

# OPCIONES DE GESTIÓN PARA REDUCIR EMISIONES EN PLANES DE DESCONTAMINACIÓN DE CONCEPCIÓN METROPOLITANO Y SANTIAGO

Marcelo Fernández

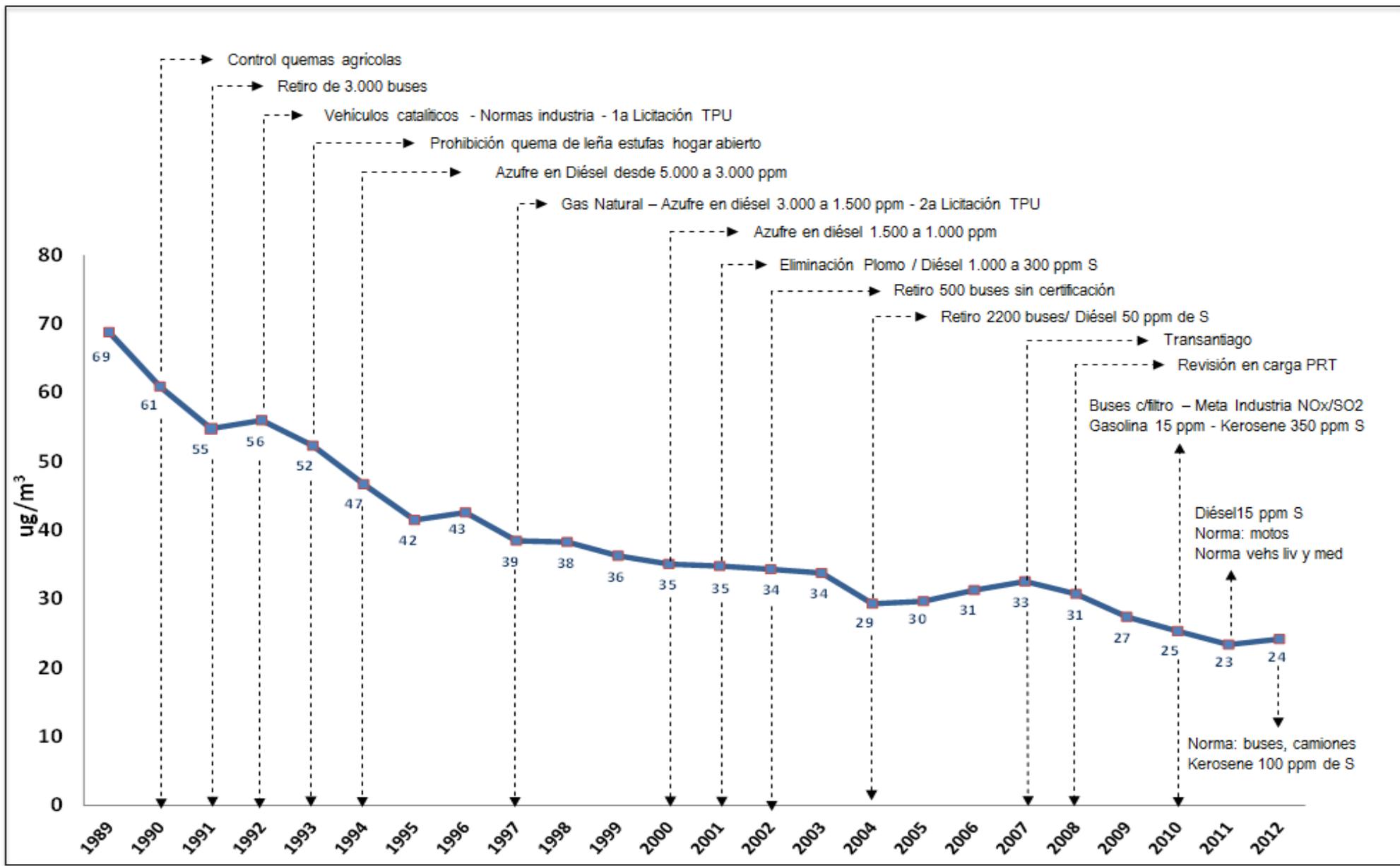
Centro Mario Molina Chile



Centro Mario Molina • Chile



# Evolución del MP2,5 en la Región Metropolitana

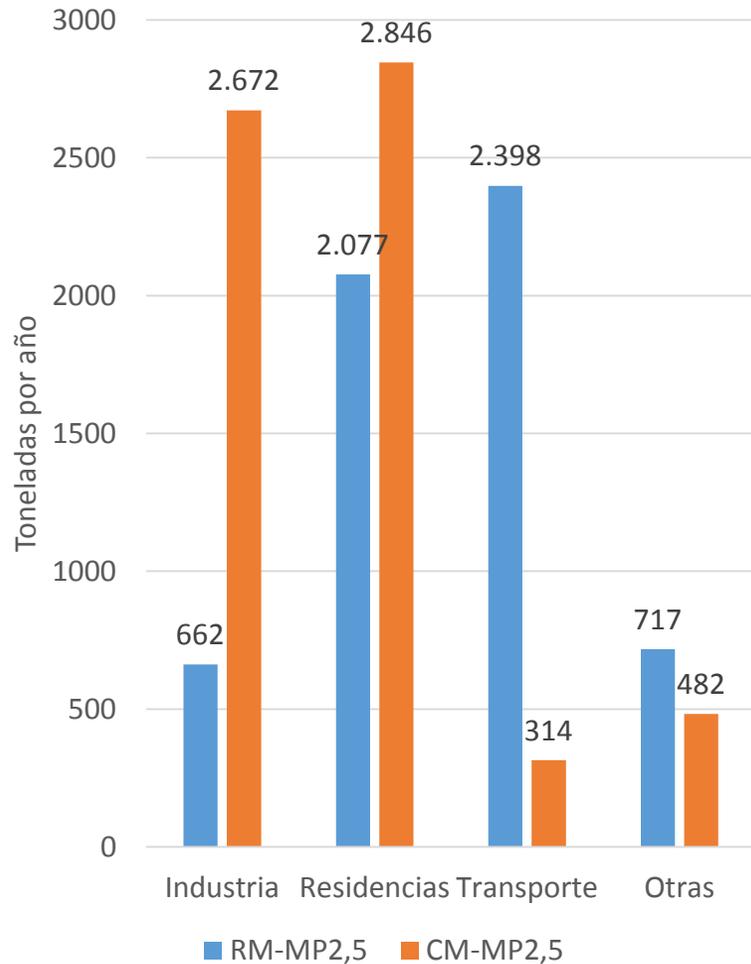


# Contenidos

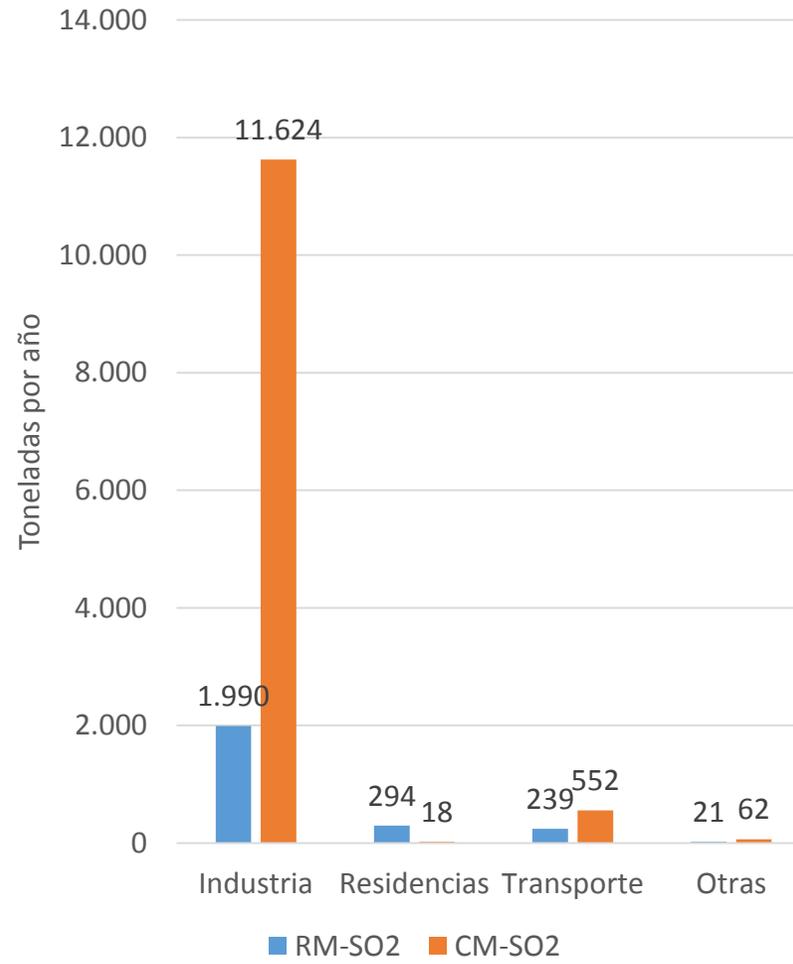
- ESTUDIO DE PROPUESTA DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP<sub>2,5</sub> PARA LA ZONA SATURADA DE LAS COMUNAS DEL CONCEPCIÓN METROPOLITANO.
- GENERACIÓN DE ANTECEDENTES TÉCNICOS Y ECONÓMICOS PARA ELABORACIÓN DE MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES EN LOS **PROCESOS DEL SECTOR INDUSTRIAL** Y DE SECTORES EMISORES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES, EN EL MARCO DEL PLAN DE PREVENCIÓN Y DESCONTAMINACIÓN.

# Comparación de emisiones

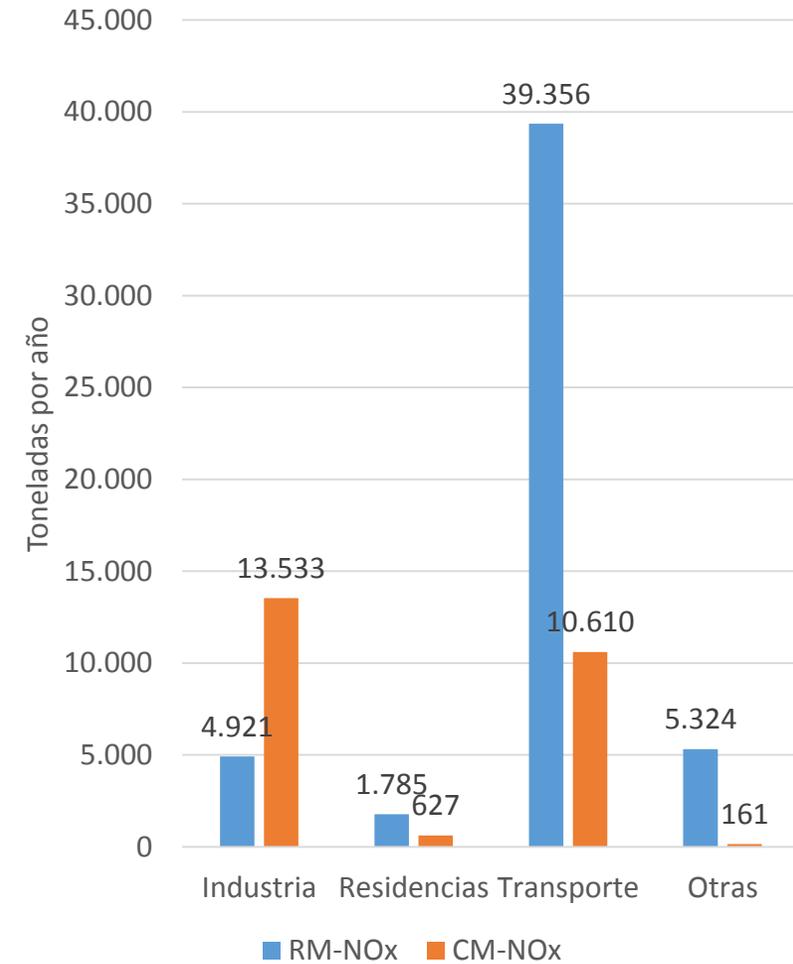
## Emisiones de MP2,5



## Emisiones de SO2



## Emisiones de NOx

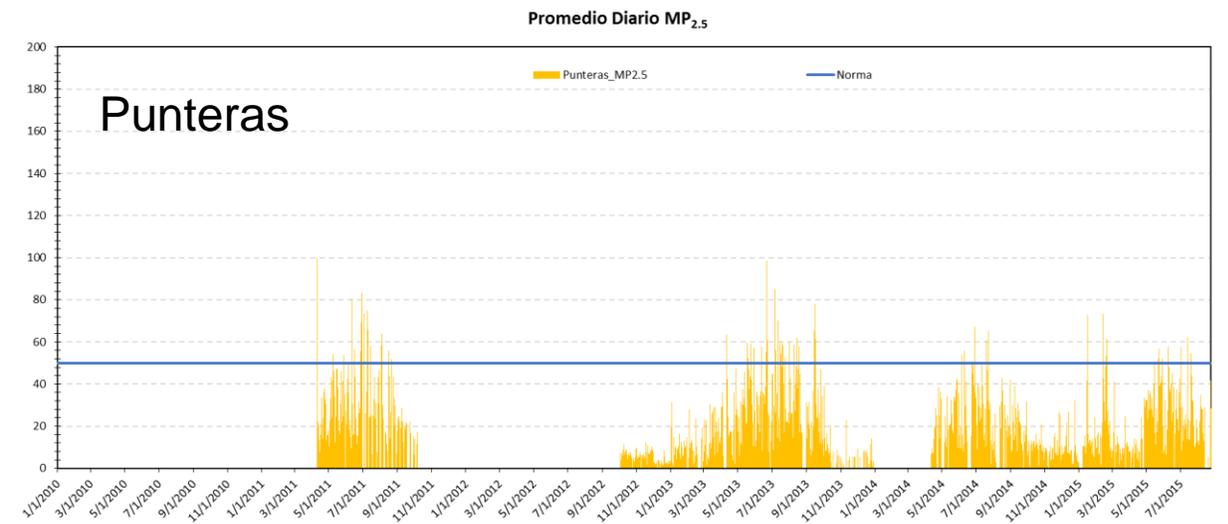
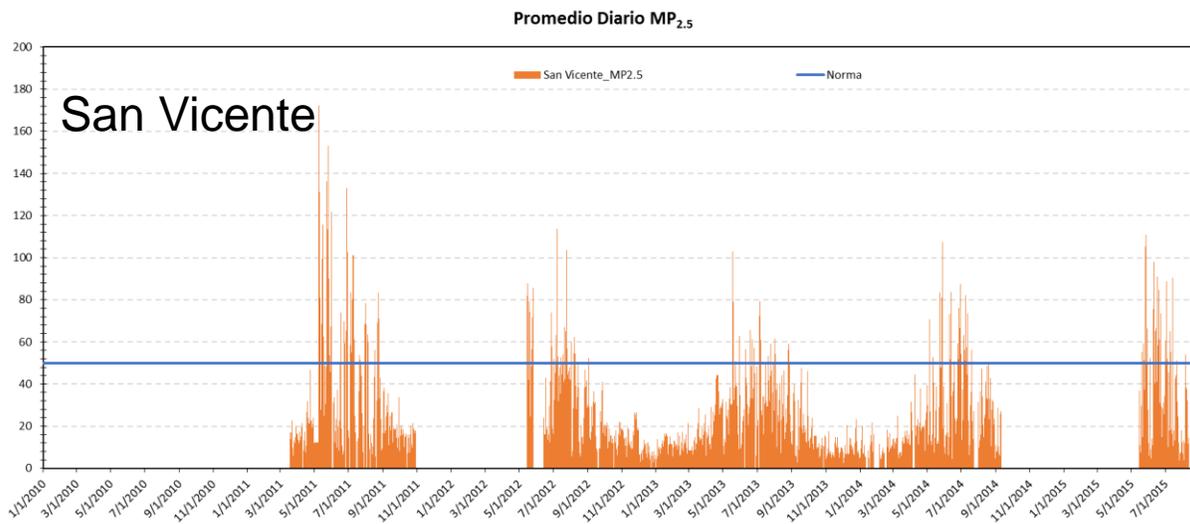
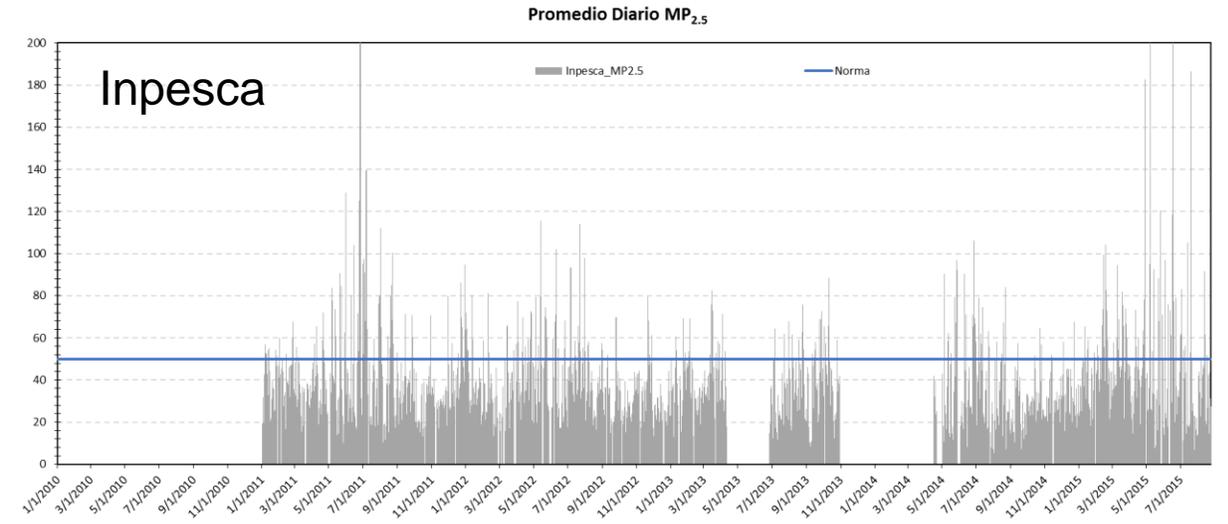
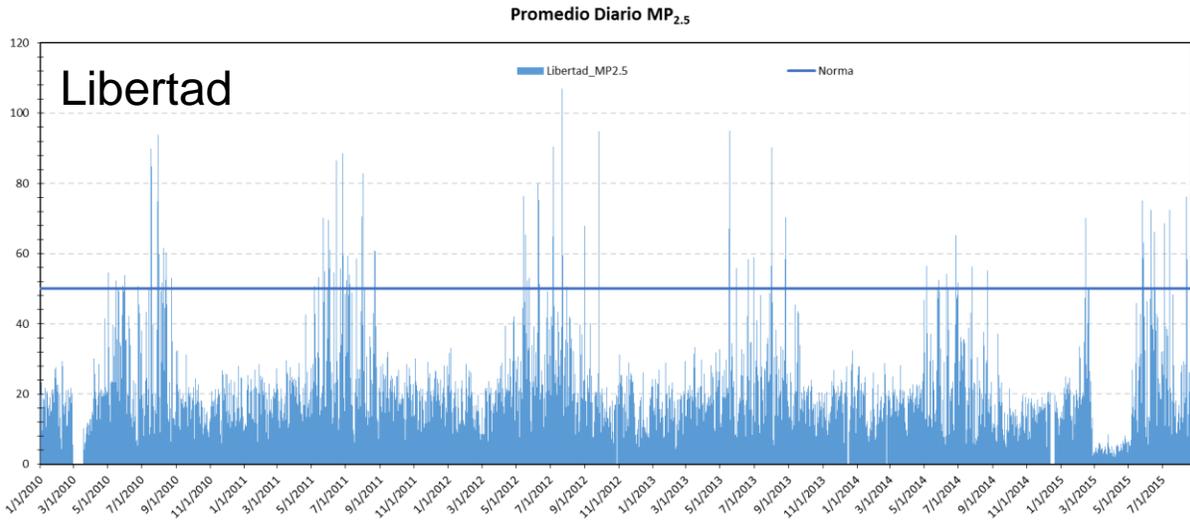


ESTUDIO DE PROPUESTA DE MEDIDAS DE  
REDUCCIÓN DE EMISIONES DE  $MP_{2,5}$  PARA  
LA ZONA SATURADA DE LAS COMUNAS DEL  
CONCEPCIÓN METROPOLITANO

# Enfoque general para un Plan de Descontaminación para MP<sub>2,5</sub>

- Esfuerzo de largo plazo: importante dar el primer paso.
- Basarse en la mayor información disponible de emisiones, calidad del aire y caracterización de MP.
- Control de las emisiones directas de MP y sus precursores.
- Inventario de emisiones es insuficiente para determinar aporte al MP<sub>2,5</sub>.
- Se deben controlar **todas las fuentes relevantes**

# MP<sub>2,5</sub>: Estaciones de calidad del aire SINCA (2010-2015)

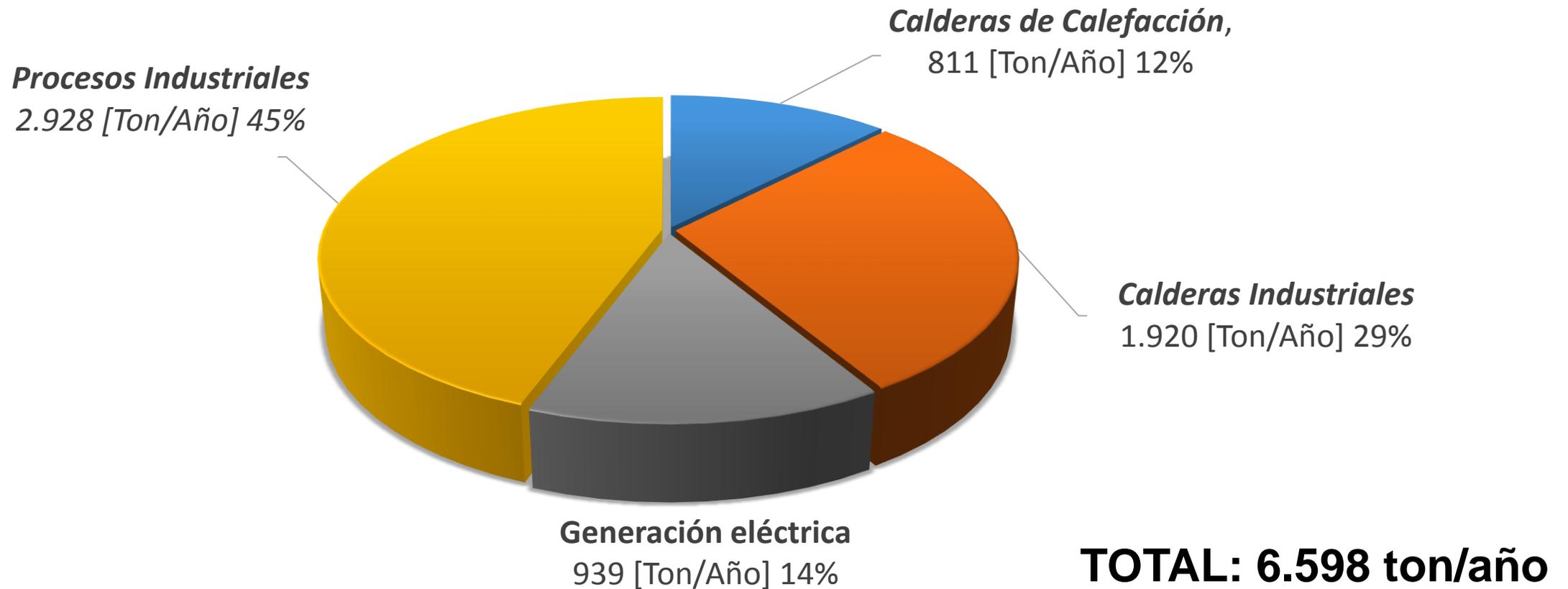


# Control de emisiones industriales

# Enfoque

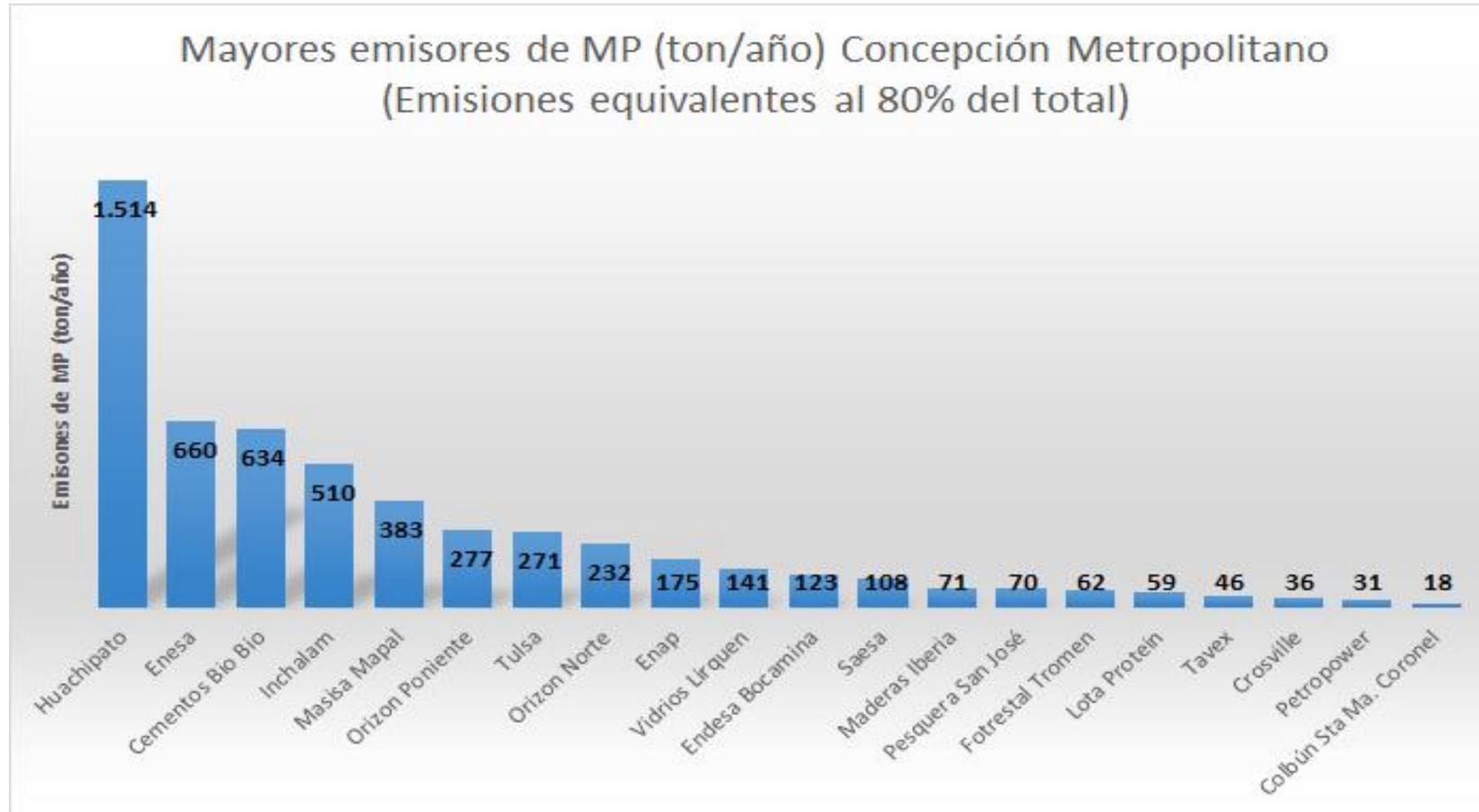
- Énfasis en fuentes industriales que aportan el 80% de las emisiones.
- Incorporación de tecnologías de control de MP y SO<sub>2</sub>.
- Incorporar elementos de flexibilidad (metas por establecimiento, compensación de emisiones, equivalencias, etc.) para lograr reducciones al menor costo posible.
- Seguimiento en línea de las emisiones (CEMS)

# Emisiones de MP en Concepción Metropolitana según tipo de fuente



# Establecimientos Mayores Emisores

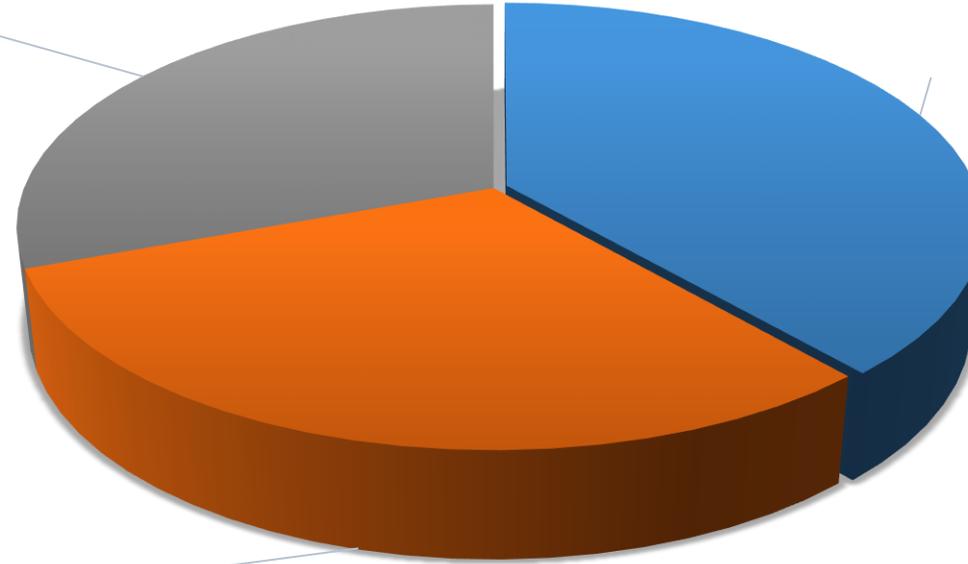
Aportan 80% de las emisiones de MP en Concepción Metropolitano.



# Emisiones de SO2 en Concepción Metropolitana según tipo de fuente

**Procesos Industriales**  
2.853 [Ton/Año] 31%

**Generación eléctrica**  
3.590 [Ton/Año] 38%

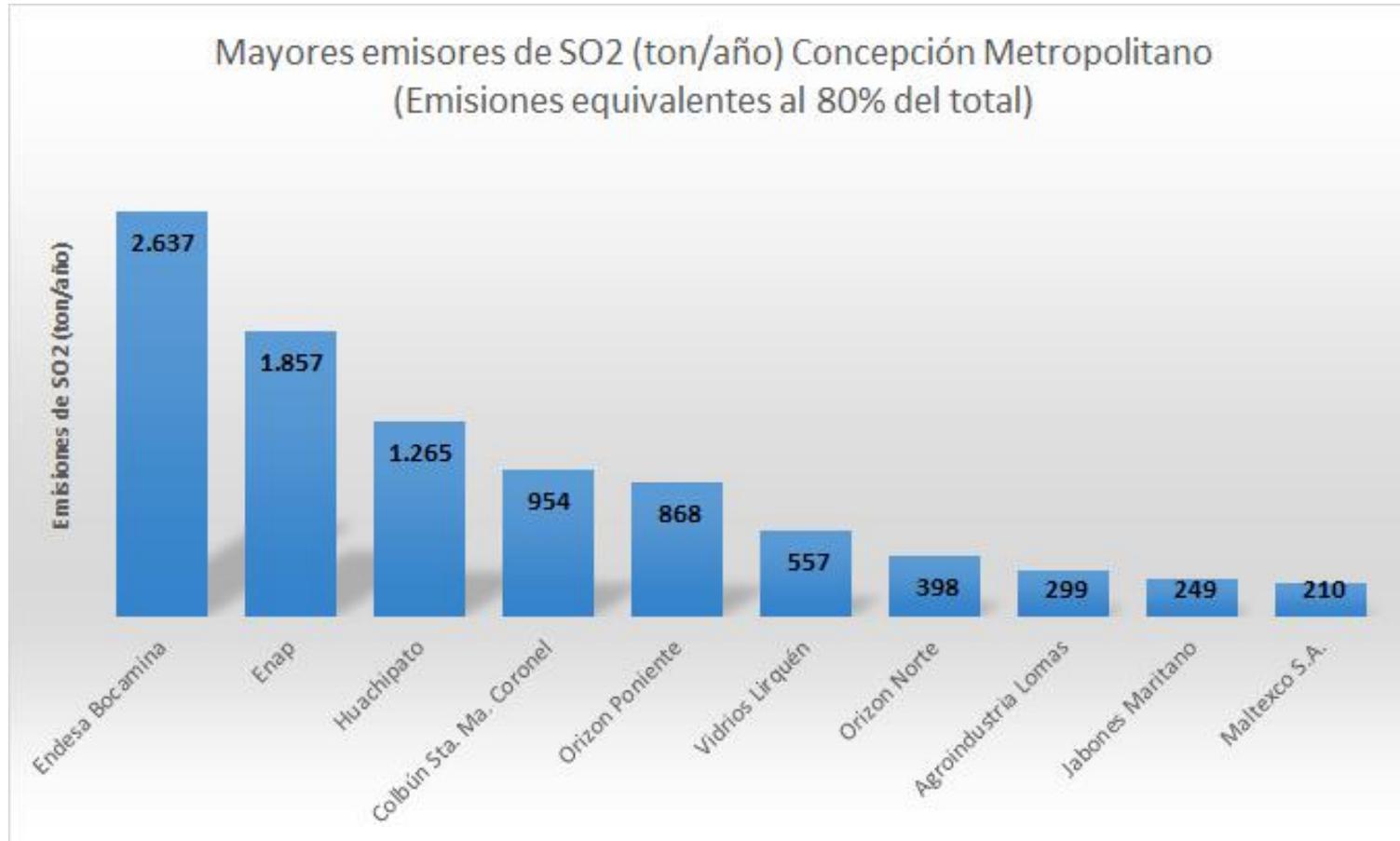


**Calderas Industriales**  
2.849 [Ton/Año] 31%

**TOTAL: 11.624 ton/año**

# Establecimientos Mayores Emisores

Aportan 80% de las emisiones de SO<sub>2</sub> en Concepción Metropolitano.



# Principales medidas analizadas

1. Meta de reducción de emisiones del 30% de MP/SO<sub>2</sub> para los establecimientos industriales que emiten el 80% de este contaminante.
2. Norma de emisión de MP para calderas con potencia nominal  $\geq 75$  kWt (30 – 50 mg/Nm<sup>3</sup>)
3. Norma de emisión para hornos del sector industrial
4. Compensación de emisiones de MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.
5. Exigencias complementarias al DS 13 para centrales termoeléctricas

# Mayores emisores MP (80%)

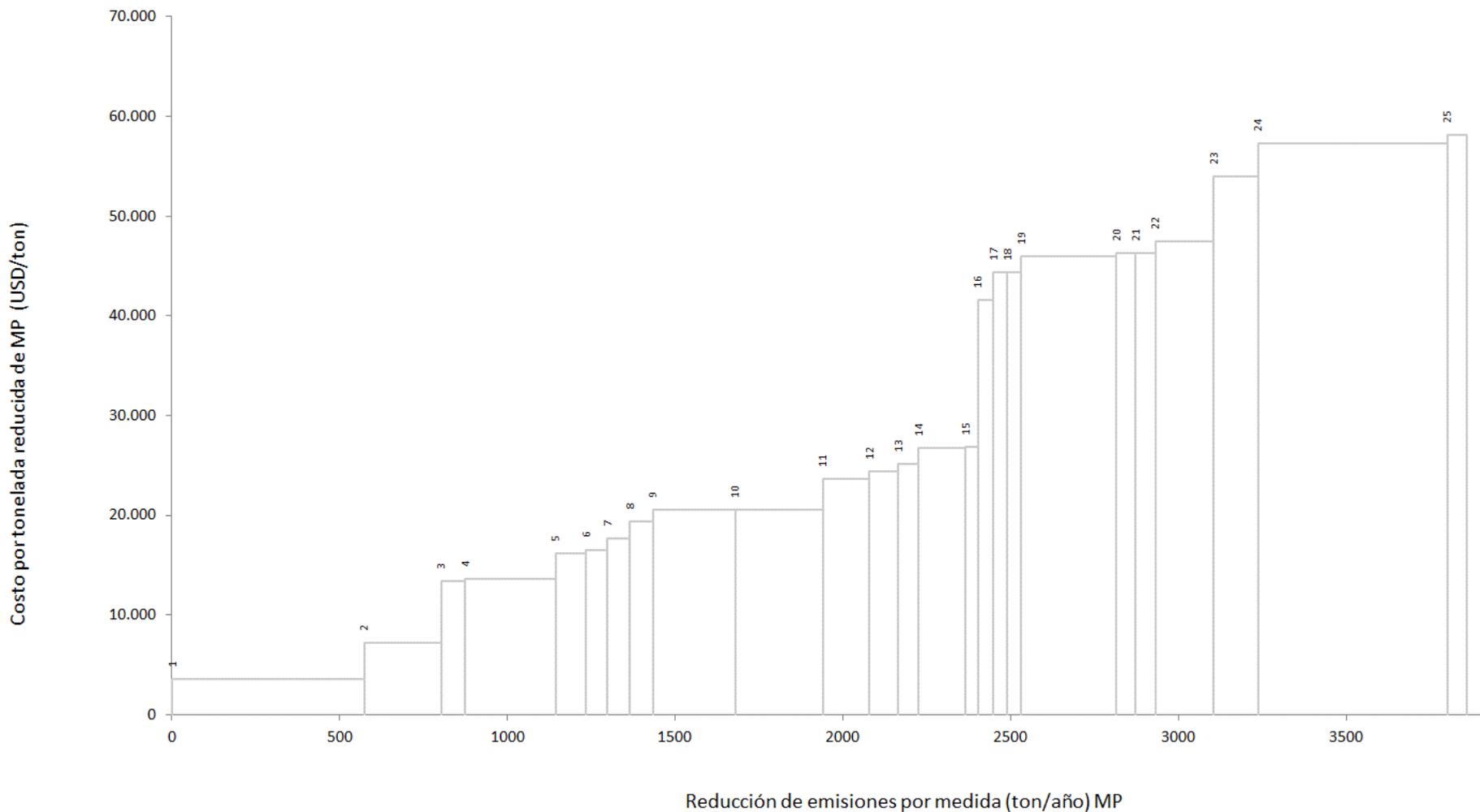
Meta de reducción 30% por establecimiento

	Establecimiento	Fuente de emisión	Sistema de Control Propuesto	Emisión por fuente MP escenario Base [Ton/Año] <sup>1</sup>	Costo Total (US\$)	Emisión Reducida [Ton/Año]	Costo por tonelada reducida (USD)
1	Cementos Bio Bio	Enfriador de Parrilla Horno F	FM-ChP	576	2.059.106	572,7	3.595
2	Orizon Norte	IN000252	ESPD-Placa Alambre	232	1.652.772	230,1	7.182
3	Maderas Iberia	Caldera Aceite Térmico	ESPD-Placa Alambre	71	946.392	70,7	13.379
4	Tulsa	Caldera 4	Filtro de Manga CHP	271	3.662.535	269,4	13.593
5	ENESA	Caldera Nº2	FM-ChP	92	1.483.442	91,9	16.135
6	Orizon Poniente	IN202678_M01-K	ESPD-Placa Alambre	64	1.053.042	63,7	16.533
7	Orizon Poniente	IN0002668-M01-2	ESPD-Placa Alambre	66	1.158.240	65,6	17.651
8	Pesquera San Jose Corone	Caldera Nº4 VISA SSSCONC-9	ESPD-Placa Alambre	69	1.345.553	69,3	19.409
9	INCHALAM	Se utiliza para secar los alam	ESPW-Placa Alambre	247	5.053.333	246,0	20.546
10	INCHALAM	Se utiliza para secar los alam	ESPW-Placa Alambre	263	5.363.474	261,1	20.546
11	Masisa Mapal	Ciclon de Secado Linea MDF	ESPD-Tubular	139	3.273.280	138,6	23.623
12	Orizon Poniente	IN002676-3	ESPD-Placa Alambre	86	2.086.826	85,5	24.416
13	Forestal Tromen S.A.	Caldera Biomasa	ESPD-Placa Alambre	62	1.540.308	61,4	25.096
14	Vidrios Lirquen	Horno Float	FM-SMBS	141	3.747.565	140,0	26.763
15	Crosville	Caldera Briones	ESPD-Placa Alambre	36	965.288	35,9	26.862
16	Tavex	Caldera	FM-ChP	46	1.904.120	45,8	41.611
17	Huachipato	Caldera Nº 5		43	1.872.074	42,2	44.404
18	Huachipato	Caldera Nº 6		43	1.872.074	42,2	44.404
19	Huachipato	Apagado de Coque	ESPD-Tubular	284	12.998.926	282,7	45.981
20	Cementos Bio Bio	Enfriador de Parrilla Horno M	FM-ChP	59	2.698.432	58,3	46.302
21	LOTA PROTEIN S.A.	Secador de Harina de Pescad	FM-ChP	59	2.698.432	58,3	46.302
22	Enap	Caldera B-101	ESPD-Placa Alambre	175	8.248.827	174,0	47.421
23	Masisa Mapal	Ciclon de Secado Linea MDF	ESPW-Placa Alambre	133	7.160.404	132,6	54.007
24	ENESA (Eléctrica Nueva Er	Caldera 3	ESPD-Placa Alambre	568	32.264.029	563,1	57.301
25	Orizon Poniente	IN000255-M01-4	ESPD-Placa Alambre	60	3.465.077	59,6	58.099
26	Masisa Mapal	Ciclones de Secado Línea Nº	ESPW-Placa Alambre	110	7.323.759	109,5	66.861
27	Huachipato	Horno de Palanquillas/Lamir	ESPD-Placa Alambre	36	2.749.609	35,7	77.042
28	Huachipato	Horno Planchones	ESPD-Placa Alambre	47	8.219.576	46,9	175.269
29	ENDESA	Caldera Franco Tosi	FM-ChP	138	27.521.176	137,0	200.868
30	SAESA	Turbina de Generación Eléct	ESPD-Placa Alambre	107	35.657.164	106,6	334.522
31	Colbún Central santa María	Caldera Principal	Se mantiene Tecnología	18	-	-	-
32	ENDESA BOCAMINA	Unidad I	Se mantiene tecnología	85	-	-	Mantiene Tecnología
33	ENDESA BOCAMINA	Unidad II	Se mantiene tecnología	38	-	-	Mantiene Tecnología
34	Huachipato	Acería Conox	ESPW-tubería Alambre	73	-	-	Mantiene Tecnología
35	Petropower	Caldera Poder	FM-ChP	30	-	-	Mantiene Tecnología
36	Huachipato	Empuje Hornos	-	254	-	-	Sin registro
37	Huachipato	Caldera 7	ESPD-Placa Alambre	228	2.402.658	226,0	Sin registro
38	Huachipato	Patio de Colada AH2	-	193	-	-	Sin registro
39	Huachipato	Vaciado Convertidor	-	125	-	-	Sin registro
40	Huachipato	Puertas Hornos	-	118	-	-	Sin registro
41	Huachipato	Patio de Colada AH1	-	71	-	-	Sin registro
				<b>5.556</b>	<b>194.447.494</b>	<b>4.522,3</b>	

Costo promedio por tonelada de MP reducida:

42.000 USD/Ton

Curva de costos marginales de reducción de emisiones MP industrias Concepción Metropolit



1	Cementos Bio Bio	Enfriador de Parrilla Horno FLS
2	Orizon Norte	IN000252
3	Maderas Iberia	Caldera Aceite Térmico
4	Tulsa	Caldera 4
5	ENESA	Caldera Nº2
6	Orizon Poniente	IN202678_M01-K
7	Orizon Poniente	IN0002668-M01-2
8	Pesquera San Jose Coronel	Caldera Nº4 VISA SSSCONC-92
9	INCHALAM	Secador alambres con limpieza superficial quca
10	INCHALAM	Se utiliza para secar los alambres
11	Masisa Mapal	Ciclon de Secado Linea MDF
12	Orizon Poniente	IN002676-3
13	Forestal Tromen S.A.	Caldera Biomasa
14	Vidrios Lirquen	Horno Float
15	Crosville	Caldera Briones
16	Tavex	Caldera
17	Huachipato	Caldera Nº 5
18	Huachipato	Caldera Nº 6
19	Huachipato	Apagado de Coque
20	Cementos Bio Bio	Enfriador de Parrilla Horno Miag
21	LOTA PROTEIN S.A.	Secador de Harina de Pescado
22	Enap	Caldera B-101
23	Masisa Mapal	Ciclon de Secado Linea MDF
24	ENESA (Eléctrica Nueva Energía S.A.)	Caldera 3
25	Orizon Poniente	IN000255-M01-4
26	Masisa Mapal	Ciclones de Secado Línea Nº 1
27	Huachipato	Horno de Palanquillas/Laminador Barras Rectas
28	Huachipato	Horno Planchones
29	ENDESA	Caldera Franco Tosi
30	SAESA	Turbina de Generación Eléctrica

Fte	Costo por tonelada reducida (USD)	Emisión Reducida [Ton/Año]	Reducción Acumulada	Porcentage	Costo acumulado		
1	3.595	573	573	10%	2.059.106		
2	7.182	230	803	14%	3.711.878		
3	13.379	71	874	16%	4.658.270		
4	13.593	269	1.143	21%	8.320.805		
5	16.135	92	1.235	22%	9.804.247		
6	16.533	64	1.299	23%	10.857.289		
7	17.651	66	1.364	25%	12.015.529		
8	19.409	69	1.434	26%	13.361.082		
9	20.546	246	1.680	30%	18.414.416	<b>10.964</b>	<b>Reducción 30%</b>
10	20.546	261	1.941	35%	23.777.889		
11	23.623	139	2.079	37%	27.051.170		
12	24.416	85	2.165	39%	29.137.996		
13	25.096	61	2.226	40%	30.678.304		
14	26.763	140	2.366	43%	34.425.870		
15	26.862	36	2.402	43%	35.391.158		
16	41.611	46	2.448	44%	37.295.278		
17	44.404	42	2.490	45%	39.167.352		
18	44.404	42	2.532	46%	41.039.427		
19	45.981	283	2.815	51%	54.038.353	<b>19.198</b>	<b>Reducción 50%</b>
20	46.302	58	2.873	52%	56.736.785		
21	46.302	58	2.931	53%	59.435.216		
22	47.421	174	3.105	56%	67.684.043		
23	54.007	133	3.238	58%	74.844.447		
24	57.301	563	3.801	68%	107.108.476		
25	58.099	60	3.861	69%	110.573.553		
26	66.861	110	3.970	71%	117.897.312		
27	77.042	36	4.006	72%	120.646.921		
28	175.269	47	4.053	73%	128.866.497		
29	200.868	137	4.190	75%	156.387.672		
30	334.522	107	4.296	77%	192.044.836		

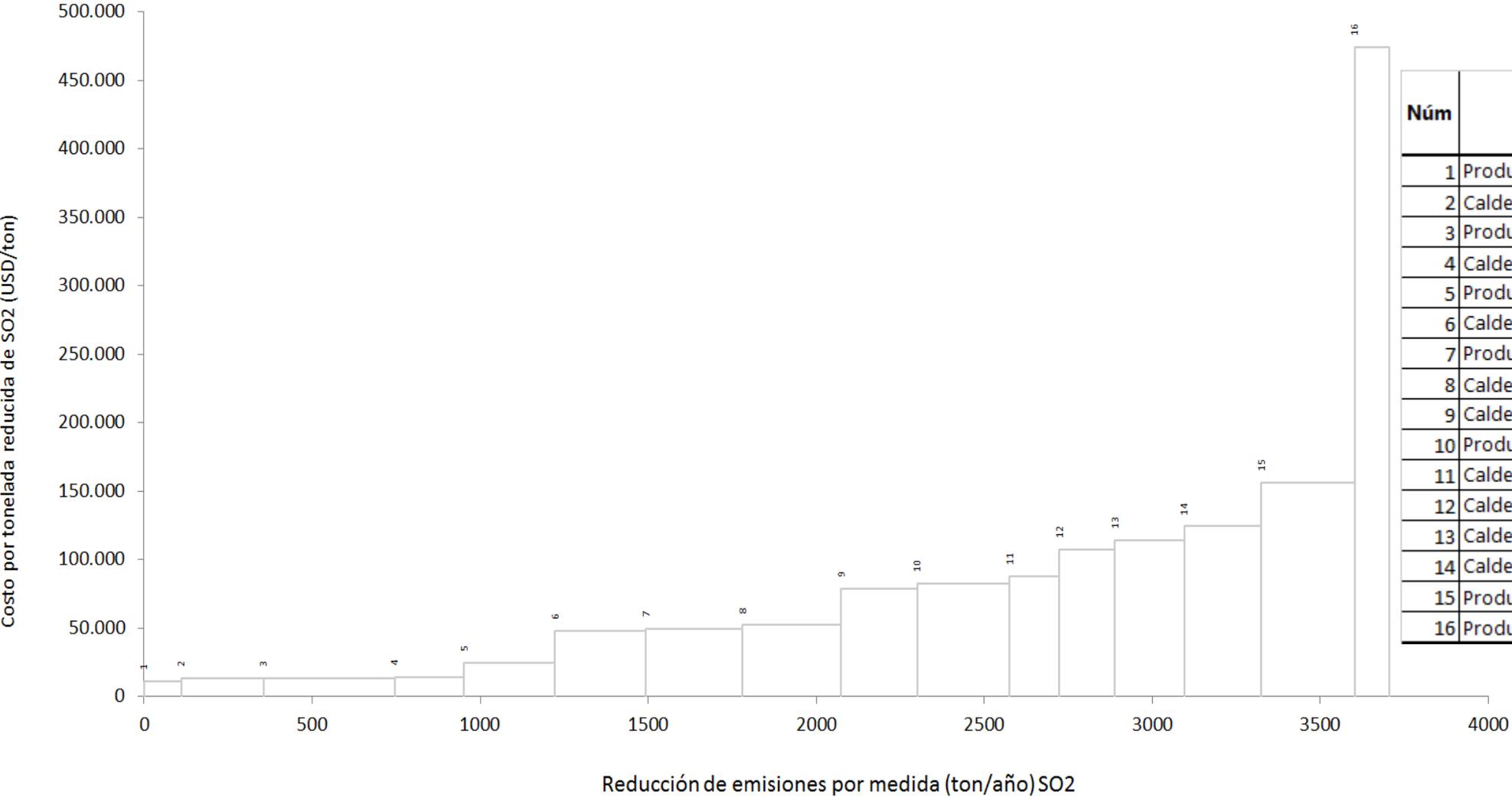
# Mayores emisores SO<sub>2</sub> (80%)

Meta de reducción: 30%

# Costos por tonelada de SO2 reducida

Comuna	Rubro	Establecimiento	Tipo Fuente	Descripción Fuente	Emisión SO2 [Ton/Año]	Emisión Con Control SO2 [Ton/Año]	Costo Total (US\$)	Emsión reducida [Ton/Año]	Costo por tonelada reducida (USD)
Coronel	Generación Eléctrica	ENDESA BOCAMINA	GE	Caldera Acuotubular Quemadores Tangenciales					
Coronel	Generación Eléctrica	ENDESA BOCAMINA	GE	Caldera Acuotubular de dos pasos					
Coronel	Generación Eléctrica	Colbún Central santa Ma	GE	Caldera acuotubular					
Hualpén	Producción de Combust	ENAP	PC	Incinerador	781,9	391,0	5.289.744	391,0	13.530
Hualpén	Producción de Combust	ENAP	PC	Antorcha Elevada Asistida por Vapor	549,0	274,5	22.677.666	274,5	82.614
Hualpén	Producción de Combust	ENAP	IN	Caldera de Monóxido de Carbono	306,0	18,4	14.201.188	287,6	49.371
Hualpén	Producción de Combust	ENAP	PC	Incinerador	220,3	110,1	1.248.327	110,1	11.333
Penco	Producción de Vidrios y	Vidrios Lirquen	PC	Horno Float	556,9	278,5	43.486.986	278,5	156.162
Talcahuano	Productos de Hierro y A	Huachipato	PC	Planta de Coque	540,6	270,3	6.617.208	270,3	24.482
Talcahuano	Productos de Hierro y A	Huachipato	IN	Combustibles	520,3	0,0			
Talcahuano	Productos de Hierro y A	Huachipato	PC	Laminación	204,4	102,2	48.492.186	102,2	474.553
Coronel	Caldera Industrial	Agroindustrias Lomas Co	IN	Parrilla movil (sobrealimentacion) fog	298,9	4,8	15.368.969	294,1	52.251
Coronel	Caldera Industrial	Orizon Poniente	IN	Caldera Igneotubular	274,6	4,4	13.004.512	270,2	48.133
Coronel	Caldera Industrial	Orizon Poniente	IN	Caldera Igneotubular	232,2	3,7	28.373.481	228,4	124.207
Coronel	Caldera Industrial	Orizon Poniente	IN	Caldera Igneotubular	210,3	3,4	23.644.567	206,9	114.256
Coronel	Caldera Industrial	Orizon Poniente	IN	Caldera Igneotubular	150,7	2,4	13.004.512	148,3	87.671
Talcahuano	Caldera Industrial	Jabones Maritano	IN		248,8	4,0	3.310.239	244,8	13.522
Coronel	Caldera Industrial	Orizon Norte	IN		229,7	3,7	17.733.425	226,0	78.453
Coronel	Caldera Industrial	Orizon Norte	IN		167,8	2,7	17.733.425	165,2	107.374
Coronel	Caldera Industrial	MALTEXCO SA	IN	Caldera a carbón que suministra ener	209,7	3,4	2.955.571	206,4	14.323
					<b>5702,1</b>	<b>1477,3</b>	<b>277.142.006</b>	<b>3704,6</b>	

Curva de costos marginales de reducción de emisiones SO2 en fuentes Concepción Metropolitano



Núm	Rubro	Establecimiento
1	Producción de Combustibles	ENAP
2	Caldera Industrial	Jabones Maritano
3	Producción de Combustibles	ENAP
4	Caldera Industrial	MALTEXCO SA
5	Productos de Hierro y Acero	Huachipato
6	Caldera Industrial	Orizon Poniente
7	Producción de Combustibles	ENAP
8	Caldera Industrial	Agroindustrias Lomas
9	Caldera Industrial	Orizon Norte
10	Producción de Combustibles	ENAP
11	Caldera Industrial	Orizon Poniente
12	Caldera Industrial	Orizon Norte
13	Caldera Industrial	Orizon Poniente
14	Caldera Industrial	Orizon Poniente
15	Producción de Vidrios y Fritas	Vidrios Lirquen
16	Productos de Hierro y Acero	Huachipato

# Norma Emisión MP Calderas

Potencia Térmica Nominal de la caldera	Límite máximo MP (mg/m <sup>3</sup> N)	
	Caldera existente	Caldera nueva
≥ 75 kWt y < 1 MWt	NA	50
≥ 1 MWt y < 20 MWt	50	50
≥ 20 MWt	30	30

Se exceptúan de la aplicación de esta norma aquellas fuentes reguladas por el D.S. Nº 13, salvo aquellas que reguladas por el decreto anterior, utilizan combustibles sólidos, en cuyo caso y exclusivamente para los valores correspondientes a los límites y plazos relativos a la emisión de material particulado, se aplica lo establecido en este Plan.

## Muestra de las concentraciones de MP observadas en calderas

Nº	Categoría	Rubro	Empresa	Comuna	Tipo de Fuente	Identificación	Combustible	Sistema Captación	Potencia [MW]	Concentración [mg/m3]	hrs/día	Días/año	horas/año	MP[Ton/Año]
28	Combustión	Calderas Ind	Fundación U	Coronel	CA	Caldera VAP	Biomasa Forestal		2,7	1197,0	21	300	6300	28,0
29	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera Ali	Talcahuano	CA	Caldera Nº 5	Fuel Oil Nº6		14,5	425,4	24	110	2640	28,0
30	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera SP	Coronel	CA	Caldera Nº 1	Fuel Oil Nº6		19,1	416,6	3	365	1263	27,4
31	Industria Qu	Industria Qu	Jabones Mar	Talcahuano	CA	Caldera Nº1	Carbón Mineral+Ácido Gra		2,8	355,3	24	365	8760	26,7
32	Industria de	Aserraderos	Forestal La E	Coronel	CA	Caldera indu	Biomasa Forestal		6,5	1137,1	24	365	8760	26,6
33	Industria de	Aserraderos	Rancowood	Coronel	CA	Caldera Bioc	Biomasa Forestal		4,6	1081,0	24	365	8760	25,3
34	Industria de	Aserraderos	CMPC Mader	Coronel	CA	Caldera Bren	Biomasa Forestal		6,4	1054,8	24	365	8760	24,7
35	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera SP	Coronel	CA	Caldera Nº 2	Fuel Oil Nº6		12,4	373,6	6	365	2119	24,6
36	Industria Me	Productos de	Huachipato	Talcahuano	CA	Caldera Nº 1	Fuel Oil Nº6, Gas Mezcla,		21,3	370,12	24	365	8760	24,4
37	Industria Me	Productos de	Huachipato	Talcahuano	CA	Caldera Nº 2	Fuel Oil Nº6, Gas Mezcla,		21,3	370,12	24	365	8760	24,4
38	Industria de	Aserraderos	Forestal Diez	Coronel	CA	Caldera	Biomasa Forestal		3,9	1032,4	24	365	8760	24,2
39	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera Lar	Talcahuano	CA	Caldera Nº 5	Fuel Oil Nº6		16,9	362,4	13	152	1954	23,8
40	Industria de	Aserraderos	Tulsa	Lota	CA	CALDERA IND	Biomasa Forestal		11,3	999,1			192	23,4
43	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera Sa	Coronel	CA	Caldera Nº3	Fuel Oil Nº6		16,3	297,2	14	226	3164	19,6
44	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera SP	Coronel	CA	Caldera Nº 1	Fuel Oil Nº6		13,4	283,2	6	365	2054	18,6
45	Industria de	Aserraderos	Masisa Chigu	Chiguayante	CA	Caldera Dank	Biomasa Forestal		1,5	775,9			0	18,2
46	Industria Ali	Producción d	Agroinversio	Coronel	CA	Caldera Visa	Carbón Mine	Ciclón	10,5	235,1	24	365	8760	17,7
47	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera SP	Coronel	CA	Caldera Nº 3	Fuel Oil Nº6		15,8	256,5	6	365	2227	16,9
48	Industria de	Fabricación y	Norske Skog	San Pedro de	CA	Caldera Distr	Biomasa Forestal		4,7	673,3	24	365	8760	15,8
49	Combustión	Calderas Ind	Hospital Hig	Talcahuano	CA	Caldera esco	Biomasa Forestal		1,3	672,3	24	360	8640	15,7
50	Industria de	Aserraderos	Productos Fc	Coronel	CA	Caldera FUN	Biomasa Forestal		2,3	655,9	21	363	7623	15,4
51	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera Bic	Talcahuano	CA	Caldera Nº2	Fuel Oil Nº6		8,6	227,1	24	110	2640	14,9
52	Combustión	Calderas Ind	Hospital Hig	Talcahuano	CA	mixta escoce	Biomasa Forestal		1,2	614,9	24	360	8640	14,4
53	Industria Ali	Industria Pes	Pesquera Ca	Coronel	CA	Caldera Nº 4	Fuel Oil Nº6		14,6	201,2	21	250	5250	13,2

**167 fuentes tipo caldera en total, 111 con datos. Emisiones totales: 1042 ton/año MP**

# Evaluación de la norma de calderas

Caldera < 20 MW, límite de MP = 50 mg/m<sup>3</sup>

Reducción de MP: 1.559 ton/año

Costo total: 140 MM USD

Costo por ton 89.000 USD/ton

# Medidas de control en la Region Metropolitana

# Medidas de control de emisiones

## **Material Particulado MP**

- Metas de reducción de emisiones de MP
- Norma de concentración (MP = 20 mg/m<sup>3</sup>) (N/E)
- Compensación de emisiones

## **Óxidos de Nitrógeno NO<sub>x</sub>**

- Metas de reducción de emisiones de NO<sub>x</sub>
- Norma de concentración hornos (N/E)
- Compensación de emisiones

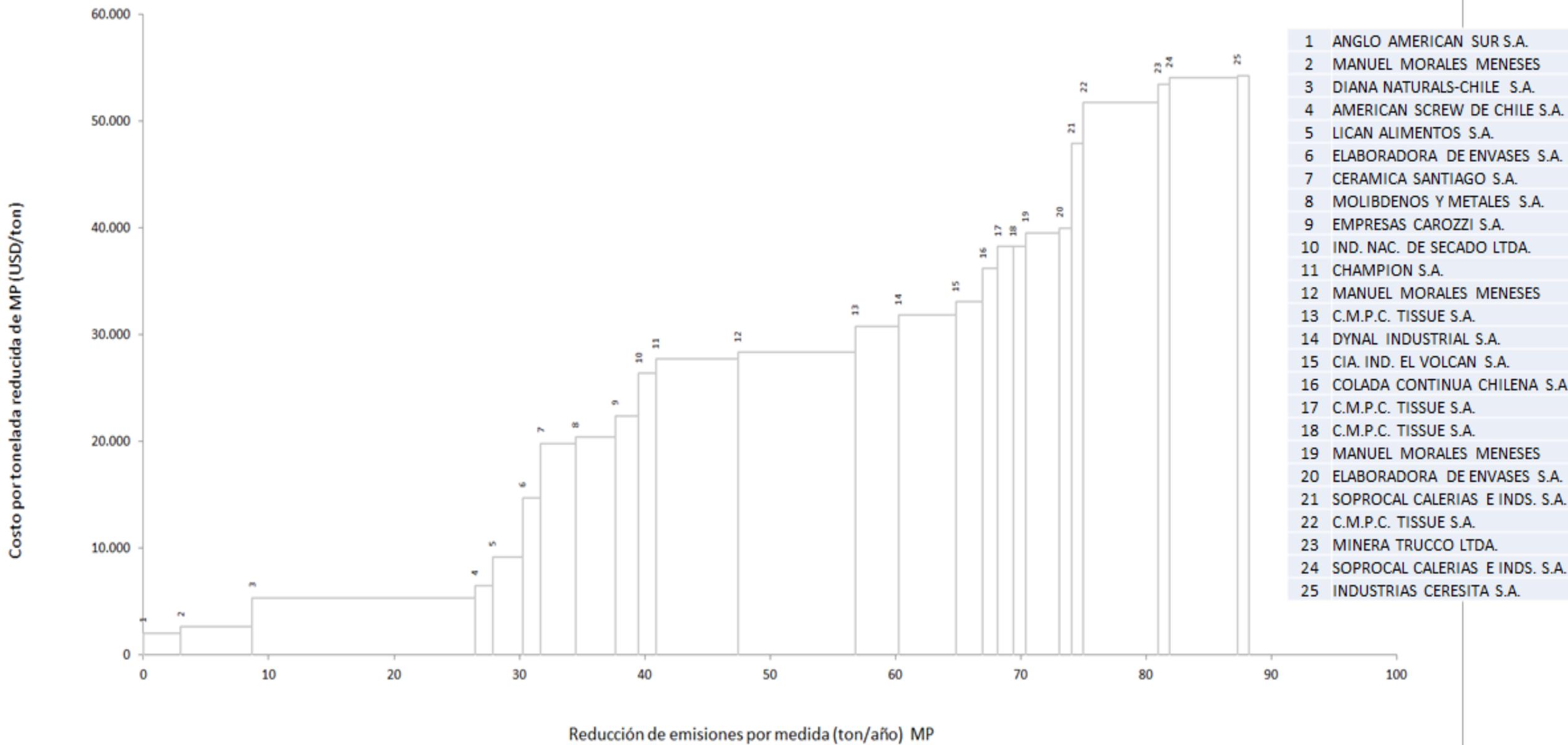
## **Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub>**

- Revisión del programa de reducción de SO<sub>2</sub>
- Compensación de emisiones

# Potencial de reducción de MP en procesos

Establecimiento	regssma	Proceso	Emisión en escenario Base MP[Ton/Año]	Sistema de Control Actual	Sistema de Control Propuesto	Reducción de MP (ton/año)	Costo Capital Tec.(US\$)	VPN de costos variables (USD)	Costo Total (US\$)	Costo por tonelada reducida (USD)
ANGLO AMERICAN SUR S.A.	13941	SECADOR ELECTRICO CONCENTRADO DE MOLIBENO	3,33	INTERCAMBIADOR	complemento con Ciclonos (90%)	3,00	\$698	\$ 5.465	\$ 6.162	\$ 2.057
MANUEL MORALES MENESES	14064	HORNO ROTATORIO	6,30	NO	Ciclonos (90%)	5,67	\$4.414	\$ 10.728	\$ 15.142	\$ 2.669
DIANA NATURALS-CHILE S.A.	12680	CALENTADOR DE AIRE	19,77	NO	Ciclonos (90%)	17,79	\$27.855	\$ 67.710	\$ 95.565	\$ 5.371
AMERICAN SCREW DE CHILE S.A.	2080	HORNO DE TRATAMIENTO TERMICO	1,55	NO	Ciclonos (90%)	1,40	\$2.647	\$ 6.433	\$ 9.080	\$ 6.507
LICAN ALIMENTOS S.A.	3191	SECADOR SPRAY TORRE 1	2,68	NO	Ciclonos (90%)	2,41	\$6.470	\$ 15.727	\$ 22.197	\$ 9.201
ELABORADORA DE ENVASES S.A.	11026	HORNO DE SECADO	1,59	NO	Ciclonos (90%)	1,43	\$6.125	\$ 14.888	\$ 21.013	\$ 14.725
CERAMICA SANTIAGO S.A.	3009	HORNO DE COCCION DE LADRILLOS	3,10	SI	Ciclonos (90%)	2,79	\$16.104	\$ 39.147	\$ 55.252	\$ 19.825
MOLIBDENOS Y METALES S.A.	401	HORNOS DE TOSTACION	3,50	PRECIPITADOR	Ciclonos (90%)	3,15	\$18.779	\$ 45.648	\$ 64.427	\$ 20.430
EMPRESAS CAROZZI S.A.	10692	SECADORA	2,10	NO	Ciclonos (90%)	1,89	\$12.368	\$ 30.065	\$ 42.434	\$ 22.426
IND. NAC. DE SECADO LTDA.	7126	SECADOR POR AIRE DE FRUTAS	1,49	NO	Ciclonos (90%)	1,34	\$10.320	\$ 25.086	\$ 35.405	\$ 26.416
CHAMPION S.A.	443	ENFRIADOR VERTICAL	7,29	SI	complemento con Ciclonos (90%)	6,56	\$20.613	\$ 161.452	\$ 182.065	\$ 27.756
MANUEL MORALES MENESES	9151	HORNO SECADOR ROTATORIO	9,44	LAVADOR DE GASES	Cambio Filtro de mangas (99.9%)	9,35	\$40.741	\$ 224.563	\$ 265.304	\$ 28.377
C.M.P.C. TISSUE S.A.	1482	MAQUINA SECADORA PAPEL (MP-16)	3,86	LAVADOR DE GASES	complemento con Ciclonos (90%)	3,47	\$30.599	\$ 76.446	\$ 107.045	\$ 30.830
DYNAL INDUSTRIAL S.A.	9009	SISTEMA LAVADO DE GASES	5,08	LAVADOR DE GASES	complemento con Ciclonos (90%)	4,57	\$16.496	\$ 129.210	\$ 145.707	\$ 31.867
CIA. IND. EL VOLCAN S.A.	222	HORNO POLIMERIZADOR (PR 222-245 Y 4811)	2,40	FILTRO DE MANGAS	Ciclonos (90%)	2,16	\$20.816	\$ 50.601	\$ 71.417	\$ 33.077
COLADA CONTINUA CHILENA S.A.	1433	HORNO DE FUNDICION	1,30	NO	Ciclonos (90%)	1,17	\$12.362	\$ 30.050	\$ 42.412	\$ 36.250

# Curva de costos marginales de reducción de emisiones MP en procesos



- 1 ANGLO AMERICAN SUR S.A.
- 2 MANUEL MORALES MENESES
- 3 DIANA NATURALS-CHILE S.A.
- 4 AMERICAN SCREW DE CHILE S.A.
- 5 LICAN ALIMENTOS S.A.
- 6 ELABORADORA DE ENVASES S.A.
- 7 CERAMICA SANTIAGO S.A.
- 8 MOLIBDENOS Y METALES S.A.
- 9 EMPRESAS CAROZZI S.A.
- 10 IND. NAC. DE SECADO LTDA.
- 11 CHAMPION S.A.
- 12 MANUEL MORALES MENESES
- 13 C.M.P.C. TISSUE S.A.
- 14 DYNAL INDUSTRIAL S.A.
- 15 CIA. IND. EL VOLCAN S.A.
- 16 COLADA CONTINUA CHILENA S.A.
- 17 C.M.P.C. TISSUE S.A.
- 18 C.M.P.C. TISSUE S.A.
- 19 MANUEL MORALES MENESES
- 20 ELABORADORA DE ENVASES S.A.
- 21 SOPROCAL CALERIAS E INDS. S.A.
- 22 C.M.P.C. TISSUE S.A.
- 23 MINERA TRUCCO LTDA.
- 24 SOPROCAL CALERIAS E INDS. S.A.
- 25 INDUSTRIAS CERESITA S.A.

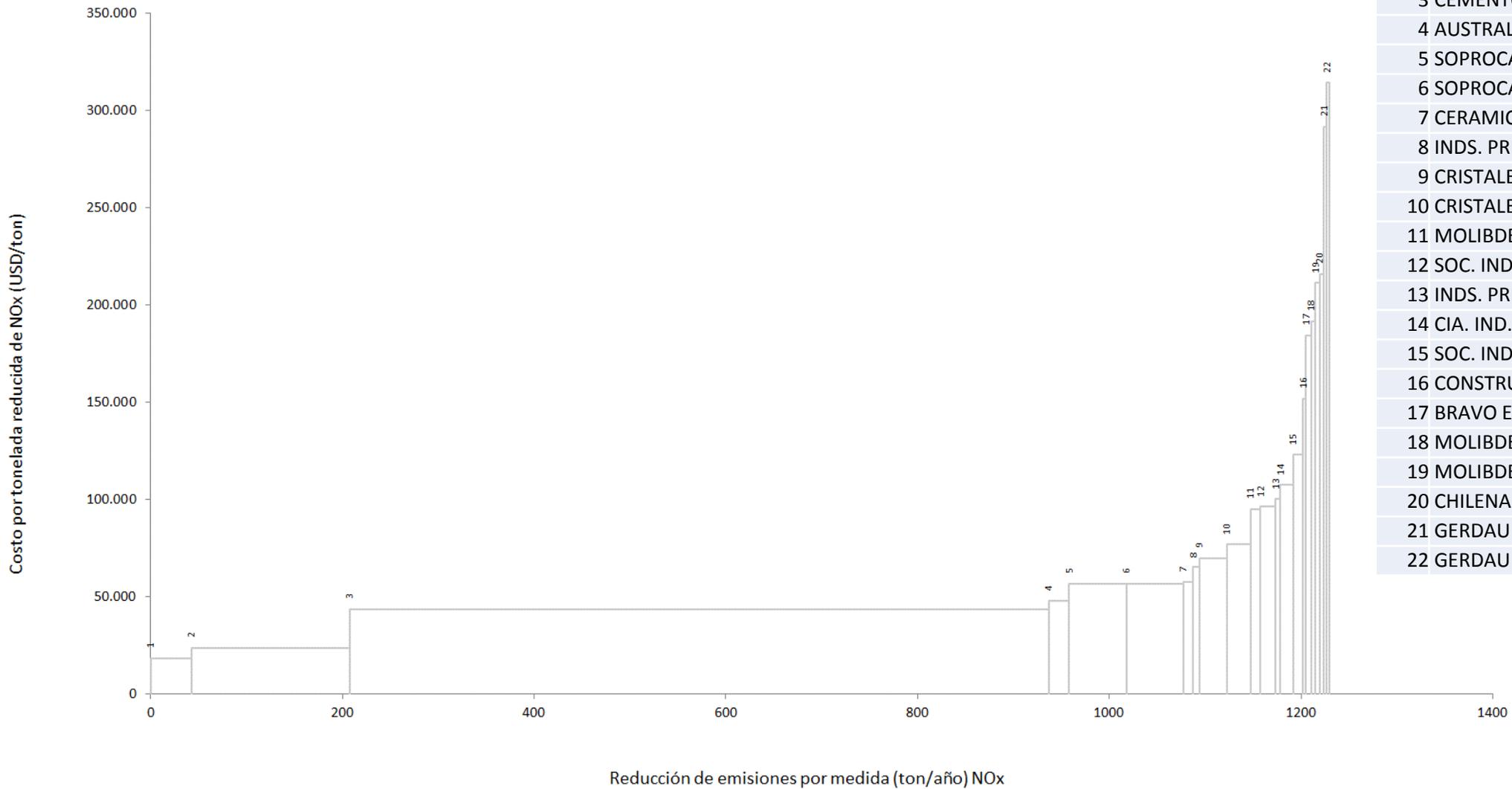
# Conclusiones para MP

- Existe una gran dispersión entre los costos marginales de abatimiento de MP para cada uno de los procesos de la Región Metropolitana.
- Con esta distribución de costos, alcanzar una reducción del 30% de las emisiones (equivalente a 95 ton/año) tendría un costo de 2.574.000 USD (bajo el supuesto que se priorizan opciones menos costosas).
- Lograr una reducción del 50% de las emisiones (equivalente a 159 ton/año) tendría un costo de 11.478.470 USD.

# Potencial de reducción de NOx en procesos

Establecimiento	regssma	proceso	Emisión Actual de NOx [Ton/Año]	sistema de Control Actual	Sist de control Propuesto	Reducción de Emisiones (ton/año)	Costo Inversión (Fijos)	VPN de los costos variables (USD)	Costo Total (USD)	Costo por tonelada reducida (USD)
CEMENTO POLPAICO S.A.	568	HORNO ROTATORIO	911,5	No tiene	RCS	729,2	\$ 860.000	30.693.435	\$ 31.553.435	43.270
CRISTALERIAS DE CHILE S.A.	681	HORNOS C Y D	475,7	RCS	RCS+QBN	165,0	\$ 280.000	3.618.538	\$ 3.898.538	23.634
GERDAU AZA S.A.	3023	HORNO DE ARCO ELECTRICO	85,0	No tiene	QBN	42,5	\$ 280.000	488.572	\$ 768.572	18.080
SOPROCAL CALERIAS E INDS. S.A.	766	HORNO ROTATORIO Num.2	74,9	Sin info	RCS	59,9	\$ 860.000	2.522.396	\$ 3.382.396	56.441
SOPROCAL CALERIAS E INDS. S.A.	153	HORNO ROTATORIO Num.1	73,9	Sin info	RCS	59,1	\$ 860.000	2.489.336	\$ 3.349.336	56.631
CRISTALERIAS TORO S.A.I.C.	5131	HORNO FUNDICION DE VIDRIO	71,6	GgeNox+Control de O2	PNT	28,6	\$ 1.200.000	796.850	\$ 1.996.850	69.752
CRISTALERIAS TORO S.A.I.C.	949	HORNO FUNDICION DE VIDRIO	61,3	GgeNox+Control de O2	PNT	24,5	\$ 1.200.000	682.658	\$ 1.882.658	76.764
AUSTRAL CHEMICALS CHILE S.A.	457	HORNO FUSION SILICATO Num.1	53,6	Sin info	QBN	21,5	\$ 280.000	737.878	\$ 1.017.878	47.446
CERAMICA SANTIAGO S.A.	3009	HORNO DE COCCION DE LADRILLOS	20,7	Sin info	QNB	10,4	\$ 130.000	463.318	\$ 593.318	57.237
SOC. IND. ROMERAL S.A.	2432	HORNO DE CALCINACION Num.2	19,9	Sin info	RCS	15,9	\$ 860.000	668.959	\$ 1.528.959	96.201
MOLIBDENOS Y METALES S.A.	1952	HORNOS DE TOSTACION	17,4	Sin info	QBN+RGC	10,5	\$ 878.000	115.084	\$ 993.084	94.911
CIA. IND. EL VOLCAN S.A.	565	HORNO DE CALCINACION (PROCESO)	16,5	Sin info	RCS	13,2	\$ 860.000	555.776	\$ 1.415.776	107.220

## Curva de costos marginales de reducción de emisiones NOx en procesos



- 1 GERDAU AZA S.A.
- 2 CRISTALERIAS DE CHILE S.A.
- 3 CEMENTO POLPAICO S.A.
- 4 AUSTRAL CHEMICALS CHILE S.A.
- 5 SOPROCAL CALERIAS E INDS. S.A.
- 6 SOPROCAL CALERIAS E INDS. S.A.
- 7 CERAMICA SANTIAGO S.A.
- 8 INDS. PRINCESA LTDA.
- 9 CRISTALERIAS TORO S.A.I.C.
- 10 CRISTALERIAS TORO S.A.I.C.
- 11 MOLIBDENOS Y METALES S.A.
- 12 SOC. IND. ROMERAL S.A.
- 13 INDS. PRINCESA LTDA.
- 14 CIA. IND. EL VOLCAN S.A.
- 15 SOC. IND. ROMERAL S.A.
- 16 CONSTRUCT. PAVIM. ASFALT. BITUMIX S.A.
- 17 BRAVO ENERGY CHILE
- 18 MOLIBDENOS Y METALES S.A.
- 19 MOLIBDENOS Y METALES S.A.
- 20 CHILENA DE MOLDEADOS S.A.
- 21 GERDAU AZA S.A.
- 22 GERDAU AZA S.A.

# Conclusiones para NOx

- Al igual que en el caso del MP, para el NOx existe una gran dispersión entre los costos marginales de abatimiento para cada uno de los procesos de la R.M.
- Con esta distribución de costos, alcanzar una reducción del 30% de las emisiones (equivalente a 593 ton/año) tendría un costo de 21.370.000 USD (bajo el supuesto que se priorizan opciones menos costosas).
- Lograr una reducción del 50% de las emisiones (equivalente a 898 ton/año) tendría un costo de 39.980.000 USD.

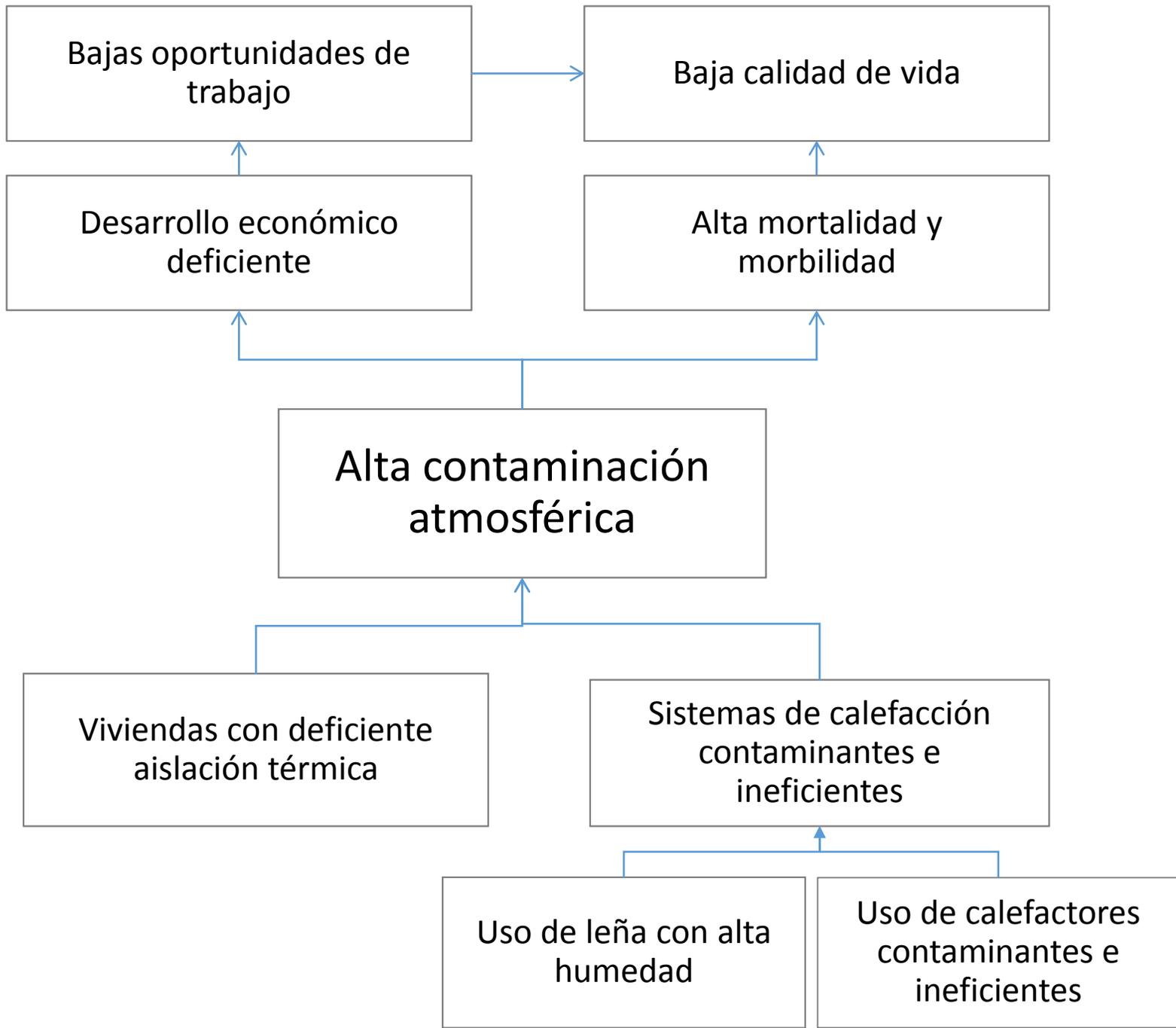
# Comparación costos reducción de MP en grandes emisores

	Reducción del 30% emisiones	Reducción del 50% emisiones
Concepción Metropolitano	11.000 USD/TON	20.000 USD/TON
Región Metropolitana	30.000 USD/TON	72.000 USD/TON

# Control emisiones leña-biomasa

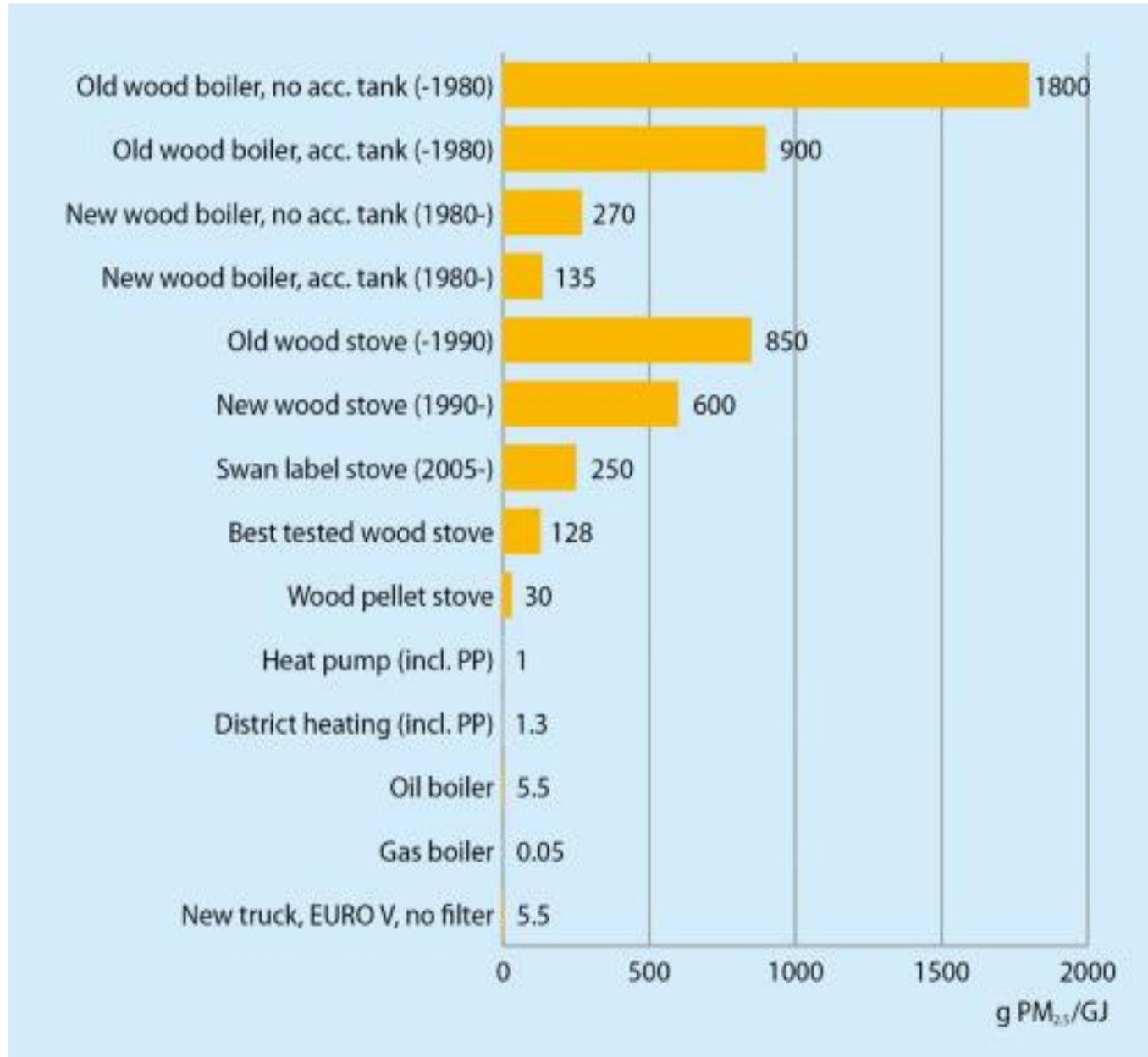
# Problema Sistémico

Small chimneys – big emissions



# Incluso las mejores tecnologías de calefacción con leña no son suficientemente buenas

- En la Unión Europea (UE) las emisiones provenientes de la quema de leña residencial conforman aproximadamente 1/3 de las emisiones totales de PM<sub>2.5</sub> y CE.
- También es un fuente significativa de varios contaminantes del aire: dioxinas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y compuestos orgánicos volátiles (COV).
- La proyección de emisiones de la quema residencial puede llegar a **60% de las emisiones el 2030**.
- La principal dificultad de las emisiones de quema de leña residencial radica en el incremento y uso extenso de los artefactos con altos factores de emisión y extensa vida útil (más de 40 años).
- Las emisiones de los calefactores nuevos todavía siguen siendo de una magnitud significativamente alta en comparación con las emisiones de partículas de vehículos.
- Considerando el alto impacto de la biomasa, la UE ha presentado propuestas de normas de emisión para las calderas nuevas y estufas.
- **Para lograr reducciones de contaminación del aire perceptibles a corto plazo, es esencial combinar dichas normas con medidas para las instalaciones existentes.**

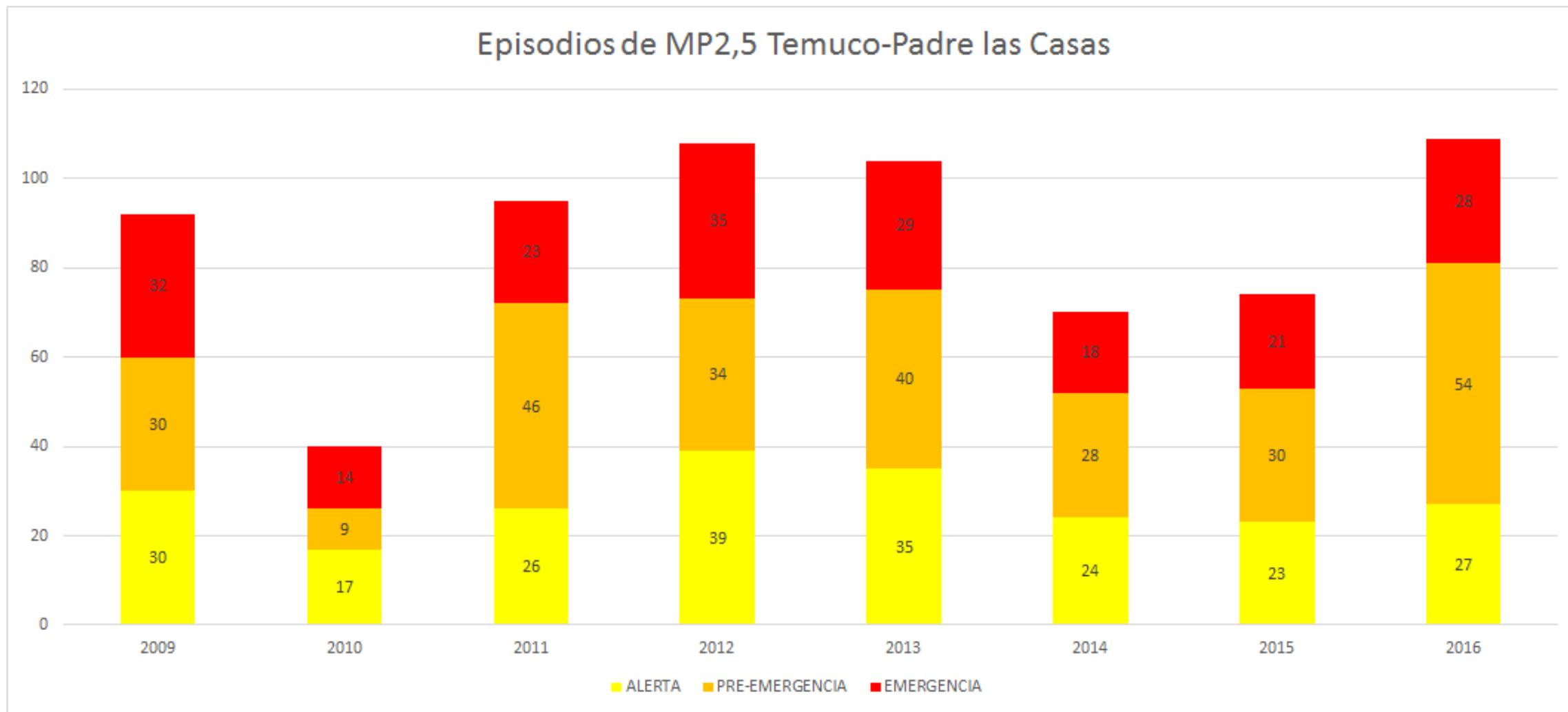


- Los niveles de emisiones por unidad de energía a partir de la quema de leña residencial son tan altos que los niveles de emisiones de otras fuentes se ven opacados.
- Mediciones danesas y suizas muestran que las **emisiones de MP2.5 pueden aumentar hasta 30 veces si una estufa no se maneja adecuadamente y hasta 250 veces si es mal utilizado.**
- Los niveles de emisión pueden ser **mucho mayor** en condiciones de la vida real.

# Programas de incentivos/desincentivos en Dinamarca

	Estufa vieja a leña	Estufa moderna de leña con etiqueta ecológica	Estufas a pellets
Zona urbana	1.000 Euros/año	500 Euros/año	Libre de impuestos
Zona rural	500 Euros/año	Libre de impuestos	Libre de impuestos

# Evolución de MP2,5 en Temuco-Padre Las Casas



Nota: 2010 no es representativo porque estaciones fueron dañadas por el terremoto 27/feb/2010

# Medidas de control de emisiones de leña

1. Reducir **demanda energética** de las viviendas
2. **Regular el uso** de estufas/cocinas que operen con leña-biomasa
3. **Programa de Recambio** de Calefactores – Cocinas a leña
4. Promoción de combustibles más limpios
5. **Promover una alianza público-privada para el diseño e implementación de iniciativas que aseguren un desarrollo sostenible en este ámbito.**

# 1. Reducir demanda energética de las viviendas

- Subsidios de aislación térmica: 100.000 en 10 años (<1000 UF)
- Promover la creación de instrumentos financieros como **hipotecas verdes** para aislación térmica viviendas > 1000 UF
- Normas de aislación térmica más exigentes para viviendas nuevas: Idem a las exigidas en los planes de Chillán – Los Ángeles
- Promover que el MINVU entregue viviendas sociales con una solución de calefacción-aislación integral.

# Hipotecas Verdes

Crédito sujeto a verificación de calidad térmica de la vivienda  
Lo cual impulsa el etiquetado



Bancos e  
Instituciones  
Financieras

Financiamiento



Mejorar aislación  
térmica en viviendas  
nuevas

Mejorar aislación  
térmica en viviendas  
usadas

- Menor consumo de energía
- Menor impacto al ambiente
- Ahorro de recursos calefacción

Recursos que se ahorran permiten pagar el crédito

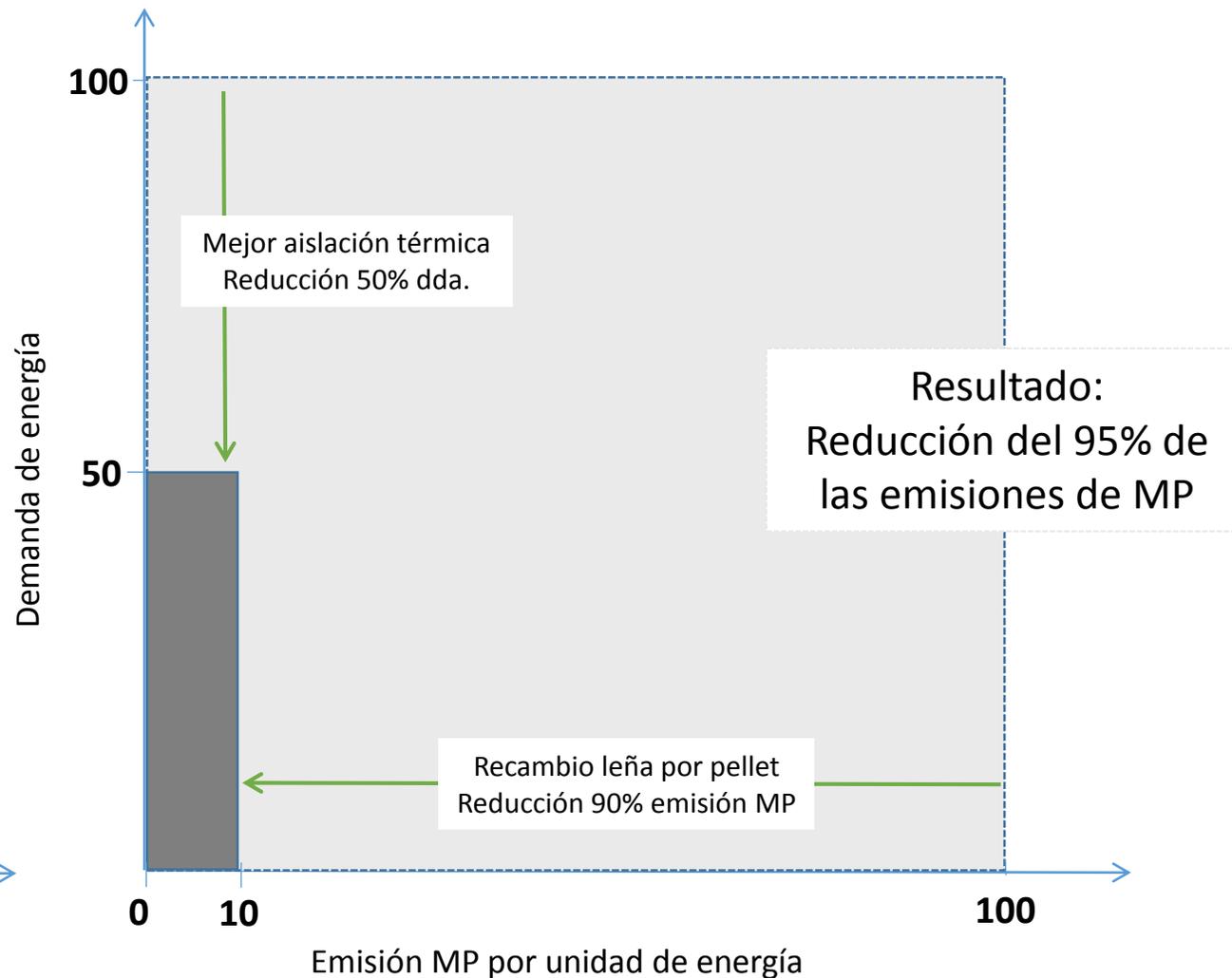
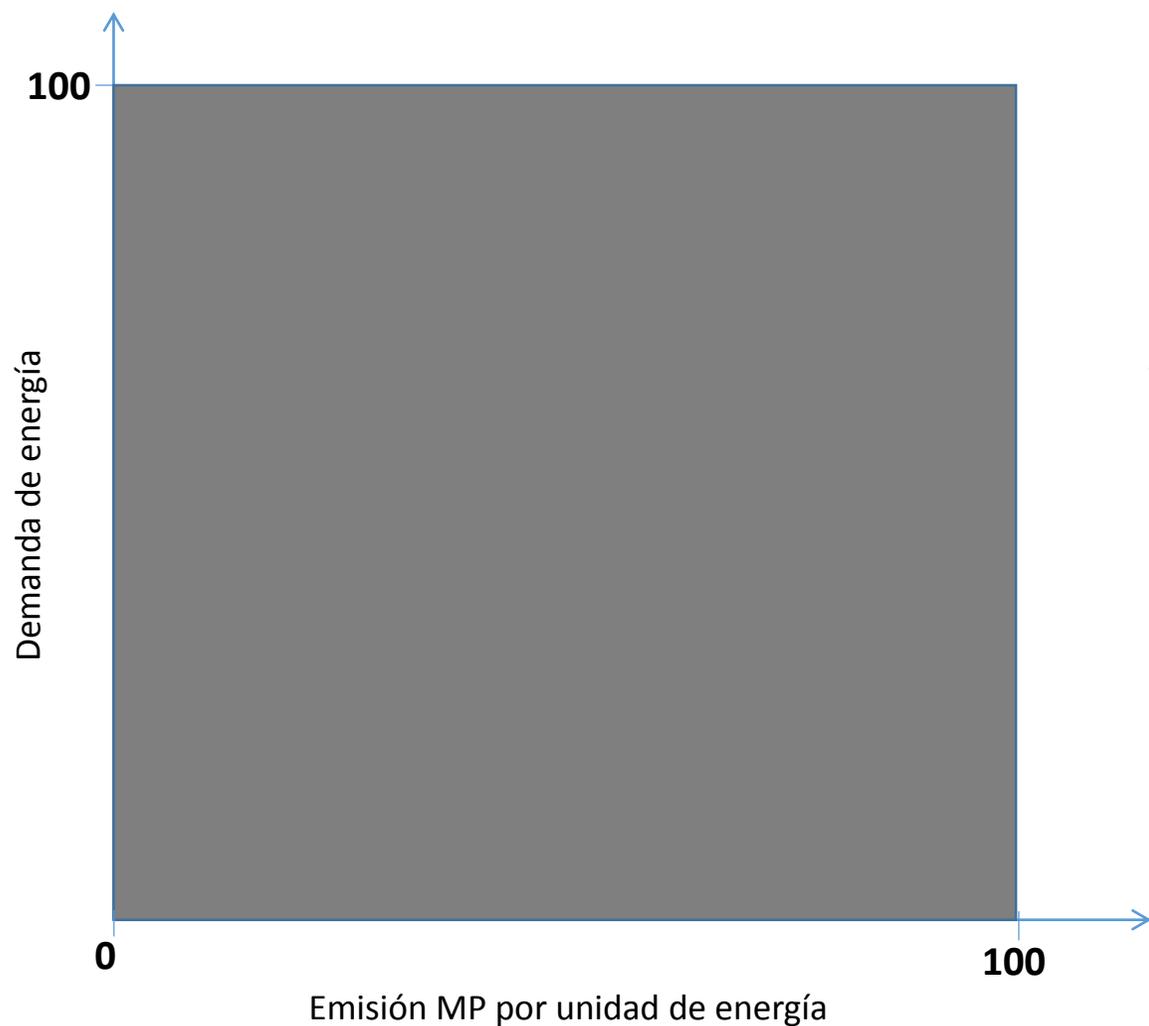
## 2. Regulación del uso de estufas/cocinas que operen con leña-biomasa

- Prohibición estufas hogar abierto (inmediata)
- Prohibición de uso de calefactores a leña en establecimientos comerciales (inmediata)
- Prohibición de uso de calefactores a leña en organismos de administración del Estado (1 año)
- Prohibición de calefactores hechizos-salamandras en zonas urbanas (3 años)
- Prohibición de calefactores a leña que no cumplen norma (5 años)
- Prohibición de cocinas a leña (3 años)

### 3. Programa de Recambio de Calefactores – Cocinas

- Registro obligatorio de calefactores-cocinas en uso. Un año de plazo para inscribir calefactores-cocinas. **Condición para participar del programa de recambio.**
- Recambiar 57.000 calefactores a leña en uso en un periodo de 5 años (40% de las viviendas que usan leña para calefacción). **No se considera los calefactores a leña como una alternativa de recambio.**
- Recambiar 20.000 cocinas a leña por cocinas a gas en periodo de 3 años (considera menos del 10% de las viviendas)

# Ejemplo: Aislación térmica + Pellets



## 4. Promoción de mejores combustibles

### **Calidad del combustible**

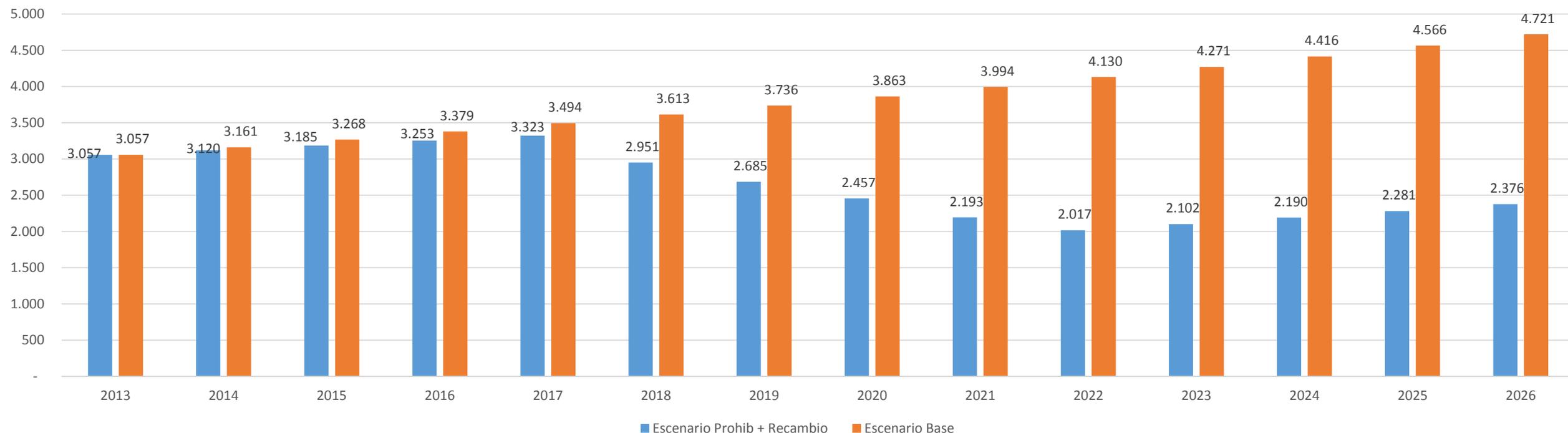
- Exigencia de uso de leña seca (<25% de humedad).
- Implementación de programas de fomento a la leña seca

### **Promoción de nuevos combustibles**

- Se deberán generar las condiciones de acceso al gas natural en zonas urbanas de Concepción Metropolitano.

# Prohibición tecnologías obsoletas + recambio

Proyección de emisiones de MP10 (ton/año)  
Escenario Base vs Restricciones a tecnologías obsoletas + recambio tecnológico

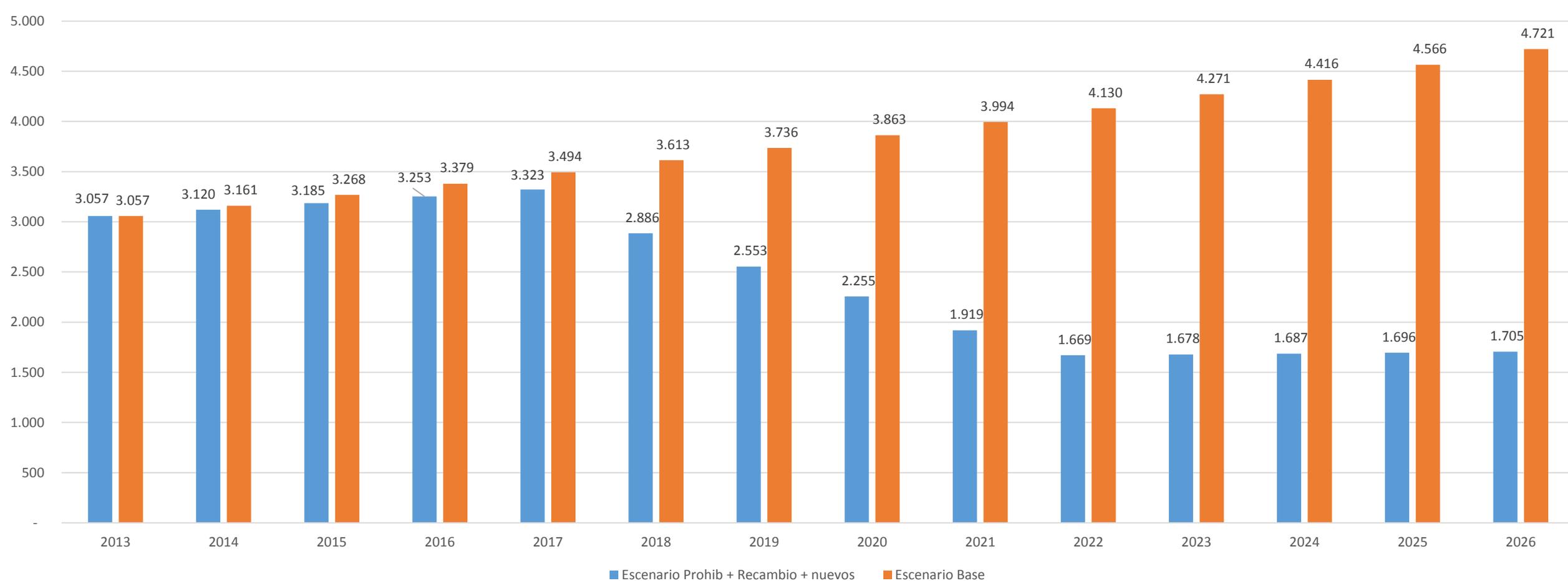


Reducción del 22% de las emisiones en relación al año base 2013

# Prohibición tecnologías obsoletas + recambio + viviendas nuevas sin leña

Proyección de emisiones de MP10 (ton/año)

Escenario Base vs Restricciones a tecnologías obsoletas + recambio tecnológico + nuevas viviendas NO Leña



Reducción del 44% de las emisiones en relación al año base 2013

# Control de Emisiones del Transporte

# Enfoque General

- Poner énfasis en control de las emisiones **diésel por su efecto cancerígeno**.
- Proponer medidas coherentes con normas de emisión nacionales.
- **Aprovechar el crecimiento y recambio natural del parque vehicular para una profunda renovación tecnológica.**
- Aprovechar recursos del subsidio espejo de Transantiago para mejoramiento del transporte público (buses y colectivos)

# Principales medidas

- **Transporte Público:** Flota de 1.850 buses licitados. Filtros DPF al 5% de la flota - Recambio de buses con estándar Euro I y sin normativa por buses Euro V.
- **Transporte de Carga:** Renovación de camiones sin normativa por camiones Euro V (900 al 2020 y la totalidad al 2025). Filtro de partículas en camiones Euro III (600 camiones con filtro el 2020 y otros 600 para el año 2025).
- **Vehículos livianos-medianos:** Norma **Euro 6** desde el año 2018
- **Taxis colectivos:** Programa de incorporación de tecnologías avanzadas en taxis colectivos, incorporación de taxis Euro 6, híbridos y eléctricos.
- **Programa para el control de las emisiones provenientes de puertos:** CM cuenta con 7 puertos: El inventario de emisiones no recoge adecuadamente estas emisiones. **Cada puerto podría tener emisiones comparables a un establecimiento industrial denominado mayor emisor.**

# Recomendaciones finales

- Establecer regulaciones que promuevan un recambio tecnológico en todos los sectores (industria, transporte y calefacción residencial)
- Mejorar la información disponible respecto de las emisiones y la caracterización del MP2,5. **Esto permitirá mejores regulaciones y costos menores de cumplimiento**
- Promover un trabajo con enfoque **público privado** para enfrentar los desafíos del PDA.

Muchas gracias  
mfernandez@cmmolina.cl