



ANEXOS

ESTUDIO: DISEÑO DE ESCENARIOS PARA APOYAR LA GESTION DEL AIRE EN TEMUCO Y PADRE LAS CASAS

Desarrollado por: Dr. Pedro Sanhueza H.
Msc. Ing. Jorge Cerda T.
Ing. Civil Geógrafo Claudia Pfeng G.
Ing. Ambiental Mónica Torreblanca V.
Ing. Civil Geógrafo Marcos Medina

Preparado para: **CONAMA Región de la Araucanía**

A : Calidad del aire por MP10 en Temuco y Padre Las Casas.
B : Factores de emisión de MP10 por combustión a leña.
C : Resultados aplicación planilla emisiones.xls.
D : Proyección de viviendas según nivel socioeconómico

Octubre 2004



ANEXO A

CALIDAD DEL AIRE POR MP10 EN TEMUCO Y PADRE LAS CASAS



A.1 METODOS PARA AJUSTAR DATOS DE MONITOREO

Desde noviembre de 1997 a diciembre de 2000 se realizó en Temuco un monitoreo de material particulado respirable de carácter exploratorio. Los instrumentos utilizados correspondieron a muestreadores gravimétricos del tipo Impactador Harvard. El monitoreo fue realizado por 24 horas continuas cada 4 días en distintos puntos de la ciudad. A mediados del año 2000 se habilitó la estación de monitoreo continuo Las Encinas. Dicha estación reporta datos de monitoreo de MP10 desde julio del 2000 hasta la fecha en curso. Durante los meses de Enero a Abril del año 2001 el equipo TEOM se seteo a 30°C en vez de 50°C como lo recomienda el procedimiento estándar de monitores TEOM, por tanto los valores registrados en esos meses indican valores de concentraciones más elevados que los esperados con el procedimiento adecuado.

En base a lo establecido en el D.S. N° 59/1998, artículo 7, el método de medición indicado corresponde al asociado al equipo TEOM por lo que valores de concentraciones de MP10 en el marco de la generación del escenario base deben estar referidos a este procedimiento de medición. A fin de aprovechar la data del período de Enero a Abril del 2001, en este estudio se exploraron tres métodos para corregir esos datos, y con esto responder a lo señalado en la normativa.

A.1.1 Corrección en base a estudio internacional

Esta alternativa se basa en los resultados obtenidos por el estudio Norteamericano [4] en octubre del año 2003. Este estudio se encuentra disponible en la siguiente página web: <http://www.nyserda.org/environment/R&Pexecutivesummary.pdf>

En síntesis, el objetivo del estudio fue estudiar la correlación entre equipos TEOM seteados en distintas temperaturas, con las mediciones realizadas con el método de muestreo dicotómico que es el de referencia federal. Para lograr esto, se desarrolló un sistema de muestreo en equilibrio, para reducir el contenido de la humedad del flujo de aire muestreado para que la temperatura del filtro TEOM se pudiera reducir de 50°C a 30°C, donde esta última temperatura está más próxima a la temperatura típica de muestreo del equipo dicotómico. Como ya se especificó anteriormente, la reducción de esta temperatura asociada a la obtención de información, también reduce la pérdida de la masa semi-volátil del material particulado.

Las campañas de monitoreo se realizaron durante múltiples estaciones del año en dos localidades, con mediciones en paralelo de 2 equipos TEOM y un equipo dicotómico. En términos generales, los resultados del equipo TEOM A acondicionado a 30°C presentó una mejor correlación con los resultados del equipo manual dicotómico que con los resultados del equipo TEOM B (50°C), esto para ambas localidades geográficas.

Durante el tiempo cálido, la temperatura de acondicionamiento del equipo TEOM B es más cercano a las temperaturas del ambiente (la temperatura de muestreo del equipo dicotómico).



Bajo tales condiciones, el equipo TEOM B presentó una buena correlación con los resultados del equipo TEOM A y equipo dicotómico.

Durante el tiempo más frío, la diferencia relativa en temperaturas de muestreo es más grande. De esta manera la correlación entre el TEOM B y el equipo dicotómico es menor que la correlación entre el TEOM A y el equipo dicotómico. La correlación entre los equipo TEOM y el equipo dicotómico se muestran en la Figura A.1.

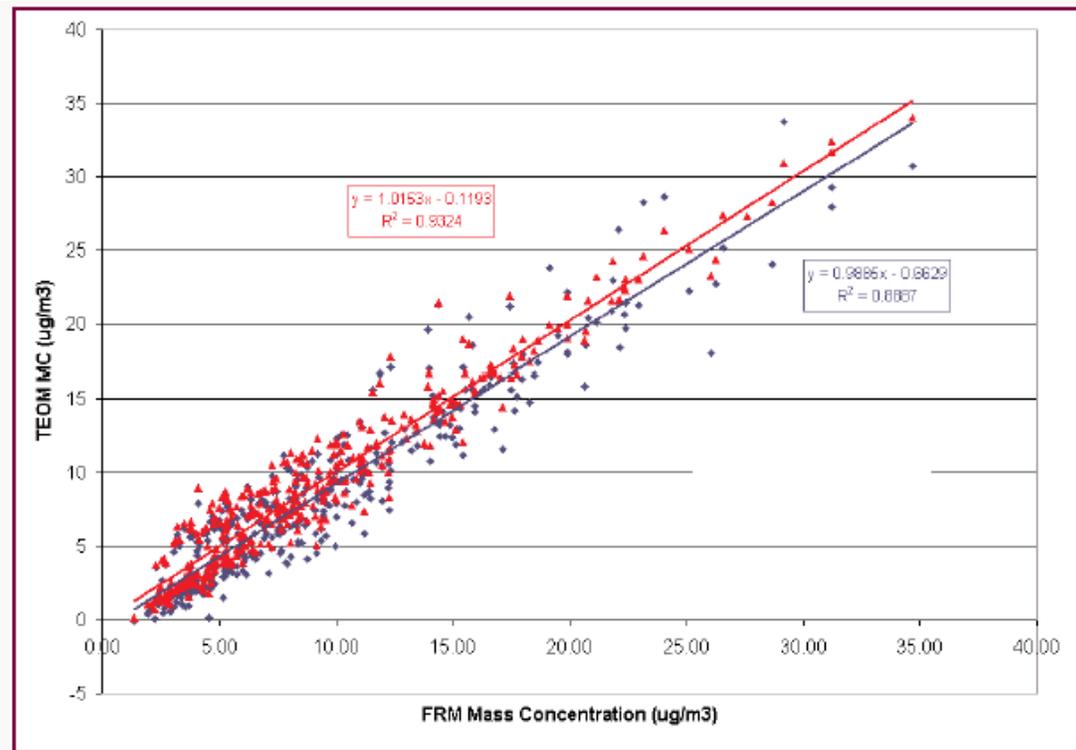


Figura A.1. Comparación de promedios de 24 horas; equipo TEOM A operado a 30°C (línea roja), equipo B operando a 50°C (línea azul) y equipo dicotómico.

En base a la información proporcionada por la figura anterior, se tiene lo siguiente:

$$C_{30} = 1.0163x_d - 0.1193$$

Ecuación 1

$$C_{50} = 0.9886x_d - 0.6629$$

Ecuación 2

Donde:

C_{50} = Concentración TEOM medido a 50°C

C_{30} = Concentración TEOM medido a 30°C.

X_d = Concentración Dicotómico



Despejando las ecuaciones en función de (X_d) e igualando se tiene la siguiente ecuación de corrección:

$$C_{50} = (C_{30} + 0.1193) \times \frac{0.9885}{1.0153} - 0.6629 \quad \text{Ecuación 3}$$

A modo de ejemplo, la Figura A.2 muestra los resultados para el mes de enero de 2001 en las Estación Las Encinas. Se observa una variación leve que en términos de porcentaje llega a un valor cercano a 5% promedio mensual.

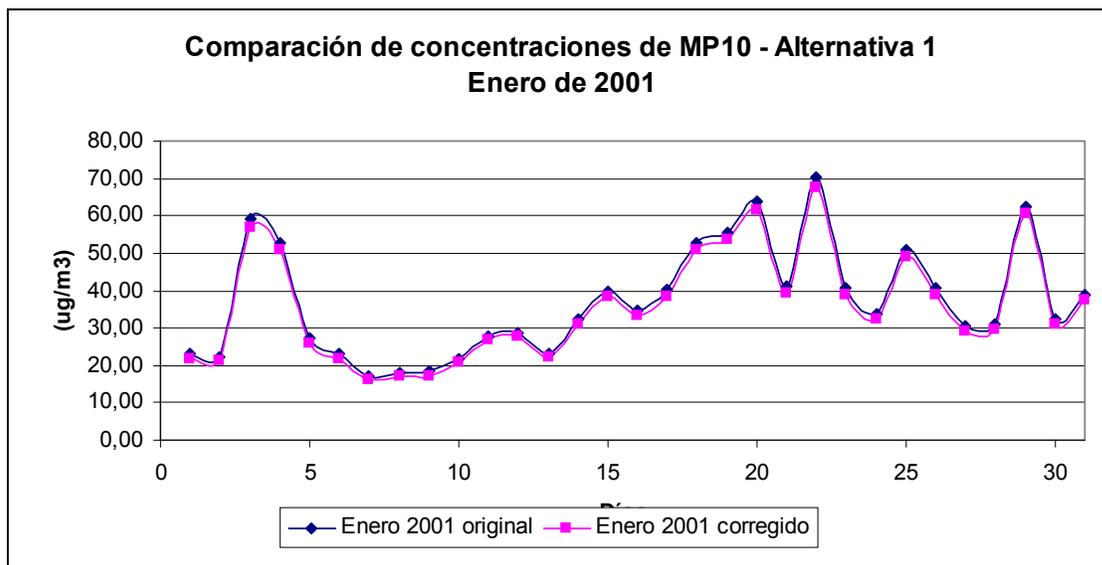


Figura A.2. Comparación concentraciones de MP10 observada y ajustada

A.1.2 Corrección mediante promedios mensuales

Esta alternativa sugerida por profesionales del CENMA, como se desprende de la Ecuación 4, plantea un factor de corrección de las concentraciones diarias para cada uno de los meses que comprende el año 2001 en función de la variación entre la concentración media mensual entre los años 2001 y 2004 y la concentración mensual obtenida para el año 2001, ya que es necesario considerar las diferencias o variaciones interanuales.

La concentración promedio mensual 2001-2004 incluye el año 2001 dentro del promedio como una manera de considerar el peso de dicho año dentro de los promedios anuales.

Como se dijo, es importante considerar las variaciones que existen para los distintos años de monitoreo, ya que no son similares las características meteorológicas entre un año y otro. Por ejemplo, mientras que para el año 2002 se presentó de manera marcada el fenómeno del niño,



el año 2001 experimentó variaciones en sus fenómenos meteorológicos. Así, respecto a las variaciones meteorológicas que se experimentan entre un año y otro, para el año 2002, por ejemplo, se observaron vientos mayores que los reflejados en el 2001, específicamente en los periodos nocturnos, variable que influye en una mayor dispersión de los contaminantes y, por lo tanto, valores de concentraciones más bajas. Este fenómeno se dio específicamente en los meses de Marzo y Abril del 2002 en donde se observaron concentraciones por debajo a las obtenidas en el 2001.

$$FC_{d,01}^m = \frac{C_{01-04}^m}{C_{01}^m} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde,

$FC_{d,01}^m$ = Factor de corrección de la concentración promedio del día d, para el mes m y año 2001.

C_{01-04}^m = Concentración promedio del mes m, de los años 2001 al 2004.

C_{01}^m = Concentración promedio del mes m en el año 2001.

La Tabla A.1 entrega los factores de ajuste en base a la alternativa en cuestión, y la Figura A.3 presenta la comparación de las concentraciones sin ajuste y con la aplicación del factor de corrección en base a la alternativa aquí planteada.

Tabla A.1. Factores de corrección – Alternativa 2

2001_CENMA	Factor de ajuste
Enero	0,91
Febrero	0,76
Marzo	0,62
Abril	0,66

Los resultados de la aplicación de este factor se presentan al final de la sección. A modo de ejemplo la Figura A.3 muestra los resultados para el mes de Enero del 2001.

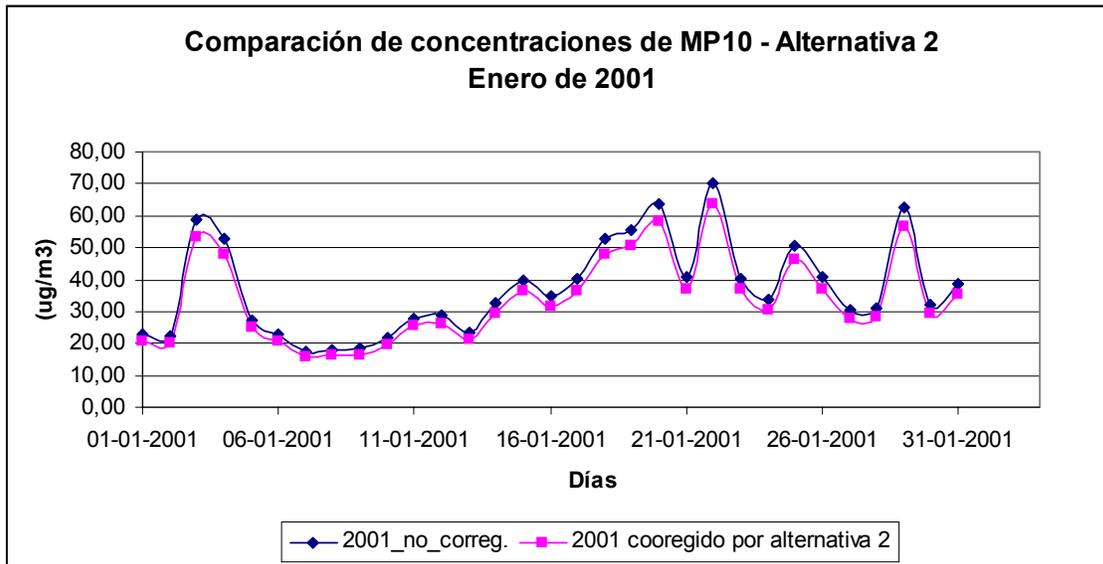


Figura A.3. Comparación concentraciones de MP10 Alternativa 2

A.1.3 Promedios mensuales equivalentes

Otra alternativa consiste en ordenar en forma ascendente las concentraciones de los promedios diarios de 24 horas para cada uno de los meses en cuestión, para los años 2001-2004.

En el caso del año 2001 se deben asociar las fechas a las concentraciones ordenadas. Luego, para cada mes se realiza un promedio entre las concentraciones registradas para los años 2002-2004 que han sido ordenadas de menor a mayor. Se promedian las concentraciones diarias mínimas observadas durante un mes determinado para cada uno de los años, luego se promedian las concentraciones que siguen en magnitud y así sucesivamente hasta llegar a promediar las concentraciones máximas experimentadas durante el mes en cuestión de los años 2002 a 2004.

Realizado este cálculo, se tiene un promedio de valores ordenados en forma ascendente, los cuales se asocian con las fechas del 2001 que ya han sido ordenadas.

En consecuencia, esta alternativa permite obtener un promedio asociado de alguna manera a las concentraciones, relacionando las fechas de ocurrencias de acuerdo a su orden de magnitud.

La Figura A.4 muestra las concentraciones para el mes de Enero ordenadas en forma ascendente. Se muestra además el promedio obtenido mediante la metodología descrita donde se aprecia similitud con las concentraciones del 2004. Los datos para cada uno de los meses se encuentran al final de la sección.

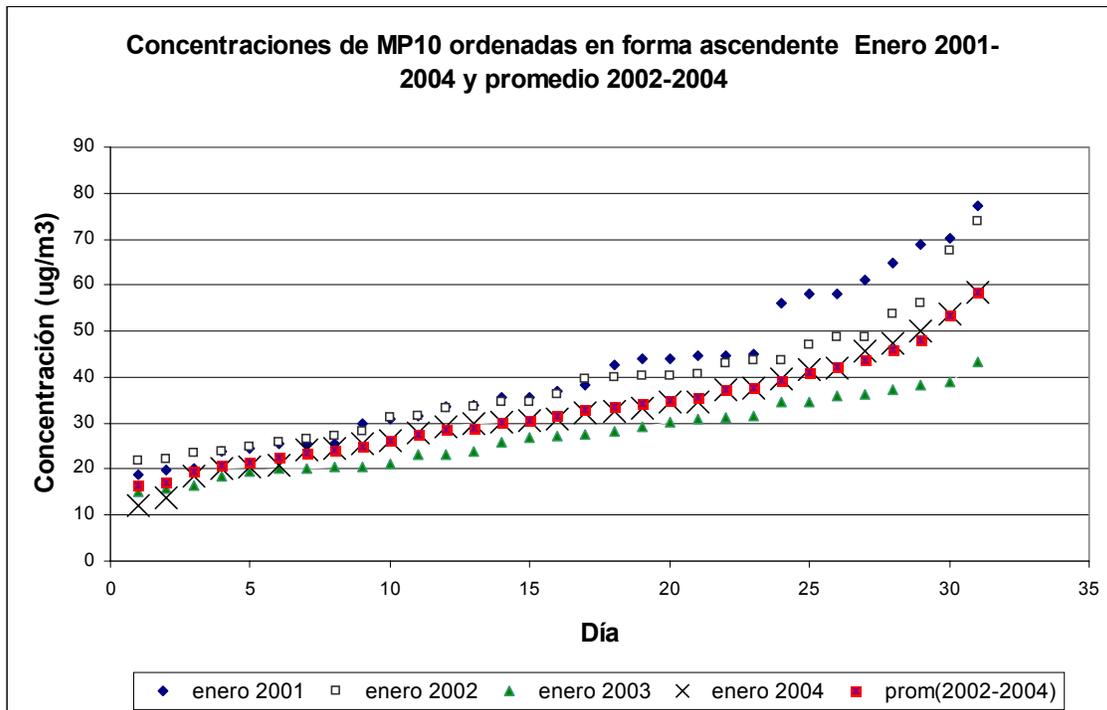


Figura A.4. Concentraciones de MP10 ordenadas en forma ascendente

Finalmente, el consultor propone corregir los valores de concentraciones para los meses de Enero a Abril del 2001 de la Estación Las Encinas mediante los resultados obtenidos del estudio Norteamericano experimental, por basarse en estudios que se enmarcan de manera cercana a la problemática en cuestión. Efectivamente, dicho estudio al efectuar mediciones en paralelo con equipos TEOM acondicionados a 30 y 50 grados Celsius en su búsqueda por encontrar una mejor correlación con muestreadores dicotómicos genera una alternativa factible de implementar, y la mejor de entre las planteadas que no basan su sustento en mediciones reales de equipos a condiciones distintas sino que entregan una manera de suavizar las variaciones mediante métodos matemáticos.

Si bien está presente un nivel de incertidumbre en la implementación de un método de ajuste de los valores originales de concentraciones, la alternativa basada en el estudio norteamericano presentaría el menor grado de incertidumbre entre las otras alternativas. No obstante, debido a la importancia de considerar la información relativa a los meses de Enero a Abril, a fin de cumplir con sobre 8 meses de información de datos válidos como lo establece la norma, el nivel de incertidumbre mencionado es una variable que aunque está presente, no debería impedir la aplicación del ajuste a los valores de concentraciones mediante la alternativa indicada.



Las Tablas A.2 y A.3 presentan el resumen de los resultados luego de aplicar las ecuaciones obtenidas a partir del estudio norteamericano.

Tabla A.2. Resumen CONAMA
Monitoreo 1 de Enero a 30 de Junio 2001 Estación Las Encinas

Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Nº días	31	22	30	25	27	30
Promedio mes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	41	63	77	107	53	73
Máximo día ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	77	115	271		164	231
N días > 120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0	4	8	3	6
N días > 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	0	2	5	2	4
Percentil98	164					

Tabla A.3. Resumen CONAMA
Monitoreo 1 Julio a 31 de Diciembre 2001 Estación Las Encinas

Parámetro	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Nº días	29	31	30	31	30	31
Promedio mes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	56	65	47	32	30	41
Máximo día ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	188	144	101	62	52	64
N días > 120 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3	4	0	0	0	0
N días > 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	0	0	0	0	0



A.2 RESUMEN MONITOREO DE MP10 EN LA CIUDAD DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS

Las tablas que se encuentran a continuación indican el resumen de concentraciones promedio aritmético de 24 horas para las estaciones de Las Encinas y Padre Las Casas.

Posterior a las Tablas indicadas, se entregan los resultados de concentraciones ajustadas por las tres alternativas planteadas por el consultor.



ESTACIÓN LAS ENCINAS - AÑO 2001 - CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m³) (DATOS SIN AJUSTE)

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	25	61	81	99		16	83	20	87	20	22	38
2	25	34	53	52		57	11	37	72	29	17	35
3	65	58	88	85		21	21	61	101	31	27	42
4	58	42	31	72	164	29	112	75	92	28	29	38
5	30		53	94	163	23	162	33	96	33	28	35
6	25		38	151	84	21	30	105	35	44	28	31
7	19		76	198	49	22	18	132	18	26	36	41
8	20		83	105	7	26	52	102	55	36	52	38
9	20		271	46		52	34	76	28	11	45	39
10	24		25	72	102	49	44	70	52	28	21	39
11	31	43	42	81	131	33	15	19	36	32	21	51
12	32	60	35	148	61	32	65	16	51	36	37	43
13	26	45	53	211	77	30	26	28	34	30	17	33
14	36	68	49	91	118	38	84	81	62	30	25	52
15	44	63	38	136	63	44	46	94	67	44	22	47
16	38	54	66	208	11	39	21	144	64	34	33	41
17	44	54	49	180	18	124	36	56	36	25	36	64
18	58	41	32	85	34	188	27	32	27	31	18	37
19	61	56	50	118	32	214	19	78	33	40	28	37
20	70	58	57	116	19	133	36	139	35	33	18	36
21	45	51	119	140	19	231	64	144	43	31	25	45
22	77	57	116	1	28	111	128	84	45	47	20	54
23	45	67	138		47	93	114	66	44	44	27	28
24	37	76	150		19	112	96	27	22	62	34	50
25	56	113	93	73	15	112		15	29	20	27	42
26	45	93	46	60	21	156		20	38	29	40	30
27	34	115	54	60	10	64	188	12	14	27	32	49
28	34	84	54		25	24	45	17	25	19	41	46
29	69				37	32	28	63	47	27	44	46
30	36		116		20	61	15	93	27	26	52	38
31	43		143		65		12	78		29		32



RESUMEN ESTACIÓN LAS ENCINAS - AÑO 2001 - CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m ³) (DATOS SIN AJUSTE)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
N días	31	22	30	25	27	30	29	31	30	31	30	31
Promedio Mensual	41	63	77	107	53	73	56	65	47	32	30	41
Máximo Prom 24 hrs (0:00 -23:00)	77	115	271	211	164	231	188	144	101	62	52	64
N días > 120(ug/m3)	-	-	4	8	3	6	3	4	-	-	-	-
N días > 150(ug/m3)	-	-	2	5	2	4	2	-	-	-	-	-
Percentil 98	188 (enero a diciembre) y 164 (mayo a diciembre)											
Reporte de datos hasta 31 de diciembre de 2001												
Promedios diarios de MP10 corresponden al promedio aritmético de los promedios horarios de cada día (entre 0 y 23h), con un mínimo de 18 valores válidos												



ESTACIÓN LAS ENCINAS - AÑO 2001 - CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m ³) (DATOS CON AJUSTE - ALTERNATIVA 1)												
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	24	59	78	96		16	83	20	87	20	22	38
2	23	33	51	50		57	11	37	72	29	17	35
3	63	56	85	82		21	21	61	101	31	27	42
4	56	41	30	69	164	29	112	75	92	28	29	38
5	29		51	91	163	23	162	33	96	33	28	35
6	24		36	147	84	21	30	105	35	44	28	31
7	18		74	193	49	22	18	132	18	26	36	41
8	19		80	102	7	26	52	102	55	36	52	38
9	19		264	44		52	34	76	28	11	45	39
10	23		24	69	102	49	44	70	52	28	21	39
11	29	42	41	78	131	33	15	19	36	32	21	51
12	30	57	34	144	61	32	65	16	51	36	37	43
13	25	43	51	205	77	30	26	28	34	30	17	33
14	34	66	47	88	118	38	84	81	62	30	25	52
15	42	60	36	132	63	44	46	94	67	44	22	47
16	37	52	64	202	11	39	21	144	64	34	33	41
17	42	52	48	174	18	124	36	56	36	25	36	64
18	56	40	31	82	34	188	27	32	27	31	18	37
19	59	54	48	114	32	214	19	78	33	40	28	37
20	68	56	55	113	19	133	36	139	35	33	18	36
21	43	49	115	136	19	231	64	144	43	31	25	45
22	75	55	113	1	28	111	128	84	45	47	20	54
23	43	65	134		47	93	114	66	44	44	27	28
24	36	73	146		19	112	96	27	22	62	34	50
25	54	109	90	71	15	112		15	29	20	27	42
26	43	90	44	58	21	156		20	38	29	40	30
27	32	112	52	58	10	64	188	12	14	27	32	49
28	33	81	53		25	24	45	17	25	19	41	46
29	67				37	32	28	63	47	27	44	46
30	34		113		20	61	15	93	27	26	52	38
31	41		139		65		12	78		29		32



RESUMEN ESTACIÓN LAS ENCINAS - AÑO 2001 - CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m ³) (DATOS CON AJUSTE – ALTERNATIVA 1)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
N días	31	22	30	25	27	30	29	31	30	31	30	31
Promedio mensual	39	61	74	104	53	73	56	65	47	32	30	41
Máximo Prom 24 hrs (0:00 -23:00)	75	112	264	205	164	231	188	144	101	62	52	64
N días > 120(ug/m3)	0	0	4	8	3	6	3	4	0	0	0	0
N días > 150(ug/m3)	0	0	1	4	2	4	2	0	0	0	0	0
Percentil 98	188 (enero a diciembre) y 164 (mayo a diciembre)											
Reporte de datos hasta 31 de diciembre de 2001												
Promedios diarios de MP10 corresponden al promedio aritmético de los promedios horarios de cada día (entre 0 y 23h), con un mínimo de 18 valores válidos												



ESTACIÓN LAS ENCINAS - AÑO 2002 - CONCENTRACIONES DE MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	22	23	25	38	35	32	141	33	45	22	12	30
2	34	32	34	65	23	23	138	63	34	36	16	33
3	41	21	32	66	26	21	67	43	56	24	15	31
4	68	46	35	63	99	20	93	74	26	29	18	29
5	49	109	38	128	57	22	75	14	31	19	27	33
6	32	62	25	24	37	18	62	15	60	17	20	31
7	74	44	31	41	60	25	131	17	87	32	16	36
8	26	30	35	56	42	11	93	30	60	22	22	29
9	31	26	29	44	70	34	55	54	58	40	20	31
10	44	25	29	56	42		121	22	13	34	14	34
11	40	38	38	42	78		70	36	39	11	16	33
12	24	44	58	77	54	165	71	45	51	18	16	32
13	36	50	26	85	45	264	39	63	60	27	13	26
14	43	51	15	81	14	212	116	53	22	30	17	20
15	47	48	21	60	28	107	82	54	18	40	22	19
16	54	39	28	39	71	142	78	54	19	37	11	29
17	56	28	31	43	123	66	119	28	22	31	15	34
18	33	63	32	70	65	32	59	27	33	31	14	31
19	26	58	36	56	66	33	10	45	20	41	16	24
20	41	63		43	106	63	18	46	27	21	25	25
21	49	53		74	70	137	16	42	29		30	21
22	44	59	34	53	19	122	15	18	26		23	19
23	35	54	40	42	28	160	19	13	39	15	18	19
24	28	59	26	20	25	76	22	19	35	14	12	16
25	27	62	32	49	15	30	34	39	42	14	9	10
26	34	16	47	68	19	29	31	25	37	19	25	15
27	24	21	51	87	29	34	61	12	49	24	29	22
28	40	32	43	30	112	41	123	32	46	26	26	21
29	41		23	61	223	130	38	59	33	21	31	19
30	25		23	71	27	76	95	76	20	21	28	24
31	22		25		19		140	56		22		23



RESUMEN ESTACIÓN LAS ENCINAS - AÑO 2002 - CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m³)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
N días	31	28	29	30	31	28	31	31	30	29	30	31
Promedio mes	38	45	32	58	56	76	72	39	38	25	19	26
Máximo Prom 24 hrs (0:00 - 23:00)	74	109	58	128	223	264	141	76	87	41	31	36
N días > 120	-	-	-	1	2	8	6	-	-	-	-	-
N días > 150	-	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-
Percentil 98	140											
Reporte de datos hasta 31 de diciembre de 2002												
Promedios diarios de MP10 corresponden al promedio aritmético de los promedios horarios de cada día (entre 0 y 23h), con un mínimo de 18 valores válidos												



ESTACIÓN LAS ENCINAS - AÑO 2003 - CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m³)

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	23	37	37	66	111	83	44	31	28	25	32	22
2	28	29	28		53	132	24	81	58	35	44	32
3	31	36	36	25	85	153	82	47	37	49	30	32
4	37	31	51	28	66	33	103	57	17	43	29	14
5	23	35	38	30	93	55	93	58	14	30	31	15
6	38	30	44		20	129	37	48	26	25	21	13
7	36	38	42	29	77	133	15	46	43	11	19	15
8	27	33	36	15	127	98	73	75	46	14	26	17
9	19	22	21		56	67	180	76	72	22	32	31
10	36	37	27	40	86	48	168	24	56	35	35	16
11	32	36	44	39	95	12	156	37	12	36	27	19
12	20	37	46	24	33	30	321	27	39	18	23	20
13	35	46	37	21	44	17	47	90	35	38	15	20
14	35	35	37	26	136	15	36	98	21	36	18	18
15	39	40	34	21	113	14	58	103	67	33	22	20
16	16	34	38	48	107	38	135	98	47	34	9	32
17	27	33		25	82	21	49	26	16	26	17	24
18	31	21		19	127	12	22	19	16	14	27	34
19	20	35	5	22	104	13	8	27	32	15	19	25
20	21	36	12	15	41	47	52	29	37	18	21	31
21	15	42	17	17	41	33	65	46	30	19	25	24
22	29	35	22	30	51	37	66	176	21	19	12	28
23	28	27	27	36	63	43	48	42	28	21	13	31
24	30	29	18	57	118	75	68	40	33	27		30
25	17	35	26	54	45	50	105	32	39	20		23
26	21	28	14	57	149	25	142	26	26	25	14	11
27	18	46	11	41	145	36	134	77	42	38	26	16
28	21	33	13	126	60	78	127	67	47	36	28	20
29	26		20	74	73	36	152	76	49	17	23	25
30	24		23	63	71	35	159	40	33	33	26	30
31	43		26		56		22	33		42		41



RESUMEN ESTACIÓN LAS ENCINAS - AÑO 2003 - CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m³)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre		Noviembre	Diciembre
N días	31	28	29	27	31	30	31	31	30	31	28	31
Promedio mes	27	34	29	39	82	53	90	56	36	27	24	24
Máximo Prom 24 hrs (0:00 - 23:00)	43	46	51	126	149	153	321	176	72	49	44	41
N días > 120	-	-	-	1	5	4	10	1	-	-	-	-
N días > 150	-	-	-	-	-	1	6	1	-	-	-	-
Percentil 98	152											
Reporte de datos hasta 31 de diciembre de 2003												
Promedios diarios de MP10 corresponden al promedio aritmético de los promedios horarios de cada día (entre 0 y 23h), con un mínimo de 18 valores válidos												



ESTACIÓN PADRE LAS CASAS - AÑO 2003 - CONCENTRACIONES DE MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	26	32	40	141	81	43	34	34	31	27	36	13
2	24	21	28	123	56	86	9	57	36	35	54	22
3	24	21	39	62	38	100		24	36	33	33	25
4	35	19	44	49	41	34		43	41	38	28	18
5	25	28	33	58	53	40		48	21	26	36	16
6		30	53	37	15	59		34	29	23	31	13
7		37	46	62	50	94		36	45	17	20	18
8		35	41	27	84	114		90	38	16	25	22
9		22	24		46	57		81	55	28	27	25
10		38	26	85	84	33		32	54	42	32	22
11		30	54	100	90	11		32	18	33	25	17
12		34	54	71	16	27		24	14	20	21	22
13	21	47	45	50	33	18		68	32	38	13	19
14	14	24	29	63	86	21		91	23	42	23	27
15	31	34	27	42	54	22		56	58	25	24	
16	15	36	33	78	58	27		95	58	23	12	
17	23	27	44	45	76	21		30	25	32	20	
18	33	17	41	46	99	14	31	27	21	14	26	
19	21	26	16	36	62	30	14	31	23	19		
20	24	41	22	32	45	32	50	24	30	20		
21	14	51	50	45	29	32	35	26	20	20		
22	23	43	54	33	33	49	62	45	16	18		
23	23	23	67	49	77	44	44	38	26	20		
24	28	26	45	77	50	31	34	31	30	26		
25	14	29	60	76	62	48	36	12	35	30	23	
26	20	23	27	58	48	20	80	20	23	30	15	
27	16	38	16	54	84	22	120	72	30	34	24	
28	19	30	21	77	33	95	101	69	32	32	30	
29	20		35	76	49	38	135	65	46	19	27	
30	16		29	62	50	16	107	39	30	31	20	
31	30		51		54		24	18		35		



RESUMEN ESTACIÓN PADRE LAS CASAS - AÑO 2003 - CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m ³)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Nº días	24	28	31	29	31	30	16	31	30	31	24	14
Promedio mensual (ug/m ³)	22	31	38	63	56	43	57	45	33	27	26	20
Máximo Prom 24 hrs (0:00 - 23:00)	35	51	67	141	99	114	135	95	58	42	54	27
N días > 120 (ug/m ³)	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
N días > 150 (ug/m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Percentil 98	100											
Reporte de datos hasta 16 de diciembre de 2003												
Promedios diarios de MP10 corresponden al promedio aritmético de los promedios horarios de cada día (entre 0 y 23h), con un mínimo de 18 valores válidos												





RESULTADO DE CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m3), ALTERNATIVA 1.

Día	2001				2001_con alternativa 1			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	25	61	81	99	24	59	78	96
2	25	34	53	52	23	32	51	50
3	65	58	88	85	63	56	85	82
4	58	42	31	72	56	40	30	69
5	30		53	94	29		51	91
6	25		38	151	24		36	147
7	19		76	198	18		74	193
8	20		83	105	19		80	102
9	20		271	46	19		264	44
10	24		25	71	23		24	69
11	31	43	42	81	29	41	41	78
12	32	60	35	148	30	57	34	144
13	26	44	53	211	24	43	51	205
14	36	68	49	91	34	66	47	88
15	44	63	38	136	42	60	36	132
16	38	54	66	208	37	52	64	202
17	44	54	49	180	42	52	47	174
18	58	41	32	85	56	40	30	82
19	61	56	50	118	59	54	48	114
20	70	58	57	116	68	56	55	113
21	45	51	119	140	43	49	115	136
22	77	57	116	1	75	54	113	1
23	45	67	138		43	65	134	
24	37	76	150		35	73	146	
25	56	113	93	73	54	109	90	71
26	45	93	46	60	43	90	44	58
27	34	115	54	60	32	112	52	58
28	34	84	54		33	81	52	
29	69				66			
30	36		116		34		113	
31	43		143		41		139	
N días	31	22	30	25	31	22	30	25
Promedio mes (ug/m ³)	41	63	77	107	39	61	74	104
Máximo Prom 24 hrs (0:00 - 23:00)	77	115	271	211	75	112	264	205
N días > 120 (ug/m ³)	0	0	4	8	0	0	4	8
N días > 150 (ug/m ³)	0	0	2	5	0	0	1	4



RESULTADO DE CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m3), ALTERNATIVA 2.

Día	2001				2001_con alternativa 2			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	25	61	81	99	23	46	50	65
2	25	34	53	52	22	26	33	34
3	65	58	88	85	59	44	55	56
4	58	42	31	72	53	32	19	47
5	30		53	94	27		33	62
6	25		38	151	23		24	100
7	19		76	198	17		48	131
8	20		83	105	18		52	69
9	20		271	46	18		170	30
10	24		25	71	22		16	47
11	31	43	42	81	28	33	27	53
12	32	60	35	148	29	45	22	98
13	26	44	53	211	23	34	33	139
14	36	68	49	91	32	52	31	60
15	44	63	38	136	40	47	24	90
16	38	54	66	208	35	41	41	137
17	44	54	49	180	40	41	31	118
18	58	41	32	85	53	31	20	56
19	61	56	50	118	55	42	31	78
20	70	58	57	116	64	44	36	77
21	45	51	119	140	41	39	74	92
22	77	57	116	1	70	43	73	1
23	45	67	138		40	51	86	
24	37	76	150		34	57	94	
25	56	113	93	73	51	85	58	48
26	45	93	46	60	41	70	29	40
27	34	115	54	60	30	87	34	40
28	34	84	54		31	63	34	
29	69				62			
30	36		116		32		73	
31	43		143		39		90	
N días	31	22	30	25	31	22	30	25
Promedio mes (ug/m ³)	41	63	77	107	37	48	48	71
Máximo día (ug/m ³)	77	115	271	211	70	87	170	139
N días > 120 (ug/m ³)	0	0	4	8	0	0	1	3
N días > 150 (ug/m ³)	0	0	2	5	0	0	1	0
Percentil98 (anual)	148				148			



RESULTADO DE CONCENTRACIONES DE MP10 (ug/m3), ALTERNATIVA 3.

Día	2001				2001_con alternativa 3			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	25	61	81	99	24	37	38	40
2	25	34	53	52	22	18	29	21
3	65	58	88	85	46	34	40	32
4	58	42	31	72	41	24	16	29
5	30		53	94	25	47	31	39
6	25		38	151	22	48	20	56
7	19		76	198	16	50	37	60
8	20		83	105	17	51	39	41
9	20		271	46	20	53	121	18
10	24		25	71	21	72	12	28
11	31	43	42	81	26	25	23	32
12	32	60	35	148	27	37	19	53
13	26	44	53	211	24	27	31	68
14	36	68	49	91	31	40	24	35
15	44	63	38	136	34	38	22	48
16	38	54	66	208	33	29	36	65
17	44	54	49	180	35	30	25	59
18	58	41	32	85	42	22	18	33
19	61	56	50	118	44	31	27	46
20	70	58	57	116	53	35	35	44
21	45	51	119	140	38	28	46	50
22	77	57	116	1	59	32	44	16
23	45	67	138		35	39	48	72
24	37	76	150		31	41	63	92
25	56	113	93	73	39	46	41	31
26	45	93	46	60	37	43	23	25
27	34	115	54	60	29	46	32	27
28	34	84	54		29	43	32	87
29	69				48		156	94
30	36		116		30		41	129
31	43		143		34		50	
N días	31	22	30	25	31	28	31	30
Promedio mes (ug/m ³)	41	63	77	107	33	38	39	49
Máximo día (ug/m ³)	77	115	271	211	59	72	156	
N días > 120 (ug/m ³)	0	0	4	8			2	1
N días > 150 (ug/m ³)	0	0	2	5			1	
Percentil98 (anual)	148				148			



A.3 CORRELACIÓN ENTRE ESTACIÓN LAS ENCINAS Y PADRE LAS CASAS

Respecto a la representatividad de la estación Las Encinas y la estación ubicada en Padre Las Casas dentro del proceso de caracterización de la calidad del aire en Temuco, se analizó la correlación de concentraciones en ambas estaciones.

La correlación obtenida entre las concentraciones de MP10 medidas en las estaciones Las Encinas y Padre Las Casas (ver Figura A.5), en el periodo comprendido entre el 1 de Enero y el 16 de Diciembre del 2003, arroja un coeficiente de correlación igual a 0.73, indicando que existe variabilidad en la distribución del MP10 en la ciudad, y por tanto se justifica contar con ambas estaciones.

En promedio las concentraciones observadas en la Estación Padre Las Casas son menores, representando un 65% de las medidas en Las Encinas.

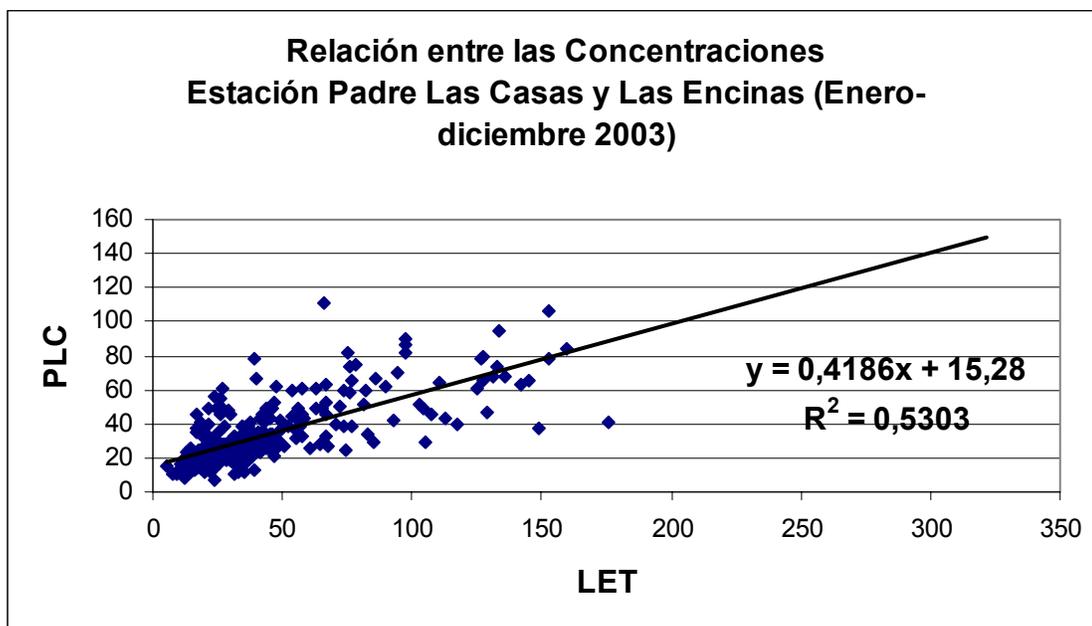


Figura A.5. Correlación concentraciones de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre estaciones Las Encinas y Padre Las Casas



ANEXO B:

FACTORES DE EMISIÓN DE MP10 POR COMBUSTIÓN A LEÑA



B.1 ANALISIS DE LOS FACTORES DE EMISION DE MP10

La emisión de MP de un calefactor o cocina a leña, al igual que muchos otros procesos de combustión, dependen de las siguientes variables:

- . Tamaño del equipo y cantidad de leña consumida
- . Diseño del equipo (calefactor, cocina), que se manifiesta en su eficiencia.
- . Condiciones de la llama
- . Contenido de humedad de la leña
- . Prácticas de operación y mantención

La emisión se expresa básicamente como el producto de un factor de emisión (FE) por un nivel de actividad (NA)

$$E = FE \cdot NA (1 - ER / 100)$$

E = Emisión (Kg/año)

FE = g Contaminante/Kg leña

NA = Consumo de leña expresado en Kg al año

ER = Eficiencia de un equipo de control en la fuente (%).



Los Factores de Emisión (FE) de los equipos a leña, también dependerán de las variables indicadas anteriormente, sin embargo, los elementos de mayor importancia, según estudios realizados [2], son el contenido de humedad de la leña, las prácticas de operación y mantenimiento de los equipos, y el rendimiento del equipo.

- **Variación del Factor de emisión respecto a la Humedad de la leña**

La Figura B.1 muestra gráficamente la dependencia del contenido de humedad con el factor de emisión.

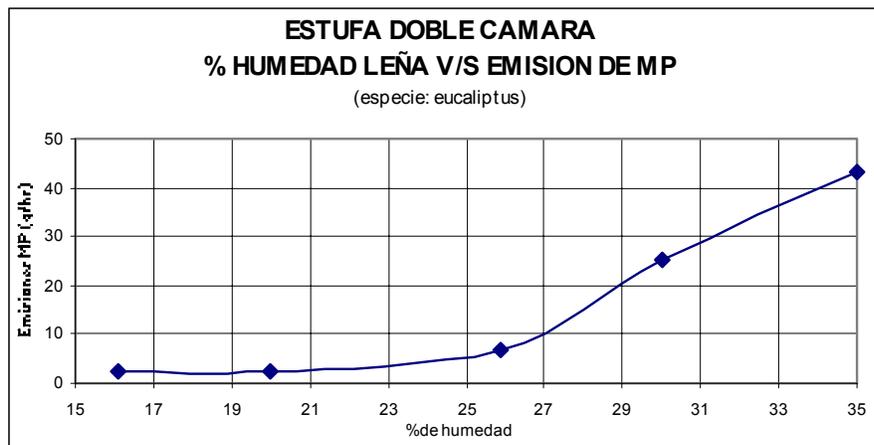


Figura B.1 Variación del Factor de Emisión de MP según Humedad de la leña Fuente CNE, 1992

Tabla B.1 Variación del Factor de Emisión respecto a las condiciones de operación

Poorly used woodheaters or very wet fuel	30
Old model woodheaters used thoughtlessly	15
Old model woodheaters used carefully	7
AS4013 woodheaters used thoughtlessly	7
AS4013 woodheaters used carefully	3.5
Best heater and best use	1.5
Source: Todd, 1997	

Fuente: Apéndice B Woodheater Emissions Management Program for the Tamar Valley – Scoping Study Submitted. Environment Australia May 2001 [13].



B.2 RECOPIACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN DE MP PARA COMBUSTIÓN DE LEÑA

De acuerdo a la revisión bibliográfica, se ha podido recopilar el siguiente conjunto de factores de emisión para una amplia gama de equipos, humedades, y condiciones de operación.

En el año 2001 en la ciudad de Temuco se desarrolló el primer inventario de emisiones [5], donde se analizaron los factores de emisión del inventario de CONAMA RM y los propuestos en el estudio Residential Wood Combustion EIIP-EPA, 2001. A partir del análisis, se seleccionó aquellos que más se acercan a la realidad local de los tipos de calefactores y cocinas a leña presentes en el sur, y las condiciones del combustible en cuanto a su contenido de humedad (este último fue el aspecto más complejo). La Tabla B.2 muestra la información.

Tabla B.2: Factores de Emisión y fuente de referencia utilizado en estudio CENMA – Temuco (g MP10/kg de leña)

Tipo de combustión	Combustión equivalente en Temuco y Padre Las Casas	EIIP/EPA* MP10 (gramos de material particulado / kg leña)	CNE/INTEC (gramos de material particulado / kg leña)
Estufa Convencional (antes de 1988)	Cocina a leña	15,30	--
	Estufa simple (una cámara).	15,30	--
Estufa Catalítica (Fase II)	Estufa doble cámara	8,10	--
Chimenea abierta ^d	Chimenea abierta/albañilería	--	16,60
Salamandras	Salamandras	--	15,86

*/ Las condiciones de este test incluyen la especie Abeto Douglas (pino oregon), con un contenido de humedad entre un 19 y 25%, con una tasa de quemado promedio de 3 kg/hr. Para la certificación de la emisiones la EPA utiliza el Método 28 del Code of Federal Regulation, otros métodos asociados al 28 son los **28A** el cual mide la relación aire-combustible y tasas mínimas de quemado. El **5G/5H**, mide las emisiones de MP en calefactores a leña, a partir de un túnel de dilución.

El año 2002 se realizó el estudio “Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas” [6], donde se utilizó información de estudios alemanes [7], para estimar emisiones de MP por combustión residencial de leña.

Por otra parte, a partir de la asesoría de COSUDE a CONAMA Araucanía, se analizó el uso de los factores de emisión aplicados en los estudios realizados en Chile [8], concluyendo que difieren sustancialmente de mediciones realizadas por el Instituto Federal de Investigación y Pruebas de Material



de Suiza (EMPA). Se constató que las mediciones de EMPA se encuentran dentro de un rango relativamente similar al de los valores de emisión de los estudios alemanes. Para esta comparación se debe considerar que las variaciones en los rangos se deben parcialmente a que las condiciones de combustión entre una y otra referencia no son idénticos. La Tabla B.3 resume la información.

Tabla B.3: Valores de emisiones de material particulado medidos por EMPA y comparados con los factores de emisión de los estudios alemanes

Tipo de combustión	Tipo de leña	Valores de emisiones de material particulado medidos por EMPA (gramos de material particulado / kg leña)	Factores de emisión de material particulado de acuerdo con las referencias alemanas (ver literatura en pie de página)
Combustión en chimeneas, estufas a leña, cocinas a leña, calderas a leña con trozos de leña ¹	Secado al aire con $\approx 15\%$ de H ₂ O (con referencia al peso)	1.5 – 2 g MP / kg leña	0.28 - 1.16 g MP / kg leña
	Leña húmeda con $\approx 30\%$ de H ₂ O (con referencia al peso)	3 – 4 g MP / kg leña	0.4 - 2.4 g MP / kg leña
	Leña fresca con $\approx 40-50\%$ de H ₂ O (con referencia al peso)	3.5 – 7 g MP / kg leña	(Leña con $> 30\%$ de H ₂ O)
Combustión al aire libre (con trozos de leña fresca)	Leña fresca con $\approx 40-50\%$ de H ₂ O (con referencia al peso)	0.5 – 7 g MP / kg leña	---

Por otra parte, se constató en el estudio de Temuco y Padre Las Casas, que los valores de factores de emisión usados difieren en un rango de un factor de 25x (veces) de las referencias alemanas mencionadas. Esta diferencia podría estar relacionada con la escala usada en el estudio alemán (polvo $1/25$ g MP/Nm³), lo cual implicaría una conversión de los valores por un factor de $1/25$ que no fue realizada en el estudio de Temuco y Padre de las Casas.

Respecto al estudio CENMA-CONAMA, tal como se muestra en la Tabla B.2 los factores de emisión están por el rango de 15 g MP₁₀ / kg leña, se observa una diferencia con los valores suizos y alemanes, aunque menos notoria que la señalada en el punto anterior.

Cabe mencionar que, de acuerdo con la Oficina Federal del Medio Ambiente, Bosques y Paisaje de Suiza, se estiman las emisiones de material particulado para toda Suiza y provenientes de la combustión de leña en 1000 toneladas/año (incluyendo todo tipo de fuentes: residenciales, industriales y agricultura). Teniendo en cuenta que este valor se refiere a toda la Suiza, y que los valores en discusión, corresponden solamente a la territorialidad de Temuco y Padre Las Casas, y considerando asimismo las diferencias en tecnología y en la proporción de la leña dentro de la matriz energética, se evidencia que los valores de los estudios chilenos parecen ser muy elevados.

En el estudio de Titulación [9], Lissette Flores realiza una recopilación de factores de emisión para equipos de combustión a leña el cual se muestra en la Tablas B.4.

¹ En el caso de equipos automáticos con virutas y pellets, los valores de emisión medidos son alrededor de la mitad de los valores indicados en la tabla para leña en trozos.

² Se asume como supuesto una tasa de quemado de 2 kg/hora y una emisión de gases de 3 m³N/h.



Tabla B.4 Factores de Emisión de MP10 por tipo de equipo (g/Kg)

Equipo	MP10 (gMP10/Kg leña)
Chimeneas y Cocinas	17.3
Chimeneas (hasta 1988)	17.3
Estufa catalítica (Fase II)	8.1
Estufa convencional	15.3

Fuente: EIIP, Residential Wood Combustión, 2001
(Tabla 2.5 Referencia [9])

En el estudio sobre el inventario de emisiones de la ciudad de Christchurch en Nueva Zelanda [10], se recopilaban factores de emisión para varios contaminantes producidos por la combustión de leña, según equipos, los cuales se presentan en la Tabla B.5.

Tabla B.5 Factores de Emisión Estudio Cristchurch

	Christchurch 99	PM ₁₀	CO	NO _x	SO _x	CO ₂
Wood	Open fire	10	100	1.6	0.2	1600
	Woodburner					
	pre 89	13	130	0.5	0.2	1600
	89-92	7	70	0.5	0.2	1800
	93+	5	50	0.5	0.2	1800
Multifuel burner ¹	13	130	0.5	0.2	1600	
Coal	Open fire	21	80	4	5	2600
	Multifuel burner ¹	28	120	1.2	3.0	2600
Oil		1.3	0.6	2.2	3.8	3200
Gas		0.1	0.4	2	0.01	2500

¹ - includes potbelly, incinerator, coal range and the modern multifuel burner

Fuente: Referencia [10]

Environment Canterbury de Nueva Zelanda, en otro estudio sobre un inventario de emisiones realizado en la ciudad de Timaru, presenta factores de emisión para equipos de combustión a leña doméstica que se reproducen en la Tabla B.6.



Tabla B.6 Factores de Emisión utilizados en Estudio en Timaru Nueva Zelanda

	PM ₁₀ g/kg	CO g/kg	Nox g/kg	SO ₂ g/kg	CO ₂ g/kg	Benzene g/kg	BaP g/kg	Dioxins µg/l TEQ tonne	PM _{2.5} g/kg
Open fire - wood	10	100	1.6	0.2	1600	0.97	0.002	15	10
Open fire - coal	21	80	4	5.0	2600	0.00065	2.7E-06	7.5	12
Woodburner -pre 1991	13	130	0.5	0.2	1600	0.97	0.003	2	13
Woodburner - 91-96	7	70	0.5	0.2	1800	0.97	0.003	2	7
Woodburner - 1997 +	6	60	0.5	0.2	1800	0.97	0.003	2	6
Multi-fuel – wood	13	130	0.5	0.2	1600	0.97	0.002	2	13
Multi-fuel - coal ¹	28	120	1.2	3.0	2600	0.00065	2.7E-06	7.5	12
Oil	0.59	0.6	2.2	3.8	3200	2.16E-05		0.35	0.43
Gas	0.04	0.18	1.3	7.6E-09	2500	2.13E-03			0.04

¹ - includes potbelly, incinerator, coal range and any enclosed burner that is used to burn coal

Fuente Referencia [11]

La USEPA de Estados Unidos, en su compilación de factores de emisión para combustión residencial [12] presenta los valores que se muestran en la Tabla B.7.

Tabla B.7 Factores de Emisión USEPA-AP42

Estufa a leña	g MP10/Kg leña
Convencional	15.3
No catalítica	9.8
Catalítica	10.2

El estudio realizado por la Environment Australia [13], muestra factores emisivos que dependen de las condiciones de operación. Tabla B.8.

Tabla B.8 Factores de Emisión de acuerdo a las condiciones de uso

<i>Category of woodheater and/or user behaviour</i>	<i>Emission factor(g/kg)</i>
Poorly used woodheaters or very wet fuel	30
Old model woodheaters used thoughtlessly	15
Old model woodheaters used carefully	7
AS4013 woodheaters used thoughtlessly	7
AS4013 woodheaters used carefully	3.5
Best heater and best use	1.5

Source: Todd, 1997

Fuente Referencia [13]



B.3 EFICIENCIA Y RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS

La eficiencia de combustión de un equipo a leña es un parámetro importante junto a los factores de emisión y el porcentaje de degradación de los equipos al momento de determinar la emisión de PM10. La US EPA ha determinado los rendimientos para diversos equipos a leña, ver Tabla B.9.

La eficiencia de un equipo se obtiene al multiplicar la eficiencia de combustión por la eficiencia de la transferencia de calor.

El porcentaje de degradación se relaciona con la pérdida de la efectividad de un equipo a leña durante un período de operación. Existen muy pocas referencias que permitan estimar las emisiones de un equipo a leña en función de la edad del artefacto.

Otra forma de determinar la eficiencia de un equipo es a través del cociente entre la potencia útil y el consumo térmico

$$\text{Eficiencia} = \text{Potencia útil} / \text{Consumo térmico}$$

Donde:

Potencia útil es la Cantidad de calor/tiempo (Kcal/hr)

Consumo térmico es la Cantidad de energía consumida /tiempo (Kcal/hr)

Tabla B.9 Rendimientos para equipos de combustión a leña, USEPA

Wood Heater Type	Source Classification Code	Net Efficiency (%)	Reference
Wood Stoves			
Conventional	21-04-008-051	54	16
Noncatalytic	21-04-008-050	68	7,10,16
Catalytic	21-04-008-030	68	16,27
Pellet Stoves			
Certified ^b	21-04-008-053	68	9
Exempt ^c		56	17
Masonry Heaters			
All	21-04-008-055	58	18

^a Net efficiency is a function of both combustion efficiency and heat transfer efficiency. The percentages shown here are based on data collected from in-home testing. References 5,8,10-11,17-18,28.

^b Certified = Certified pursuant to 1988 NSPS.

^c Exempt = Exempt from 1988 NSPS (i. e., air-to-fuel ratio >35:1).

Fuente [12]



ANEXO C

RESULTADOS APLICACIÓN PLANILLA EMISIONES.XLS



ESTIMACIÓN DE EMISIONES UTILIZANDO FACTORES DE EMISIÓN PROMEDIOS Y MINIMOS

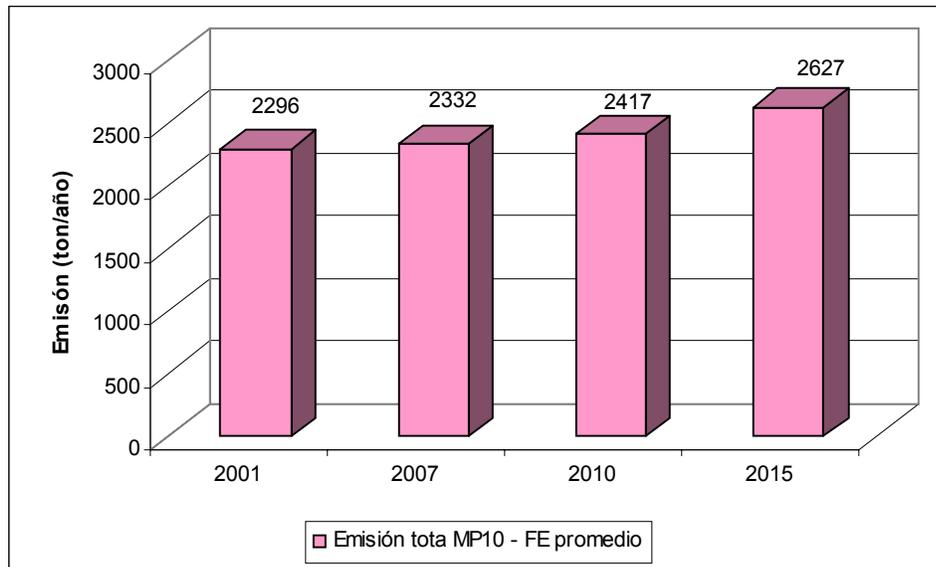


Figura C.1 Emisión anual de MP10 utilizando Factores Emisivos promedio

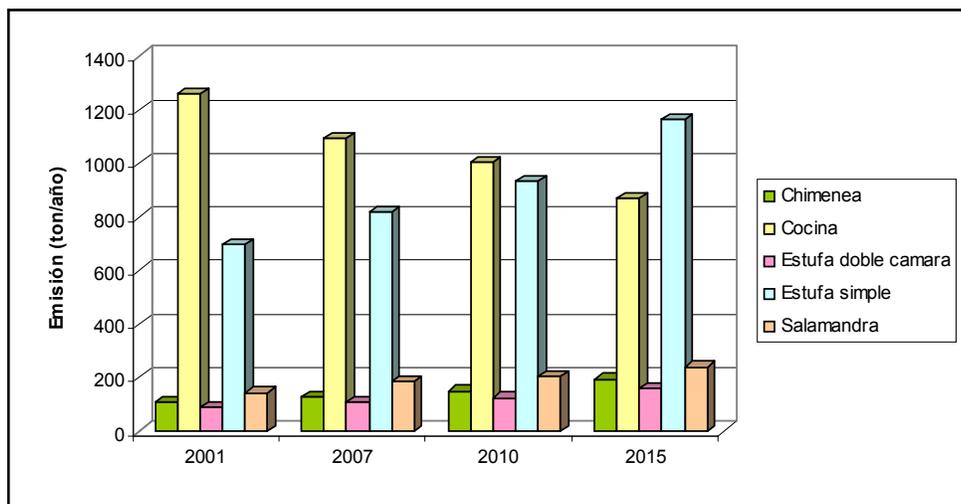


Figura C.2 Emisión de MP10 por artefacto, utilizando Factores Emisivos promedios

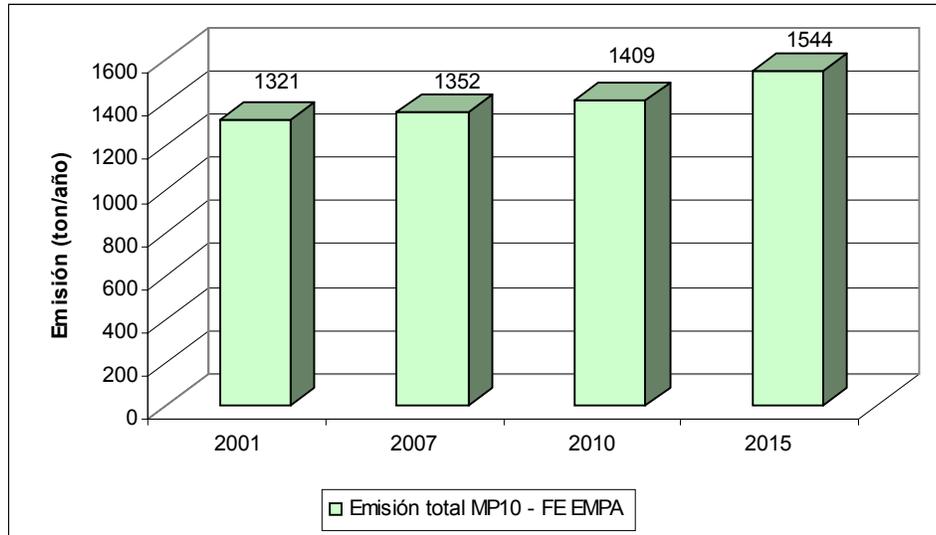


Figura C.3 Emisión anual de MP10 utilizando los Factores Emisivos mínimos (EMPA)

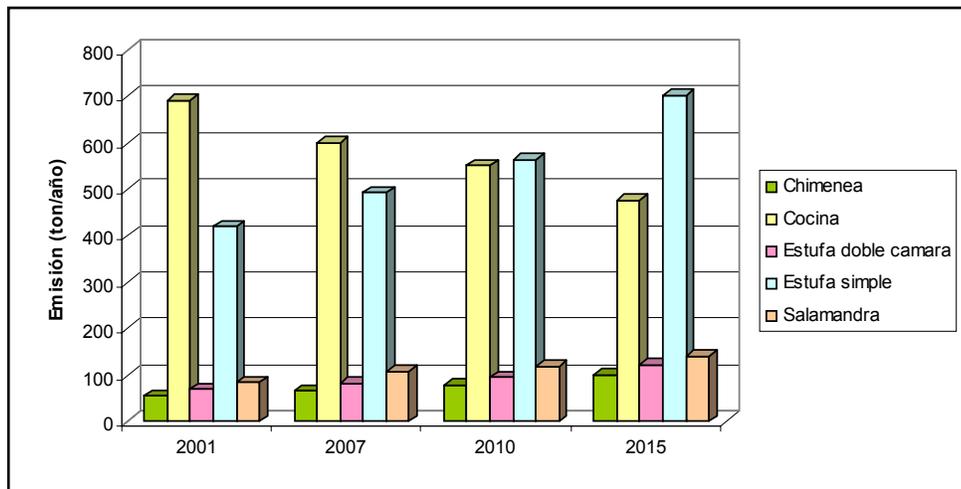


Figura C.4 Emisión de MP10 por artefacto, utilizando Factores Emisivos mínimos

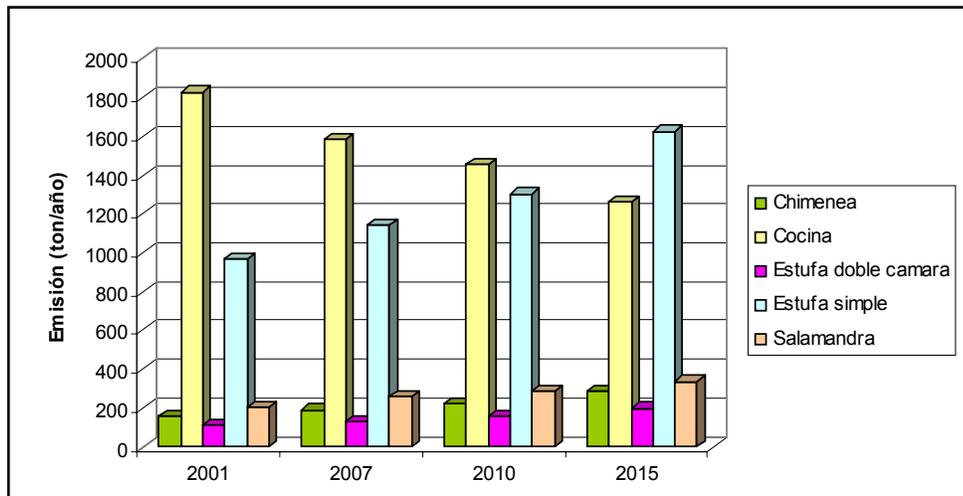


Figura C.5 Emisión de MP10 por tipo de artefacto utilizando Factores Emisivos máximos



ESTIMACIÓN DE EMISIONES UTILIZANDO FACTORES DE EMISIÓN MÁXIMOS CASO BASE Y MEDIDAS DE CONTROL

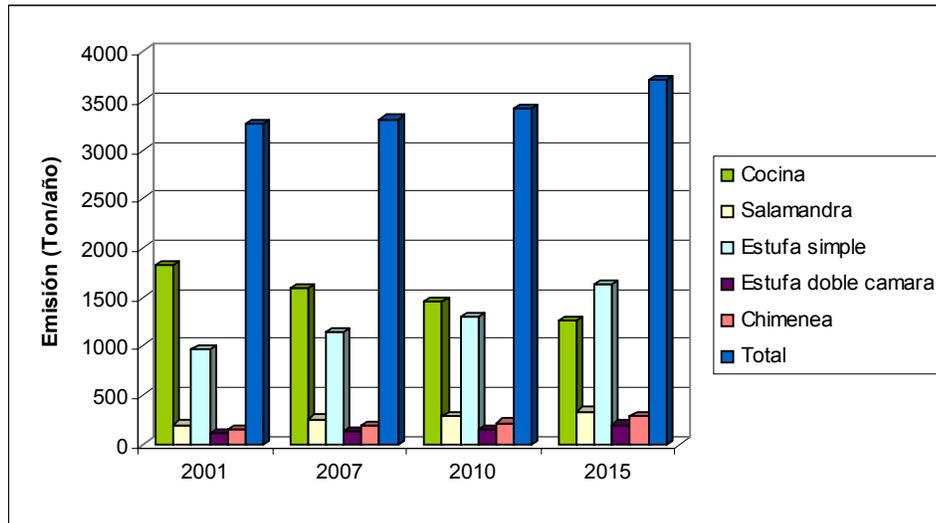


Figura C.6 Emisión de MP10 sin medidas

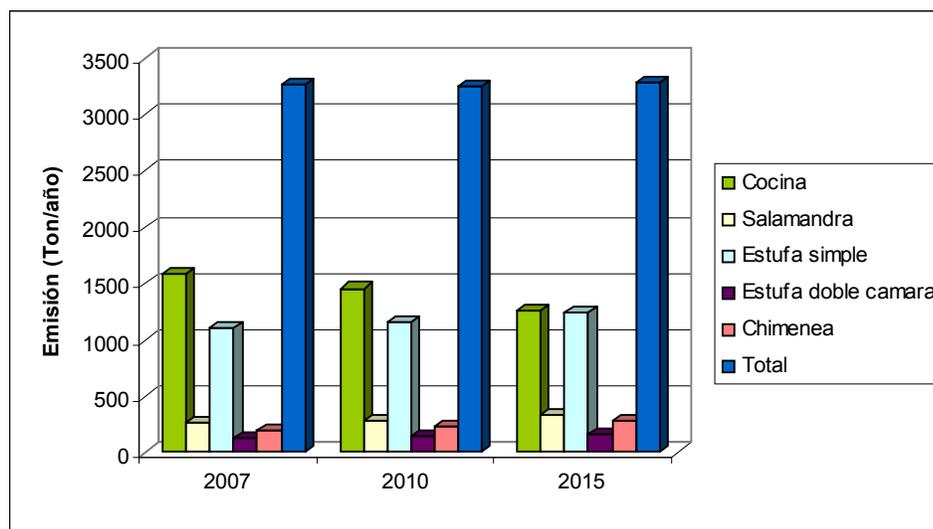


Figura C.7 Emisión de MP10 con Medida M1 (Norma emisión calefactores)

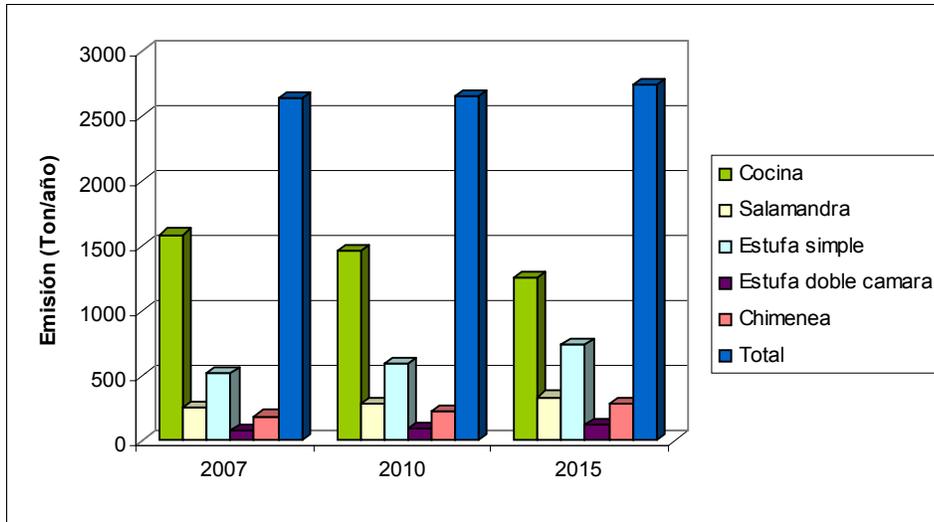


Figura C.8 Emisión de MP10 con Medida M2 (Buenas prácticas de operación)

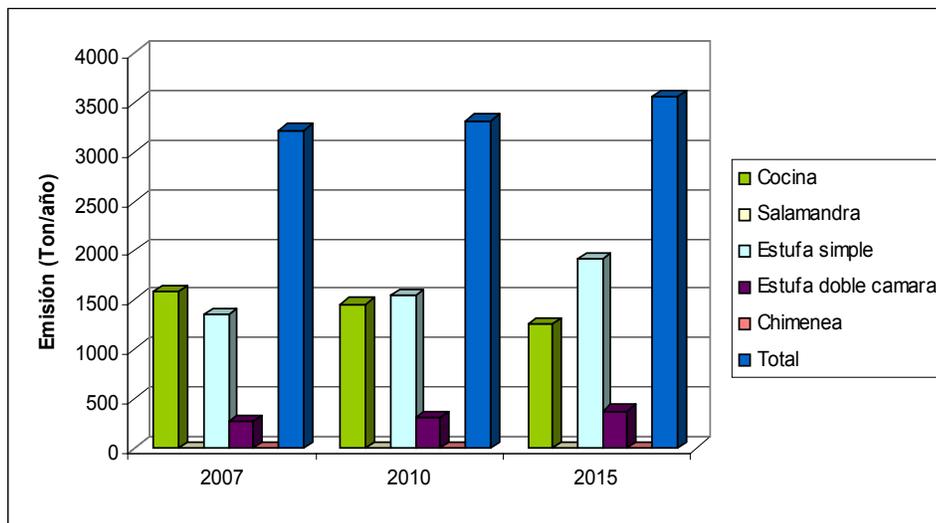


Figura C.9 Emisión de MP10 con Medida M3 (Restricción sistemas abiertos largo Plazo)

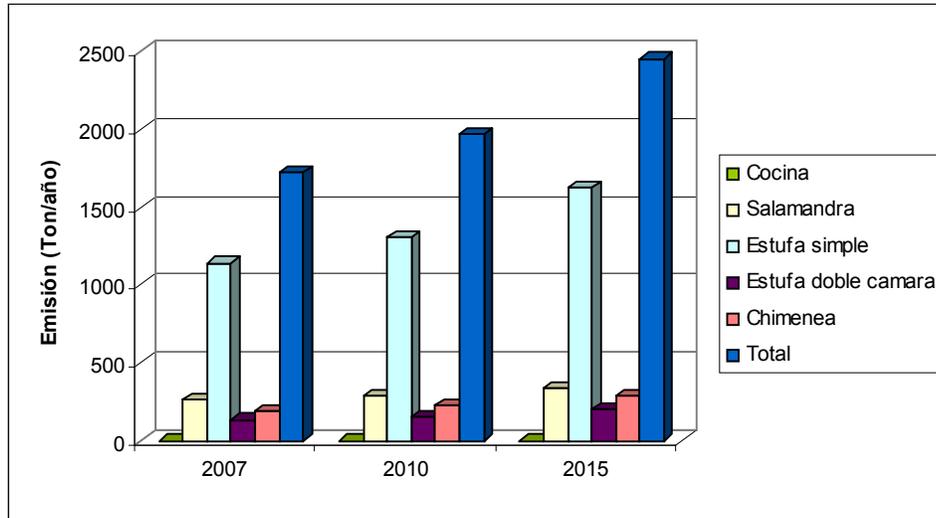


Figura C.10 Emisión de MP10 con Medida M4 (Cambio de leña a GLP en cocinas)

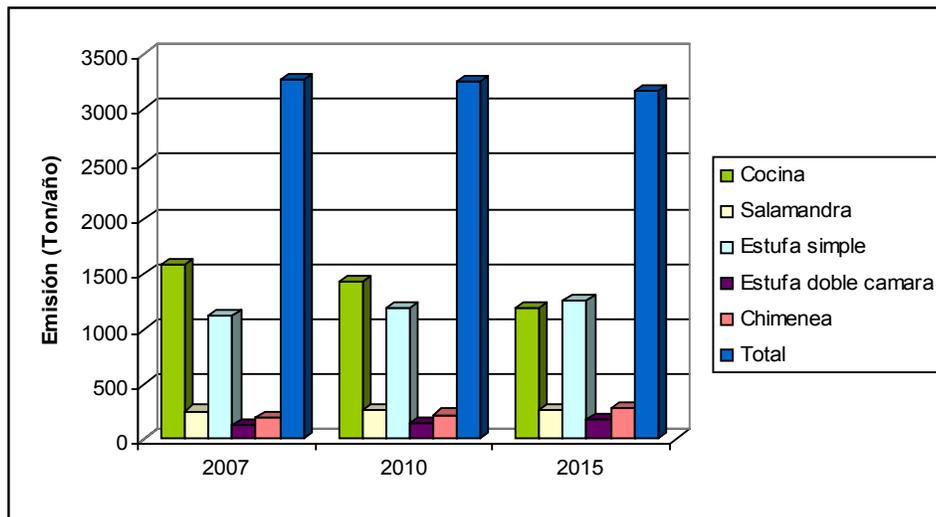


Figura C.11 Emisión de MP10 con Medida M5 (Mejoramiento calidad leña 5% anual)

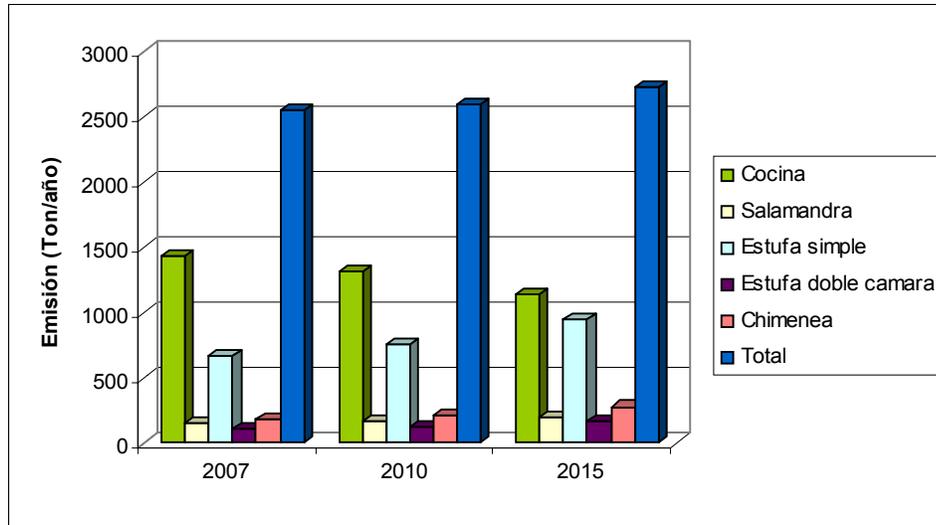


Figura C.12 Emisión de MP10 con Medida M6 (Restricción venta de leña húmeda)



TABLAS CON LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES UTILIZANDO FACTORES DE EMISIÓN MÁXIMOS: CASO BASE Y CON MEDIDAS DE CONTROL

Tabla C.1 Emisión (Ton/año)de MP10 sin medidas

Tipo de Artefacto	2001	2007	2010	2015
Cocina	1828	1588	1458	1260
Salamandra	203	260	287	338
Estufa simple	970	1140	1303	1626
Estufa doble camara	112	133	155	198
Chimenea	158	190	223	288
Total	3270	3312	3425	3711

Tabla C.2 Emisión de MP10 (Ton/año) con Medida M1 (Norma emisión calefactores)

Tipo de Artefacto	2007	2010	2015
Cocina	1588	1458	1260
Salamandra	260	287	338
Estufa simple	1105	1152	1245
Estufa doble camara	129	138	156
Chimenea	190	223	288
Total	3272	3257	3287

Tabla C.3 Emisión de MP10 (Ton/año) con Medida M2 (Buenas prácticas de operación)

Tipo de Artefacto	2007	2010	2015
Cocina	1588	1458	1260
Salamandra	260	287	338
Estufa simple	518	592	739
Estufa doble camara	80	93	120
Chimenea	190	223	288
Total	2637	2653	2745

Tabla C.4 Emisión de MP10 (Ton/año) con Medida M3 (Restricción sistemas abiertos largo Plazo)

Tipo de Artefacto	2007	2010	2015
Cocina	1588	1458	1260
Salamandra	0	0	0
Estufa simple	1357	1544	1914
Estufa doble camara	270	308	381
Chimenea	0	0	0
Total	3216	3310	3555



Tabla C.5 Emisión de MP10 (Ton/año) con Medida M4 (Cambio de leña a GLP en cocinas)

Tipo de Artefacto	2007	2010	2015
Cocina	0	0	0
Salamandra	260	287	338
Estufa simple	1140	1303	1626
Estufa doble camara	133	155	198
Chimenea	190	223	288
Total	1723	1968	2450

Tabla C.6 Emisión de MP10 (Ton/año) con Medida M5 (Mejoramiento calidad leña 5% anual)

Tipo de Artefacto	2007	2010	2015
Cocina	1581	1428	1194
Salamandra	255	261	261
Estufa simple	1117	1187	1254
Estufa doble camara	132	149	180
Chimenea	190	221	283
Total	3274	3246	3172

Tabla C.7 Emisión de MP10 (Ton/año) con Medida M6 (Restricción venta de leña húmeda)

Tipo de Artefacto	2007	2010	2015
Cocina	1438	1320	1141
Salamandra	154	169	199
Estufa simple	666	762	950
Estufa doble camara	110	128	164
Chimenea	184	215	279
Total	2552	2595	2734



GRAFICOS CONSUMO DE LEÑA

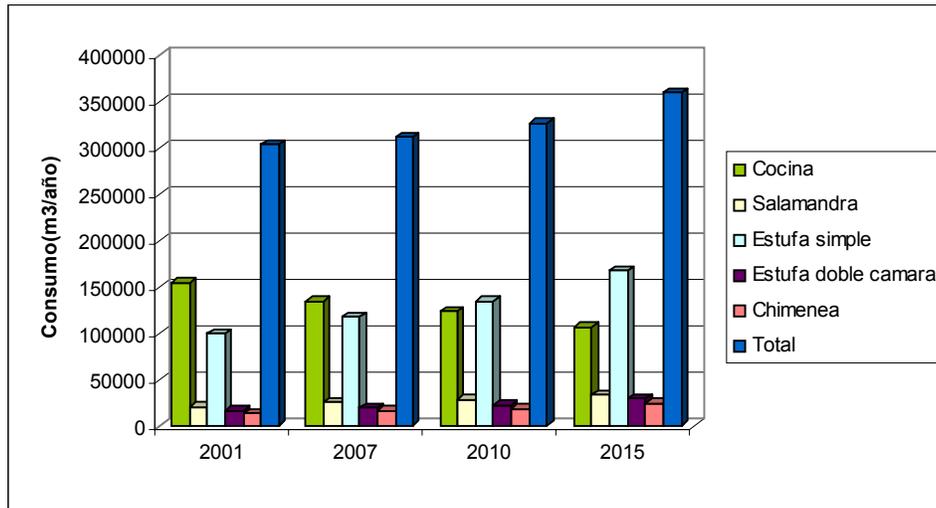


Figura C.13 Consumo de leña según artefacto y año de evaluación: Sin medidas

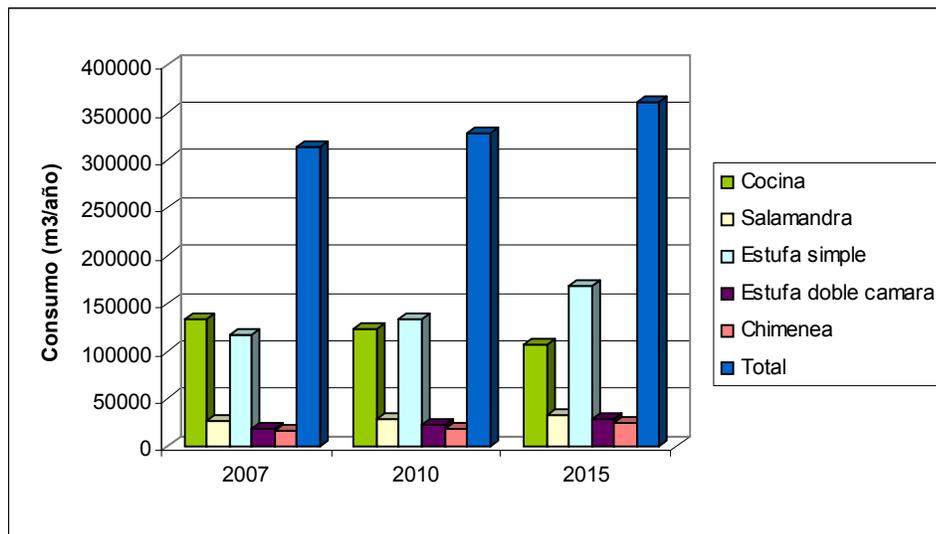


Figura C.14 Consumo de leña según artefacto y año de evaluación: Con medida M1

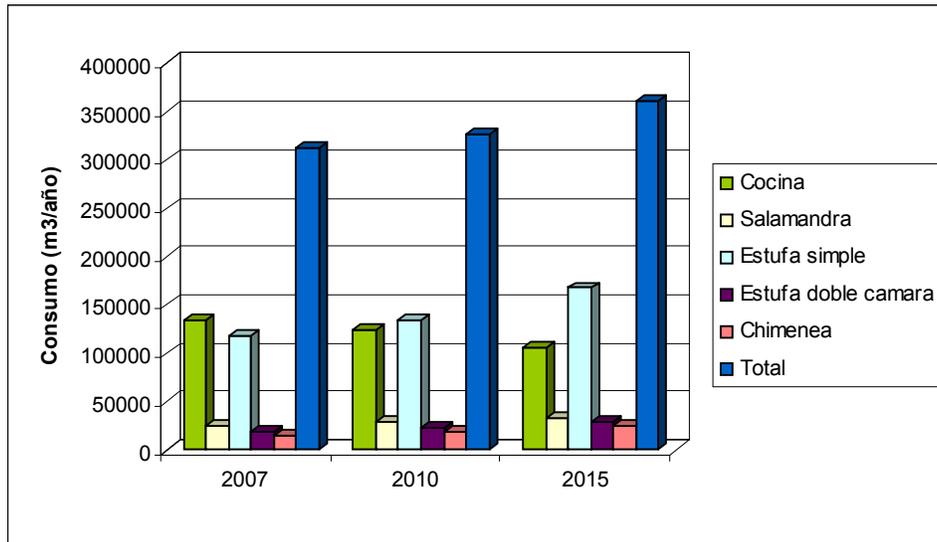


Figura C.15 Consumo de leña según artefacto y año de evaluación: Con medida M2

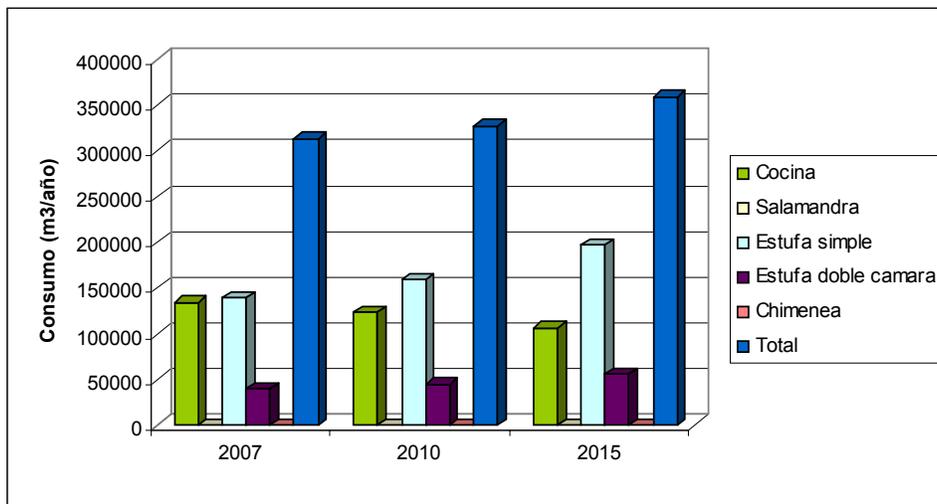


Figura C.16 Consumo de leña según artefacto y año de evaluación: Con medida M3

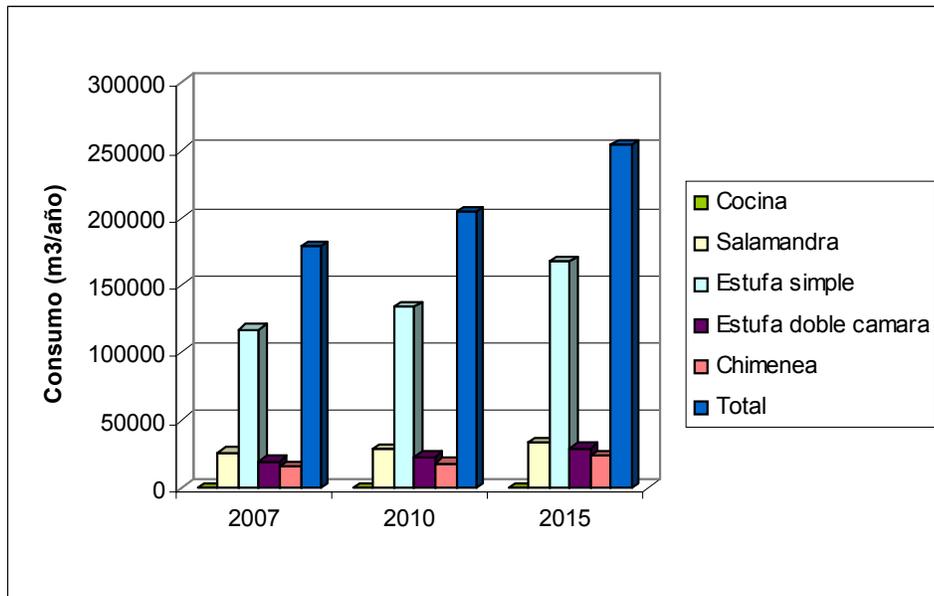


Figura C.17 Consumo de leña según artefacto y año de evaluación: Con medida M4

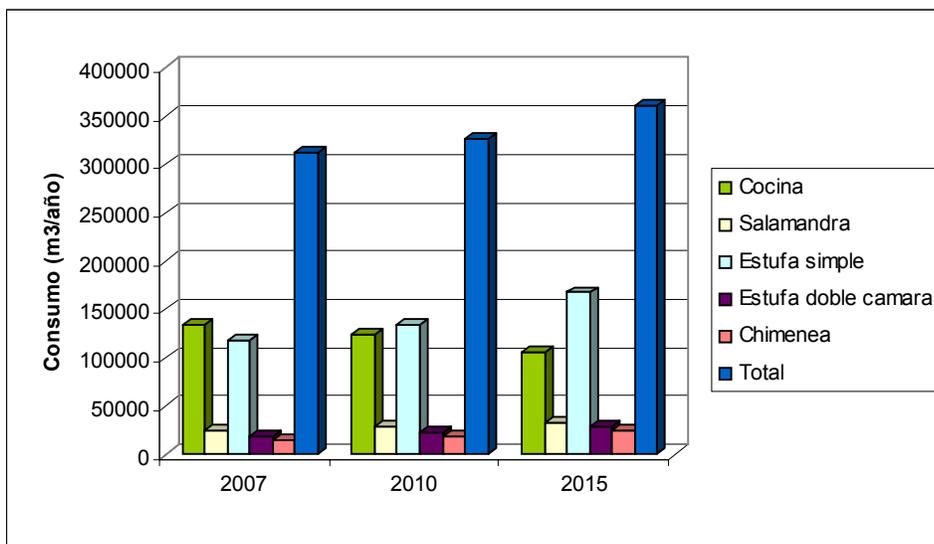


Figura C.18 Consumo de leña según artefacto y año de evaluación: Con medida M5

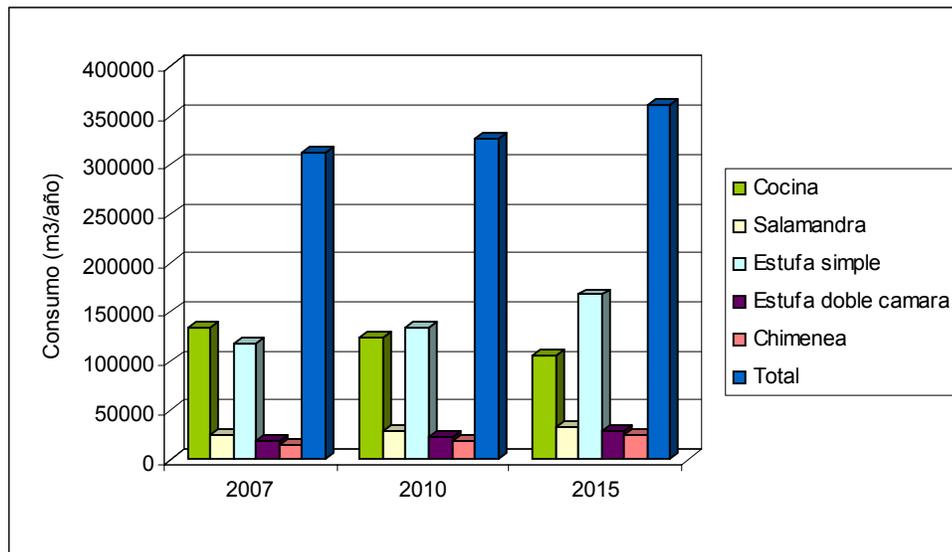


Figura C.19 Consumo de leña según artefacto y año de evaluación: Con medida M6



TABLAS CON LA ESTIMACIÓN DE CONSUMO Y EMISIONES POR NIVEL SOCIO ECONOMICO Y TIPO DE ARTEFACTO: CASO BASE Y CON MEDIDAS DE CONTROL

Tabla C.8 Consumo de leña y Emisión de MP10, caso base (2001)

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	3593	1	43	1
	Salamandra	2113	1	21	1
	Estufa simple	10066	3	98	3
	Estufa doble camara	2447	1	17	1
	Chimenea	2381	1	29	1
Medio	Cocina	38097	13	451	14
	Salamandra	4240	1	43	1
	Estufa simple	69676	23	676	21
	Estufa doble camara	13194	4	90	3
	Chimenea	10732	4	129	4
Bajo	Cocina	112807	37	1335	41
	Salamandra	13792	5	139	4
	Estufa simple	20262	7	197	6
	Estufa doble camara	734	0	5	0
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.9 Consumo de leña y Emisión de MP10 sin medida, año 2007

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4657	1	55	2
	Salamandra	4143	1	42	1
	Estufa simple	19735	6	191	6
	Estufa doble camara	4797	2	33	1
	Chimenea	4669	1	56	2
Medio	Cocina	27393	9	324	10
	Salamandra	4409	1	44	1
	Estufa simple	72459	23	703	21
	Estufa doble camara	13721	4	94	3
	Chimenea	11161	4	134	4
Bajo	Cocina	102214	33	1209	37
	Salamandra	17250	6	174	5
	Estufa simple	25343	8	246	7
	Estufa doble camara	918	0	6	0
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.10 Consumo de leña y Emisión de MP10 sin medida, año 2010

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4637	1	55	2
	Salamandra	5074	2	51	1
	Estufa simple	24171	7	235	7
	Estufa doble camara	5875	2	40	1
	Chimenea	5718	2	69	2
Medio	Cocina	26166	8	310	9
	Salamandra	5065	2	51	1
	Estufa simple	83240	25	808	24
	Estufa doble camara	15762	5	108	3
	Chimenea	12821	4	154	4
Bajo	Cocina	92437	28	1094	32
	Salamandra	18328	6	185	5
	Estufa simple	26927	8	261	8
	Estufa doble camara	975	0	7	0
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.11 Consumo de leña y Emisión de MP10 sin medida, año 2015

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4503	1	53	1
	Salamandra	6956	2	70	2
	Estufa simple	33136	9	321	9
	Estufa doble camara	8055	2	55	1
	Chimenea	7839	2	94	3
Medio	Cocina	24232	7	287	8
	Salamandra	6380	2	64	2
	Estufa simple	104841	29	1017	27
	Estufa doble camara	19852	6	136	4
	Chimenea	16148	4	194	5
Bajo	Cocina	77791	22	920	25
	Salamandra	20178	6	203	5
	Estufa simple	29644	8	288	8
	Estufa doble camara	1073	0	7	0
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.12 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M1 (Norma emisión calefactores), año 2007

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4657	1	55	2
	Salamandra	4143	1	42	1
	Estufa simple	19735	6	182	6
	Estufa doble camara	4797	2	32	1
	Chimenea	4669	1	56	2
Medio	Cocina	27393	9	324	10
	Salamandra	4409	1	44	1
	Estufa simple	72459	23	680	21
	Estufa doble camara	13721	4	91	3
	Chimenea	11161	4	134	4
Bajo	Cocina	102214	33	1209	37
	Salamandra	17250	6	174	5
	Estufa simple	25343	8	242	7
	Estufa doble camara	918	0	6	0
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.13 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M1 (Norma emisión calefactores), año 2010

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4637	1	55	2
	Salamandra	5074	2	51	2
	Estufa simple	24171	7	194	6
	Estufa doble camara	5875	2	35	1
	Chimenea	5718	2	69	2
Medio	Cocina	26166	8	310	10
	Salamandra	5065	2	51	2
	Estufa simple	83240	25	710	22
	Estufa doble camara	15762	5	97	3
	Chimenea	12821	4	154	5
Bajo	Cocina	92437	28	1094	34
	Salamandra	18328	6	185	6
	Estufa simple	26927	8	247	8
	Estufa doble camara	975	0	6	0
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.14 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M1 (Norma emisión calefactores), año 2015

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4503	1	53	2
	Salamandra	6956	2	70	2
	Estufa simple	33136	9	220	7
	Estufa doble camara	8055	2	41	1
	Chimenea	7839	2	94	3
Medio	Cocina	24232	7	287	9
	Salamandra	6380	2	64	2
	Estufa simple	104841	29	771	23
	Estufa doble camara	19852	6	109	3
	Chimenea	16148	4	194	6
Bajo	Cocina	77791	22	920	28
	Salamandra	20178	6	203	6
	Estufa simple	29644	8	254	8
	Estufa doble camara	1073	0	7	0
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.15 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M2 (Buenas prácticas de operación), año 2007

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4657	1	55	2
	Salamandra	4143	1	42	2
	Estufa simple	19735	6	87	3
	Estufa doble camara	4797	2	20	1
	Chimenea	4669	1	56	2
Medio	Cocina	27393	9	324	12
	Salamandra	4409	1	44	2
	Estufa simple	72459	23	320	12
	Estufa doble camara	13721	4	57	2
	Chimenea	11161	4	134	5
Bajo	Cocina	102214	33	1209	46
	Salamandra	17250	6	174	7
	Estufa simple	25343	8	112	4
	Estufa doble camara	918	0	4	0
	Chimenea	0	0	0	0



**Tabla C.16 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M2 (Buenas prácticas de operación),
año 2010**

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4637	1	55	2
	Salamandra	5074	2	51	2
	Estufa simple	24171	7	107	4
	Estufa doble camara	5875	2	24	1
	Chimenea	5718	2	69	3
Medio	Cocina	26166	8	310	12
	Salamandra	5065	2	51	2
	Estufa simple	83240	25	367	14
	Estufa doble camara	15762	5	65	2
	Chimenea	12821	4	154	6
Bajo	Cocina	92437	28	1094	41
	Salamandra	18328	6	185	7
	Estufa simple	26927	8	119	4
	Estufa doble camara	975	0	4	0
	Chimenea	0	0	0	0

**Tabla C.17 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M2 (Buenas prácticas de operación),
año 2015**

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4503	1	53	2
	Salamandra	6956	2	70	3
	Estufa simple	33136	9	146	5
	Estufa doble camara	8055	2	33	1
	Chimenea	7839	2	94	3
Medio	Cocina	24232	7	287	10
	Salamandra	6380	2	64	2
	Estufa simple	104841	29	462	17
	Estufa doble camara	19852	6	82	3
	Chimenea	16148	4	194	7
Bajo	Cocina	77791	22	920	34
	Salamandra	20178	6	203	7
	Estufa simple	29644	8	131	5
	Estufa doble camara	1073	0	4	0
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.18 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M3 (Restricción sistemas abiertos largo Plazo), año 2007

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4657	1	55	2
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	23013	7	223	7
	Estufa doble camara	7519	2	51	2
	Chimenea	0	0	0	0
Medio	Cocina	27393	9	324	10
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	79300	25	769	24
	Estufa doble camara	20161	6	138	4
	Chimenea	0	0	0	0
Bajo	Cocina	102214	33	1209	38
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	37560	12	364	11
	Estufa doble camara	11826	4	81	3
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.19 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M3 (Restricción sistemas abiertos largo Plazo), año 2010

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4637	1	55	2
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	28185	9	273	8
	Estufa doble camara	9209	3	63	2
	Chimenea	0	0	0	0
Medio	Cocina	26166	8	310	9
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	91097	28	884	27
	Estufa doble camara	23160	7	159	5
	Chimenea	0	0	0	0
Bajo	Cocina	92437	28	1094	33
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	39908	12	387	12
	Estufa doble camara	12565	4	86	3
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.20 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M3 (Restricción sistemas abiertos largo Plazo), año 2015

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4503	1	53	1
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	38639	11	375	11
	Estufa doble camara	12625	4	86	2
	Chimenea	0	0	0	0
Medio	Cocina	24232	7	287	8
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	114738	32	1113	31
	Estufa doble camara	29170	8	200	6
	Chimenea	0	0	0	0
Bajo	Cocina	77791	22	920	26
	Salamandra	0	0	0	0
	Estufa simple	43934	12	426	12
	Estufa doble camara	13833	4	95	3
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.21 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M4 (Cambio de cocina a leña por cocina a gas), año 2007

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	4143	2	42	2
	Estufa simple	19735	11	191	11
	Estufa doble camara	4797	3	33	2
	Chimenea	4669	3	56	3
Medio	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	4409	2	44	3
	Estufa simple	72459	41	703	41
	Estufa doble camara	13721	8	94	5
	Chimenea	11161	6	134	8
Bajo	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	17250	10	174	10
	Estufa simple	25343	14	246	14
	Estufa doble camara	918	1	6	0
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.22 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M4 (Cambio de cocina a leña por cocina a gas), año 2010

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	5074	2	51	3
	Estufa simple	24171	12	235	12
	Estufa doble camara	5875	3	40	2
	Chimenea	5718	3	69	3
Medio	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	5065	2	51	3
	Estufa simple	83240	41	808	41
	Estufa doble camara	15762	8	108	5
	Chimenea	12821	6	154	8
Bajo	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	18328	9	185	9
	Estufa simple	26927	13	261	13
	Estufa doble camara	975	0	7	0
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.23 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M4 (Cambio de cocina a leña por cocina a gas), año 2015

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	6956	3	70	3
	Estufa simple	33136	13	321	13
	Estufa doble camara	8055	3	55	2
	Chimenea	7839	3	94	4
Medio	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	6380	3	64	3
	Estufa simple	104841	41	1017	42
	Estufa doble camara	19852	8	136	6
	Chimenea	16148	6	194	8
Bajo	Cocina	0	0	0	0
	Salamandra	20178	8	203	8
	Estufa simple	29644	12	288	12
	Estufa doble camara	1073	0	7	0
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.24 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M5 (Incremento de un 5% anual de leña seca), año 2007

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4657	1	55	2
	Salamandra	4143	1	41	1
	Estufa simple	19735	6	187	6
	Estufa doble camara	4797	2	33	1
	Chimenea	4669	1	56	2
Medio	Cocina	27393	9	323	10
	Salamandra	4409	1	44	1
	Estufa simple	72459	23	688	21
	Estufa doble camara	13721	4	93	3
	Chimenea	11161	4	134	4
Bajo	Cocina	102214	33	1203	37
	Salamandra	17250	6	170	5
	Estufa simple	25343	8	241	7
	Estufa doble camara	918	0	6	0
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.25 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M5 (Incremento de un 5% anual de leña seca), año 2010

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4637	1	54	2
	Salamandra	5074	2	47	1
	Estufa simple	24171	7	214	7
	Estufa doble camara	5875	2	39	1
	Chimenea	5718	2	68	2
Medio	Cocina	26166	8	303	9
	Salamandra	5065	2	47	1
	Estufa simple	83240	25	735	23
	Estufa doble camara	15762	5	104	3
	Chimenea	12821	4	153	5
Bajo	Cocina	92437	28	1071	33
	Salamandra	18328	6	168	5
	Estufa simple	26927	8	238	7
	Estufa doble camara	975	0	6	0
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.26 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M5 (Incremento de un 5% anual de leña seca), año 2015

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4503	1	50	2
	Salamandra	6956	2	54	2
	Estufa simple	33136	9	248	8
	Estufa doble camara	8055	2	50	2
	Chimenea	7839	2	92	3
Medio	Cocina	24232	7	272	9
	Salamandra	6380	2	50	2
	Estufa simple	104841	29	784	25
	Estufa doble camara	19852	6	123	4
	Chimenea	16148	4	190	6
Bajo	Cocina	77791	22	872	27
	Salamandra	20178	6	157	5
	Estufa simple	29644	8	222	7
	Estufa doble camara	1073	0	7	0
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.27 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M6 (Prohibición de venta de leña húmeda), año 2007

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4657	1	50	2
	Salamandra	4143	1	25	1
	Estufa simple	19735	6	112	4
	Estufa doble camara	4797	2	27	1
	Chimenea	4669	1	54	2
Medio	Cocina	27393	9	293	11
	Salamandra	4409	1	26	1
	Estufa simple	72459	23	411	16
	Estufa doble camara	13721	4	78	3
	Chimenea	11161	4	130	5
Bajo	Cocina	102214	33	1095	43
	Salamandra	17250	6	103	4
	Estufa simple	25343	8	144	6
	Estufa doble camara	918	0	5	0
	Chimenea	0	0	0	0



Tabla C.28 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M6 (Prohibición de venta de leña húmeda), año 2010

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4637	1	50	2
	Salamandra	5074	2	30	1
	Estufa simple	24171	7	137	5
	Estufa doble camara	5875	2	33	1
	Chimenea	5718	2	66	3
Medio	Cocina	26166	8	280	11
	Salamandra	5065	2	30	1
	Estufa simple	83240	25	472	18
	Estufa doble camara	15762	5	89	3
	Chimenea	12821	4	149	6
Bajo	Cocina	92437	28	990	38
	Salamandra	18328	6	109	4
	Estufa simple	26927	8	153	6
	Estufa doble camara	975	0	6	0
	Chimenea	0	0	0	0

Tabla C.29 Consumo de leña y Emisión de MP10 con medida M6 (Prohibición de venta de leña húmeda), año 2015

Nivel Socioeconómico	Tipo de artefacto	CONSUMO (M3/AÑO)	%	EMISION (Ton/año)	%
Alto	Cocina	4503	1	48	2
	Salamandra	6956	2	41	2
	Estufa simple	33136	9	188	7
	Estufa doble camara	8055	2	46	2
	Chimenea	7839	2	91	3
Medio	Cocina	24232	7	260	9
	Salamandra	6380	2	38	1
	Estufa simple	104841	29	594	22
	Estufa doble camara	19852	6	113	4
	Chimenea	16148	4	188	7
Bajo	Cocina	77791	22	833	30
	Salamandra	20178	6	120	4
	Estufa simple	29644	8	168	6
	Estufa doble camara	1073	0	6	0
	Chimenea	0	0	0	0



ANEXO D

PROYECCIÓN DE VIVIENDAS SEGÚN NIVEL SOCIOECONOMICO



Tabla D.1 Proyección del número de viviendas y distribución porcentual según nivel socioeconómico

AÑO	VIV TOTALES	SECTRA		
		ALTO (%)	MEDIO (%)	BAJO (%)
2001	69222	7.5	39.0	53.2
2002	71084	10.1	30.9	59.0
2003	73640	10.7	31.4	57.9
2004	76289	11.3	31.9	56.8
2005	79032	11.9	32.4	55.7
2006	81875	12.3	32.7	54.9
2007	84819	12.8	33.1	54.1
2008	87870	13.2	33.5	53.3
2009	91030	13.6	33.8	52.5
2010	94304	14.1	34.2	51.7
2011	97695	14.5	34.6	50.9
2012	101208	14.9	35.0	50.1
2013	104848	15.4	35.3	49.3
2014	108619	15.8	35.7	48.5
2015	112525	16.2	36.1	47.7
2016	116572	16.6	36.4	46.9
2017	120765	17.1	36.8	46.1

Elaboración Propia