

Estudio
Escenarios de Usos Futuros
de la Electricidad en Chile



Capitulos Transporte y Residencial



Generadoras de Chile
energía que nos mueve

Desarrollado por E2BIZ para
Generadoras de Chile
Agosto 2017



Generadoras de Chile
contacto@generadoras.cl
Teléfono: +56 22 656 9620
Av. Presidente Riesco 5561, of.
1803 Las Condes, Santiago.
www.generadoras.cl

Agenda estudio

- Objetivos y alcances del estudio
- Contexto energético
- Capítulo Transporte
- Capítulo Residencial
- Conclusiones

OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

Objetivos del estudio

- Definir escenarios futuros (a 2050) del uso de energía eléctrica en diversos sectores.
- Establecer fundamentos para avanzar hacia una sociedad más electrificada, evaluando los beneficios en eficiencia energética y menores emisiones de contaminantes locales, salud y GEI que ello representa.
- Analizar “casos de estudio” para cuantificar efectos directos en la población producto de una mayor electrificación.

Alcances del estudio

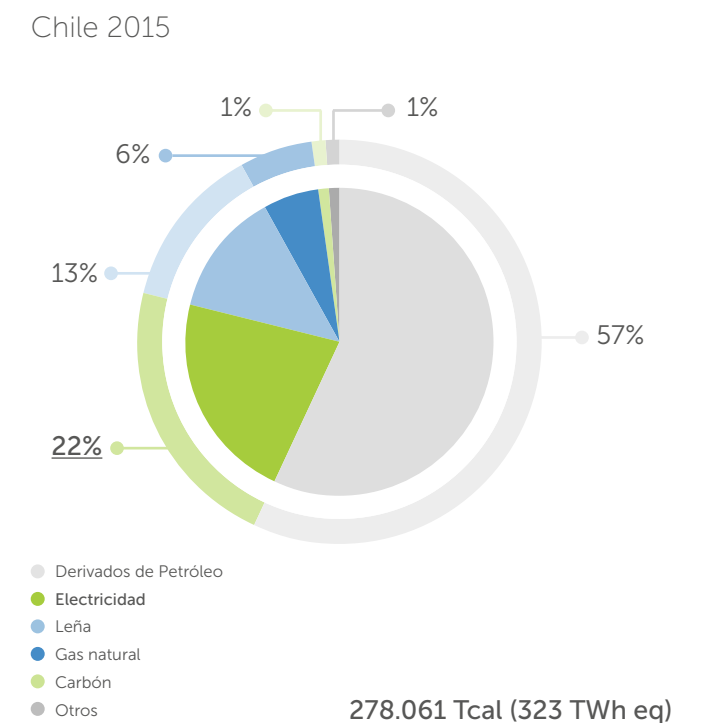
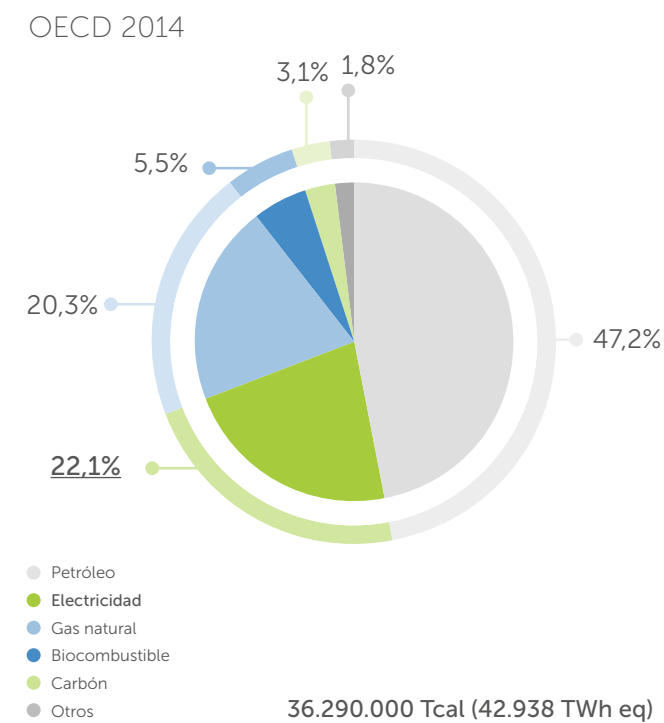
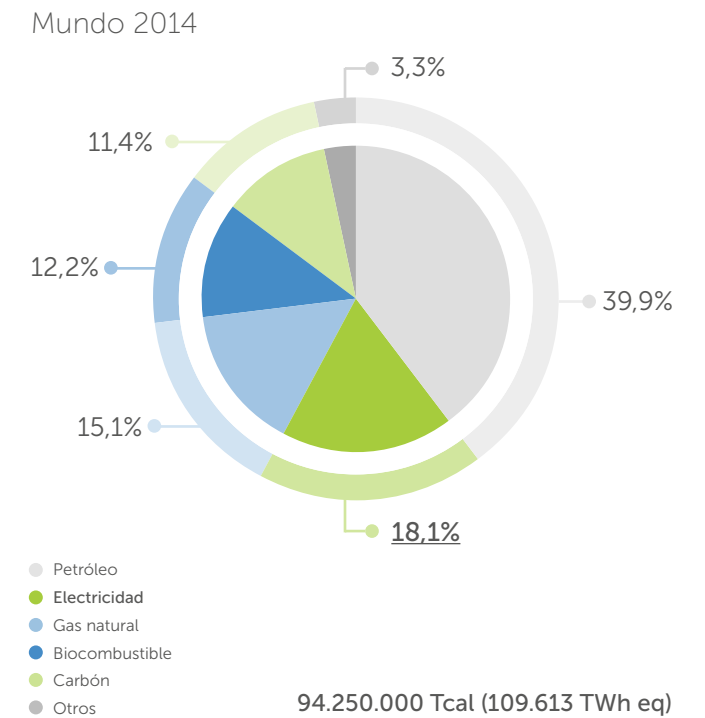
- El análisis es por sectores de acuerdo a la clasificación que se define en el Balance Nacional de Energía (BNE) y por el potencial factible de mayor electrificación que ellos representan:

(1) Transporte, (2) Residencial e (3) Industria y Minería¹.
- Contempla la comparación de escenarios para diversos grados de electrificación de los distintos sectores bajo supuestos de costo-eficiencia.
- El estudio fue realizado por la consultora E2BIZ entre noviembre de 2016 y agosto de 2017.

¹ En este informe se presentan los capítulos (1) Transporte y (2) Residencial.

CONTEXTO ENERGÉTICO

Cerca del 20% del consumo final de energía en el mundo y Chile es electricidad



CAPÍTULO TRANSPORTE

Agenda Transporte

- Introducción
- Contexto internacional
- Escenarios de electrificación por modos de transporte
 - Transporte público
 - Taxis
 - Vehículos privados
- Electromovilidad y eficiencia energética
- Electromovilidad y salud
- Electromovilidad y cambio climático

Importancia del transporte

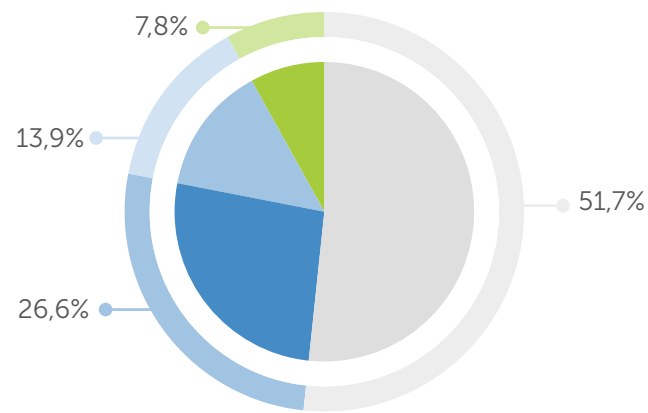
- El transporte juega un rol crucial en la vida moderna y su servicio está directamente relacionado con el bienestar social.
- Es también un catalizador indispensable del desarrollo y crecimiento económico por su rol en el movimiento de bienes de capital y consumo.
- Sin embargo, se asocia a externalidades que hacen que su actividad y crecimiento esté sujeto a políticas y regulación que debieran apuntar al bienestar y desarrollo sustentable.

Transporte y energía

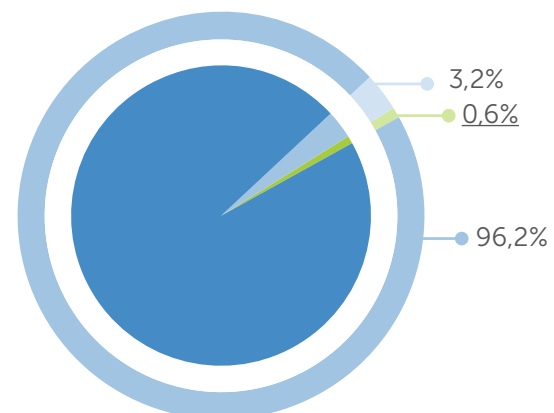
- El transporte es intensivo en consumo de energía, siendo uno de los principales consumidores de energía a nivel mundial.
- La mayor parte se satisface tradicionalmente con derivados de petróleo fáciles de abastecer y transportar, y que son relativamente económicos.
- En el caso de Chile los combustibles no son de producción local, contaminan nuestras ciudades y contribuyen significativamente al fenómeno del cambio climático.
- La 2ª Encuesta Nacional del Medio Ambiente ⁽¹⁾ arroja que la contaminación del aire se consolida como el principal problema ambiental para los chilenos (33%), seguido por la basura y la suciedad en las calles (19%) y en tercer lugar, la contaminación general y los automóviles (ruido, atochamientos, mala calidad del aire).

(1) Fuente: 2ª Encuesta Nacional del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, marzo 2016

A nivel mundial menos del 1% de la energía consumida en transporte es electricidad



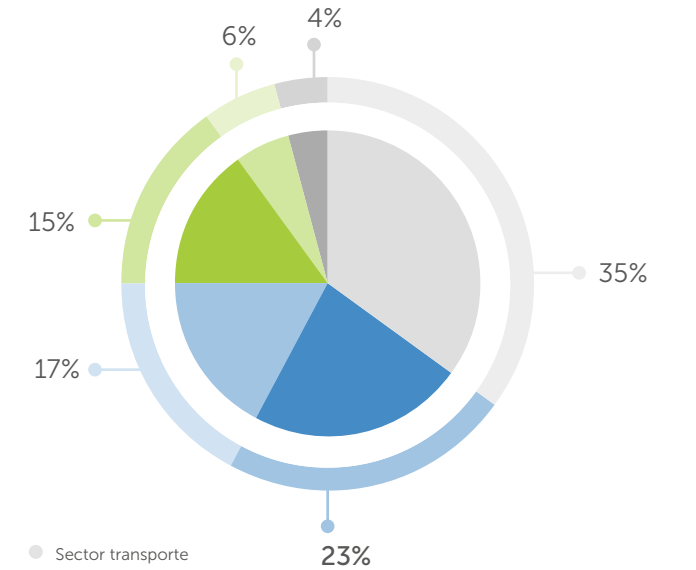
- Industria
- Transporte
- Residencial
- Comercial



- Combustibles líquidos
- Gas natural
- Electricidad

El transporte representa el 35% del consumo final de la energía de Chile

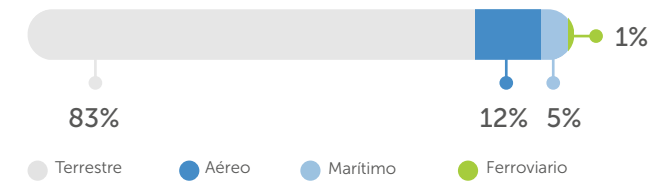
Consumo energético según sector



- Sector transporte
- Sector industrial
- Sector minero
- Sector residencial
- Sector comercial y público
- Sector energético autoconsumo

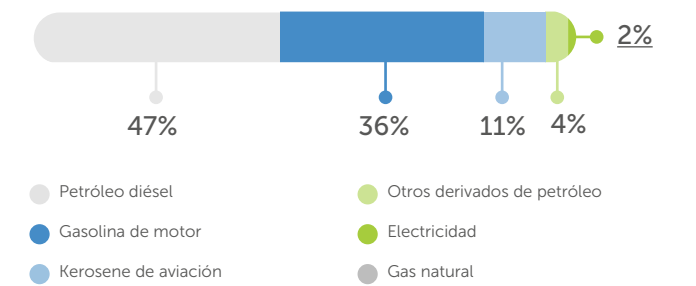
278.061 Tcal (323 TWh eq)

Consumo energético según modo de transporte



- Terrestre
- Aéreo
- Marítimo
- Ferrovionario

Consumo energético según fuente de energía



- Petróleo diésel
- Gasolina de motor
- Kerosene de aviación
- Gas natural
- Otros derivados de petróleo
- Electricidad

La oportunidad de la electromovilidad

- Las metas del país en materia energética, ambientales y de cambio climático exigen reducir el consumo de combustibles fósiles.
- Los beneficios de la electricidad en cuanto a reducción de contaminación local, seguridad energética y mitigación de emisiones de gases efecto invernadero han motivado el apoyo al desarrollo y adopción de vehículos eléctricos.
- Además de aumentar la participación modal del transporte público o bicicletas, incrementar las tasas de ocupación, fomentar los vehículos autónomos y, en el largo plazo, mejorar la planificación de las ciudades, entre otras.
- Adicionalmente cada vehículo utiliza entre 60 y 80 kg de cobre, cuatro veces más que uno de combustión interna.
- El principal componente de un auto eléctrico es la batería, cuya tecnología más común es en base a litio⁽¹⁾.

Desafíos históricos de la electromovilidad

- Mayor costo respecto de tecnologías convencionales:
 - El costo de las baterías tiene una estrecha relación con el costo inicial de los vehículos.
 - La batería debe ser sustituida antes del término de la vida útil del vehículo.
- Baja autonomía.
- Requerimiento de instalaciones para carga (rápida).
- Confianza por la tecnología.

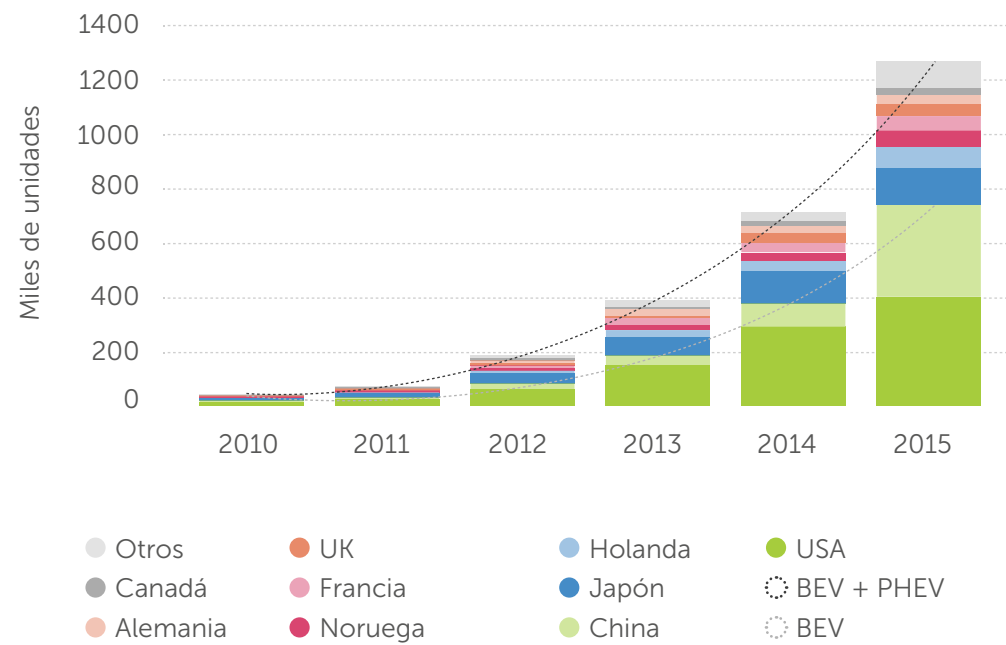
⁽¹⁾ Copper demand for electric cars by 2027, ICA, Reuters (2017).

El mundo está avanzando a 100% movilidad eléctrica

- China se ha propuesto tener 5 millones de vehículos eléctricos para el año 2020.
- Noruega prohibiría la venta de automóviles con motores basados únicamente en combustibles fósiles en 2025.
 - En ese país, en enero de 2017, el 17,6% de las matrículas de vehículos nuevos correspondió a eléctricos, mientras que 33,8% a híbridos.
- Holanda se propone vender solo vehículos eléctricos a partir de 2025.
- India busca que todos los automóviles vendidos a partir de 2030 sean eléctricos.

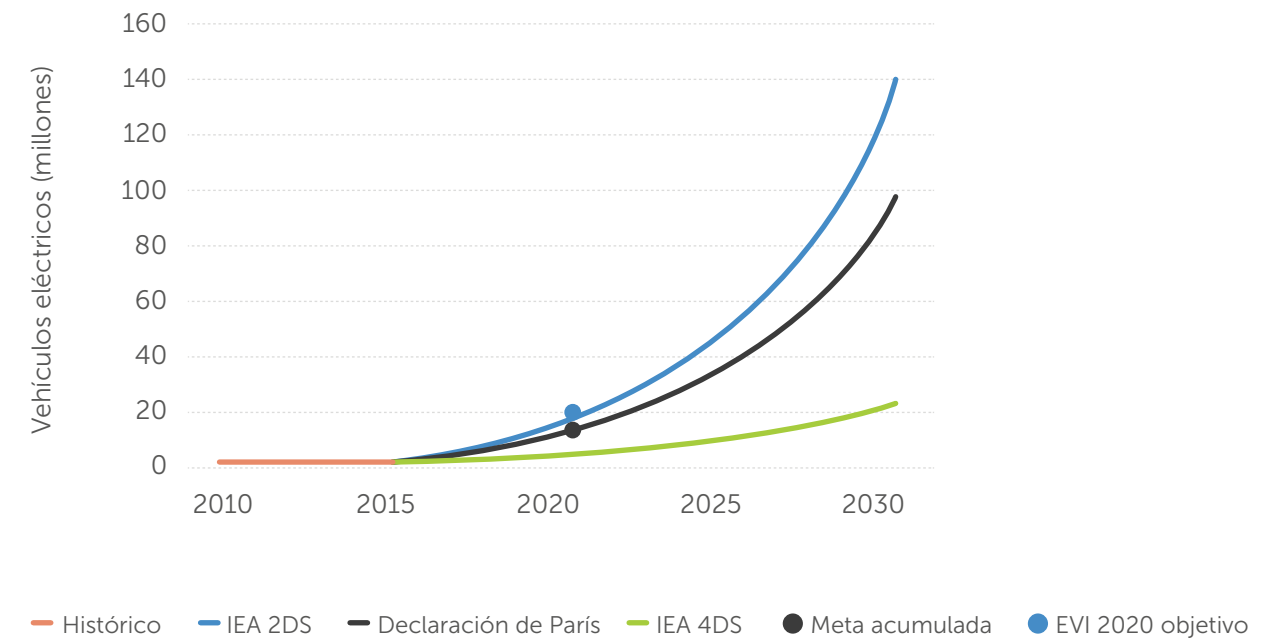
En 2015 se llegó a un millón de autos eléctricos

Evolución del stock de vehículos eléctricos, 2010-15



Fuente: Global EV Outlook 2016, IEA

A 2030 se estima que entre 100 y 140 millones de autos en el mundo será eléctrico, o sea, 1 de cada 6



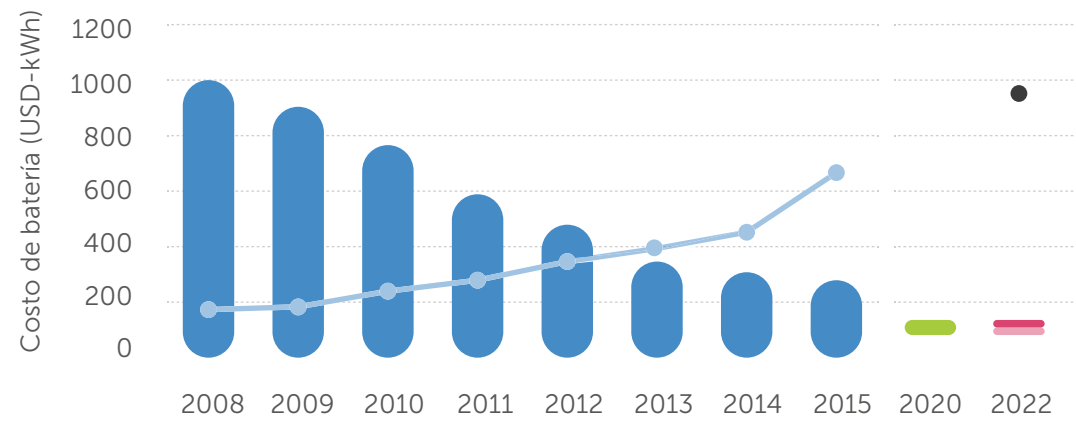
Nota: 2DS = 2°C Escenario; 4DS= 4°C Escenario.

Fuente: Global EV Outlook 2016, IEA

El principal factor que determina el valor de un vehículo eléctrico es el precio de la batería

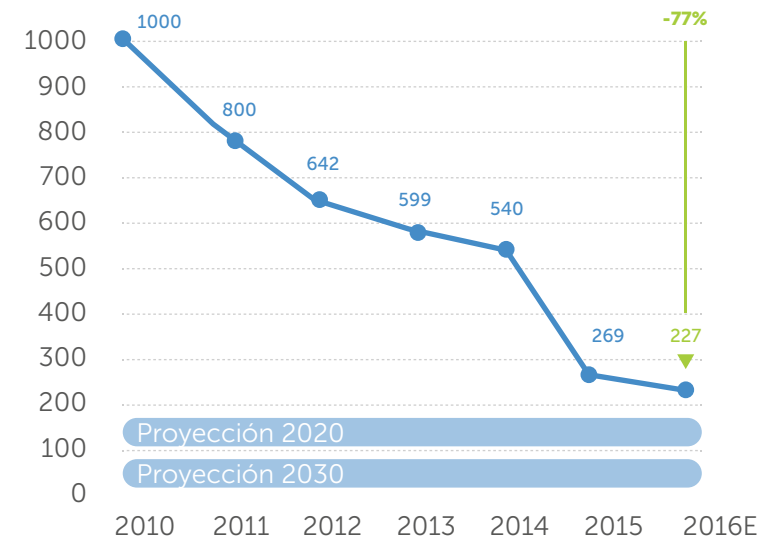
- Entre 2010 y 2016 el precio de las baterías ha caído 77%, mientras que entre 2008 y 2015 la densidad se multiplicó por 4, reduciendo el costo de compra y aumentando la autonomía de los vehículos eléctricos.

Precio (US\$/kWh) y densidad de energía (Wh/litro) de baterías



- Costo batería US DOE (PHEV)
- Costo objetivo batería Tesla 2020
- Costo objetivo batería GM 2022 (BEV)
- Costo objetivo batería 2022 (PHEV)
- Densidad de energía USA DOE (PHEV)
- Densidad de energía objetivo 2022 (PHEV)

Precio promedio batería (US\$/kWh)



McKinsey: en 5 años más los autos eléctricos serán más baratos considerando su vida útil

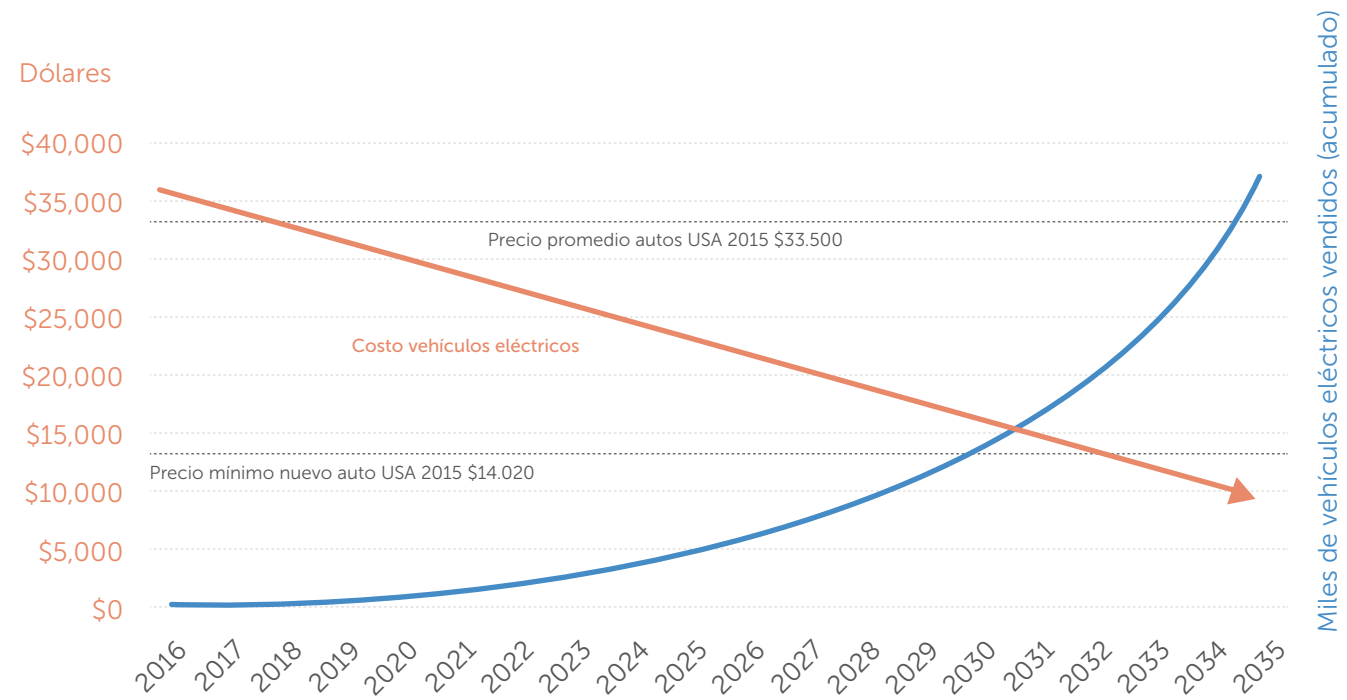
- Los niveles de autonomía de los vehículos se han incrementado progresivamente y los sistemas de carga son cada vez más rápidos.

Autonomía por carga de la batería

| Modelo | 2013 | 2017 |
|-------------|--------|--------|
| Nissan Leaf | 120 km | 170 km |
| Tesla S | 330 km | 400km |



Otros estudios indican que a más tardar en 2030 los vehículos eléctricos serán más competitivos en el costo de compra

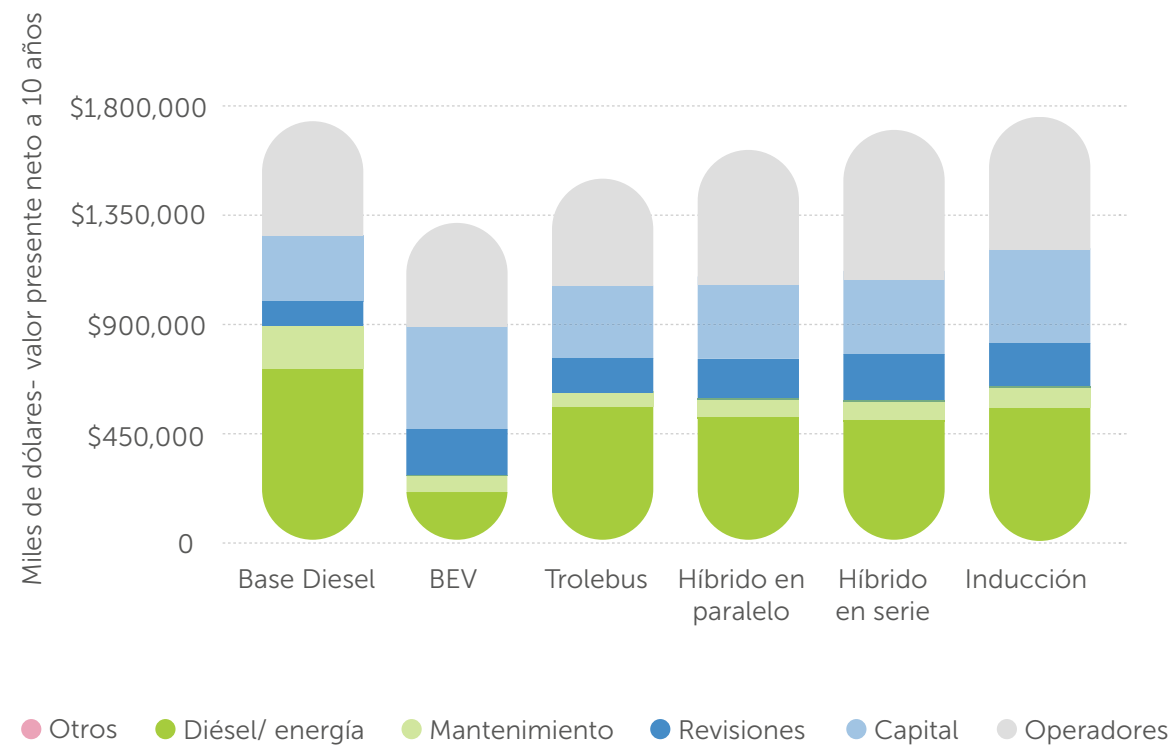


Fuente: How Cheap Can Electric Vehicles Get?, abril 2016
<http://rameznaam.com/2016/04/12/how-cheap-can-electric-vehicles-get>

TRANSPORTE PÚBLICO

Según algunos estudios, hoy el bus eléctrico ya tiene un menor costo de ciclo de vida

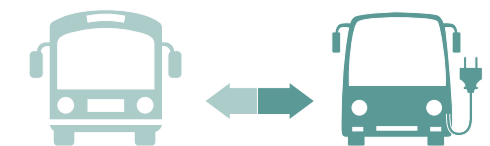
Costo de ciclo de vida para distintas tecnologías de buses en Santiago



Un bus eléctrico es más competitivo y energéticamente más eficiente que uno diésel

- Un bus eléctrico podría recuperar la inversión adicional asociada a la mayor inversión de compra en 11 a 13 años, gracias al menor costo de operación con un nivel de actividad de 90.000 km/año.

| Variable | Electricidad | | Diésel | |
|-------------------------------|--------------|-------------|--------|-------------|
| | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| Inversión bus | 280,8 | Millones \$ | 124,8 | Millones \$ |
| Rendimiento bus | 1 | Km/kWh | 2,5 | Km/L |
| Eficiencia energética | 1 | Km/kWh | 0,25 | Km/kWh* |
| Precio energía | 100 | \$/kWh | 500 | \$/L |
| Costo por kilómetro recorrido | 100 | \$/km | 200 | \$/km |





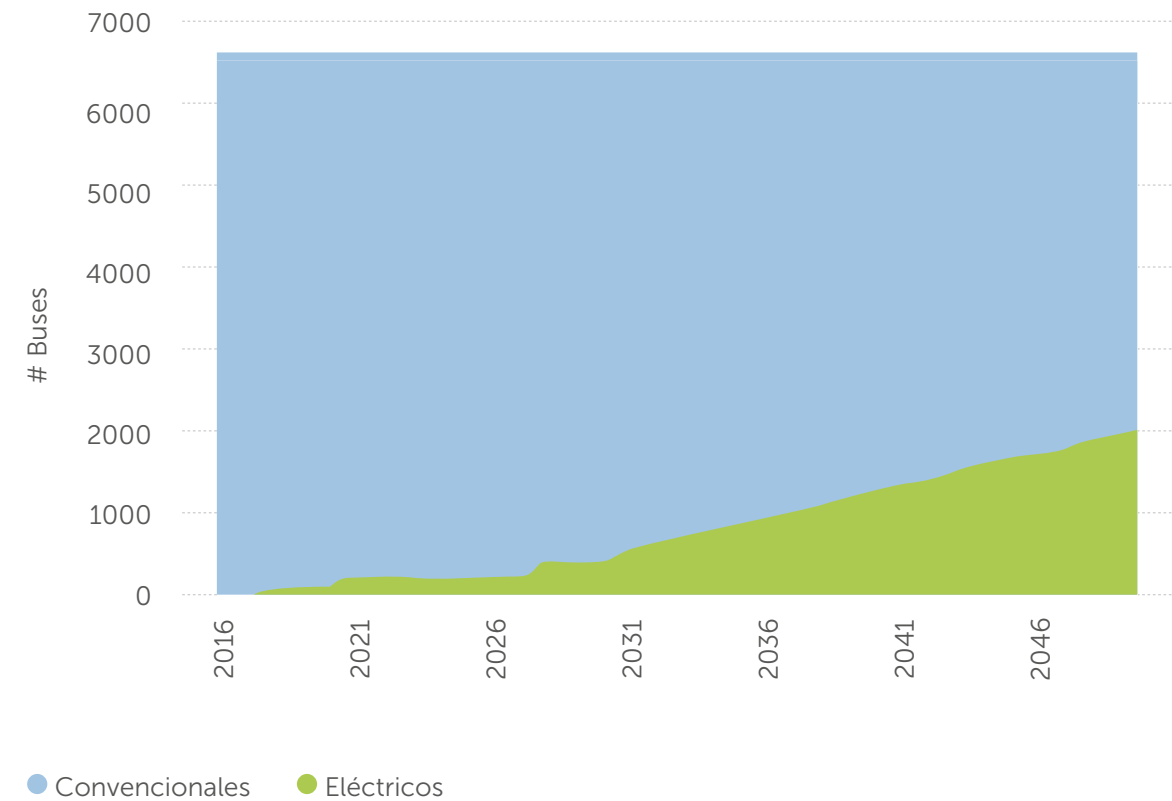
Es posible aspirar a un transporte público 100% eléctrico a 2031

- La licitación de Transantiago en curso considera que 90 de los 2.000 nuevos buses deberán ser cero emisión (i.e. eléctricos).
- La proyección del estudio plantea que es posible iniciar con 600 buses eléctricos y alcanzar el 100% de la flota licitada en los futuros procesos de licitaciones (a 2031 serían 6.500 buses eléctricos).
- Transantiago reduciría de manera importante sus costos operacionales si el 100% de la flota fuera eléctrica:
 - Ahorros de operación de aproximadamente US\$140 millones al año.
 - Inversión adicional (respecto de una flota convencional) en torno a los US\$1.500 millones.
 - Inversión se recuperaría en un periodo aproximado de 11 años.



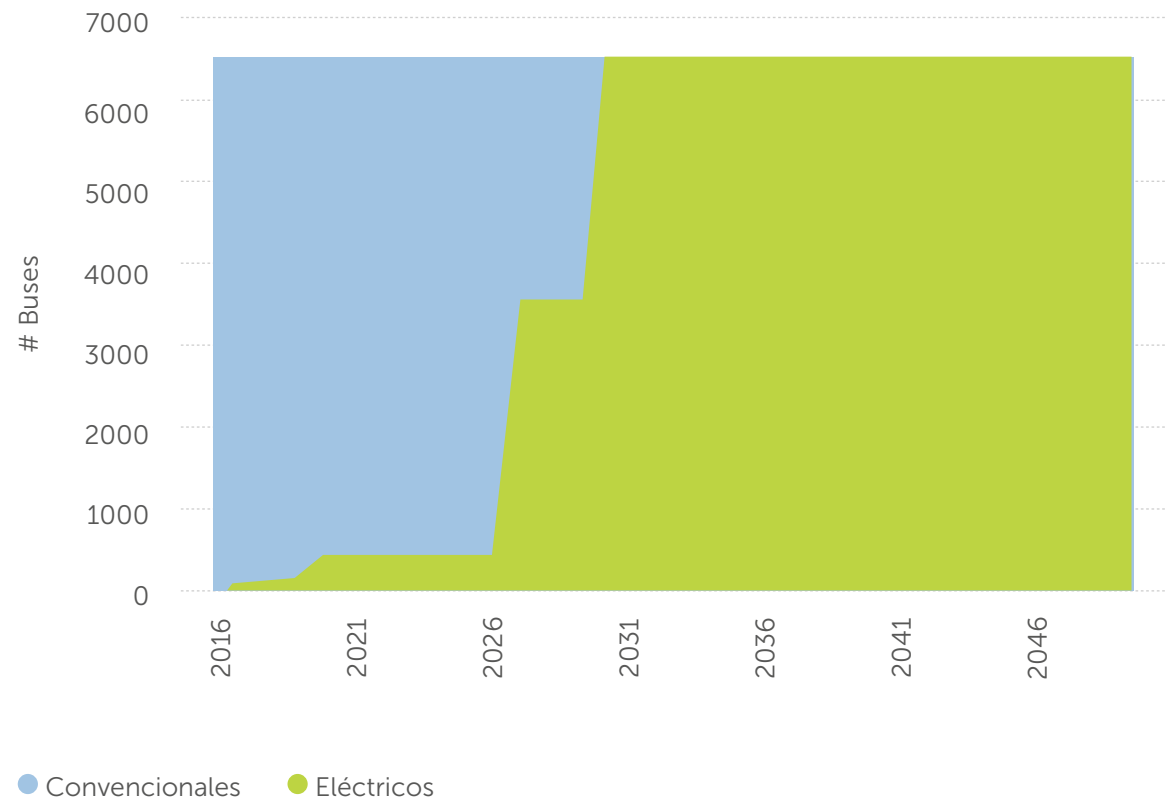
Parque de buses transporte público RM en escenario **base**

- Escenario conservador considera 90 buses eléctricos en 2018; 180 en 2021; 360 en 2028; 520 en 2031; y 1.950 en 2050.



Parque de buses transporte público RM en escenario optimista

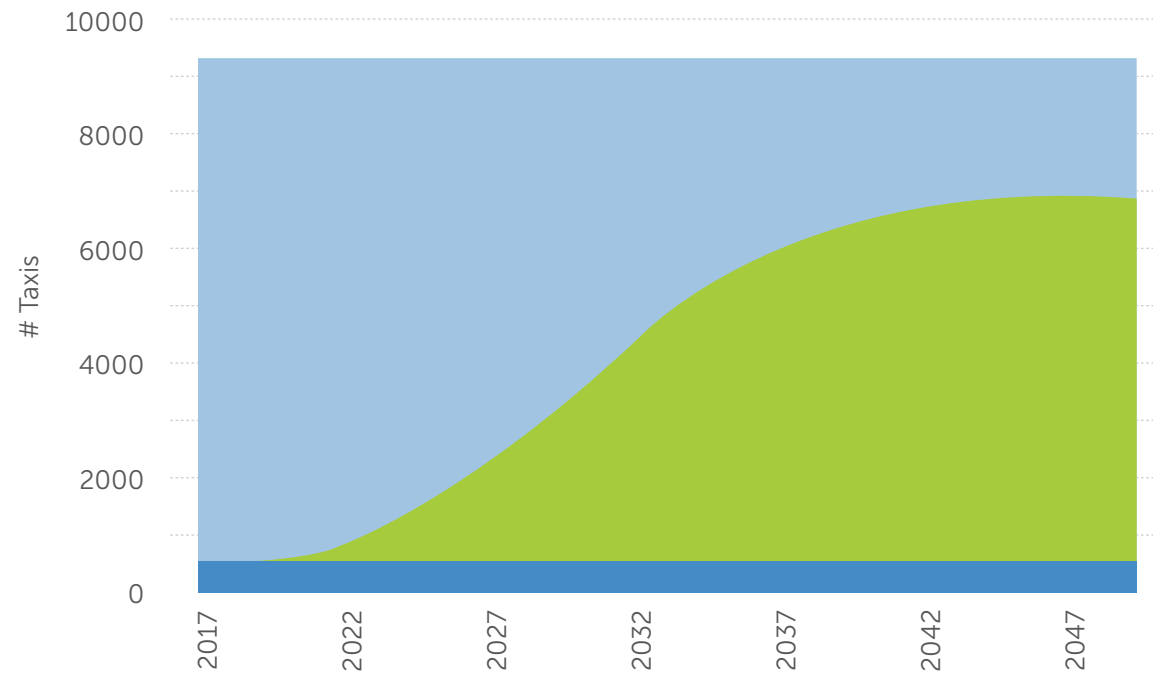
- Escenario optimista considera 600 buses eléctricos en 2018; 1.800 en 2021; 3.850 en 2028; y 6.500 en 2031.



TAXIS

Parque de taxis en Chile en escenario **base**

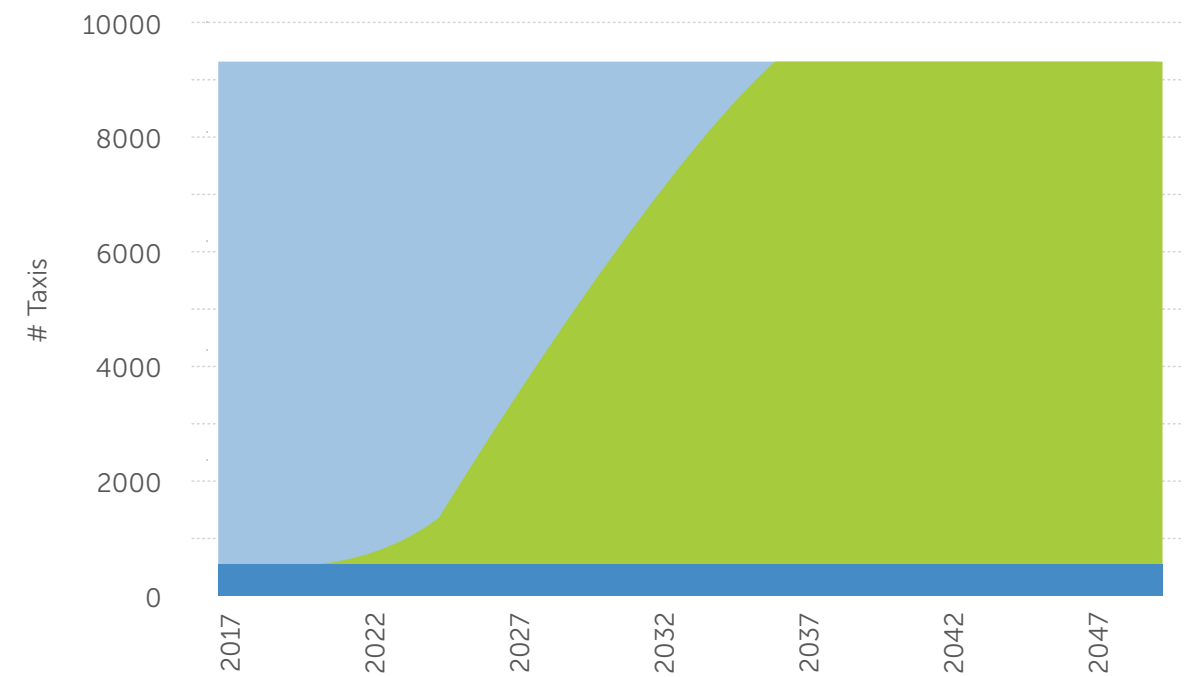
- En la actualidad existen cerca de 95.000 taxis en Chile.
- El escenario conservador considera 700 taxis eléctricos en 2020; 28.000 en 2030; y 62.000 en 2050.



● Conventuales ● Eléctricos ● GNL/ GLP

Parque de taxis en Chile en escenario **optimista**

- El escenario optimista considera 750 taxis eléctricos en 2020; 53.000 en 2030; y 90.000 en 2050.



● Conventuales ● Eléctricos ● GNL/ GLP

Hoy un taxi eléctrico es un buen negocio

- El ahorro de un vehículo eléctrico comparado con vehículo combustible:
 - Particular: 15.000 km/año es \$900.000/año
 - Taxi: 90.000 km/año es \$5.000.000/año
- Payback: un taxista podría recuperar la inversión adicional asociada al mayor precio de compra en 3 o 4 años por menores costos anuales de combustible y mantención.
- Ciclo de vida: considerando un nivel de actividad de 90.000 km/año y recambio de la batería del vehículo cada 2 a 3 años (o entre 160.000 y 200.000 km), la adquisición de un vehículo eléctrico es más económica que la de uno convencional, con un ahorro de un 18%.

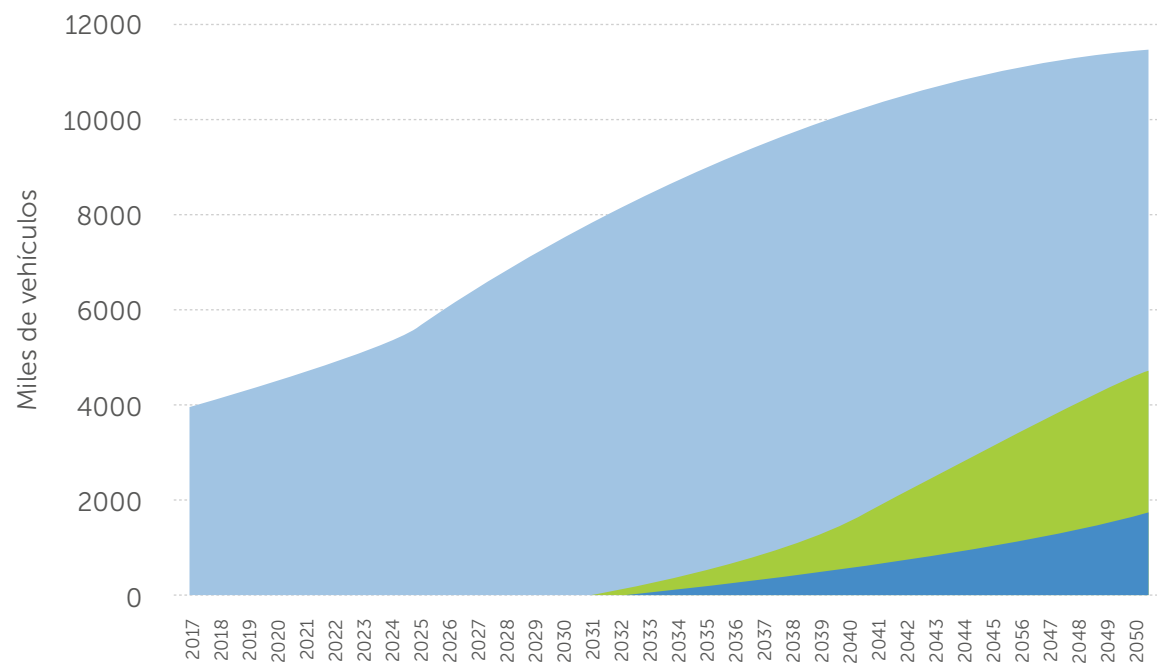
| | Eléctrico | | Gasolina | |
|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|
| | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| Valor vehículo | 24 | mm \$ | 10,5 | mm \$ |
| Rendimiento | 6 | km/kWh | 12 | km/L |
| Eficiencia energética | 6 | Km/kWh | 1,2 | km/kWh |
| Precio energía | 100 | \$/kWh | 750 | \$/L |
| Costo mantención | 3 | cUS\$/Km | 4,45 | cUS\$/km |



VEHÍCULOS PRIVADOS

Parque de vehículos particulares en Chile en escenario **base**

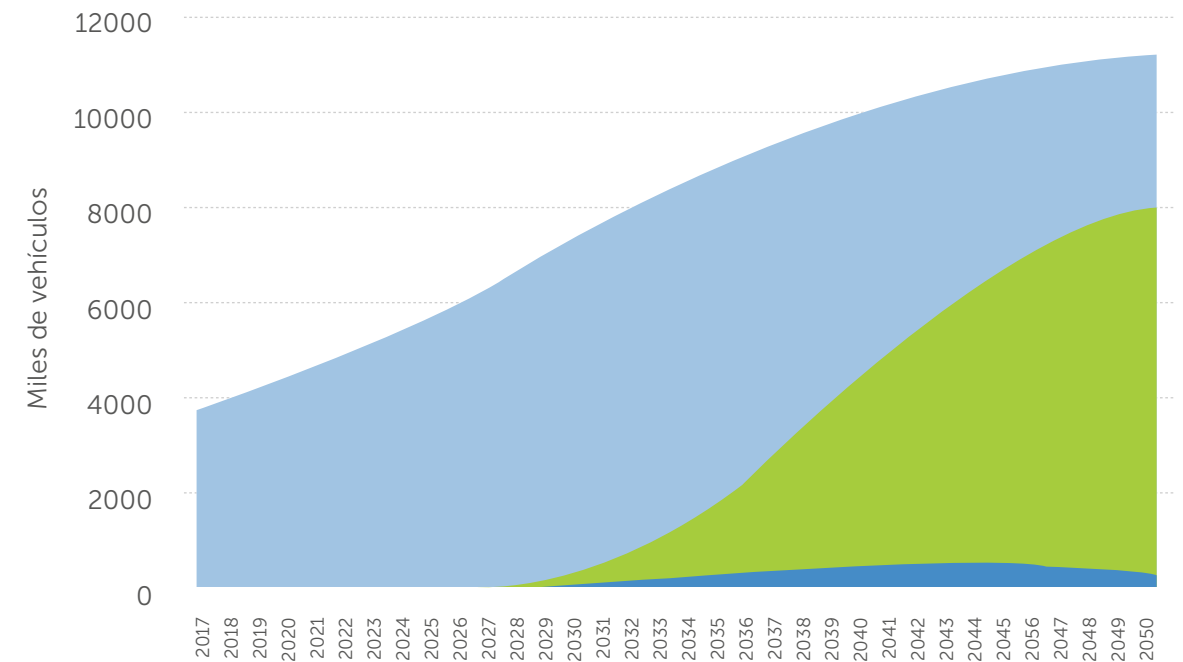
- En 2015 existían cerca de 4 millones de vehículos privados.
- El escenario conservador considera más de 1.000 vehículos eléctricos en 2020; 128.000 en 2030; y 3 millones en 2050.



● Convencionales ● Eléctricos ● Híbridos

Parque de vehículos particulares en Chile en escenario **optimista**

- El escenario optimista considera más de 1.000 vehículos eléctricos en 2020; 500.000 en 2030; y 7,8 millones en 2050.



● Convencionales ● Eléctricos ● Híbridos ● Hidrógeno

El caso de un vehículo particular

- Hoy, en 2017, un privado podría recuperar la inversión adicional asociada al mayor precio de compra en 14 a 17 años.
- Esta evaluación contempla recambio de la batería del vehículo cada 10 a 15 años (o entre 160.000 y 200.000 km) con un nivel de actividad de 15.000 km/año.
- Recién en 2028 se produciría un "break even" en el precio de compra entre un vehículo eléctrico y uno a gasolina a nivel de uso particular.

| | Eléctrico | | Gasolina | |
|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|
| | Valor | Unidad | Valor | Unidad |
| Valor vehículo | 24 | mm \$ | 10,5 | mm \$ |
| Rendimiento | 6 | km/kWh | 12 | km/L |
| Eficiencia energética | 6 | km/kWh | 1,2 | Km/kWh |
| Precio energía | 100 | \$/kWh | 750 | \$/L |
| Costo mantención | 3 | cUS\$/km | 4,45 | cUS\$/km |

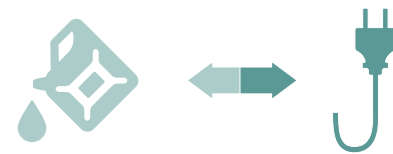


LA ELECTROMOVILIDAD ES MÁS EFICIENTE



La movilidad eléctrica es más eficiente y económica

- Un vehículo eléctrico liviano consume cinco veces (un 80%) menos energía que uno a combustible⁽¹⁾.
- Un motor a combustión transforma alrededor del 15% de la energía del combustible en fuerza y pierde el resto en calor⁽²⁾.
- Un motor eléctrico transforma al menos el 60% de la energía en fuerza⁽²⁾.
- Un auto eléctrico es más barato de operar: rinde 17 \$/km, mientras que uno a bencina cuesta aproximadamente 63 \$/km⁽²⁾.
 - Con un estanque se recorren 500 km en un auto convencional, a un costo de \$31.500. En uno eléctrico el mismo viaje costaría \$8.500.
- Un bus eléctrico consume cuatro veces (un 75%) menos energía que uno a combustible⁽²⁾.



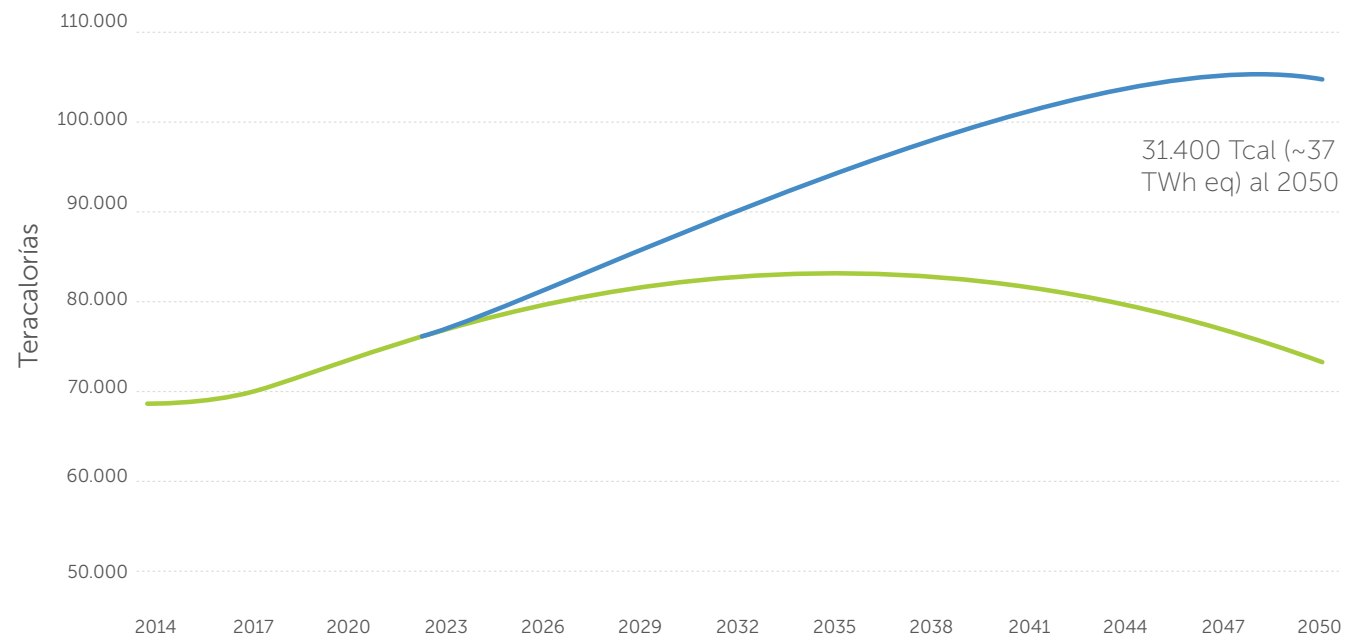
La inversión hoy es mayor, pero la operación ya es mucho más barata

- En el mercado chileno existen alternativas de vehículos eléctricos, pero con precios aun altos:
 - Hyundai Ioniq: \$24.000.000.
 - Renault Zoe: \$25.000.000.
 - Mitsubishi I-MIEV HatchBack: \$30.500.000.
 - BMW i3 HatchBack: \$43.000.000.
- El ahorro de un vehículo eléctrico comparado con uno a combustible, asumiendo un uso de:
 - 15.000 km/año es \$900.000 al año.
 - 90.000 km/año el ahorro es de \$5.000.000 al año.



La electromovilidad permitirá reducir el consumo energético del país

Consumo total de energía del transporte terrestre

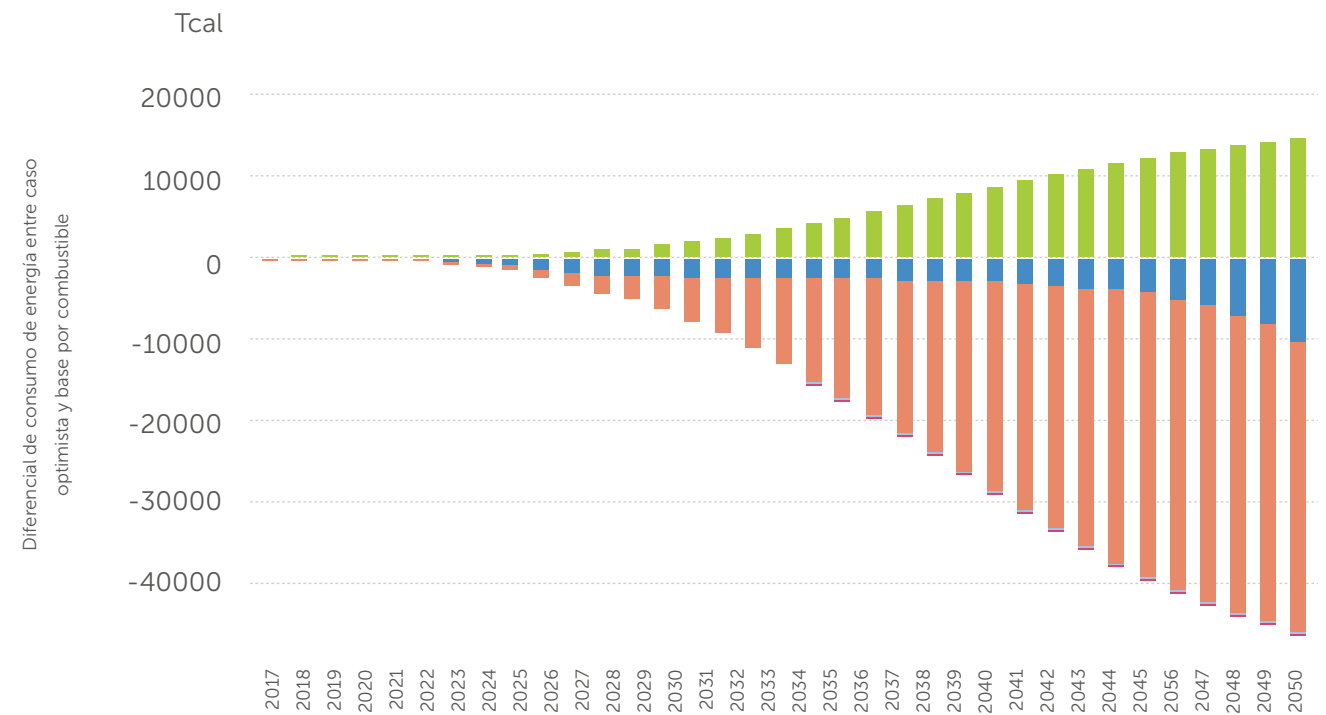


● Esc. Conservador ● Esc. Optimista



Electromovilidad conlleva una importante reducción del consumo de energía: por cada unidad adicional de electricidad se ahorran tres unidades de energía de combustibles fósiles

- A 2050 se consumirían 17 TWh (14.600 Tcal) de electricidad adicional al comparar los escenarios optimista y base.
- Y se ahorrarían 54 TWh de combustibles fósiles.



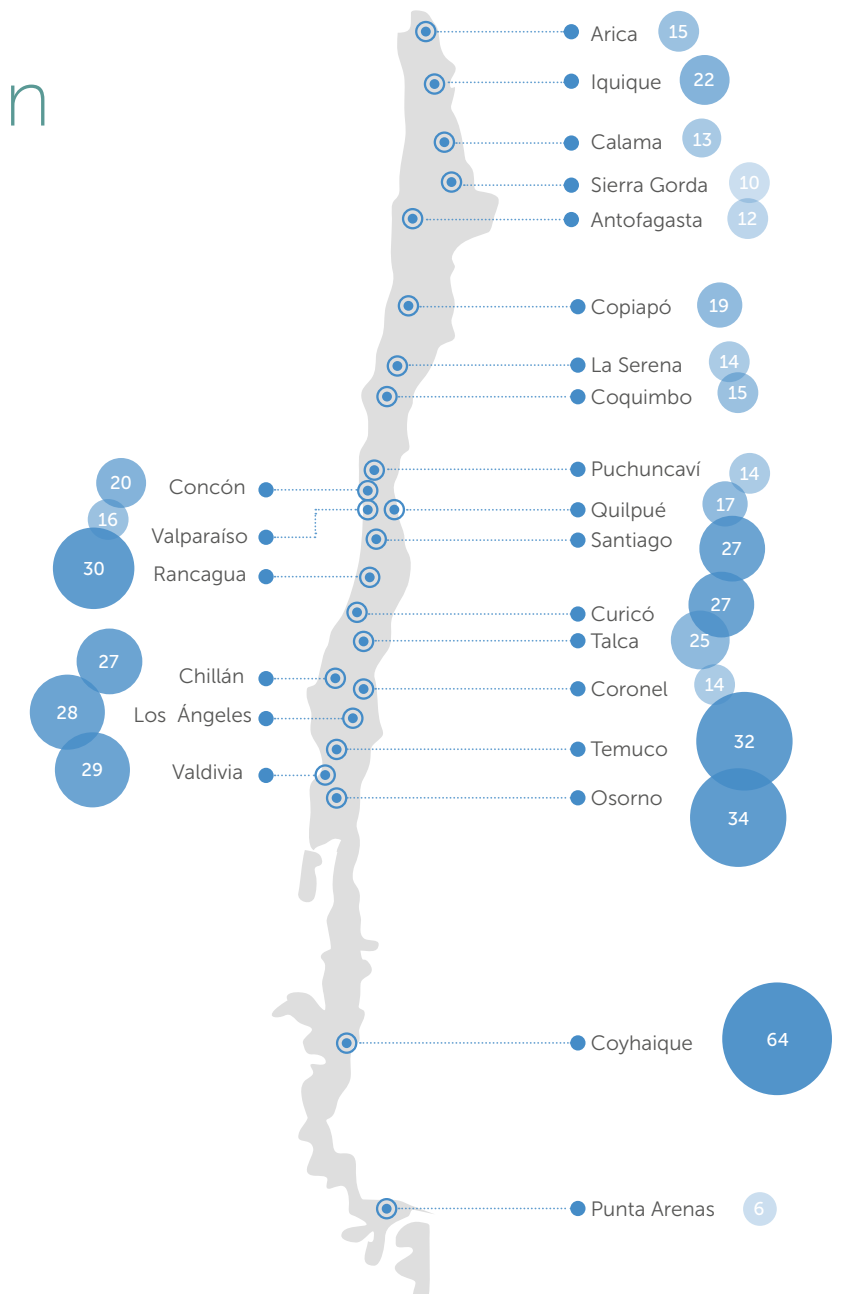
● Petróleo diésel ● Gasolina motor ● Gas licuado ● Electricidad ● Gas natural

ELECTROMOVILIDAD Y SALUD

El mayor desafío ambiental de Chile es la contaminación del aire en nuestras ciudades⁽¹⁾

Responsable de al menos 4.000 muertes prematuras al año⁽²⁾.

Microgramos de Material Particulado (MP 2,5) por metro cúbico promedio anual⁽³⁾.



En microgramos de Material Particulado (MP 2,5) por metros cúbico

Promedio anual

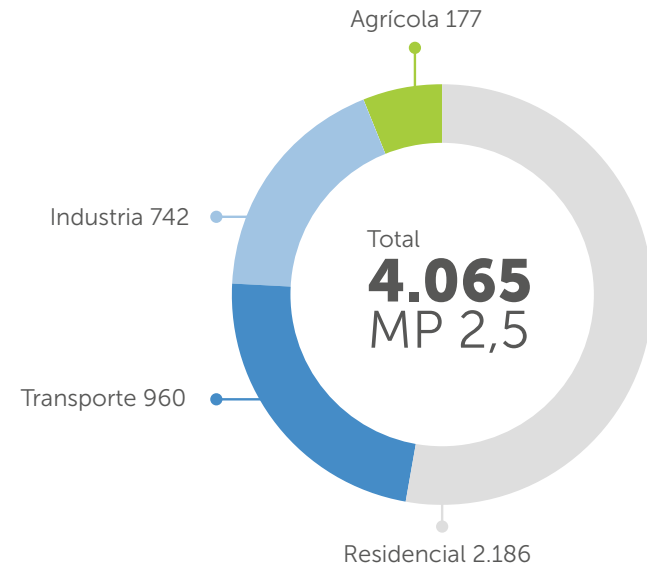
Fuentes:

(1) 2ª Encuesta Nacional del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, marzo 2016
 (2) A nivel nacional. Estrategia 2014 – 2018, Planes de Descontaminación Atmosférica, Ministerio de Medio Ambiente (3) La Tercera, 15 de febrero de 2015

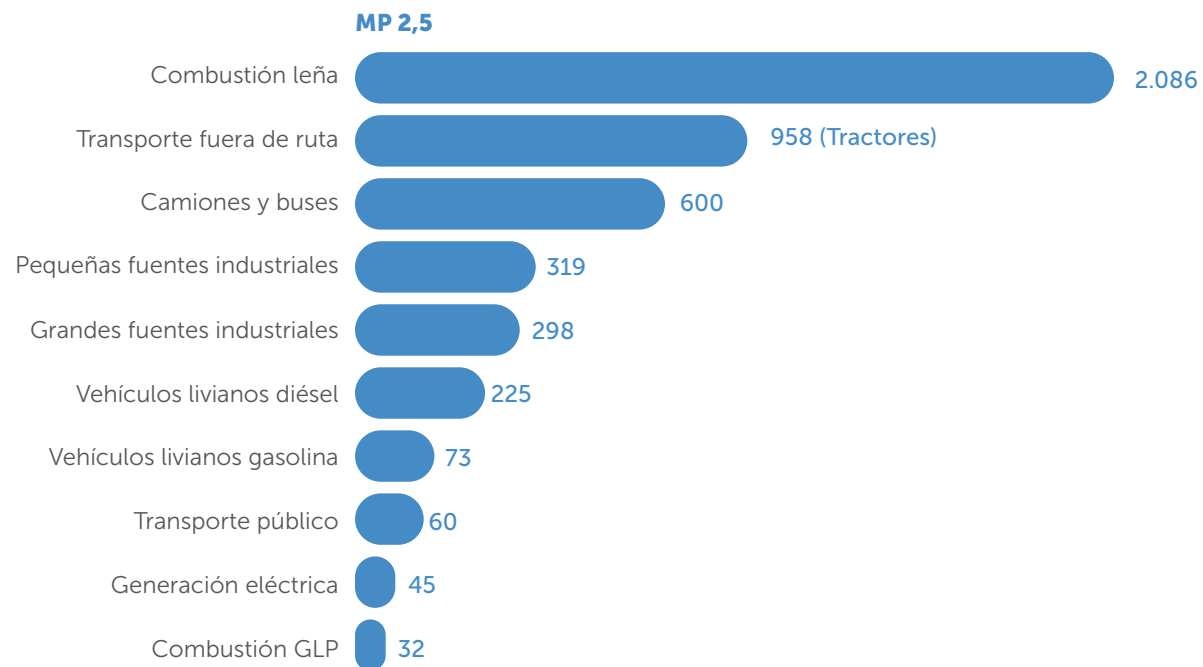


En Santiago, la combustión a leña y el transporte son las principales fuentes de contaminantes locales

El desglose del MP 2,5 en toneladas por año



Las diez principales



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



La electromovilidad mejorará el aire

- Emisión de material particulado promedio en Santiago (en kg MP 2,5 al año):

| Tipo de vehículo | Convencional | Eléctrico |
|---------------------|--------------|-----------|
| Vehículo Particular | 0,075 | 0 |
| Taxi | 0,45 | 0 |
| Bus | 10 | 0 |

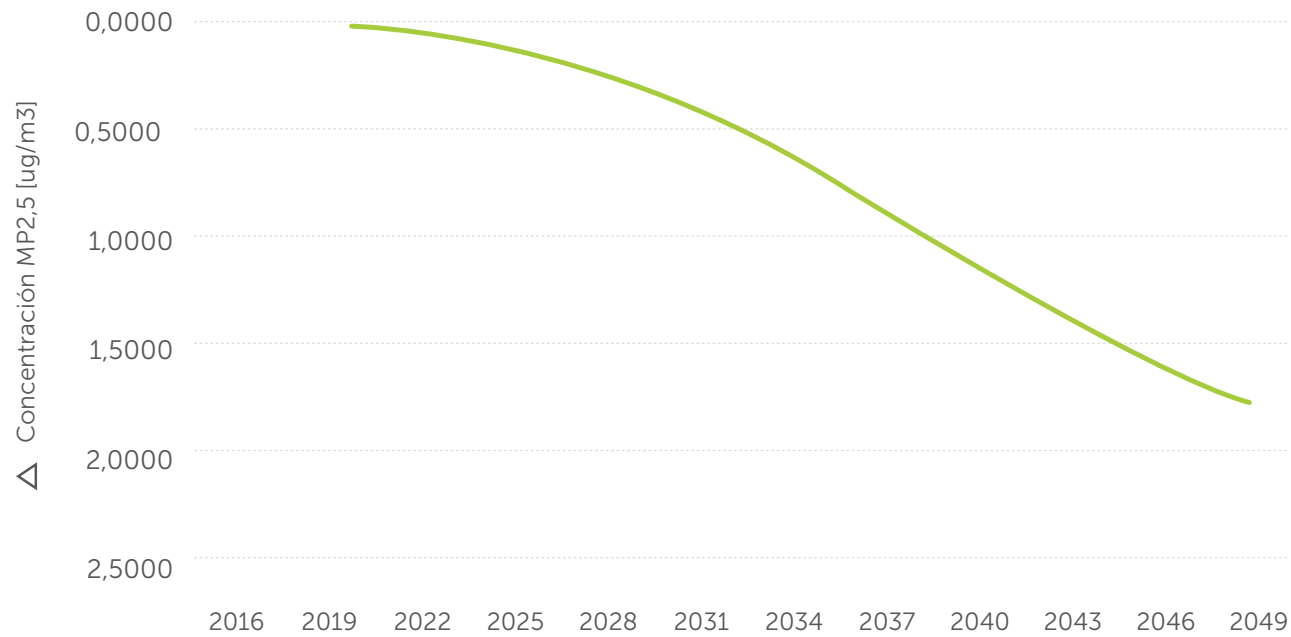
Disminuirá la contaminación local

- Al comparar el escenario base con el optimista, la reducción de emisiones de contaminantes que afectan la calidad del aire es, en promedio, más de 150 ton de MP2,5 al año, llegando a 405 toneladas en 2050.

| Escenario optimista | Unidad | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | Media anual 2017-2050 |
|---------------------|---------------------------|------|------|-------|-------|-----------------------|
| | MP2,5 [ton/año] | 1 | 53 | 244 | 405 | 151 |
| | NO _x [ton/año] | 8 | 702 | 3.156 | 5.513 | 1.992 |

Estudio Escenarios de Usos Futuros de la Electricidad en Chile, 2017.

Se reducirá significativamente la concentración de material particulado fino



● △ Concentraciones MP 2,5 (secundario)

La electromovilidad mejorará la salud

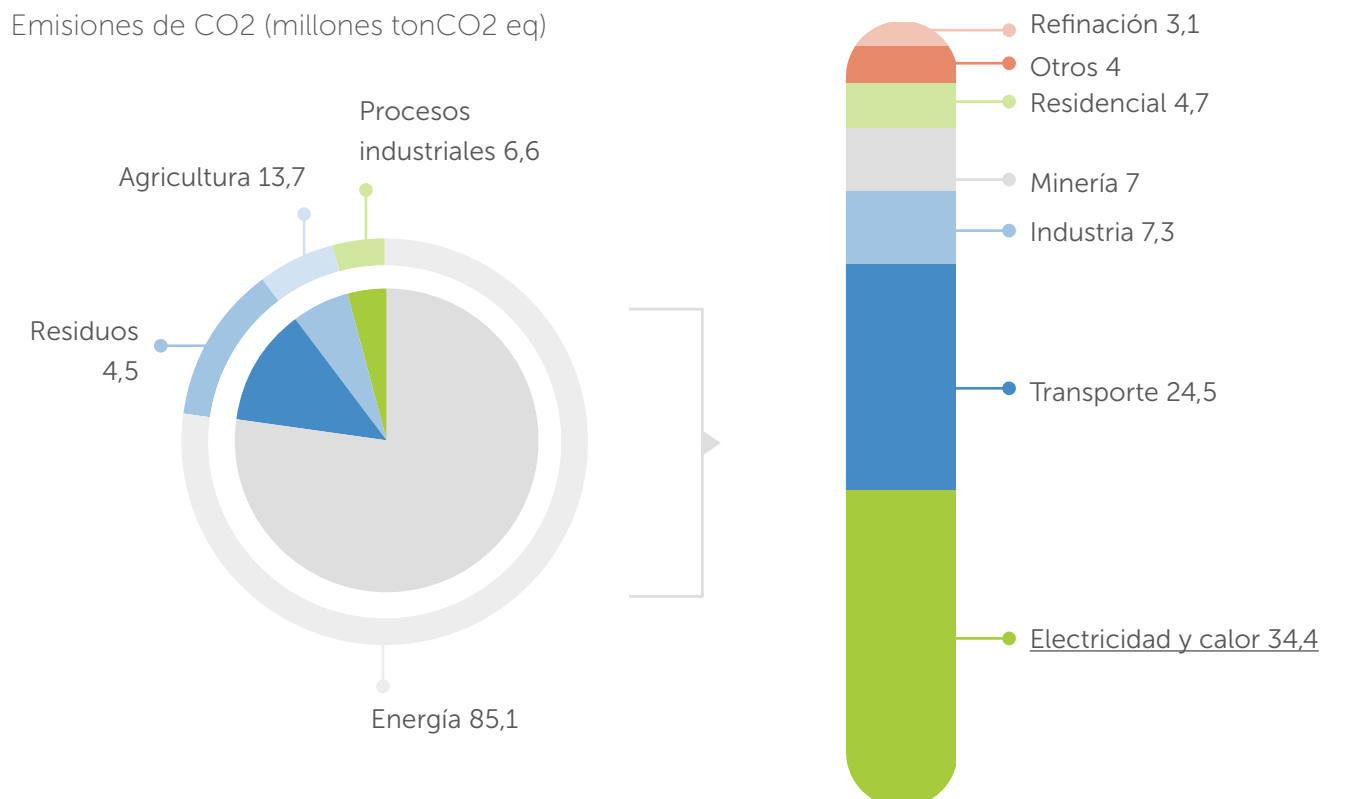
- Se reducen casos de muertes prematuras y hay menos casos de enfermedades y admisiones hospitalarias.
- En Santiago, los beneficios de mayor penetración de vehículos eléctricos en el escenario optimista respecto al base:
 - Evitaría cerca de 6.700 muertes prematuras sobre el periodo de estudio a 2050.
 - En valor presente, generaría beneficios por menor mortalidad y menores admisiones hospitalarias por US\$880.000.000.



ELECTROMOVILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

El transporte es uno de los principales sectores emisores de gases efecto invernadero

Emisiones de CO2 (millones tonCO2 eq)





La electromovilidad será un aporte fundamental para cumplir compromisos del Acuerdo de París



Fuente: www.consumovehicular.cl



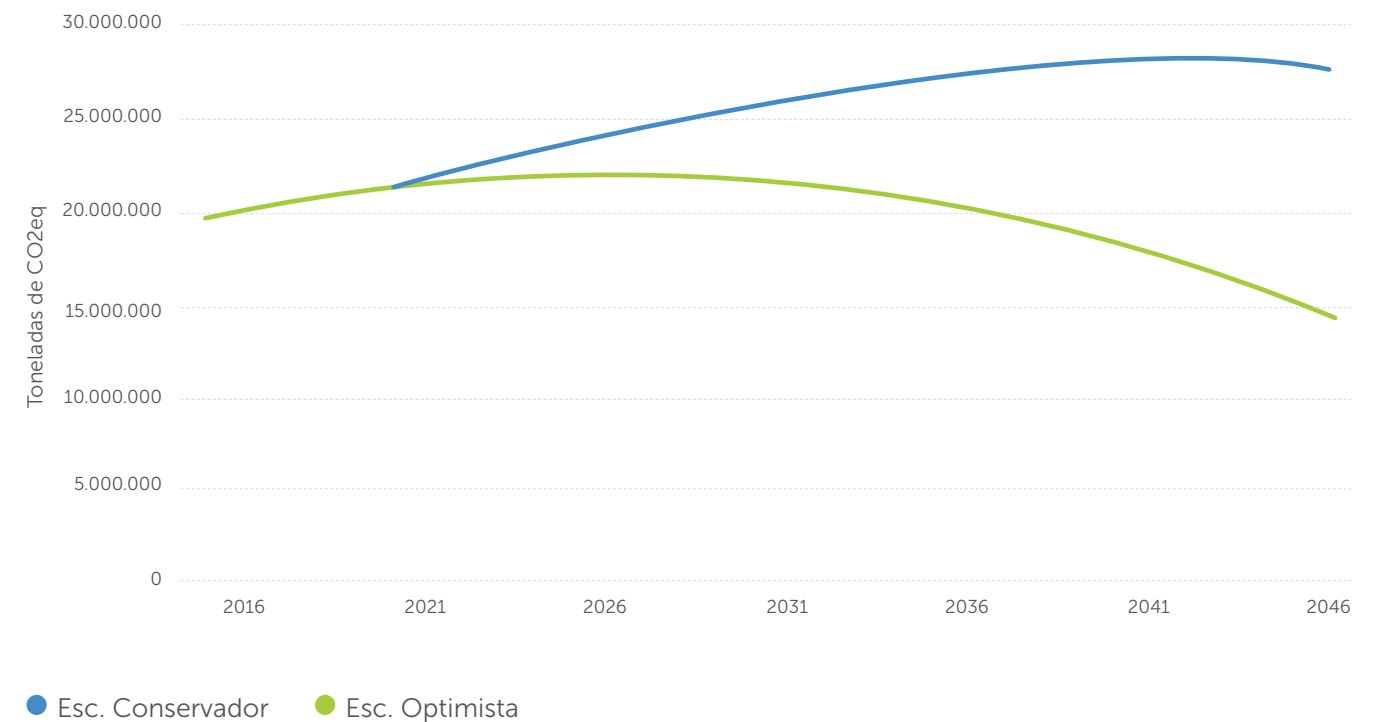
| Categoría vehicular | Emisiones vehículo convencional (ton CO2/veh-año) | Parque de vehículos eléctricos en 2030 | Emisiones evitadas a 2030 (ton CO2/año) | Contribución aprox. Meta COP21 2030* |
|---------------------|---|--|---|--------------------------------------|
| Vehículo particular | 2,9 | 500.000 | 1.450.000 | 7% |
| Taxi | 17 | 50.000 | 850.000 | 4% |
| Bus Transantiago | 119 | 6.500 | 773.500 | 4% |
| Total | | | 3.073.500 | 15% |

*Nota: Asumiendo una reducción de 20 millones de toneladas de CO2eq a 2030. Estudio Escenarios de Usos Futuros de la Electricidad en Chile, 2017.



La electromovilidad permitirá revertir la tendencia al alza de las emisiones del transporte terrestre

- A 2030 la electrificación en el escenario optimista implicaría una disminución de 9% de las emisiones de GEI.
- A 2050 la electrificación en el escenario optimista implicaría una disminución de 47% de las emisiones de GEI.





Reducción de barreras y la tecnología hacen de la electromovilidad una alternativa real hoy

- La investigación y desarrollo en mejoras en los sistemas clave como la batería.
- Facilitar condiciones habilitantes para la tecnología:
 - Instalación de puntos de carga.
 - Distintos incentivos de uso y acceso (estacionamientos preferenciales, vías exclusivas, condiciones de financiamiento para taxis, plazos de licitaciones para buses, etc.).

Propuestas para facilitar la penetración de la electromovilidad

- Definir hoja de ruta (política, estrategia, plan) que considere criterios de eficiencia económica, ambientales y de cambio climático.
- Brindar oportunamente condiciones que permitan el ingreso de vehículos eléctricos: puntos de carga, servicio técnico, protocolos de seguridad, gradualidad para generar estas condiciones, etc.
- Aumentar gradualmente las exigencias de buses cero emisión en las licitaciones.
- Exigir recambio de taxis con cero emisión.
- Considerar subsidios o exenciones tributarias transitorias a la compra de vehículos eléctricos, consistentes con reducción de externalidades para vehículos livianos, en particular para taxis.
- Desarrollar mercado de compensaciones por emisiones de CO₂.



Conclusiones sobre electromovilidad

- Buses de transporte público y taxis eléctricos ya son alternativas económicamente competitivas.
- La electromovilidad permitirá revertir el aumento de consumo energético por concepto de transporte.
- Además, contribuirá a disminuir la contaminación local mejorando la salud al evitar muertes prematuras y atenciones hospitalarias.
 - Se espera reducir 6.700 muertes prematuras al 2050.
- La electromovilidad será un aporte fundamental para el cumplimiento de los compromisos del Acuerdo de París sobre emisiones de cambio climático.

CAPÍTULO RESIDENCIAL

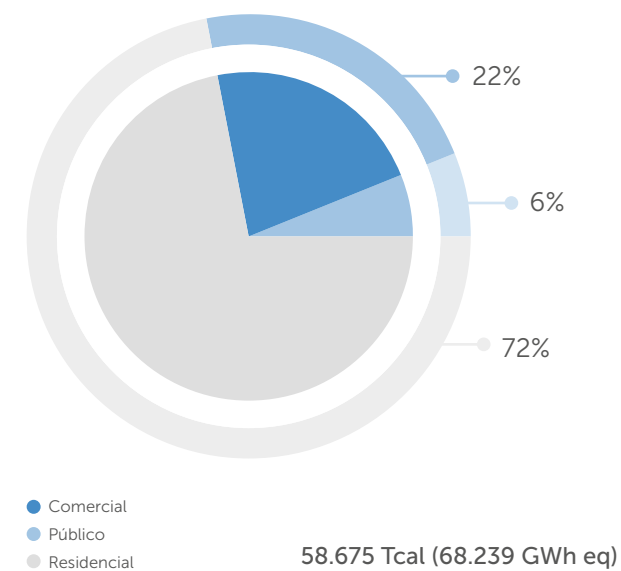
Agenda Residencial

- Introducción y contexto internacional
- Escenarios de electrificación por usos residenciales
 - Calefacción
 - Agua caliente sanitaria (ACS)
 - Cocción
- Electrificación residencial y eficiencia energética
- Electrificación residencial y salud
- Electrificación residencial y cambio climático
- Propuestas para electrificación residencial

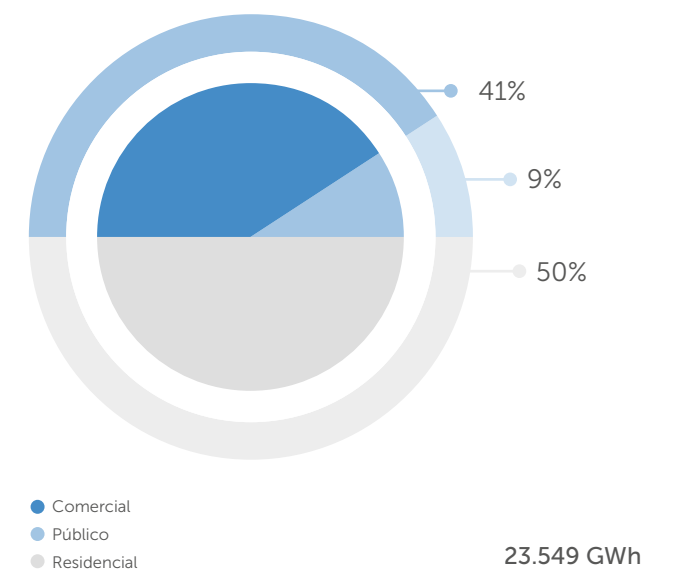
Consumo CPR de energía y electricidad en Chile

- El sector residencial se incluye de acuerdo a la clasificación del Balance Nacional de Energía en los sectores Comercial, Público y Residencial (CPR).

Consumo total de energía

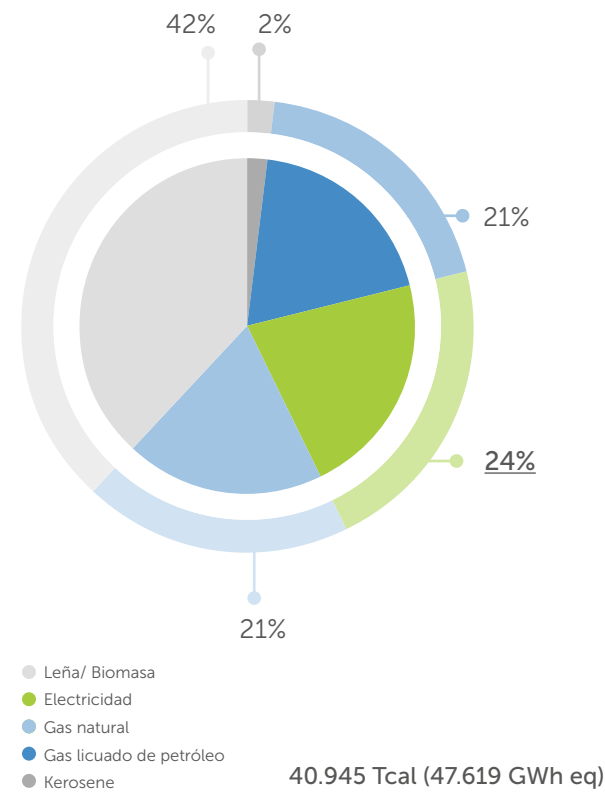


Consumo de energía eléctrica



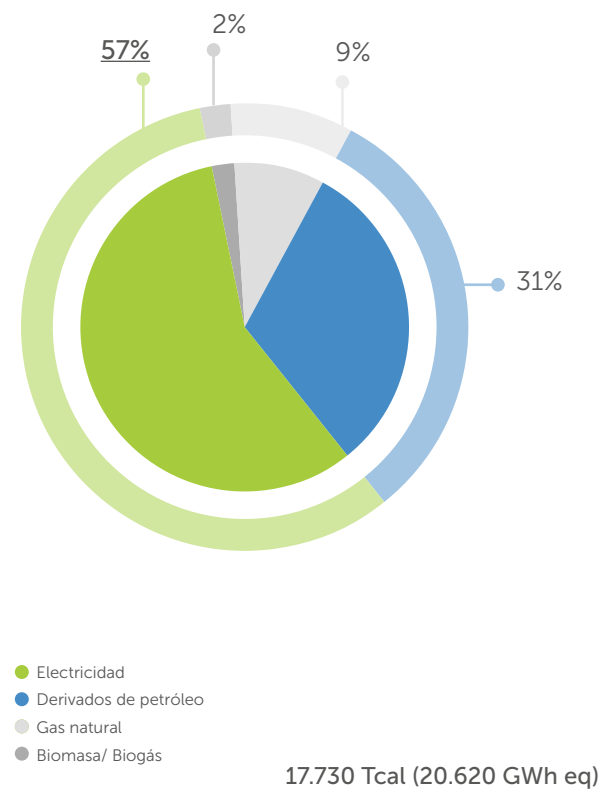
Se priorizó el sector residencial por su menor penetración de consumo eléctrico

Sector Residencial



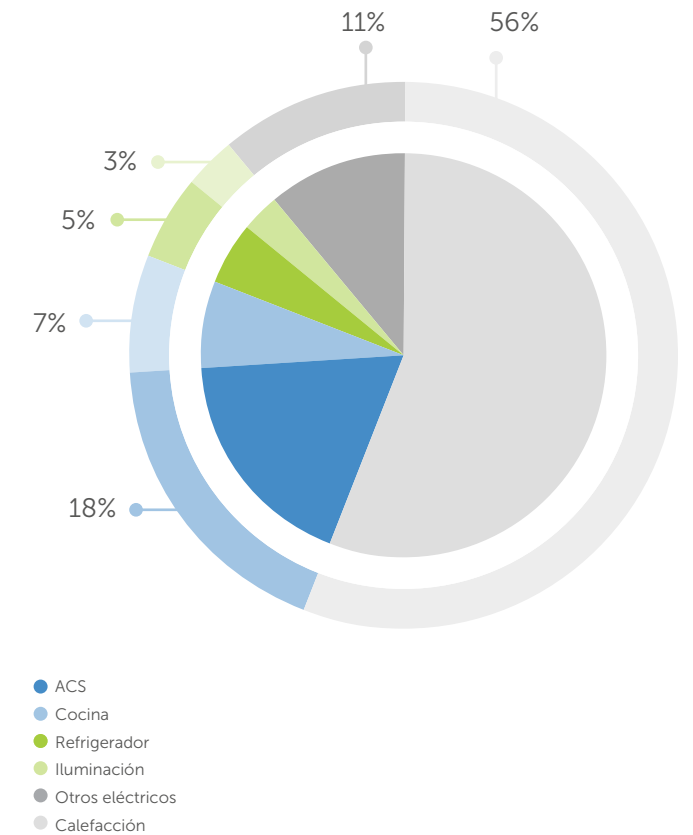
- Leña/ Biomasa
- Electricidad
- Gas natural
- Gas licuado de petróleo
- Kerosene

Sector Comercial y Público



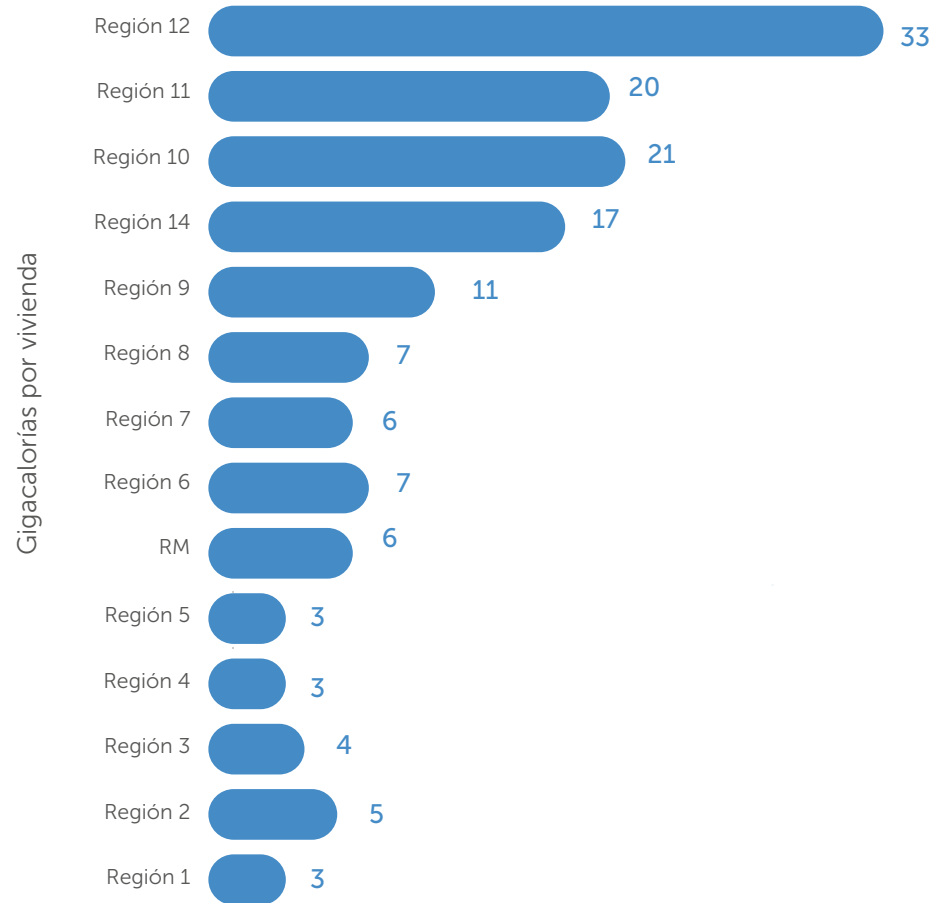
- Electricidad
- Derivados de petróleo
- Gas natural
- Biomasa/ Biogás

Los principales consumos de energía en los hogares son calefacción y agua caliente sanitaria (ACS)

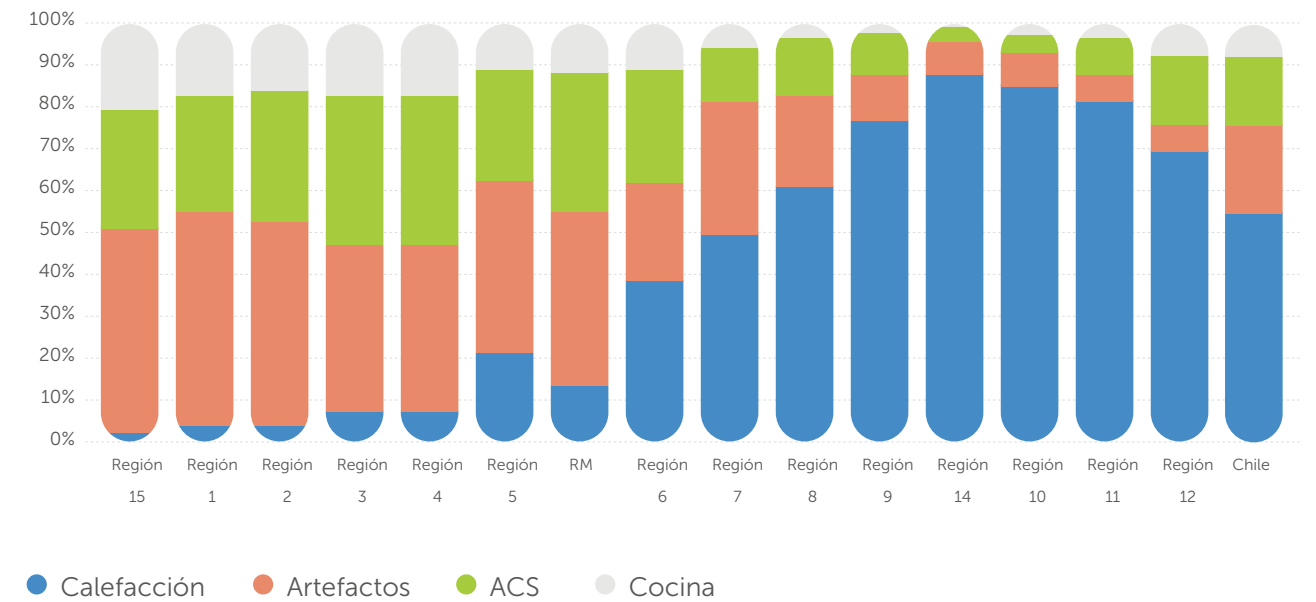


- ACS
- Cocina
- Refrigerador
- Iluminación
- Otros eléctricos
- Calefacción

El consumo de energía a nivel nacional es muy heterogéneo

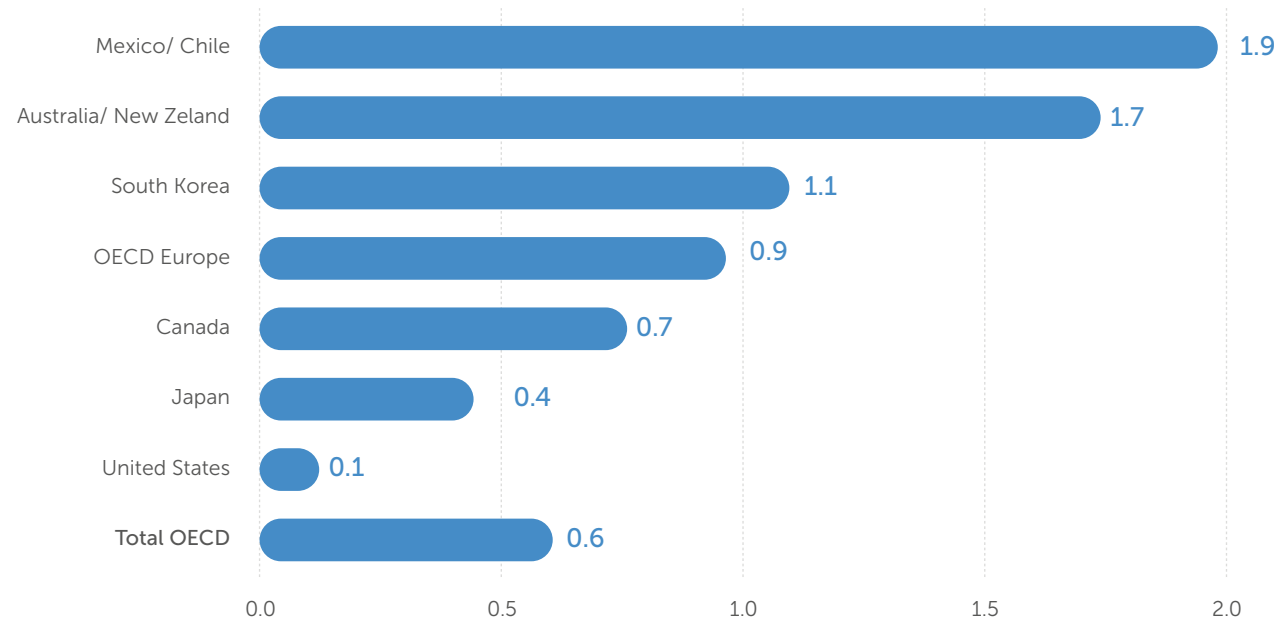


Distribución de consumo por usos



Se espera que el consumo de energía y electricidad residencial siga al alza

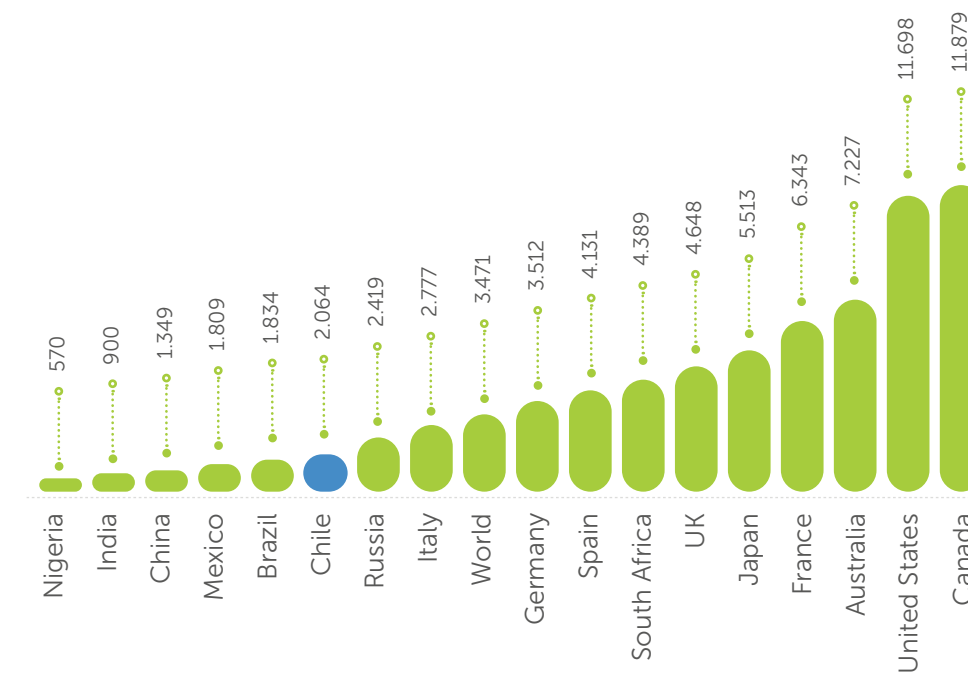
Variación anual de consumo de energía residencial 2012 – 2040 (% año)



Respecto del consumo eléctrico, se estima un promedio de crecimiento anual de 1% para países OCDE, versus el 0,6% de crecimiento para la energía en general.

Chile está bajo promedio mundial de consumo medio por hogar

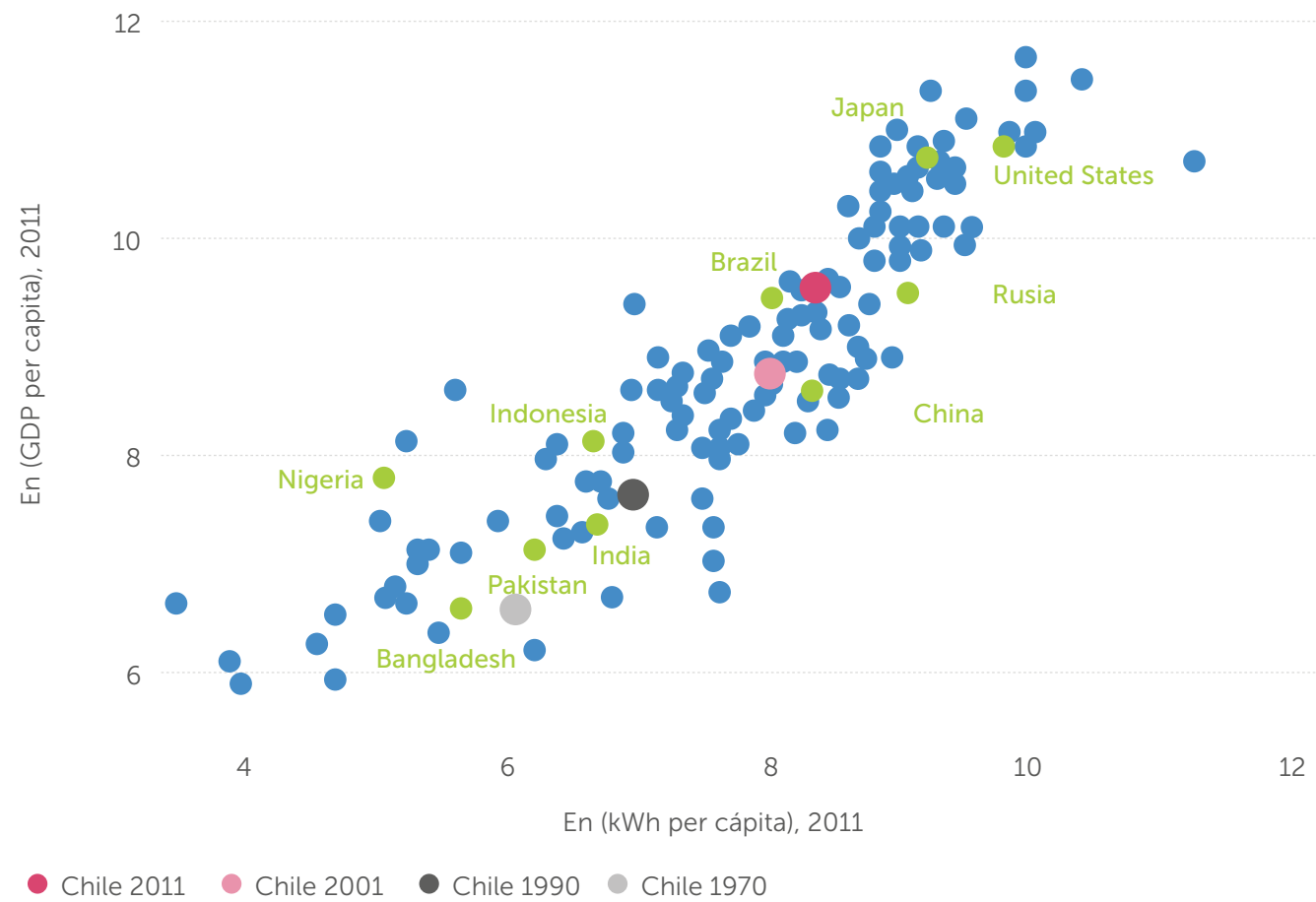
Consumo eléctrico por hogar (kWh/año)



En Chile el consumo residencial promedio es 2.064 kWh/hogar (elaboración propia sobre la base de BNE y antecedentes de Censo 2012).

Consumo eléctrico crecerá con la economía

Consumo eléctrico vs PIB per cápita (escala logarítmica)



ESCENARIOS DE ELECTRIFICACIÓN

Definición de escenarios residencial

- Se estudia mayor participación de consumo eléctrico en usos en: 1) calefacción, 2) agua caliente sanitaria (ACS) y 3) cocción.
- En conjunto, estos tres usos representan el 81% del consumo de energía del sector residencial y actualmente se asocian a bajos niveles de consumo eléctrico.
- Escenarios se definen a partir de participación (%) del consumo eléctrico respecto del consumo total del uso.
- Escenarios asumen competitividad creciente de tecnologías eléctricas y regulaciones ambientales más exigentes.

Calefacción, agua caliente sanitaria y cocción suman más del 80% del consumo de energía de los hogares, con baja electrificación

| | Calefacción | | | Agua caliente sanitaria | | | Cocción | | |
|--|-------------|------|------|-------------------------|------|------|-----------|------|------|
| % del consumo energía hogares Chile ¹ | 56% | | | 18% | | | 8% | | |
| | 2017 | 2030 | 2050 | 2017 | 2030 | 2050 | 2017 | 2030 | 2050 |
| % consumo eléctrico vs total uso escenario base | 2% | 10% | 15% | 1% | 5% | 10% | 1% | 5% | 10% |
| % consumo eléctrico vs total uso escenario optimista | 2% | 30% | 60% | 1% | 30% | 60% | 1% | 20% | 30% |

1. 5% corresponde a refrigerador, 3% iluminación y 11% otros eléctricos

Fuente: Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile. Corporación Desarrollo Tecnológico (CDT), CCHC, 2010

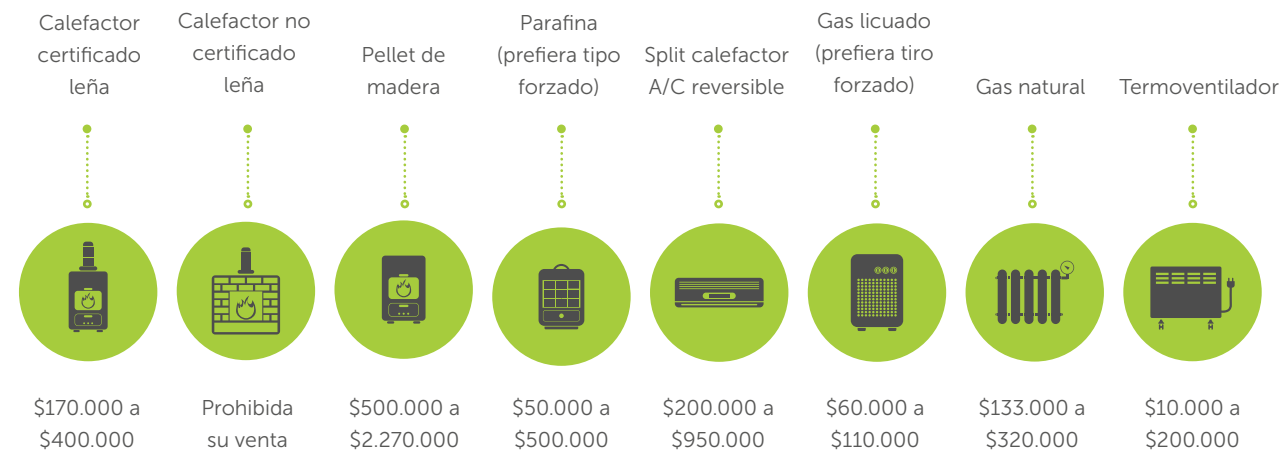
Calefacción y confort térmico

- La calefacción es un uso del cual se espera un incremento importante, debido a que, en la actualidad, gran parte de las viviendas del país se encuentran lejos de confort térmico:
 - Confort térmico: temperatura en invierno entre 19 y 21 °C en el interior de las viviendas.
- Actualmente, solo 2% de la calefacción se satisface con electricidad por lo que existe un potencial importante.
- Los costos de las tecnologías eléctricas son cada vez más competitivos.
- Las tecnologías limpias generan emisiones locales e intradomiciliarias nulas.

Los calefactores son muy diversos en inversión, operación y emisiones

| | Rango de precio del calefactor | Emisiones log/vivienda por mes |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Calefactor certificado leña | \$170.000 a \$400.000 | 3.0 |
| Calefactor no certificado leña | Prohibida su venta | 12.5 |
| Pellet de madera | \$500.000 a \$2.270.000 | 0.04 |
| Parafina (prefiera tiro forzado) | \$50.000 a \$500.000 | 0.03 |
| Split calefactor A/C reversible | \$200.000 a \$950.000 | 0 |
| Gas licuado (prefiera tiro reforzado) | \$60.000 a \$110.000 | 0 |
| Gas natural | \$133.000 a \$320.000 | 0 |
| Oleoeléctrico | \$10.000 a \$200.000 | 0 |

Inversión y emisiones por calefactor
La leña es muy contaminante

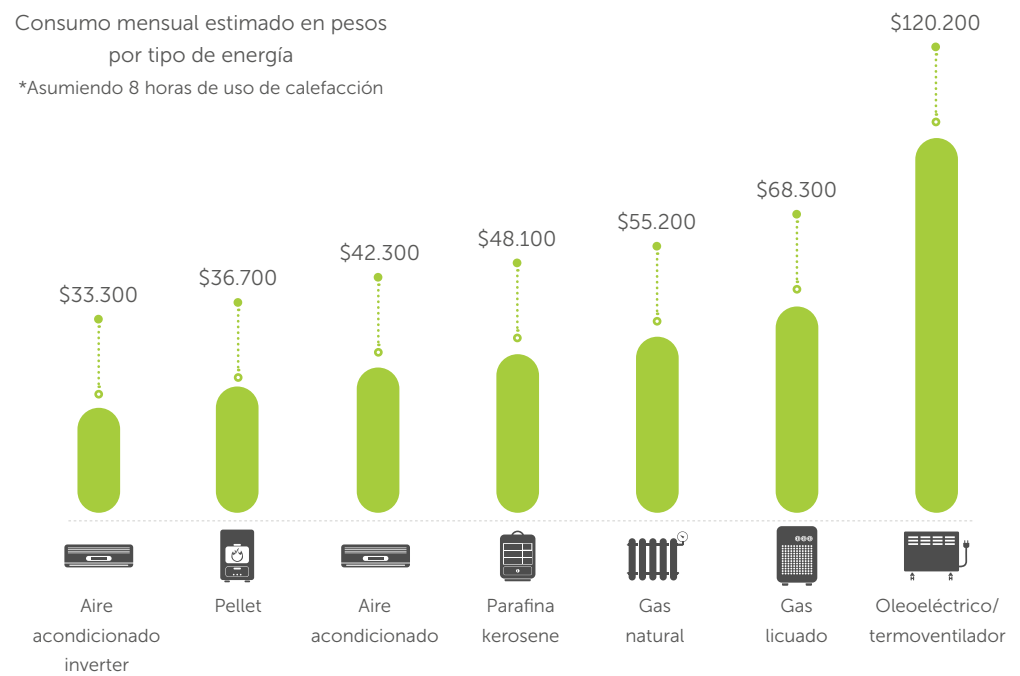


Nota: Emisiones de MP 2,5 estimadas para ciudades del sur de Chile, calefaccionando durante 8 horas al día para una confort de 18° y una demanda térmica mensual de 997 kWh

Fuente: Calefacción Sustentable. Ministerio de Medio Ambiente. 2016

Cuenta promedio de calefacción RM

Consumo mensual estimado en pesos por tipo de energía
*Asumiendo 8 horas de uso de calefacción



Fuente: Calefacción Sustentable, 2016, Ministerio de Medio Ambiente



En valor presente de mediano plazo una bomba de calor es la más competitiva

- Se asumen 6 meses al año de calefacción y se utiliza tasa social de descuento (6%), lo que justifica socialmente un programa de recambio de calefactores.
- Resultados muy sensibles a precios de combustibles.

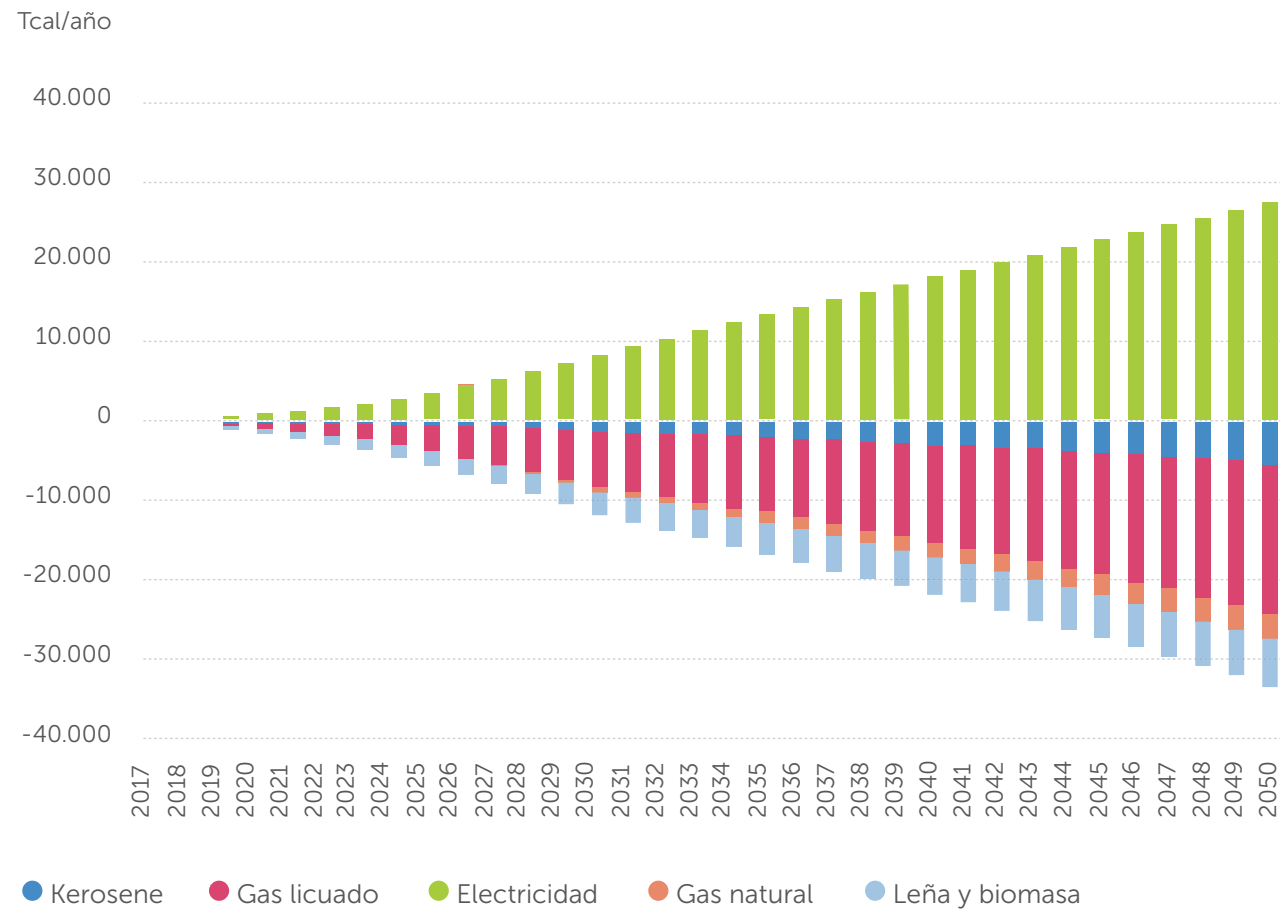
| | Precio equipo (\$) | Valor cuenta (\$/ mes) | Valor presente 10 años (\$) | Diferencia con bomba calor (\$) |
|--------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Gas natural | 226.500 | 58.500 | 2.964.894 | 1.260.519 |
| Gas licuado | 85.000 | 59.100 | 2.851.480 | 1.147.106 |
| Kerosene | 275.000 | 39.300 | 2.114.639 | 410.265 |
| Electricidad | 105.000 | 87.100 | 4.182.164 | 2.477.790 |
| Bomba de calor eléctrica | 575.000 | 24.127 | 1.704.375 | 0 |

CONSUMO ELÉCTRICO EN HOGARES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA



Eficiencia energética: aumento de consumo eléctrico es menor al ahorro en combustibles

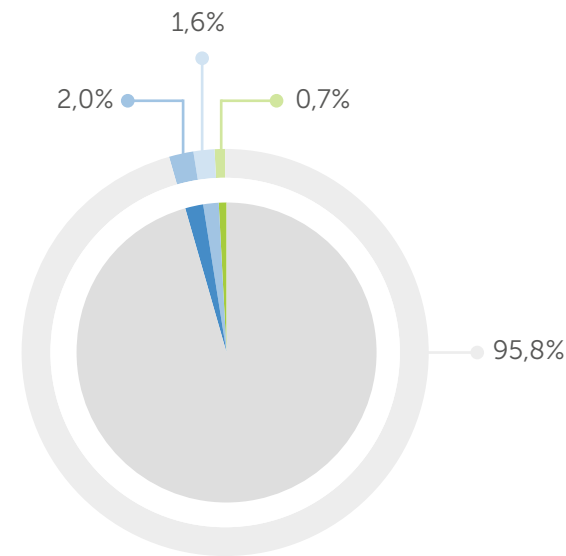
- A 2050 se consumirían 32 TWh (27.500 Tcal) de electricidad adicional al comparar el escenario optimista versus el conservador.
- Y se ahorrarían 33.400 Tcal de combustibles fósiles y leña, generando un ahorro energético neto de 5.900 Tcal.



ELECTRIFICACIÓN DE HOGARES Y SALUD: **EL CASO DE TEMUCO**

El 96% de las emisiones en Temuco y Padre Las Casas proviene de la combustión a leña

- Inventario de emisiones MP 2,5 (año base 2009)



- Combustión de leña
- Quemas agrícolas
- Industria
- Fuentes móviles

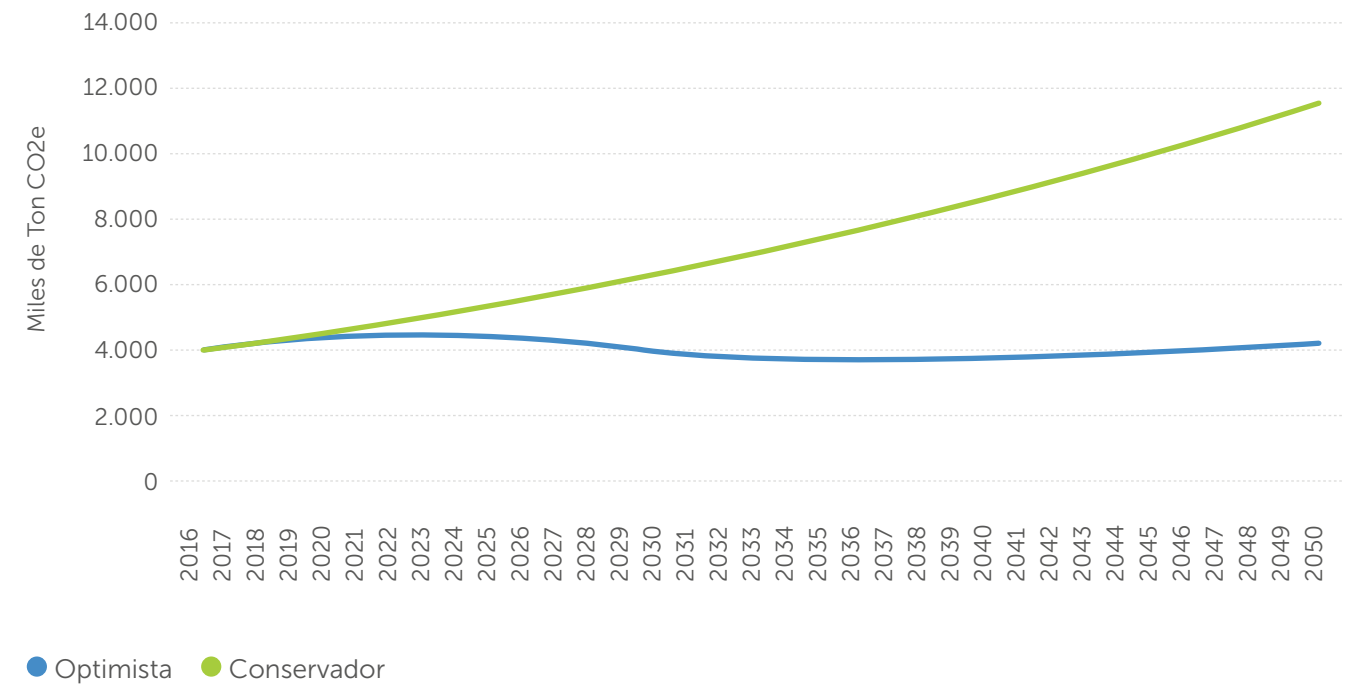
La calefacción eléctrica mejorará la salud: caso de Temuco–Padre Las Casas

- La mayor electrificación de la calefacción permite reducir el material particulado proveniente de la leña.
- En promedio se reducen más de 1.700 toneladas de material particulado MP2,5 por año al comparar el escenario conservador con el optimista.
- En la Región de La Araucanía hay más de 340.000 viviendas(1). Si 20.000 de ellas utilizaran electricidad en vez de leña(2):
 - Se evitarían 140 casos de mortalidad prematura.
 - Se evitarían 200 casos de admisiones hospitalarias.
 - Habría beneficios del orden de US\$90.000.000 por año.

CONSUMO DE HOGARES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Consumo eléctrico permitiría estabilizar emisiones del sector residencial

- A 2030 la electrificación en el escenario optimista implicaría una disminución de 38% de las emisiones de GEI.
- A 2050 la electrificación en el escenario optimista implicaría una disminución de 63% de las emisiones de GEI.





Conclusiones Capítulo Residencial

- A nivel residencial las principales oportunidades de electrificación son la calefacción y el agua caliente sanitaria, siendo económicamente competitivas y energéticamente eficientes.
- La electrificación residencial permitirá estabilizar las emisiones GEI y ser un aporte sustantivo a la reducción de contaminación local producto del uso de leña, evitando muertes prematuras y costos de atenciones de salud.
- Solo en el caso de Temuco se evitarían 140 casos de mortalidad prematura al año.



Empresas socias de Generadoras de Chile:



Estudio
Escenarios de Usos Futuros
de la Electricidad en Chile



Capítulos Transporte y Residencial



Generadoras de Chile
energía que nos mueve

Desarrollado por E2BIZ para
Generadoras de Chile
Agosto 2017