

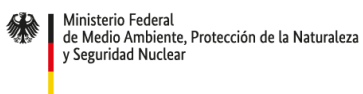


## Instalaciones existentes de cogeneración en Chile

Proyecto “Reducción de Emisiones a través de la Aplicación de Cogeneración en los Sectores de la Industria y el Comercio en Chile”



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania





## **Instalaciones existentes de cogeneración en Chile.**

### **Publicado por:**

Proyecto “Reducción de Emisiones a través de la Aplicación de Cogeneración en los Sectores de la Industria y el Comercio en Chile”

### **En coordinación:**

Ministerio de Energía de Chile  
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II  
Santiago • Chile  
[www.minenergia.cl](http://www.minenergia.cl)

Agencia de Sostenibilidad Energética  
Monseñor Nuncio Sótero Sanz 221  
Providencia • Santiago • Chile  
[www.acee.cl](http://www.acee.cl)

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Federico Fröebel 1776  
Providencia • Santiago • Chile  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

### **Responsables GIZ:**

Rainer Schröer / Cecilia Figueroa

### **Autor:**

Marco Céspedes, GIZ

### **Aclaración:**

El presente informe fue preparado por encargo del proyecto “Reducción de Emisiones a través de la Aplicación de Cogeneración en los Sectores Industrial y Comercial en Chile” implementado por el Ministerio de Energía, Agencia Sostenibilidad Energética y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Sin perjuicio de ello, las conclusiones, opiniones y recomendaciones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. De igual forma, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar no constituye en ningún caso una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando se cite la fuente de referencia.

Santiago de Chile, noviembre 2019

## Resumen

El documento “Instalaciones existentes de cogeneración en Chile” contiene los resultados obtenidos de la revisión de las instalaciones existentes de cogeneración en Chile, realizadas durante el año 2019. Este estudio fue realizado por el proyecto “Reducción de Emisiones a través de la Aplicación de Cogeneración en los Sectores de la Industria y el Comercio en Chile” en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania.

Para obtener la información base de este estudio, se realizó un levantamiento de las plantas existentes. Para ello se contactó a gerentes, encargados y proveedores de equipos de las plantas existentes de cogeneración en Chile y también se utilizó la base de datos de instalaciones de biogás registradas en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Alrededor del 90% de las empresas del sector privado y organismos públicos confirmaron la información solicitada y el estado de funcionamiento. Respecto del 10% restante, se mantuvo la información recopilada en años anteriores por el proyecto de cogeneración.

Al Año 2019, de acuerdo con el levantamiento de información, en Chile, hay un total de 55 instalaciones de cogeneración que en su conjunto tienen una potencia eléctrica y térmica instalada de 1418 [MWe] y 7750 [MWt]. De las cuales en su mayoría corresponden a las tecnologías de motores de turbinas de vapor (27 instalaciones) y motores de combustión interna (21 instalaciones).

En comparación con la base de calderas del DS138 cuya base es de 14.352 MWt, las plantas de cogeneración representan el 54% de la potencia total instalada de un total de 4.347 unidades de calderas.

La tasa de crecimiento promedio anual de proyectos de cogeneración hasta el año 1992 fue del 7,1% con base en la potencia eléctrica. En cambio, desde el año 1992 hasta el año 2018, la tasa de crecimiento anual fue de 13,9%. En el corto plazo, se espera que la tasa de crecimiento se mantenga para los próximos años debido a que se han identificado nuevos proyectos de cogeneración en etapa de construcción.

A nivel nacional, el sector industrial es el que posee la mayor cantidad de instalaciones de cogeneración (44), concentradas en los subsectores de Celulosa y papel (17), industria cárnica (6), madera y sus subproductos (5) y Alimentos y bebidas (4). En el sector comercial hay 7 instalaciones de cogeneración en funcionamiento, de las cuales 6 corresponden al subsector hotelería. En el sector público, hay 4 instalaciones de operación, de las cuales 3 corresponden a los proyectos de cogeneración instalados en hospitales públicos.

A nivel regional, la mayor cantidad de proyectos se registra en las regiones VIII, RM y VII cada una con 18, 9 y 7 instalaciones respectivamente. En cuanto a la potencia instalada las regiones VIII y XIV tienen la mayor potencia instalada, 835 y 140 MWe respectivamente.

El combustible más utilizado en las plantas de cogeneración de gran escala (industria celulosa, del papel y la industria forestal) es la biomasa con un total de 21 instalaciones. Mientras que las instalaciones de mediana escala el combustible más utilizado es biogás, con un total de 10 instalaciones. En instalaciones de menor escala, generalmente se emplea como combustible, gas natural y gas licuado, cada uno con 7 instalaciones.

Finalmente, los proyectos de cogeneración contribuyen a reducción de consumo energético primario a nivel país debido a que el proceso de cogeneración es mucho más eficiente en el uso de los combustibles que la generación separada de electricidad y calor. Este ahorro de energía primaria neto país se estimó en 6.624 GWh para el año 2017.

## Índice

<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
1.1. ¿QUÉ ES COGENERACIÓN? .....	8
1.2. BENEFICIOS DE LA COGENERACIÓN. ....	8
<b>2. INSTALACIONES DE COGENERACIÓN EXISTENTES.</b> .....	<b>9</b>
2.1. INSTALACIONES EXISTENTES Y POTENCIA INSTALADA SEGÚN TIPO DE TECNOLOGÍA. ....	9
2.2. INSTALACIONES DE COGENERACIÓN EXISTENTES SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE. ....	9
2.3. INSTALACIONES EXISTENTES Y TECNOLOGÍA SEGUN COMBUSTIBLE.....	10
2.4. POTENCIA TOTAL INSTALADA VERSUS CALDERAS EXISTENTES.....	10
<b>3. INSTALACIONES DE COGENERACIÓN Y SU EVOLUCIÓN.</b> .....	<b>11</b>
3.1. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA DE COGENERACIÓN. ....	11
3.2. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA TÉRMICA INSTALADA DE COGENERACIÓN. ....	11
3.3. EVOLUCIÓN POR SECTOR ECONÓMICO. ....	12
3.4. EVOLUCIÓN DE LA COGENERACIÓN POR COMBUSTIBLES.....	13
3.5. EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EN LA COGENERACIÓN .....	15
<b>4. ANÁLISIS REGIONAL</b> .....	<b>16</b>
4.1. NÚMERO DE INSTALACIONES EXISTENTES .....	16
4.2. POTENCIA INSTALADA POR REGIÓN .....	17
4.3. DISTRIBUCIÓN POR TIPO DE COMBUSTIBLE .....	18
<b>5. ANÁLISIS POR SECTOR Y SUBSECTOR</b> .....	<b>19</b>
5.1. DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA Y NUMERO DE INSTALACIONES.....	19
5.2. DISTRIBUCIÓN POR TIPO DE TECNOLOGÍA. ....	21
<b>6. AHORRO DE ENERGÍA PRIMARIA</b> .....	<b>22</b>
6.1. AHORROS A NIVEL NACIONAL .....	22
6.2. AHORROS A NIVEL REGIONAL .....	24

## Tablas:

Tabla 1: Potencia acumulada por sector económico .....	12
Tabla 2: Potencia acumulada por tipo de combustible.....	14
Tabla 3: Evolución de Potencia acumulada por tipo de tecnología .....	15
Tabla 4: Potencia acumulada e instalaciones por tipo de tecnología.....	15
Tabla 5: Cantidad y Potencia de Instalaciones de Cogeneración existentes .....	18
Tabla 6: Instalaciones de cogeneración existentes .....	21

## Gráficos:

Gráfico 1: Instalaciones de cogeneración existentes.....	9
Gráfico 2: Instalaciones de cogeneración existentes según tipo de combustible utilizado. ....	9
Gráfico 3: Instalaciones de Cogeneración existentes, tecnologías y combustible.....	10
Gráfico 4: Cogeneración existente versus calderas existentes en la industria y comercio. ....	10
Gráfico 5: Evolución histórica de la potencia eléctrica de cogeneración en Chile.....	11
Gráfico 6: Evolución histórica de la potencia térmica de cogeneración en Chile. ....	11
Gráfico 7: Instalaciones existentes de cogeneración por región. ....	16
Gráfico 8: Potencias existentes de cogeneración por región.....	17
Gráfico 9: Combustibles utilizados en cogeneración por región. ....	18
Gráfico 10: Instalaciones de cogeneración por sector.....	19
Gráfico 11: Instalaciones de cogeneración por subsector. ....	20
Gráfico 12: Potencia de Instalaciones de cogeneración por subsector .....	20
Gráfico 13: Tecnologías y potencia eléctrica instalada (MWe) por sector .....	21
Gráfico 14: Energía primaria fósil utilizada en cogeneración existente.....	22
Gráfico 15: Energía primaria total utilizada como generación convencional .....	23
Gráfico 16: Ahorro de energía primaria neta.....	23
Gráfico 17: Ahorro de energía primaria por regiones.....	24

## Glosario

AgenciaSE: Agencia Sostenibilidad Energética

BD: Base de Datos

BNE: Balance Nacional de Energía

CHP: Calor y potencia combinados (*Combined Heat and Power*), tecnología de cogeneración

DIA: Declaraciones de Impacto Ambiental

ENAP: Empresa Nacional del Petróleo

ESCO: Empresas de Servicios Energéticos (*Energy Services Companies*)

GE: General Electric

GLP: Gas Licuado del Petróleo

IDEA: Institución para la Diversificación y Ahorro de Energía

kW: Kilowatt

kWt: Kilowatt térmico

kWe: Kilowatt eléctrico

LDC: Curva de duración de carga (*Load Duration Curve*)

MCFC: Celda de Combustible de carbonato fundido

MCI: Motor de combustión interna

MW: Mega Watt

MWe: Megawatt eléctrico

MWht: Megawatt-hora térmico

MWt: Megawatt térmico

ORC: Ciclo Orgánico de Rankine

PAFC: Celda de combustible de ácido fosfórico

PEMFC: Celda de combustible de membrana de intercambio protónico

PPA: Acuerdo de Compra de Energía (*Power Purchase Agreements*)

PRIEN: Programa de Estudios e Investigaciones en Energía

PSIG: Libras de fuerza por pulgada cuadrada manométrica, también PSI Gauge.

RCA: Resoluciones de Calificación Ambiental

Rpm: revoluciones por minuto

SEREMI: Secretarías Regionales Ministeriales

SOFC: Celda de combustible de óxido sólido

TG: Turbinas de gas

TV: Turbinas de vapor

TVcp: Turbina Vapor contrapresión

TVcx: Turbina Vapor condensación extracción

U.S.: Estados Unidos.

U-TG-IN: Microturbina de gas

## 1. Introducción.

### 1.1. ¿Qué es cogeneración?

Una herramienta que la eficiencia energética utiliza como una importante y creciente contribución a la mitigación del cambio climático, a la reducción del costo energético y la disminución del consumo de fuentes de energía primaria fósiles, corresponde al fomento de la cogeneración. La cogeneración es una tecnología atractiva en lo que respecta a la autogeneración del suministro eléctrico que puede contribuir en gran medida a la descentralización de la generación eléctrica convencional.

Desde el punto de vista de su definición la cogeneración es la generación combinada de energía eléctrica y calor útil a partir de una sola fuente o proceso de consumo energético primario. Esta tecnología engloba todos los conceptos y tecnologías en las cuales el calor y la potencia eléctrica son simultáneamente generados por una sola unidad y utilizadas por uno o varios consumidores. Los altos niveles de eficiencia obtenidos por esta tecnología se originan al utilizar su energía térmica residual como un coproducto de la generación de potencia. La cogeneración es mucho más eficiente que la producción de electricidad y calor por separado, aportando en más de 80% a la eficiencia del sistema conjunto y reduciendo el consumo de combustible en más de 50%.

### 1.2. Beneficios de la cogeneración.

Considerando que la cogeneración es una herramienta de la eficiencia energética cuyo objetivo es la producción de energía eléctrica y térmica principalmente para autogeneración in situ con altos rendimientos, se puede considerar entre los principales beneficios de la cogeneración lo señalado a continuación:

- **Alta eficiencia energética:** con menor cantidad de energía se pueden llevar a cabo los mismos procesos que se realizaban previamente por medios convencionales.
- **Competitividad del mercado:** por reducción de costos de producción se logran ahorros monetarios para el usuario por el mejor rendimiento en el uso del combustible utilizado para generar la electricidad y el calor.
- **Ahorro de energía primaria:** si el nivel productivo no cambia, la cogeneración se presenta como una medida de ahorro de energía al aprovechar la energía térmica residual producida en la generación de potencia.
- **Generación distribuida de electricidad:** al generar electricidad, se podría dejar de depender parcialmente de la red principal de electricidad, y de sus precios.
- Al no depender parcialmente de la red se **evitan sus pérdidas por transmisión.**
- **Reducción de emisiones:** al aumentar la eficiencia de los procesos, se reduce la cantidad de contaminantes generados (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) por cada unidad de producción, especialmente por la disminución a nivel país del consumo de las fuentes energéticas primarias utilizadas en las plantas de generación termoeléctricas.



- **Seguridad y robustez del abastecimiento energético:** debido a que se está ampliando la matriz energética eléctrica en forma localizada a nivel de usuario.

## 2. Instalaciones de cogeneración existentes.

### 2.1. Instalaciones existentes y potencia instalada según tipo de tecnología.

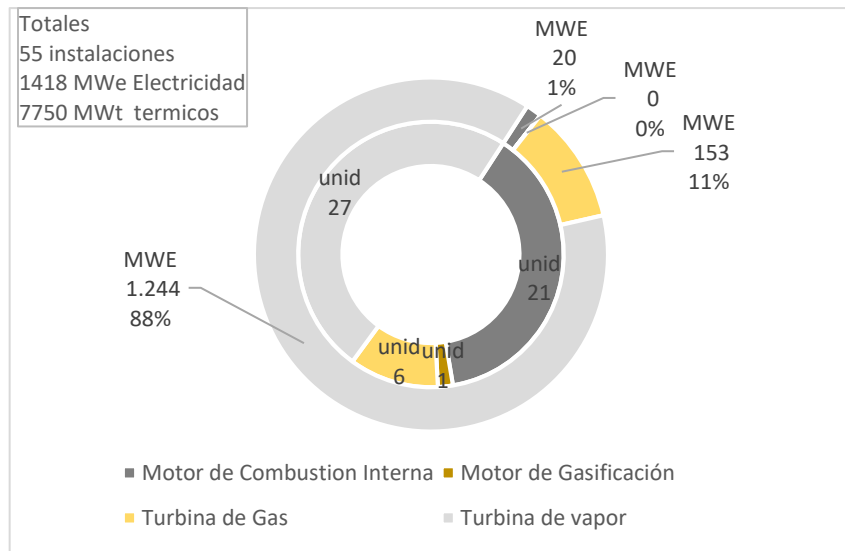


Gráfico 1: Instalaciones de cogeneración existentes.

### 2.2. Instalaciones de cogeneración existentes según tipo de combustible.

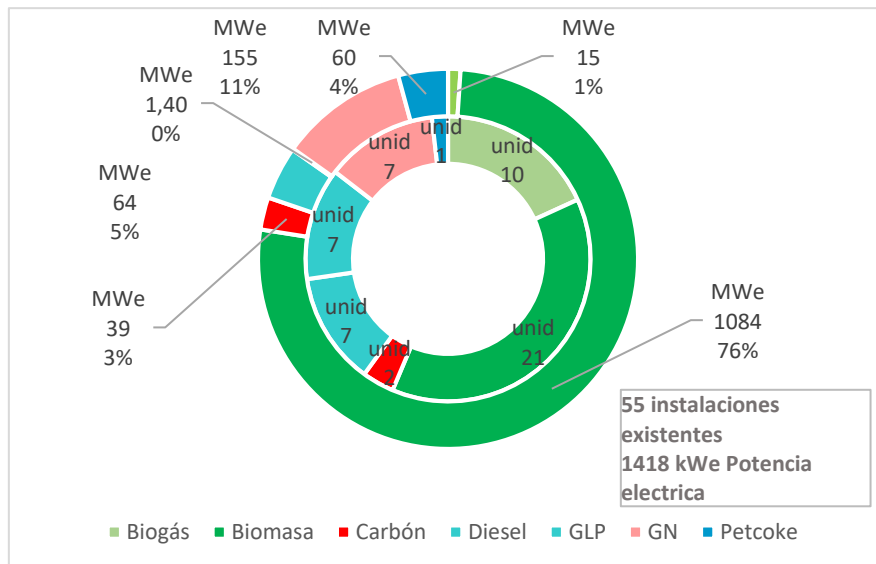


Gráfico 2: Instalaciones de cogeneración existentes según tipo de combustible utilizado.

### 2.3. Instalaciones existentes y tecnología según combustible

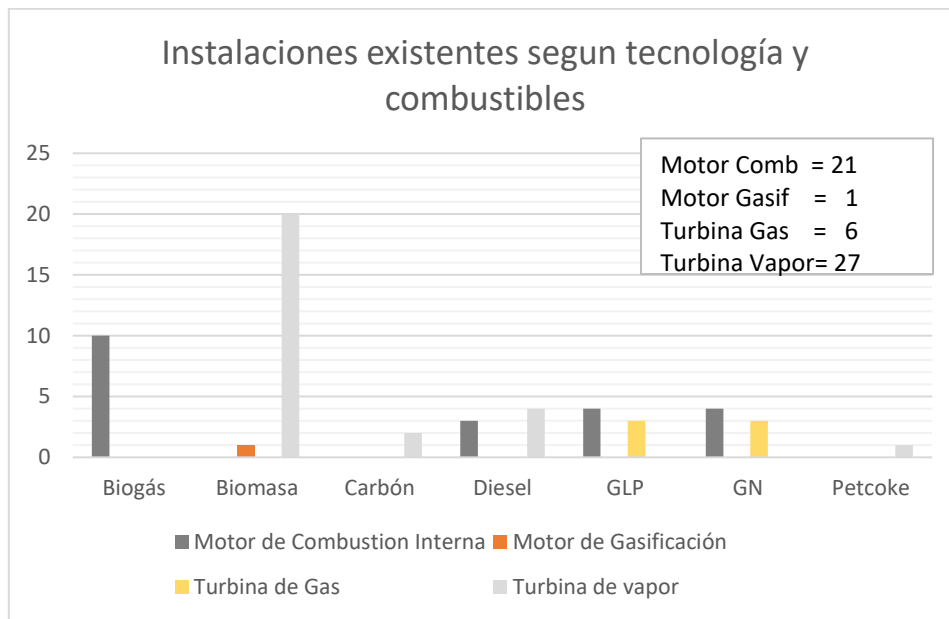


Gráfico 3: Instalaciones de Cogeneración existentes, tecnologías y combustible.

### 2.4. Potencia total instalada versus calderas existentes

Respecto a las instalaciones existentes se encontró que la potencia termica total de calderas obtenidas de la muestra del DS138 es de 14.352. MWt y el 54% corresponde a instalaciones de cogeneración existentes con lo que se obtiene el gráfico mostrado a continuación con 7.750 MWt de potencia termica instalada de cogeneración actual.

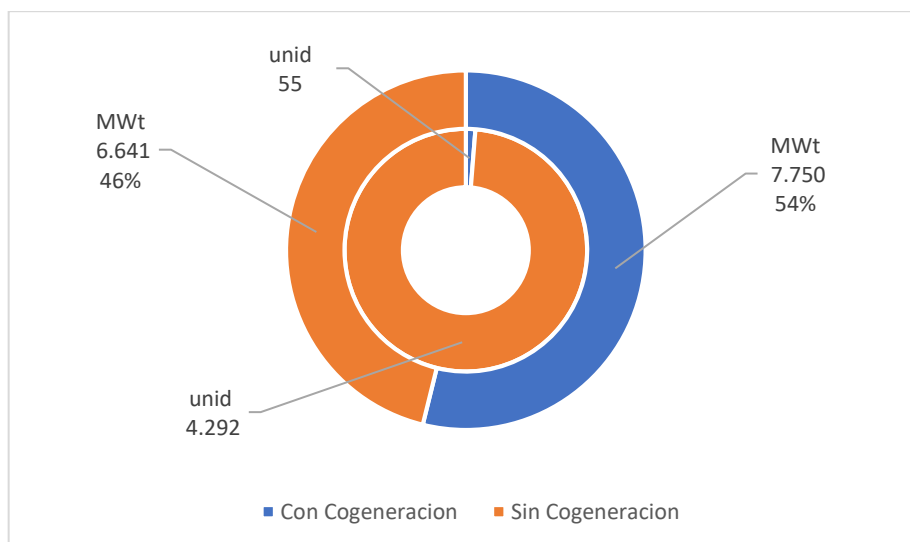


Gráfico 4: Cogeneración existente versus calderas existentes en la industria y comercio.

### 3. Instalaciones de cogeneración y su evolución.

#### 3.1. Evolución de la potencia eléctrica instalada de cogeneración.

Los primeros proyectos comienzan a operar en el año 1953, tal como se presentan en los gráficos 5 y 6 que muestran la evolución de la potencia eléctrica y térmica de cogeneración en el país, además se incluye los proyectos futuros, que se esperan sean terminados durante el año 2018 y 2019.

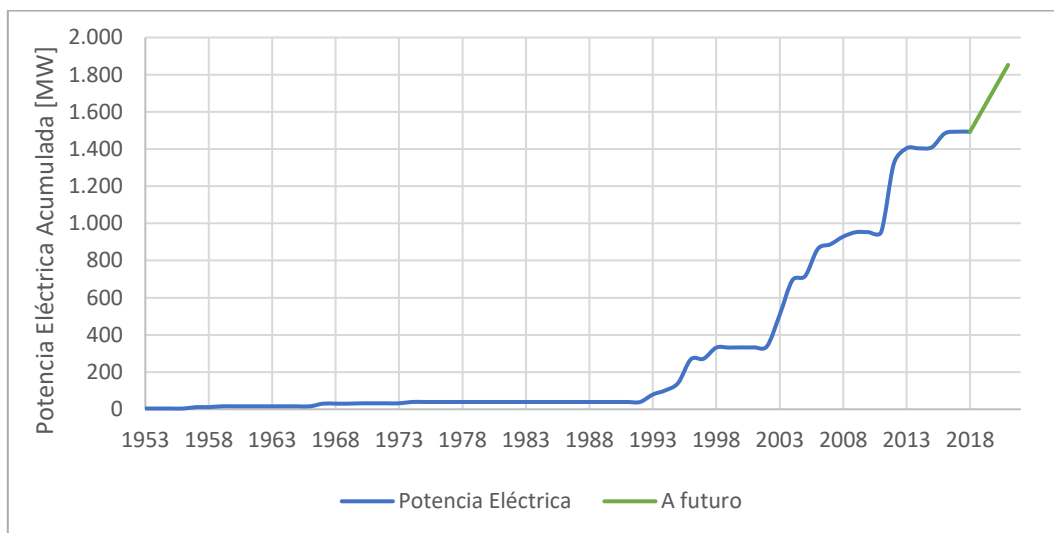


Gráfico 5: Evolución histórica de la potencia eléctrica de cogeneración en Chile.

#### 3.2. Evolución de la potencia térmica instalada de cogeneración.

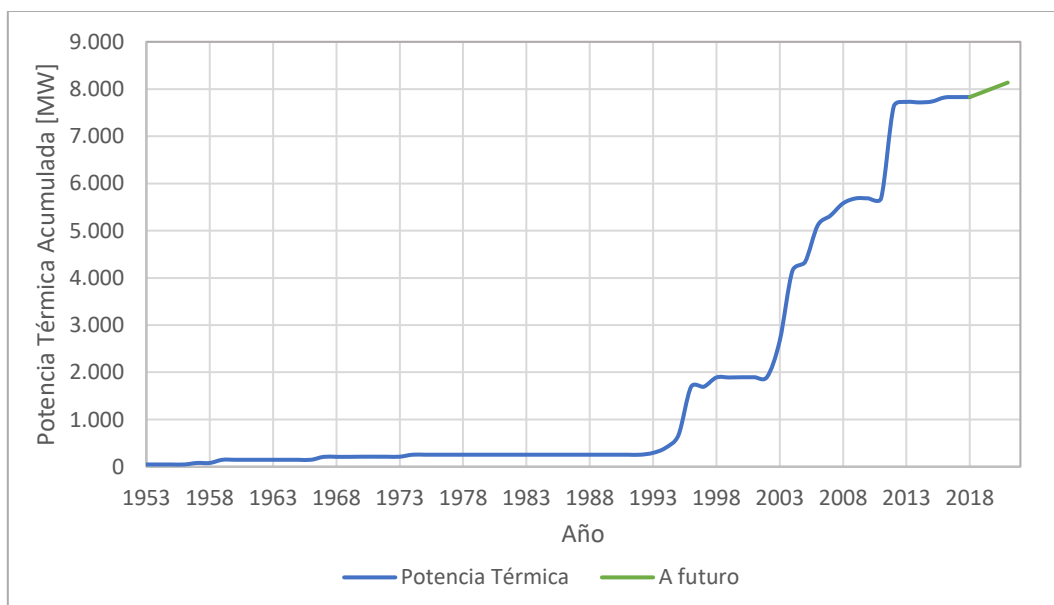


Gráfico 6: Evolución histórica de la potencia térmica de cogeneración en Chile.

A partir de los primeros años de la década de 1950, se inicia la instalación de proyectos de cogeneración con una tasa de crecimiento promedio anual del 7,1% hasta el año 1992 en la potencia eléctrica. Desde la década de los '90 hasta el año 2018, el desarrollo de la cogeneración ha sido más relevante, con una tasa de crecimiento anual del 13,9% en la potencia eléctrica.

Considerando los proyectos de cogeneración a futuro se tienen 9 nuevos proyectos, uno del área celulosa, otro del área forestal y 6 del área de suministro de energía y calor. Los proyectos que más destacan pertenecen al Grupo Arauco, como el proyecto “Modernización y Ampliación de la Planta Arauco” (MAPA), que agrega 196 MWe a la planta Arauco y el proyecto de ENAP, que planea instalar 80,2 MWe de cogeneración. Considerando entonces los nuevos proyectos que se instalarán, la cogeneración podría llegaren el año 2021 a los 1.781,2 [MWe] de potencia eléctrica, junto con una potencia térmica de aproximadamente 9.998,7 [MWt].

### 3.3. Evolución por sector económico.

La revisión de la evolución de la cogeneración en Chile comienza con la inclusión de los proyectos de celulosa, siendo este el sector más relevante en cuanto a potencia instalada, existiendo adicionalmente aportes de otros sectores económicos. La tabla 1 a continuación muestra la evolución de las instalaciones de cogeneración por sector:

Tabla 1: Potencia acumulada por sector económico

Sector	1995		2009		2016		2017	
	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]
Celulosa	40	264	677	4.306	1.009	6.049	1.009	6.049
Suministro de Energía y Calor	13	109	128	717	172	809	177	813
Alimentos	23	177	48	357	55	363	55	363
Papelería	8	32	23	167	96	262	96	262
Manufactura			-	-	29	156	29	156
Forestal			1	15	1	15	1	15
Hotelería			-	-	0,4	0,6	0,7	1,2
Salud			-	-	0,2	0,4	0,6	0,9
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>582</b>	<b>877</b>	<b>5.561</b>	<b>1.363</b>	<b>7.655</b>	<b>1.369</b>	<b>7.661</b>

La descripción considerada para los distintos sectores es la siguiente:

- **Celulosa:** Son empresas que se dedican a fabricar pulpa de celulosa y sus derivados. Ejemplo de este tipo de empresa corresponden a las plantas del Grupo Arauco.
- **Energía:** Agrupa los siguientes rubros, “Suministro de electricidad, gas y agua y Suministro de vapor y agua caliente”. Generación de energía eléctrica y térmica para suplir las demandas de estas energías a otros proyectos que se encuentren en las cercanías e incluso a sí mismos, como ocurre con las plantas de tratamientos de aguas servidas. No se incluyen plantas de ciclo combinado.

- **Alimentos:** Este rubro abarca todo tipo de empresas que produzcan alimentos, desde plantas de azúcar y faenas de animales, ejemplos de este rubro son: Iansa y Agrícola AASA.
- **Papelería:** Corresponden a las empresas que fabrican papel en sus diferentes posibles formatos, como higiénico, de encuadernado, entre otros. Ejemplo de este tipo de industria es CMPC y Papelera del Pacífico.
- **Manufactura:** Este rubro, al igual que el de alimentos, abarca varios tipos distintos de empresas, además de que en este estudio se usó para agrupar a varias empresas que se dedicaran a la fabricación de productos. Ejemplo de esto es CAP Acero y Noracid.
- **Minería:** Tal como dice su nombre, este tipo de empresa engloba a todas aquellas que se dedican a la extracción de minerales. Como el caso de la minera Doña Inés de Collahuasi.
- **Forestal:** Este tipo de empresa se caracteriza por la explotación de bosques, junto con el tratamiento de las maderas para su venta o post-procesado, para la obtención de varios posibles subproductos. En este rubro se tiene de ejemplo a la empresa forestal Russfin.
- **Hotelería:** Tal como su nombre indica, este rubro se asocia a toda el área hotelera. Algunos hoteles son: Hotel Explora y el hotel Alto Atacama.
- **Salud:** Este último rubro abarca a las empresas que velan por los cuidados de la salud humana. Ejemplo de este rubro son el Hospital de Clínico de Punta Arenas y el Hospital Regional de Coyhaique.

Las principales conclusiones en esta revisión son las siguientes:

- Respecto a la potencia eléctrica instalada, el sector Celulosa tiene las más altas tasas de crecimiento en capacidad instalada del orden de 22,4% entre los años 1995 a 2009 y 5,9% últimamente entre los años 2009 a 2016.
- El sector de la celulosa posee sobre un 70% de la participación sobre la potencia eléctrica de cogeneración instalada a nivel nacional.
- El sector de energía ha tenido una tasa de crecimiento promedio anual entre 1995 y 2009 de 17,7%, mientras que en el periodo 2009 - 2016, su crecimiento promedio anual fue de un 4,3%. Es decir, ha bajado su ritmo de crecimiento al igual que el sector de la celulosa.
- El sector Papelería ha ido aumentando su tasa de crecimiento, con un crecimiento medio de 7,8% anual entre 1995 y el 2009, mientras que en el periodo 2009-2016, este valor aumenta a 22,6%.
- En cuanto a la potencia térmica instalada de cogeneración hasta el año 2017, el sector Celulosa tiene un 78,5% del total nacional. El segundo sector con mayor participación es Suministro de energía y calor con 10,5% del total nacional.

### 3.4. Evolución de la cogeneración por combustibles

En la revisión efectuada se obtuvo para la evolución de los combustibles utilizados en la cogeneración existente la tabla 2 que se presenta a continuación:

**Tabla 2: Potencia acumulada por tipo de combustible**

Combustible	1995		2009		2016		2017	
	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]
Biomasa	69	520	744	5.002	1.083	6.789	1.083	6.789
Diésel			34	121	63	277	63	277
Petcoke			60	196	60	196	60	196
GN					76	97	76	97
Carbón	14	62	39	242	39	242	39	242
Biogás					38	49	43	54
GLP					4	4	4	5
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>582</b>	<b>877</b>	<b>5.561</b>	<b>1.363</b>	<b>7.655</b>	<b>1.369</b>	<b>7.661</b>

Las principales conclusiones aquí se indican a continuación:

- La biomasa y el carbón fueron los primeros combustibles utilizados en cogeneración, pero actualmente la Biomasa es el combustible más utilizado teniendo un 79% de la cogeneración eléctrica en el año 2017 y un 88% de la cogeneración térmica a nivel nacional.
- El carbón se dejó de incorporar como combustible para la cogeneración desde el año 2009 quedando su potencia instalada sin crecimiento y una participación menor pero aún existente de un 2,8% en la cogeneración de electricidad.
- La cogeneración con Gas Natural apareció en años más recientes ya que anteriormente el país no contaba con ese combustible (excepto en la región de Magallanes) y también han aparecido instalaciones con Biogás y Glp. El GN en todo caso representa el segundo combustible con mayor capacidad instalada de cogeneración eléctrica con un 5,6% del total nacional al año 2017.
- En cuanto al Diesel viene siendo el tercer combustible con potencia instalada a nivel nacional y representando el 4,6% de la cogeneración de electricidad, pero con crecimiento solo entre los años 2009 a 2016.

En junio del 2018, el sistema eléctrico nacional (SEN) tenía instalados 22,9 GW, de los cuales 468 MW corresponden a biomasa, 2.997 MW a diésel y 4.796 MW a carbón. Al comparar la potencia eléctrica de la biomasa de cogeneración con el SEN, se puede observar que es aproximadamente 2,3 veces este valor, debido a que las papeleras para sus procesos consumen parte de la energía como autoproducción, no inyectándola al sistema. Respecto del diésel, este valor corresponde a un 1,13% del total del SEN, y en el caso del carbón a un 0,8%, siendo marginales ambos combustibles, respecto de las potencias instaladas en el SEN.

### 3.5. Evolución de las tecnologías en la cogeneración

Como ya se vio anteriormente las tecnologías más utilizadas en Chile para la cogeneración son: turbinas a vapor (TV), turbinas a gas (TG) y motor de combustión interna (MCI). La evolución de la cogeneración según el tipo de tecnología se muestra en la Tabla 3 para el período entre 1995 y 2017.

Tabla 3: Evolución de Potencia acumulada por tipo de tecnología

Tecnología	1995		2009		2016		2017	
	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]	Potencia Eléctrica [MW]	Potencia Térmica [MW]
TV	83	582	853	5.457	1.218	7.398	1.218	7.398
TG			24	105	97	200	97	201
MCI			-	-	47	57	53	62
<b>Nacional</b>	<b>83</b>	<b>582</b>	<b>877</b>	<b>5.561</b>	<b>1.363</b>	<b>7.655</b>	<b>1.369</b>	<b>7.661</b>

La tecnología Turbina de vapor (TV) ha sido la primera utilizada históricamente ya que es la más conocida para uso en el sector de la celulosa con un crecimiento en su capacidad de potencia eléctrica de 10 veces entre el año 1995 y 2009 en un 40% entre el 2009 y 2016. Su participación en el total país es de un 89% en la potencia eléctrica instalada total. A partir del año 2009 se incorporan las turbinas a gas (TG) y en los últimos años, un ingreso relevante del motor de combustión interna (MCI), pero que ambos sumados aún no representan un porcentaje relevante de la potencia instalada (7% TG y 3,8% el MCI).

Ahora bien, en una actualización del levantamiento de tecnologías existentes a 2018 se encontró que la cantidad de instalaciones por tipo de tecnología es la que se muestra en la tabla 4 de a continuación:

Tabla 4: Potencia acumulada e instalaciones por tipo de tecnología

Tecnologías	Instalaciones de Cogeneración	Potencia Eléctrica [MWe]	Potencia Térmica [MWt]
Motor de Combustión Interna	21	20	32
Motor de Gasificación	1	0,03	0
Turbina de Gas	6	153	209
Turbina de vapor	27	1.244	7.509
Total general	<b>55</b>	<b>1.418</b>	<b>7.750</b>

Aquí se puede ver que el uso de la tecnología TV que utiliza principalmente biomasa como combustible, posee la mayor participación con un 88% de la potencia eléctrica total, Le sigue la turbina de gas con un 11%. Por otra parte, el MCI solo participa con un 1,4% de potencia eléctrica. El MCI también se utiliza en gran cantidad de proyectos y la potencia de cogeneración que pueden cubrir estos motores están dentro de una amplia gama de

tamaños, con valores desde 10kW hasta 44 MW, los que en general se configuran como grupos o “baterías” de motores, para alcanzar dicha potencia.

## 4. Análisis regional

### 4.1. Número de instalaciones existentes

#### a. Distribución geográfica de las instalaciones existentes de cogeneración

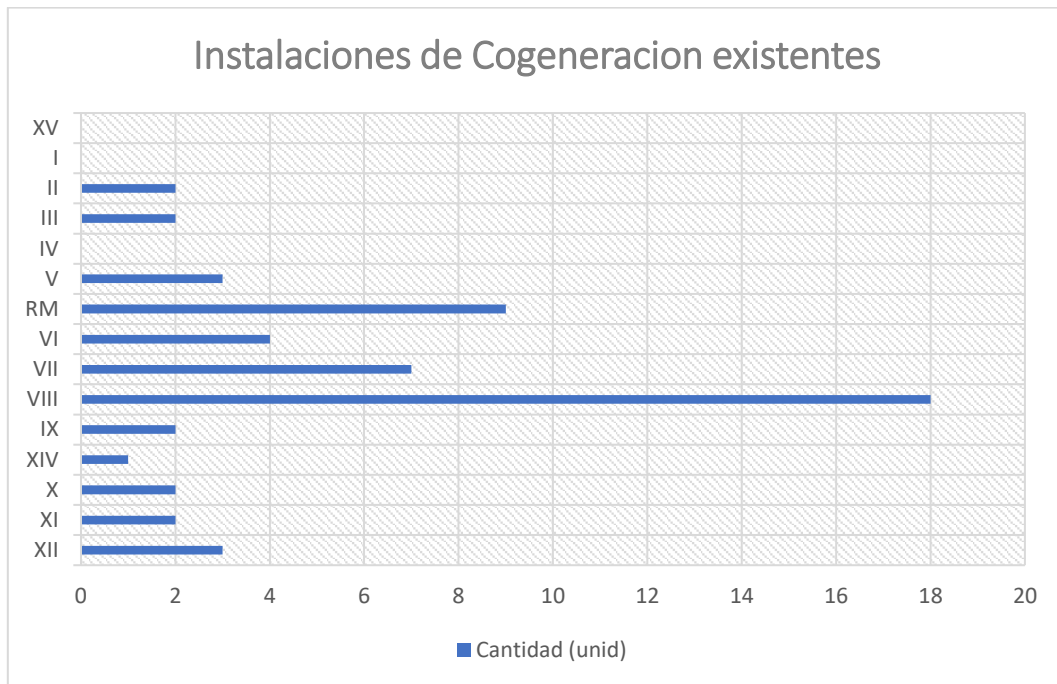


Gráfico 7: Instalaciones existentes de cogeneración por región.

Las instalaciones existentes de cogeneración aquí mostradas son 55 y se distribuyen regionalmente de acuerdo con lo indicado en el Gráfico 7. Se confirma que en las regiones XV, la I y la IV no hay instalaciones de cogeneración detectadas en este levantamiento.

#### b. Análisis regiones con mayor número de instalaciones de cogeneración.

En el gráfico se observa que las regiones VI, VIII y XIII (RM) son las que tienen un mayor número de proyectos por razones distintas. En el caso de las regiones VIII y VII, el 85% y 58% respectivamente de la potencia térmica de cogeneración es posible asociarla a proyectos del sector celulosa y forestal como se verá más adelante. Mientras que, en la RM, casi el 70% pertenece a la industria papelera y el 29% a la industria alimentaria. Es decir, la mayoría de las instalaciones están asociadas a unos pocos sectores económicos como se verá en detalle más adelante. Otro punto importante por considerar es que una mayor cantidad de instalaciones no necesariamente representan una mayor capacidad en potencia instalada de cogeneración, lo cual se analiza en el apartado a continuación.



## 4.2. Potencia instalada por región

### a. Distribución geográfica de Potencia en instalaciones existentes de cogeneración por región.

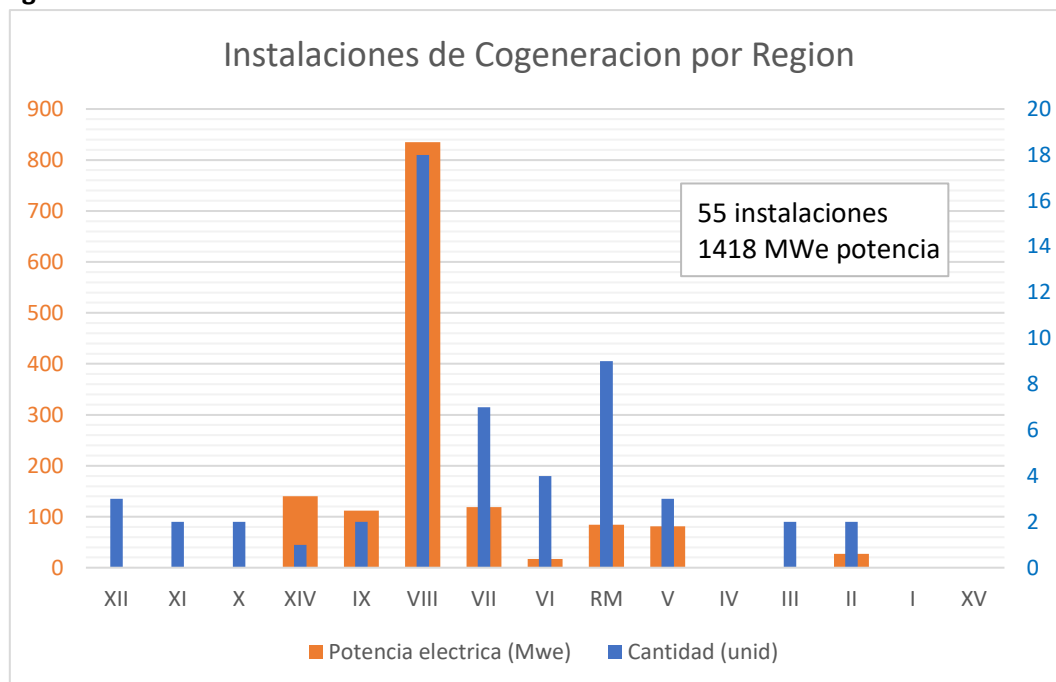


Gráfico 8: Potencias existentes de cogeneración por región.

Se puede observar aquí que la octava región tiene la mayor potencia instalada actualmente, la cual se debe principalmente a las celulosas y forestales de la zona. También se confirma que si bien hay regiones como la VII y la RM en que hay más instalaciones que la V por ejemplo, esto no significa que hay más potencia instalada de cogeneración allí, sino que la misma o menor. Esto ocurre debido a que las instalaciones en la VII y la RM en promedio son más pequeñas en capacidad de potencia. Lo mismo se comprueba en las regiones

### b. Valores de potencia instalada de cogeneración por región.

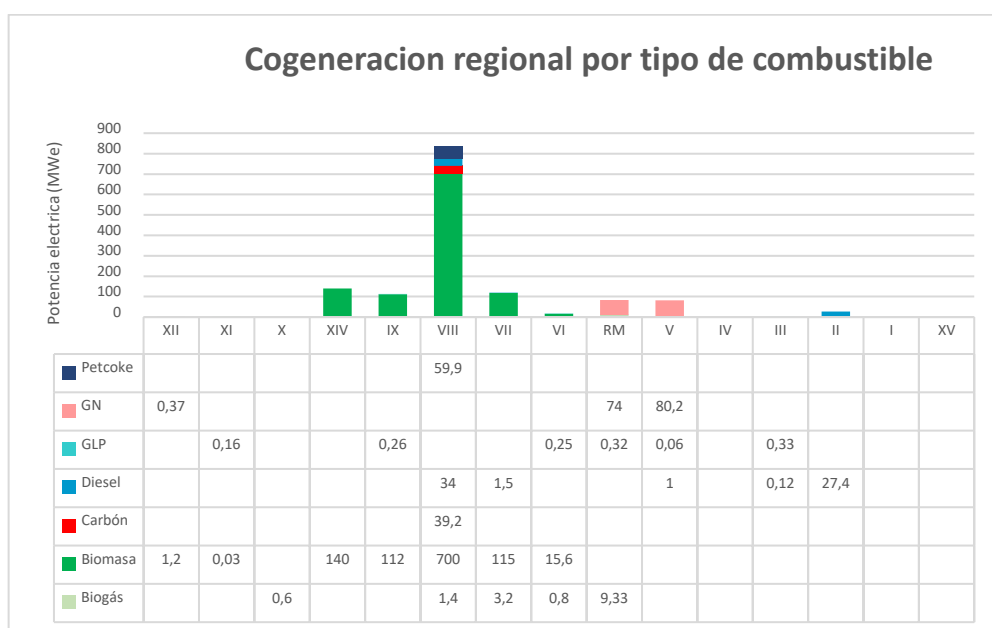
Con la tabla 5 a continuación, se puede comprender la forma de la gráfica anterior, que muestra la cantidad de instalaciones existentes encontradas en este estudio.

**Tabla 5: Cantidad y Potencia de Instalaciones de Cogeneración existentes**

Región	Recuento de proyectos	Acumulada (MWe)	Promedio [MWe]
XV	0	0	-
I	0	0	44
II	2	27	26
III	2	0,44	0,2
IV	0	0	-
V	3	81	2
XIII	9	84	12
VI	4	17	3
VII	7	119	23
VIII	18	835	40
IX	2	112	56
XIV	1	140	140
X	2	0,6	1
XI	2	0,19	0,2
XII	3	1,6	1
Nacional	55	1418	24

### 4.3. Distribución por tipo de combustible

#### a. Distribución por tipo de combustible consumido por región.



**Gráfico 9: Combustibles utilizados en cogeneración por región.**

En esta gráfica se puede ver la potencia instalada existente según el tipo de combustible utilizado. Como se puede apreciar la biomasa es la fuente de energía utilizada en 7 regiones del país seguida por el Glp que se utiliza en 6 de las regiones. Le siguen el Diesel y el Biogás utilizados en 5 regiones mientras que el carbón y petcoke se encuentra solo en la región del Bio-Bio. Es importante señalar aquí que el tipo de combustible utilizado depende de la disponibilidad que tenga en la región.

Por otra parte, se aprecia que las mayores capacidades de potencia eléctrica por región utilizan la biomasa como combustible y solamente la V y la RM utilizan Gas Natural en forma mayoritaria. También se observa que la VIII región en donde está la mayor potencia instalada de cogeneración del país, también es la que más variedad de combustibles utiliza, en total 5 combustibles diferentes. Por el contrario, hay regiones en que las instalaciones de cogeneración son de un solo tipo de combustible (la II región, la XIV y la X) siendo que en estas hay disponibilidad de gases combustibles.

## 5. Análisis por sector y subsector

### 5.1. Distribución de potencia y numero de instalaciones

Gráfico de número de instalaciones por sector y subsector

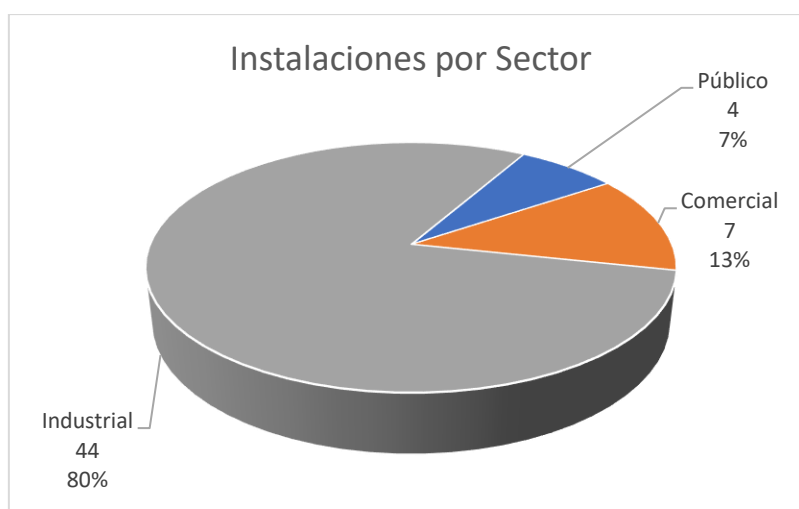
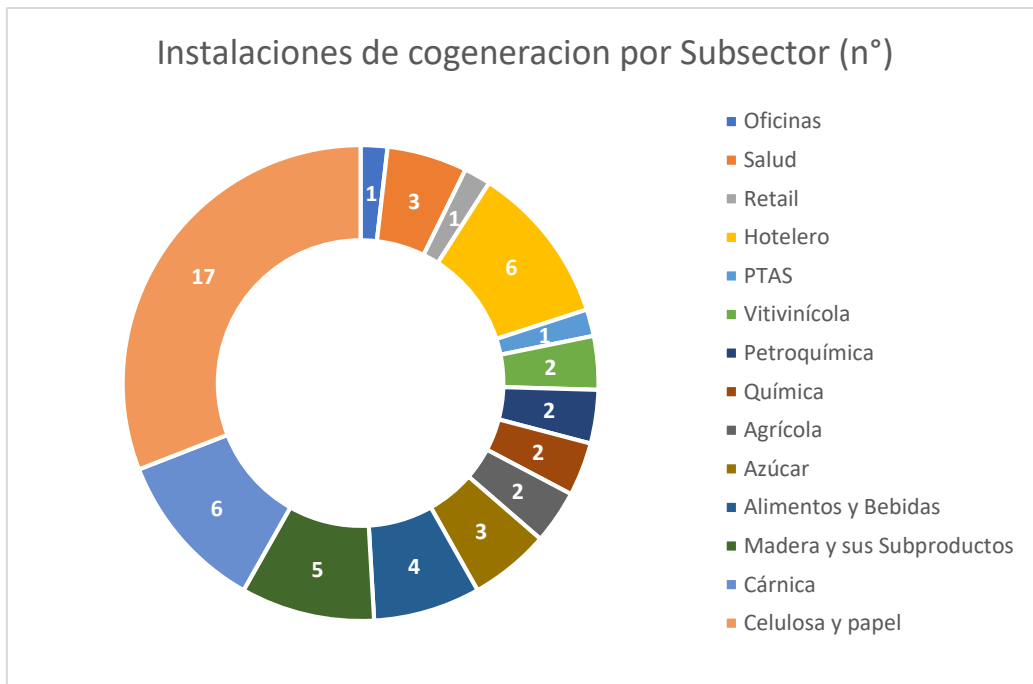
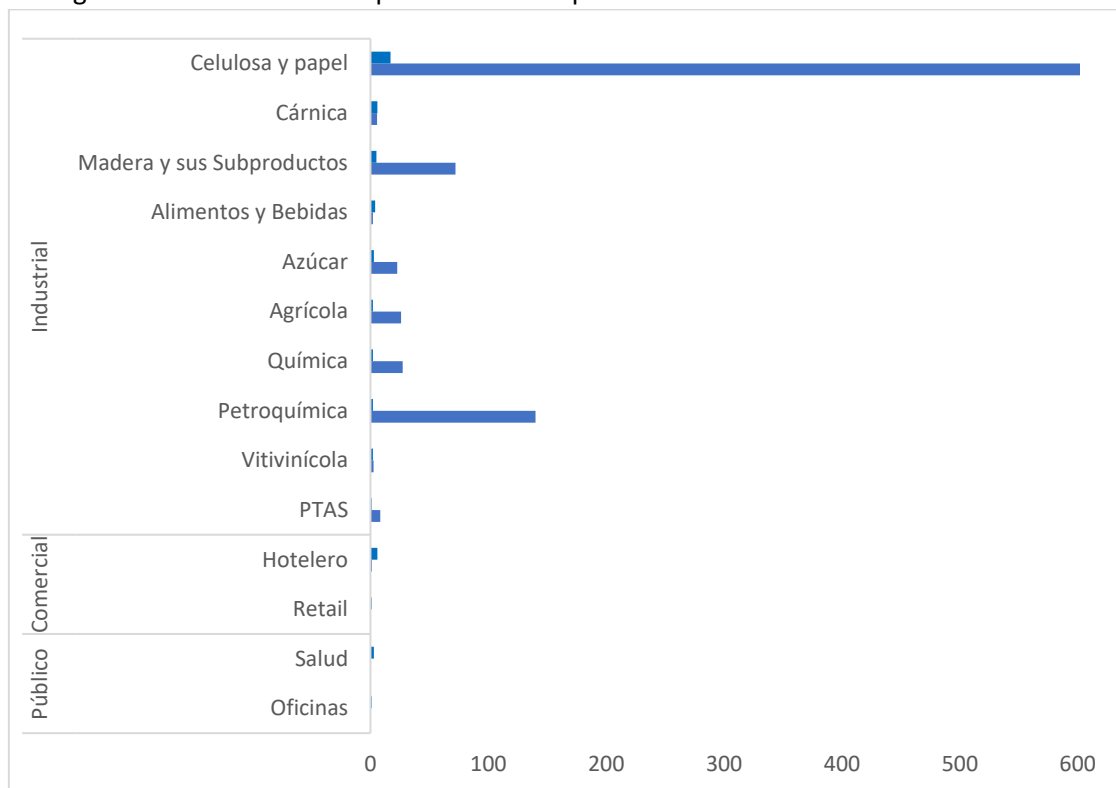


Gráfico 10: Instalaciones de cogeneración por sector.



**Gráfico 11: Instalaciones de cogeneración por subsector.**

Las potencias de cogeneración existentes son muy disímiles ya que el sector celulosa y papel más la petroquímica tienen capacidades muy altas respecto a la de otros sectores por tanto en la gráfica no se alcanzan a apreciar como se puede ver a continuación.



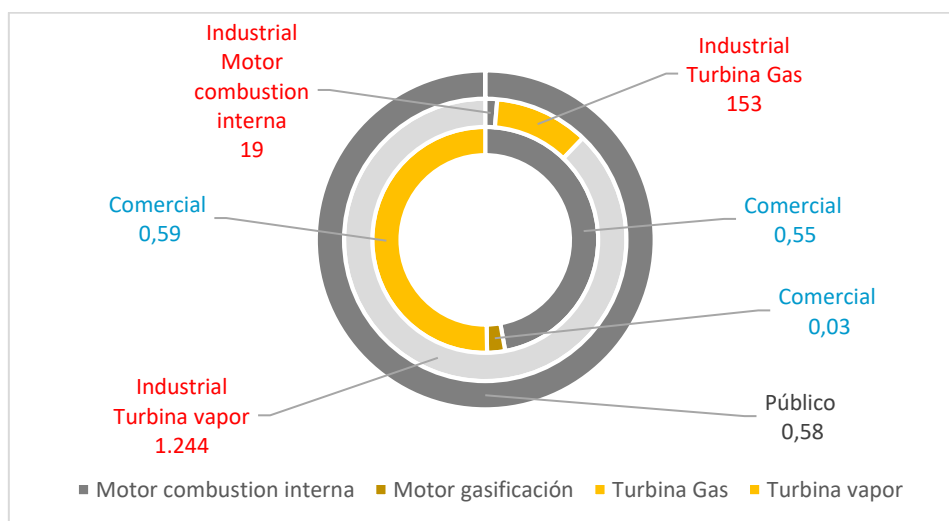
**Gráfico 12: Potencia de Instalaciones de cogeneración por subsector**

Por esta razón se incluye a continuación una tabla que indica los valores por sector y subsector encontrados:

**Tabla 6: Instalaciones de cogeneración existentes**

Sector / Subsector	Potencia Eléctrica [MWe]	Instalaciones de cogeneración
<b>Público</b>	<b>0,58</b>	<b>4</b>
Oficinas	0,01	1
Salud	0,58	3
<b>Comercial</b>	<b>1,16</b>	<b>7</b>
Retail	0,03	1
Hotelero	1,13	6
<b>Industrial</b>	<b>1.416,01</b>	<b>44</b>
PTAS	8,27	1
Vitivinícola	2,50	2
Petroquímica	140,10	2
Química	27,40	2
Agrícola	26,00	2
Azúcar	22,70	3
Alimentos y Bebidas	2,20	4
Madera y sus subproductos	72,20	5
Cárnica	5,55	6
Celulosa y papel	1.109,10	17
<b>Total general</b>	<b>1.417,76</b>	<b>55</b>

## 5.2. Distribución por tipo de tecnología.



**Gráfico 13: Tecnologías y potencia eléctrica instalada (MWe) por sector**

Las instalaciones existentes de cogeneración se encuentran en tres sectores: Industrial, Comercial y público de acuerdo con lo mostrado en la gráfica 13 y el resumen siguiente:

Industrial : 44 instalaciones con 1416 MWe  
Comercial : 7 instalaciones con 1,16 MWe  
Público : 4 instalaciones con 0,58 MWe

## 6. Ahorro de energía primaria

El ahorro en energía primaria aquí considerado representa a los combustibles primarios que se dejaron de consumir en las unidades de generación termoeléctrica de cada matriz eléctrica respectiva, descontando los combustibles fósiles equivalentes utilizados para la cogeneración de electricidad en cada unidad, vale decir es el ahorro neto país y fue estimado a partir de la electricidad producida por las instalaciones de cogeneración existentes en operación en el país levantados en este estudio. Se muestran aquí los valores nacionales y por regiones.

### 6.1. Ahorros a nivel nacional

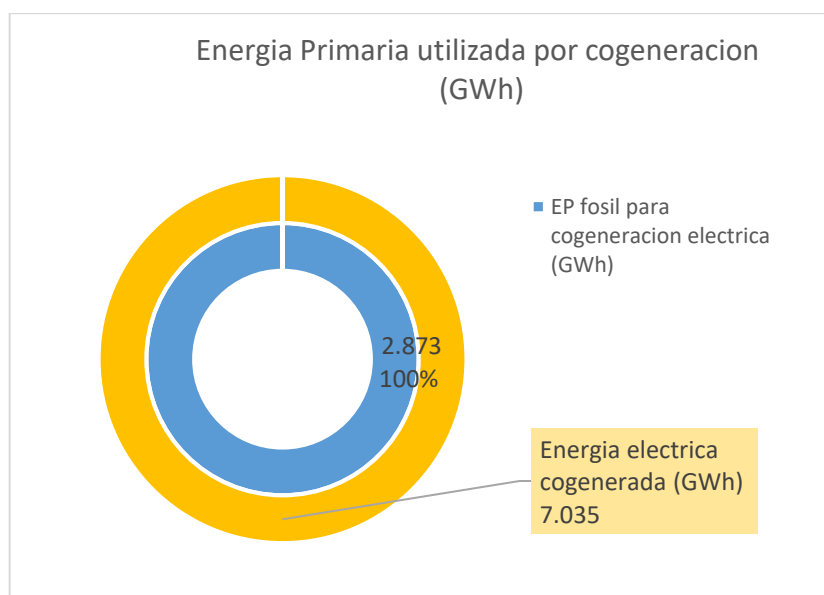
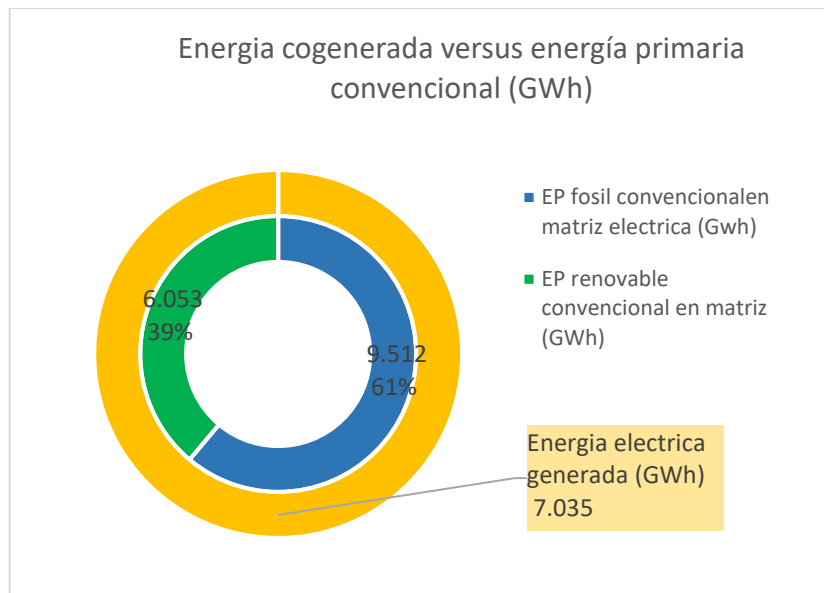


Gráfico 14: Energía primaria fósil utilizada en cogeneración existente

La electricidad cogenerada en el periodo evaluado (2017) por las instalaciones existentes que están en funcionamiento fue de alrededor de 7.035 GWh y para ello se gastaron solo 2.873 GWh de combustibles fósiles (GN, Diesel, Carbón y petcoke).

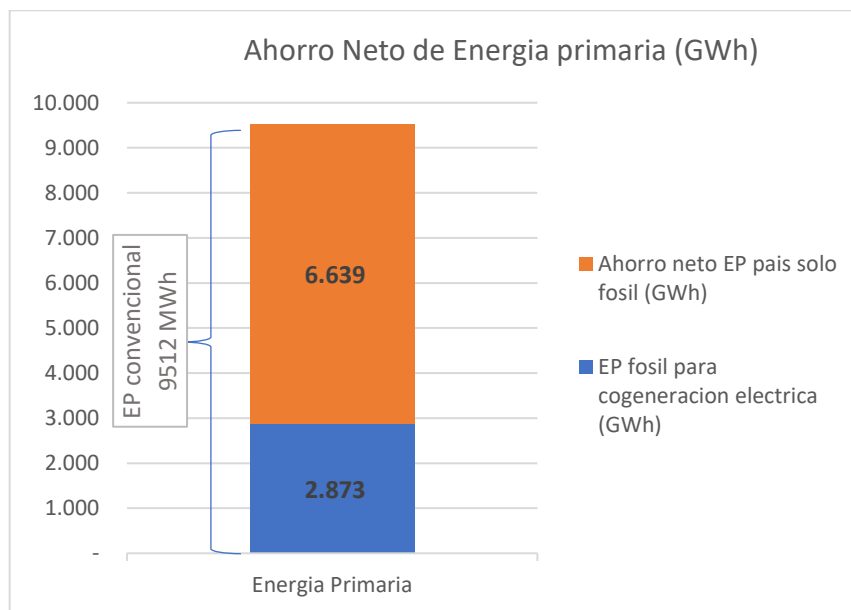
Si esta energía eléctrica se hubiera generado en forma convencional por la matriz eléctrica, considerando que en el período en que se genera la electricidad hay uso de fuentes fósiles

y renovables, la cantidad requerida de ambas fuentes hubiera sido de 9.512 GWh y 6.053 GWh respectivamente, como se muestra en el grafico a continuación:



**Gráfico 15: Energía primaria total utilizada como generación convencional**

Por tanto, el ahorro de energía primaria neto en combustibles fósiles fue de 6.639 GWh. En el grafico que sigue se representa este resultado:

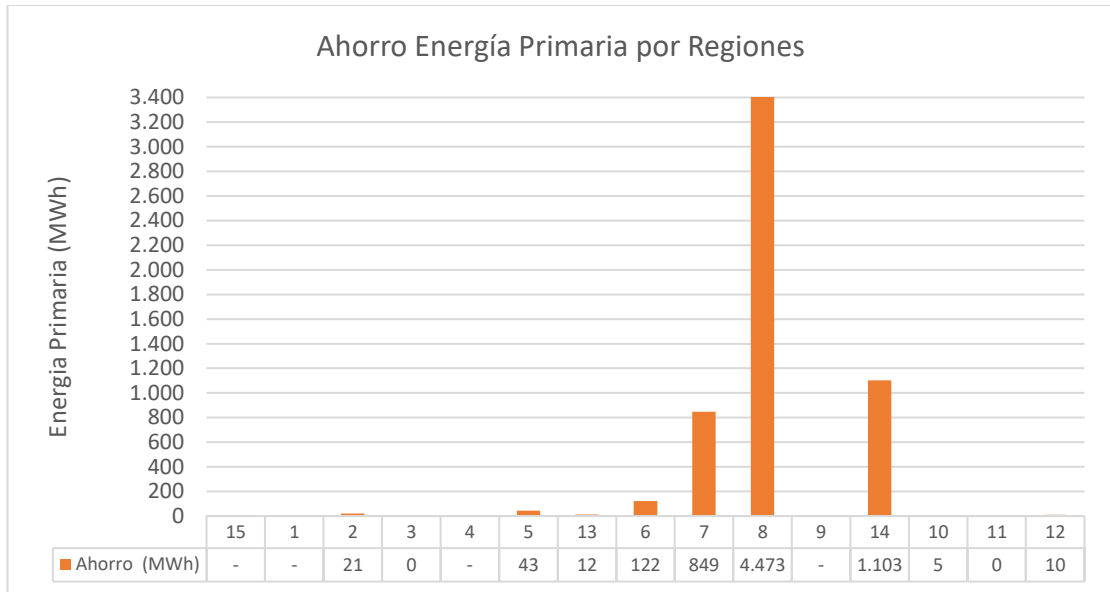


**Gráfico 16: Ahorro de energía primaria neta**

El ahorro neto país estimado entonces de energía primaria fósil es de 6.624 GWh considerando las instalaciones de cogeneración existentes que están en operación al momento del catastro.

## 6.2. Ahorros a nivel Regional

En este caso los ahorros netos de energía primaria en las instalaciones existentes evaluadas han sido en muy pocas regiones y principalmente en la Séptima, Octava y la Catorce, como se aprecia en el grafico siguiente:



**Gráfico 17: Ahorro de energía primaria por regiones**

Finalmente, los valores de ahorro encontrados fueron de 4.473 MWh en la Octava Región, 1.103 MWh en la Región 14 de Ñuble y 849 MWh en la Séptima Región.