de manzanas, correspondientes a las comunas de interés de esta encuesta.
- c) Para distribuir número de vivienda y número de hogares, considerando que no hay cifras proyectadas, se utilizó la distribución del Censo 2002 publicados por INE (número de viviendas y hogares a nivel distrital y manzanas), y se proyectó el crecimiento a partir de las nuevas Proyecciones de población por sexo a nivel comunal, por zonas (urbano-rural), según edad simple, años 2002 a 2020, para comunas de interés correspondientes al inventario y realizadas por el INE año 2014.

Consideraciones:

- i) En zonas rurales, no existe distribución por manzanas (de acuerdo a lo señalado por INE), por tanto, y siguiendo la misma distribución del Censo 2002, se asigna el 100% de población a manzana única, denominada manzana 0.
- ii) No se considera en la proyección de viviendas y número de hogares las cifras de allegados, que pueden afectar los resultados obtenidos.

Fuentes:

- i) *Datos de proyección de población se obtuvieron de las nuevas Proyecciones INE, año 2014.*
- ii) *El número de viviendas se proyectó a partir de base a los datos del CENSO 2002 y las tasas de crecimiento de las nuevas Proyecciones INE, año 2014.*
- iii) *Las tasas de distribución rural-Urbano, distrito Censal y manzanas se obtuvieron de las cifras censales correspondientes al Censo 2002, proporcionadas por REDATAM*

5.1.1.4 Tipo de muestreo

El muestreo propuesto es del tipo probabilístico, estratificado y bietápico en cada estrato.

a) Selección de los estratos

Para la población objetivo elegida, se utilizó las nuevas Proyecciones realizadas por el INE en base al último Censo realizado el año 2012.

- N_h : Total de viviendas contenidas en el estrato h.
- N : Número total de viviendas en la población.
- n : Tamaño de la muestra.
- n_h : Número de muestras a tomar en el estrato h.

Las muestras a tomar en cada estrato quedan determinadas por:

$$n_h = n \frac{N_h}{N}$$

b) Muestreo al interior de los estratos

En cada estrato, las unidades de muestreo son:

- **Unidades Primarias de Muestreo (UPM):** constituidas por las manzanas de empadronamiento censal (conglomerado de viviendas). Las UPM, deben ser seleccionadas al azar
- **Unidades Secundarias de Muestreo (USM):** constituidas por las viviendas particulares ocupadas en forma permanente al momento de la actualización. Por cada manzana seleccionada, se considera que se seleccionan al azar 4 viviendas.

Tabla 154: Esquema de muestreo a usar

Etapa de Selección	Unidad De Selección	Probabilidad De Selección
1	Manzanas Censales (Unidad Primaria de Muestreo)	Igual probabilidad, muestreo aleatorio simple (mas)
2	Viviendas (Unidad Secundaria de Muestreo)	Igual probabilidad, muestreo aleatorio simple (mas)

Fuente: Elaboración propia

b.1.- Selección de la UPM.

La UPM se realiza en forma aleatoria y con probabilidad de selección proporcional al tamaño (ppt), mediante el número de viviendas en base a las nuevas Proyecciones realizadas por el INE en base al censo 2012 y distribuidas por manzanas según proporciones obtenidas del Censo 2002. Luego, la probabilidad de inclusión de la *i*-ésima manzana, del estrato *h* es:

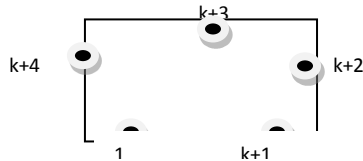
$$p_{hi} = \frac{M_{hi}}{M_h}$$

Dónde:

- h* Representa el índice del estrato.
- M_{hi}* Es el número total de viviendas de la manzana *i* del estrato *h*.
- M_h* Es el total de viviendas del estrato *h*.

b.2.- Selección de la USM

La USM se hizo una vez que se completó la etapa anterior y consiste en la selección de viviendas en cada manzana seleccionada, en forma sistemática. La primera vivienda es seleccionada al azar, las siguientes son seleccionadas saltándose K viviendas. En el ejemplo, se muestra la selección de 5 viviendas, siguiendo el proceso explicado anteriormente.



En estos casos la probabilidad de que la vivienda j , de la manzana i del estrato h sea elegida es entonces:

$$p_{hij} = \frac{1}{m_{hi}}$$

dónde:

m_{hi} Es el número de viviendas de la manzana i del estrato h

c.- Empadronamiento de los sectores

Con la finalidad de actualizar el número de viviendas a la fecha de la encuesta y construir el marco muestral de viviendas, que servirá de base para la selección de las unidades de segunda etapa, se debe realizar un empadronamiento total de las viviendas particulares ubicadas al interior de las manzanas de empadronamiento censal sorteadas.

El resultado del empadronamiento entregará como resultados:

- i) El número actualizado de viviendas en cada manzana seleccionada.
- ii) Las viviendas finales a encuestar, siguiendo el procedimiento del punto b.2.
- iii) Las viviendas seleccionadas formaran parte del muestreo, no pudiendo el encuestador cambiarlas. Si por alguna razón no pudiera ser encuestada, se debe intentar hasta por una tercera vez, de lo contrario debe ser descartada. Por ningún motivo una vivienda seleccionada puede ser reemplazada por otra.

5.1.2 Tamaños Muestrales

Para el cálculo del tamaño de muestra se usará la siguiente expresión;

Dónde:

- ϵ : Error relativo con respecto al valor esperado de la variable en estudio, dado en porcentaje.
- CV : Coeficiente de variación $CV = S/\bar{X}$, con S^2 estimador de la varianza y \bar{X} , estimador de la esperanza de la variable en estudio. : Valor de la tabla de distribución normal, que acumula un $(1-\alpha/2)$ de probabilidad.
- TNR : La tasa de no respuesta en las encuestas.
- deff : Es el efecto diseño dado por la expresión
: Coeficiente de correlación interglomerados
- m : Tamaño de las muestras tomadas en las USM

De encuestas anteriores sobre consumo de leña realizado en comunas del Sur de Chile, se ha obtenido:

- El coeficiente variación del consumo de leña por hogar, ha tomado valores en el rango de 0,90 a 1,68]
- El valor del coeficiente de correlación interconglomerados ha variado en el rango de 0,12 a 0,33.

A continuación, se entrega el tamaño de la muestra, basado en los siguientes valores:

- ϵ : Error relativo de un 5%.
- : La confiabilidad de que el error sea inferior al 5%, es de un 95%.
- TNR : La tasa de no respuesta de un 5%.
- m : 4 muestras en cada manzana seleccionada.

De acuerdo a estos valores, en la siguiente tabla se pueden observar valores del tamaño de muestra, en función del coeficiente de variación y del coeficiente de correlación interconglomerados. Se ha calculado el tamaño de muestra a obtener en un "mas" muestreo aleatorio simple, que no incluye el efecto diseño ni la corrección por no respuesta. Las columnas siguientes muestran, el tamaño de la muestra de acuerdo a la ecuación dada, para valores mínimos y máximos del coeficiente de correlación interconglomerados.

Tabla 155: Tamaños de muestra usar con $\varepsilon = 10\%$, $\varepsilon = 10\%$, $\varepsilon = 5\%$, y $m=4$, para diferentes valores de CV, $=0,12$ y $=0,33$

Coef. Var	n m.a.s	n mc	
		$\rho = 0,12$	$\rho = 0,33$
0,90	311	445	688
1,00	384	550	849
1,10	465	665	1.028
1,20	553	792	1.223
1,30	649	929	1.436
1,40	753	1.078	1.665
1,50	864	1.237	1.911
1,30	649	929	1.436
1,40	753	1.078	1.665
1,50	864	1.237	1.911
1,60	983	1.408	2.175
1,68	1.084	1.552	2.397

En la tabla siguiente, se puede observar el tamaño de muestra, que ha sido seleccionado (marcados con negrillas) de $n=1.237$ encuestas, para un $CV=1,5$ y $\rho = 0,12$. Cabe mencionar que encuestas anteriores realizados sobre consumo de leña en otras regiones se han utilizado tamaños de muestras de 380, 420 y 620 encuestas, en todas ellas el error en la estimación del consumo de leña, es muy superior a un 15%.

5.1.2.1 Selección de los estratos y afijación de la muestra.

Con los valores anteriores se tiene las siguientes encuestas a realizar por cada estrato.

Tabla 156: Proyecciones de población, número de viviendas y tamaño muestral.

Comuna	Número de personas	Número de viviendas	Proporción	Tamaño de la muestra
Curicó	119.585	34.775	60,6%	750
Molina	38.521	11.033	19,2%	238
Rauco	8.566	2.650	4,6%	57
Romeral	12.707	3.669	6,4%	79
Sagrada Familia	17.519	5.143	9,0%	111
Teno	476	106	0,2%	2

Totales	197.374	57.376	100,0%	1.237
---------	---------	--------	--------	-------

Fuente: Proyecciones de poblacion-2014 INE

5.1.2.2 Factores de Expansión de la Muestra.

El factor de expansión va acorde con el diseño bietapico, por ello se le asigna un factor de expansión a cada vivienda seleccionada, que depende del número de viviendas que tiene la zona censal donde se ubica la manzana y de la cantidad de encuestas que se hayan tomado en la manzana. Los factores anteriores incluyen un ajuste de las viviendas totales en cada una de las manzanas para aumentar la precisión de las estimaciones.

Los factores a utilizar son:

$$FE_{hz} = \frac{M_h}{n_{hz}m_{hz}}$$

M_h = Número de viviendas en la zona z del distrito h

n_{hz} = Número de veces que se repite la zona z del distrito h

m_{hz} =

Número de encuestas que se tomaron en la manzana de la zona z del distrito h

Ejemplo: 1.-

Caso de que en un distrito, se hayan seleccionado 4 encuestas en una sola manzana. En este caso los valores son

$$M_h = 748$$

$$n_{hz} = 4$$

$$m_{hz} = 4$$

$$FE_{hz} = \frac{M_h}{n_{hz}m_{hz}} = 187$$

5.1.2.3 Uso de los factores de expansión

El uso de los factores de expansión, tal como su nombre lo indica, es la de expandir los resultados de la muestra a la población objetivo total.

a.- Estimación del consumo total

Si C_i es el consumo obtenido para una vivienda encuestada y f_i es el factor de expansión asociado a la encuesta, entonces el consumo total de la población es:

$$C_{Total} = \sum_i f_i C_i$$

b.- Estimación del número total de artefactos.

Si a_{ij} es el número de artefactos del tipo j , obtenido para la vivienda encuestada, y f_i es el factor de expansión asociado a la encuesta, entonces el número total de artefactos del tipo j estará dado por:

$$Total_Artefactos_j = \sum_i f_i a_{ij}$$

Dada las expresiones anteriores es posible estimar la varianza de la población mediante la expresión:

$$Var(C_{Total}) = \sum_i f_i^2 Var(C_i)$$

La varianza de la variable C_i se estimará a partir de los datos de la encuesta que cayeron en la misma zona censal, así.

$$Var(C_i) = \frac{1}{m_{hz} - 1} \sum_{j \in Zona} (C_{ij} - \bar{C}_z)^2$$

5.2 Encuesta consumo de Leña

“INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y MODELACIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS COMUNAS DE CURICÓ, TENO, ROMERAL, RAUCO, SAGRADA FAMILIA Y MOLINA, AÑO BASE 2014”

Encuesta sobre Consumo de Leña a Hogares de Curicó, Teno, Romeral, Rauco, Sagrada Familia y Molina

Modulo I: Identificación del formulario

Comuna	Zona Censal y Manzana
Dirección	Teléfono

1ª visita: / / 2015	2ª visita: / / 2015	3ª visita: / / 2015
Fecha de la entrevista:		Hora de la Entrevista
Día	Mes	2015
		Inicio
		Término

Reservado Supervisión (En cada etapa se debe registrar el nombre del responsable)				
	1. Sí	2. No		Códigos
Encuesta completa			Encuestador(a)	
			Supervisor(a)	
Letra legible			Codificador(a)	
Entrevistado idóneo			Digitador(a)	

Módulo II. Equipamiento del hogar, energía utilizada por actividad

1. Desde que Usted vive en esta ciudad ¿Ha utilizado leña como combustible?

- a) Sí → **Pase a pregunta 2**
- b) Deje de usarla → **Pase pregunta 18**
- c) Nunca la he usado → **Pase pregunta 18**

2. Indique como califica usted a los siguientes meses.

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fríos												
Calurosos o Templados												

	3. Indique si usa leña para cada una de las siguientes actividades en Meses Fríos. En caso que el uso del combustible sea en forma esporádica utilice la letra E		
	a.- Cocinar	b.- Calefaccionar	c.- Calentar agua
	a.1.- Si/No	b.1.- Si/No	c.1.- Si/No
1. Leña.			
2. Otro. biomasa			

	4. Indique si usa leña para cada una de las siguientes actividades. Meses Calurosos o templados.		
	a.- Cocinar	b.- Calefaccionar	c.- Calentar agua
	a.1.- Si/No	b.1.- Si/No	c.1.- Si/No
3. Leña.			
4. Otro. biomasa			

5. ¿Qué tipo de artefactos a leña posee y /o utiliza? Utilice una fila por cada artefacto a leña que posea. Si posee más de un artefacto de cada tipo, se repetirá el artefacto

<p>a. Artefacto</p> <p>1) Cocina a leña 2) Salamandra 3) Combustión lenta 4) Chimenea tradicional 5) Calefactor a pellets 6) Insert 7) Horno de barro o ladrillo 8) Brasero 9) Otro. Especificar. Para cada artefacto especificar marca (5.a2).</p>			<p>b. ¿Para que lo utiliza?</p> <p>1) Cocinar 2) Calefacción 3) Calentar Agua 4) Otro. Especifique: _____ _____ 5) No lo utiliza. ¿Por qué? <i>Respuesta múltiple entre (5b1, 5b2, 5b3, 5b4) y única si es 5b5.</i> <i>Si no lo utiliza 5b5 para algún artefacto, especificar el por qué en 5b5_e</i></p>						<p>c. Antigüedad del artefacto y costo</p> <p>5.c1 Anote antigüedad (en años) del artefacto y/o 5.c2 Anote año de compra</p>		
	5.a1 Tipo	5.a2 Marca	5.a3 Modelo	5.b1	5.b2	5.b3	5.b4	5.b5	5.b 5_e	5.c1 años antigüedad	5.c2 año de compra
1											
2											
3											
4											

6. Cuanto del total de leña usa durante un mes frío (Indicar unidad):

a. Uso	b. Cantidad	c. Unidad (metro, canasta, etc.)
a.1 Calefaccionar	b.1	c.1
a.2. Cocinar	b.2	c.2
a.3.- Calentar Agua	b.3.-	c.3.-
a.4 Otro	b.4	c. 4

7. Cuanto del total de leña usa durante un mes caluroso o templado (Indicar unidad):

a. Uso	b. Cantidad	c. Unidad (metro, canasta, saco, carretilla, camionada, etc.)
a.1 Calefaccionar	b.1	c.1
a.2. Cocinar	b.2	c.2
a.3.- Calentar Agua	b.3.-	c.3.-
a.4 Otro	b.4	c. 4

8. Respecto a la forma de operar su estufa a leña. Suponga un día muy frío y de uso normal de la combustión lenta

a. Que usa para encender el fuego	a. A parte de leña, quema:	b. Cuales de las siguientes acciones usted acostumbra a realizar:
1. Cera o parafina 2. Astillas 3. Papel 4. Otro _____	1. briquetas 2. residuos (basura tal como: pañales, plásticos, bolsas, envases de alimento, etc.) 3. Restos de madera con pintura 4. Aserrín 5. Siempre usa sólo leña Puede ser mas de una alternativa	1. Una vez que ha encendido, mantiene el tiraje: a. completamente abierto, b. a la mitad c. o cerrado? Colocar Respuesta _____ 2. Una vez que se ha encendido, llena completamente de leña la cámara Si _____ No _____

<p>a. Que usa para encender el fuego</p>	<p>a. A parte de leña, quema:</p>	<p>b. Cuales de las siguientes acciones usted acostumbra a realizar:</p>
<p>Puede ser más de una alternativa</p>		<p>3. Que diámetro promedio tienen los leños que utiliza?_____</p> <p>4. En la mañana enciende fácil y rápidamente pues quedan brazas de la noche anterior. Si_____ No_____</p> <p>5. Deja funcionando durante la noche. Si_____ No_____</p> <p>6. Al retirarse a dormir cierra el tiraje al mínimo?. Si_____ No_____</p>
<p>8a</p>	<p>8b</p>	

Módulo III. Consumo de leña y forma de abastecimiento

<p>a. Tipo de leña</p>	<p>b. ¿De qué forma obtiene la leña?</p>	<p>c. ¿Cuánta leña de este tipo consume al año?</p>	<p>d. ¿Con que frecuencia obtiene Ud. la leña?</p>	<p>e. ¿Cuál es el estado de Humedad de la leña cuando la obtiene?</p>	<p>f. ¿La deja secar antes de usar?</p>	<p>g. ¿Cómo la almacena?</p>
<p>1. Hualle/Roble 2. Espino</p>	<p>1. Compra en picaduría 2. Compra a camión 3. Compra en Grandes Tiendas (easy, homecenter, etc.)</p>	<p><i>Indique cantidad, unidad y tipo de medida</i></p> <p>Unidad:</p>	<p>1. Semanal</p>	<p>1. Seca.</p>	<p>1. Sí ¿Cuánto tiempo?</p>	<p>1. En bodega bajo techo 2. Al aire libre</p>

a. Tipo de leña	b. ¿De qué forma obtiene la leña?	c. ¿Cuánta leña de este tipo consume al año?	d. ¿Con que frecuencia obtiene Ud. la leña?	e. ¿Cuál es el estado de Humedad de la leña cuando la obtiene?	f. ¿La deja secar antes de usar?	g. ¿Cómo la almacena?
<p>3. Pino</p> <p>4. Eucaliptus</p> <p>5. Aromo</p> <p>6. Desechos Industriales (aserrín, tapas, despuntes)</p> <p>7. Desechos Forestales (ramas, troncos muertos)</p> <p>8. No sabe.</p> <p>9. Otro. Especifique (Nativa o Exótica)</p>	<p>4. Aviso del diario</p> <p>5. Recomendación de amigo</p> <p>6. Folleto de MMA</p> <p>7. Se autoabastece con leña de su campo o de campo de familiares o amigos</p> <p>8. Otra forma. ¿Cuál?</p> <p>Puede haber más de una opción para el mismo tipo de leña.</p>	<p>1. Metros</p> <p>2. Metro lineal</p> <p>3. Metro Cúbico</p> <p>4. Sacos</p> <p>5. Kilos</p> <p>6. Canastas</p> <p>7. Carretilla</p> <p>8. Carretón de Caballo</p> <p>9. Otro. Especifique</p> <p>Tipo de medida M: Medida realizada al momento de la compra o entrega E: Estimación</p>	<p>2. Mensual</p> <p>3. 2 veces al año</p> <p>4. 1 vez al año</p> <p>5. Otra. Esp.</p>	<p>2. Semi Húmeda</p> <p>3. Húmeda</p> <p>4. Lo desconoce</p>	<p>2. No</p>	<p>3. Al aire libre, pero cubierta (plástico, lona u otro)</p> <p>4. picada</p> <p>+ de una opción.</p>

#	a. Tipo de leña	b. ¿De qué forma obtiene la leña?	c. ¿Cuánta leña de este tipo consume al año?			d. ¿Con que frecuencia obtiene Ud. la leña?	e. ¿Cuál es el estado de Humedad de la leña cuando la obtiene?	f. ¿La deja secar antes de usar?		g. ¿Cómo la almacena?
	9.a	9.b	9.c1 Cant.	9.c2 Unidad	9.c3 Tipo	9.d	9.e	9.f	Tiempo	9.g
1										
2										
3										
4										
5										

10. Sólo si en la Pregunta 9.b contesta las alternativas 1 o 2, nombre los principales establecimientos (picaduría) o distribuidor donde se abastece de leña:

	Nombre	Dirección	Teléfono
1			
2			
3			

11. ¿Cómo usa la leña?

<p>11.a Seca []</p> <p>11.b Húmeda) []</p> <p>11.c Mezclada (seca-húmeda) []</p> <p>11 .b ¿Cómo reconoce la leña seca?</p> <p>1) Más liviana.</p> <p>2) Por el color</p> <p>3) Se informa cuando la obtiene</p> <p>4) Todas las anteriores</p> <p>5) Otra especificar _____</p> <p>6) No sabe</p>	<p>Si usa leña húmeda o mezclada, indique:</p> <p>11. d ¿Por qué?</p> <p>d.1 Dura más</p> <p>d.2 Otra razón</p> <p>Indicar _____</p>
--	--

Puede haber más de una opción

12. Del total de leña que compra en el año ¿Cuánto usa por mes?

1. Nada	2. Poco	3: Regular	4. Suficiente	5. Mucho
---------	---------	------------	---------------	----------

Uso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Cocinar												
Calefaccionar												
Calentar Agua												
Otra _____												

Nota para el entrevistador. Es importante que las respuestas sean relativas al mismo uso y no comparar entre usos distintos, por ejemplo, no indicar que en junio el uso para cocinar es poco con respecto al consumo para calefaccionar, si no indicar como es el consumo en junio para **cocinar en relación al consumo específico para cocinar.**

13. ¿Recibe Ud. un documento legal que acredite su compra (boleta o factura) de leña?

1. Siempre
2. Casi siempre
3. Rara vez
4. Nunca

14. ¿Con que periodicidad limpia el cañón? _____ (indicar en meses)

15. ¿En qué horarios usted mantiene encendido sus **artefactos de calefacción**? Indique la alternativa de hora en cada tramo de días de la semana (hora de encendido, periodo de encendido, hora de apagado).

33.a USO MES “Fríos”

HORAS	LUN - JUEV	VIE	SAB	DGO
5-7				
7-9				
9-11				
11-13				
13-15				
15-17				
17-19				
19-21				
21-23				
23-1				
1-3				
3-5				

33.b USO MES “Calurosos o templados”

HORAS	LUN - JUEV	VIE	SAB	DGO
5-7				
7-9				
9-11				
11-13				
13-15				
15-17				
17-19				
19-21				
21-23				
23-1				
1-3				
3-5				

16. ¿En qué horarios usted mantiene encendido sus **artefactos para cocinar**? Indique la alternativa de hora en cada tramo de días de la semana (hora de encendido, periodo de encendido, hora de apagado).

16.a MES “Fríos”

HORAS	LUN -JUEV	VIE	SAB	DGO
5-7				
7-9				
9-11				
11-13				
13-15				
15-17				
17-19				
19-21				
21-23				
23-1				
1-3				
3-5				

16.b MES “Calurosos o templados”

HORAS	LUN -JUEV	VIE	SAB	DGO
5-7				
7-9				
9-11				
11-13				
13-15				
15-17				
17-19				
19-21				
21-23				
23-1				
1-3				
3-5				

17. ¿En qué horarios usted mantiene encendido sus artefactos para calentar agua?
Indique la alternativa de hora en cada tramo de días de la semana (hora de encendido, periodo de encendido, hora de apagado).

17. a MES “Fríos”

HORAS	LUN -JUEV	VIE	SAB	DGO
5-7				
7 – 9				
9 – 11				
11 – 13				
13 – 15				
15 – 17				
17 - 19				
19-21				
21-23				
23 – 1				
1-3				
3-5				

17.b MES “Calurosos o templados”

HORAS	LUN -JUEV	VIE	SAB	DGO
5-7				
7 – 9				
9 – 11				
11 – 13				
13 – 15				
15 – 17				
17 - 19				
19-21				
21-23				
23 – 1				
1-3				
3-5				

Se agradece su colaboración. ¡Muchas Gracias!!

5.3 Anexo digital

Se adjunta al presente informe un anexo digital que contiene todos los archivos de cálculos, resultados y shapefile del inventario, A continuación, se detallan las rutas y ordenamiento del anexo digital:

En la raíz del CD Anexo digital:

1. Carpeta “FACTORES_EMISION”:

- 1.1. Archivo: Factores de Emision_FFijas.xlsx.
- 1.2. Archivo: Factores de Emisión_FMóviles.xlsx

2. Carpeta: Emisiones.rar:

2.1. Carpeta RESULTADOS ESCENARIO INV_CURICO:

- 2.1.1. Archivo: GRAFICOS_ANALISIS_ZONAS-INF FINAL-ESCBASE.xlsx
- 2.1.2. Archivo: EMISIONES_ESCENARIO_PROYECTADO OPTIMISTA_INF_FINAL.xlsx
- 2.1.3. Archivo: EMISIONES_ESCENARIO_PROYECTADO CONSERVADOR_INF_FINAL.xlsx
- 2.1.4. Archivo: EMISIONES_ESCENARIO_BASE 2014_INF_FINAL.xlsx
- 2.1.5. COMPARACION ESCENARIOS BASE 2014 -2030 CONS Y OPTIM_INF_FINAL.xlsx

2.2. Carpeta POLVO FUGITVO:

- 2.2.1. Archivo: Preparacion de Terrenos Agricolas
- 2.2.2. Archivo: Construccion y Demolicion

2.3. Carpeta MOVILES:

- 2.3.1. Archivo: PARQUE_INE_2008_2014_POR_CCF8_v3.xlsx
- 2.3.2. Archivo: CALCULO_MODEM_SIN_MODELO_INTERURBANA_2014-2030.xlsx

2.4. Carpeta LEÑA:

- 2.4.1. Archivo: Encuesta_Leña_LeedatosRespuesta.xlsx

2.4.2. Archivo: EMI_LEÑA_v7.2.xlsx

2.4.3. Archivo: CURICO_PROYECCION ARTEFACTOS_DISTRIBUCION_v2.xlsx

2.5. Carpeta FIJAS:

2.5.1. Archivo: emisiones_fuentes fijas.xlsx

2.6. Carpeta AREALES:

2.6.1. Carpeta Actividad Agricola:

2.6.1.1. Archivo: Fertilizantes (F).xlsx

2.6.2. Combustión Externa Residencial:

2.6.2.1. Combustibles Residencial (F).xlsx

2.6.3. Carpeta Crianza de Animales:

2.6.3.1. Archivo: Crianza animales (F).xlsx

2.6.4. Carpeta Disposición de Residuos:

2.6.4.1. Archivo: Disposición de residuos (Plantas de tratamiento de aguas servidas).xlsx

2.6.5. Carpeta Evaporativa Comercial

2.6.5.1. Archivo: Evaporativas. Comercial (Lavasecos, Imprentas, Taller Pintura) (F).xlsx

2.6.5.2. Archivo: Distribucion de Combustibles (F).xlsx

2.6.5.3. Archivo: Aplicacion de Asfalto (F).xlsx

2.6.6. Carpeta Evaporativa Residencial:

2.6.6.1. Archivo: Residencial NH3 (F).xlsx

2.6.6.2. Archivo: Evaporativa Residencial (F).xlsx

2.6.6.3. Archivo: Combustibles Residencial (F).xlsx

2.6.7. Carpeta Quemadas:



- 2.6.7.1. Archivo: Quemas Agricolas (F).xlsx
- 2.6.7.2. Archivo: Incendios Urbanos (F).xlsx
- 2.6.7.3. Archivo: Incendios Forestales (F).xlsx
- 2.6.7.4. Archivo: Cigarros (F).xlsx

3. ENCUESTAS_CURICO.zip

4. Carpeta Shapes.zip:

4.1. Carpeta SHAPES_AREALES_INV_CURICO

4.2. Carpeta SHAPES_FFIJAS_INV_CURICO

4.3. Carpeta SHAPES_LEÑA

4.4. Carpeta SHAPES_FMOVIL_INV_CURICO

4.5. Carpeta SHAPES_BIOGENICAS_Megan.zip

Nota: Cada carpeta contiene un conjunto de archivos, separados por comunas del inventario y por tipo de fuente emisora, con extensiones .dbf, .prj, .sbn, .sbx, .shp, .shx entre otras.

5. Informe_Final_INVENTARIO_CURICO_Y_ALREDEDORES_Corregido.docx

6. RESUMEN_EJECUTIVO_INVENTARIO_CURICO_Y_ALREDEDORES.docx