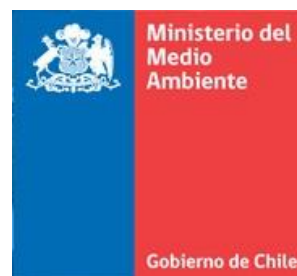

Evaluación de soluciones tecnológicas térmicas y eléctricas, marco regulatorio e instrumentos

Calefacción distrital con biomasa en Chile **Evaluación del potencial de reducción de emisiones en** **Osorno**

Desarrollado por:



Para:



Septiembre de 2013

Prefacio

Este informe pertenece a una serie de documentos generados como resultado del estudio “Evaluación de soluciones tecnológicas térmicas y eléctricas, marco regulatorio e instrumentos”, en el marco de un Convenio de Cooperación y Transferencia de Recursos entre la Subsecretaría de Energía, la Subsecretaría del Medio Ambiente y la Universidad de Concepción.

El objetivo general del Convenio fue generar antecedentes que apoyaran una estrategia para el uso de energías limpias, mediante la introducción de modelos, sistemas eléctricos y térmicos eficientes y amigables con el medio ambiente, a objeto de colaborar con el mejoramiento de la calidad ambiental de zonas saturadas de nuestro país.

En específico, se buscó evaluar la prefactibilidad de implementar sistemas de calefacción distrital y/o cogeneración con biomasa en zonas saturadas del país, como medida para reducir los niveles de contaminación atmosférica generados por la combustión residencial de leña en condiciones inadecuadas, sin dejar de fomentar el uso de biomasa como un energético local y renovable.

Para ello, el estudio consideró la evaluación de los aspectos técnicos relacionados a la instalación de plantas de generación y distribución centralizada de calor, inversiones y costos asociados, factores de mercado y modelos de negocio, aspectos normativos atinentes a la instalación y operación de estos sistemas, revisión y propuesta de instrumentos de fomento para rentabilizar los proyectos, análisis de la tarifa de venta del servicio, evaluación de la rentabilidad privada y social, y evaluación del potencial de reducción de emisiones en las zonas afectadas.

El estudio se materializó en 7 documentos. Los dos primeros contienen los análisis de prefactibilidad técnica, económica y social para las ciudades de Rancagua y Osorno, respectivamente. Se incluyó en estos documentos, el estudio de la oferta de biomasa de las Regiones de O’Higgins y Los Lagos, el análisis de modelos de negocio para los proyectos piloto seleccionados, el proceso de selección de proyectos piloto en ambas ciudades, las

evaluaciones de requerimientos térmicos en viviendas y edificios, el diseño conceptual de los proyectos seleccionados, y la evaluación económica y social. El tercer documento corresponde al análisis del marco normativo vigente y propuestas de perfeccionamiento, mientras que el cuarto corresponde a la revisión de los mecanismos de fomento y propuesta de nuevos instrumentos. El quinto documento entrega una revisión de las tecnologías comercialmente disponibles para la combustión de biomasa y abatimiento de gases. Finalmente, el sexto y séptimo documento arrojan una evaluación de la reducción de emisiones de material particulado y otros contaminantes gaseosos, por la implementación de proyectos de calefacción distrital con biomasa en toda la expansión urbana de las ciudades de Rancagua y Osorno, respectivamente, en comparación a la situación actual proyectada a 12 años.

En resumen, los documentos que componen la serie “Calefacción distrital con biomasa en Chile” son:

1. Evaluación de prefactibilidad técnica, económica y social de proyectos piloto en Rancagua
2. Evaluación de prefactibilidad técnica, económica y social de proyectos piloto en Osorno
3. Marco normativo vigente y propuestas de perfeccionamiento
4. Barreras de mercado e instrumentos de fomento
5. Tecnologías para la combustión de biomasa, cogeneración y abatimiento de gases
6. Evaluación del potencial de reducción de emisiones en Rancagua
7. Evaluación del potencial de reducción de emisiones en Osorno

Equipo de trabajo

Equipo ejecutor

Jefe de proyecto: Javier Soubelet, Unidad de Desarrollo Tecnológico

Desarrollo del documento:

Jorge Jiménez, Universidad de Concepción

Cristian Mardones, Universidad de Concepción

Contraparte técnica

Viviana Ávalos, División de Energías Renovables, Ministerio de Energía

Ximena Ubilla, División de Energías Renovables, Ministerio de Energía

Viviana Ubilla, Departamento de Normas, Ministerio del Medio Ambiente

Tabla de Contenidos

1	Antecedentes	1
2	Descripción de los escenarios de calefacción para los futuros proyectos inmobiliarios	3
2.1	Escenario 1.....	3
2.2	Escenario 2.....	8
3	Estimación del impacto en la calidad del aire de los nuevos proyectos inmobiliarios	10
3.1	Selección del modelo de dispersión	10
3.2	Meteorología de superficie.....	12
3.3	Dominio de la modelación	13
3.4	Receptores puntuales.....	14
3.5	Topografía y uso de suelo	16
3.6	Consideraciones de la aplicación del modelo.....	18
3.6.1	Emisiones atmosféricas de los nuevos desarrollos urbanos	18
3.6.2	Simulación de las emisiones atmosféricas de las nuevas viviendas.....	20
3.6.3	Distribución temporal de las emisiones atmosféricas	22
4	Cuantificación de beneficios directos en salud	23
4.1	Tasas de efectos en la salud	24
5	Resultados	25
5.1	Consumo de leña y emisiones de contaminantes del aire	25
5.1.1	Escenario 1	25
5.1.2	Escenario 2	27
5.2	Impacto en la calidad del aire de las emisiones de los sistemas de calefacción	29
5.2.1	Escenario 1	29
5.2.2	Escenario 2	37

5.2.3	Beneficios Directos en Salud por la Reducción de la Concentración Ambiental de Material Particulado	45
6	Conclusiones.....	48
7	Referencias bibliográficas	50
	ANEXOS.....	52
	ANEXO A: LOCALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CALEFACCIÓN DISTRITAL EN FUTUROS BARRIOS DE OSORNO	53
	ANEXO B: VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO EN EL DOMINIO DE LA MODELACIÓN.....	57
	Índice de tablas	65
	Índice de figuras	67

1 Antecedentes

La ciudad de Osorno, en la Región de Los Lagos, ha presentado problemas en la calidad del aire por material particulado tanto respirable (MP10, material particulado con diámetro aerodinámico igual o menor a 10 μm) como fino (MP2,5, material particulado con diámetro aerodinámico igual o menor a 2,5 μm), según mediciones registradas entre los años 2009 y 2012 en las estación de monitoreo de calidad del aire ubicada en la ciudad de Osorno, donde se han registrado valores por sobre la norma diaria.

Las mediciones de calidad del aire de la ciudad de Osorno, registradas en el Sistema Nacional de Calidad del Aire (SINCA), muestran que los niveles ambientales de MP10 y MP2,5 (ver figura 1.1 y 1.2) exceden los límites anuales (línea azul) y diarios (línea roja), tanto para MP10 como para los niveles ambientales de MP2,5, situación que se atribuye, principalmente, a la combustión de leña en los hogares para calefacción y/o cocción de alimentos.

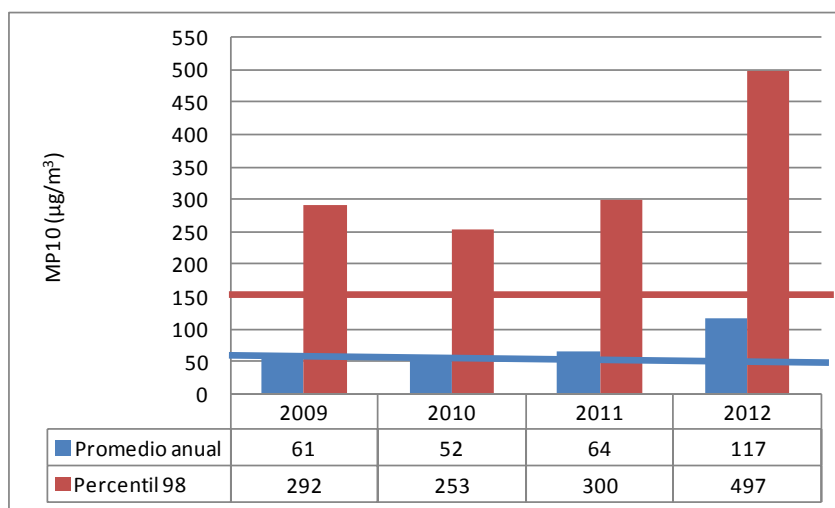


Figura 1.1: Percentil 98 de concentración 24 horas para MP10, periodo 2009-2012

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SINCA

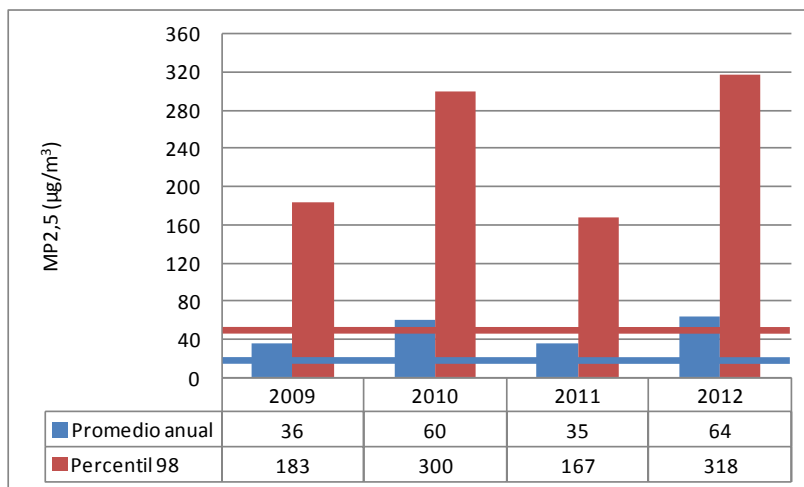


Figura 1.2: Percentil 98 de concentración 24 horas para MP2,5, periodo 2009-2012

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SINCA

Los siguientes capítulos contienen los resultados del análisis de dos escenarios de calefacción en los futuros proyectos inmobiliarios para la evaluación del impacto sobre la concentración de MP10, MP2,5 y otros contaminantes atmosféricos en la ciudad de Osorno. Los escenarios se diseñaron para estimar el efecto en la calidad del aire, en particular, en los niveles ambientales de MP10 y MP2,5, producto del crecimiento del número de viviendas de la ciudad de Osorno.

- **Escenario 1 (E1):** considera el desarrollo de los nuevos proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno utilizando sistemas de calefactores a leña convencionales, entre ellos cocinas a leña y estufas de combustión lenta con sistema de templador (actual sistema disponible en los calefactores nacionales).
- **Escenario 2 (E2):** considera el desarrollo de los nuevos proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno utilizando sistemas de calefacción distrital o comunitaria.

2 Descripción de los escenarios de calefacción para los futuros proyectos inmobiliarios

A continuación, se describen las consideraciones para el desarrollo de los escenarios de calefacción definidos para los futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno.

2.1 Escenario 1

El Escenario 1 (E1) se aplica al desarrollo de nuevos proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno. Para ello, se utilizó el Plan Regulador Comunal e información de los actuales desarrollos urbanos en Osorno. Para el análisis inicial, se consideraron los proyectos inmobiliarios levantados en el estudio. En la tabla 2.1, se indican los futuros proyectos inmobiliarios estudiados (Condominio Bellavista, Conjunto Las Palmas, junto con una proyección de nuevos desarrollos, siguiendo los patrones de superficie, número de viviendas según localización y tipo de vivienda). La localización geográfica de estos proyectos se muestra espacialmente en la figura 2.1.

Nombre proyecto	Superficie, m ²	Número viviendas
Condominio Bellavista	11.000	46
Conjunto Las Palmas	120.000	315
Conjunto Reina Luisa	58.000	245
Pila_1	90.549	382
Pila_2	82.514	349
Pila_3	85.247	360
Pila_4	60.575	256
Quem_9	8.839	37
Quem_10	12.635	53
Quem_12	13.312	56
Quem_13	22.661	95
Ove_14	37.214	157
Ove_15	27.514	116
Ove_16	34.863	147
Ove_17	20.261	86
Ove_18	32.086	136
Ove_19	47.101	199
Rah_21	38.332	162
Rah_22	38.596	163
Rah_23	28.868	122
Rah_24	36.992	156

Tabla 2.1: Proyectos inmobiliarios proyectados para la ciudad de Osorno

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.1: Futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno

Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth

Para efectos de estimar la penetración de calefactores de leña en los futuros hogares, se utilizó la información generada en la campaña de muestreo realizada en este estudio entre los meses de septiembre y octubre de 2012, donde se estimó que el 88,5% de los hogares de Osorno se calienta con equipos de combustión a leña. El consumo medio de leña por hogar, proyectado para las nuevas viviendas que utilizarían equipos de combustión a leña, sería de 4.344 kg/hogar-año de leña (base húmeda) según los datos levantados en este estudio.

Los factores de emisión de contaminantes del aire considerados para el análisis, corresponden a valores propuestos en el estudio DICTUC (2009) y se muestran en la tabla 2.2 según el rango de contenido de humedad de la leña y operación. En la tabla, se puede apreciar que las emisiones de material particulado (MP10 y MP2,5) es sensible al contenido de humedad de la leña y a la operación del equipo de combustión. Cabe señalar

que una importante proporción de los equipos de combustión a leña que se encuentran disponibles en el mercado nacional, operan mal cuando se les restringe la entrada de aire primario para la cámara de combustión, lo que conlleva a emisiones elevadas de material particulado y monóxido de carbono.

Para efectos de estimar las emisiones de los futuros proyectos, se supuso que se mantendría la proporción de cocinas a leña (56%) y que habría disponibilidad para adquirir los calefactores a leña que existen actualmente en el mercado. Adicionalmente, se consideró para este escenario, que el 60% de la leña se encuentra seca ($\%H \leq 20\%$ base húmeda), el 30% semi-húmeda ($20 < \%H \leq 30\%$ base húmeda) y el 10% húmeda ($H > 30\%$ base húmeda). Adicionalmente, el 60% de los calefactores operaría en forma inadecuada, debido a la mala utilización de la regulación del aire primario de combustión. Los factores de emisión, ponderados por el contenido de humedad de la leña, se muestran en la tabla 2.3.

	Factor de emisión cocina a leña, g/kg leña					
Rango %H leña (base húmeda)	MP10	MP2.5	CO	NOx	COV	SOx
0-20	19,2	18,6	126,3	1,3	114,5	0,2
20-30	30,9	30,1	401,0	1,3	363,5	0,2
30-40	90,1	87,6	1139,7	1,3	1033,2	0,2
Mala utilización ¹	76,0	73,9	1050,5	1,4	241,2	0,2
	Factor de emisión calefactor cámara doble, g/kg leña					
Rango %H leña (base húmeda)	MP10	MP2.5	CO	NOx	COV	SOx
0-20	8,3	8,1	115,4	1,4	26,5	0,2
20-30	13,5	13,1	366,4	1,4	84,1	0,2
30-40	39,3	38,2	1041,3	1,4	239,1	0,2
Mala utilización ¹	76,0	73,9	1050,5	1,4	241,2	0,2

¹Operación inadecuada del control de aire primario de combustión

Tabla 2.2: Factores de emisión de contaminantes del aire para las cocinas a leña y estufas de combustión lenta de doble cámara

Fuente: DICTUC (2009)

	Factor de emisión ponderado equipos de combustión de Osorno, g/kg leña					
	MP10	MP2.5	CO	NOx	COV	SOx
Promedio ponderado	33,0	32,1	464,8	1,4	210,4	0,2

Tabla 2.3: Factores de emisión de contaminantes del aire para estufas de combustión lenta de doble cámara, ponderados por el contenido de humedad de la leña y operación del calefactor

Fuente: Elaboración propia

El mayor consumo de leña en el año ocurre, principalmente, entre los meses de mayo y septiembre, aunque en todos los meses del año se registran consumos de leña, incluyendo los meses de verano, situación que se atribuye a la utilización de cocinas a leña. El uso de estas cocinas es mayor en los hogares con menores ingresos y, a medida que se incrementa el nivel de ingreso en el hogar, disminuye la utilización de cocinas de fierro, pero incrementa la utilización de equipos a combustión lenta de doble cámara para calefacción, como se observa en la tabla 2.4.

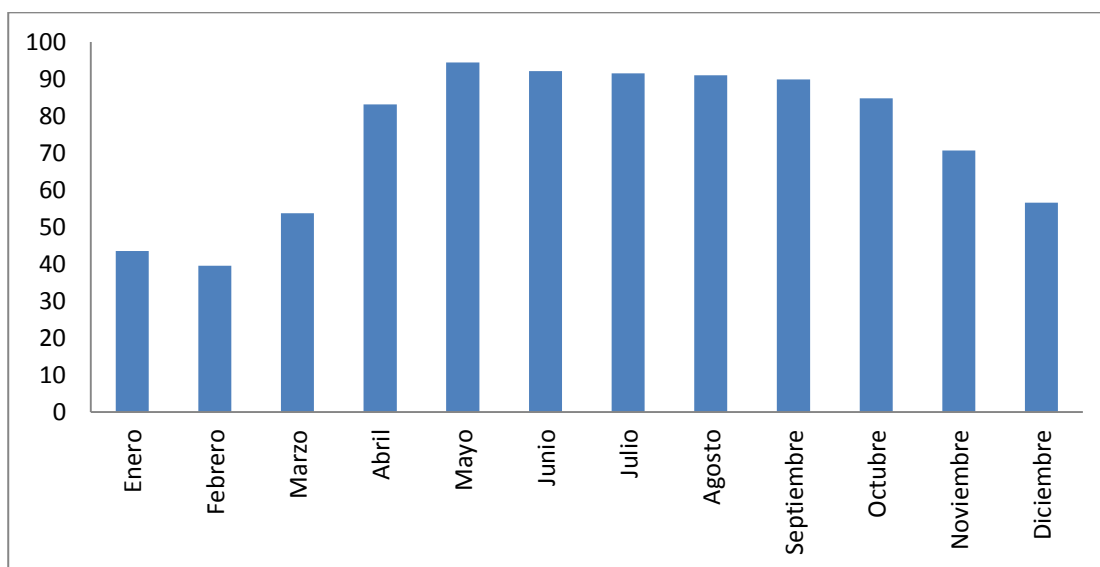


Figura 2.2.: Estacionalidad del consumo de leña en los hogares de Osorno.

Fuente: Elaboración propia

Equipo a leña	Quintil 1	Quintil 2	Quintil 3	Quintil 4	Quintil 5
Cocina de fierro	61,7%	58,8%	54,3%	45,5%	44,4%
Combustión lenta doble cámara	17,0%	25,5%	37,1%	18,2%	40,7%
Combustión lenta cámara simple	12,8%	13,7%	5,7%	36,4%	11,1%
Salamandra	4,3%	1,0%	0,0%	0,0%	3,7%
Horno de barro	0,0%	0,0%	2,9%	0,0%	0,0%
Otro	4,3%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabla 2.4: Proporción de equipos a leña según quintil de ingreso

Fuente: Elaboración propia

2.2 Escenario 2

El Escenario 2 (E2) considera la incorporación de sistemas de calefacción distrital para el desarrollo de los nuevos proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno. Para ello, se tomaron las evaluaciones de los proyectos piloto residenciales en Osorno, que corresponden al Conjunto Las Palmas, al Conjunto Reina Luisa y al Condominio Bellavista, se consideraron los requerimientos de energía para calefacción, los consumos de biomasa y las características tecnológicas de las calderas de los sistemas de calefacción distrital propuestos para estos proyectos evaluados. Para más detalles de la localización de los proyectos de calefacción distrital en los futuros barrios de Osorno, referirse al Anexo A.

El escenario de consumo de calefacción distrital para los hogares estudiados, considera los requerimientos térmicos y de potencia para mantener una temperatura de 21°C entre las 12:00 y las 23:00 hrs y de 15°C el resto del día.

Para calcular las emisiones de sustancias contaminantes del aire, se utilizaron factores de emisión del AP42 de la US EPA (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU). Para ello, se seleccionó el tipo de tecnología del calentador/caldera, el tipo de combustible y el nivel de actividad de la fuente y los sistemas de abatimiento, si éste aplica, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100) \quad \text{Eq. 1}$$

Donde:

E = Emisión total

A = Nivel de actividad de la fuente

EF = Factor de emisión de la fuente

ER =Eficiencia de los sistemas de control de emisiones, %.

Estos factores corresponden a procesos de combustión controlada de biomasa en calderas industriales y se detallan a continuación.

	(g/ MMBtu)					
Contaminante	MP10	MP2,5	NOx	SO ₂	COV	CO
Factor de Emisión para Biomasa seca	160	140	220	10	10	270

Tabla 2.5: Factores de emisión de contaminantes del aire para las calderas de biomasa para los sistemas de calefacción distrital

Fuente: US EPA AP-42 1.6 Open Combustion, Wood Residue Combustion in Boilers

Para el caso del control de emisiones de material particulado, se consideró la incorporación de un sistema de abatimiento de material particulado con una eficiencia de un 90%. Además, se consideró una condición donde la biomasa utilizada en los sistemas de calefacción distrital se encontraría seca (contenido de humedad <25% base seca). Por lo tanto, se ajustaron los factores de emisión de MP10 y MP2,5 a 8 g/MMBtu y 7 g/MMbtu, respectivamente.

3 Estimación del impacto en la calidad del aire de los nuevos proyectos inmobiliarios

Para efectos de evaluar el potencial impacto en la calidad del aire que tendrían los futuros desarrollos inmobiliarios en la ciudad de Osorno, en particular para el material particulado (MP10 y MP2,5), se utilizó la herramienta de modelación de calidad del aire CALMET-CALPUFF, la que también se utilizó para evaluar la relación que existe entre los niveles de emisión de sustancias contaminantes emitidos por los nuevos hogares y el aporte a los niveles de concentración observados en la ciudad de Osorno. El uso del modelo permitirá considerar la variable espacial y temporal del impacto de las emisiones de los nuevos conjuntos habitacionales y evaluar los efectos de emisiones de los distintos escenarios considerados para el estudio.

3.1 Selección del modelo de dispersión

El sistema de modelación CALMET-CALPUFF es un modelo de calidad del aire reconocido por la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (US EPA) y es utilizado con fines regulatorios para evaluar el impacto de emisiones atmosféricas bajo condiciones de topografía y meteorología compleja. La utilización de este sistema de modelación involucrará el procesamiento de información meteorológica y topográfica utilizando los siguientes modelos y programas:

CALMET: Consiste en el modelo meteorológico que procesa la información disponible en observaciones de superficie, altura y/o datos de modelos meteorológicos tridimensionales (MM5 por ejemplo). CALMET genera los campos tridimensionales de vientos y temperaturas, al igual que campos bidimensionales de estabilidad atmosférica y altura de capa de mezcla, utilizando la topografía, uso de suelo y meteorología local.

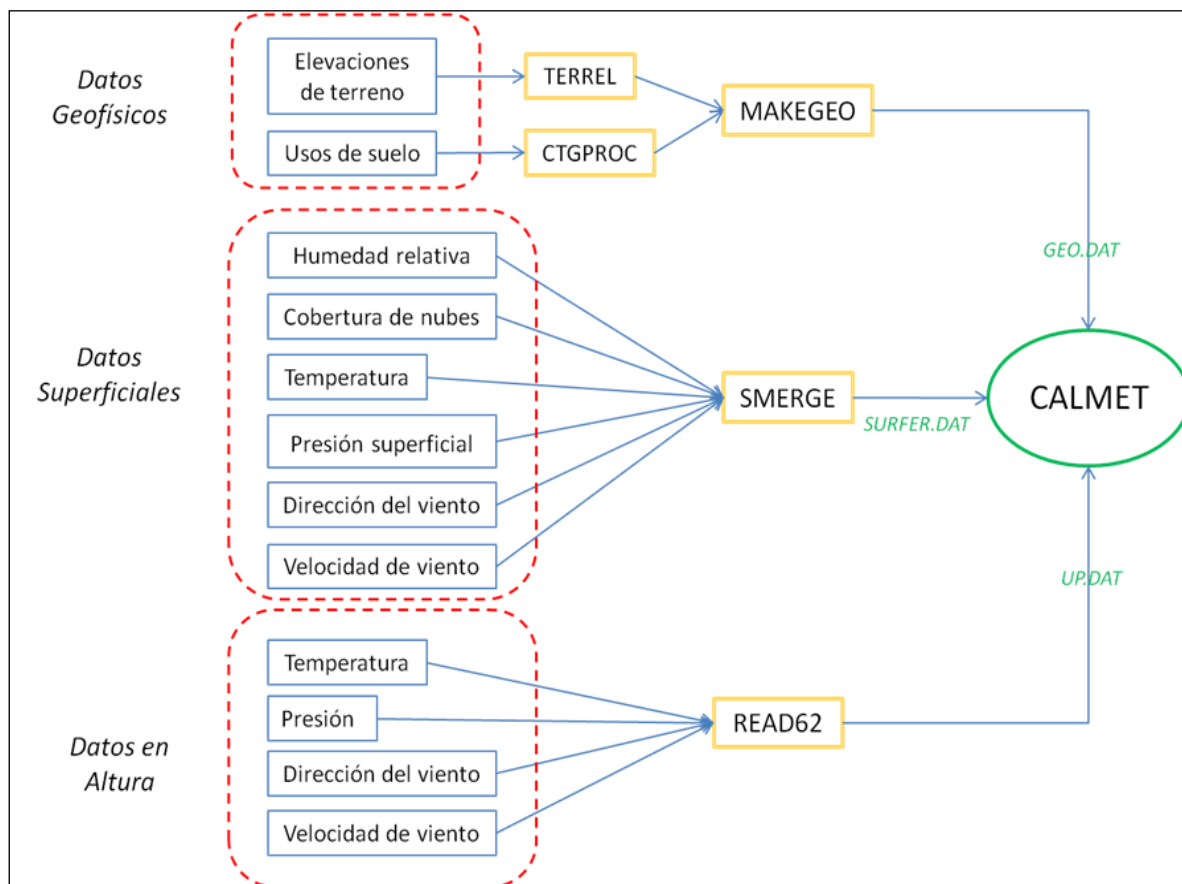


Figura 3.1: Esquema de los datos requeridos por el modelo CALMET y los subprogramas de procesamiento de información

Fuente: Elaboración propia

CALPUFF: Consiste en un modelo Lagrangiano de dispersión de tipo puff, que permite simular el transporte advectivo y difusivo de una sustancia de interés, para predecir el impacto en la concentración ambiental de esta sustancia (por ejemplo MP10), este modelo requiere de la información meteorológica generada por el modelo CALMET.

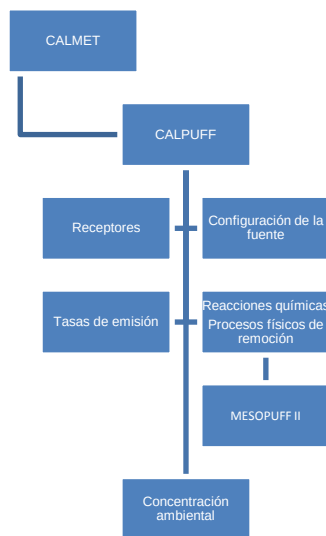


Figura 3.2: Esquema de los datos requeridos por el modelo CALPUFF

Fuente: Elaboración propia

3.2 Meteorología de superficie

La información meteorológica para el área de estudio considera los registros de vientos, temperatura, y presión registrados en el año 2009 en la estación meteorológica ubicada en la estación de monitoreo de calidad del aire de Osorno. La tabla muestra las variables meteorológicas registradas en la estación y que se utilizó para el análisis.

Estación	Propietario	Este ¹ (m)	Norte ¹ (m)	Altura (m.s.n.m.)	Vel. Viento	Dir. viento	Temp	Hum. Rel.
Osorno	Ministerio de Medio Ambiente	659.218	5.505.664	52	X	X	X	X

¹Datum WGS84 y el huso 18

Tabla 3.1: Variables meteorológicas registradas en la estación de calidad del aire ubicada en la ciudad de Osorno

Fuente: SINCA, Ministerio del Medio Ambiente

Las magnitudes y frecuencia de la dirección de los vientos registrados en la ciudad de Osorno durante el año 2009 se muestran gráficamente en las rozas de vientos del Anexo B.

Para la meteorología de altura, se utilizó las predicciones del modelo meteorológico WRF (Weather Research and Forecasting Model). WRF es uno de los modelos meteorológicos de pronóstico más avanzados y completos, y es mantenido por NCAR9/NOAA10 de Estados Unidos.

3.3 Dominio de la modelación

El dominio seleccionado para la modelación cubre un área de 20 x 20 km con su origen (vértice inferior izquierdo) en las coordenadas UTM 647,755 km E y 5.498,478 km N. Este dominio cubre por completo la comuna de Osorno. La resolución de la grilla para simular la concentración ambiental fue de 200 m (ver figura 3.3).

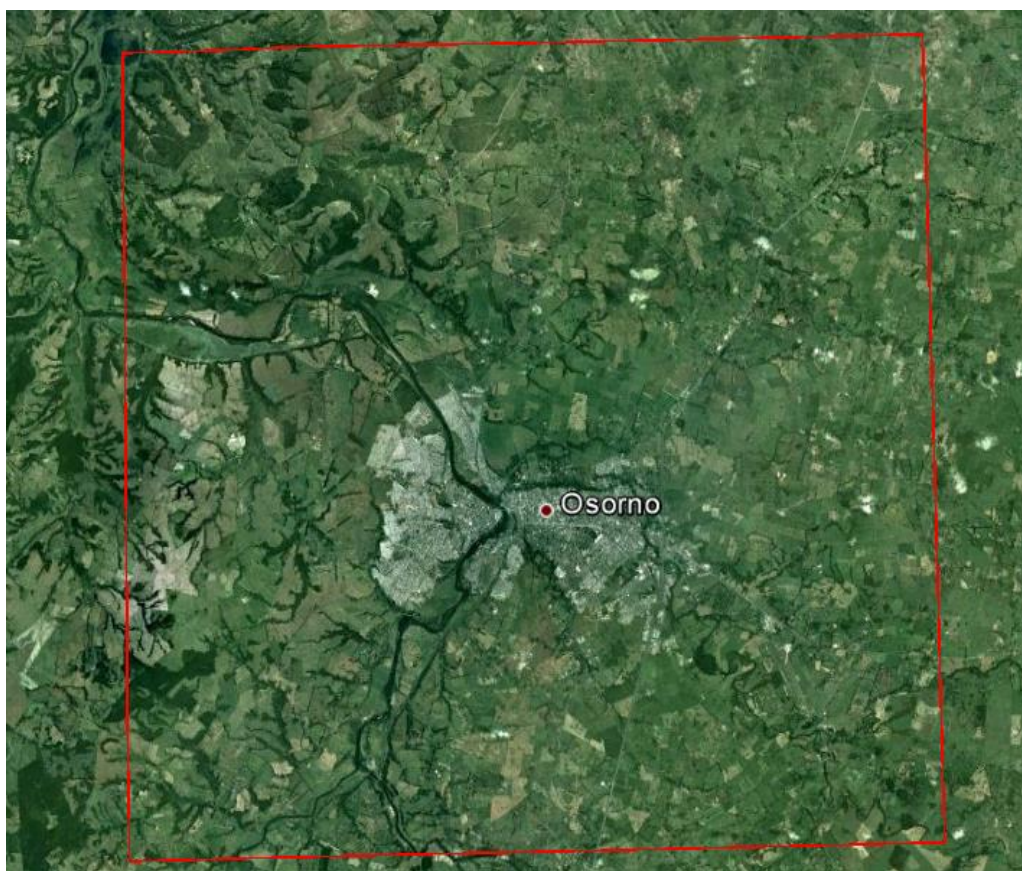


Figura 3.3: Dominio de la para el modelo CALMET- CALPUFF

Fuente: Elaboración propia en base a imagen de Google Earth

Para efectos del procesamiento de la información meteorológica recopilada para la modelación con CALMET- CALPUFF, se consideraron 9 niveles entre los 0 y 2.560 m de altura, como se muestra en la tabla 3.2.

Nivel	Altura (m)
1	0
2	20
3	40
4	80
5	160
6	320
7	640
8	1.280
9	2.560

Tabla 3.2: Niveles considerados para la modelación con CALMET

Fuente: Elaboración propia

3.4 Receptores puntuales

Para efectos de evaluar el impacto en las concentraciones ambientales de material particulado y otros contaminantes, se consideraron 21 receptores puntuales localizados dentro del radio urbano de la ciudad de Osorno (ver tabla 3.3), entre los cuales se encuentra la actual estación de monitoreo de calidad del aire de la ciudad (receptor N° 21). La distribución espacial de los receptores en la ciudad de Osorno se muestra en la figura 3.4.

Receptor No	¹ UTME (m)	¹ UTM N (m)	Altitud (m.s.n.m.)	Observación
1	654.978	5.509.294	60	
2	654.466	5.508.413	73	
3	654.884	5.507.282	73	
4	654.902	5.506.356	76	
5	654.658	5.505.326	75	
6	655.765	5.505.686	64	
7	655.742	5.506.630	63	
8	655.494	5.507.548	56	
9	655.529	5.508.306	64	
10	656.030	5.509.109	21	
11	656.574	5.507.774	21	
12	656.615	5.506.632	20	
13	657.259	5.505.665	58	
14	656.337	5.505.230	26	
15	657.548	5.507.110	31	
16	658.242	5.506.188	46	
17	659.030	5.505.142	64	
18	659.429	5.507.165	34	
19	659.994	5.506.726	40	
20	660.497	5.504.951	58	
21-Est	659.218	5.505.664	52	Actual ubicación de la estación de monitoreo de calidad del aire

¹Datum WGS84 y el huso 18

Tabla 3.3: Receptores puntuales considerados para la modelación con CALMET – CALPUFF

Fuente: Elaboración propia

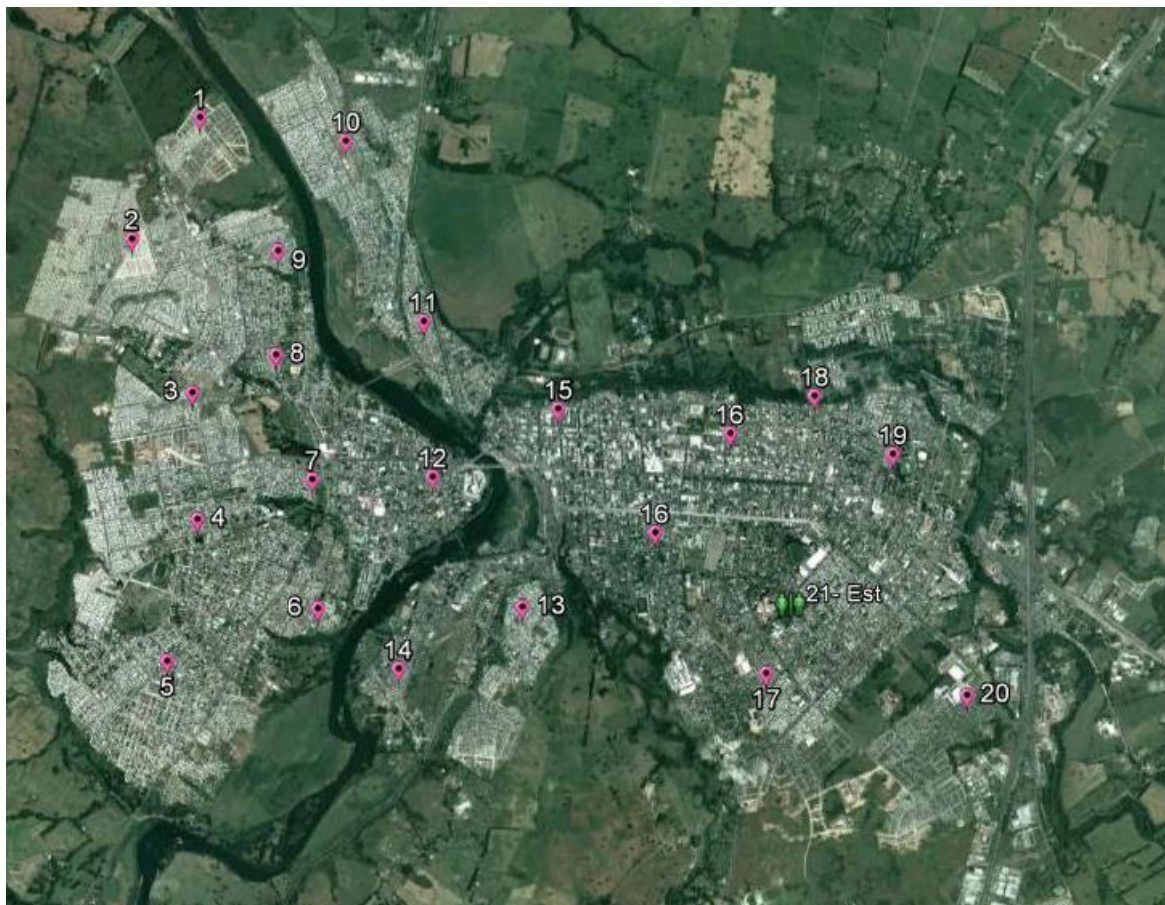


Figura 3.4: Receptores puntuales seleccionado para la modelación con CALMET – CALPUFF en Osorno

Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

3.5 Topografía y uso de suelo

La topografía considerada para la modelación con el sistema CALMET-CALPUFF, utilizó información de elevación de la base de datos internacional de SRTM3 (Shuttle radar Topo Mission) con una resolución de 90 metros. El detalle de la topografía del área de estudio se muestra en las figuras 3.5 y 3.6. Como se puede apreciar, se consideró el dominio de modelación en una superficie mayor que el de la zona urbana de Osorno.

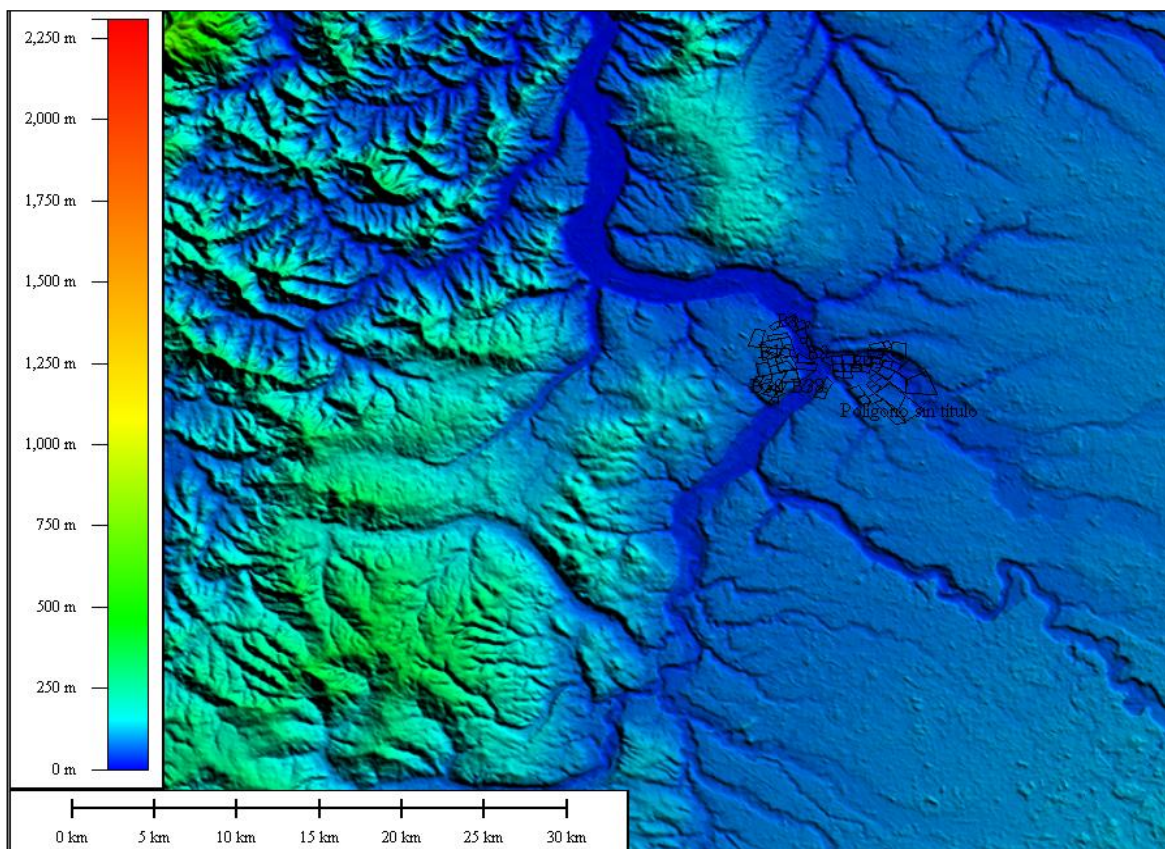


Figura 3.5: Detalle de la topografía para el área de estudio en la ciudad de Osorno

Fuente: Elaboración propia

Las características del uso de suelo consideradas en la modelación fueron obtenidas de la base de datos internacional de la U.S. Geological Survey (USGS).

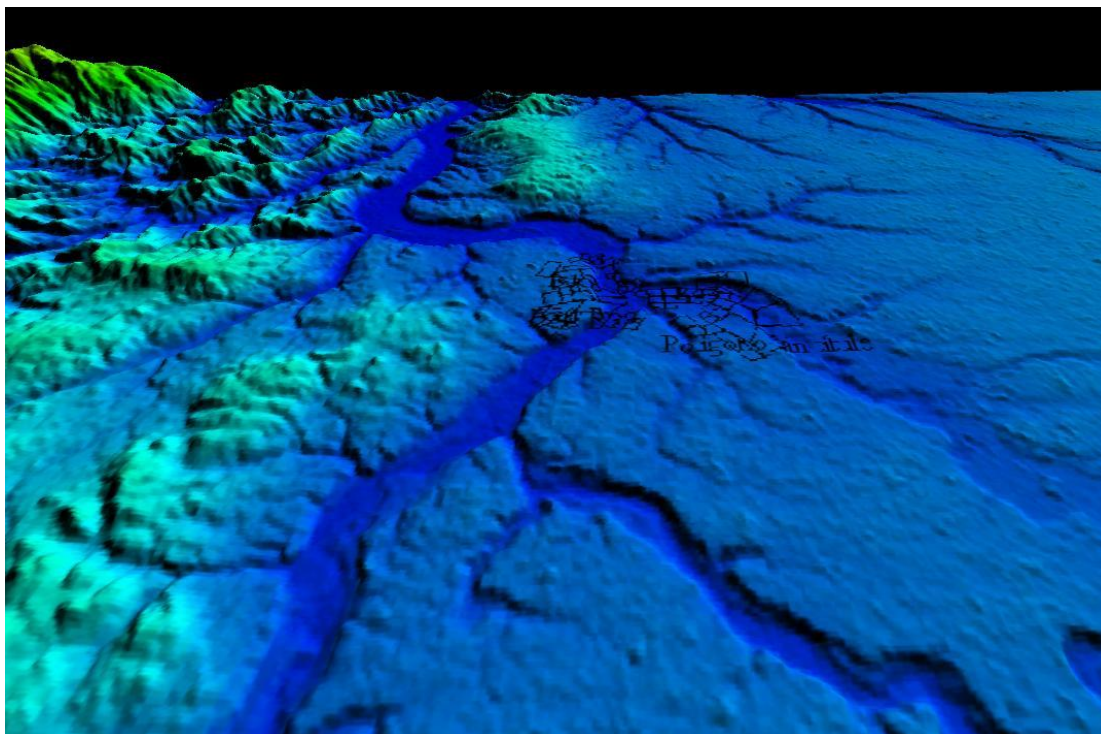


Figura 3.6: Topografía tridimensional para el área de estudio en para la ciudad de Osorno

Fuente: Elaboración propia

3.6 Consideraciones de la aplicación del modelo

Para la modelación de la concentración ambiental de MP10, MP2.5 y otros contaminantes en la ciudad de Osorno, se consideró sólo las emisiones atmosféricas de futuros proyectos inmobiliarios bajo los dos escenarios de calefacción considerados para el análisis.

3.6.1 Emisiones atmosféricas de los nuevos desarrollos urbanos

La estimación del aporte de material particulado a las concentraciones ambientales observada en los receptores de interés, distribuidos dentro de la ciudad de Osorno, consideró el aporte de futuros desarrollos inmobiliarios para la ciudad. Éstas se encentrarían ubicados en las zonas de desarrollo habitacional de la ciudad. Uno de los

aspectos importantes a destacar es que estos proyectos inmobiliarios se estarían localizando principalmente en las zonas periféricas de la ciudad, en zonas con uso de suelo en las categorías H.1, H.1A, H2 y H3 definidas en el Plano Regulador de la Comuna de Osorno (ver figuras 3.7 y 3.8). Por lo tanto, existe espacio para el desarrollo de más proyectos inmobiliarios en estas zonas de la ciudad.

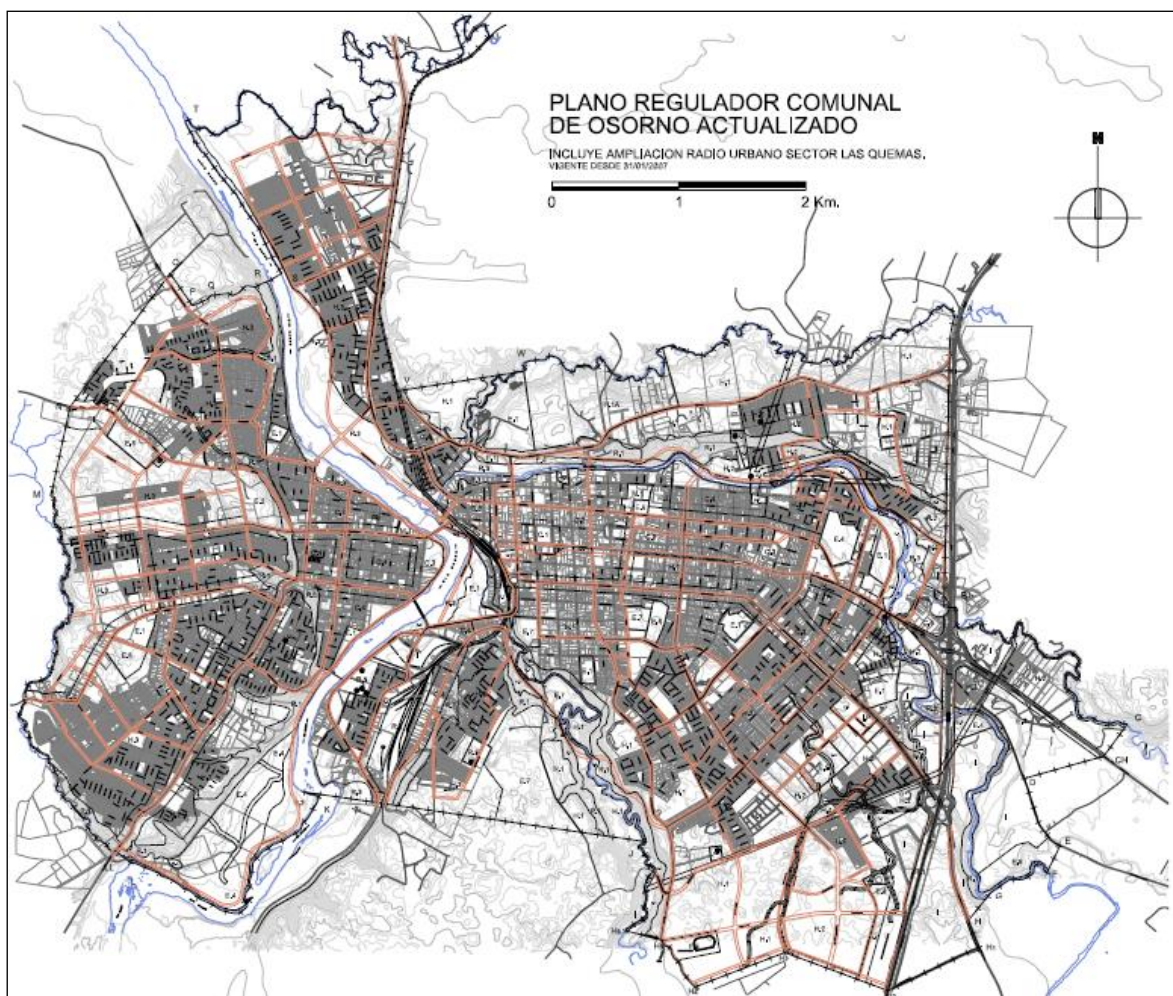


Figura 3.7: Plano Regulador para la Comuna de Osorno, Región de los Lagos

Fuente: Ilustre Municipalidad de Osorno

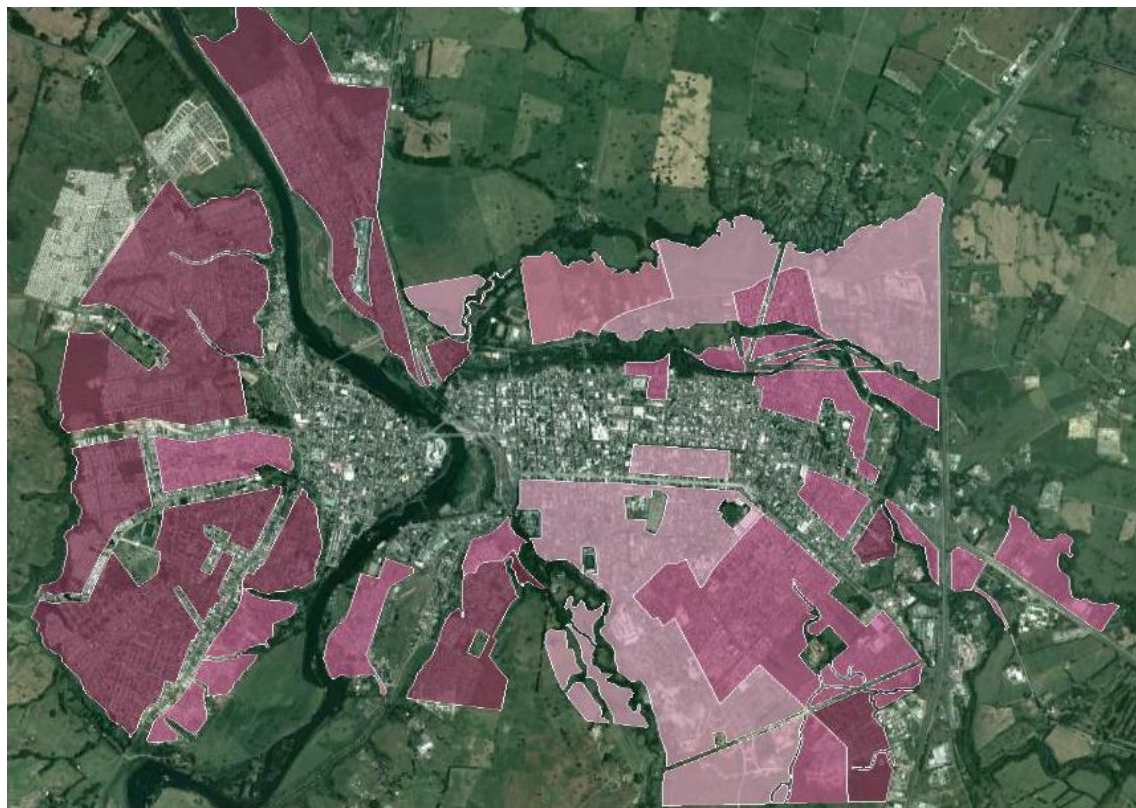


Figura 3.8: Zonas definidas como zonas para desarrollo de proyectos residenciales H1, H1A, H2 y H3 en el Plano Regulador para la Comuna de Osorno

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Ilustre Municipalidad de Osorno

Considerando las zonas establecidas para el desarrollo de nuevos proyectos habitacionales, se podría esperar que se sigan desarrollando proyectos inmobiliarios en los siguientes años. Esto aumentaría el número de viviendas y, dadas las actuales tasas de penetración de equipos a combustión a leña (88,5%) y los elevados consumos de leña, aumentarían las emisiones de material particulado y otros contaminantes del aire.

3.6.2 Simulación de las emisiones atmosféricas de las nuevas viviendas

Para efectos de simulación y distribución de las emisiones de MP y otros contaminantes debido a la combustión de leña para calefacción y cocina en las futuras viviendas para la ciudad de Osorno, las emisiones atmosféricas se distribuyeron como una fuente de área. Para el caso de la simulación de las emisiones atmosféricas de los proyectos de calefacción

distrital evaluados en el escenario 2, se consideraron estas emisiones como fuentes puntuales (emisión desde una chimenea).

En el análisis, se evaluaron las concentraciones ambientales de los siguientes contaminantes:

- MP10 (Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$)
- MP2,5 (Material Particulado con diámetro aerodinámico $\leq 2,5 \mu\text{m}$)
- CO (Monóxido de carbono)
- COV (Compuestos orgánicos volátiles)

Se consideraron los contaminantes MP10, MP2,5 y CO porque tienen efectos negativos en la salud de las personas y las concentraciones ambientales de estas sustancias están actualmente reguladas por las normas primarias de calidad del aire de nuestro país, como se indica en la tabla 3.4. Para el caso de los COV, éstos se consideraron en el análisis debido a que algunos de estos compuestos son irritantes y también precursores de la formación de material particulado fino en la atmósfera (material particulado secundario) a través de procesos físico - químicos.

Contaminante	Límite	Periodo de evaluación	Forma de verificación	Norma
Material particulado respirable (MP10)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Promedio aritmético de 24 horas	Percentil 98 de valores de un año de monitoreo.	D.S. N° 59/1998 de Minseggres
	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Promedio aritmético anual	Promedio aritmético de 3 años consecutivos.	
Material particulado fino (MP2,5)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Promedio aritmético de 24 hrs.	Percentil 98 de valores de un año de monitoreo.	D.S. N° 12/2011 de Ministerio Medio Ambiente
	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Concentraciones anuales	Promedio aritmético de 3 años consecutivos.	
Monóxido de Carbono (CO)	30 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ (26 ppmv)	Media aritmética horaria	Promedio de tres años del percentil 99 de los máximos diarios de una hora.	D.S. N° 115/ 2002 de Minseggres
	10 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ (9 ppmv)	Media aritmética 8 horas	Promedio de tres años del percentil 99 de los máximos promedios de ocho horas.	

Tabla 3.4: Norma Primaria de Calidad del Aire para MP10, MP2.5 y CO

Fuente: Elaboración propia en base a LeyChile.cl

3.6.3 Distribución temporal de las emisiones atmosféricas

Para efectos de la modelación, se consideró la variación estacional y horaria de las emisiones de material particulado y otros contaminantes, considerando la información recopilada en el levantamiento de terreno realizado en Osorno entre septiembre y octubre de 2012. La distribución estacional del consumo de leña en los hogares se muestra en la figura 2.2, mientras que la intensidad horaria del uso de los artefactos a combustión durante el periodo de invierno se muestra en la figura 3.9.

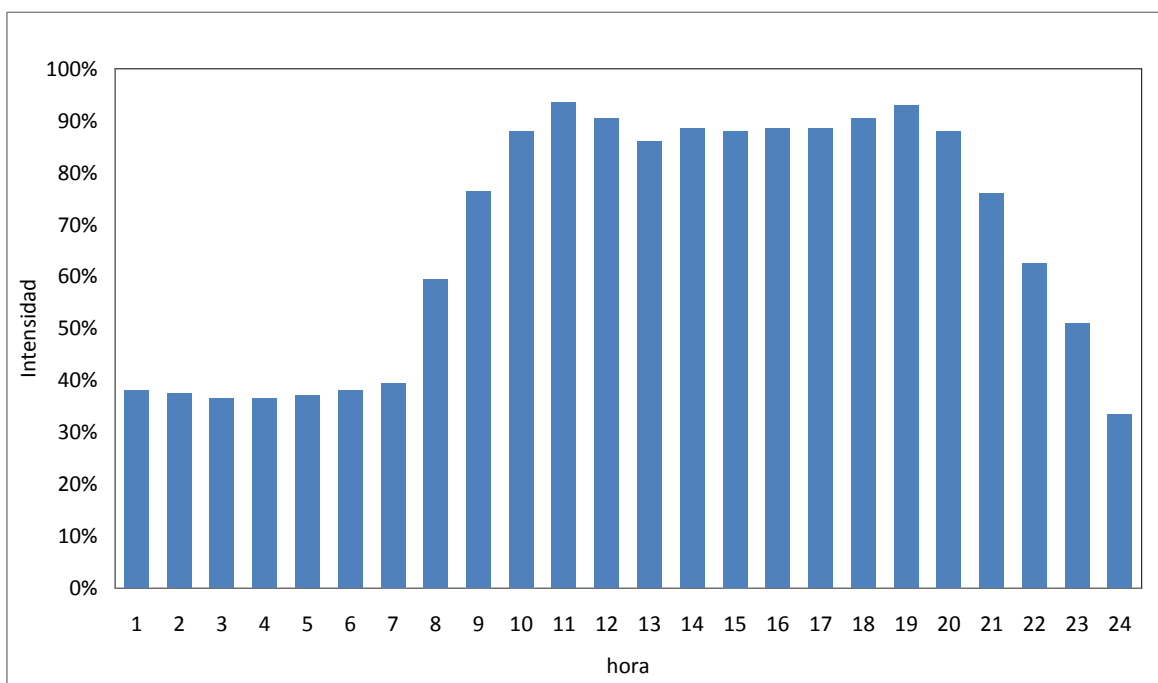


Figura 3.9: intensidad del uso de los artefactos a combustión durante el día durante el invierno

Fuente: Elaboración propia

4 Cuantificación de beneficios directos en salud

Los beneficios sobre la salud de una reducción en la contaminación por material particulado respirable, provienen de una menor probabilidad de mortalidad y menor incidencia de enfermedades de la población afectada. Para la valoración de los beneficios en las enfermedades que afectan la salud, se utilizan los valores reportados en el estudio “Estimación de Beneficios Sociales en Salud Anteproyecto de Revisión de las Normas de Calidad Primaria de Aire Contenidas en la Res N°1215/78 del Ministerio de Salud MINSAL” de Moreira (2000), que a su vez son extraídos de diversos estudios como Cifuentes y Ojeda (1998), Holtz (2000) y Eixhauser (1993). Para la valoración de beneficios de una muerte prematura evitada por la exposición a contaminación extramuros, generada por las concentraciones de material particulado respirable (MP10), se utiliza el valor medio de beneficios del “AGIES de la norma de calidad del aire por MP2.5” (valor medio por vida estadística entre escenario alto de 38.700 UF y bajo de 10.500UF); todo lo anterior se presenta en la siguiente tabla.

Ítem	Valor Unitario MM\$ actualizado a 2012
Mortalidad Prematura	254,83
Adm Hosp. Respiratoria	0,48
Adm Hosp. Cardiovascular	0,10
Adm. Hosp. Asma	0,003

Tabla 4.1: Valores unitarios utilizados en la valoración monetaria

Fuente: Citados en Moreira (2000) y AGIES de MP2,5

La población expuesta considerada, corresponde a los habitantes de la comuna de Osorno, que, según proyecciones del INE, corresponden a 185.994 personas para el año 2012, con una tasa de crecimiento promedio de largo plazo de 0,02%.

La relación Concentración-Respuesta es la función que permite asociar cuantitativamente la concentración de un contaminante atmosférico con la incidencia de un determinado efecto en la salud de la población. Por lo general, las funciones Concentración-Respuesta (C-R) son el resultado de estudios epidemiológicos, cuyo análisis proporciona el valor de la pendiente de la curva C-R, o el riesgo relativo para una variación de la concentración del contaminante. En términos simples, la interpretación del coeficiente C-R es la siguiente: a

mayor coeficiente C-R, mayor es la incidencia sobre la mortalidad prematura o enfermedades en la población expuesta a la contaminación.

Ítem	Coeficiente C-R	Desv. Estándar
Mortalidad Prematura	0,00620 ¹	0,00240
Adm. Hosp. Respiratoria	0,00307	0,00081
Adm. Hosp. Cardiovascular	0,00140	0,00034
Adm. Hosp. Asma	0.00332	0.00105

¹UTILIZADAS POR EL MMA DE DIVERSOS ESTUDIOS INTERNACIONALES

Tabla 4.2: Coeficientes de funciones Concentración-Respuesta

4.1 Tasas de efectos en la salud

La tasa de efectos base de salud proyectados en Osorno son extraídos de Moreira (2000), autora que utiliza tasas base nacionales cuando existe disponibilidad de datos, pero cuando no existen datos locales, utiliza datos de EE.UU., tanto de la EPA como de estudios originales. Las tasas bases en salud indican el número promedio de casos por muertes o enfermedades por día cada 100.000 habitantes, que ocurren por situaciones no atribuibles a la contaminación.

Ítem	Efectos Base/día por 100000 p
Mortalidad Prematura	1,2300
Adm. Hosp. Respiratoria	2,0800
Adm. Hosp. Cardiovascular	0,6008
Adm. Hosp. Asma	0,0368

Tabla 4.3: Tasa de efectos base

Fuente: Moreira (2000)

Los efectos base de salud (número de personas por cada 100 mil habitantes) proyectados en Osorno, se evaluaron desde el año 2014, cuando entra en operación el escenario base (escenario 1) y el escenario alternativo, hasta el año 2025; es decir, la evaluación de los beneficios se realizó en un horizonte de doce años.

¹ Extraído de Pope et al. (2004).

5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de los consumos de leña y tasas de emisión de los contaminantes del aire para cada uno de los escenarios de calefacción de los futuros proyectos habitacionales evaluados para la ciudad de Osorno.

5.1 Consumo de leña y emisiones de contaminantes del aire

5.1.1 Escenario 1

Los resultados de las emisiones atmosféricas proyectadas para los futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno, considerando la actual tasa de penetración de calefactores a leña en los hogares y la actual proporción de equipos convencionales de combustión a leña se muestran en la tabla 5.1. Se estimó que, para el desarrollo de los futuros 21 proyectos inmobiliarios considerados para el análisis, se estaría consumiendo una cantidad adicional de 13.382 ton/año de leña para calefacción y cocina de las nuevas viviendas. Como consecuencia de la combustión de esta leña en equipos convencionales, se emitirían un total de 461,9 ton MP10/año, 449,1 ton MP2,5/año y 6.499,8 ton CO/año. Cabe recordar que, actualmente, la ciudad de Osorno se encuentra con graves problemas de calidad del aire debido a los elevados niveles ambientales de material particulado tanto de la fracción respirable (MP10), como de la fracción fina (MP2,5).

Nombre proyecto	Número viviendas	(ton/año)						
		Consumo de leña	MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SOx
Condominio Bellavista	46	176,8	5,8	5,7	82,2	0,2	37,2	0,0
Conjunto Las Palmas	315	1.211,0	40,0	38,9	562,9	1,6	254,8	0,2
Conjunto Reina Luisa	245	941,9	31,1	30,2	437,8	1,3	198,2	0,2
Pila_1	382	1.470,5	48,6	47,2	683,5	2,0	309,4	0,3
Pila_2	349	1.340,0	44,3	43,0	622,9	1,8	281,9	0,3
Pila_3	360	1.384,4	45,7	44,5	643,5	1,9	291,2	0,3
Pila_4	256	983,7	32,5	31,6	457,3	1,3	207,0	0,2
Quem_9	37	142,1	4,7	4,6	66,1	0,2	29,9	0,0
Quem_10	53	203,1	6,7	6,5	94,4	0,3	42,7	0,0
Quem_12	56	214,0	7,1	6,9	99,5	0,3	45,0	0,0
Quem_13	95	364,3	12,0	11,7	169,3	0,5	76,6	0,1
Ove_14	157	604,3	20,0	19,4	280,9	0,8	127,1	0,1
Ove_15	116	446,8	14,8	14,3	207,7	0,6	94,0	0,1
Ove_16	147	566,2	18,7	18,2	263,2	0,8	119,1	0,1
Ove_17	86	329,0	10,9	10,6	152,9	0,4	69,2	0,1
Ove_18	136	521,1	17,2	16,7	242,2	0,7	109,6	0,1
Ove_19	199	764,9	25,3	24,6	355,6	1,0	160,9	0,2
Rah_21	162	622,5	20,6	20,0	289,4	0,8	131,0	0,1
Rah_22	163	626,8	20,7	20,1	291,4	0,8	131,9	0,1
Rah_23	122	468,8	15,5	15,1	217,9	0,6	98,6	0,1
Rah_24	156	600,7	19,8	19,3	279,2	0,8	126,4	0,1
Total	3.637	13.382,2	461,9	449,1	6.499,8	19,0	2.941,8	2,8

Tabla 5.1: Emisiones atmosféricas proyectadas para los futuros proyectos inmobiliarios bajo Escenario 1 de calefacción en los hogares

Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que si continúan desarrollándose proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno y no existiera una intervención mayor, seguirían aumentando las tasas de emisión de contaminantes del aire, entre ellos el material particulado respirable (MP10) y el fino (MP2,5).

5.1.2 Escenario 2

Los resultados de las emisiones atmosféricas proyectadas para los futuros desarrollos urbanos, considerando ahora la introducción de sistemas comunitarios de calefacción (calefacción distrital), se muestran en la tabla 5.2. Se estimó que, con la introducción de sistemas de calefacción distrital en los futuros proyectos inmobiliarios evaluados, se estaría consumiendo 13.531 ton/año de biomasa para calefacción y agua caliente de las viviendas. Se estimó que las emisiones de las calderas de biomasa con sistemas de filtro de partículas y con una eficiencia de 90% emitirían en total 3,1 ton MP10/año y 2,6 ton MP2,5/año. Esto considera una reducción del 99,5% y 99,4% de emisiones de material particulado respirable (MP10) y fino (MP2,5) al distribuir calor mediante un sistema centralizado y controlado de combustión.

Las emisiones de MP y otro contaminantes podrían aumentar dependiendo de la tasa de operación de los sistemas de calefacción (horas de operación). También podrían variar las emisiones de material particulado y otros contaminantes dependiendo de la calidad del combustible (poder calorífico y humedad), o de la configuración del sistema de control de partículas a implementar para tratar los gases de la caldera principal. Además, estas estimaciones no consideran los procesos de encendido y apagado de la caldera de biomasa.

Nombre proyecto	Número viviendas	(ton/año)						
		Consumo de biomasa	MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SO ₂
Condominio Bellavista	46	203,9	0,1	0,1	0,8	0,6	0,1	0,1
Conjunto Las Palmas	315	1.249,8	0,3	0,2	4,7	3,9	0,1	0,2
Conjunto Reina Luisa	245	798,3	0,2	0,2	3,0	2,5	0,1	0,1
Pila_1	382	1.416,6	0,3	0,3	5,4	4,4	0,2	0,2
Pila_2	349	1.291,4	0,3	0,3	4,9	4,0	0,1	0,2
Pila_3	360	1.334,0	0,3	0,3	5,0	4,1	0,1	0,2
Pila_4	256	949,4	0,2	0,2	3,6	2,9	0,1	0,1
Quem_9	37	141,6	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0	0,0
Quem_10	53	200,2	0,0	0,0	0,8	0,6	0,0	0,0
Quem_12	56	210,7	0,0	0,0	0,8	0,7	0,0	0,0
Quem_13	95	354,9	0,1	0,1	1,3	1,1	0,0	0,1
Ove_14	157	585,3	0,1	0,1	2,2	1,8	0,1	0,1
Ove_15	116	434,1	0,1	0,1	1,6	1,3	0,0	0,1
Ove_16	147	548,7	0,1	0,1	2,1	1,7	0,1	0,1
Ove_17	86	321,0	0,1	0,1	1,2	1,0	0,0	0,1
Ove_18	136	505,4	0,1	0,1	1,9	1,6	0,1	0,1
Ove_19	199	739,4	0,2	0,1	2,8	2,3	0,1	0,1
Rah_21	162	602,7	0,1	0,1	2,3	1,9	0,1	0,1
Rah_22	163	606,8	0,1	0,1	2,3	1,9	0,1	0,1
Rah_23	122	455,2	0,1	0,1	1,7	1,4	0,0	0,1
Rah_24	156	581,8	0,1	0,1	2,2	1,8	0,1	0,1
Total	3.637	13.531,4	3,1	2,6	51,2	41,8	1,5	2,1

Tabla 5.2: Emisiones atmosféricas proyectadas para los futuros proyectos inmobiliarios bajo Escenario 2

Fuente: Elaboración propia

5.2 Impacto en la calidad del aire de las emisiones de los sistemas de calefacción

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de los impactos en la calidad del aire de las emisiones de los dos escenarios de calefacción considerados para los futuros proyectos inmobiliarios.

5.2.1 Escenario 1

La distribución espacial de las emisiones atmosféricas en el dominio del modelo, se muestra en la figura 5.1. Los polígonos representan las fuentes de emisiones de contaminantes del aire para los nuevos proyectos habitacionales en el modelo de dispersión. El detalle de la distribución de las emisiones atmosféricas se presenta en la tabla 5.3. Cabe recordar que esas emisiones corresponden a la distribución de la suma de todas las emisiones de los calefactores a leña de los hogares, por unidad de superficie del proyecto inmobiliario representando una fuente de área.

Los resultados del aporte de las emisiones de material particulado y otros contaminantes generados por combustión residencial de leña de los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 1 se presentan a continuación. Esto corresponde al aporte a los niveles ambientales en los receptores seleccionados dentro de la comuna de Osorno (incluye la ubicación de la actual estación de monitoreo de calidad del aire de la ciudad, receptor 21). Las tablas 5.4 y 5.5 muestran el aporte promedio anual y máximo promedio de 24 horas en los distintos receptores para los contaminantes MP10, MP2,5, CO y COV.

Como se puede apreciar, existe un aporte de contaminación significativo por concepto de introducción de calefactores convencionales a leña en los futuros desarrollos urbanos de la ciudad. El aporte varía según el receptor, dependiendo de la ubicación y distancia de éstos en relación los futuros proyectos inmobiliarios que se proyectaron como referencia para la ciudad de Osorno.

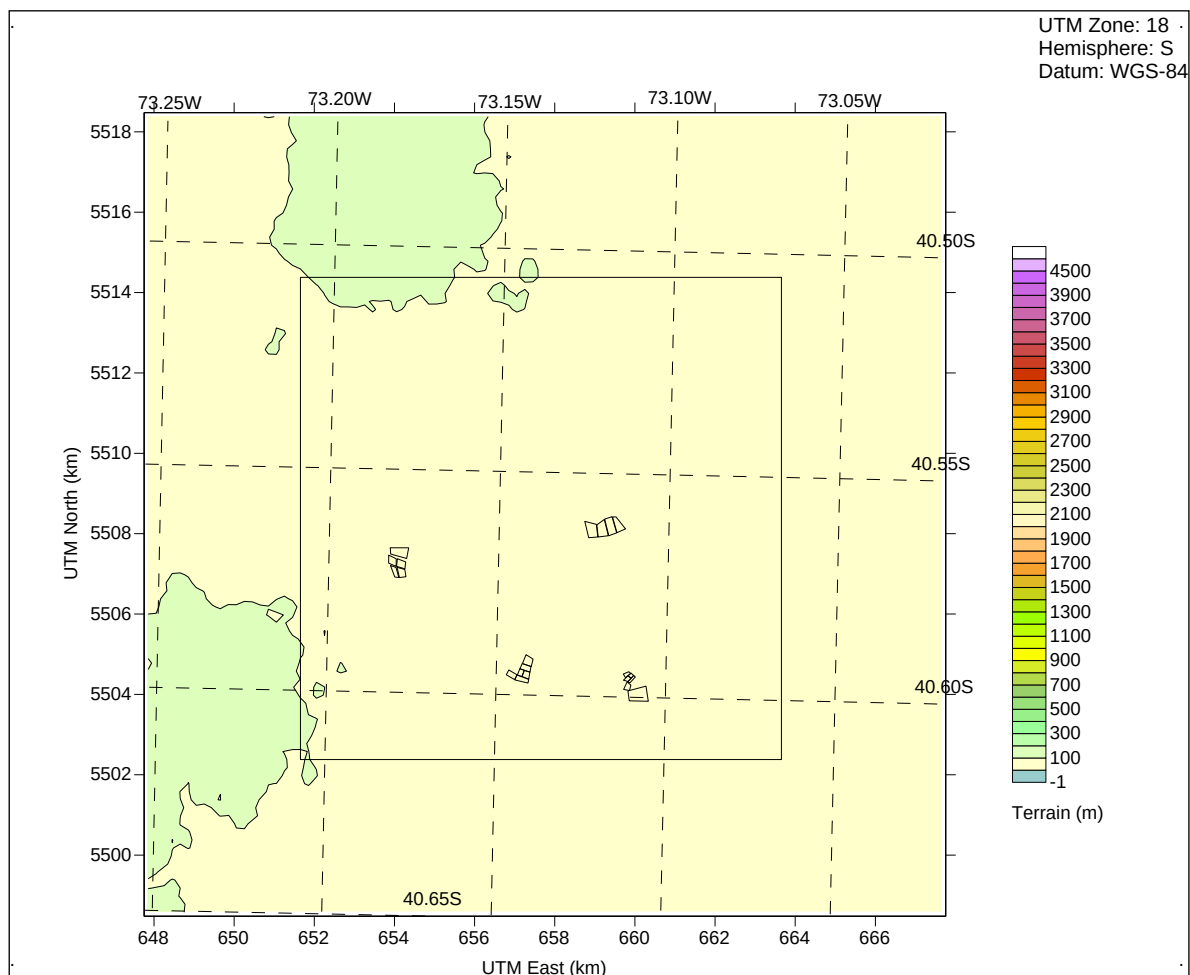


Figura 5.1: Distribución de las emisiones de MP y otro contaminantes dentro del dominio del modelo para las proyecciones de futuros desarrollos inmobiliarios en la ciudad de Osorno

Fuente: Elaboración propia

Nombre proyecto	Número viviendas	(ton/m ² /año)					
		MP10	MP2,5	CO	NOx	COV	SO ₂
Condominio Bellavista	46	7,2E-04	7,0E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,0E-03	3,2E-06
Conjunto Las Palmas	315	4,5E-04	4,4E-04	6,4E-03	1,4E-05	2,5E-03	2,0E-06
Conjunto Reina Luisa	245	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Pila_1	382	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Pila_2	349	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Pila_3	360	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Pila_4	256	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Quem_9	37	7,2E-04	7,0E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,0E-03	3,2E-06
Quem_10	53	7,2E-04	7,0E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,0E-03	3,2E-06
Quem_12	56	7,2E-04	7,0E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,0E-03	3,2E-06
Quem_13	95	7,2E-04	7,0E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,0E-03	3,2E-06
Ove_14	157	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Ove_15	116	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Ove_16	147	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Ove_17	86	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Ove_18	136	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Ove_19	199	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Rah_21	162	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Rah_22	163	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Rah_23	122	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06
Rah_24	156	7,3E-04	7,1E-04	1,0E-02	2,2E-05	4,1E-03	3,2E-06

Tabla 5.3: Distribución de las emisiones atmosféricas proyectadas para los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

Receptor	Aporte a la concentración ambiental de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Aporte a la concentración ambiental de MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Max promedio 24 hrs	Promedio anual	Max promedio 24 hrs	Promedio anual
1	36,1	4,4	35,3	4,3
2	69,5	9,5	67,7	9,3
3	71,8	11,5	70,0	11,3
4	64,7	7,7	63,1	7,5
5	35,2	6,3	34,7	6,1
6	30,2	4,8	29,6	4,7
7	28,8	5,1	28,1	5,0
8	34,5	5,7	34,3	5,6
9	45,7	5,9	45,2	5,8
10	24,8	4,0	24,4	4,0
11	35,4	4,5	35,3	4,4
12	22,2	5,0	21,9	4,9
13	56,4	11,5	54,9	11,2
14	28,1	4,6	27,5	4,5
15	31,2	5,6	30,5	5,5
16	42,1	6,8	41,0	6,6
17	40,4	9,8	39,4	9,6
18	72,6	17,9	70,7	17,4
19	41,6	9,7	40,6	9,5
20	45,0	10,1	43,8	9,8
21-Est	39,2	10,7	38,2	10,5
Promedio	42,6	7,7	41,7	7,5

Tabla 5.4: Resultados de la simulación del aporte de MP10 y MP2,5 de los futuros proyectos inmobiliarios evaluados a los receptores ubicados dentro de la ciudad de Osorno bajo el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

Receptor	Aporte a la concentración ambiental de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Aporte a la concentración ambiental de COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Max promedio 24 hrs	Promedio anual	Max promedio 24 hrs	Promedio anual
1	513,8	63,4	220,3	26,1
2	983,0	135,3	435,3	58,8
3	1017,5	164,1	452,2	71,8
4	915,9	109,0	405,5	47,3
5	511,5	89,2	200,3	38,2
6	430,7	68,6	184,6	28,8
7	409,3	73,7	178,8	31,1
8	514,1	82,2	197,3	34,5
9	674,1	84,7	264,4	35,3
10	374,4	59,8	150,3	23,1
11	528,8	65,6	203,6	25,9
12	324,5	72,7	133,2	30,0
13	795,5	163,8	356,9	71,5
14	401,4	66,7	169,2	27,9
15	443,4	81,2	193,5	33,9
16	594,9	96,7	264,4	41,4
17	571,4	139,0	249,9	60,1
18	1020,8	252,8	454,1	110,8
19	590,1	138,4	256,6	59,7
20	635,6	142,9	282,6	61,9
21-Est	554,6	152,0	244,0	66,0
Promedio	609,8	109,6	261,8	46,9

Tabla 5.5: Resultados de la simulación del aporte de CO y COV de los futuros proyectos inmobiliarios evaluados a los receptores ubicados dentro de la ciudad de Osorno bajo el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se puede representar gráficamente los aportes de MP10 y MP2.5 de los futuros proyectos inmobiliarios a los niveles ambientales de este contaminante en la ciudad de Osorno. En las figuras siguientes, se puede apreciar que las emisiones de los proyectos inmobiliarios en la periferia de la ciudad también afectan la calidad del aire de la zona central de la ciudad, en particular para el promedio de 24 horas y el promedio anual de MP10 y MP2,5. Esto implica que los episodios donde se registran los mayores niveles de concentración de material particulado (MP10 y MP2,5) debido a la intensidad del uso de los calefactores a leña y la menor capacidad de ventilación de la atmosfera, empeorarían si continúa creciendo el parque de calefactores y cocinas a leña en la ciudad de Osorno, debido al desarrollo de nuevos proyectos inmobiliarios.

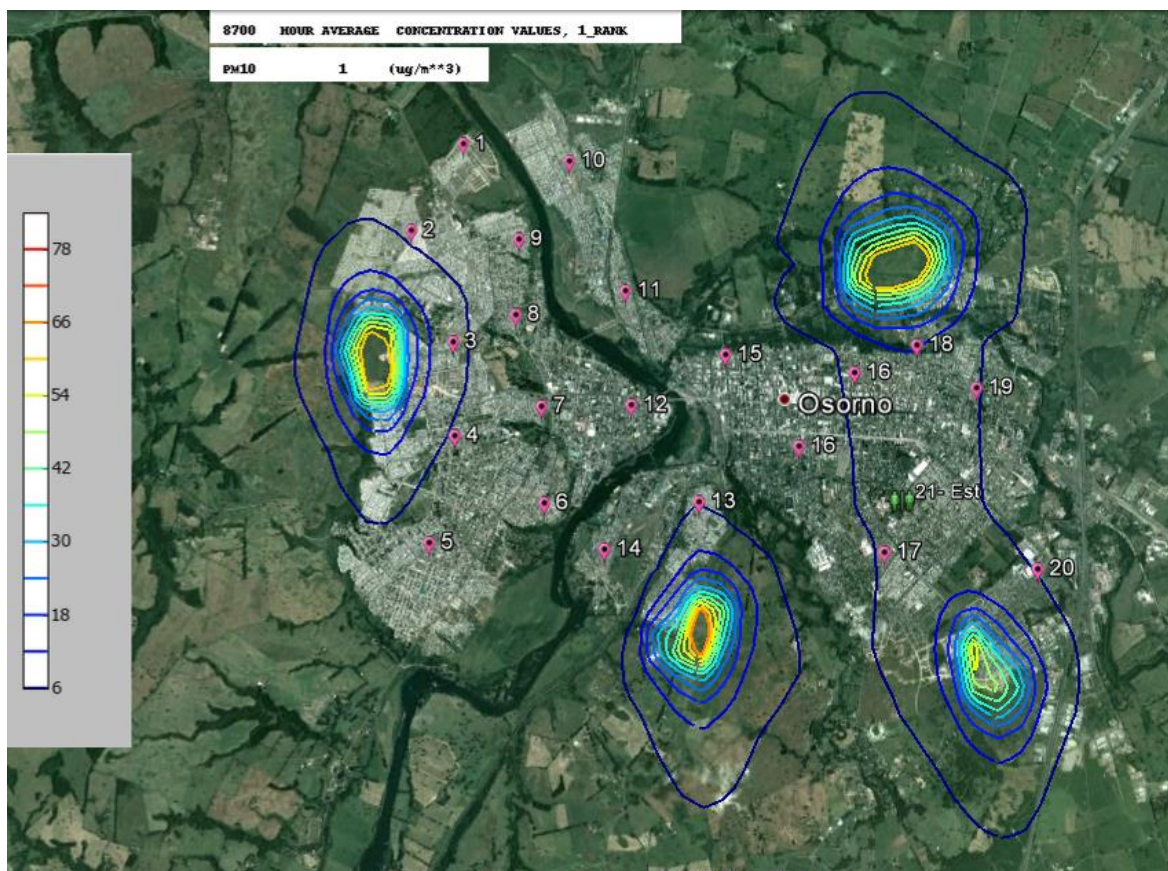


Figura 5.2: Distribución del aporte promedio anual a la concentración ambiental de MP10 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

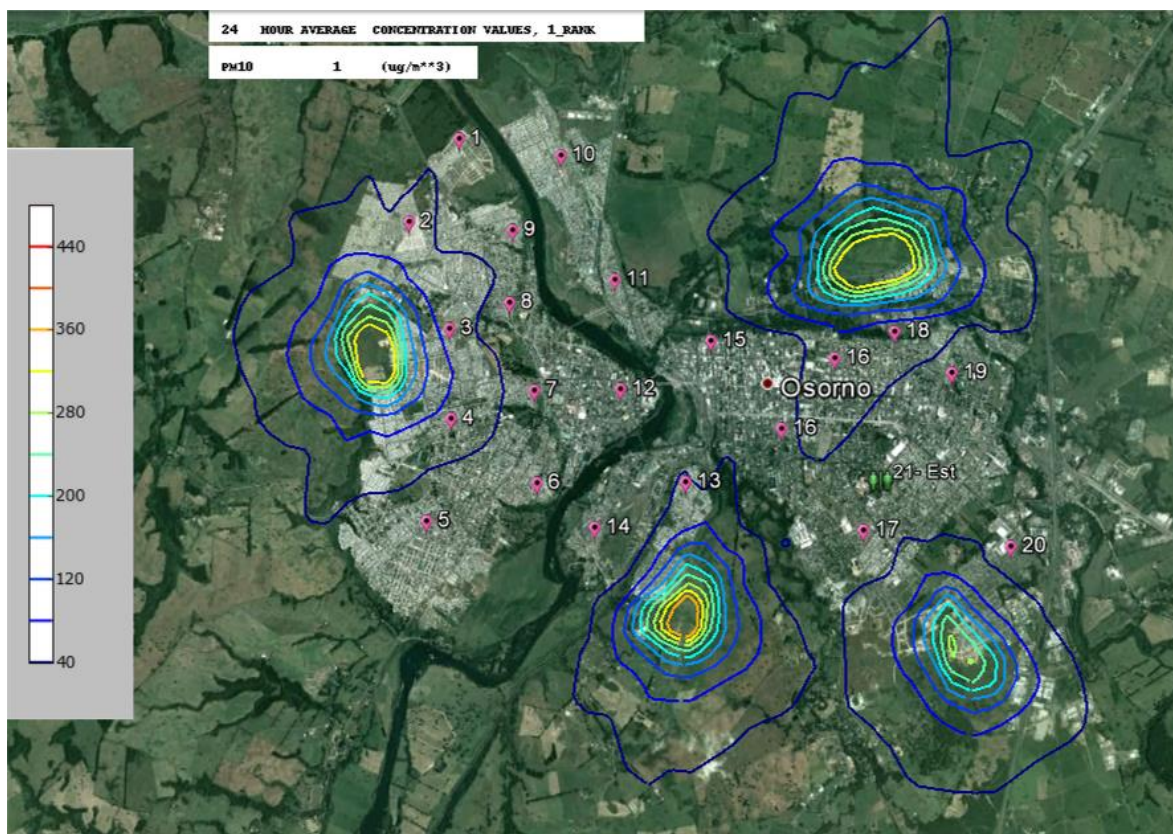


Figura 5.3: Distribución del aporte promedio máximo de 24 horas a la concentración ambiental de MP10 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

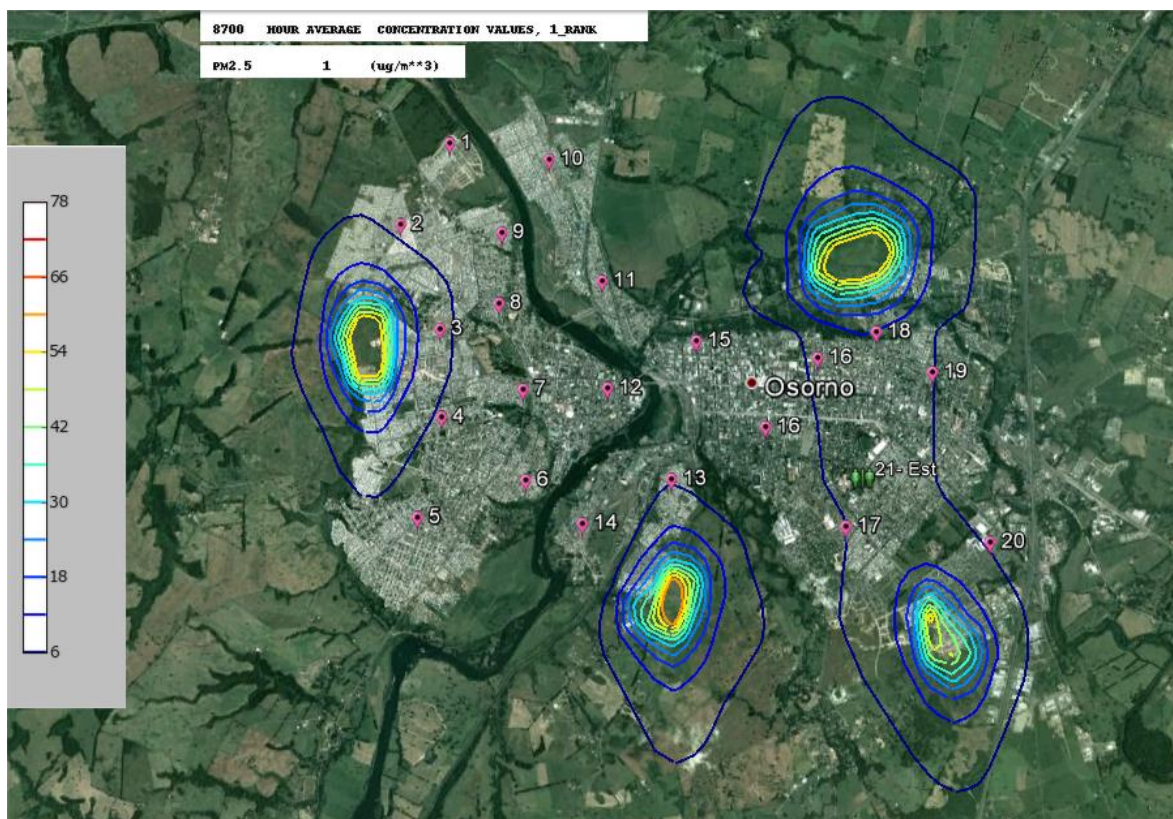


Figura 5.4: Distribución del aporte promedio máximo anual a la concentración ambiental de MP2.5 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

La evolución temporal del aporte promedio diario de MP10 a los niveles ambientales de este contaminante en uno de los receptores (receptor 18) localizados en la ciudad de Osorno se muestra en la figura 5.5. Se puede apreciar que el aporte a los niveles ambientales de MP10 es considerablemente mayor en los meses de invierno, debido a las mayores tasas de emisión de este contaminante del aire y las menores tasas de ventilación de la atmósfera en estos meses.

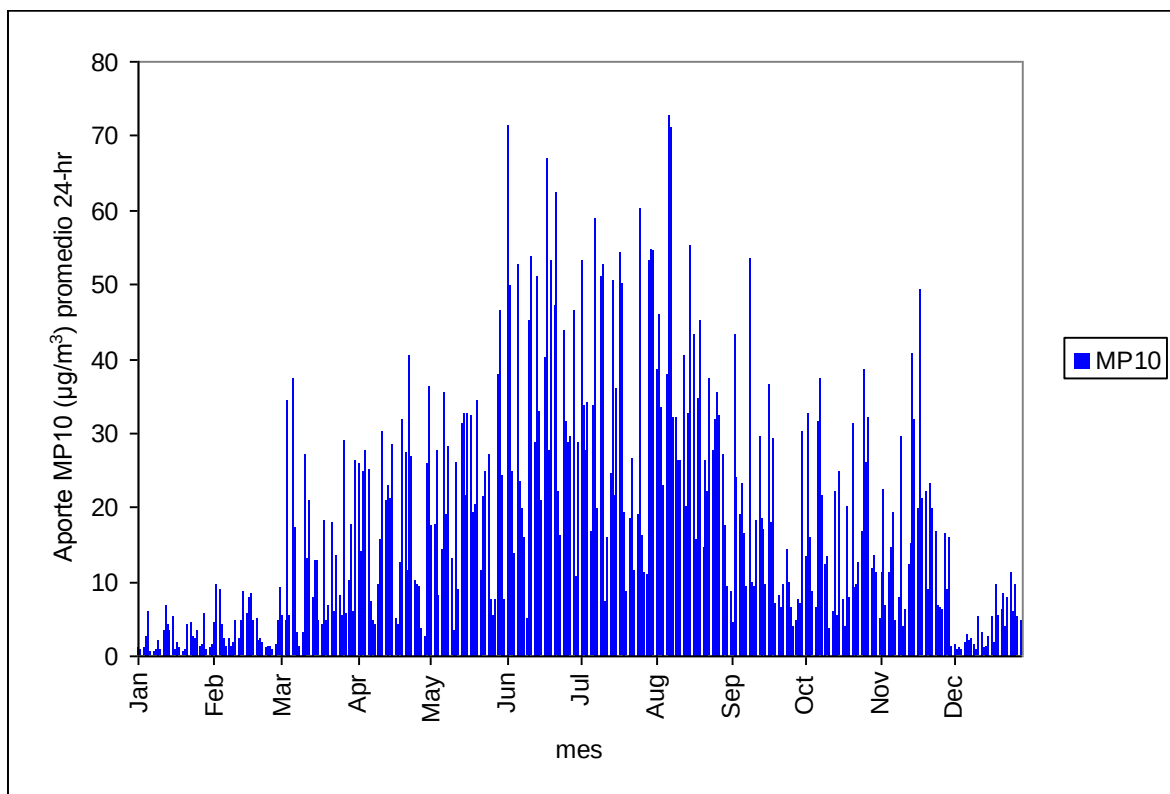


Figura 5.5: Variación estacional del aporte promedio diario de MP10 de las emisiones atmosféricas de los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 1

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Escenario 2

La distribución espacial de las emisiones atmosféricas en el dominio del modelo se muestra en la figura 5.6. En ella, se representan en el modelo de dispersión las fuentes puntuales correspondientes a las centrales térmicas que distribuirían calor a los nuevos proyectos habitacionales. El detalle de las emisiones atmosféricas de los proyectos de calefacción distrital se presenta en la tabla 5.6. Estas emisiones corresponden a las tasas de emisión de los sistemas de calefacción distrital que abastecerían calor a los de los hogares a los hogares dentro de los futuros proyectos inmobiliarios a desarrollarse en la ciudad de Osorno.

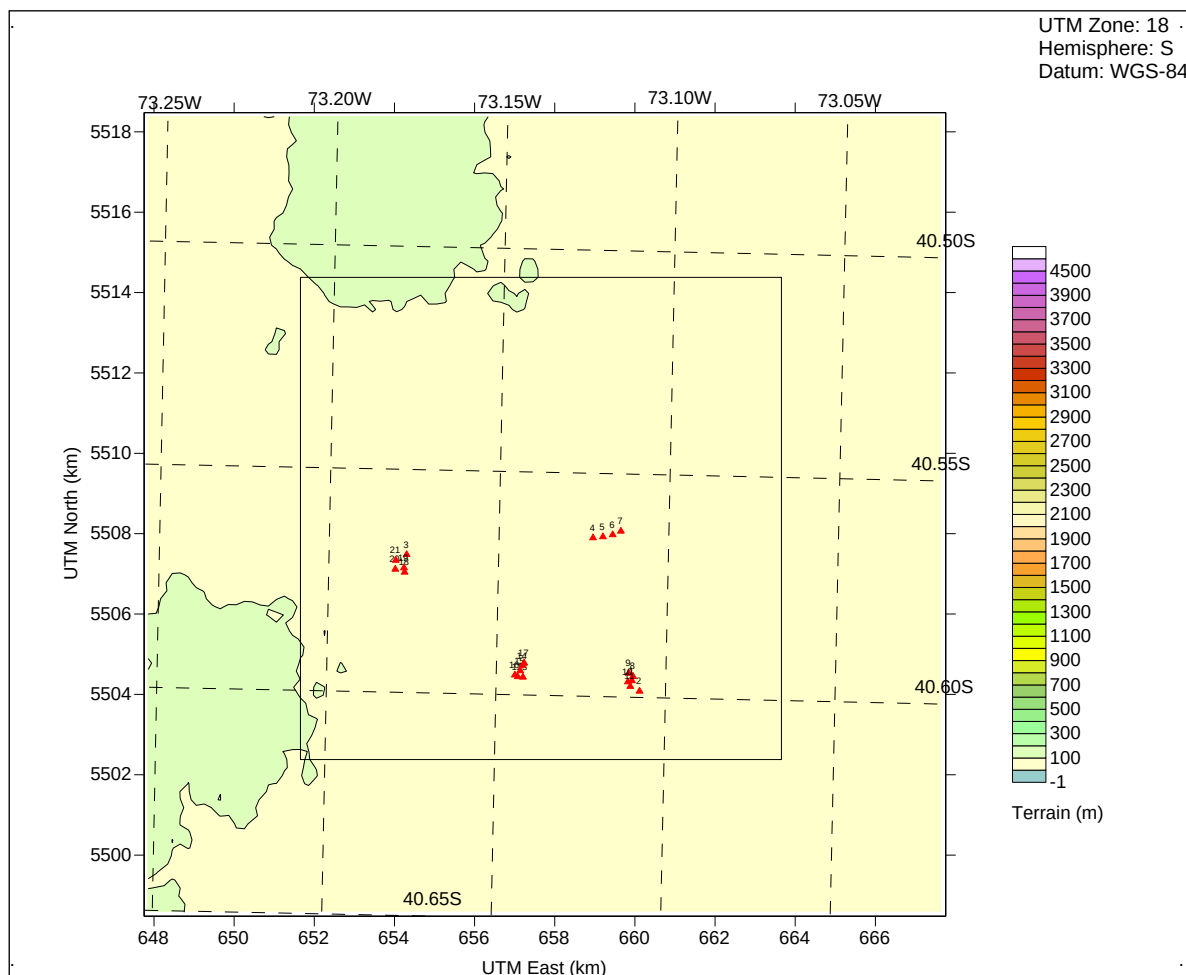


Figura 5.6: Distribución de las emisiones de MP y otro contaminantes dentro del dominio del modelo para las proyecciones de futuros desarrollos inmobiliarios en la ciudad de Osorno

Fuente: Elaboración propia

Las tasas de emisiones de material particulado y otros contaminantes emitidos por los sistemas de calefacción distrital que entregarían calor a los futuros proyectos inmobiliarios se presentan a continuación. Esta información se utilizó para estimar el aporte de las emisiones de los sistemas de calefacción a los niveles ambientales de los contaminantes evaluados en los receptores seleccionados dentro de la comuna de Osorno.

Nombre proyecto	Número viviendas	Tasa de emisión (kg/hr)					
		MP10	MP2,5	NOx	SO2	COV	CO
Condominio Bellavista	46	0,04	0,03	0,55	0,03	0,02	0,67
Conjunto Las Palmas	315	0,21	0,19	2,93	0,15	0,10	3,58
Conjunto Reina Luisa	245	0,12	0,10	1,66	0,08	0,06	2,03
Pila_1	382	0,23	0,20	3,18	0,16	0,11	3,89
Pila_2	349	0,21	0,18	2,90	0,15	0,10	3,55
Pila_3	360	0,22	0,19	3,00	0,15	0,10	3,67
Pila_4	256	0,16	0,14	2,15	0,11	0,07	2,63
Quem_9	37	0,03	0,02	0,37	0,02	0,01	0,45
Quem_10	53	0,04	0,03	0,50	0,03	0,02	0,61
Quem_12	56	0,04	0,03	0,52	0,03	0,02	0,64
Quem_13	95	0,06	0,05	0,84	0,04	0,03	1,03
Ove_14	157	0,10	0,09	1,35	0,07	0,05	1,65
Ove_15	116	0,07	0,06	1,01	0,05	0,04	1,24
Ove_16	147	0,09	0,08	1,26	0,06	0,04	1,55
Ove_17	86	0,06	0,05	0,76	0,04	0,03	0,93
Ove_18	136	0,09	0,07	1,17	0,06	0,04	1,43
Ove_19	199	0,12	0,11	1,69	0,09	0,06	2,06
Rah_21	162	0,10	0,09	1,38	0,07	0,05	1,69
Rah_22	163	0,10	0,09	1,39	0,07	0,05	1,71
Rah_23	122	0,08	0,07	1,06	0,05	0,04	1,30
Rah_24	156	0,10	0,08	1,34	0,07	0,05	1,64

Tabla 5.6: Tasas de emisión de contaminantes atmosféricos proyectadas para los sistemas de distribución de calor de los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 2

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 5.7 y 5.8 muestran el resumen del aporte de las emisiones al promedio anual y máximo promedio de 24 horas en los distintos receptores para los contaminantes MP10, MP2,5, CO y COV. Esto representa el impacto en la calidad del aire que generan las emisiones de los sistemas de calefacción comunitarios a desarrollar en los futuros proyectos inmobiliarios. En estas tablas, también se presenta el porcentaje de reducción del impacto de estas emisiones en comparación al Escenario 1, o escenario base.

Receptor	Aporte a la concentración ambiental de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Aporte a la concentración ambiental de MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Max promedio 24 hrs	Promedio anual	% Reducción (Esc 1)	Max promedio 24 hrs	Promedio anual	% Reducción (Esc 1)
1	1,63	0,18		1,42	0,16	
2	2,06	0,29		1,76	0,25	
3	1,47	0,28		1,29	0,24	
4	1,55	0,26		1,36	0,22	
5	1,43	0,28		1,24	0,24	
6	1,26	0,19		1,11	0,16	
7	1,29	0,19		1,12	0,17	
8	1,60	0,21		1,42	0,19	
9	1,99	0,23		1,73	0,20	
10	0,89	0,15		0,80	0,13	
11	1,19	0,17		1,07	0,15	
12	0,92	0,18		0,82	0,15	
13	2,06	0,38		1,80	0,33	
14	1,06	0,14		0,94	0,12	
15	1,31	0,18		1,15	0,16	
16	1,38	0,23		1,21	0,20	
17	1,71	0,39		1,46	0,33	
18	1,34	0,34		1,16	0,29	
19	1,27	0,31		1,11	0,27	
20	1,71	0,36		1,47	0,30	
21 Est	1,65	0,42		1,42	0,36	
Promedio	1,47	0,25	97%	1,28	0,22	96%

Tabla 5.7: Resultados de la simulación del aporte de MP10 y MP2,5 de los futuros proyectos inmobiliarios a los receptores ubicados dentro de la ciudad de Osorno bajo el Escenario 2

Fuente: Elaboración propia

Receptor	Aporte a la concentración ambiental de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Aporte a la concentración ambiental de COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Max promedio 24 hrs	Promedio anual	% Reducción (Esc 1)	Max promedio 24 hrs	Promedio anual	% Reducción (Esc 1)
1	28,0	3,1		0,77	0,08	
2	34,6	5,0		1,00	0,14	
3	25,0	4,7		0,72	0,13	
4	27,0	4,4		0,72	0,12	
5	24,1	4,7		0,70	0,13	
6	22,3	3,2		0,59	0,09	
7	22,1	3,3		0,61	0,09	
8	28,5	3,7		0,69	0,10	
9	34,8	4,0		0,91	0,11	
10	16,6	2,6		0,35	0,06	
11	22,0	3,0		0,50	0,07	
12	16,8	3,1		0,41	0,08	
13	35,0	6,5		1,00	0,18	
14	19,2	2,5		0,44	0,06	
15	23,0	3,2		0,56	0,08	
16	24,6	4,0		0,62	0,11	
17	29,4	6,6		0,76	0,18	
18	22,3	5,7		0,61	0,15	
19	21,7	5,3		0,57	0,14	
20	29,4	6,0		0,77	0,16	
21 Est	27,9	7,0		0,78	0,19	
Promedio	25,4	4,4	96%	0,67	0,12	99%

Tabla 5.8: Resultados de la simulación del aporte de CO y COVs de los futuros proyectos inmobiliarios a los receptores ubicados dentro de la ciudad de Osorno bajo el Escenario 2

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, existe una reducción importante en el aporte de contaminación por concepto de introducción de sistemas de calefacción distrital en los futuros desarrollos urbanos de la ciudad de Osorno. El aporte varía según el receptor, dependiendo de la ubicación y distancia de éstos en función de la ubicación de los nuevos proyectos inmobiliarios que se podrían desarrollar en la ciudad.

Se observó una reducción importante entre el aporte de contaminantes de este escenario de calefacción y la condición base (escenario 1), con un 97% de reducción para MP10, 96% para MP2,5, 96% para CO y un 99% de reducción para los COV. La representación gráfica de los aportes de los sistemas de calefacción distrital a los niveles ambientales de MP10 y MP2.5 en la ciudad de Osorno se muestra en las figuras 5.7 a la 5.9. Se puede apreciar que

el aporte promedio anual y el máximo aporte diario de MP10 y MP2,5 es significativamente más bajo, incluso durante los meses de invierno, donde se registran los mayores niveles de concentración de estos contaminantes, debido a la mayor intensidad en el uso de la calefacción y la menor capacidad de ventilación de la atmósfera.

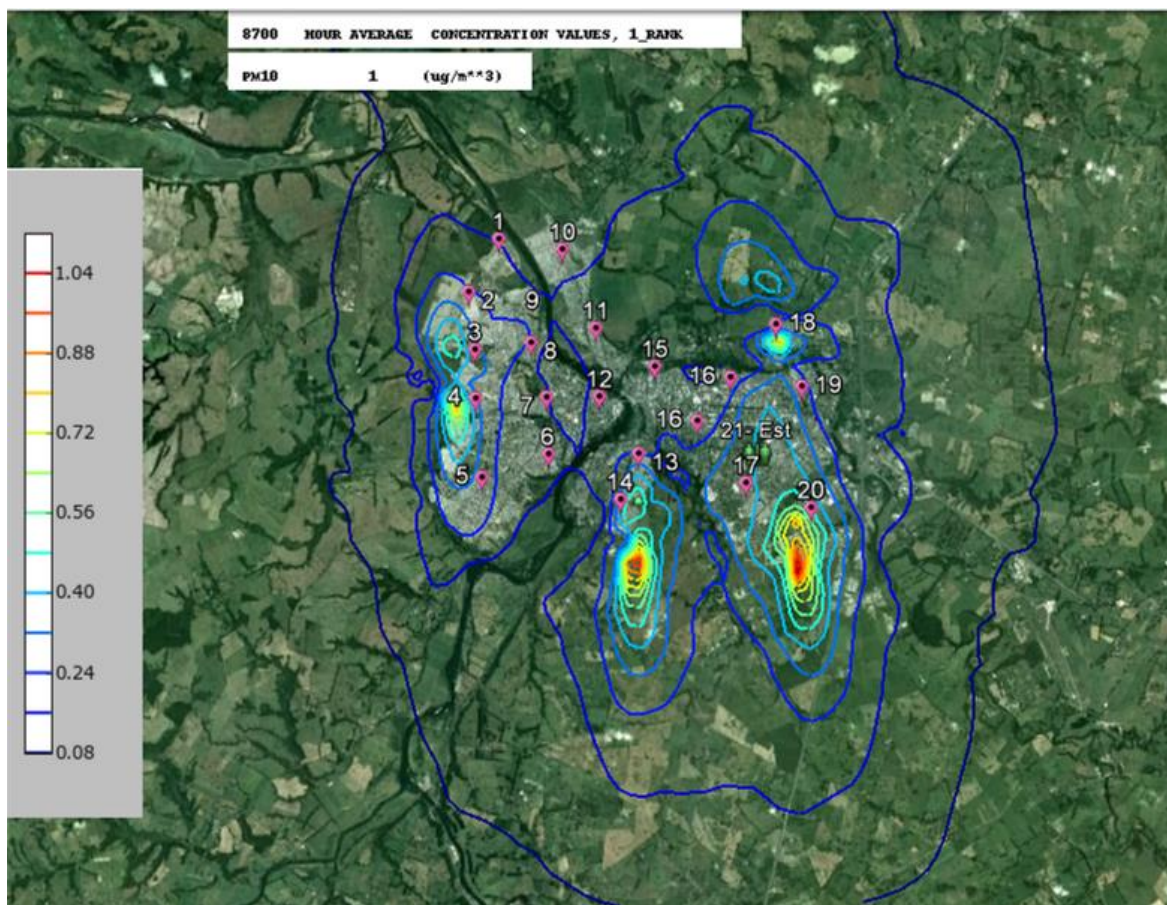


Figura 5.7: Distribución del aporte promedio anual a la concentración ambiental de MP10 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 2

Fuente: Elaboración propia

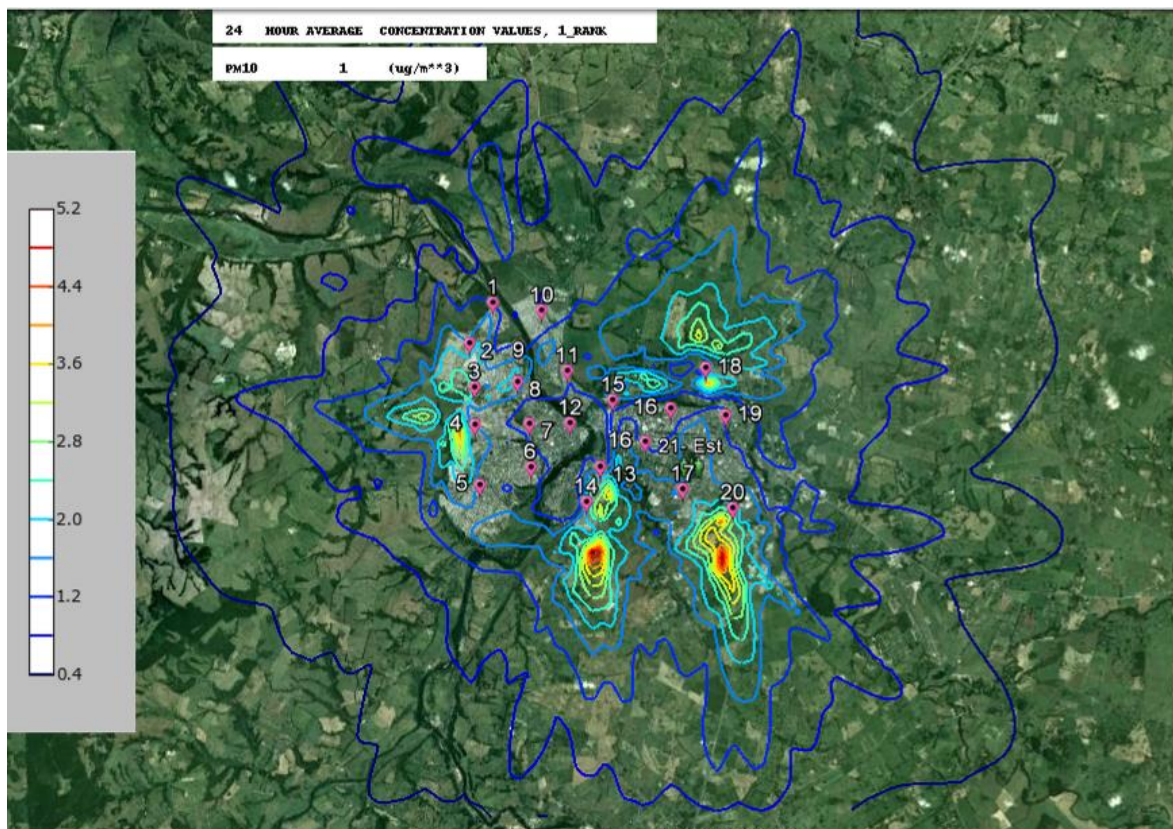


Figura 5.8: Distribución del aporte promedio máximo de 24 hr a la concentración ambiental de MP10 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 2

Fuente: Elaboración propia

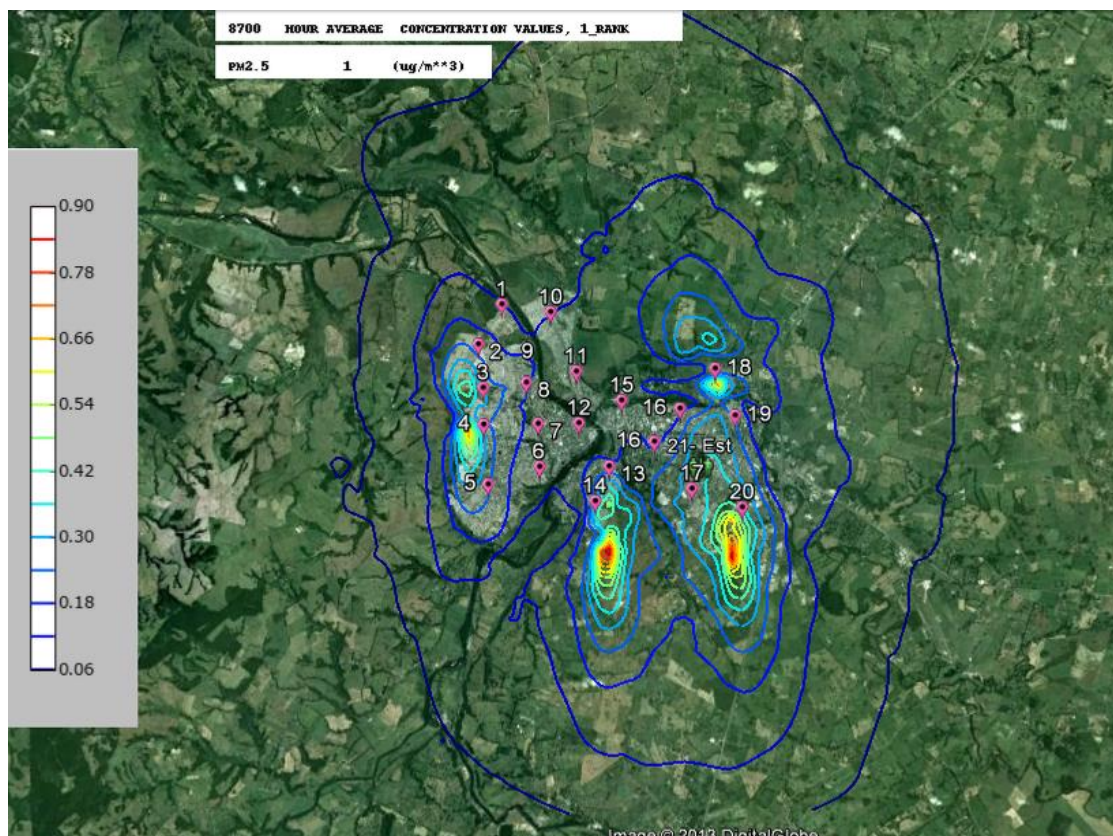


Figura 5.9: Distribución del aporte promedio máximo anual a la concentración ambiental de MP2.5 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 2

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la evolución temporal del aporte promedio diario de MP10 a los niveles ambientales de este contaminante en la ciudad de Osorno (receptor 18) se muestra en la figura 5.10. En ella, también se puede apreciar que el aporte de MP10 aumenta en los meses de invierno, debido a la mayor utilización de la calefacción y las menores tasas de ventilación de los meses invernales. Sin embargo, este aporte es considerablemente menor al de los niveles ambientales de MP10 aportados por el escenario base.

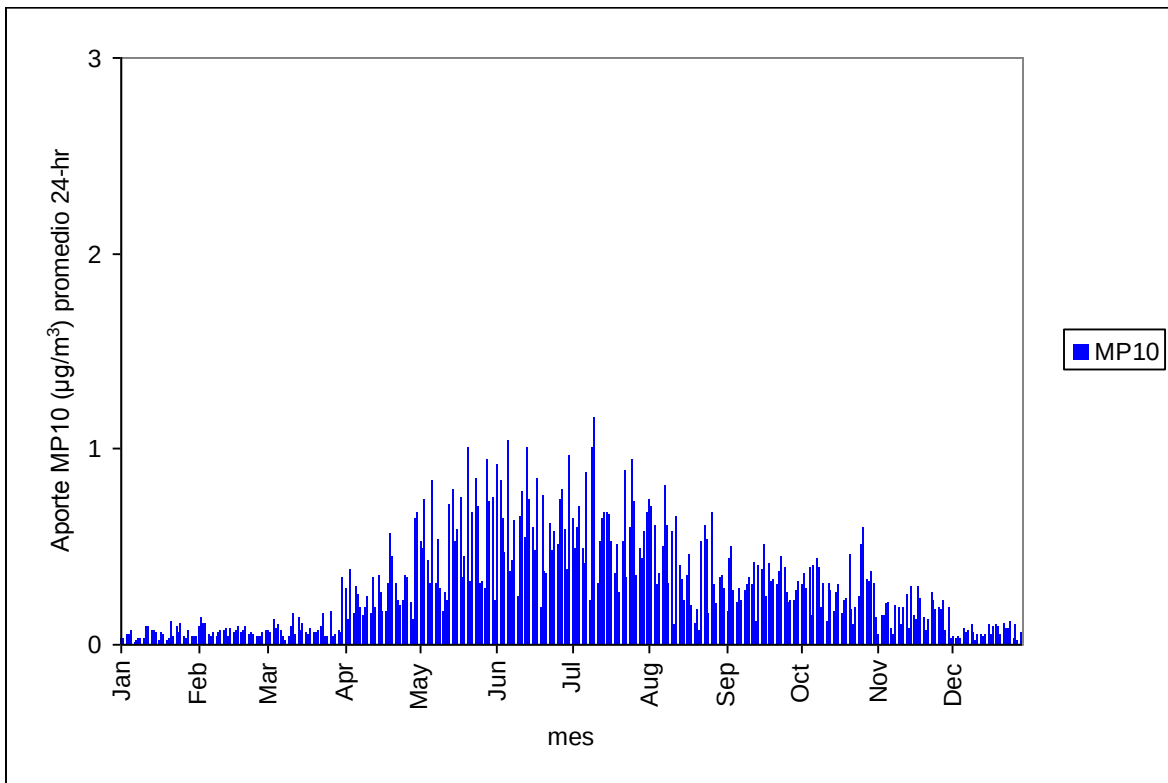


Figura 5.10: Variación estacional del aporte promedio diario de MP10 de las emisiones atmosféricas de los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 2

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Beneficios Directos en Salud por la Reducción de la Concentración Ambiental de Material Particulado

La reducción de las emisiones de MP10 y su efecto en los niveles ambientales de este contaminante en el aire, fue utilizado como base para estimar los beneficios económicos de la alternativa de desarrollo de nuevos proyectos inmobiliarios bajo el escenario 2.

Bajo el escenario base (Escenario 1) de desarrollo de nuevas casas en Osorno sin medidas tecnológicas de reducción de emisiones, podría incrementar el promedio anual de las concentraciones ambientales de MP10 en $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Con la alternativa de calefacción distrital (Escenario 2), se podrían reducir en un 97% el aporte del escenario base que representa la condición sin intervención.

El escenario 2, evaluado en el informe para reducir el potencial aporte de las emisiones de los futuros proyectos inmobiliarios a las concentraciones ambientales de material particulado en la ciudad de Osorno, a su vez, se traduce en una disminución del número de casos en la morbilidad y mortalidad al aplicar las funciones concentración-respuesta a la población expuesta de Osorno. La estimación de efectos en la salud producto de la reducción en la contaminación atmosférica, utiliza información sobre la población expuesta y las tasas bases para cada tipo de impacto en salud donde el valor de un caso evitado para morbilidad y mortalidad es extrapolado al total de la población de la zona saturada.

Para estimar los beneficios sociales de los efectos en salud, se utilizó el método de la función de daño. La reducción de las emisiones de MP10 a través de las distintas medidas presentadas en este informe, se modelaron con CALPUFF para obtener los efectos marginales en las concentraciones de MP10. Los beneficios totales para la salud fueron actualizados mediante la variación del IPC hasta el año 2012. La información base que se origina del Escenario 1 de calefacción se muestra en la tabla a continuación.

Resumen Beneficios Medida Cambio Equipos MM\$	Año											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mortalidad Prematura	835,5	835,6	835,8	836,0	836,2	836,3	836,5	836,7	836,8	837,0	837,2	837,4
Adm Hosp. Respiratoria	1412,7	1413,0	1413,3	1413,5	1413,8	1414,1	1414,4	1414,7	1415,0	1415,3	1415,6	1415,9
Adm Hosp. Cardiovascular	408,1	408,1	408,2	408,3	408,4	408,5	408,6	408,6	408,7	408,8	408,9	409,0
Adm. Hosp. Asma	24,9	24,9	24,9	24,9	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Total	835,5	835,6	835,8	836,0	836,2	836,3	836,5	836,7	836,8	837,0	837,2	837,4

Tabla 5.9: Efectos base para Osorno (millones de pesos, MM\$ año 2012)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.10, se presenta el resumen de los beneficios totales para la salud, los que fueron actualizados mediante la variación del IPC hasta el año 2012, para el Escenario 2 de calefacción distrital.

	Año											
Resumen Beneficios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Medida Calefacción Distrital MM\$												
Mortalidad Prematura	2173,9	4348,6	6524,2	8700,8	10878,2	13056,5	15235,7	17415,8	19596,7	21778,6	21783,0	21787,5
Adm Hosp. Respiratoria	3,9	7,8	11,7	15,5	19,4	23,3	27,2	31,1	35,0	38,9	38,9	38,9
Adm Hosp. Cardiovascular	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3	7,5	8,8	10,0	11,3	12,5	12,5	12,5
Adm. Hosp. Asma	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Total	2179,0	4359,0	6539,8	8721,5	10904,1	13087,6	15272,0	17457,2	19643,4	21830,5	21834,9	21839,4

Tabla 5.10: Cálculo de beneficios totales para la salud escenario 2 con calefacción distrital (millones de pesos, MM\$ año 2012)

Fuente: Elaboración propia

La evaluación económica, desde una perspectiva social de las medidas analizadas, se realiza con el indicador de VAN social. Esta metodología ajusta los precios privados a precios sociales (o precios sombra) a través de factores de ajuste estimados por MIDEPLAN, como por ejemplo, a través de la utilización de la tasa de descuento social de 6%, pero además, cuantifica las externalidades positivas a través de la estimación de los beneficios sociales atribuibles a la reducción en las concentraciones, los cuales están principalmente relacionados a la reducción de muertes prematuras. De las tablas anteriores, se desprende que el VAN social asociado a la utilización de calefacción distrital (Escenario 2) alcanza un valor de 102.991 millones de pesos. Cabe destacar que estos beneficios son directos en salud y no se ha considerado otros posibles beneficios indirectos para la población.

6 Conclusiones

Se evaluaron dos escenarios de calefacción para los futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno considerando alternativas de calefacción y el impacto en la calidad del aire de MP10, MP2,5, CO y COV. Se consideró el escenario de desarrollo de los nuevos proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno utilizando sistemas de calefacción distrital.

Para construir los supuestos de penetración de calefactores, tasas de emisión y configuración de los dos escenarios, se utilizó información levantada en terreno, de consumo de leña, tipos de equipos y estacionalidad del uso de los equipos a leña para estimar el impacto de las emisiones atmosféricas de los dos métodos de calefacción en la calidad del aire de la ciudad de Osorno, en particular considerando los aportes de material particulado respirable (MP10) y Fino (MP2,5). Para ello, se utilizó el modelo de dispersión Calpuff, recomendado por la US EPA para fines regulatorios, permitiendo predecir los incrementos en los niveles ambientales de MP y otros contaminantes de la ciudad de Osorno, por la introducción de nuevas emisiones atmosféricas producidas por el uso de las distintas alternativas de calefacción en las futuros desarrollos inmobiliarios de la ciudad de Osorno.

Se determinó que, para un de crecimiento futuro de 21 nuevos proyectos inmobiliarios a desarrollarse en Osorno, con un total aproximado de 3.637 nuevas viviendas, podrían aumentar considerablemente las emisiones de material particulado (MP10 y MP2,5) y otros contaminantes, dependiendo del escenario de calefacción a optar. Si se optara por seguir introduciendo equipos de combustión a leña convencionales (Escenario 1), se aportaría con aproximadamente 461,9 y 449,1 ton/año de MP10 y MP2,5, respectivamente. Si se introdujeran sistemas de calefacción distrital (Escenario 2), se estimó que se podría aportar con 3,1 y 2,6 ton/año de MP10 y MP2,5, respectivamente. Las emisiones de MP son considerablemente menores para este escenario, debido a que se lograría un mayor control en la combustión de la biomasa en las calderas de calefacción distrital y, además, estas unidades térmicas tendrían incorporados sistemas de captación de partículas, por lo que no constituiría una carga ambiental importante de material particulado cuando se encuentre en operación.

El aporte de las emisiones de MP a los niveles ambientales de la ciudad de Osorno, para los dos escenarios de calefacción, sugiere que, en promedio, los nuevos desarrollos habitacionales evaluados podrían incrementar los niveles promedios anuales de MP10 de la ciudad de Osorno en $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y/o $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si se considera el desarrollo de los proyectos inmobiliarios bajo el escenario 1 y/o escenario 2, respectivamente. Este aporte

aumenta si consideramos el aporte promedio diario, donde se estimó que los valores serían de $42,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y/o $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el escenario 1 y/o escenario 2, respectivamente.

Del análisis, se desprende que el VAN social asociado a la utilización de calefacción distrital (Escenario 2) alcanzaría un valor de \$102.991,1 millones. Cabe destacar que estos beneficios son directos en salud, y no se ha considerado otros posibles beneficios indirectos para la población.

Finalmente, el escenario más favorable, en cuanto al menor aporte de Material Particulado Respirable (MP10) y Fino (MP2,5) y el mayor beneficio social, fue el escenario 2, consistente en sistemas de calefacción distrital. Por lo tanto, sería recomendable considerar esta alternativa de calefacción para los futuros proyectos inmobiliarios a desarrollarse en la ciudad de Osorno.

7 Referencias bibliográficas

Cifuentes, L. A. and C. Ojeda (1998). Valoración de efectos a la salud en Chile utilizando transferencia de valores. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile.

DICTUC (2007). "Estudio Diagnóstico Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región". Estudio preparado para la Ex –CONAMA, Región de O'Higgins.

DICTUC (2009). "Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Calidad Primaria para PM2.5 (AGIES)". Santiago, Chile.

Eskeland, Gunnar (1994), " The Net Benefits of an Air Pollution Control Scenario for Santiago", cap III en "Chile: Managing Environmental Problems", Report N° 13061-Ch, The World Bank.

Holz, J. C. (2000). "Estimación de costos unitarios en morbilidad y mortalidad, su aplicación para calcular los beneficios del plan de prevención y descontaminación atmosférica de la región metropolitana". Santiago, Universidad de Chile.

MIDEPLAN (2012). Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos.

Moreira B., Sandra. (2000) "Estimación de Beneficios Sociales en Salud Anteproyecto de revisión de las normas de calidad primaria de aire contenidas en la Res N°1215/78 del Ministerio de Salud MINSAL". Informe Final Noviembre 2000.

Pope CA 3rd, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D. (2004). "Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: Epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease". Circulation 2004; 109:71-77.

Sánchez, J.M, Figueroa, E., Kunze, V. y C. Pardo (1998): “Valor económico de la visibilidad en la Región Metropolitana”, estudio elaborado por Dpto. de Economía, Universidad de Chile para CONAMA R.M.

US EPA Emission Factors AP-42 (2003), Compilation of Air Pollutant Emission Factors. “1.6 Open Combustion, Wood Residue Combustion in Boilers”.

ANEXOS

Listado de Anexos:

ANEXO A: LOCALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CALEFACCIÓN DISTRITAL EN FUTUROS BARRIOS DE OSORNO	53
ANEXO B: VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO EN EL DOMINIO DE LA MODELACIÓN	57

ANEXO A

LOCALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CALEFACCIÓN DISTRITAL EN FUTUROS BARRIOS DE OSORNO



Figura A.1: Localización de sistemas de Calefacción Distrital en los futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno zona norte Sector Pilaco

Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

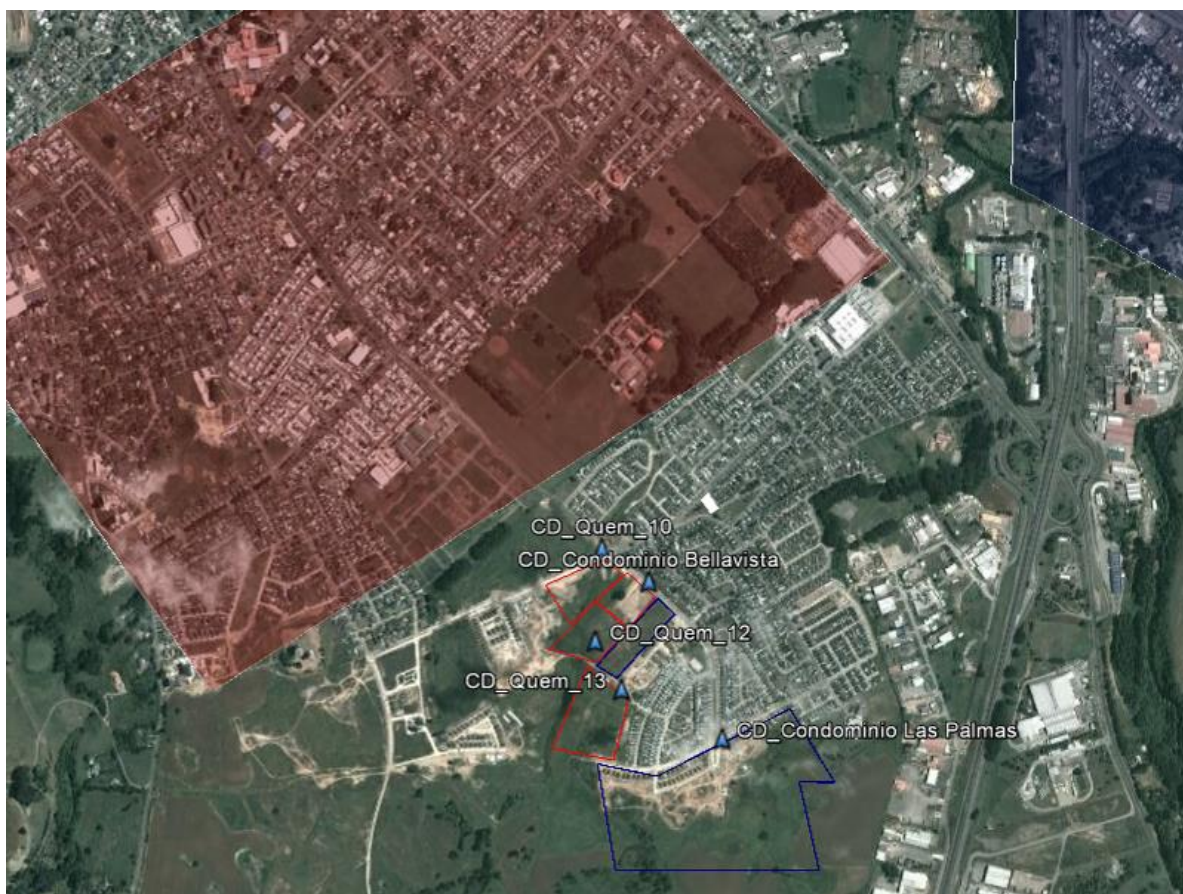


Figura A.2: Localización de sistemas de Calefacción Distrital en los futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno zona oriente, Sector Las Quemas

Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

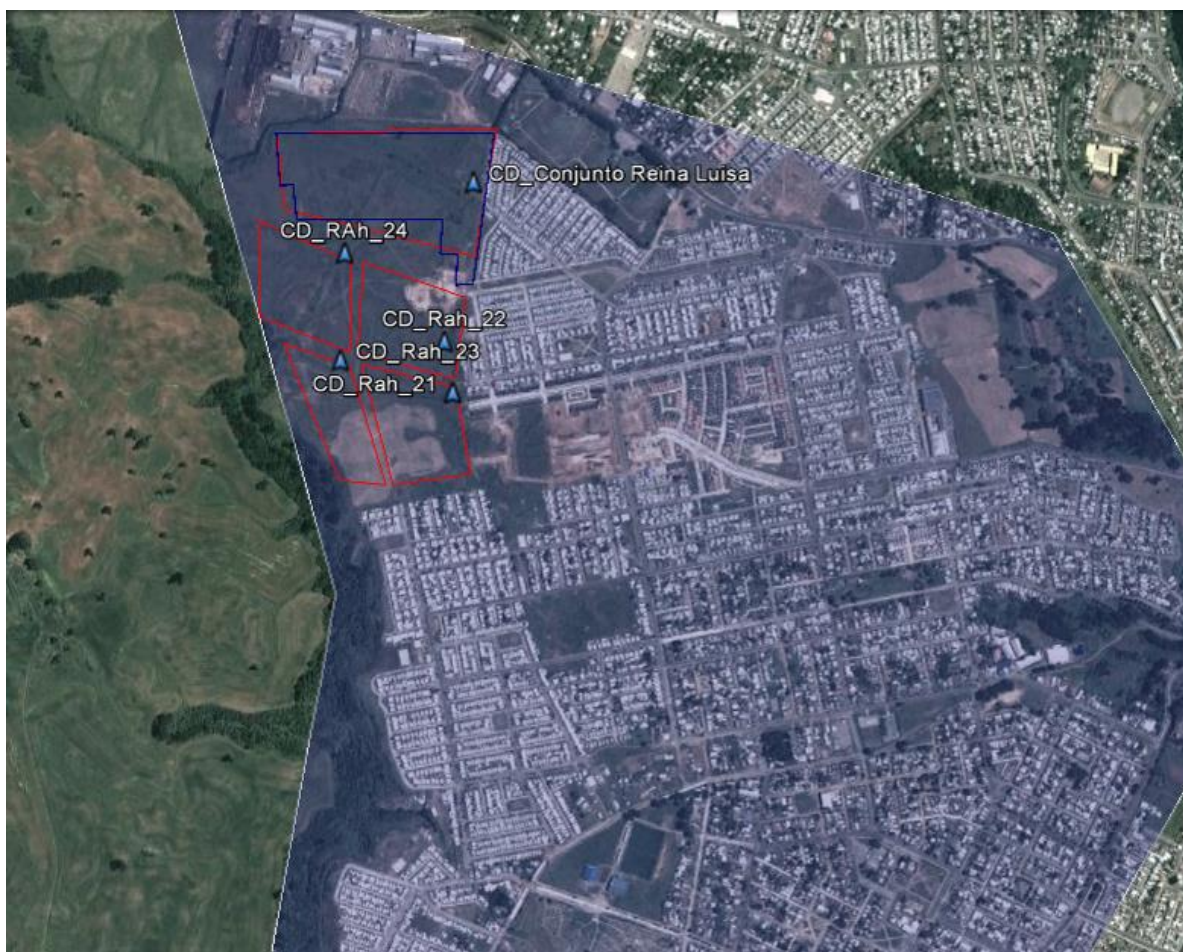


Figura A.3: Localización de sistemas de Calefacción Distrial en los futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno zona poniente, Sector Rahue

Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

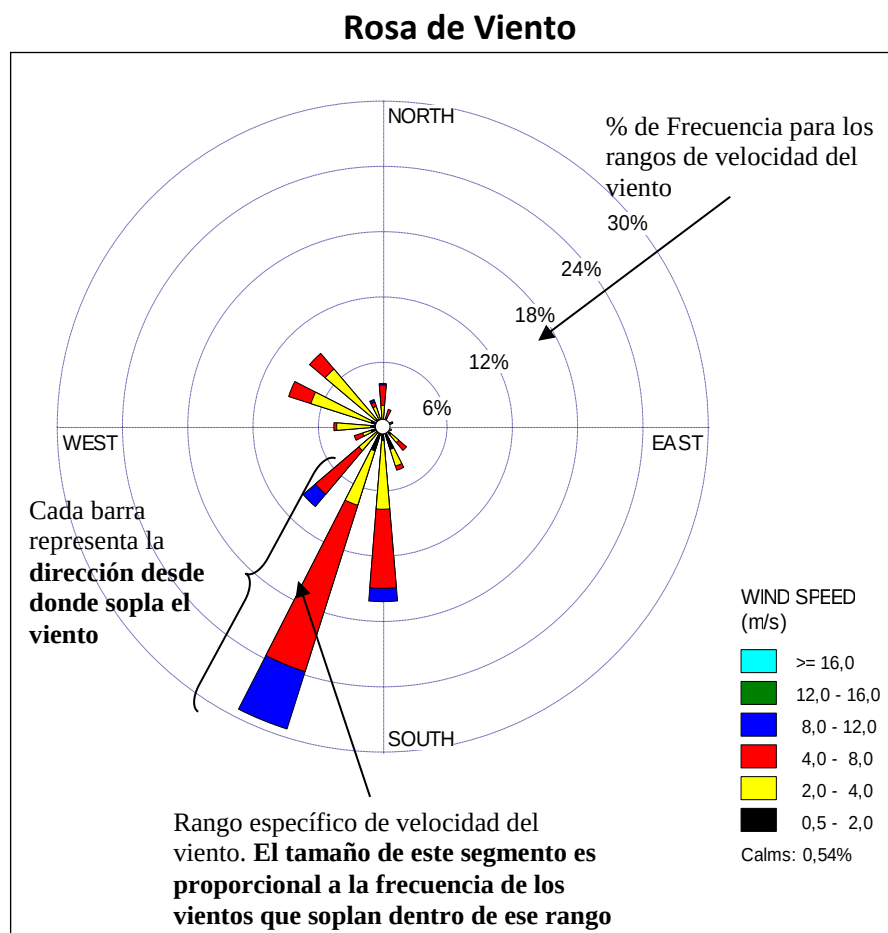


Figura A.4: Localización de sistemas de Calefacción Distrial en los futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno zona sur, Sector Ovejería

Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

ANEXO B

VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO EN EL DOMINIO DE LA MODELACIÓN



La rosa de viento muestra información de la dirección y distribución de velocidad de los vientos en un solo gráfico.

Cada barra del gráfico representa la dirección **desde donde sopla el viento** y el norte (North) se representa en la parte superior de la rosa.

Esta rosa de viento considera 16 direcciones para el viento: N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW.

El círculo en el centro del gráfico representa la frecuencia de calmas (calms) o periodos en el que la velocidad del viento es muy baja o inexistente. El tamaño de este círculo aumenta con la frecuencia de calmas.

Las barras del gráfico estas divididas en segmentos de diferentes tamaño y color. Cada segmento/ color representa un rango específico de velocidad del viento (por ejemplo en la figura el segmento color amarillo, representa el rango de velocidad 2-4 m/s para el viento. El tamaño o largo de cada segmento dentro de cada barra es proporcional a la frecuencia de los vientos que soplan en ese rango. La frecuencia se representa porcentualmente en los diferentes círculos concéntricos del gráfico.

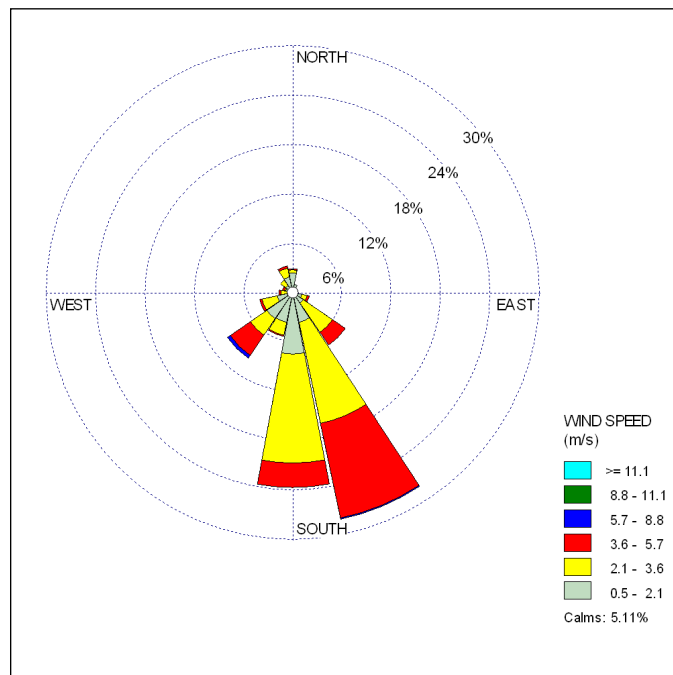


Figura B.1: Velocidad y dirección del viento en Osorno, enero 2006.

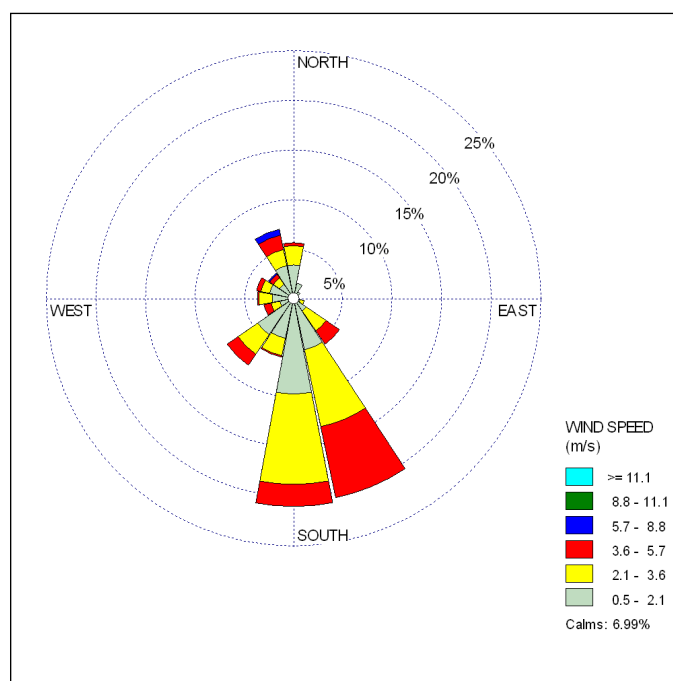


Figura B.2: Velocidad y dirección del viento en Osorno, febrero 2006.

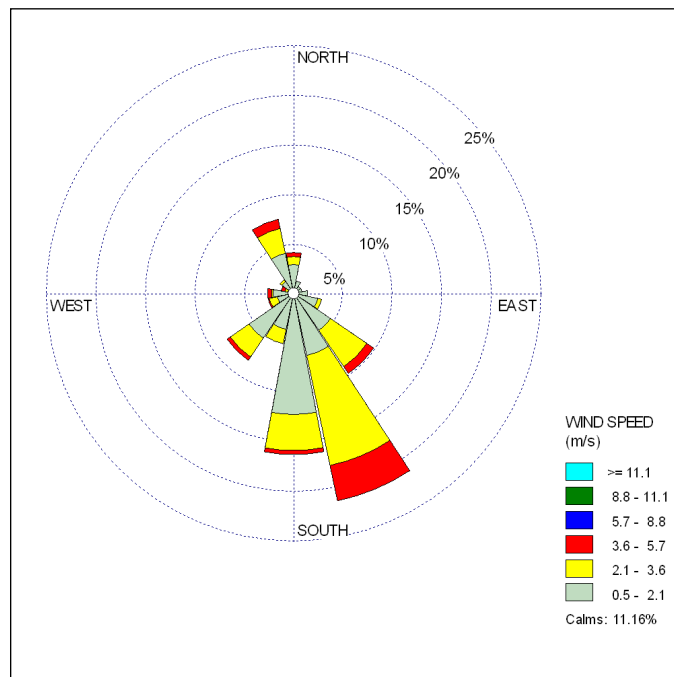


Figura B.3: Velocidad y dirección del viento en Osorno, marzo 2006.

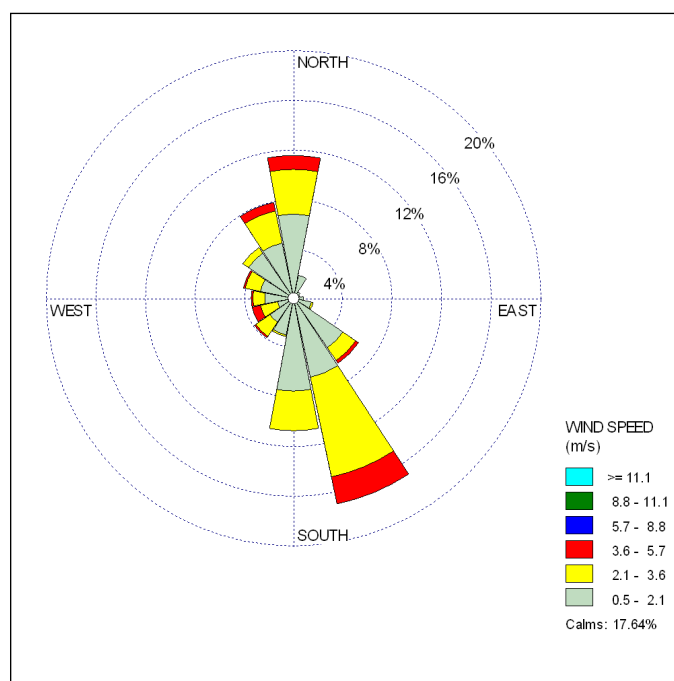


Figura B.4: Velocidad y dirección del viento en Osorno, abril 2006.

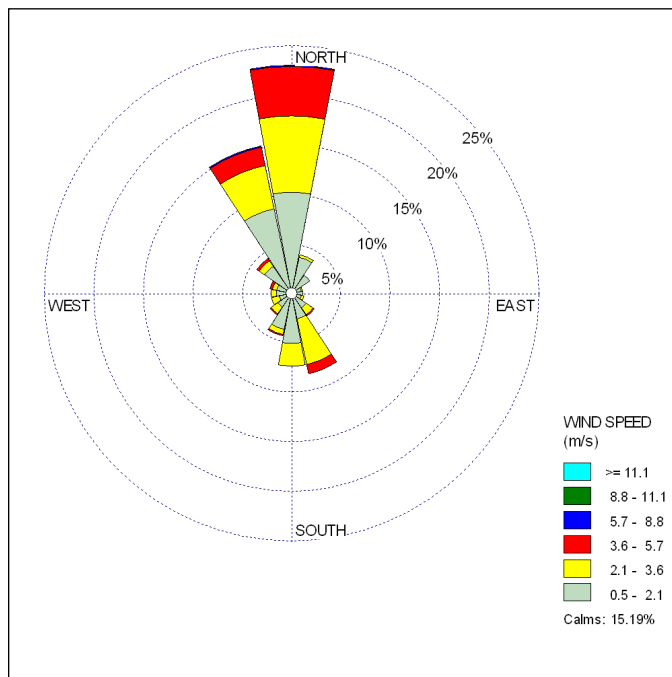


Figura B.5: Velocidad y dirección del viento en Osorno, mayo 2006.

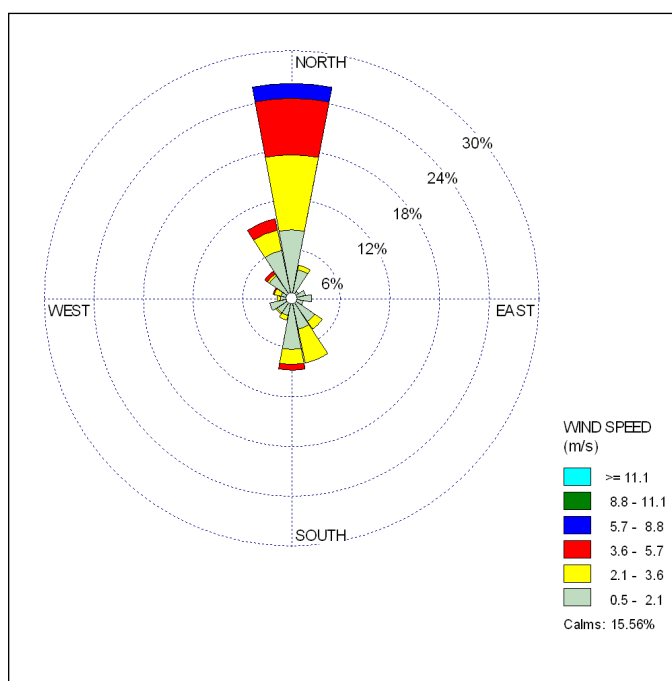


Figura B.6: Velocidad y dirección del viento en Osorno, junio 2006.

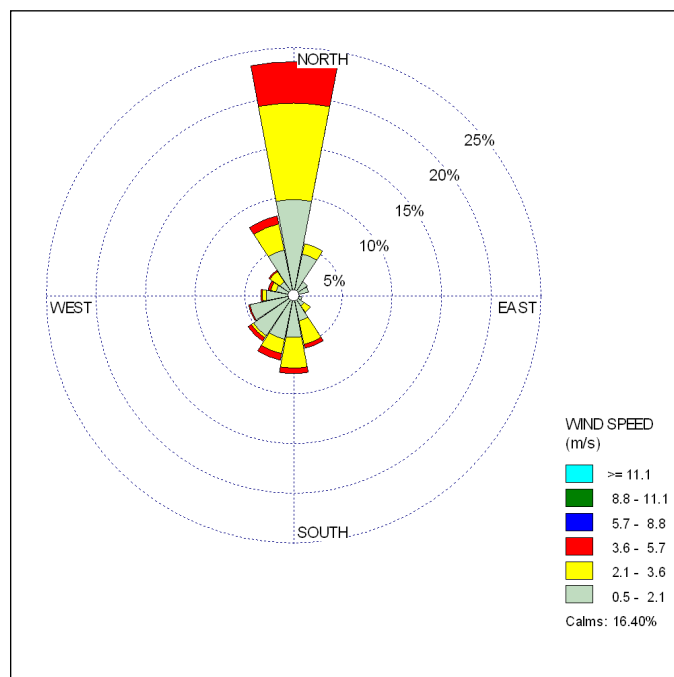


Figura B.7: Velocidad y dirección del viento en Osorno, julio 2006.

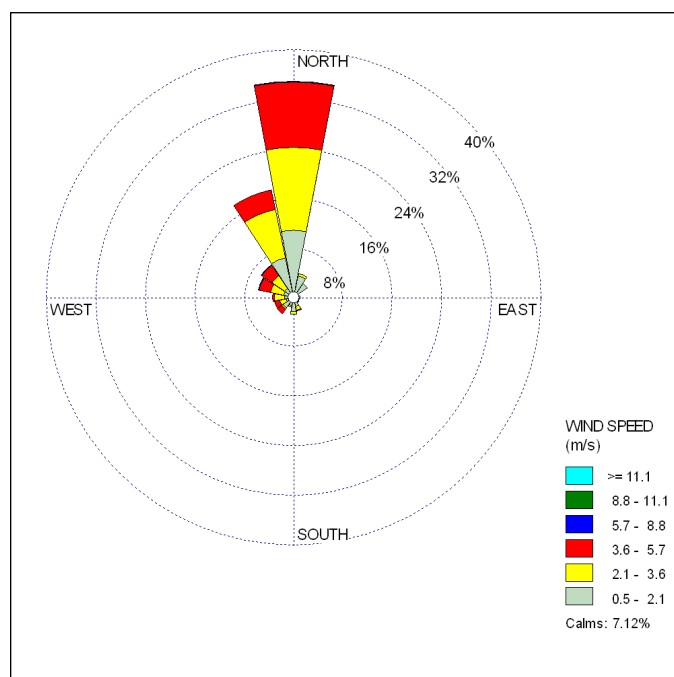


Figura B.8: Velocidad y dirección del viento en Osorno, agosto 2006.

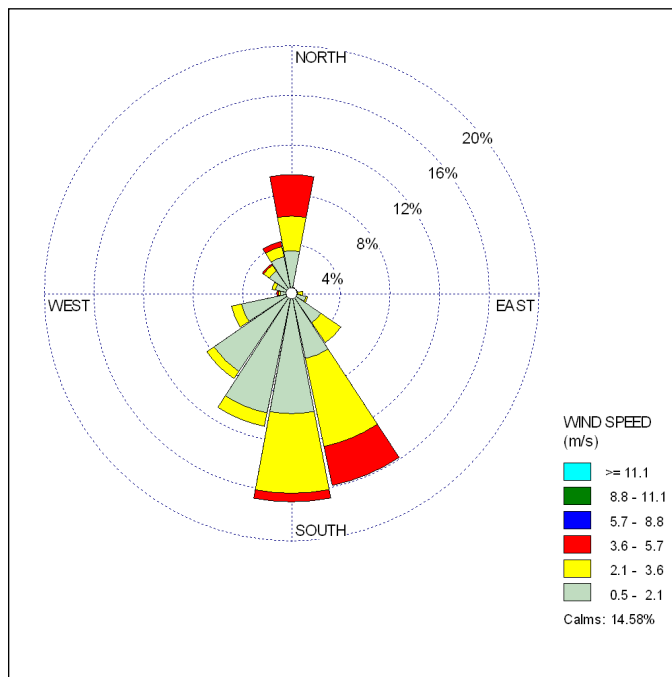


Figura B.9: Velocidad y dirección del viento en Osorno, septiembre 2006.

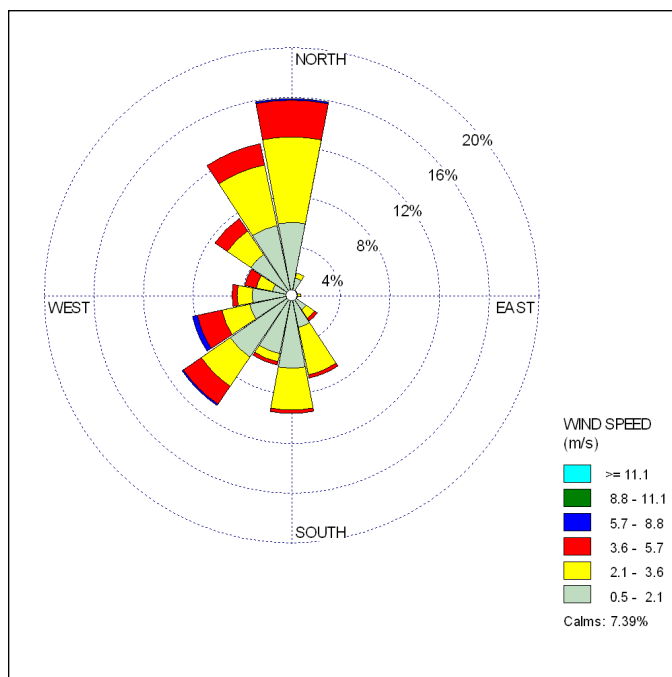


Figura B.10: Velocidad y dirección del viento en Osorno, octubre 2006.

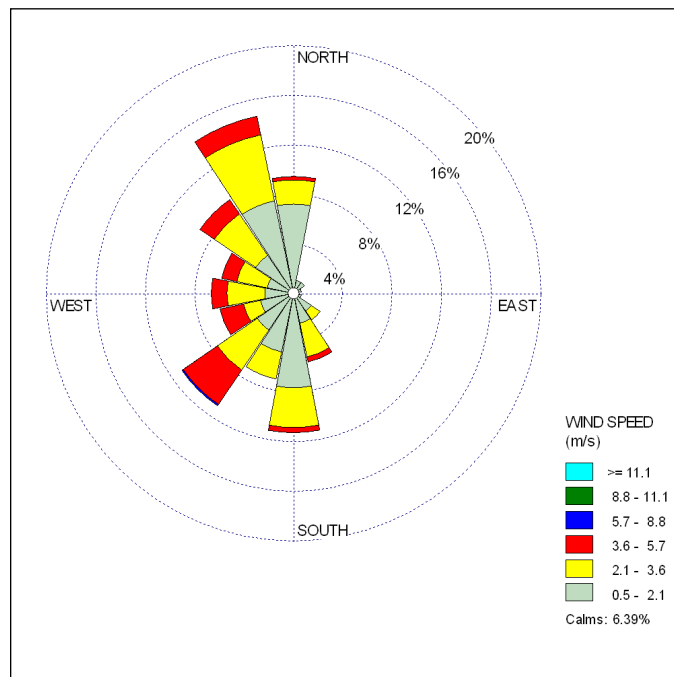


Figura B.11: Velocidad y dirección del viento en Osorno, noviembre 2006.

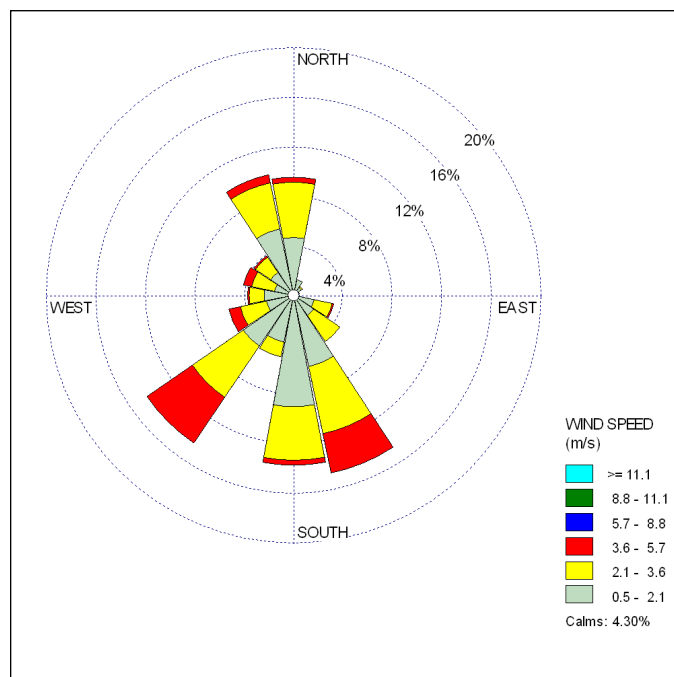


Figura B.12: Velocidad y dirección del viento en Osorno, diciembre 2006.

Índice de tablas

Tabla 2.1: Proyectos inmobiliarios proyectados para la ciudad de Osorno.....	4
Tabla 2.2: Factores de emisión de contaminantes del aire para las cocinas a leña y estufas de combustión lenta de doble cámara.....	6
Tabla 2.3: Factores de emisión de contaminantes del aire para estufas de combustión lenta de doble cámara, ponderados por el contenido de humedad de la leña y operación del calefactor	7
Tabla 2.4: Proporción de equipos a leña según quintil de ingreso	8
Tabla 2.5: Factores de emisión de contaminantes del aire para las calderas de biomasa para los sistemas de calefacción distrital	9
Tabla 3.1: Variables meteorológicas registradas en la estación de calidad del aire ubicada en la ciudad de Osorno.....	12
Tabla 3.2: Niveles considerados para la modelación con CALMET	14
Tabla 3.3: Receptores puntuales considerados para la modelación con CALMET – CALPUFF	15
Tabla 3.4: Norma Primaria de Calidad del Aire para MP10, MP2.5 y CO.....	21
Tabla 4.1: Valores Unitarios Utilizados en la Valoración Monetaria.....	23
Tabla 4.2: Coeficientes de funciones Concentración-Respuesta	24
Tabla 4.3: Tasa de efectos base	24
Tabla 5.1: Emisiones atmosféricas proyectadas para los futuros proyectos inmobiliarios bajo Escenario 1 de calefacción en los hogares	26
Tabla 5.2: Emisiones atmosféricas proyectadas para los futuros proyectos inmobiliarios bajo Escenario 2	28
Tabla 5.3: Distribución de las emisiones atmosféricas proyectadas para los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 1.....	31
Tabla 5.4: Resultados de la simulación del aporte de MP10 y MP2,5 de los futuros proyectos inmobiliarios evaluados a los receptores ubicados dentro de la ciudad de Osorno bajo el Escenario 1.....	32
Tabla 5.5: Resultados de la simulación del aporte de CO y COV de los futuros proyectos inmobiliarios evaluados a los receptores ubicados dentro de la ciudad de Osorno bajo el Escenario 1.....	33

Tabla 5.6: Tasas de emisión de contaminantes atmosféricos proyectadas para los sistemas de distribución de calor de los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 2.....	39
Tabla 5.7: Resultados de la simulación del aporte de MP10 y MP2,5 de los futuros proyectos inmobiliarios a los receptores ubicados dentro de la ciudad de Osorno bajo el Escenario 2.	40
Tabla 5.8: Resultados de la simulación del aporte de CO y COVs de los futuros proyectos inmobiliarios a los receptores ubicados dentro de la ciudad de Osorno bajo el Escenario 2.	41
Tabla 5.9: Efectos Base para Osorno (Millones de pesos, MM\$ año 2012).....	46
Tabla 5.10: Cálculo de Beneficios Totales para la Salud Escenario 2 con calefacción distrital (millones de pesos, MM\$ año 2012).....	47

Índice de figuras

Figura 1.1: Percentil 98 de concentración 24 horas para MP10, periodo 2009-2012.	1
Figura 1.2: Percentil 98 de concentración 24 horas para MP2,5, periodo 2009-2012.	2
Figura 2.1: Futuros proyectos inmobiliarios en la ciudad de Osorno	5
Figura 2.2: Estacionalidad del consumo de leña en los hogares de Osorno.	7
Figura 3.1: Esquema de los datos requeridos por el modelo CALMET y los subprogramas de procesamiento de información.	11
Figura 3.2: Esquema de los datos requeridos por el modelo CALPUFF.	12
Figura 3.3: Dominio de la para el modelo CALMET- CALPUFF	13
Figura 3.4: Receptores puntuales seleccionado para la modelación con CALMET – CALPUFF en Osorno	16
Figura 3.5: Detalle de la topografía para el área de estudio en la ciudad de Osorno.....	17
Figura 3.6: Topografía tridimensional para el área de estudio en para la ciudad de Osorno.....	18
Figura 3.7: Plano Regulador para la Comuna de Osorno, Región de los Lagos.....	19
Figura 3.8: Zonas definidas como zonas para desarrollo de proyectos residenciales H1, H1A, H2 y H3 en el Plano Regulador para la Comuna de Osorno	20
Figura 3.9: intensidad del uso de los artefactos a combustión durante el día durante el invierno.....	22
Figura 5.1: Distribución de las emisiones de MP y otro contaminantes dentro del dominio del modelo para las proyecciones de futuros desarrollos inmobiliarios en la ciudad de Osorno	30
Figura 5.2: Distribución del aporte promedio anual a la concentración ambiental de MP10 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 1.....	34
Figura 5.3: Distribución del aporte promedio máximo de 24 horas a la concentración ambiental de MP10 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 1.	35
Figura 5.4: Distribución del aporte promedio máximo anual a la concentración ambiental de MP2.5 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 1.....	36

Figura 5.5: Variación estacional del aporte promedio diario de MP10 de las emisiones atmosféricas de los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 1.	37
Figura 5.6: Distribución de las emisiones de MP y otro contaminantes dentro del dominio del modelo para las proyecciones de futuros desarrollos inmobiliarios en la ciudad de Osorno.	38
Figura 5.7: Distribución del aporte promedio anual a la concentración ambiental de MP10 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 2.	42
Figura 5.8: Distribución del aporte promedio máximo de 24 hr a la concentración ambiental de MP10 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 3.	43
Figura 5.9: Distribución del aporte promedio máximo anual a la concentración ambiental de MP2.5 por combustión residencial de leña desde futuros proyectos inmobiliarios en Osorno bajo el Escenario 3.	44
Figura 5.10: Variación estacional del aporte promedio diario de MP10 de las emisiones atmosféricas de los futuros proyectos inmobiliarios bajo el Escenario 2.	45