



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



Generadoras de Chile

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

La transición energética hacia un futuro más eléctrico con energía más eficiente, renovable, confiable y sustentable

Claudio Seebach | @cseebach
Ingeniero Industrial Eléctrico UC

Presidente Ejecutivo
Generadoras de Chile | @GeneradorasCL

SUS1000 Sustentabilidad | 27 de septiembre de 2018



Piensen en tres palabras que relacionen con “energía” y los ODS

Respuestas



54

Energía asequible y no contaminante está al centro de muchos ODS



El ODS 7 plantea que de aquí al 2030 debemos...

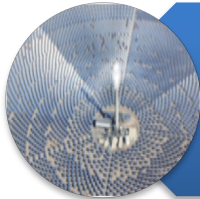
1. garantizar el **acceso universal** a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos
2. aumentar considerablemente la proporción de **energía renovable** en el conjunto de fuentes energéticas
3. duplicar la tasa mundial de mejora de la **eficiencia energética**
 - a. aumentar la **cooperación internacional** para facilitar el acceso a la **investigación** y la **tecnología** relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las **tecnologías avanzadas** y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias
 - b. ampliar la infraestructura y **mejorar** la tecnología para prestar **servicios energéticos** modernos y sostenibles para todos en los **países en desarrollo**, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo



Tres pilares para una energía más sustentable



Electrificar la matriz energética



Aprovechar nuestras fuentes renovables

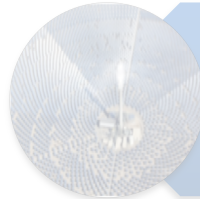


Sustentabilidad y legitimidad

Tres pilares para una energía más sustentable



Electrificar la matriz energética



Aprovechar nuestras fuentes renovables

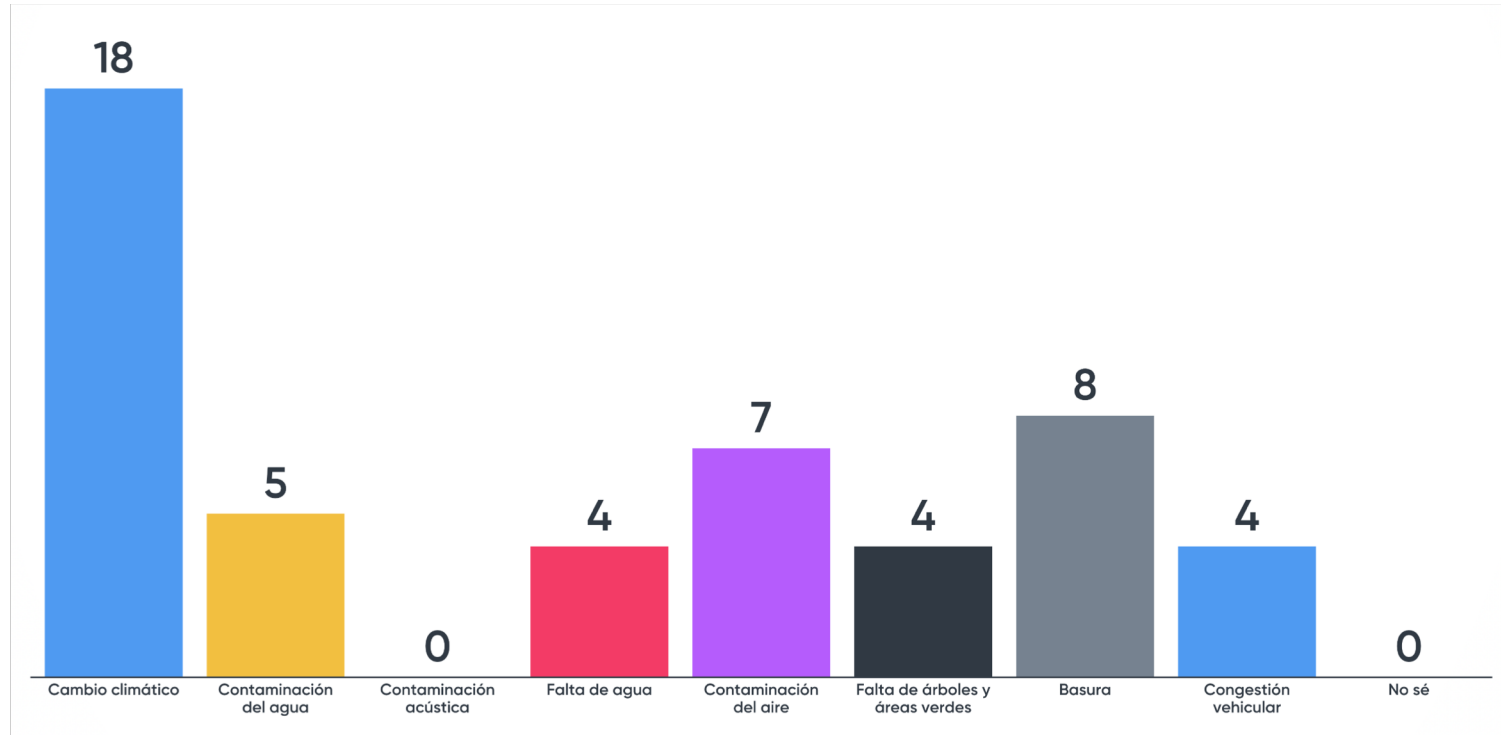


Sustentabilidad y legitimidad

Pregunta:

¿Cuál es el a vuestro juicio el mayor desafío ambiental de Chile?

Respuestas curso (50 personas)

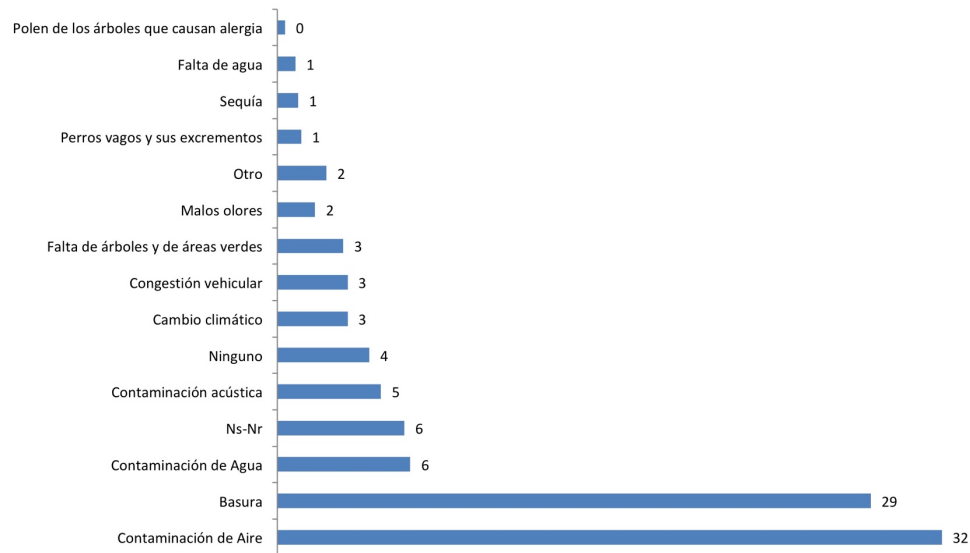


Según la Encuesta Nacional del Medio Ambiente el mayor desafío ambiental de Chile es la contaminación del aire en las ciudades⁽¹⁾

(1) Fuente: Encuesta Nacional del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, febrero 2018

Según la Encuesta Nacional del Medio Ambiente el mayor desafío ambiental de Chile es la contaminación del aire en las ciudades

Según su percepción, ¿Cuál es el principal problema ambiental que lo afecta a Ud.? (Respuesta espontánea)



Fuente: Encuesta Nacional del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, febrero 2018

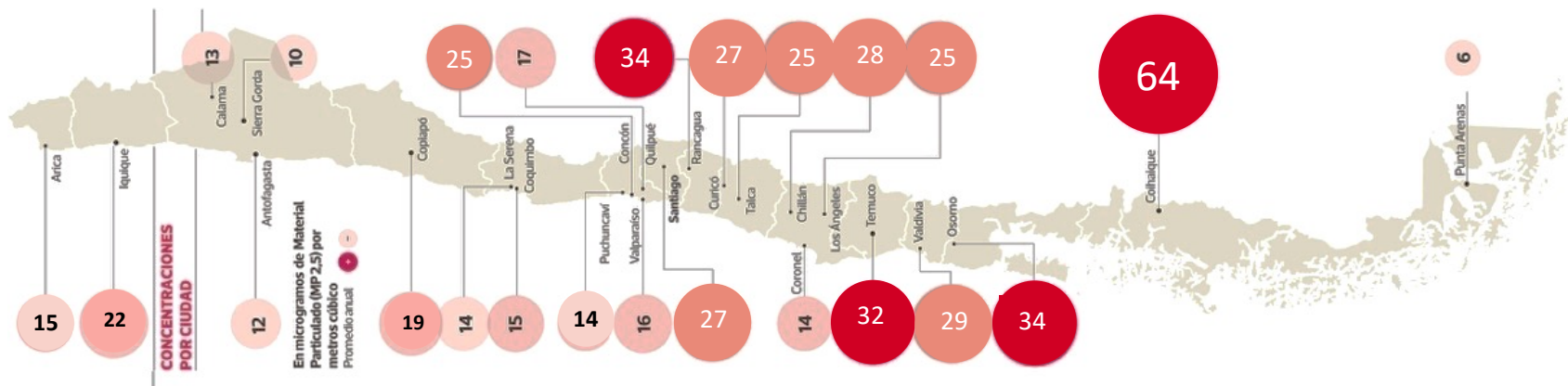
N= 7601



Según la Encuesta Nacional del Medio Ambiente el mayor desafío ambiental de Chile es la contaminación del aire en las ciudades(1)

Responsable de al menos 4 mil muertes prematuras al año

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



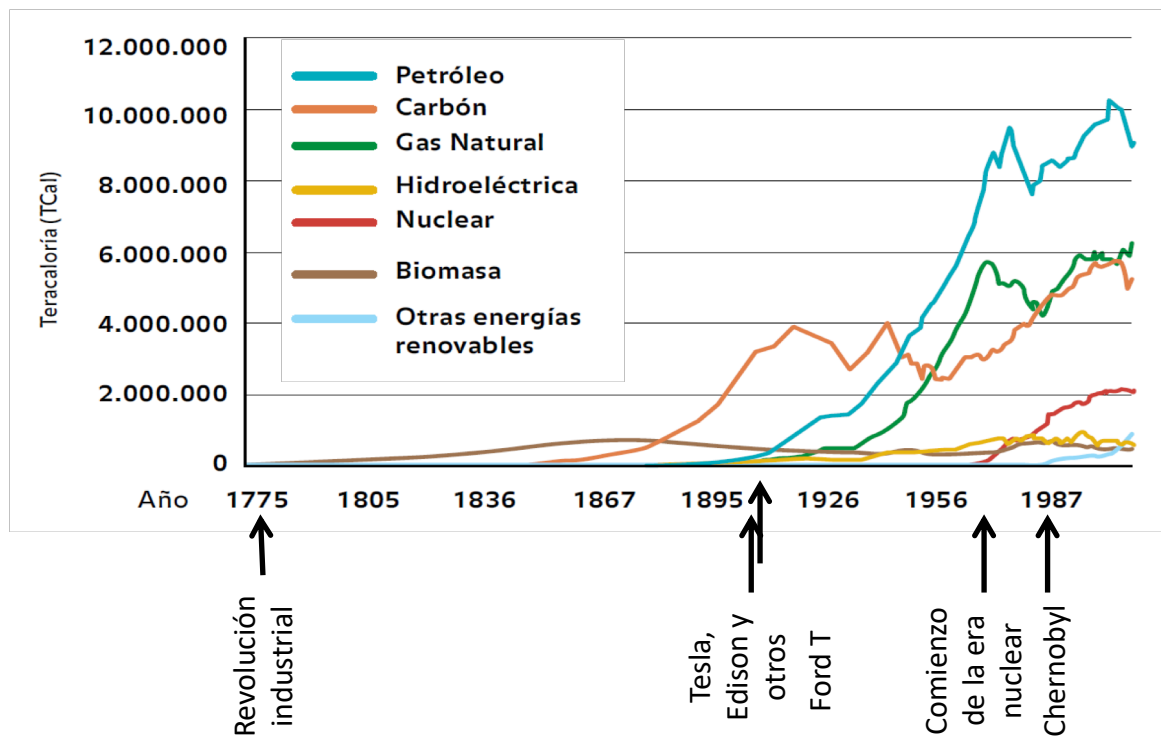
Fuente: (1) Encuesta Nacional del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, febrero 2018

(2) A nivel nacional. Estrategia 2014 – 2018 , Planes de Descontaminación Atmosférica, Ministerio de Medio Ambiente

(3) Infografía La Tercera. 15 de febrero de 2015.



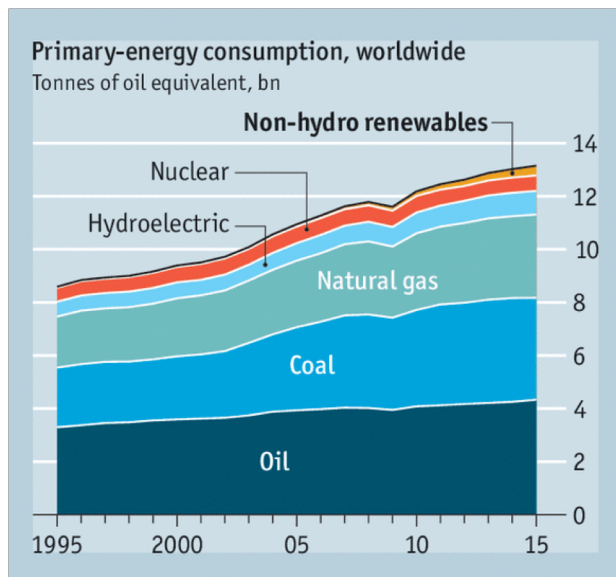
Recién en los últimos 250 años de la historia la humanidad ha comenzado a demandar energía en forma masiva



El gas petróleo, carbón y gas natural siguen dominando hoy las fuentes de energía primaria del mundo.

La biomasa es (aun) relevante en Chile.

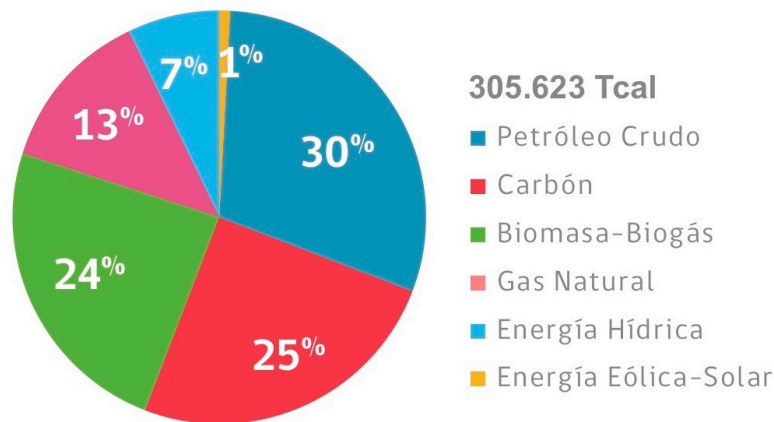
Mundo



Fuente: Renewable energy: A world turned upside down, The Economist, 25.2.2017

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

Chile



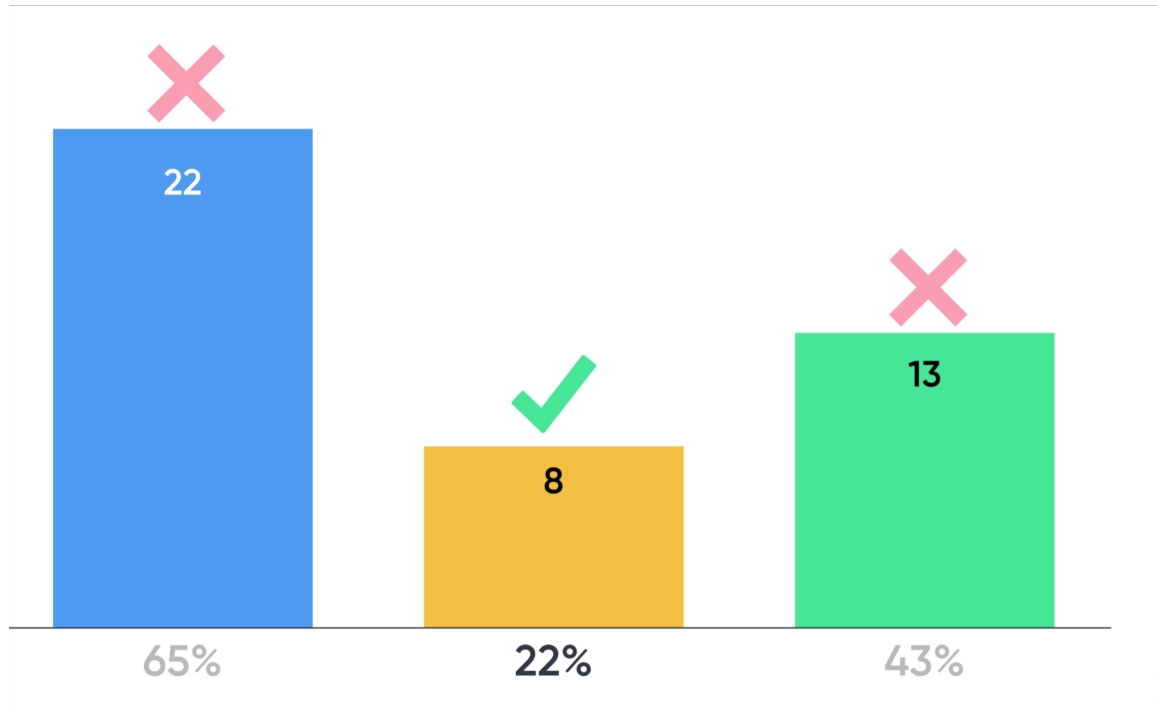
Fuente: Balance Nacional de Energía, 2015



Pregunta:

¿Qué % de la energía que consumimos en Chile es electricidad?

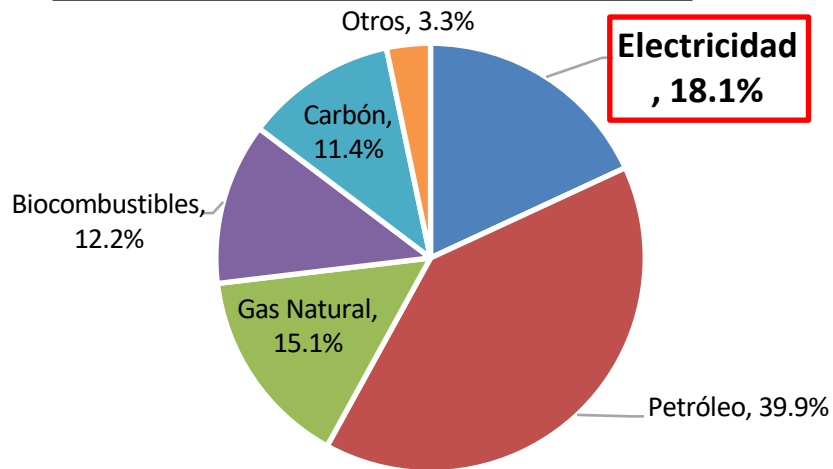
Respuestas curso (43 personas)



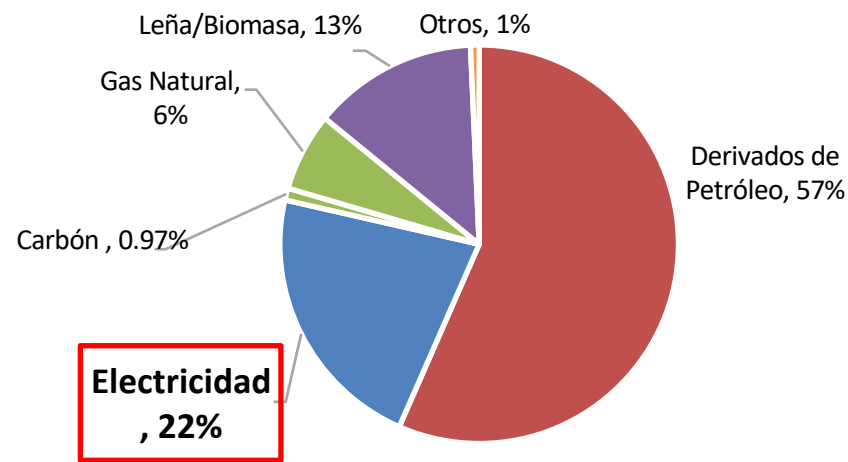
Sólo cerca del ~20% del consumo final de energía es electricidad

Principal energético consumido son los derivados del petróleo como diésel, bencina o parafina

Mundo



Chile



Fuente: Mundo: IEA, 2016; Chile: BNE, 2015

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

Los cambios tecnológicos ocurren más rápido de lo esperado

5ª Avenida Nueva York

1900: encuentre al automóvil



1913: encuentre al caballo



Fuente: US National Archives / George Grantham Bain Collection

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

Estamos frente a varias revoluciones de la transición energética

Electrificación



Tecnologías: movilidad eléctrica, cargadores inteligentes



Descentralización



Tecnologías: paneles solares, almacenamiento, gestión de la demanda



Digitalización



Tecnologías: automatización, equipos, redes y aplicaciones inteligentes, internet de las cosas (IoT)

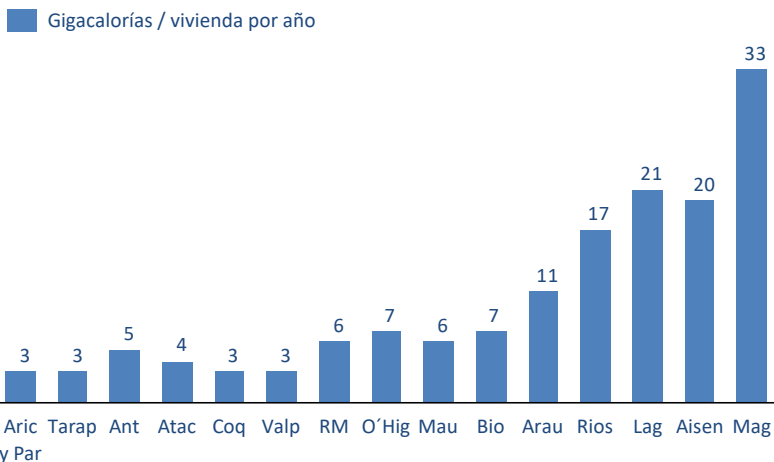


ENERGÍA Y VIVIENDA

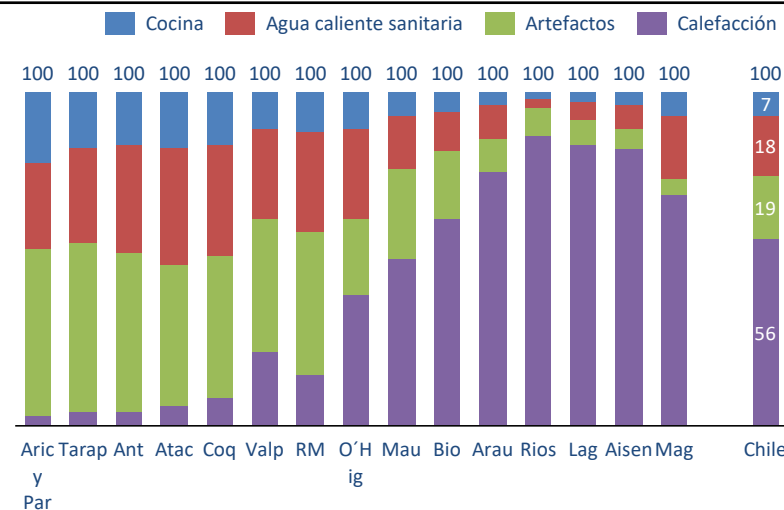


El consumo energético de los hogares a lo largo de Chile es muy heterogéneo tanto en nivel de consumo como en tipo de uso

Consumo de energía por hogar (Giga cal / vivienda / año)



Usos de energía en hogares (%)



Fuente: Estudio Escenarios Prospectivos de Consumo Eléctrico, 2017 (en Base a BNE Regional y Censo 2012); “Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial de Chile”, Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), CCHC, 2010

Pobreza energética: el acceso y equidad en energía

Acceso a la energía: si bien Chile tiene el más alto nivel de acceso a electricidad y agua potable de la región, aun existen brechas importantes en zonas rurales.

Acceso a electricidad

FUENTE: CASEN 2015

35.900 chilenas/os se encuentran en situación de Pobreza Energética por falta de acceso a la electricidad.

AUSENCIA DE CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA:

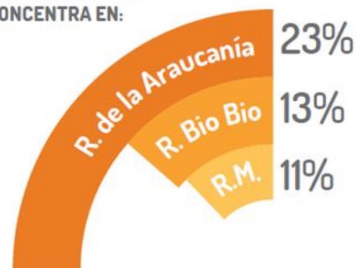
encuestados urbanos



encuestados rurales



LA FALTA DE ACCESO A ELECTRICIDAD SE CONCENTRA EN:



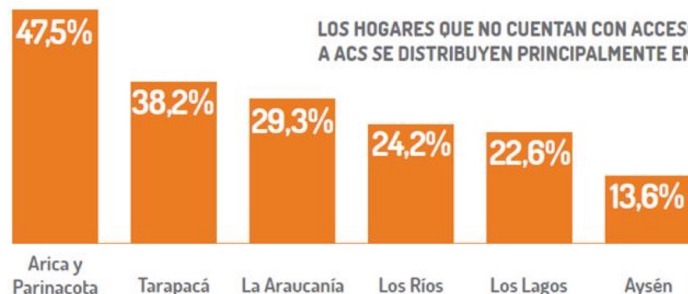
Acceso a agua caliente sanitaria

FUENTE: CASEN 2015



de los hogares no usa/no tiene sistema para Agua Caliente Sanitaria (ACS) en la vivienda concentrados en los quintiles más pobres (quintil I y II suman un 38,7%) y en zonas rurales (30,8%).

LOS HOGARES QUE NO CUENTAN CON ACCESO A ACS SE DISTRIBUYEN PRINCIPALMENTE EN:



Pobreza energética: el acceso y equidad en energía

Equidad: pese a que los más pobres gastan proporcionalmente más en energía, pasan más frío.

Sensación de frío



FUENTE: ENE 2016

EN PROMEDIO, DURANTE LA SEMANA MÁS FRÍA DE JULIO, LA TEMPERATURA INTERIOR DE LAS VIVIENDAS ESTUVO:



Las bajas temperaturas al interior del hogar se asocian a enfermedades respiratorias y cardíacas.

FUENTE: ReNaM 2017

Equidad en gasto energético

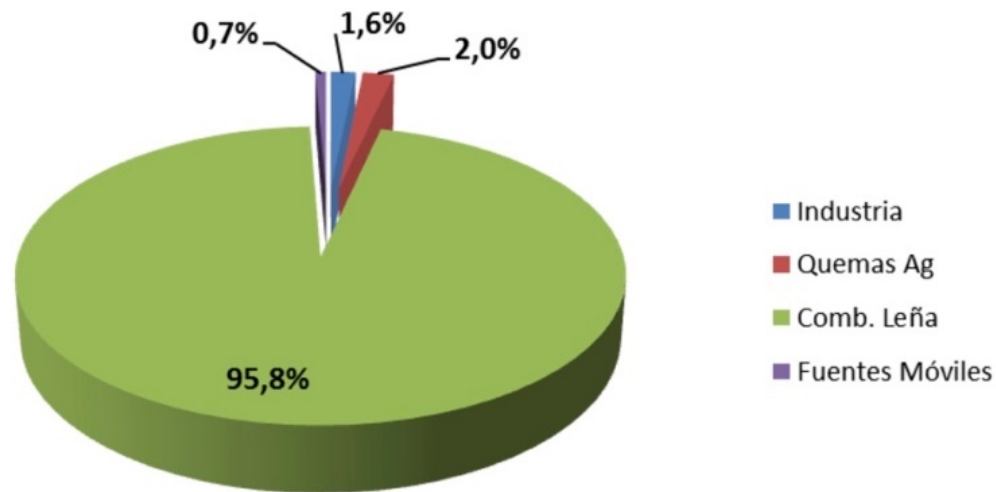


Los datos muestran que, pese a que los segmentos más pobres del país gastan un porcentaje mayor de su presupuesto en energía, declaran pasar más frío en invierno.

La contaminación de las ciudades del sur es principalmente de la leña

En Temuco - Padre las Casas la leña 96% de las emisiones de material particulado fino (MP 2.5)


Emisiones MP 2,5



Fuente: Plan de descontaminación atmosférica por MP 2,5, para las comunas de Temuco y Padre las Casas y de actualización del plan de descontaminación por MP 10, para las mismas comunas. Ministerio de Medio Ambiente. <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/04/Resumen-PDA-Temuco-y-PLC.pdf>

Una adecuada elección de calefactores permite invertir mejor, reduciendo emisiones contaminantes intra y extradomiciliarias

Inversión y emisiones por tipo de calefactor



	Calefactor a leña certificado	Calefactor no certificado leña	Pellet de madera	Parafina	Split calefactor A/C reversible	Gas Licuado	Gas Natural	Oleoeléctrico Termoventilador
Rango de precio del calefactor	\$170.000 a \$400.000	Prohibida su venta	\$500.000 a \$2.270.000	\$50.000 a \$500.000	\$200.000 a \$950.000	\$60.000 a \$110.000	\$133.000 a \$320.000	\$10.000 a \$200.000
Emisiones kg/vivienda por mes MP2,5	3.0	12.5	0.4	0.03	0	0	0	0

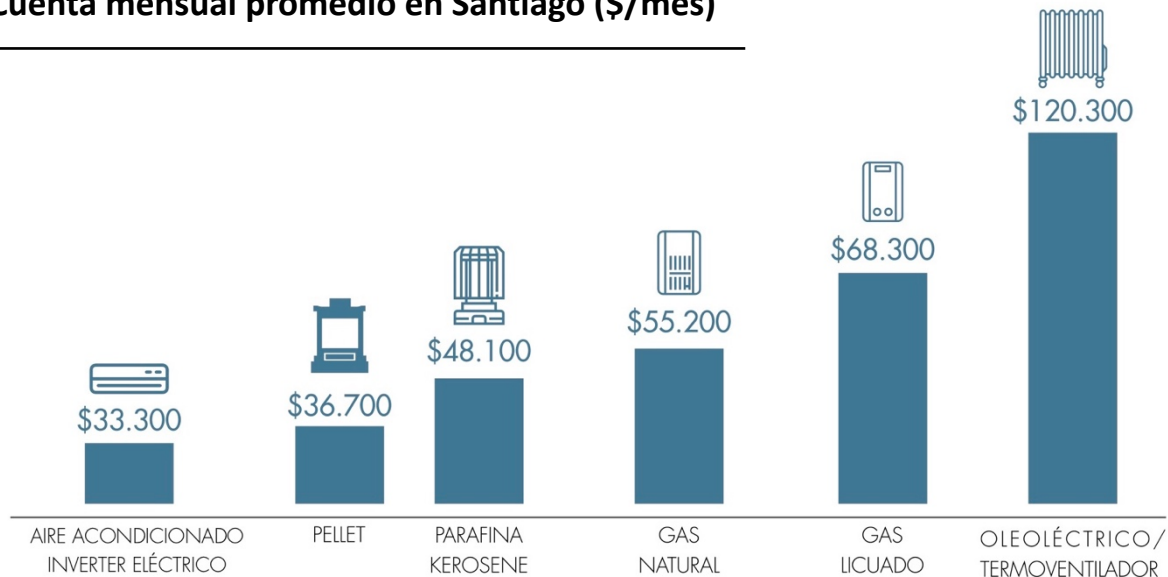
Nota: Emisiones de MP 2,5 estimadas para ciudades del sur de Chile, calefaccionando durante 8 horas al día para una confort de 18º y una demanda térmica mensual de 997 kWh

Fuente: Calefacción Sustentable. Ministerio de Medio Ambiente. 2016.

Electricidad con la tecnología correcta puede ser la energía más asequible

Las bombas de calor (AC/Inverter) son muy eficientes energéticamente y generan cero emisiones

Cuenta mensual promedio en Santiago (\$/mes)



Fuente: Calefacción Sustentable. Ministerio de Medio Ambiente. 2016

Fuente: Calefacción sustentable. Ministerio de Medio Ambiente, 2016

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante



27.09.2018

23

Una adecuada calefacción puede reducir drásticamente la contaminación intra y extradomiciliaria de las ciudades

- Uso de calefacción sustentable permite reducir material particulado proveniente de la leña.
- A modo de ejemplo: en la Región de la Araucanía hay más de 340 mil viviendas
- Si 20 mil (un 6%) de esas viviendas utilizaran electricidad en vez de leña:
 - Se evitarían 140 casos de mortalidad prematura al año.
 - Se evitarían 200 casos de admisiones hospitalarias al año.
 - Habría beneficios en menores costos de atenciones hospitalarias del orden de US\$ 90 millones por año.

Fuente:

(1) Censo 2012

(2) Estudio Escenarios Prospectivos de Consumo Eléctrico, 2017

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

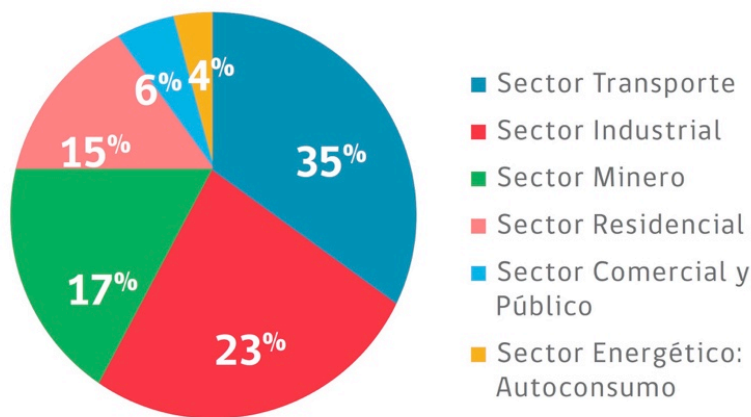


ENERGÍA Y TRANSPORTE

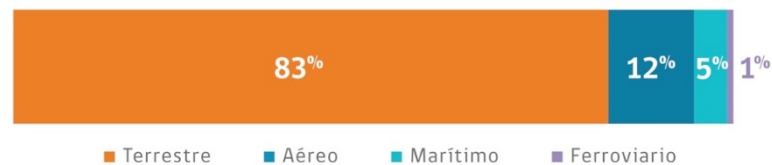
En Chile el transporte representa un 35% del consumo energético

Solo un 2% del consumo en transporte proviene de energía eléctrica

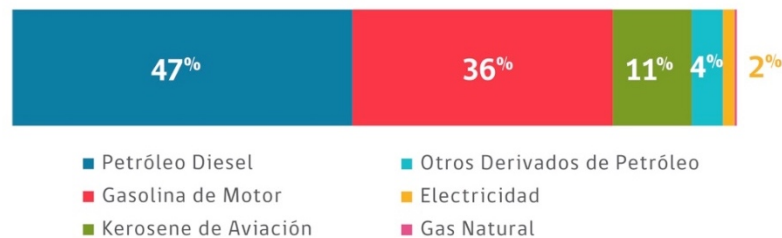
Consumo energético anual según sector



Consumo energético según modo transporte



Transporte: fuente de energía



Fuente: Balance Nacional de Energía (2015)

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

El futuro del transporte será eléctrico

Hoy solo un 2% del transporte es con energía eléctrica

Beneficios de la electromovilidad



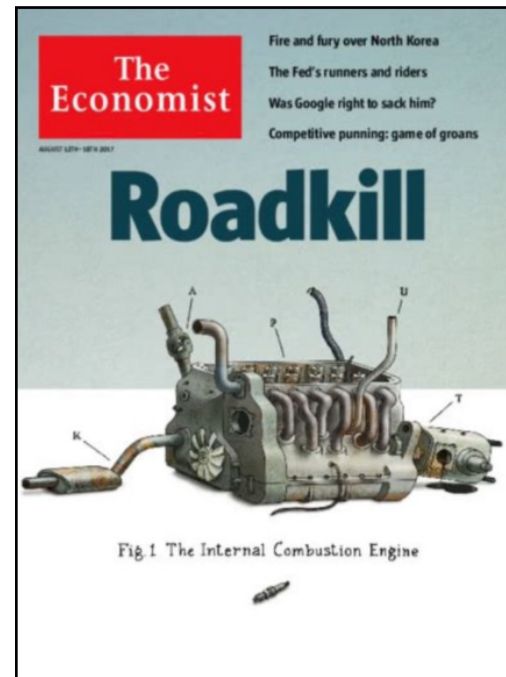
Eficiencia energética



Salud y descontaminación



Menores gases efecto invernadero



Fuente: The Economist

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

La movilidad eléctrica es más eficiente y económica

- Un vehículo eléctrico consume mucho menos de energía que uno a combustible:
 - Un motor a combustión transforma cerca del 15% de la energía del combustible en movimiento (y pierde el 85% restante en calor)
 - Un motor eléctrico transforma al menos el 60% de la energía en movimiento, y recupera energía al frenar.
- Un auto eléctrico es más barato de operar y mantener:
 - rinde 17 \$/km, mientras que uno a bencina aprox. 63 \$/km
 - 500 km cuestan \$8.500, mientras en uno a combustible cuestan \$31.500



Fuentes:

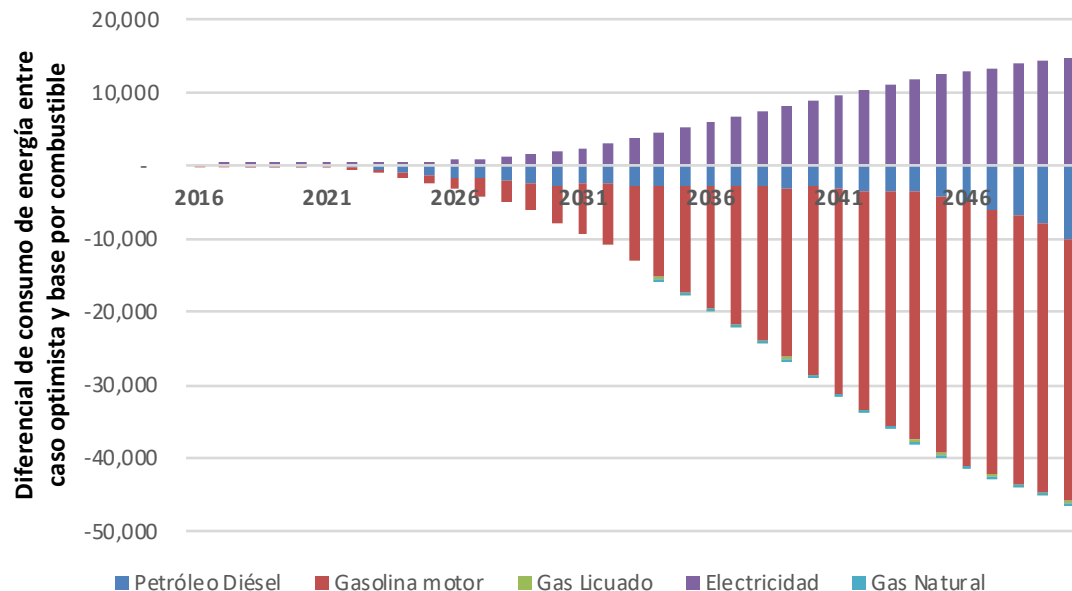
(1) www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml

(2) Estudio Escenarios Prospectivos de Consumo Eléctrico, 2017

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

Por cada 1 unidad adicional de electricidad consumida, la electromovilidad ahorrará 3 unidades de energía derivada del petróleo

Aumento consumo eléctrico vs reducción consumo combustibles fósiles (Tcal / año)



Aumento consumo eléctrico en escenario optimista versus base al 2050

- 17 TWh (14.600 Tcal)

Menor consumo energía de comb. fósiles en escenario optimista versus base al 2050

- 54 TWh (46.000 Tcal)

Ahorro de ~37 TWh (31.400 Tcal) al 2050

Fuente: Estudio Escenarios Prospectivos de Consumo Eléctrico, 2017

#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

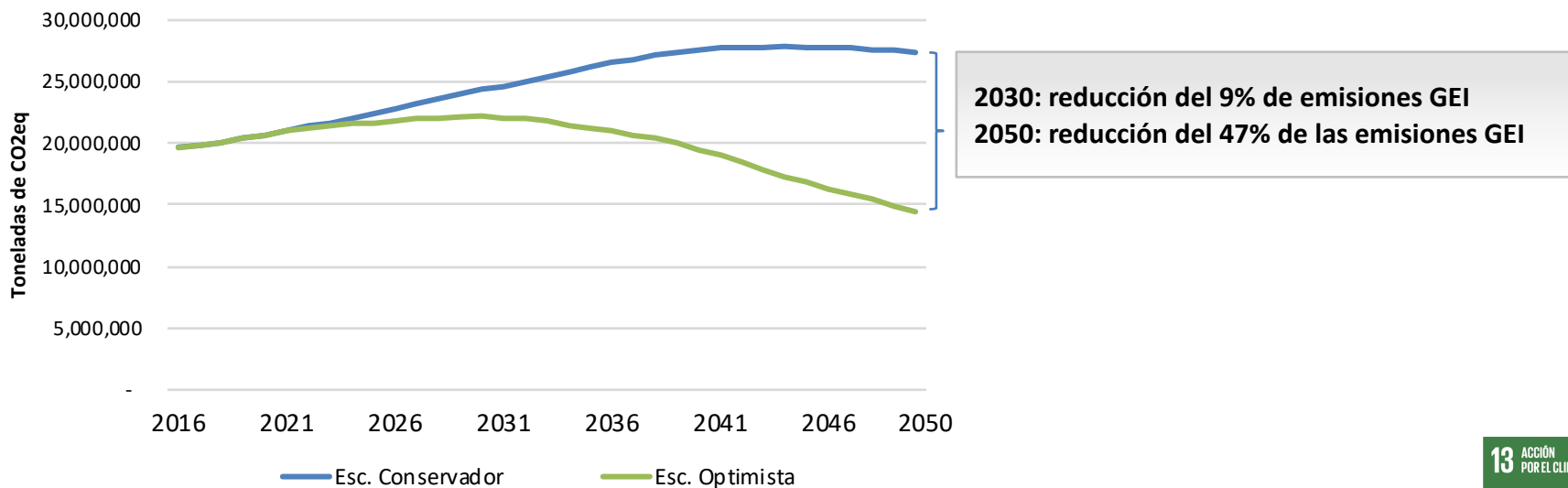


27.09.2018

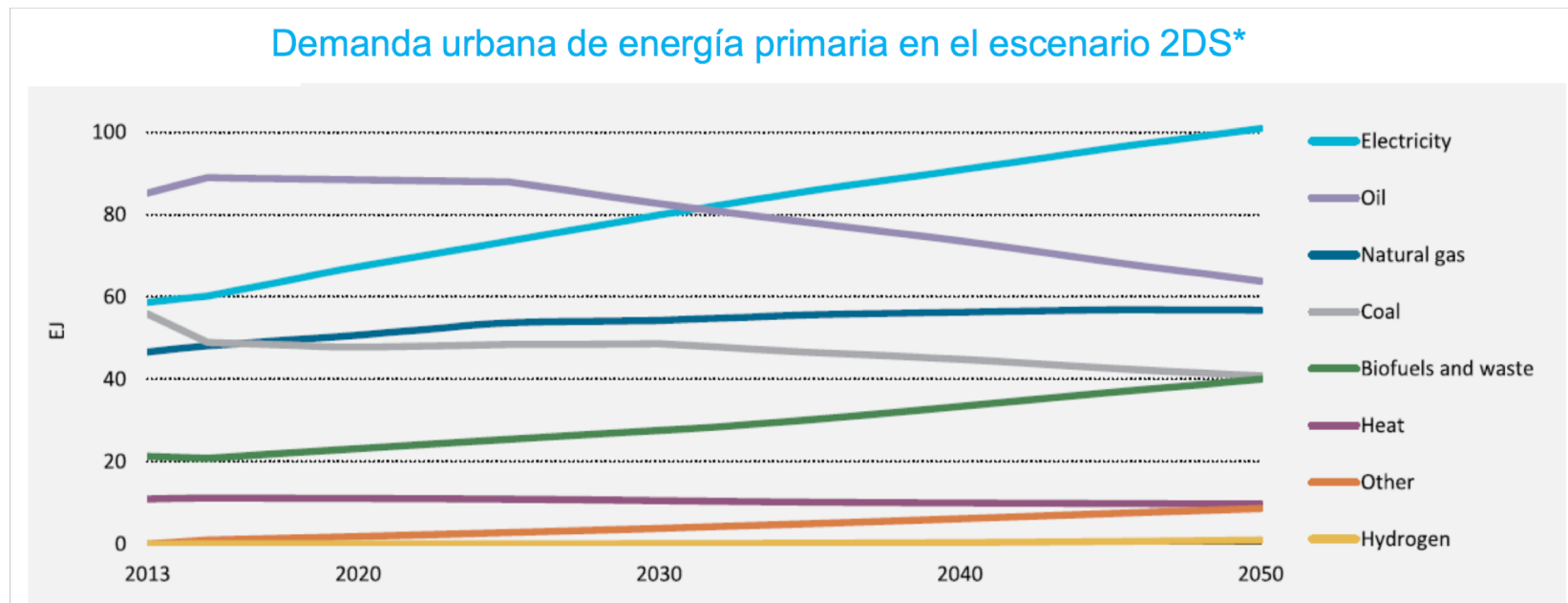
33

La mayor penetración de vehículos eléctricos permitirá revertir la tendencia al alza de las emisiones de GEI del transporte terrestre

Toneladas de CO2 eq



Hacia el 2030 se espera que la electricidad sea la principal fuente de energía de las ciudades en el mundo



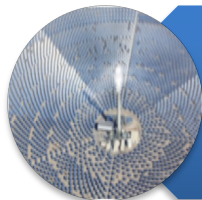
Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA, sigla en inglés). www.iea.org/statistics

* Escenario 2DS (Two Degrees Scenario): objetivo de la IEA que limita el calentamiento medio por emisiones de CO₂ a 2° C

Tres pilares para una energía más sustentable



Electrificar la matriz energética



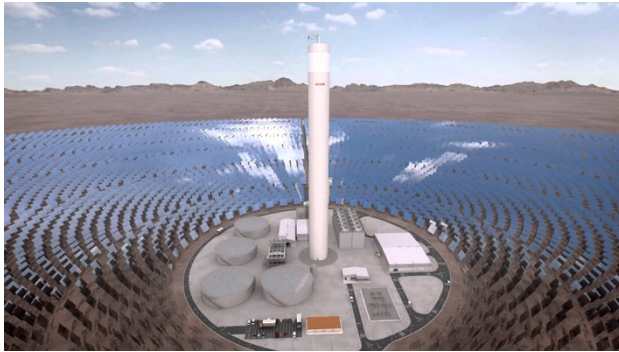
Aprovechar nuestras fuentes renovables



Sustentabilidad y legitimidad

APROVECHAR NUESTRAS FUENTES RENOVABLES

El futuro de la generación eléctrica será renovable



Chile tiene un gran y muy diverso potencial de energía renovable en todo su territorio

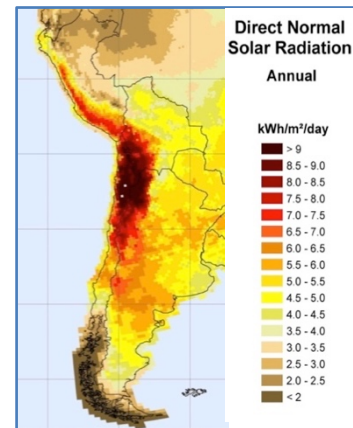
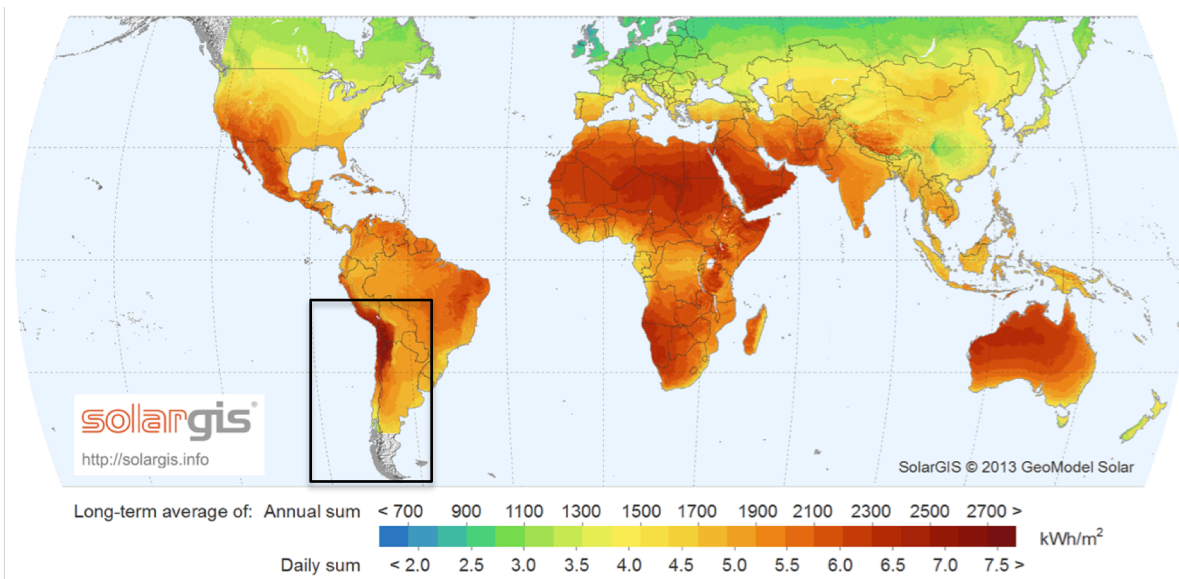


- **Solar:** penetración estimada de 20 GW al 2050. Potencial superior a 2.000 GW
- **Energía eólica:** penetración estimada de 20 GW al 2050
- **Geotermia:** penetración estimada de 2 GW al 2050
- **Hidroelectricidad:** potencial adicional de 16 GW

Fuente: El potencial de eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé, Ministerio de Energía, 2014



El desierto de Atacama tiene la mayor radiación solar que haya sido medida en el mundo



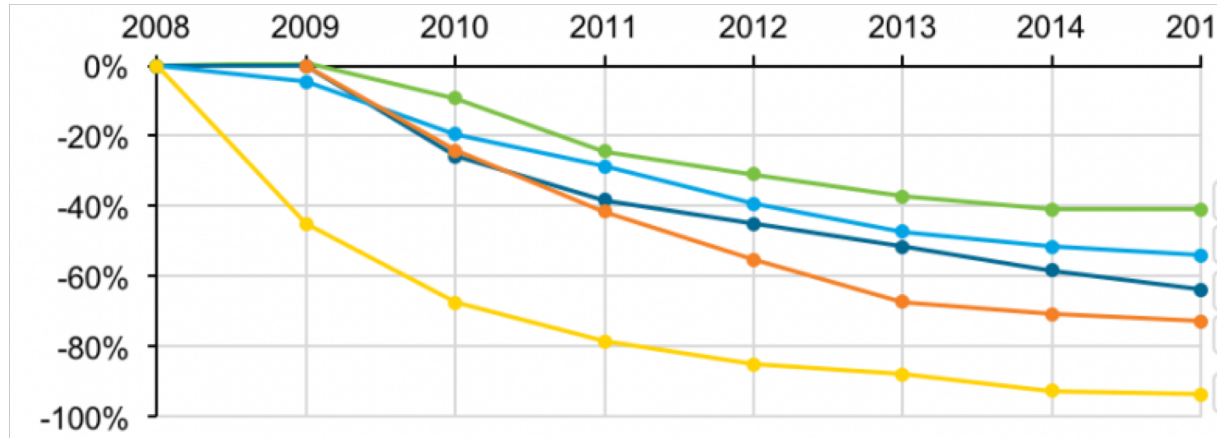
Ranking [kWh/m²/diario]

Pica, Chile	9,5
Calama, Chile	7,4
Crucero, Chile	7,1
Al-Fashir, Sudan	6,7
Guanajuato, Mexico	6,7

Fuente: NREL, 2005

Las tecnologías eléctricas han caído radicalmente de precio

Caída en costos con respecto a 2008



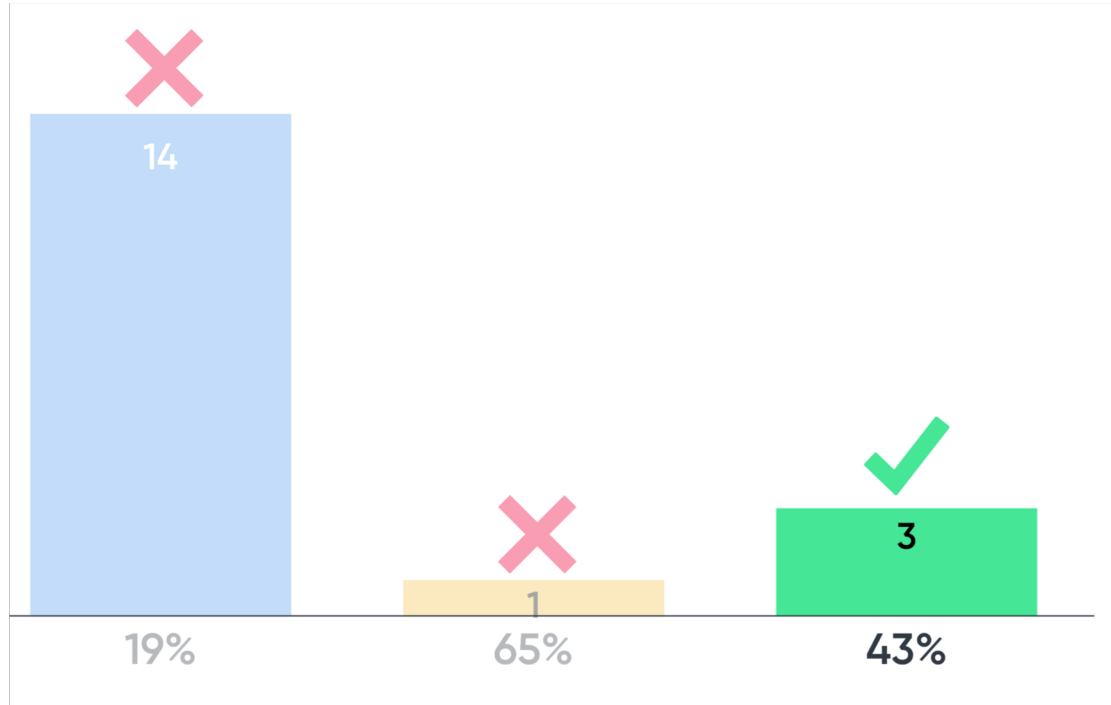
- Generación eólica (-41%)
- Generación FV distribuida (-54%)
- Generación FV en granja solar (-64%)
- Baterías (-73%)
- Ampolletas LED (-94%)



Pregunta:

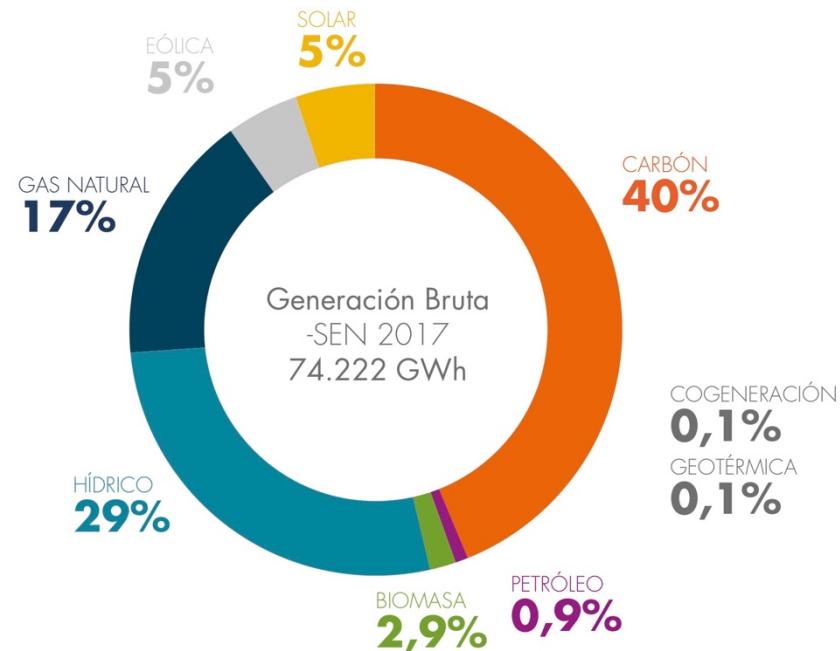
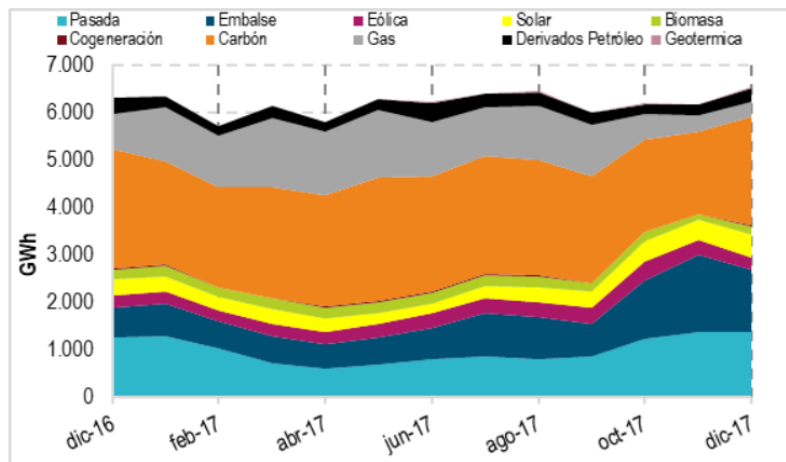
¿Qué % de la electricidad en Chile en 2017 fue de fuente renovable?

Respuestas curso (18 personas)



En Chile en 2017 un 57% de la generación de electricidad fue termoelectricidad y 43% renovable, principalmente hidroeléctrica

Generación bruta anual SEN 2017



Fuente: Boletín del Mercado Eléctrico, Generadoras de Chile

¿qué hacer hoy si el 40% de la generación es a carbón?

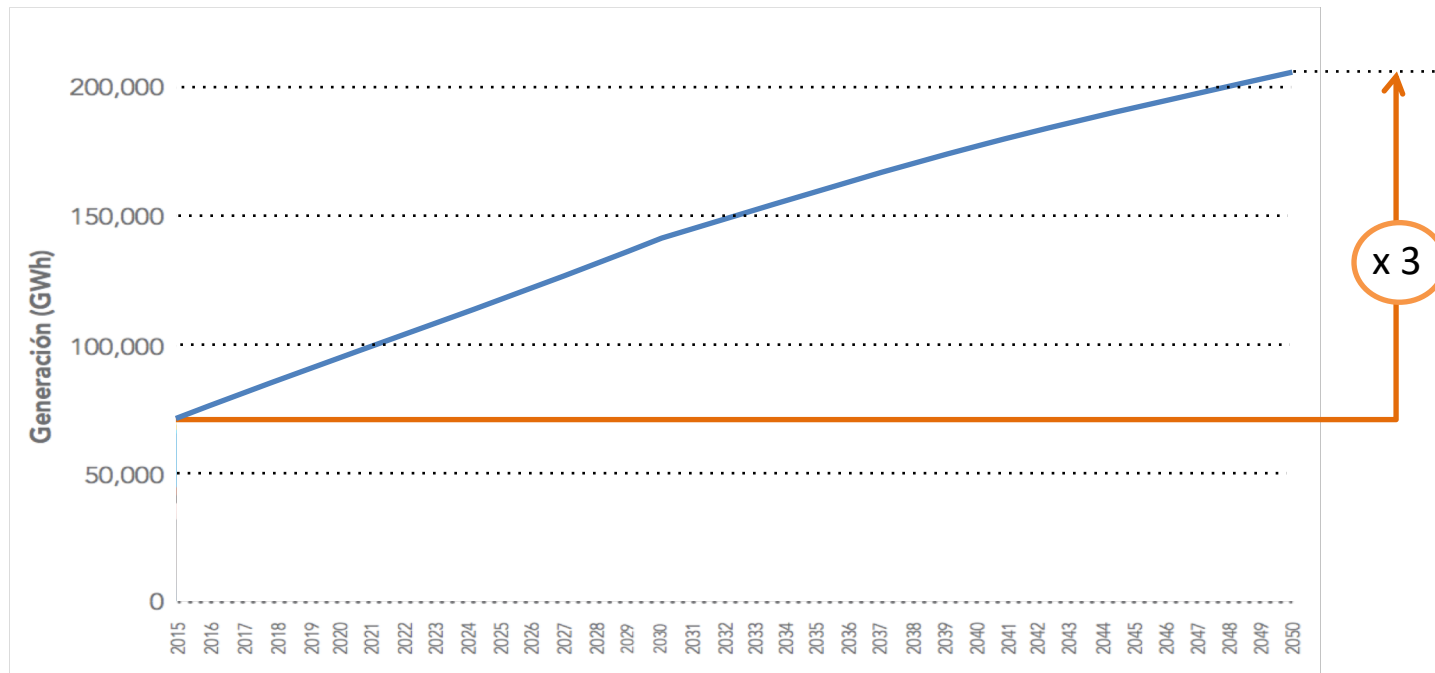
Mitigación de emisiones contaminantes locales

- En 2011 se introdujo una norma de emisiones de termoléctricas que empezó a regir en 2013, que redujo las emisiones contaminante locales en:
 - 83% menos material particulado (PM)
 - 70% menos NOx (óxidos de nitrógeno)
 - 72% menos SO₂ (dioxido de azúfre)
- Evitará 282 muertes prematuras al año y 332 millones de dólares en menores costos de salud



Fuente: División de Calidad del Aire, Ministerio de Medio Ambiente

La Política Energética de Largo Plazo de Chile proyecta que el consumo de electricidad crecerá entre 2 y 3 veces al 2050...

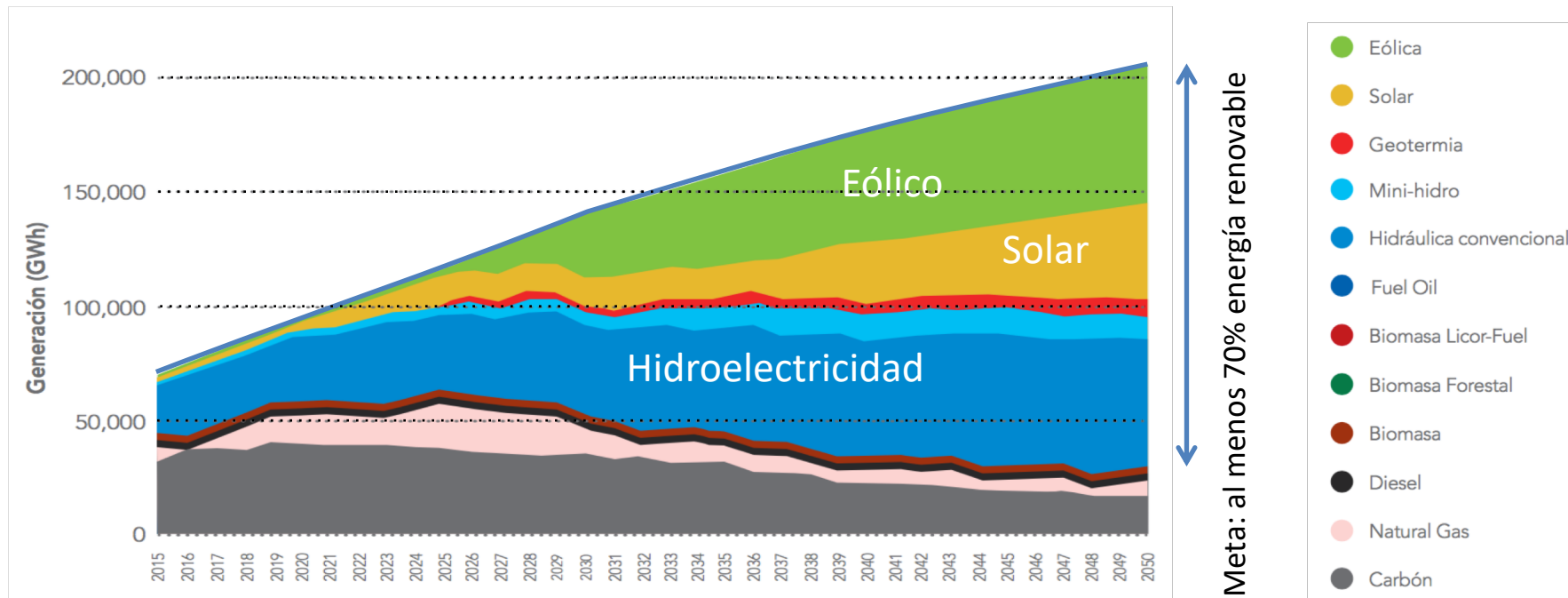


Fuente: Escenarios de demanda, Hoja de Ruta Energía 2050

1 TWh (terawatthora) = 1.000 GWh (Gigawatthora)

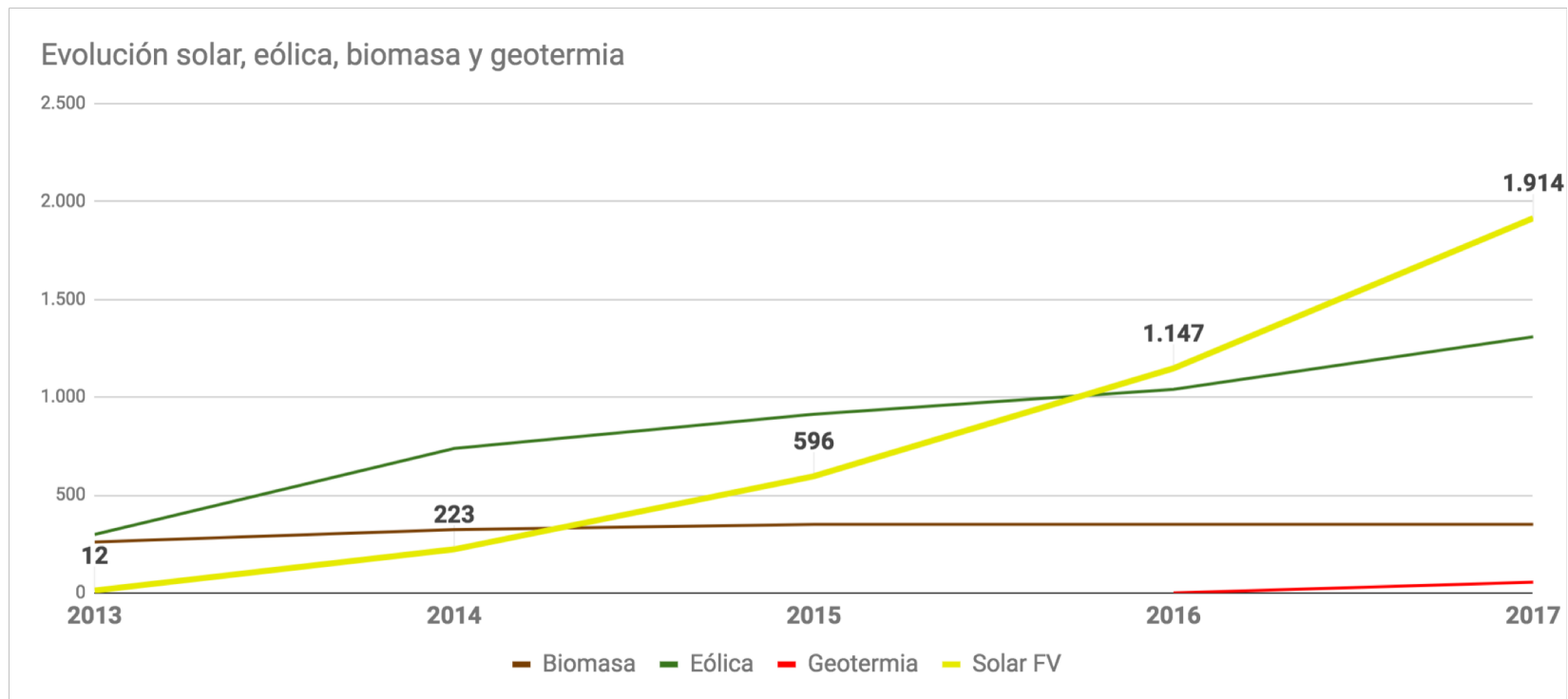
#ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

...y propuso en 2015 una meta de que al menos un 70% de la generación al 2050 será renovable, pero mientras tanto...



Fuente: Escenarios de generación, Hoja de Ruta Energía 2050
 1 TWh (terawatthora) = 1.000 GWh (Gigawatthora)
 #ODS7 Energía Asequible y No Contaminante

... la capacidad de generación solar pasó de 12 MW en 2013 a 1.914 MW a fines de 2017, un crecimiento de 255% anual, y...



Fuente: Elaboración propia en base a información de Coordinador y CNE

...en 2018 mediante un acuerdo voluntario iniciamos un proceso de descarbonización de la matriz eléctrica, y...



Generadoras de Chile

GOBIERNO Y GENERADORAS ANUNCIAN FIN DE NUEVOS DESARROLLOS DE PLANTAS A CARBÓN

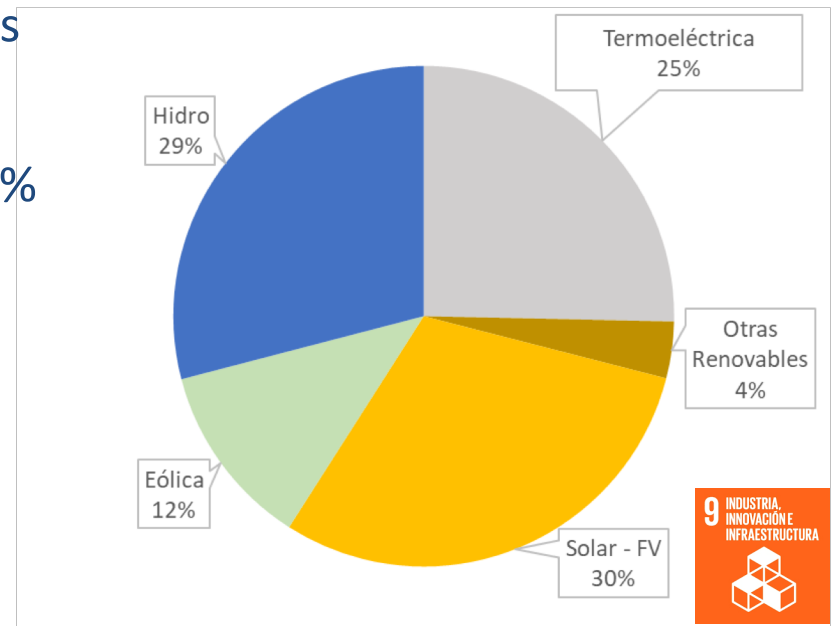
Se constituye además un grupo de trabajo para analizar y definir condiciones y un cronograma para el cese programado y gradual de generación eléctrica a carbón en el marco de la Política Energética 2050.



...nuevos estudios impulsados por Generadoras estiman que ya en 2030 el 75% de la generación eléctrica podría ser renovable.

- Las ERV (Energía Renovable Variable) solar fotovoltaica y eólica serán las principales nuevas fuentes de energía eléctrica
- Capacidad entre un 30% (+8.8 GW) y 65% (+16 GW)
- En 2030 energía solar pasaría a ser la principal fuente de generación eléctrica de Chile, superando la hidro.

Matriz de generación proyectada al 2030⁽²⁾



Fuente: Estudio Análisis de largo plazo del SEN considerando ERV, PSR Moray, 2018.
Resultados para escenario DMCM: demanda media, costos medios.

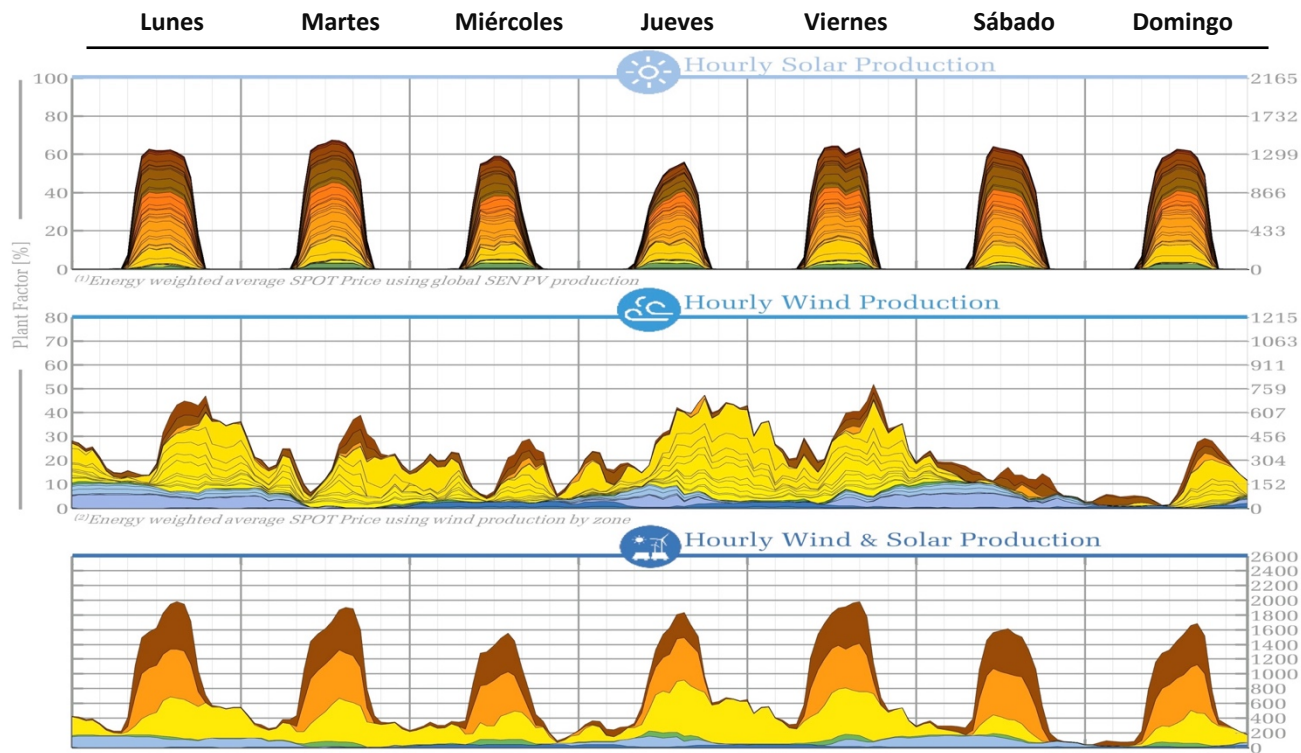
A tall, narrow solar tower stands in the center of a vast, flat desert landscape. The tower is illuminated by the low sun, casting a long shadow. The ground is a mix of brown and blue, with some small structures and solar panels visible in the distance. The sky is a clear, pale blue with a few wispy clouds.

‘A SOLAR SAUDI ARABIA’

While Trump promotes coal, Chile and others are turning to cheap sun power

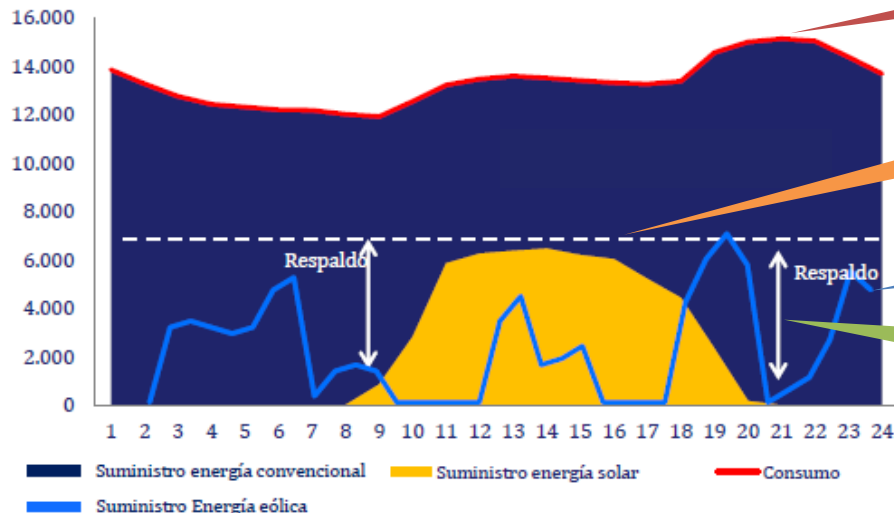
El gran desafío será gestionar la variabilidad solar FV y eólica

Producción de energía eólica y solar en el SIC entre el 23 al 29 de abril de 2018



¿qué hacer cuando no hay sol o el viento no sopla?

Escenario de ciclo de 24 horas de demanda y oferta de energía



El consumo eléctrico (demanda) varía durante el día

La luz solar varía por el ciclo día / noche y la eventual nubosidad⁽¹⁾

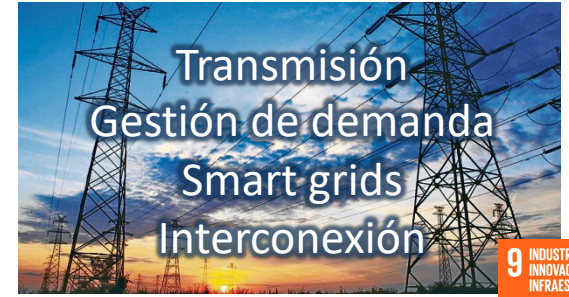
El viento tiene un patrón más impredecible localmente⁽¹⁾

En pocas horas o minutos puede “aparecer” o “desaparecer” una gran cantidad (miles) de MW

(1) Fuente: Adaptado de “Next-Generation Wind and Solar Power”, OECD/IEA 2016

¿qué hacer cuando no hay sol o el viento no sopla?

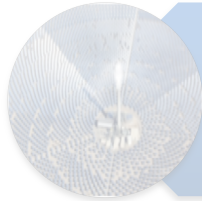
Es necesario desarrollar un sistema eléctrico mucho más flexible



Tres pilares para una energía más sustentable



Electrificar la matriz energética



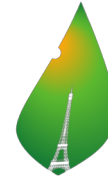
Aprovechar nuestras fuentes renovables



Sustentabilidad y legitimidad

Requerimos más confianza, legitimidad y mejor diálogo en todos los niveles y ámbitos

- Acuerdos y políticas públicas compartidas y de largo plazo
- Diálogo público privado reglado (ej. ley de lobby)
- Estado, empresas y ONGs más transparentes
- Incorporación de estándares de derechos humanos y empresa en su relación con actores
- Diálogo temprano y permanente con las comunidades, buscando crear confianza, legitimidad, valor compartido y una visión de largo plazo.
- Formación ciudadana en energía



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11



Las energías renovables plantean nuevos desafíos territoriales



- Recursos en zonas lejos del consumo y/o en territorios prístinos
- Descentralización, participación y creación de valor compartido con las comunidades locales
- Pueblos indígenas: derechos, costumbres y prácticas
- Cambio de paradigma hacia un ordenamiento territorial
- Gestión integrada de cuencas, uso multipropósito de embalses y adaptación al cambio climático
- Avanzar hacia impacto en biodiversidad neta cero



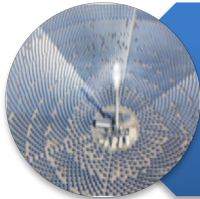
Energía es una industria con grandes brechas en equidad de género



Tres pilares para una energía más sustentable



Electrificar la matriz energética



Aprovechar nuestras fuentes renovables



Sustentabilidad y legitimidad

7 ENERGÍA ASEQUIBLE
Y NO CONTAMINANTE



Claudio Seebach | @cseebach
Ingeniero Industrial Eléctrico UC

Presidente Ejecutivo
Generadoras de Chile | @GeneradorasCL

27 de septiembre de 2018
SUS1000 Sustentabilidad