

Análisis de opciones de energías renovables aplicadas a calefacción residencial y potencial geotérmico en la región de Aysén.

**Manuel Díaz R.
Centro de Energía FCFM - CEGA
Universidad de Chile
Septiembre 2017**



Contenidos

- Proyecto Opciones ERNC para Calefacción Residencial
- Disponibilidad de recursos energéticos para calefacción en cada ciudad
- Proyección de demanda de energía para calefacción en cada ciudad
- Escenarios de penetración de tecnologías ERNC.
- Estimación de costos y beneficios por ciudad

Análisis de Opciones ERNC para Calefacción Residencial

- Proyecto “Alternativas tecnológicas para calefacción residencial con energías renovables no convencionales aplicables a la realidad chilena”. Año 2014.
- Ministerios del Medio Ambiente, Energía y Vivienda y Urbanismo.
- Modelar los aportes de las energías renovables no convencionales (ERNC) a los procesos de descontaminación, que permitan apoyar la toma de decisión en medidas orientadas a descontaminar zonas saturadas prioritarias del centro sur de Chile.



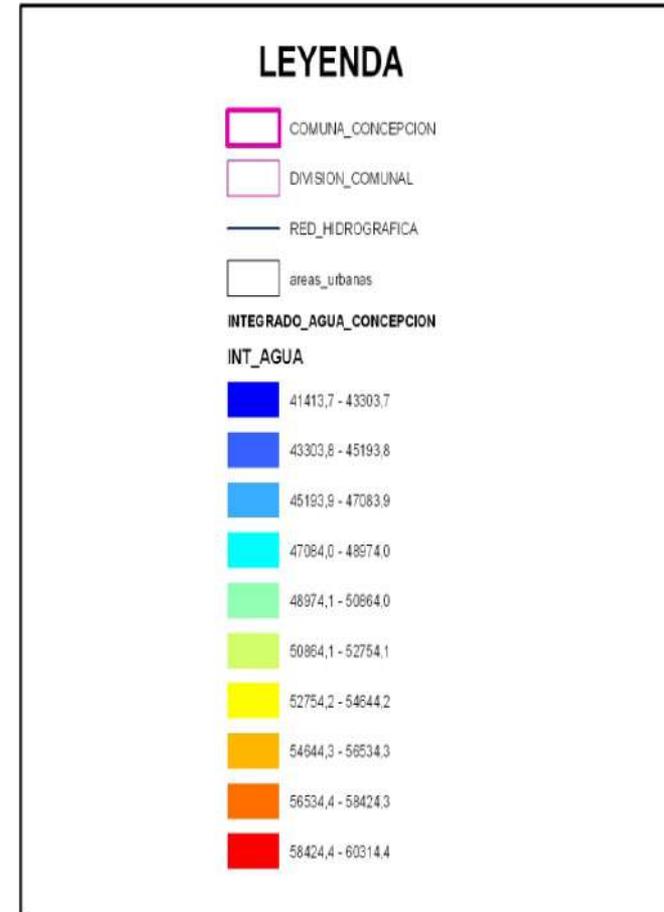
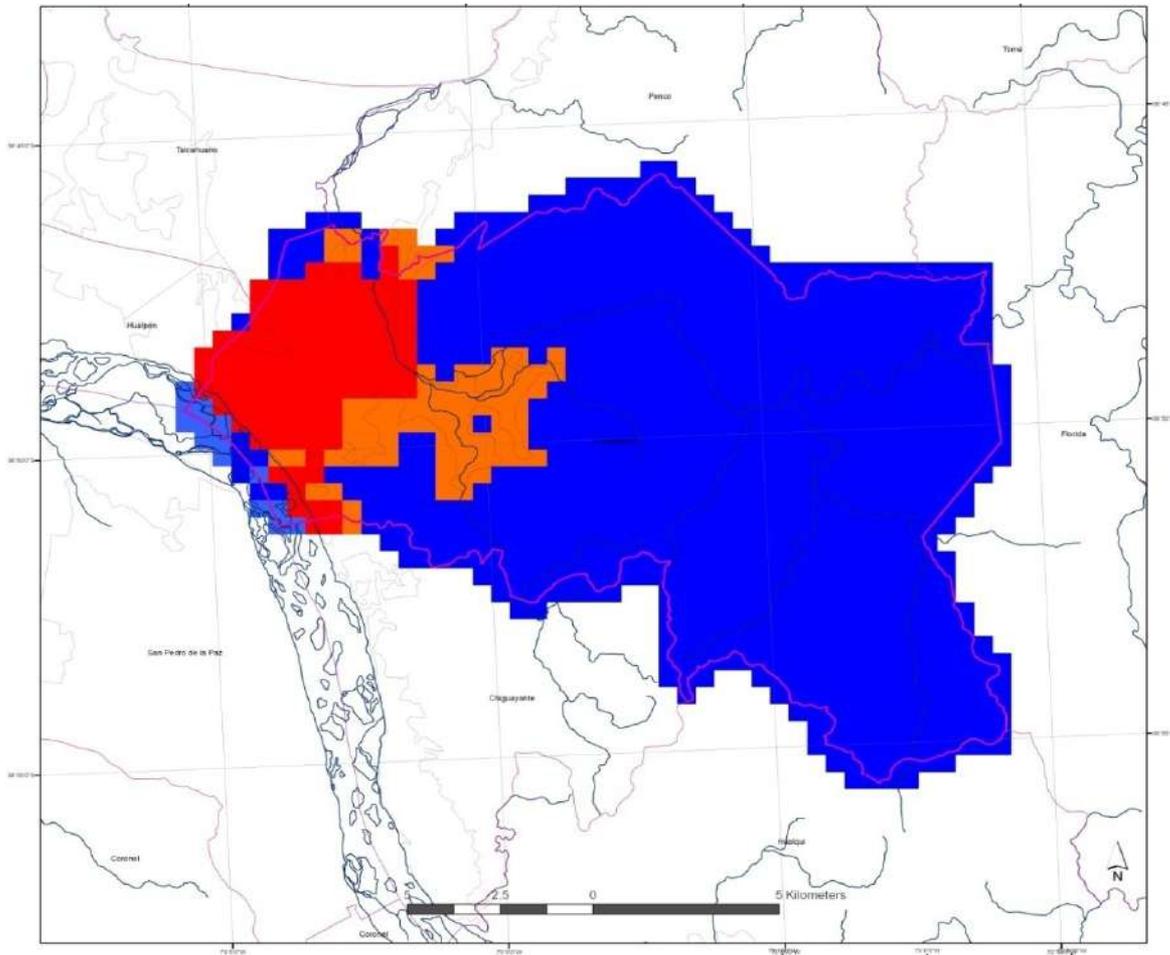
Disponibilidad de recursos energéticos
para calefacción en cada ciudad

- Recursos considerados: solar, eólico, biomasa (pellets y otros), geotermia y calor residual.
- Valores presentados en forma anual en kWh por unidad de vivienda.
- En el caso de los recursos solar y eólico se presentan además los valores para el mes de junio (mes crítico).
- Se descarta el recurso geotérmico de alta entalpía debido a las distancias entre estos y las zonas urbanas.
- Recursos presentados en SIG para las comunas, diferenciando entre zonas rurales y urbanas.

Recursos	Fuente
Solar	Mapa solar desarrollado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile http://ernc.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/
Eólico	Mapa eólico desarrollado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile http://ernc.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/
Biomasa	Información de disponibilidad de biomasa tratada (pellets) y otro tipo. Explorador de biomasa. http://sit.conaf.cl
Geotérmico	Herramientas de simulación como RETScreen para sistemas de geotermia de baja entalpía. Para el caso de sistemas de alta entalpía, se implementó el SIG con datos del Ministerio de Energía. http://sig.minenergia.cl .
Recuperación de Calor	Encuesta Industrial 2009 (PPEE, 2009)

Disponibilidad de Recursos en Concepción

Mapa de Recursos Integrados

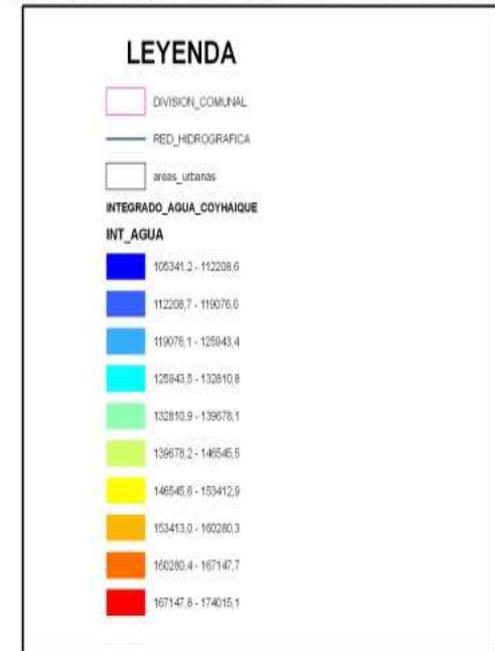
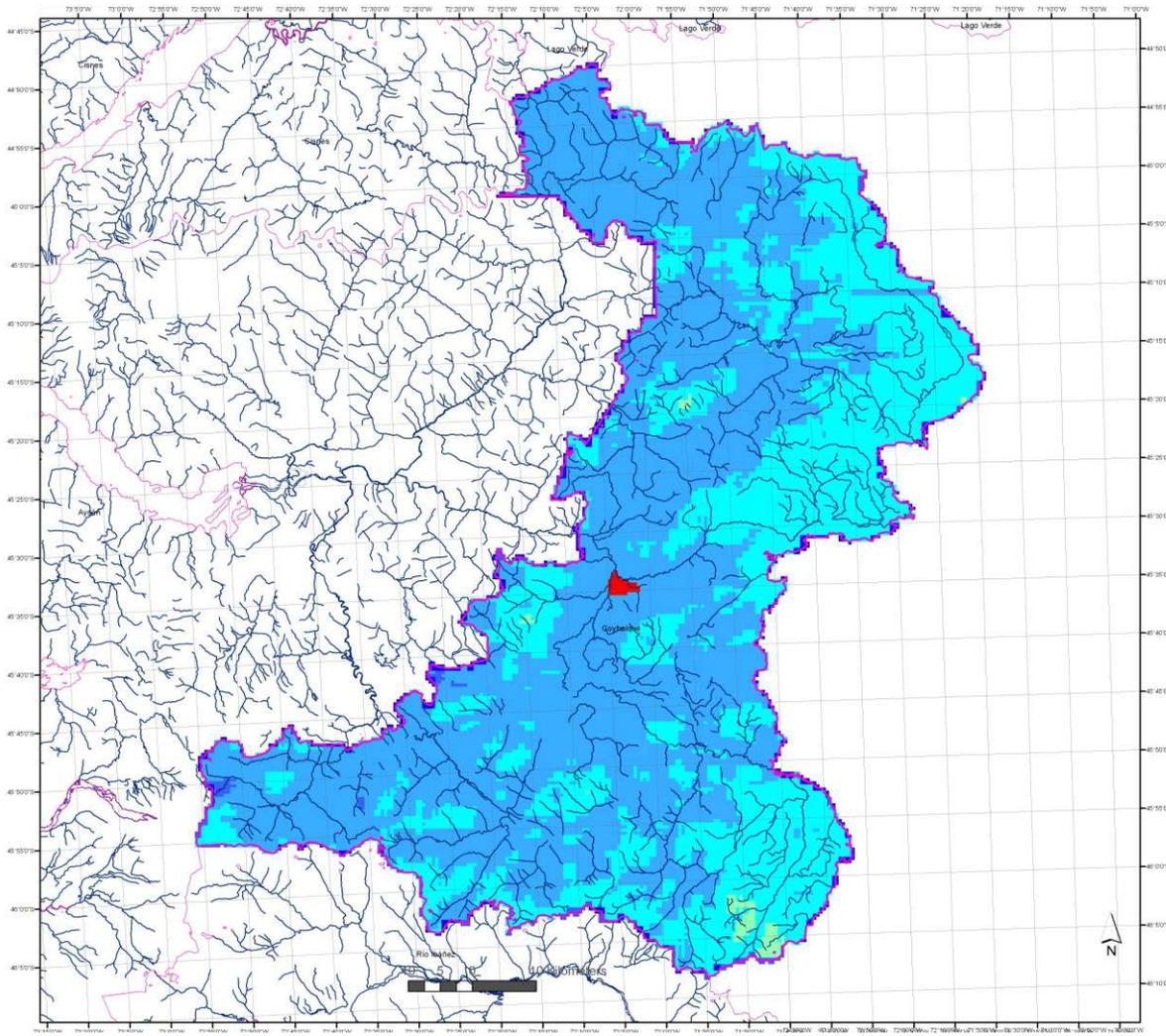


Rango: 41.000 -60.000 [kWh/vivienda]

Considera: Recurso Térmico Solar, Eólico, Geot. Baja Entalpía, Biomasa, Pellet y Calor Residual

Disponibilidad de Recursos en Coyhaique

Mapa de Recursos Integrados



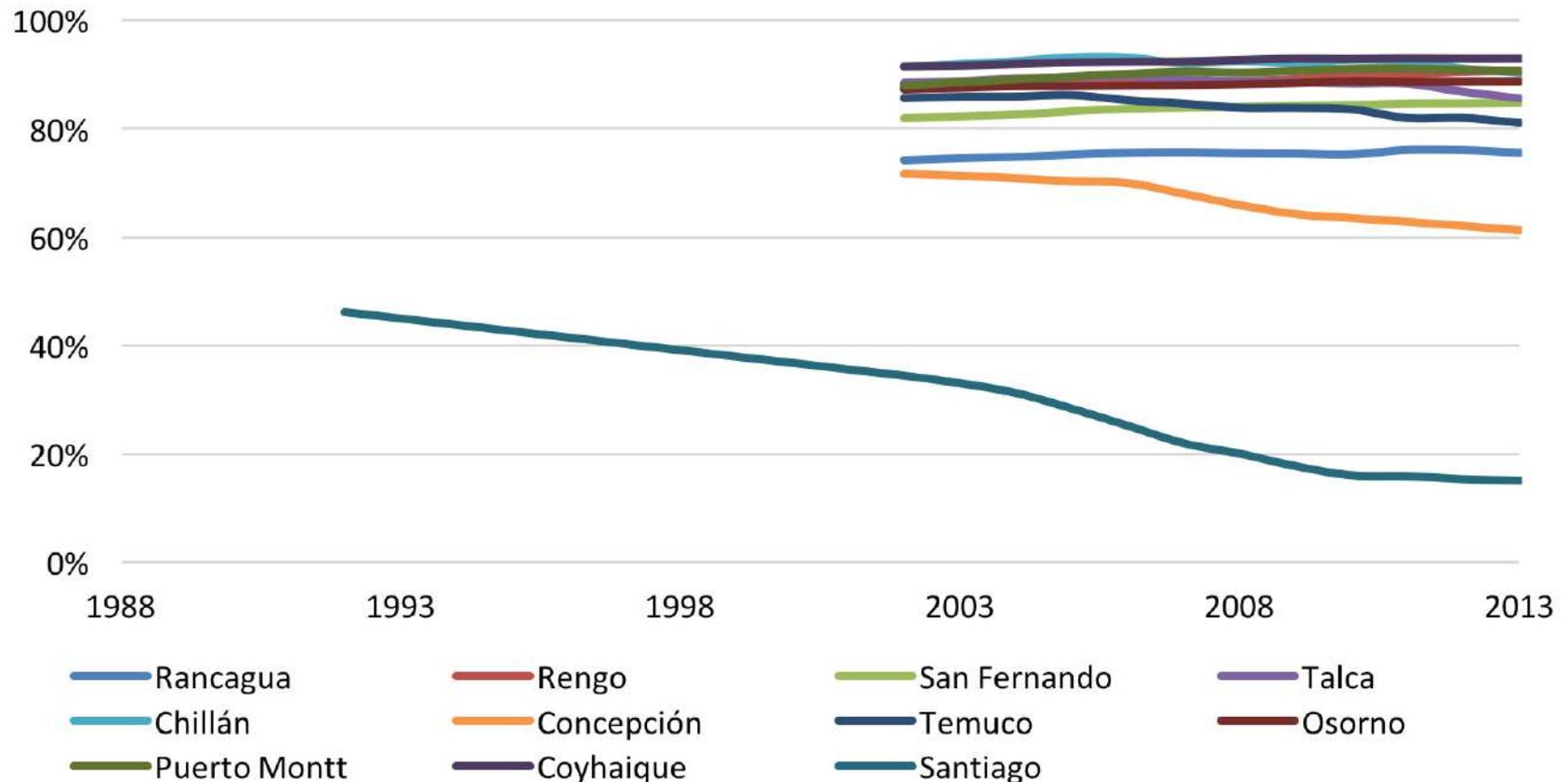
Rango: 100.000 – 130.000 [kWh/vivienda]

Considera: Recurso Térmico Solar, Eólico, Geot. Baja Entalpía y Biomasa.

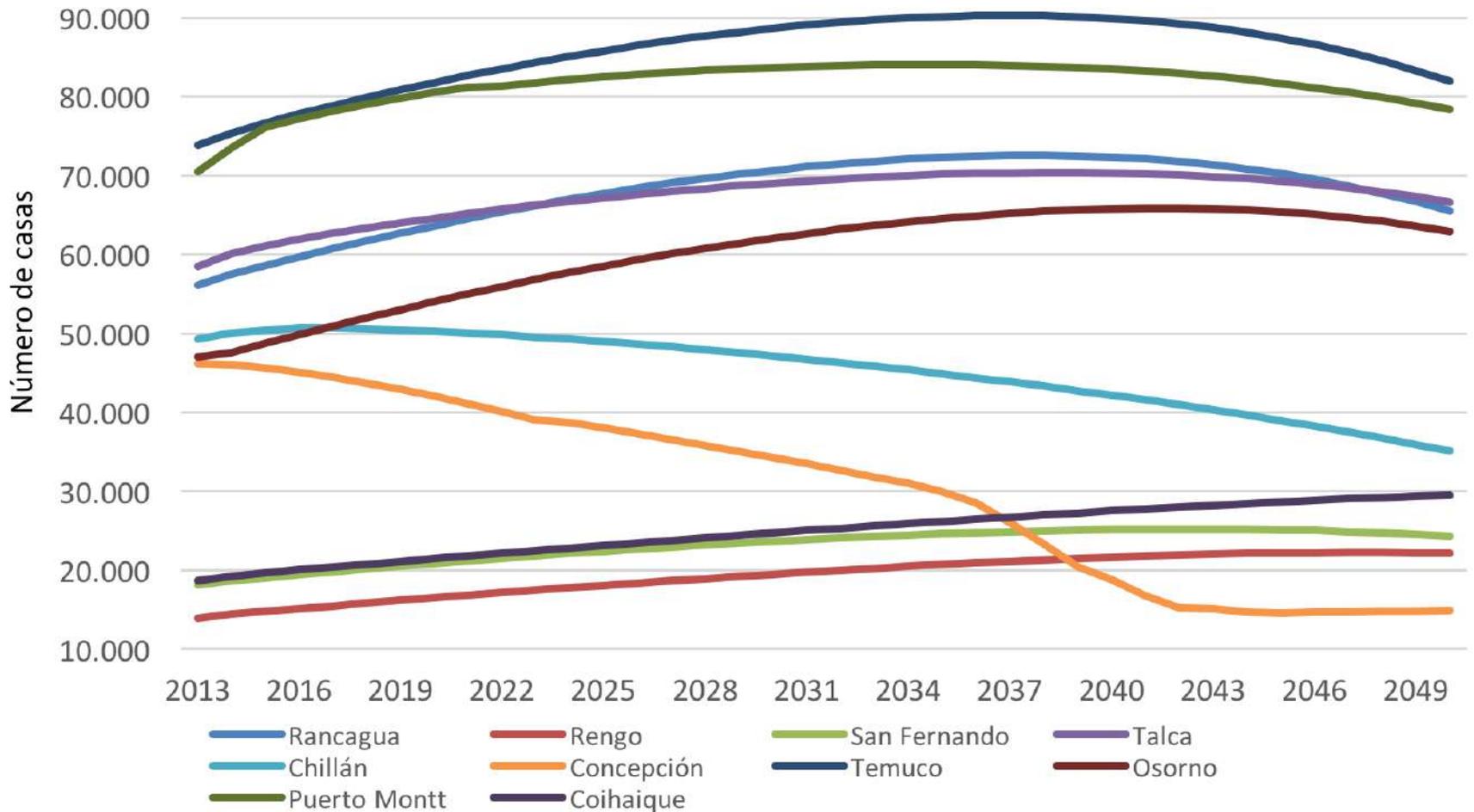
Proyección de demanda de energía para calefacción en cada ciudad

Participación de Casas (%) por ciudad

- En cada ciudad se proyecta el número de casas a partir de la tendencia histórica y las referencias a otras ciudades.
- Supuestos de habitantes por vivienda según proyección de PIB per cápita.
- Las ciudades seguirán la tendencia de Santiago en la relación de casas vs departamentos.



Proyección Número de Casas por Ciudad





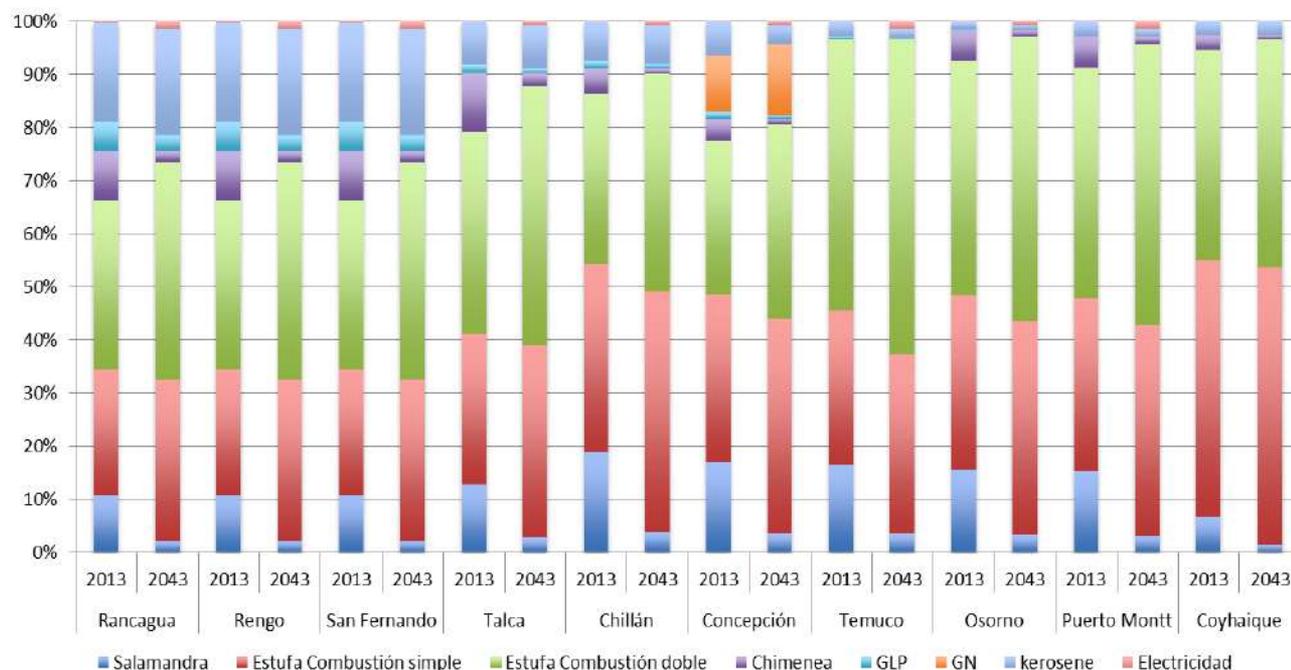
Estimación de demanda y participación de tecnologías



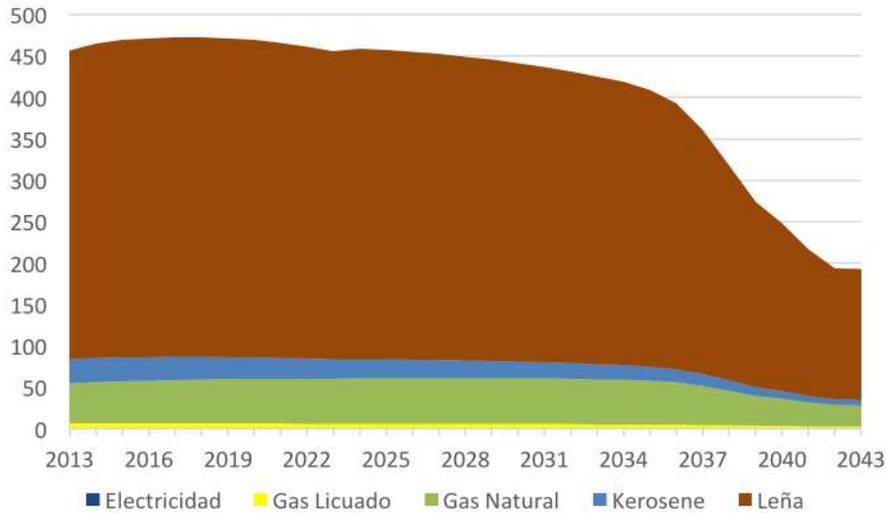
Año	Gas licuado		Gas Natural		Kerosene		Electricidad		Leña	
	%	kWh año	%	kWh año	%	kWh año	%	kWh año	%	kWh año
2013										
Zona 1	2%	1	0%	0,0	2%	1,5	6%	20,4	1%	3,4
Zona 2	34%	125	4%	87,7	8%	66,2	12%	26,4	16%	577,8
Zona 3	48%	420	4%	141,1	93%	1260,4	15%	55,4	11%	991,2
Zona 4	31%	299	2%	122,0	24%	1042,4	12%	55,1	60%	8.789,2
Zona 5	20%	144	0%	18,1	10%	49,1	4%	9,7	90%	15.467,9
Zona 6	13%	90	0%	0,0	8%	22,3	3%	12,1	91%	19.535,5
Zona 7	6%	103	43%	14.309,0	2%	102,3	4%	29,9	53%	18.944,9

Supuestos de Línea Base

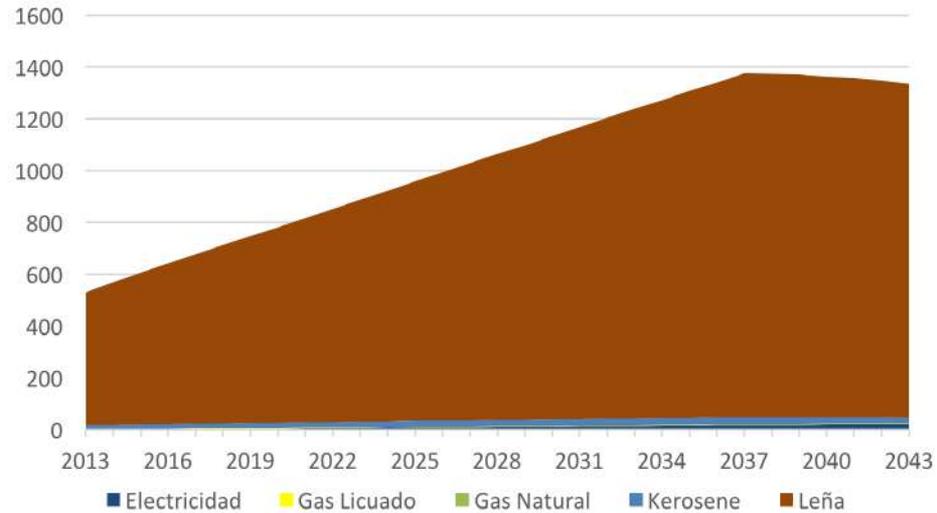
- Participación de acuerdo a crecimiento esperado de tecnologías.
- Aumento de consumo por mejora de confort térmico.
- Salamandras y chimeneas desaparecen al 2043
- Aumentan combustión simple, doble, GLP y Kerosene



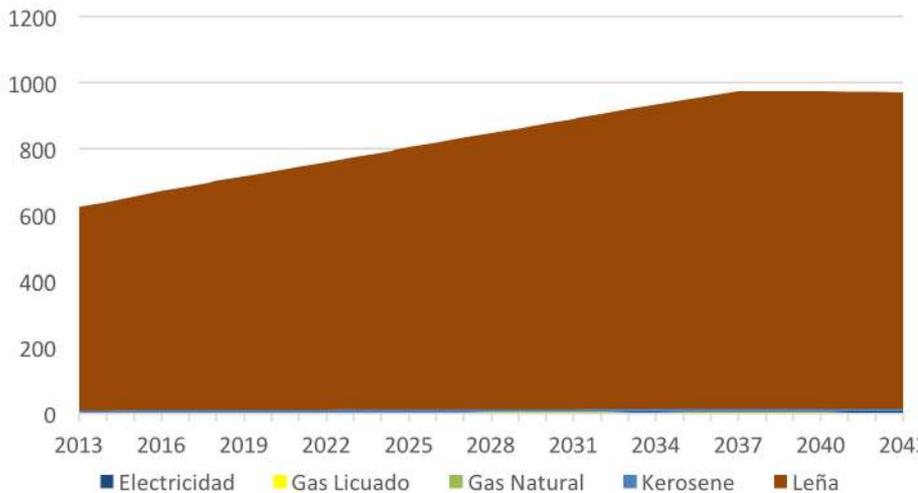
Proyección consumo de energía por ciudad (Teracalorías)



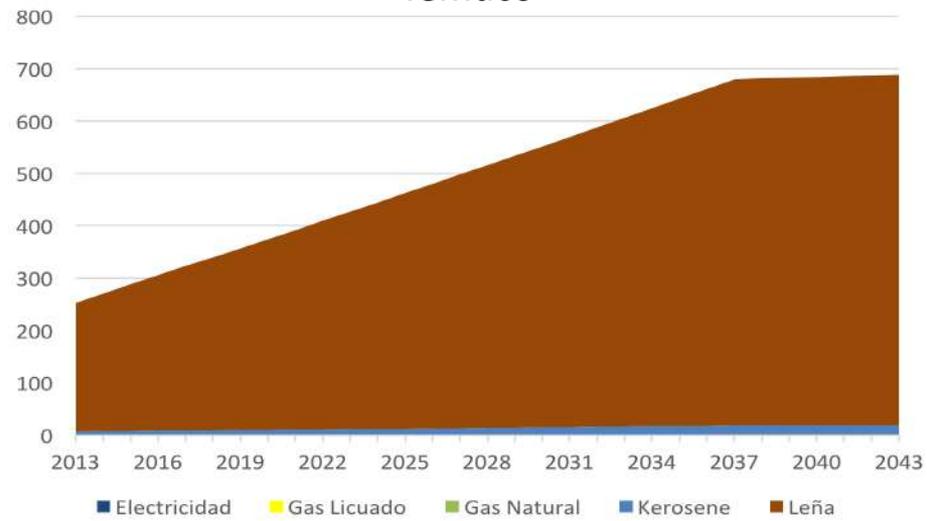
Concepción



Temuco

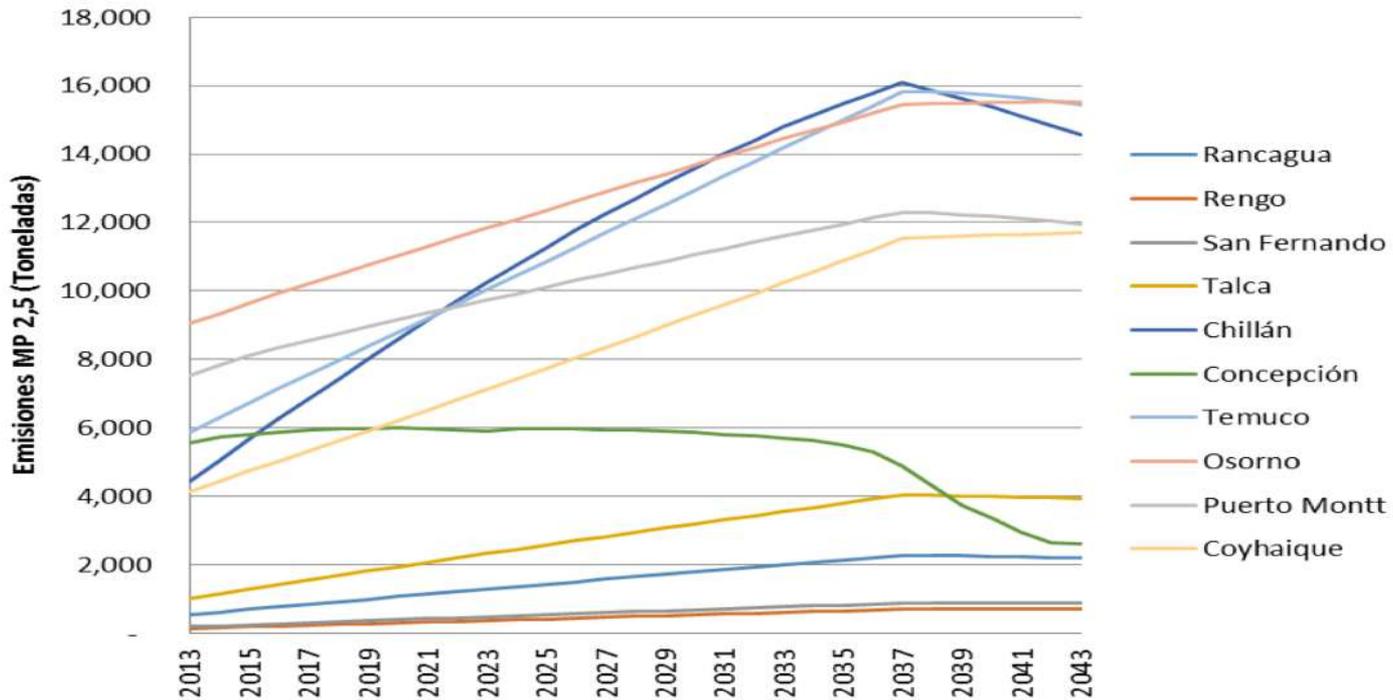


Osorno



Coyhaique

Proyección emisiones MP 2,5 (Toneladas)

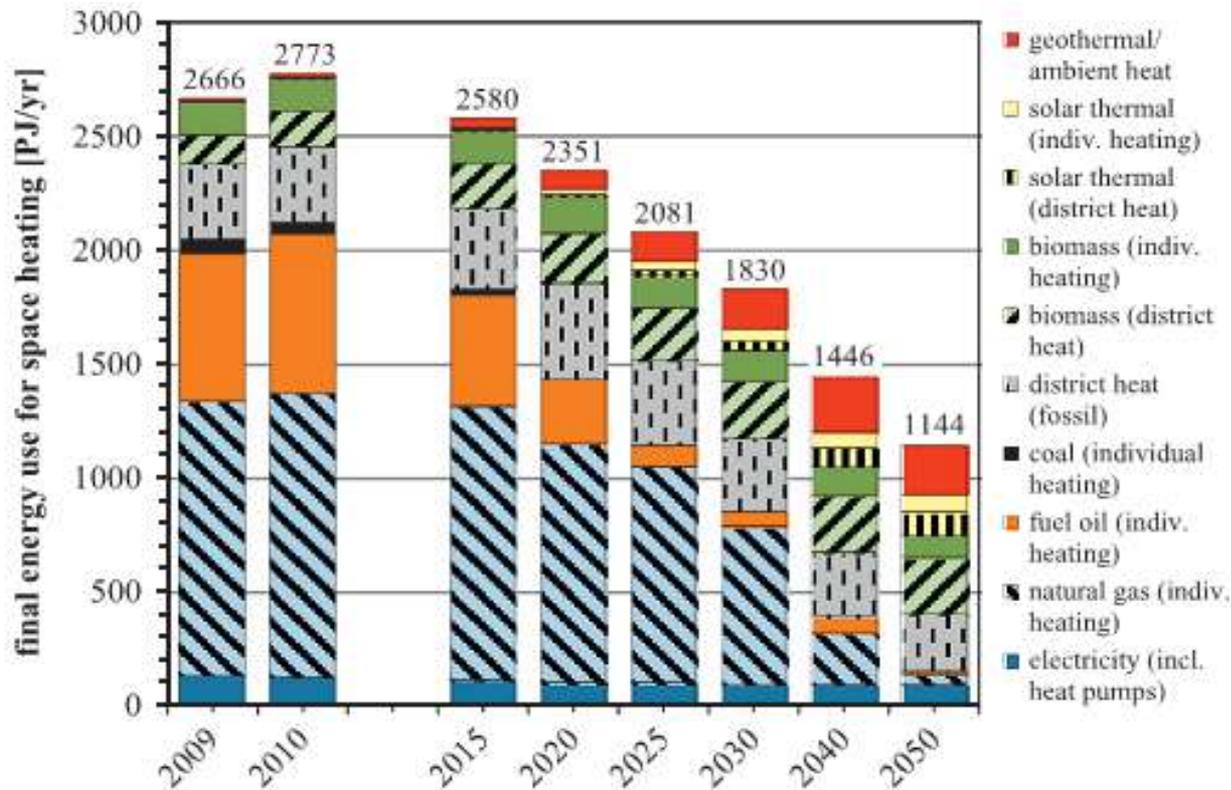


Ciudades	2013	2020	2030	2040	2043
Rancagua	551	1.077	1.797	2.254	2.197
Rengo	143	311	545	709	707
San Fernando	193	404	692	887	881
Talca	1.020	1.955	3.201	4.005	3.945
Chillán	4.451	8.597	13.588	15.368	14.563
Concepción	5.583	5.995	5.863	3.378	2.633
Temuco	5.872	8.796	12.946	15.720	15.429
Osorno	9.069	11.024	13.678	15.510	15.513
Puerto Montt	7.548	9.158	11.056	12.183	11.958
Coyhaique	4.132	6.218	9.294	11.628	11.715



Escenarios de penetración de tecnologías ERNC

- Para los casos en que se proponen metas de participación de tecnologías, se utilizan **referencias internacionales**, adaptadas acorde al contexto nacional



53% de participación ERNC en calefacción al 2050.
 15% Geotermia,
 12% solar, 20% biomasa distrital,
 6% biomasa individual

- Criterios de selección:
 - Disponibilidad del recurso
 - Aplicación de tecnologías en países de condiciones climáticas similares
 - Barreras a la implementación

Recurso	Tecnología	Alcance
Biomasa	<ul style="list-style-type: none">• Calefacción distrital (astillas)• Estufa a Pellets	Todo el País
Solar	<ul style="list-style-type: none">• Panel Solar Térmico• Panel solar termodinámico	Hasta la X Región
Geotermia de Baja Entalpía	<ul style="list-style-type: none">• Bombas de Calor Geotérmicas• Bombas de Calor Aerotérmica	Todo el País
Recuperación de calor	<ul style="list-style-type: none">• Calefacción Distrital	Concepción

- **Escenario base**

- Penetración de tecnologías según tasas naturales de crecimiento.
- En el caso de la leña se mantiene fija su participación de modo de estimar el efecto total sobre las emisiones de la entrada de nuevas tecnologías

- **Escenario base' (Escenario con RT)**

- Penetración del 5% de casas a reacondicionar
- No se intervienen casas que van a ser reemplazadas por edificios
- Efectividad del 50% en el RT

- **Escenario RT + Biomasa**

- Tecnologías prioritarias: Estufas Pellets / C. distrital con biomasa (astillas)
- Penetración del 20% al 2043

- **Escenario RT + Geotermia**

- Tecnologías prioritarias: Bomba de calor geotérmica individual, calefacción distrital con bombas de calor geotérmicas, aerotermia

- **Escenario RT + Solar**

- Tecnologías prioritarias: Sistemas solares térmicos
- 15% de Paneles solares en viviendas nuevas (10% desde la IX región)

- **Escenario RT + C. Distrital**

- Tecnologías prioritarias: Calor distrital con biomasa (astillas), con recuperación de calor, con bombas de calor geotérmicas → Viviendas nuevas en condominio

- **Escenario RT + Combinado**

- Estufas a pellets, Calor distrital con biomasa (astillas), Bombas de calor geotérmicas, Paneles solares.
- Esfuerzo máximo de reducción y se eliminan todas las estufas ineficientes



CENTRO DE ENERGÍA

Reacondicionamiento Térmico: Viviendas



Ciudades	Viviendas Año 2012	Total Casas Existentes al 2043	Potencial de Viviendas a Reacondicionar	Viviendas reacondicionadas anualmente (5%)
Rancagua	55,764	71,382	20,435	1,022
Rengo	13,712	22,022	8,442	422
San Fernando	17,910	25,209	10,666	533
Talca	56,484	69,888	46,267	2,313
Chillán	48,187	40,309	22,064	1,103
Concepción	45,410	15,152	11,178	559
Temuco	71,212	86,312	42,376	2,119
Osorno	44,140	65,786	27,032	1,352
Pto. Montt	65,368	82,577	25,156	1,258
Coyhaique	19,039	28,261	10,928	546



Reacondicionamiento Térmico: Indicadores Escenario



	Costo Inversión actualizada [MMUSD]	Costo Promedio Vivienda (USD)	Costo Inversión por energía reducida (KUSD/TCal)	Costo Nivelado por energía reducida (KUSD/TCal)	Emisiones Totales Reducidas [ton]	Costos por tonelada abatida actualizado [KUSD/ton]
Rancagua	8.8	258	11.8	-466.55	8,791.9	-39.9
Rengo	3.7	442	14.9	-181.98	2,979.1	-38.9
San Fernando	3.8	355	12.7	-206.78	3,529.7	-39.6
Talca	20.3	438	14.7	-551.41	19,358.1	-22.3
Chillán	11.0	499	12.1	-478.73	56,565.6	-5.1
Concepción	6.4	573	22.0	-465.64	15,508.2	-7.5
Temuco	25.0	590	17.5	-557.14	66,964.8	-4.8
Osorno	14.2	526	13.8	-594.93	63,732.5	-3.5
Puerto Montt	16.3	649	22.5	-490.80	44,549.6	-3.2
Coyhaique	11.9	1,086	16.1	-242.48	50,876.7	-3.4

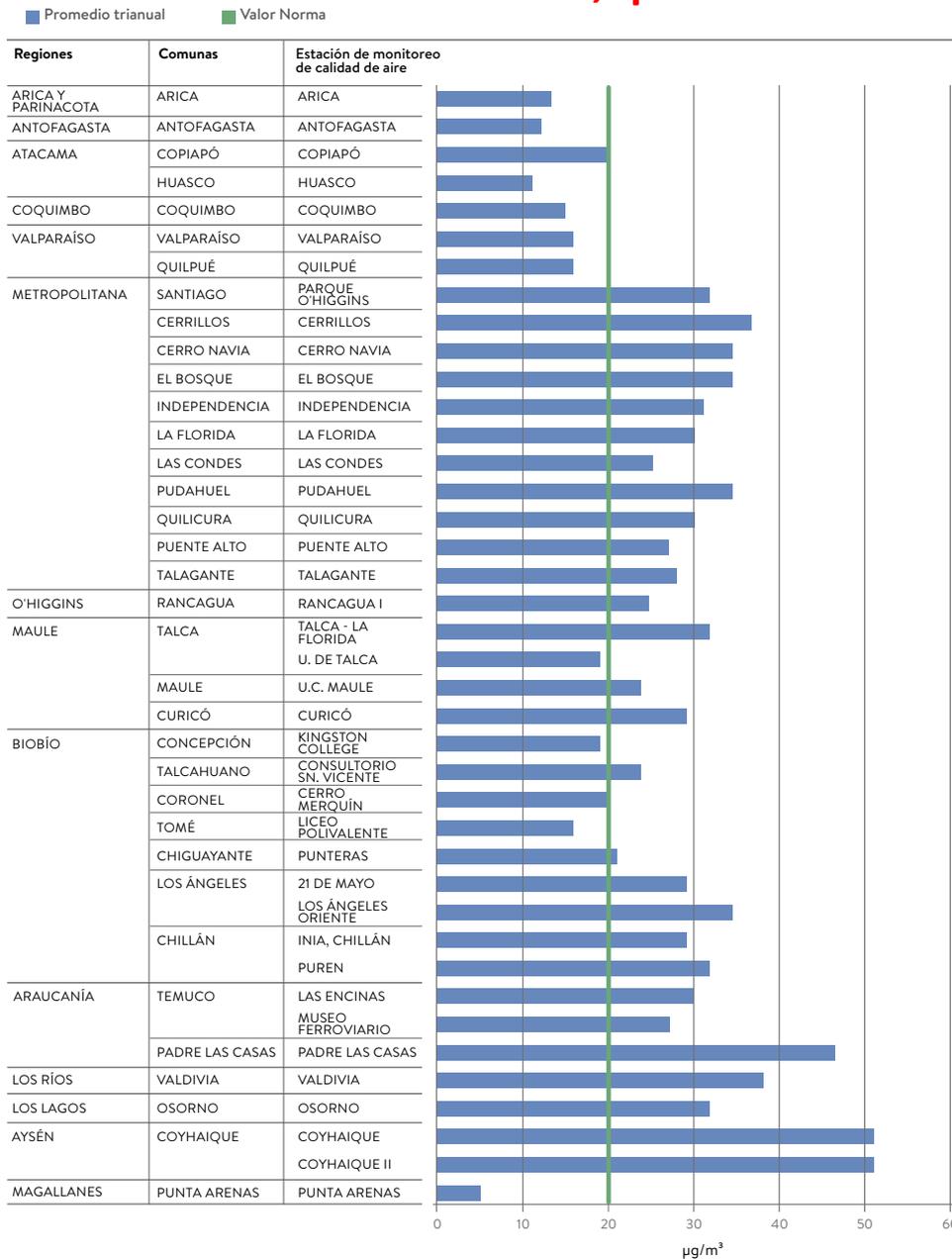
Comparación de emisiones por ciudad en escenarios proyectados (%)

Ciudades	2043 vs. 2013	Esc. Base vs.R. Térmico	Esc. Base vs. Solar	Esc. Base vs. Biomasa	Esc. Base vs. Combinado
Rancagua	399%	27%	46%	43%	83%
Rengo	496%	29%	47%	45%	82%
San Fernando	457%	27%	46%	43%	83%
Talca	387%	33%	52%	51%	82%
Chillan	327%	27%	49%	48%	80%
Concepción	47%	38%	58%	57%	85%
Temuco	263%	29%	44%	49%	77%
Osorno	169%	27%	44%	52%	77%
Puerto Montt	158%	24%	41%	46%	76%
Coyhaique	284%	29%	34%	47%	78%

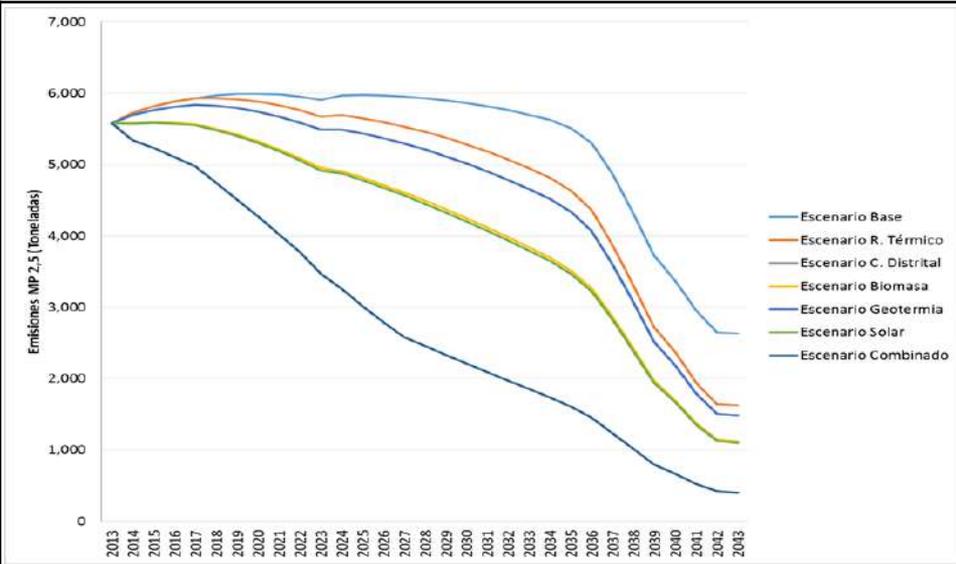


Estimación de costos y beneficios por ciudad

Promedio anual de concentraciones de MP2,5 a nivel nacional, periodo 2015.

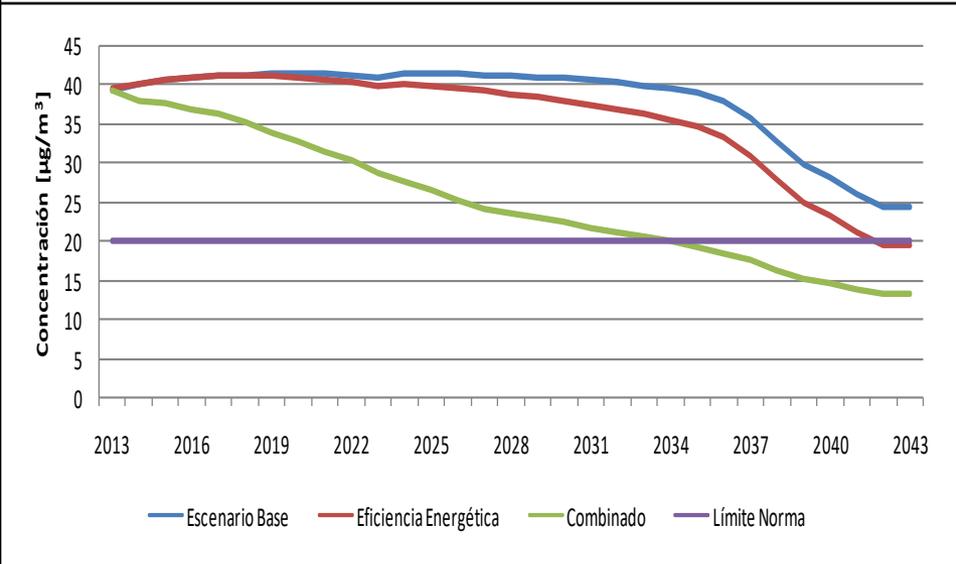
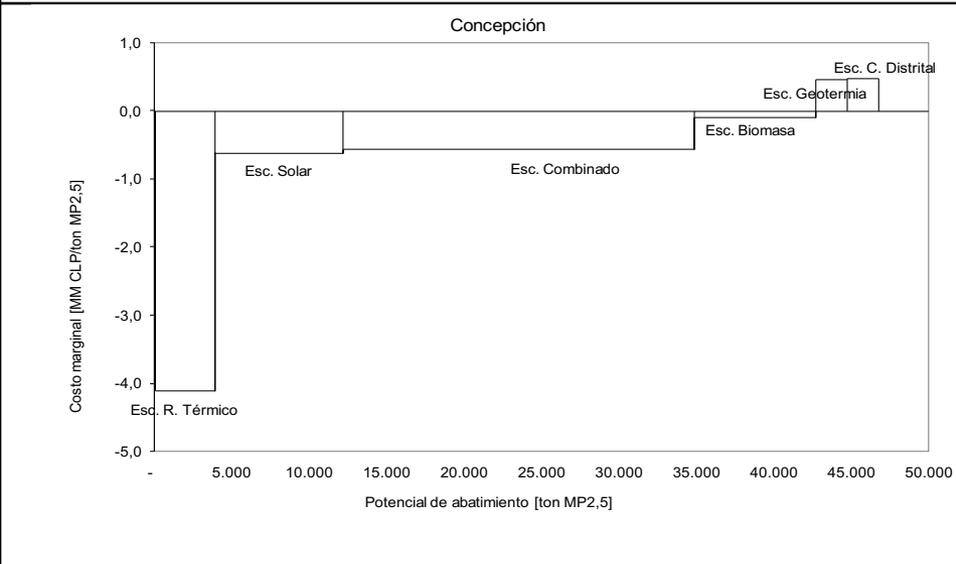


Fuente: MMA, 2016

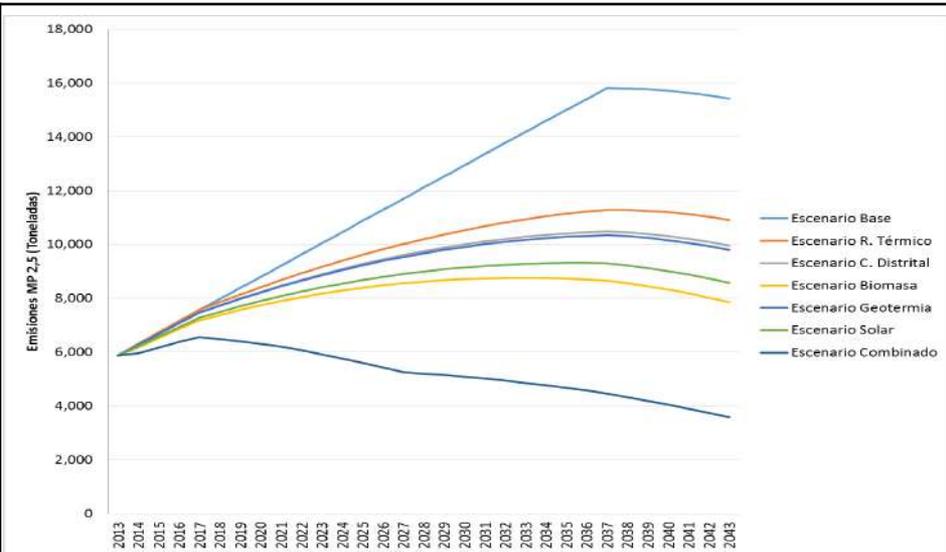


Casos de Mortalidad Evitados:

- 237 (E. Distrital y Geotermia)
- 2.660 (E. Combinado)

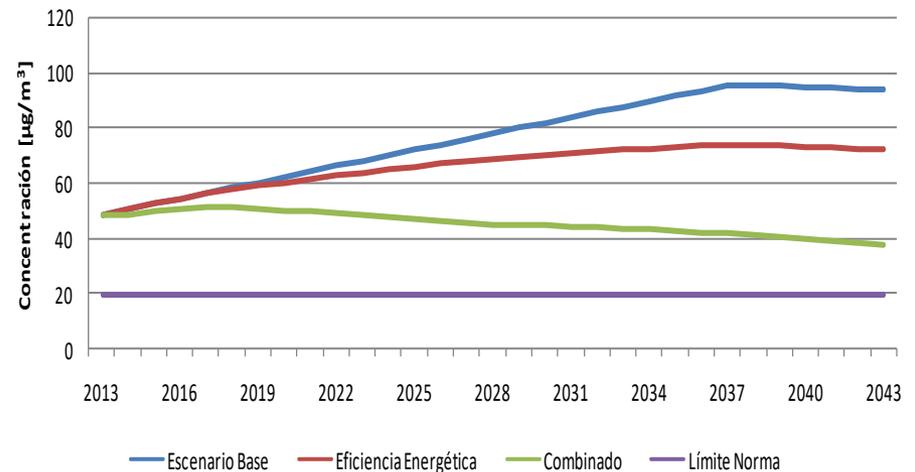
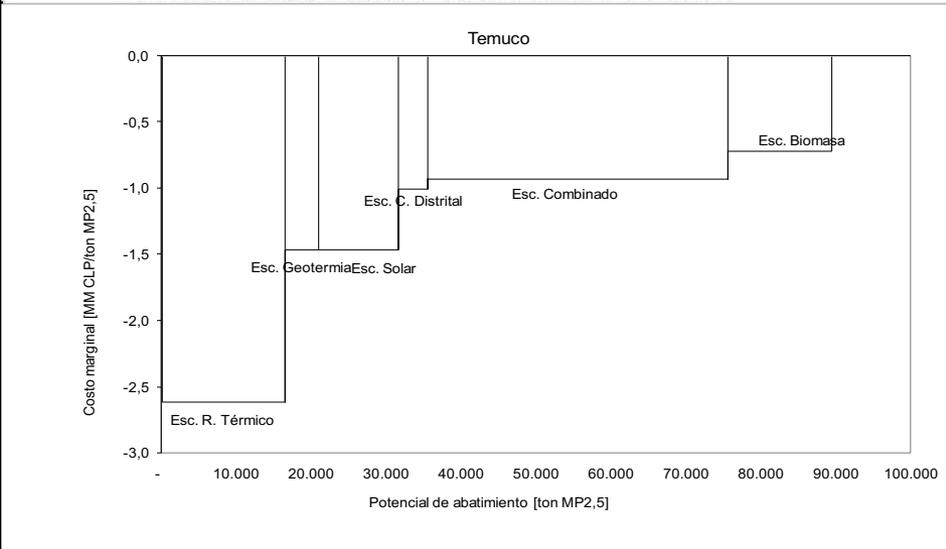


Resultados de costos y beneficios: Temuco

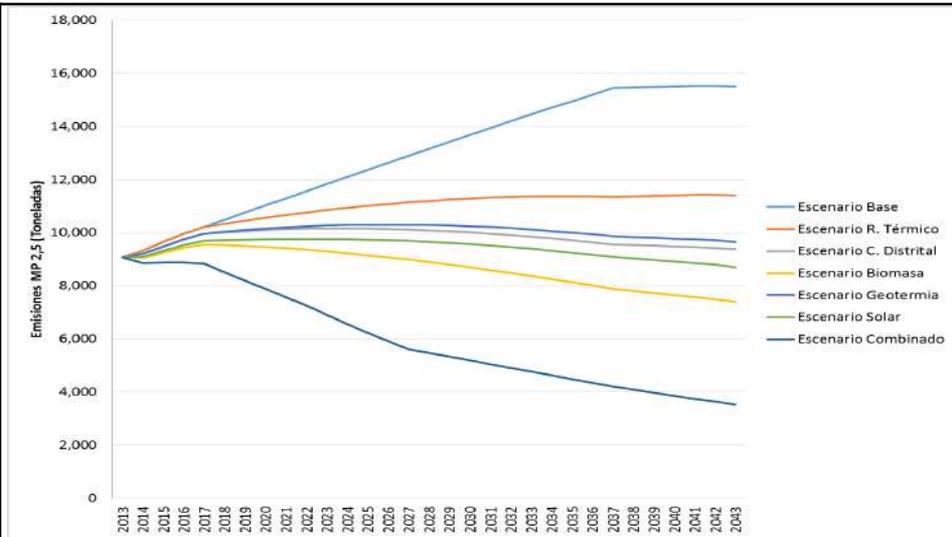


Casos de Mortalidad Evitados:

- 966 (E. Distrital)
- 9.547 (E. Combinado)

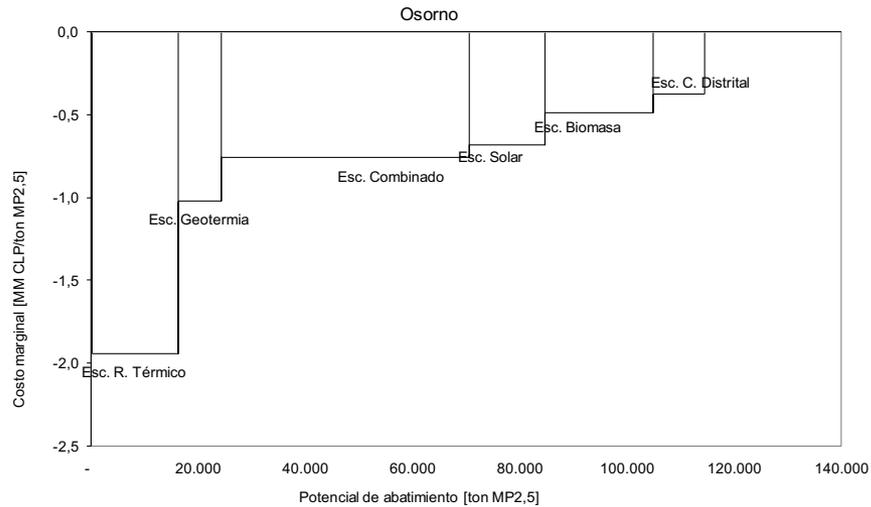


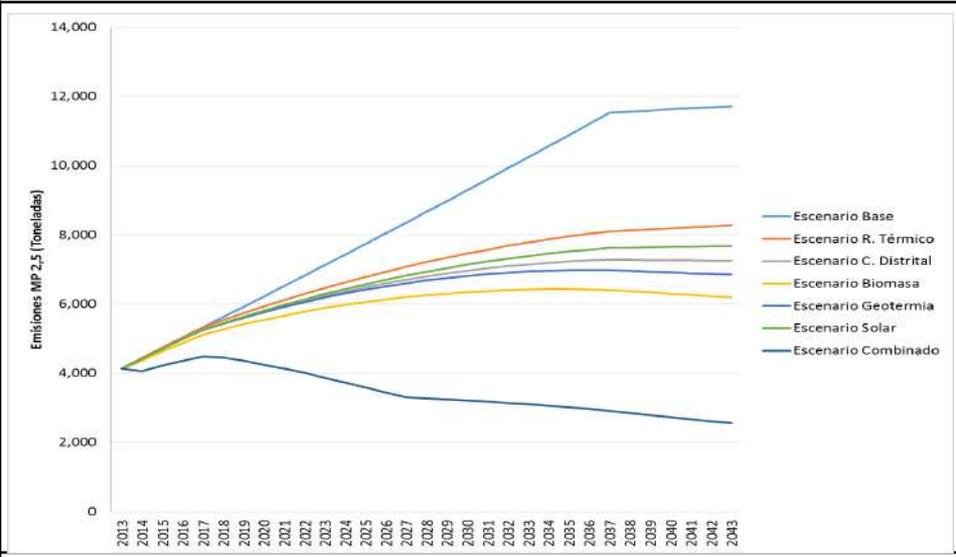
Resultados de costos y beneficios: Osorno



Casos de Mortalidad Evitados:

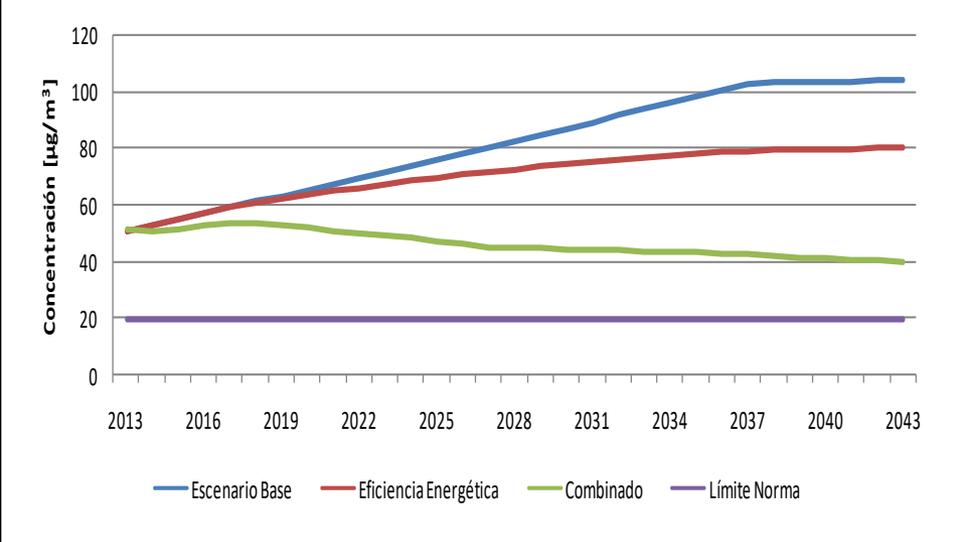
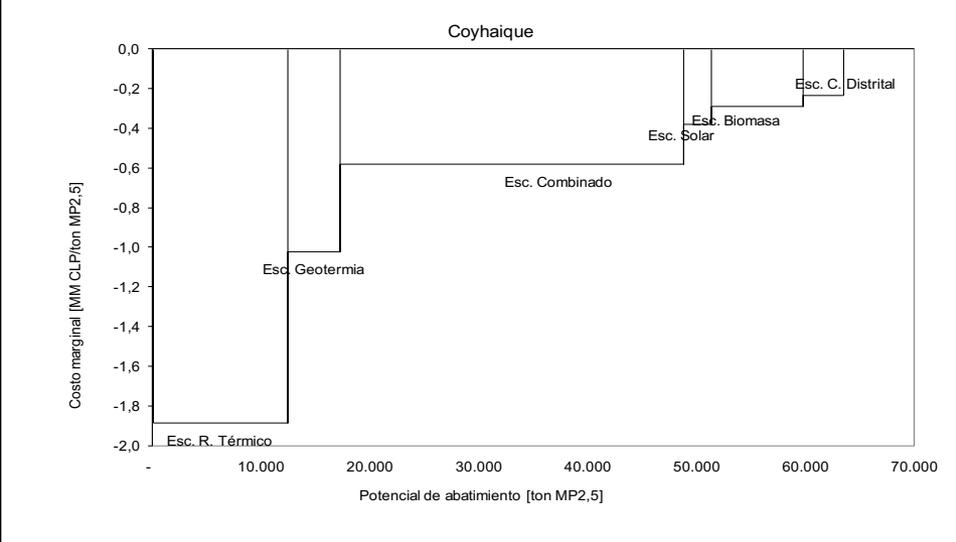
- 1.459 (E. Geotermia)
- 8.742 (E. Combinado)





Casos de Mortalidad Evitados:

- 144 (E. Biomasa)
- 1.842 casos (E. Combinado)





Reykjavik Using Fossil Fuels



Reykjavik Using Geothermal



Gracias

Manuel Díaz

mdiaz@centroenergia.cl

Costos Unitarios de Tecnologías

- Costos unitarios de la literatura y proveedores nacionales (prioridad)
- Revisión de estudios aplicados (calefacción distrital)
- Costos máximos y mínimos. Se utiliza el promedio

	Vida útil (años)	Costo Inversión 2013 (\$/kW)			Reducción costos al 2030		Costos O&M	Costo combustible (\$/TCal)	Fuente de información
		Prom	Máx	Mín	Máx	Mín			
Leña	-	-	-	-	0	0		43.314.286	Costo combustible: Homecenter
Estufa Pellets	20	144.368	222.353	46.146	0	0	0,0%	46.565.774	Costos: proveedores Proyecciones: IEA - "Renewables for heating and cooling", 2007 Costo combustible: CNE 2013
Calor distrital (astillas)	20	894.710	1.350.000	572.151	-24%	-24%	2,0%	43.314.286	Costos: Estudios Rancagua y Coyhaique Proyecciones Euroheat &Power-"Heat Roadmap Europe", 2013 Costo combustible: Homecenter
Aeroterminia	20	258.946	319.216	267.072	-22%	-22%	1,6%	0	Costos: proveedores Proyecciones: IEA - "Energy Technology perspectives", 2010
Bombas calor individual	20	426.089	478.377	375.992	-22%	-22%	0,0%	0	Costos: proveedores, Proyecciones: IEA - "Renewables for heating and cooling", 2007
Bombas de calor distrital	20	711.974	797.294	626.653	--	--	0,2%	0	Euroheat &Power - "Heat Roadmap Europe", 2013
Panel solar (agua)	20	704.136	972.988	435.284	-35%	-50%	1,5%	0	IEA - "Renewables for heating and cooling", 2012