

Impulsado por:



# “COGENERACIÓN EN LA INDUSTRIA: CASOS DE ÉXITO Y DESAFÍOS”

**Yunesky Masip Macia**

**Subdirector de la Escuela de Mecánica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso**

**ANTOFAGASTA**



Financiado por:



**GOBIERNO REGIONAL ANTOFAGASTA**



ESTRATEGIA REGIONAL DE INNOVACIÓN



**Consejo Regional**  
REGION DE ANTOFAGASTA

Ejecutado por:



CENTRO DE ENTRENAMIENTO INDUSTRIAL Y MINERO  
**CEIM**  
FUNDACIÓN EDUCACIONAL ESCANDIDA

# Agenda

- ❑ Contexto Energético
- ❑ Cogeneración Eficiente
- ❑ Avances y Análisis de CHP para la Industria en Chile
- ❑ CHP: Casos de éxito en la industria
- ❑ Desafíos para la CHP en Chile
- ❑ Aspectos Relevantes para Chile



Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Contexto Energético

## ✓ AGENDA ENERGÍA 2050:

Objetivos país Largo Plazo



<https://energia.gob.cl/energia2050>



Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Contexto Energético

## ✓ AGENDA ENERGÍA 2022-2026



## Perspectivas transversales en la agenda

### AGENDA DE ENERGÍA

- Enfoque de derechos humanos y género
- Transición socio ecológica justa y cambio climático
- Descentralización y armonía territorial
- Eficiencia energética**
- Educación e información ciudadana

**1.2.4.** Promoveremos el uso de artefactos eficientes, a través de la actualización y establecimiento de nuevas etiquetas de **eficiencia energética** y estándares mínimos de eficiencia para artefactos utilizados en el hogar

### 7.6. EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD

#### 7.6.1. Implementaremos el Plan Nacional de **Eficiencia Energética**

La **eficiencia energética** es una de las acciones más importantes para que Chile pueda alcanzar la meta de carbono neutralidad; se espera que contribuya con un 35% de la reducción de emisiones requerida. Para ello, ya se cuenta con la Ley 21.305 sobre **eficiencia energética** que establece una serie de acciones y compromisos que deben ser implementados, entre ellos, el Plan Nacional de **Eficiencia Energética** que fue publicado a inicios del 2022 y que cuenta con 33 medidas en los sectores productivos, el sector

Fuente: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/agenda\\_energia\\_2022\\_-\\_2026.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/agenda_energia_2022_-_2026.pdf)

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Cogeneración Eficiente

## Decreto 6

APRUEBA REGLAMENTO QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS INSTALACIONES DE COGENERACIÓN EFICIENTE

...Se define como aquella instalación en la que se genera energía eléctrica y calor en un solo proceso de elevado rendimiento energético, cuya potencia máxima suministrada al sistema sea inferior a 20.000 kilowatts y que cumpla con los requisitos establecidos en el reglamento...



Impulsado por:



Financiado por:

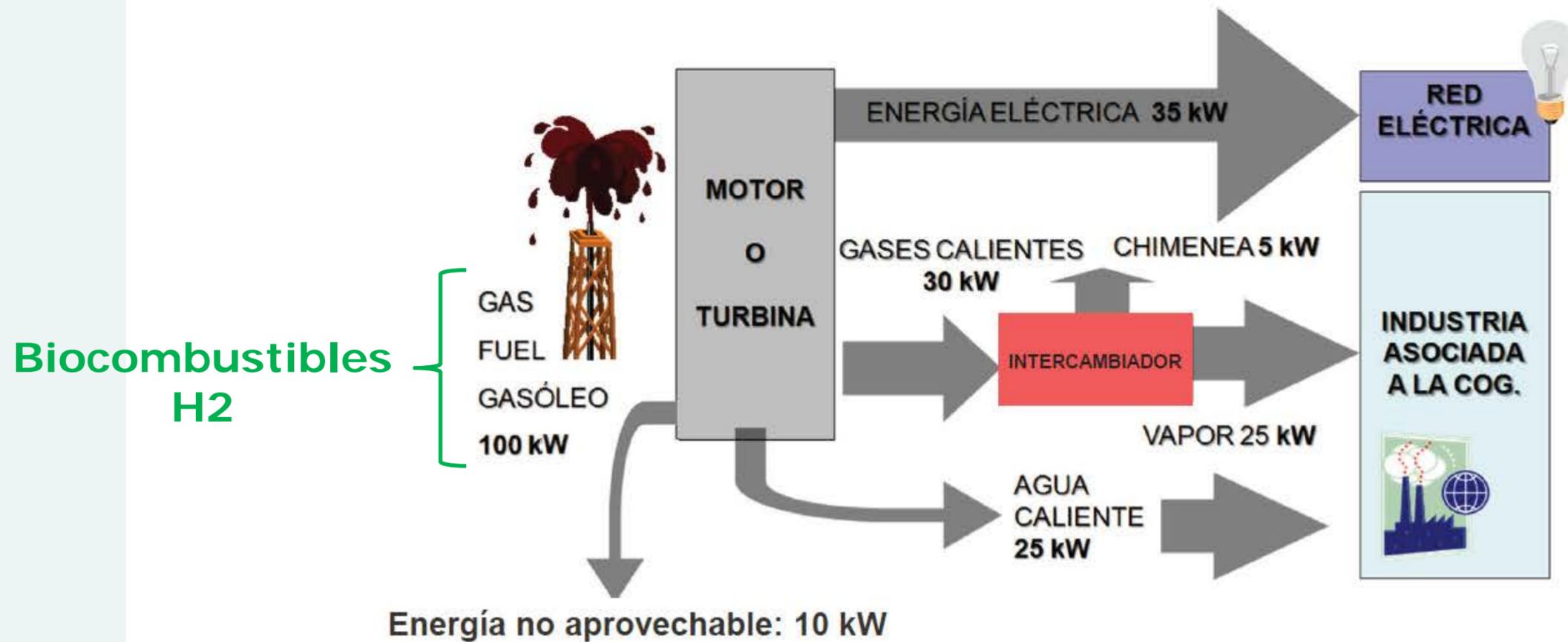


Ejecutado por:



# Cogeneración Eficiente

- Cogeneración significa producción simultánea de dos o más tipos de energía.
- Normalmente las energías generadas son electricidad y calor, aunque puede ser también energía mecánica y calor (y/o frío).



Conocido en inglés como  
**Combined Heat and Power-  
CHP**

Impulsado por:



Financiado por:

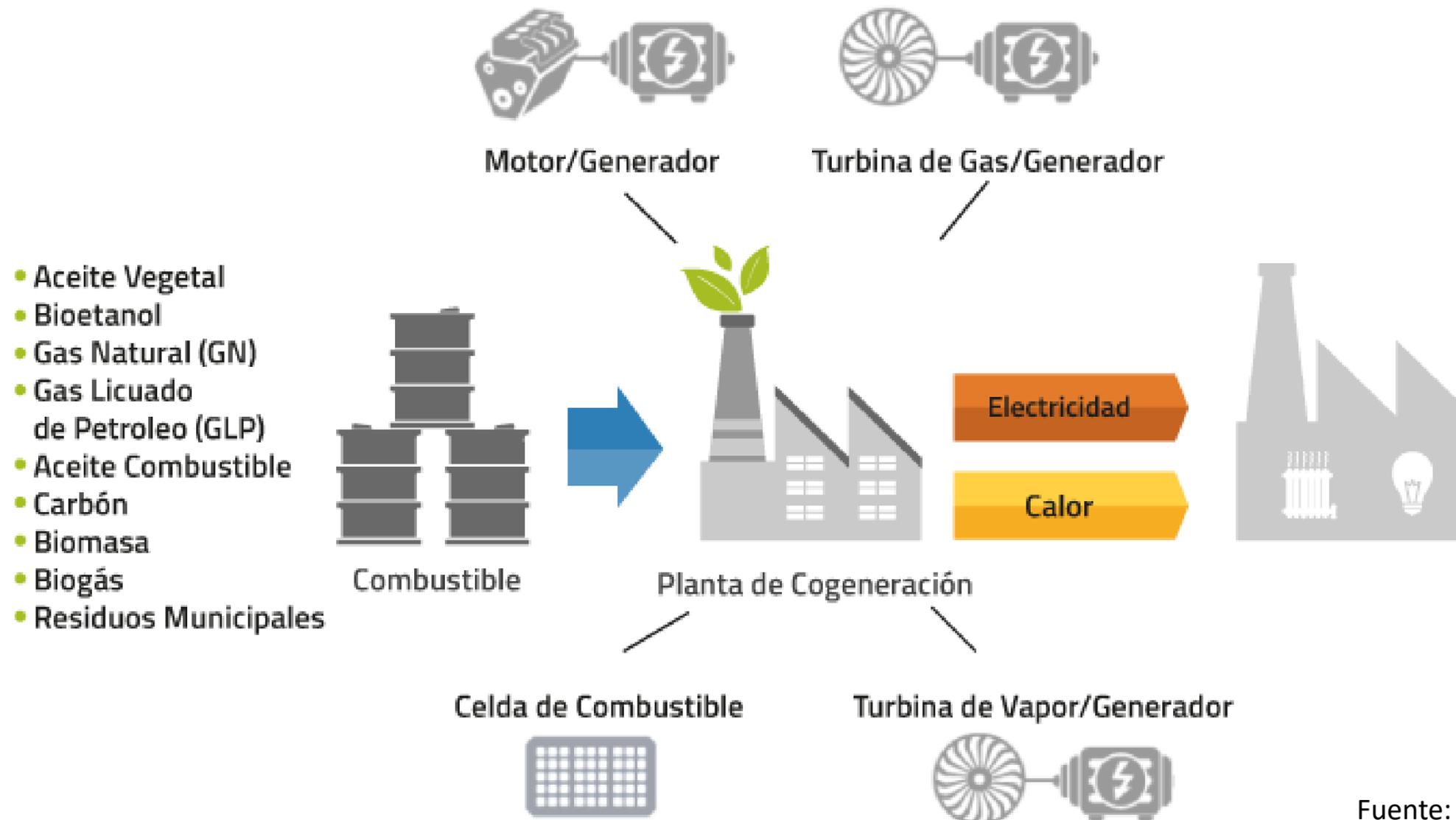


Ejecutado por:



# Cogeneración Eficiente

Tipos de combustible, tecnología y proceso de conversión de energía para cogeneración



Fuente: <https://www.cogeneraeficiente.cl/>

Impulsado por:



Financiado por:

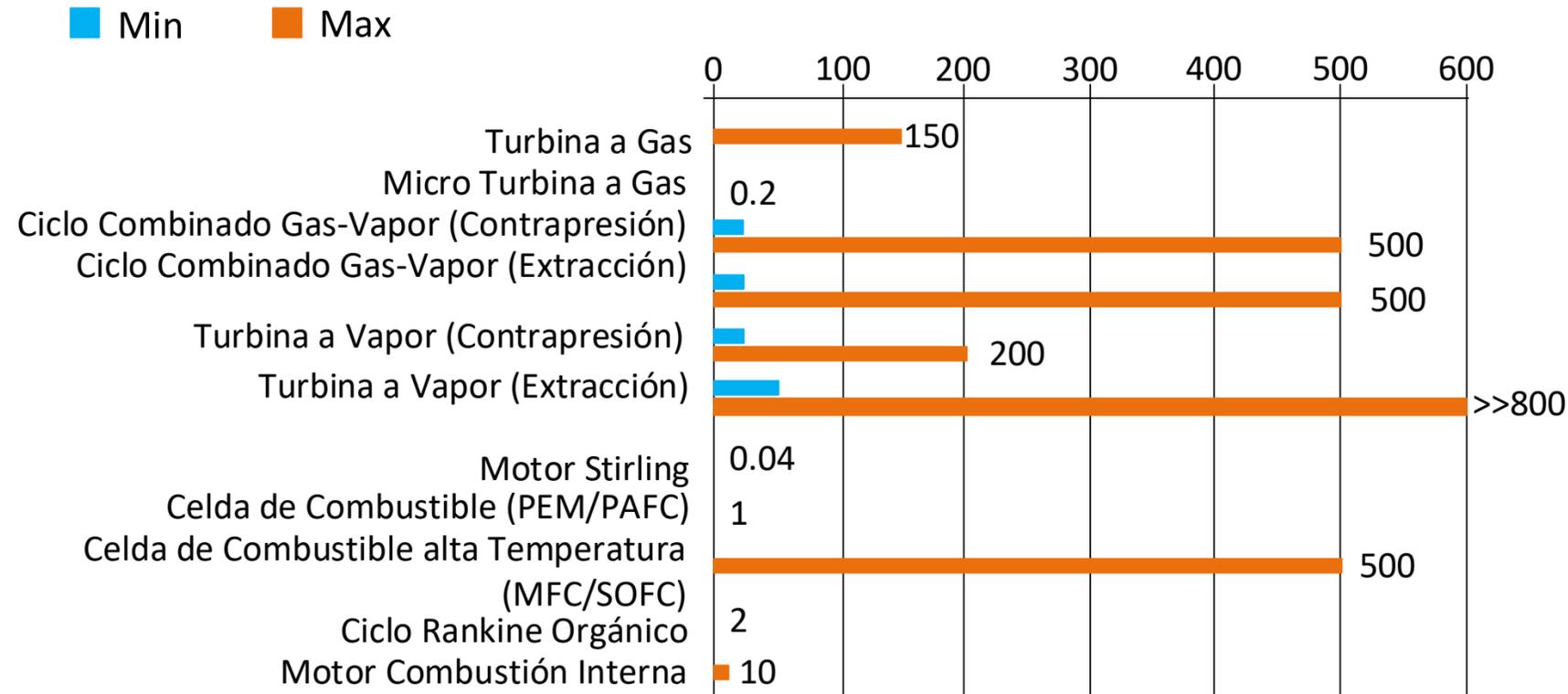


Ejecutado por:



# Cogeneración Eficiente

## Rango de Capacidad de CHP según Tecnología (MWe)



Sector	Demanda	Tipo de Combustible				
		Carbón	Natural Gas	Fuel Oil Pesado	Diésel	Biomass
		Bio-carbón	Bio-metano/ Gas		Bio-diésel/ Etanol	Uso Térmico
<b>Doméstico</b>	<15 kWe		MCI		MCI	
<b>Comercial</b>	15 - 100 kWe		MCI		MCI	TV/ORC
	0.1 - 1 MWe		MCI		MCI	TV/ORC
<b>Industrial</b>	1 - 5 MWe	TV	TG/MCI	TV	TG/MCI	TV/ORC
	1 - 5 MWe	TV	TG/MCI	TV	TG/MCI	TV
	5 - 50 MWe	TV	TG	TV	TG	TV
	> 50 MWe	TV	CC	TV	CC	TV

Impulsado por:



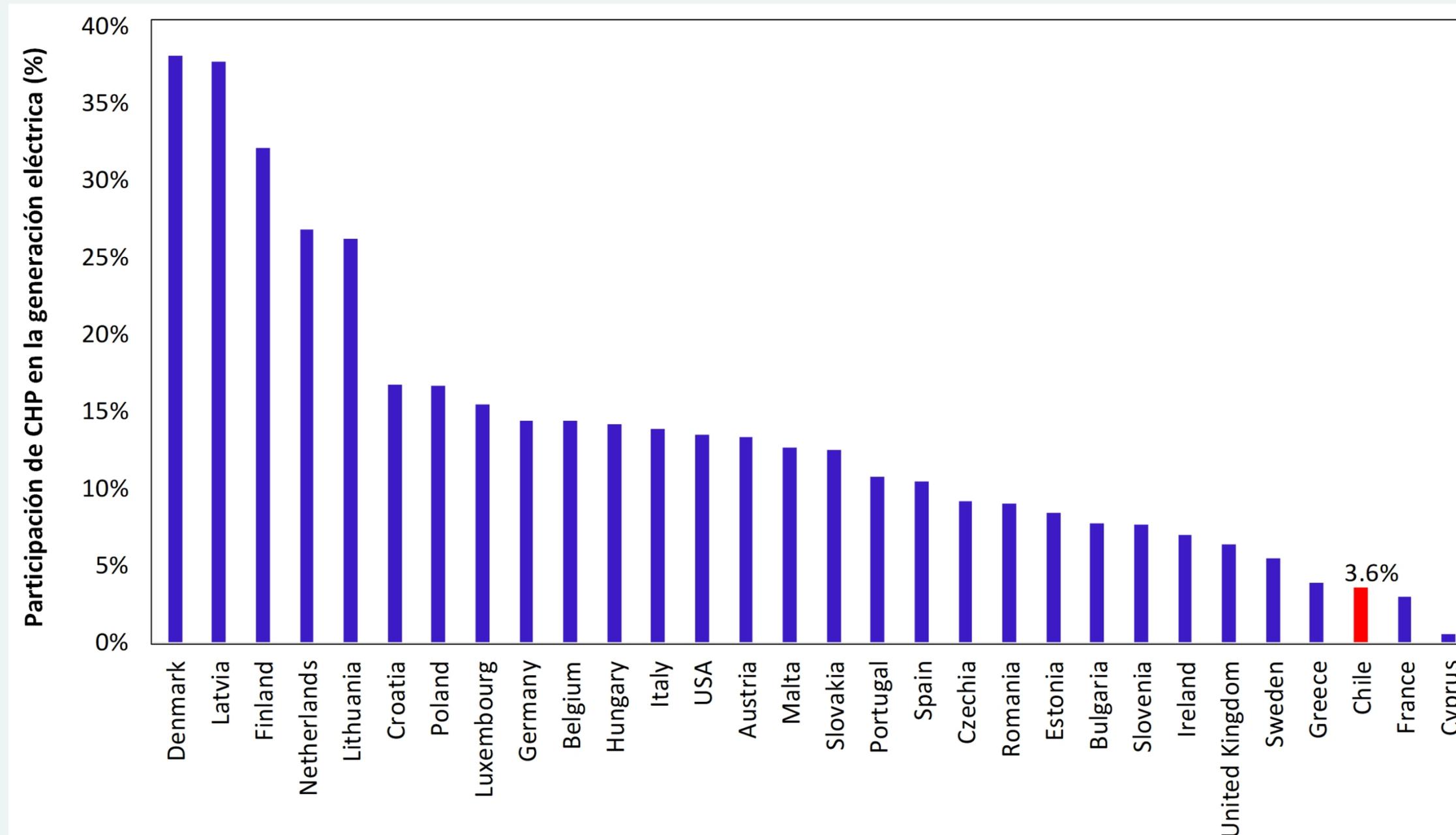
Financiado por:



Ejecutado por:



# Avances y Análisis de CHP para la Industria en Chile



Participación CHP en la generación de energía eléctrica (%), año 2020. Fuente: Elaboración Propia y Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat>).

Impulsado por:



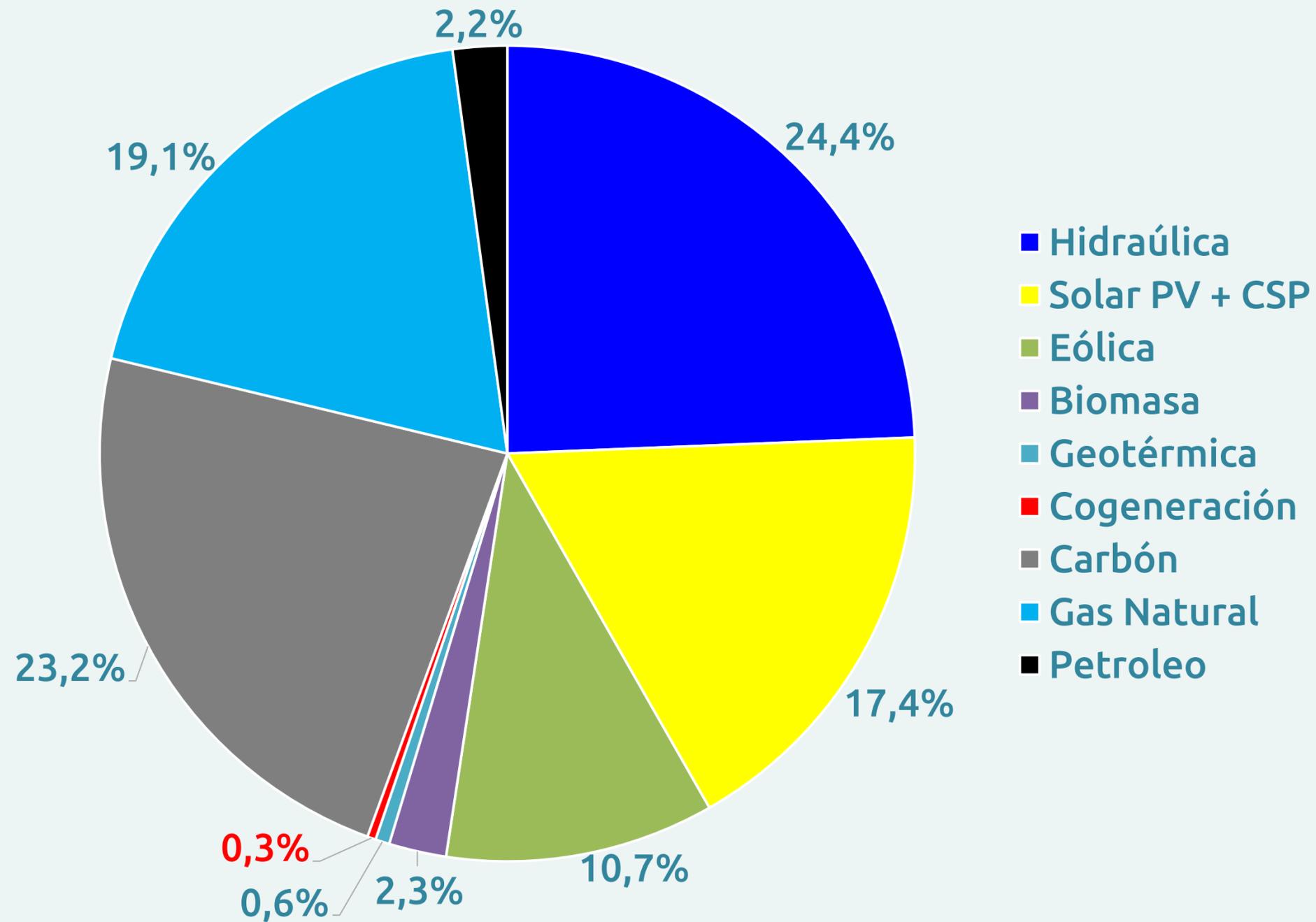
Financiado por:



Ejecutado por:



# Avances y Análisis de CHP para la Industria en Chile



Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



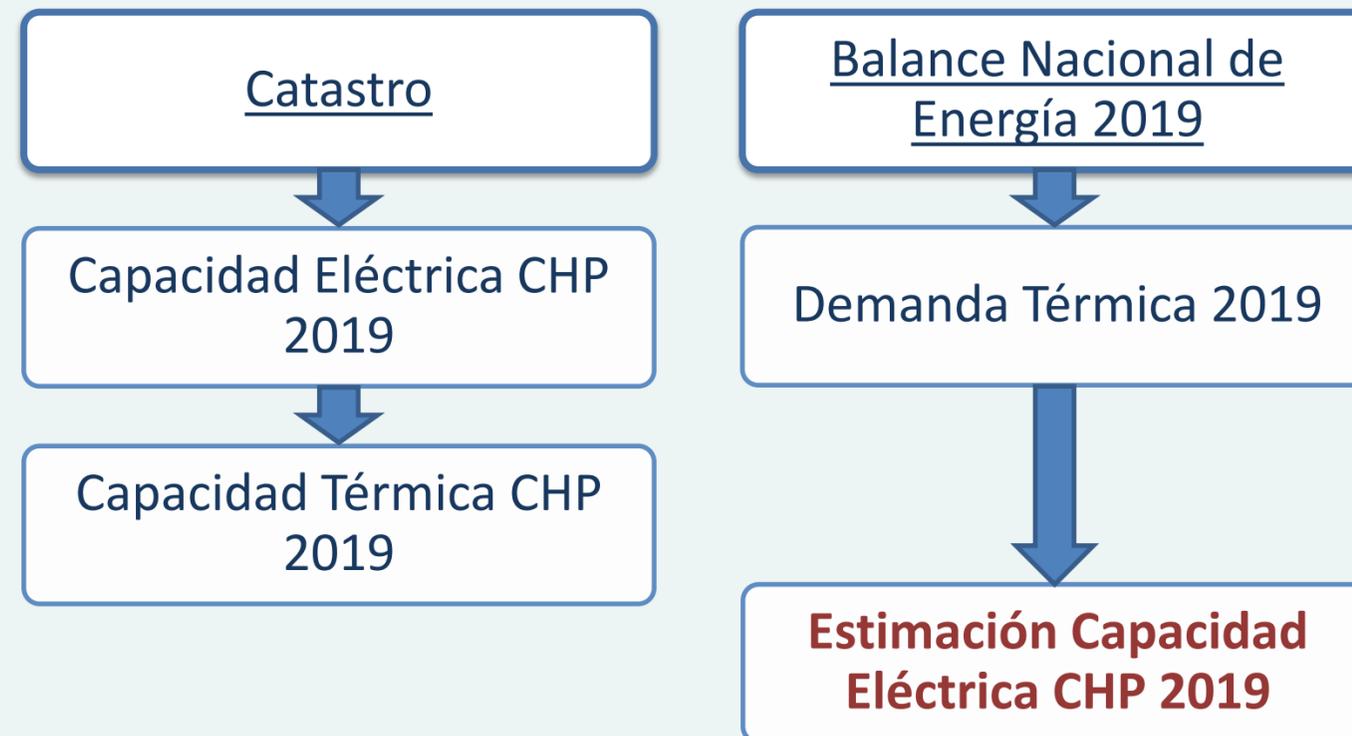
# Avances y Análisis de CHP para la Industria en Chile

## • Catastro



Metodología elaboración catastro

## • Potencial



Metodología elaboración potencial de cogeneración

Impulsado por:



Financiado por:

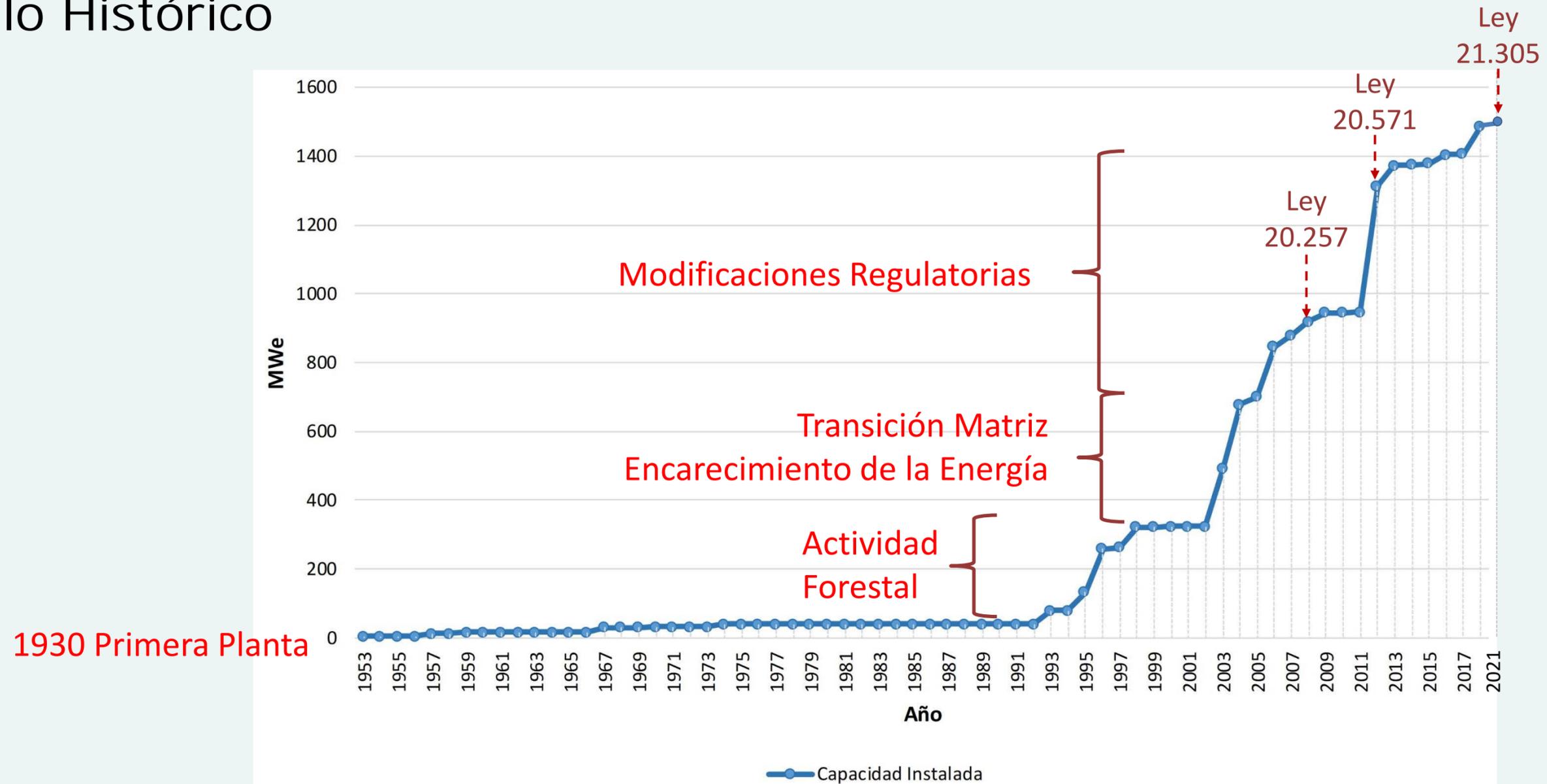


Ejecutado por:



# Avances y Análisis de CHP para la Industria en Chile

## Desarrollo Histórico



Impulsado por:



Financiado por:



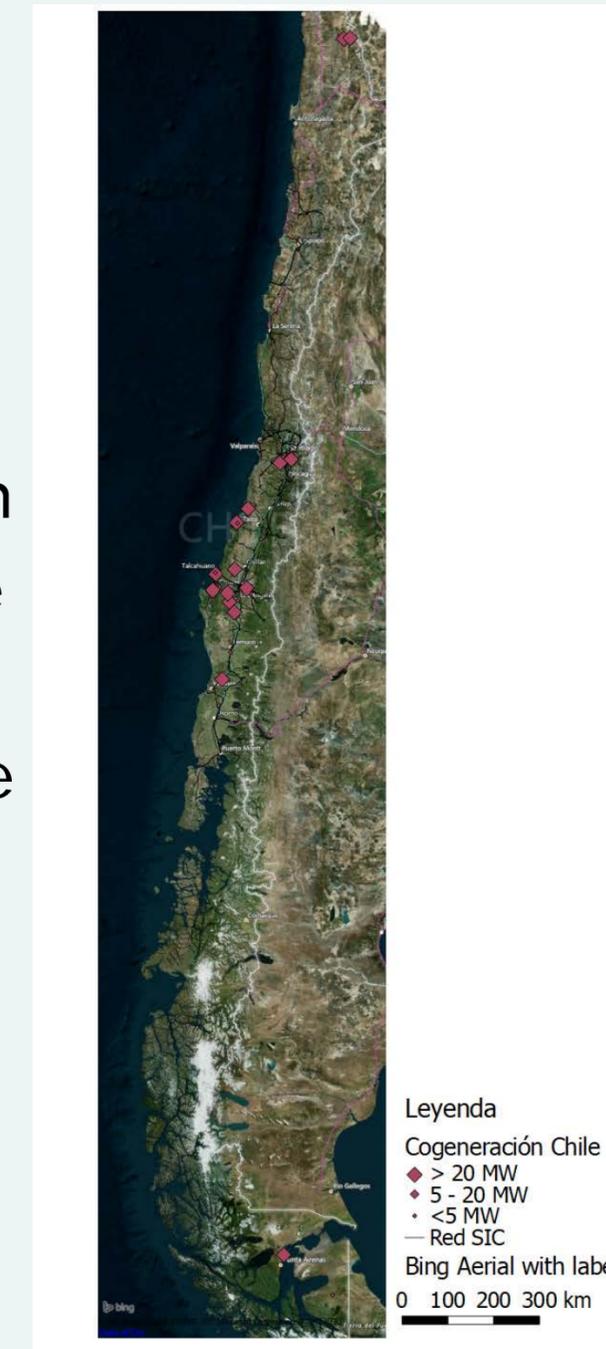
Ejecutado por:



# Avances y Análisis de CHP para la Industria en Chile

## Plantas en Chile

- Se han identificado **55 plantas** de CHP en Chile
- Capacidad Instalada de **1418 MWe**
- **35** inyectaron energía a la red el año 2019 – **2330 GWh**
- **3.1 %** de la **energía generada** el año 2019 provino de CHP
- Potencia instalada total durante 2019 - **23315 MWe**, de los cuales el **6% equivalen a las plantas de CHP** en operación
- Tecnología más emplea el **TV (26 plantas)** y **MCI (23 plantas)**



Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:

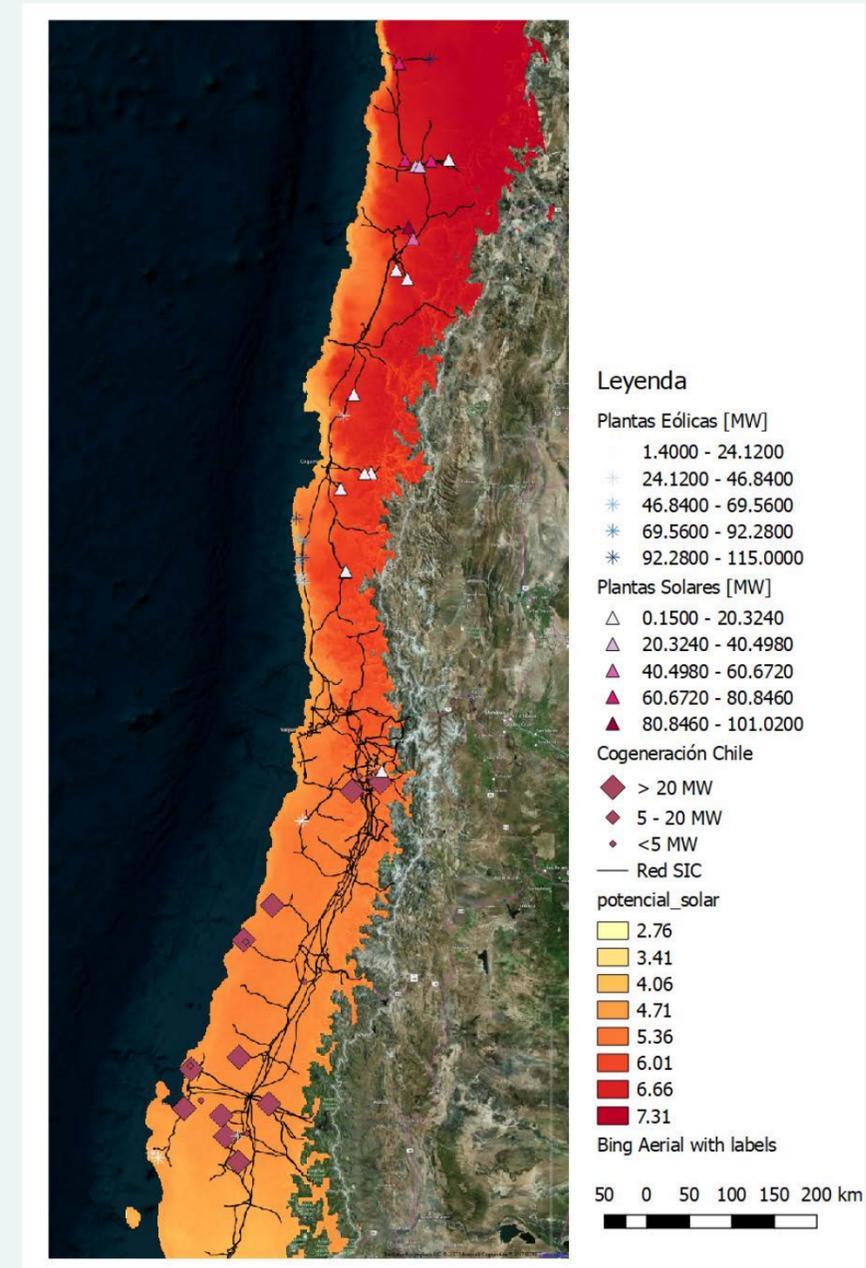


# Avances y Análisis de CHP para la Industria en Chile

## Plantas en Chile

- **30** Plantas que **NO Inyectan** tienen tamaños entre 0.1 y 80 MWe
- **27 de 30** tienen **menos de 20 MW** y por tanto aptas para **cogeneración eficiente**
- **3** restantes pueden acceder a esa categoría, Si:
  - Excedentes inyectados <20MWe
  - Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE) cumple con lo establecido en el (DTO 6)

\* ***Es posible que existan más plantas < 3MW que no aparecen registradas en las bases de datos.***



Impulsado por:



Financiado por:

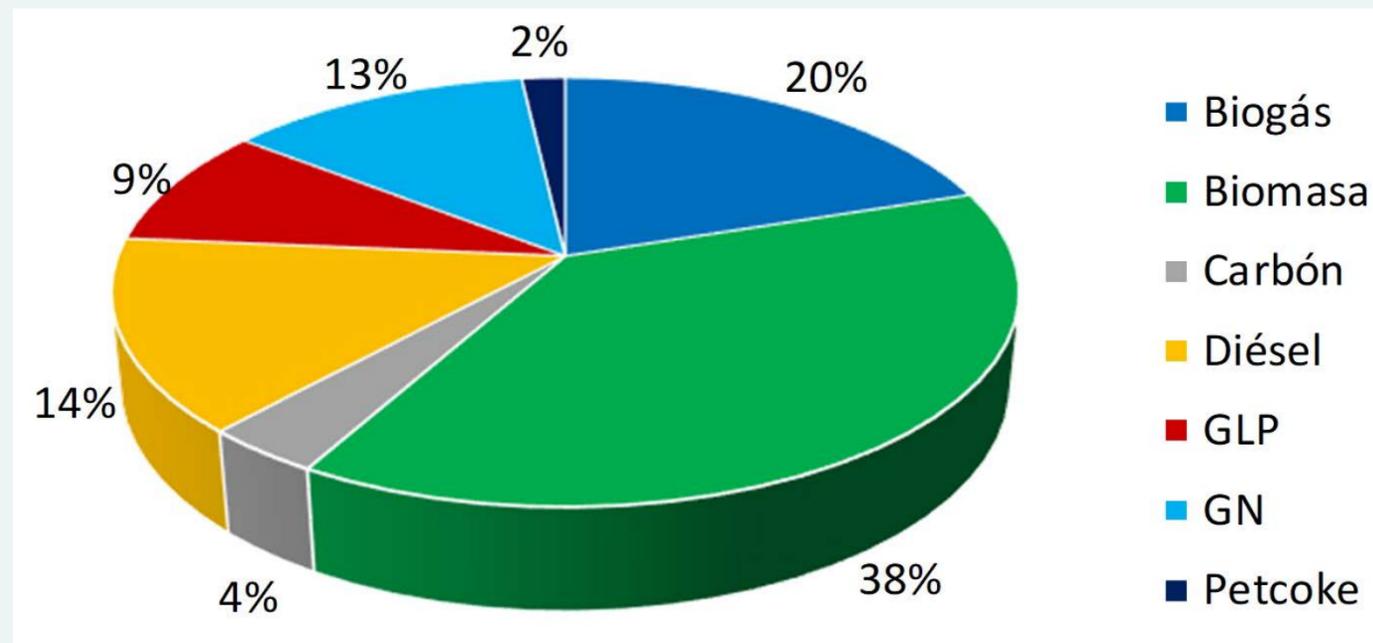


Ejecutado por:

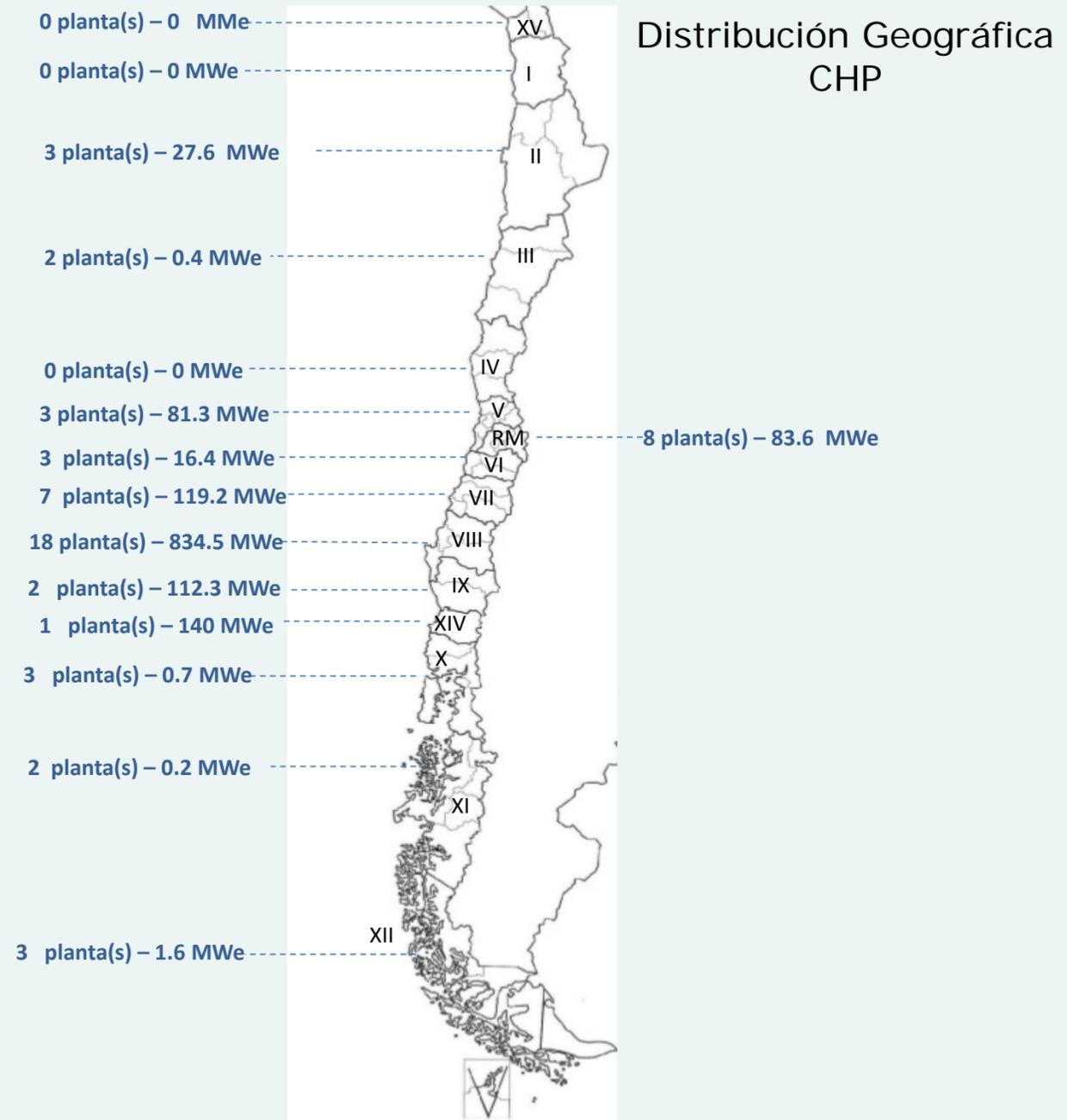


# Avances y Análisis de CHP para la Industria en Chile

## CHP en Chile



Tipos de combustibles empleados en plantas de CHP en Chile en 2021



Distribución Geográfica CHP

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# CHP: Casos de éxito en la industria

## Evaluación de un proyecto de Cogeneración (CHP)



Impulsado por:



Financiado por:



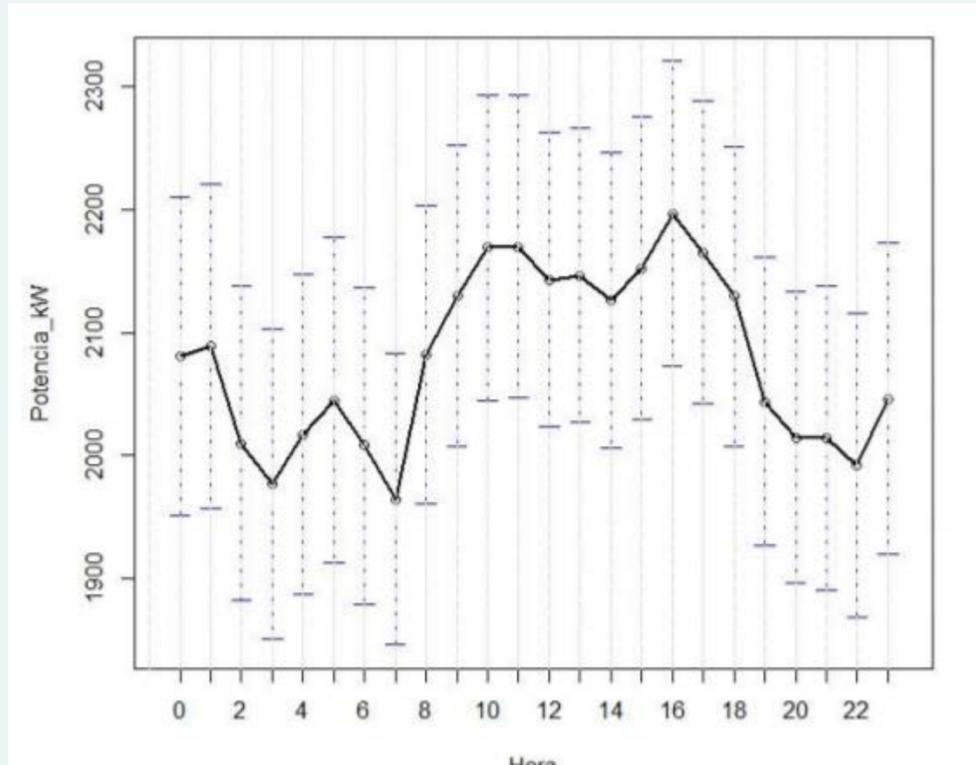
Ejecutado por:



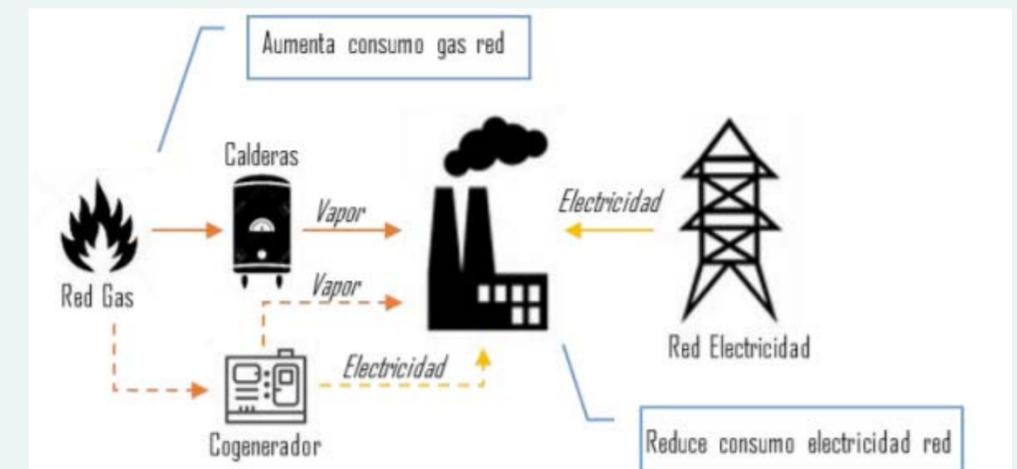
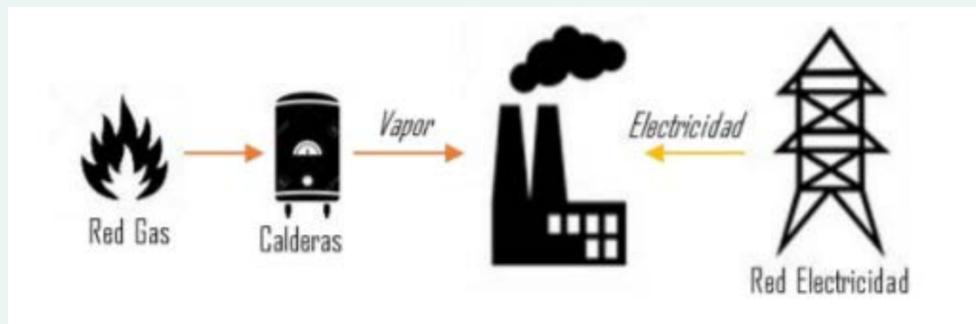
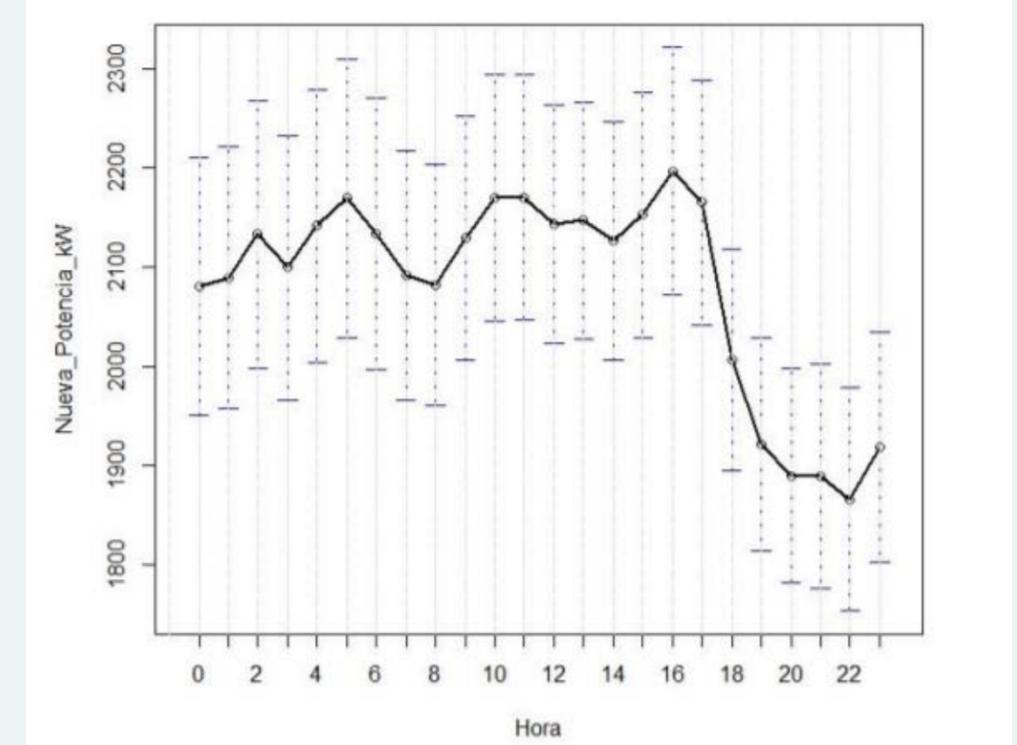
# CHP: Casos de éxito en la industria

Empresa  
papelera  
Chile

Consumo energético actual de una empresa



Situación energética implementando CHP+10% DSM



Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# CHP: Casos de éxito en la industria

Influencia de escenarios energéticos para Empresa analizada

Caso	Caso A	Caso B	Caso C	Caso D
Descripción	Base	DSM	DSM+CHP	DSM+CHP+PMGD
Excedentes	No	No	No	Sí
Consumo red (kWh/año)	18.022.083	18.022.083	10.588.979	10.358.593
Pago electricidad red (\$)	1.829.365.522	1.808.909.514	1.145.444.239	1.126.630.910
Reducción consumo red (%)	N/A	0	41,2	42,5
Reducción pago red (%)	N/A	1,1	37,4	39,3
Ingreso (\$)	-	-	-	15.907.020
Balance (\$)	1.829.365.522	1.808.909.514	1.145.444.239	1.110.723.890

Aquí los valores para los diferentes escenarios:

- **CASO A**, situación actual dada la tarifa diferente en invierno y en verano
- **CASO B**, ahorro en el caso de que la empresa haga DSM desplazando su consumo en horas en los que los precios son mas bajos
- **CASO C**: DSM más CHP: una combinación de programas ofrece una disminución muy importante del balance en \$: una vez descontado el pago de gas
- **CASO D**: el actual programa de PMGD actualmente no ofrece incentivos.
- **IMPORTANTE**: en caso C la reducción de emisiones de CO2 es de 3% anual

Impulsado por:



Financiado por:

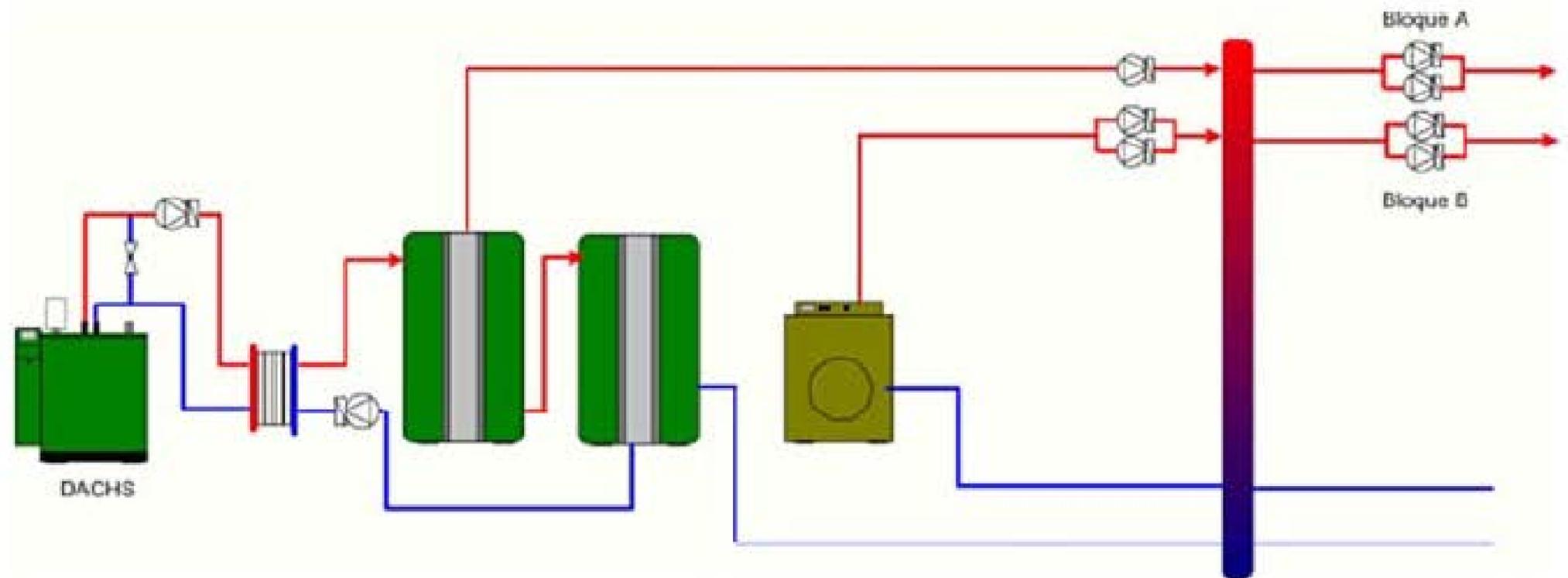


Ejecutado por:



# CHP: Casos de éxito en la industria

**ACS para 97 viviendas en Barcelona 5.5 kWe**



**80% cobertura de ACS**

**Inversión instalación microgeneración 26 000 €**

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# CHP: Casos de éxito en la industria

## ALEMANIA – EJEMPLOS DE PLANTAS Cervecería Früh, Colonia

- Tipo e máquina motor alterno a gas natural
- Potencia eléctrica: 200kWel, autoconsumo durante todo el año
- Potencias térmicas:
  - 121kW vapor saturado desde gases de escape
  - 120kW para calentar agua de 15 a 85°C desde sistema de enfriamiento del motor
  - 20 kW de calor de baja temperatura (45°C) desde intercooler
  - 45kW desde intercambiador de calor de condensación posterior al generador de vapor
- Potencia de combustible: 538kW
- Potencia útil: hasta 506kW
- Eficiencia total hasta 94%
- Horas de operación 6.000h/a, 98% a carga máxima
- Inversión: 430.000,-€
- Periodo de recuperación de inversión: 3 años
- Reducción de CO2: 840t/a
- Implementación: 2014

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# CHP: Casos de éxito en la industria

## ALEMANIA – EJEMPLOS DE PLANTAS

### Empresa Logistic Services, Essen

- Almacenamiento de alimentos refrigerados y congelados.
- Equipos principales: 2 motores de combustión interno a gas natural de 400 y 600kWel.
- Potencia instalada: 1.000kWel, 1.081kWth.
- Uso de calor: preenfriamiento del amoníaco del equipo refrigeración a través de intercambiadores de calor con agua fría de 6-8°C obtenido a través de un equipo de absorción de LiBr.
- Inversión: 2.730.000€.
- PRI: 5,5 años.
- Reducción de compra de electricidad 550.000kWh/a.
- Puesta en Marcha 2012.

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# CHP: Casos de éxito en la industria

## ALEMANIA – EJEMPLOS DE PLANTAS

### Stadtwerke Düsseldorf (Empresa generadora / distribuidora local)

- Turbina de vapor 3,5MWel, 10MWth (calor de condensación)
- Caldera a pellets de madera 880kWth
- Combustible: biomasa (Chips de madera y pellets): 53%) gas natural: 47%
- Uso de electricidad: inyección a la red
- Uso de calor: inyección a la red de calefacción de la ciudad
- Construcción inicial: 1960
- Cambio a biomasa: 2007
- Puesta en marcha caldera a pellets: 2013
- Fuente: Broschure: Kraft-Wärme-Kopplung in der Praxis”, Energieagentur NRW

Impulsado por:



Financiado por:



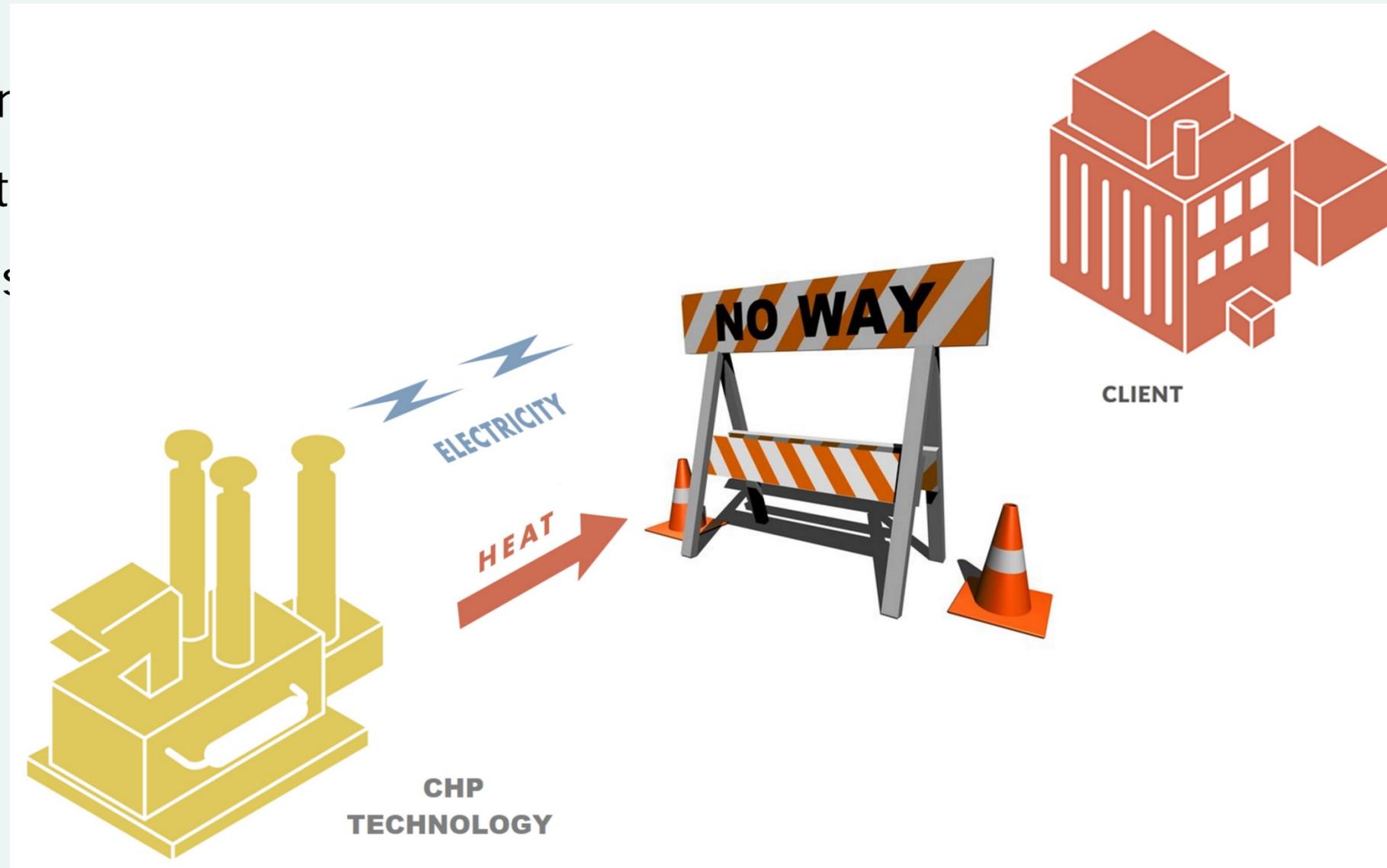
Ejecutado por:



# Desafíos para la CHP en Chile

## Barreras de la CHP en Chile

Revisión  
energét  
barreras



en el sistema  
entificaron las

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Desafíos para la CHP en Chile

## ➤ Barreras Sociales y de Mercado

- Tecnología incipiente en el mercado chileno
- Falta de proyectistas, instaladores y mantenedores capacitados
- Desconocimiento de la tecnología
- Información del potencial de cogeneración
- Desarrollo de la cogeneración en el país



Impulsado por:



Financiado por:



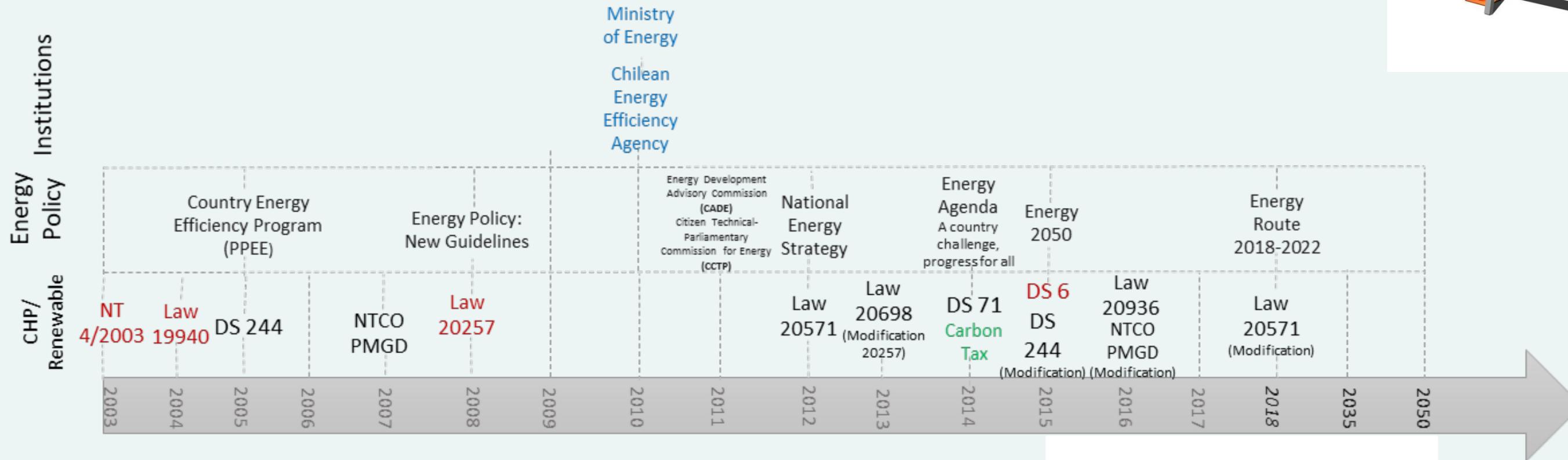
Ejecutado por:



# Desafíos para la CHP en Chile

## ➤ Barreras Regulatorias

- Falta de un marco regulatorio específico para CHP



Impulsado por:



Financiado por:



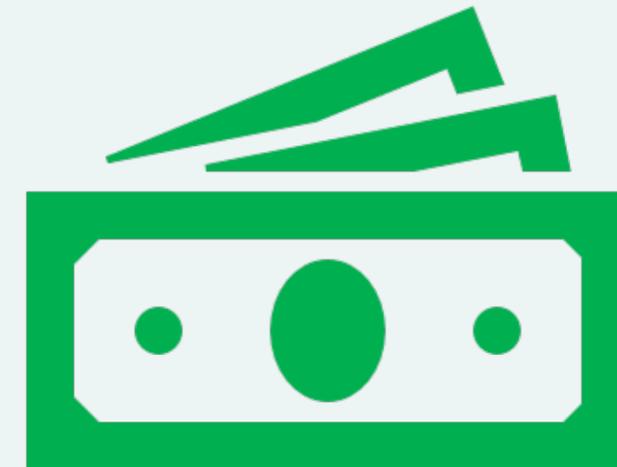
Ejecutado por:



# Desafíos para la CHP en Chile

## ➤ Barreras Financieras

- Altos costos de inversión
- Bajo retorno a la inversión
- Alejamiento del core business
- Alta incertidumbre



Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Desafíos para la CHP en Chile

## ➤ Barreras Medioambientales

- Reducción de emisiones
- Carbon tax



El impuesto al CO<sub>2</sub> no incentiva acciones mitigantes por dos razones:

1. Primero, la estructura de los contratos de suministro con clientes libres traspasan directamente al cliente el costo asociado debido a este tipo de normativa
2. La Ley 20.780 establece que, en caso de que el costo variable de generación más el impuesto al CO<sub>2</sub> de una central generadora supere al costo marginal, la proporción no cubierta del impuesto se asigne a los retiros destinados al suministro de contratos, lo cual se traspasa al consumidor.

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Desafíos para la CHP en Chile



- ❑ PMG, PMGD o MGNC, según la ley, los planes existentes ofrecen incentivos similares, y no muestran grandes ventajas entre sí.
- ❑ El sistema regulatorio debe encontrar mecanismos para reducir los costos de inversión.
  - ✓ Planes de financiamiento
  - ✓ Reducciones actuales en las tasas de transporte o distribución
  - ✓ Modificar los impuestos asociados con la compra de equipos CHP
  - ✓ Crear un mercado de bonos verdes
  - ✓ Establecer mecanismos para incluir porcentajes obligatorios de generación eficiente entre compañías de generación, incluyendo esos porcentajes entre las obligaciones establecidas de ERNC

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Desafíos para la CHP en Chile

**Por tanto, en la legislación eléctrica nacional se requiere:**

- Estudio de las tarifas para autoprodutores
- Contratos de tipo respaldo
- Herramientas que den poder de negociación a los PMGD y PMG con empresas distribuidoras y generadoras
- Ofrecer mayor flexibilidad a los PMGD y PMG

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Aspectos Relevantes

- ✓ El marco regulatorio debe ser capaz de favorecer el desarrollo de CHP y DSM, perdurable en el tiempo
- ✓ Cuantificar el Potencial de CHP y DSM, así como que las empresas conozcan su situación energética
- ✓ Garantías de que el sector privado no asumirá costos adicionales por concepto de cambios de norma y/o nuevas exigencias.
- ✓ El uso combinado de CHP con DSM, se ha demostrado beneficioso tanto para las empresas, como para el mercado eléctrico.
- ✓ Es imperioso potenciar y cofinanciar proyectos de cogeneración que cumplan un rol social (sistemas de district heating).

Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:



# Aspectos Relevantes

Los principales beneficios de la cogeneración son:



Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:





MUCHAS  
GRACIAS



Impulsado por:



Financiado por:



Ejecutado por:

