



**fcfm**

Ingeniería Eléctrica  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



# **EL 6000**

# **Generación de Energía**

# **Eléctrica con Fuentes**

# **Renovables**

## **Clase 1: Introducción**

**Luis Vargas**  
**AREA DE ENERGIA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA**



# AGENDA

**Tecnologías de ERNC**

**Tendencia mundial**

**Situación actual en Chile**

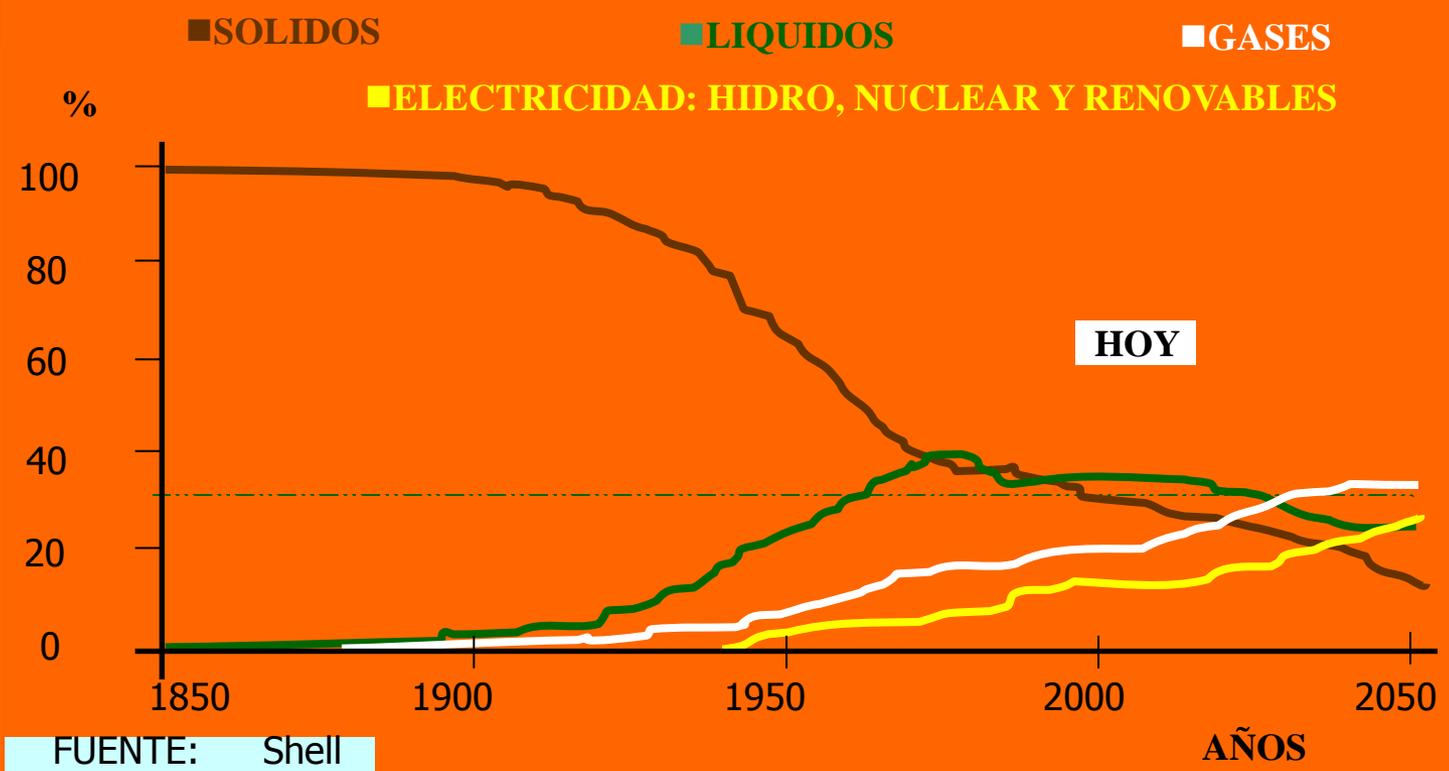
**Tendencias en Chile**

**Comentarios**

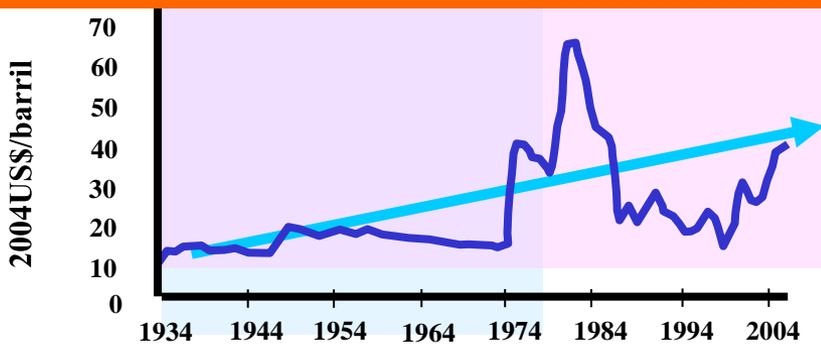


# TENDENCIA MUNDIAL

## CONSUMO DE ENERGIA EN EL MUNDO



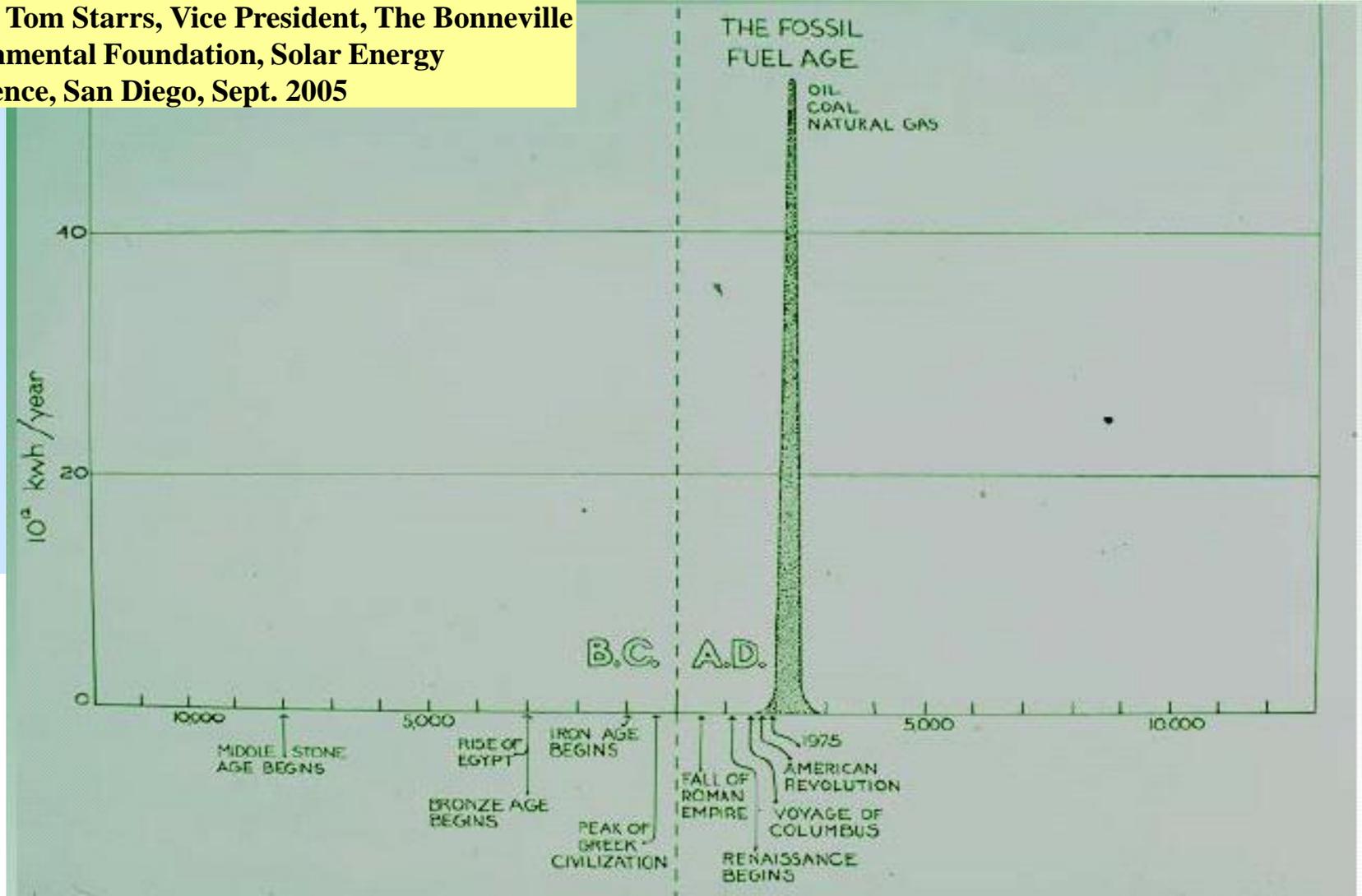
**SOLIDO A GAS EN MENOS DE 100 AÑOS  
ELECTRICIDAD ES CRECIENTE**





# TENDENCIA MUNDIAL

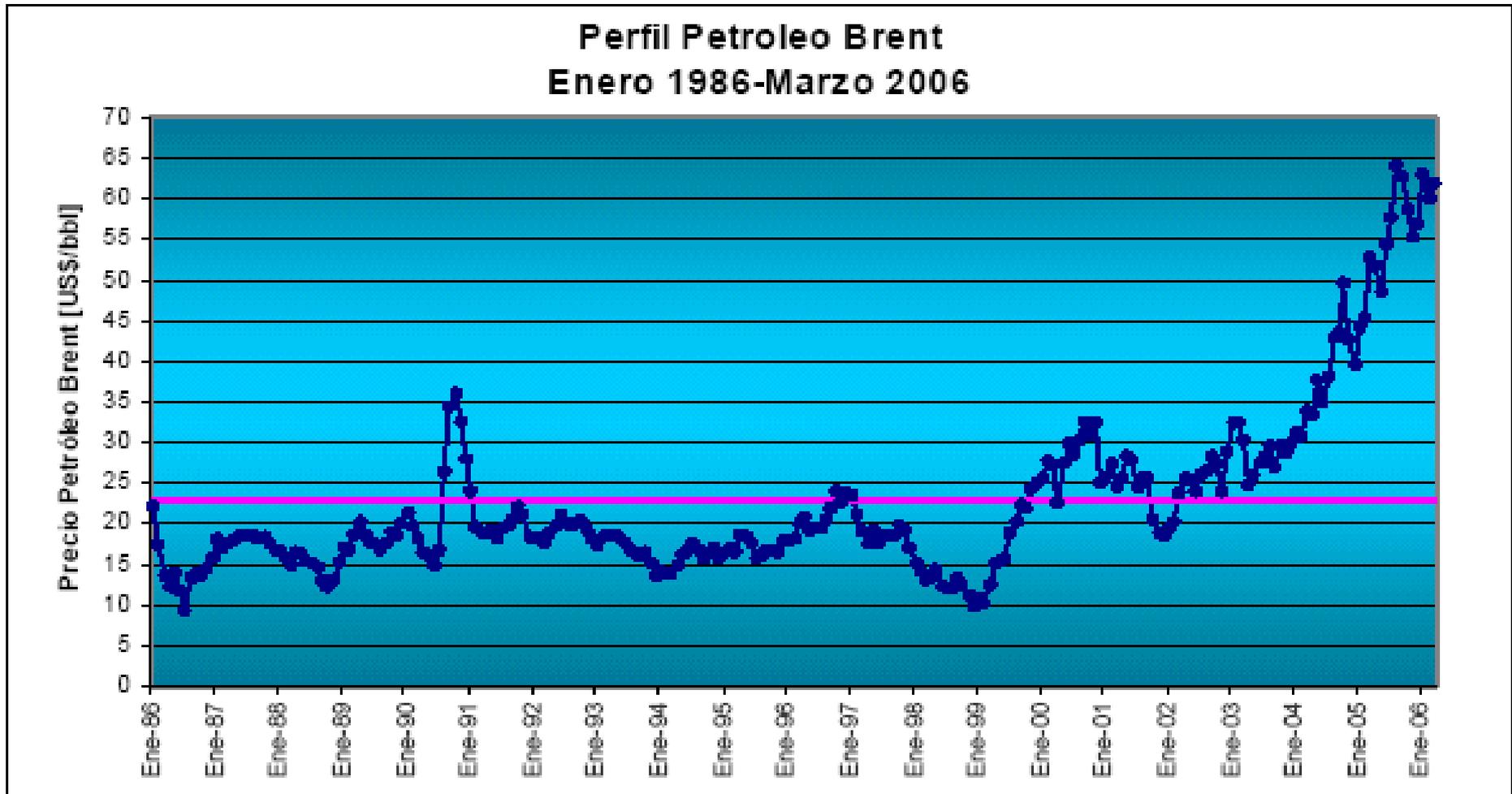
Fuente: Tom Starrs, Vice President, The Bonneville Environmental Foundation, Solar Energy Conference, San Diego, Sept. 2005

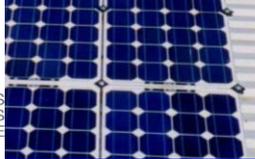




## Informe de Precio de Nudo Abril 2006

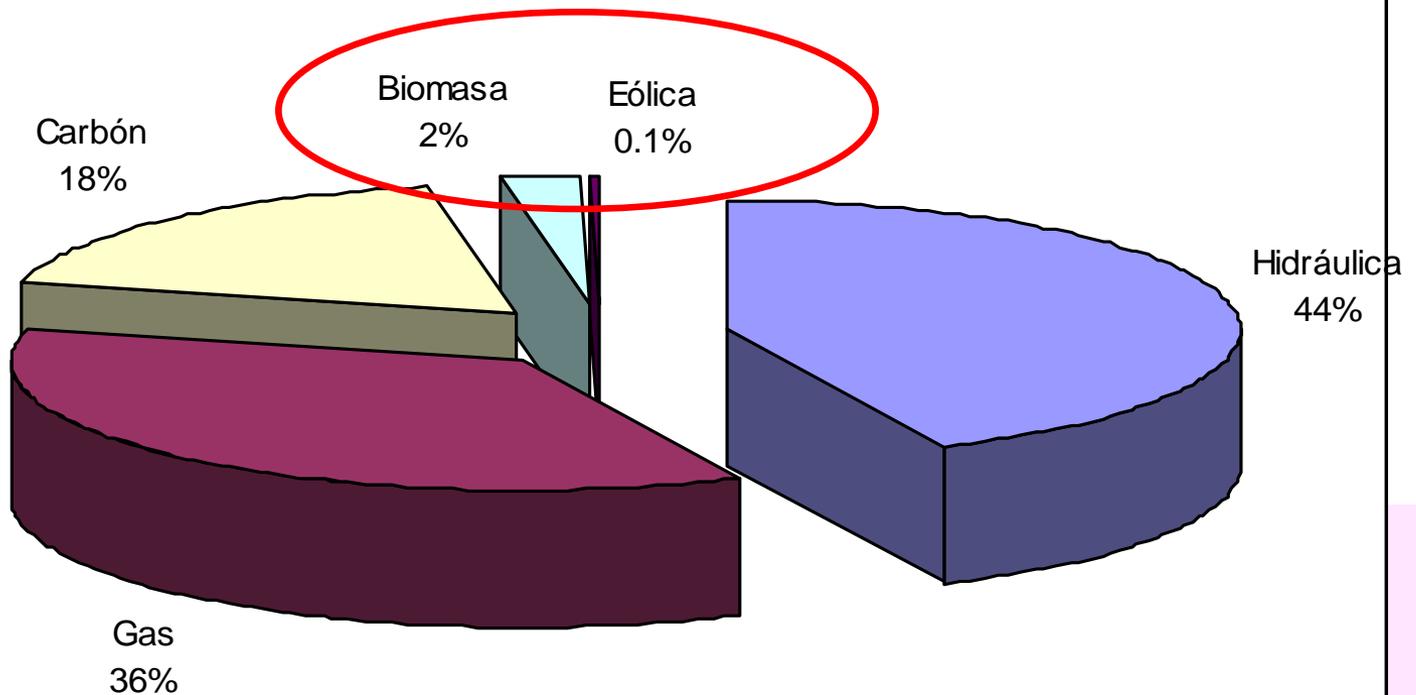
GRÁFICO Nº 3: EVOLUCIÓN PETRÓLEO BRENT, PERÍODO ENERO 1986-MARZO 2006.





# SITUACIÓN EN CHILE

## Generación de Electricidad 2007





# Tecnologías de ERNC

## SOLAR

PV: 0.1 → 1 MW

CSP: 1 → 500 MW



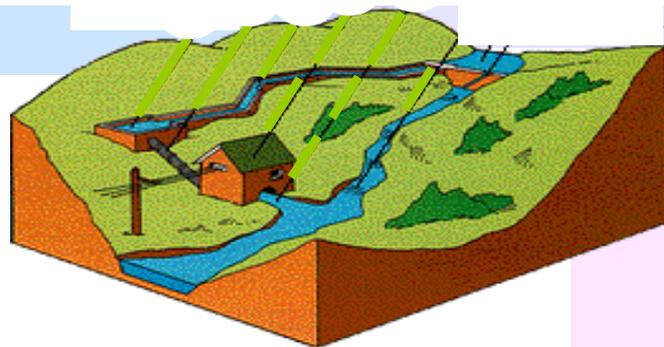
## EOLICAS

1 MW → 50 MW



## Biomasa

1 → 10 MW



## MAREOMOTRIZ

0.1 → 10 MW

## GEOTERMICAS

5 MW → 50 MW

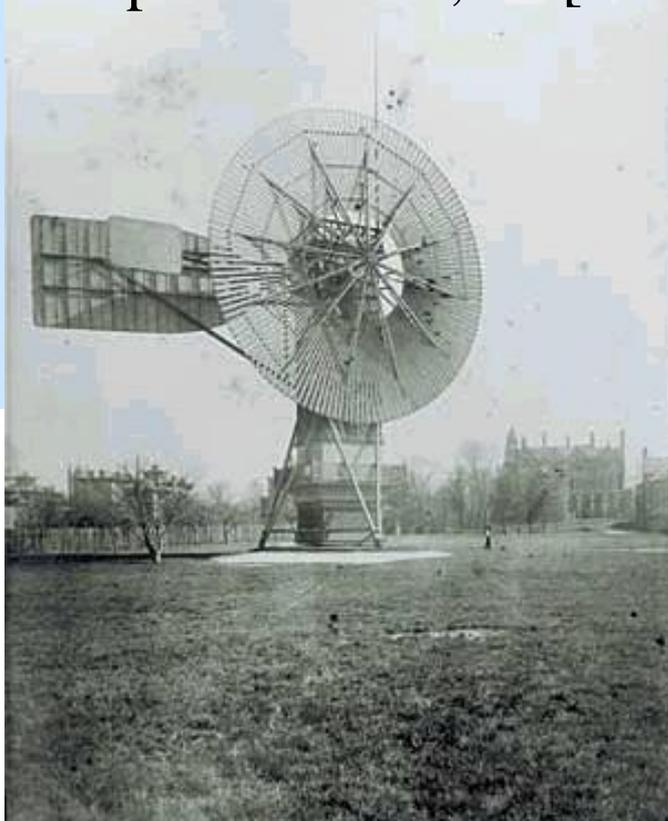
MINIHIDRO 1 → 9

MW



# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Eólica

1887-88: Charles F. Brush, construye la primera turbina eólica (de giro lento). Rotor de 17 [m] de diámetro, 144 aspas de cedro, 12 [kW]



**Hoy: 2 - 4 MW**

**100-160 m**





**fcfm**

Ingeniería Eléctrica  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Eólica



**Dinamarca, 160 MW en granja eólica off-shore**



# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Eólica

**Tres turbinas V47 (VESTAS) de 660 [kW] c/u, ubicadas a 40 [m] de altura.**

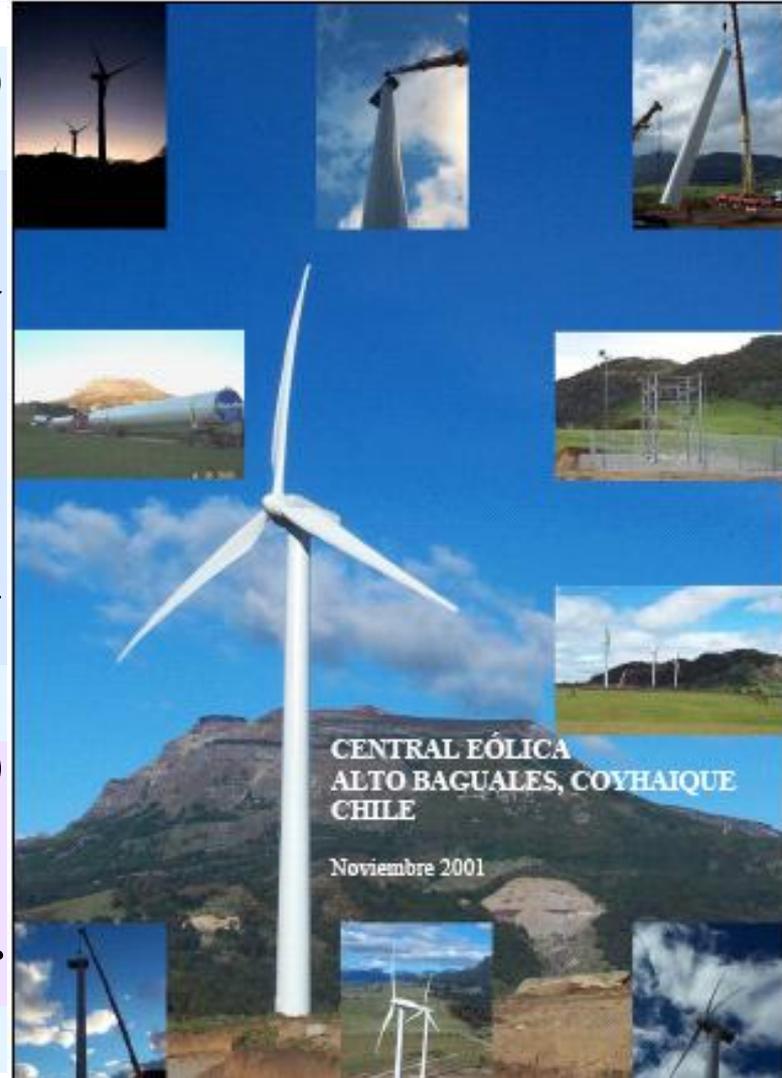
**Representa cerca del 10% del sistema de la región de Aysén.**

**Rotor de 47 [m], tres aspas.**

**Generador asíncrono, de velocidad variable.**

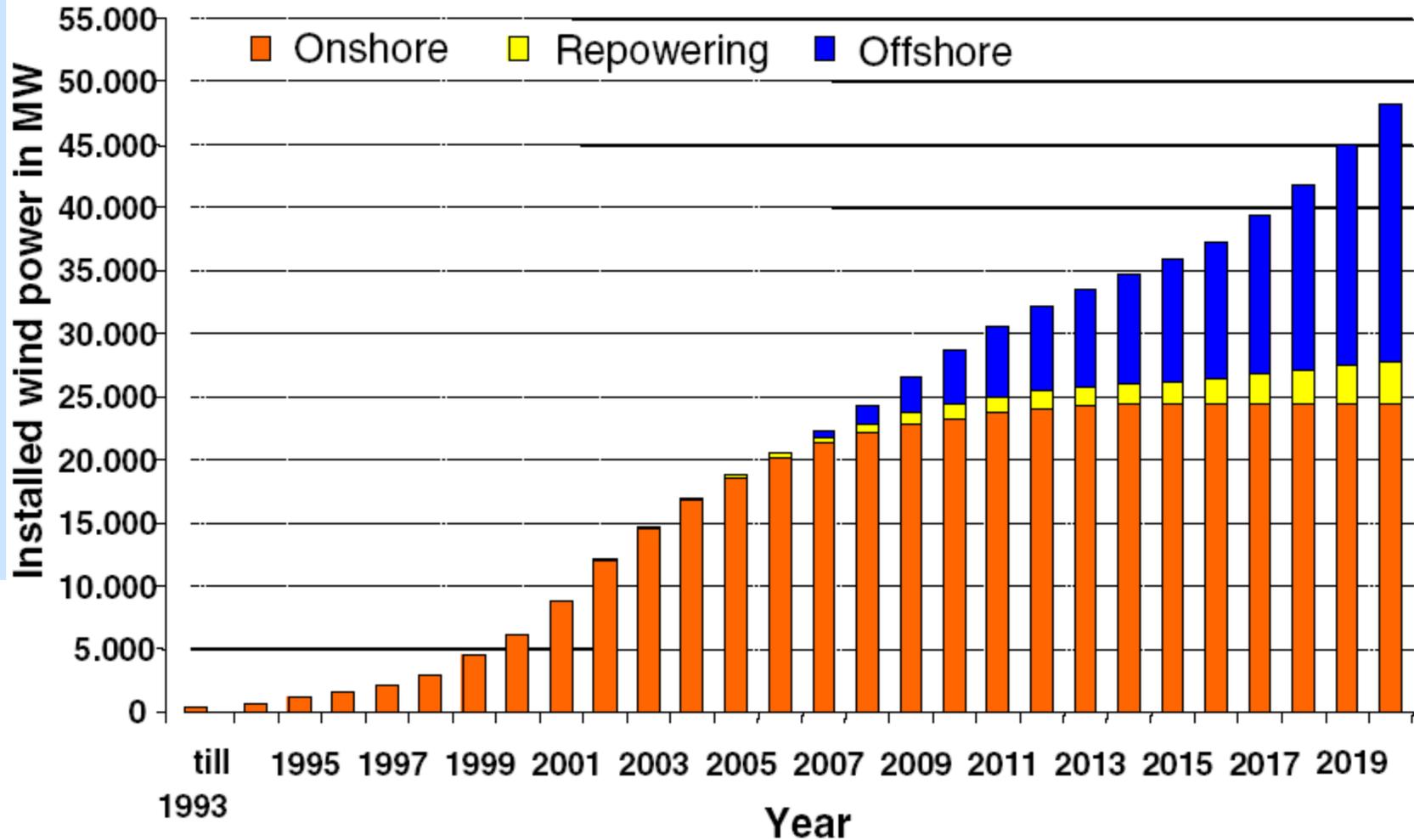
**Operan directamente con la red (50 [Hz]).**

**Requieren de un transformador elevador 690/33000 [V].**



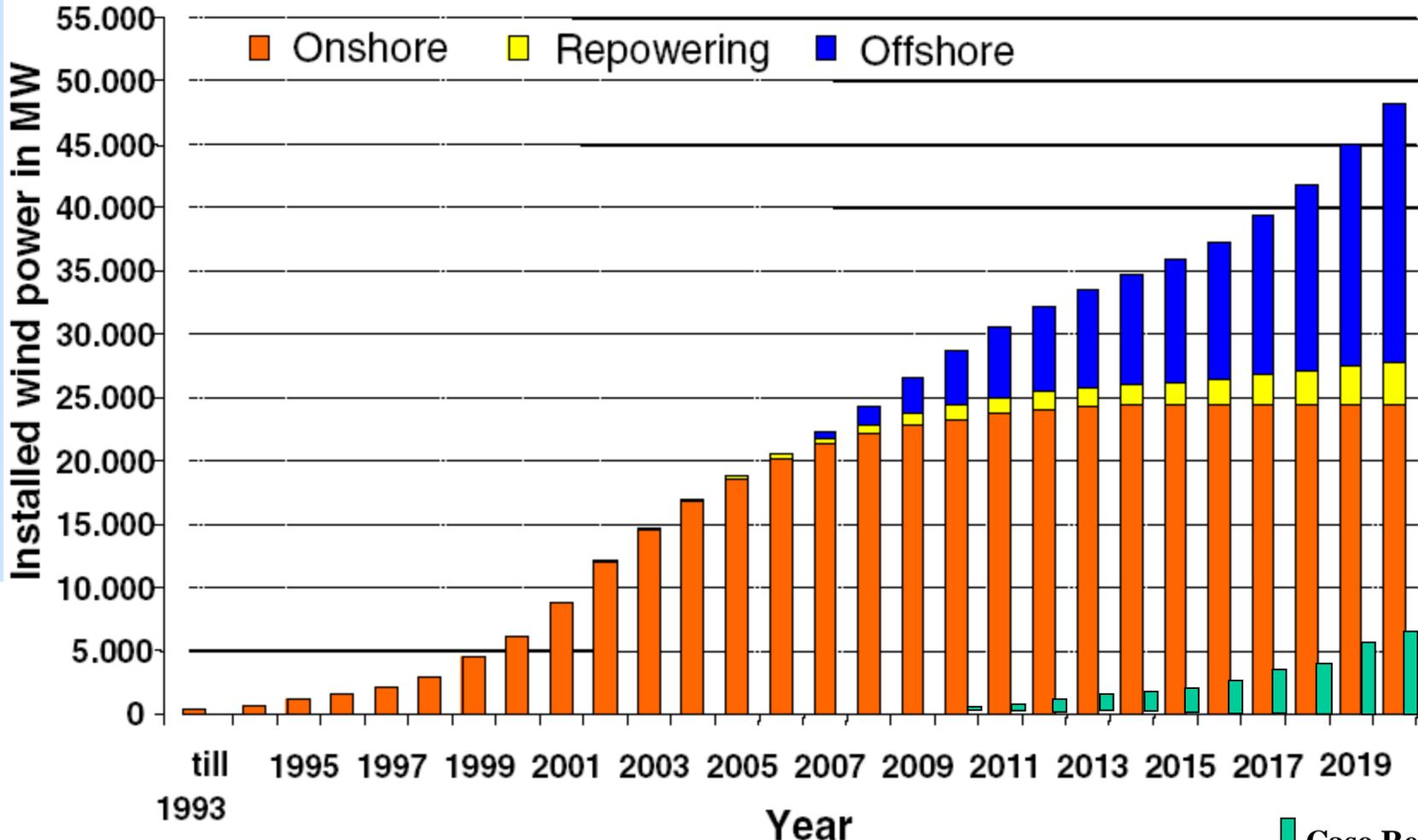


# EJEMPLO 1: ALEMANIA 1993-2020





# EJEMPLO 1: ALEMANIA 1993-2020



} Chile

Caso Renovable  
CHILE



**Land Surface Germany: 357.031 km<sup>2</sup>**

**Land Surface Chile : 756.950 km<sup>2</sup>**



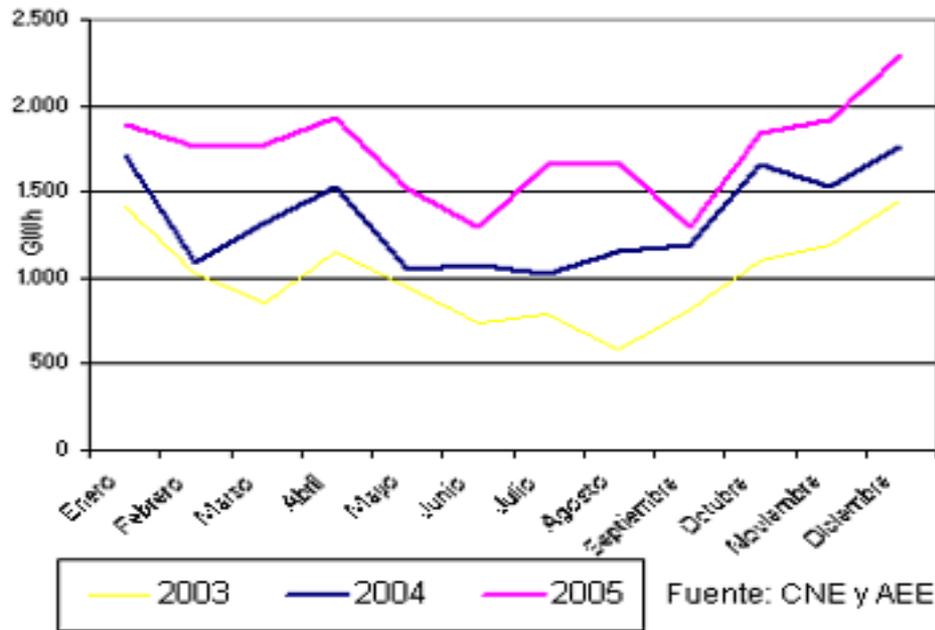
**Wind resources, probably the same or better in Chile**

**Problemas de intermitencia y desconexión intempestiva SUPERADOS**

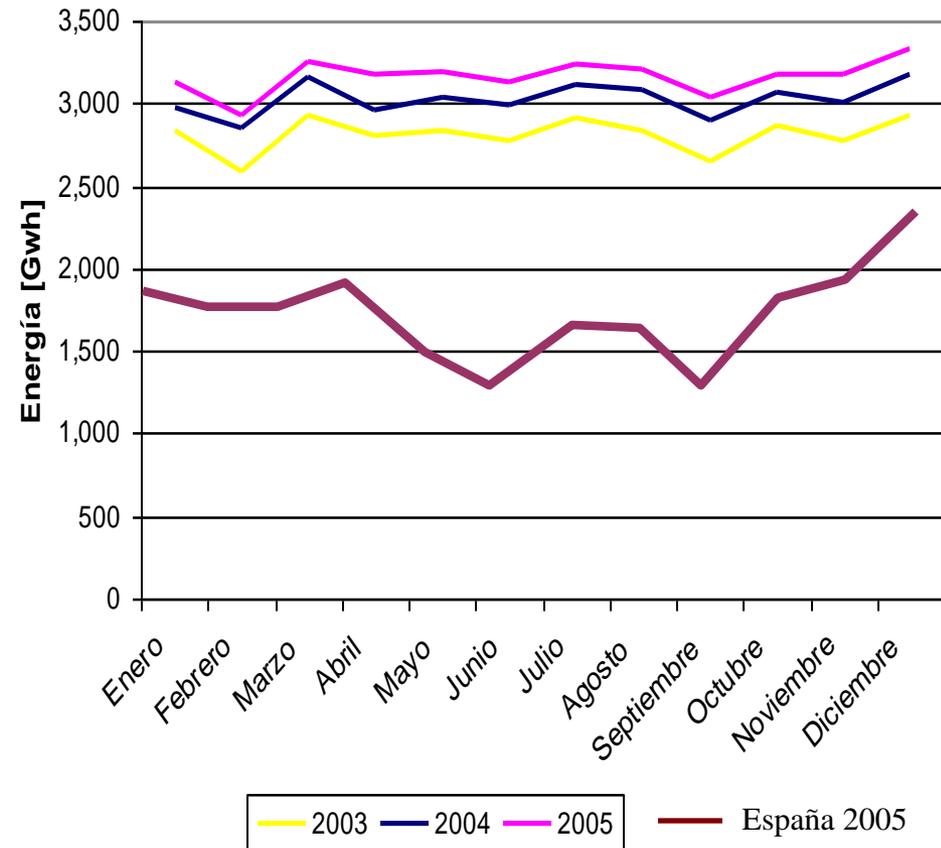


# EJEMPLO 2: Energía Eólica en España

EVOLUCIÓN MENSUAL DE LA GENERACIÓN EÓLICA



Generación real SIC GWh



Máx. producción en 7.300 MW, cubriendo el 24% de la demanda eléctrica.



# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Eólica

## Central ECO Endesa - Parque Eólico Canela

**20 MW**

**Producción media 25.949 MWh  
(factor de planta 30%)**

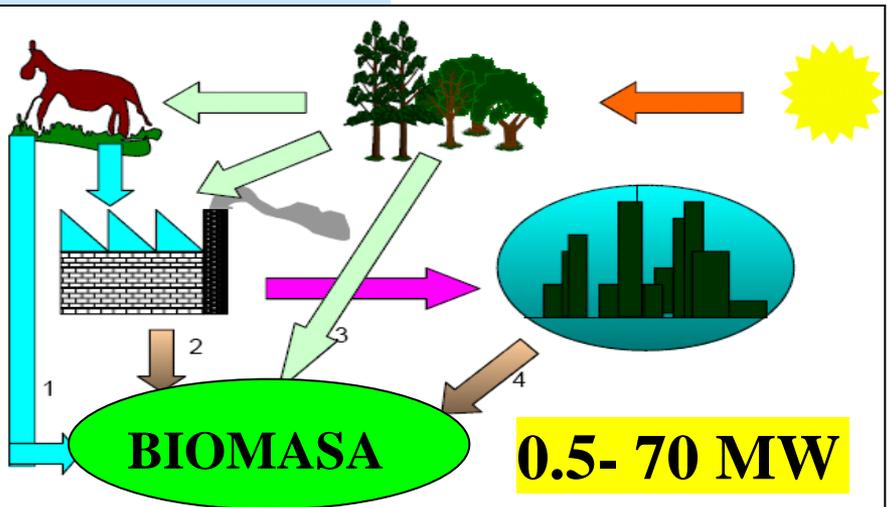
**Altura de torre 65 m**

**Diámetro de rotor 80 m**



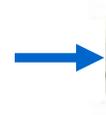


# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Biomasa



**Desechos agrícolas y forestales**

**Industria de alimentos**



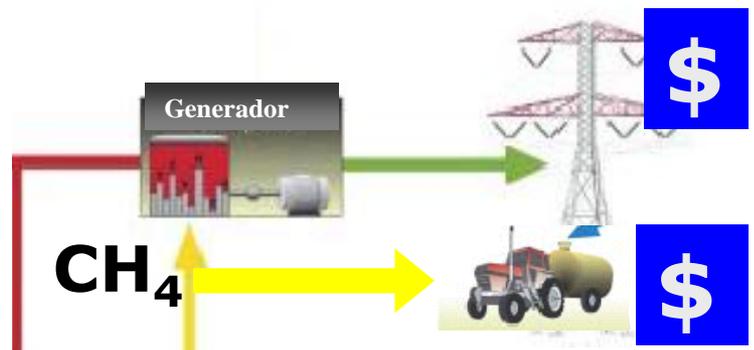
**riles**



**Biodigestor**



**Cultivos**



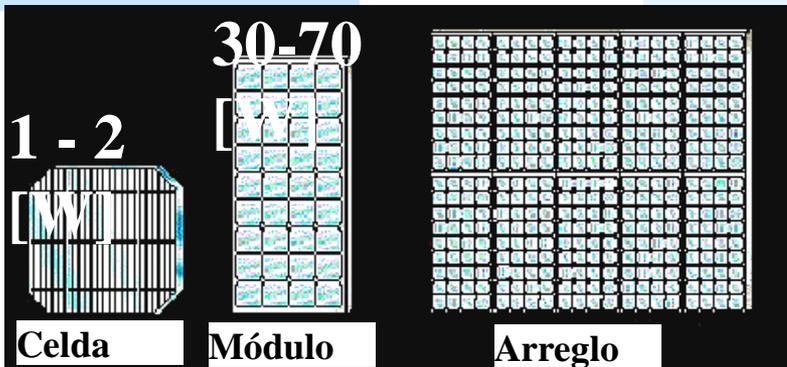
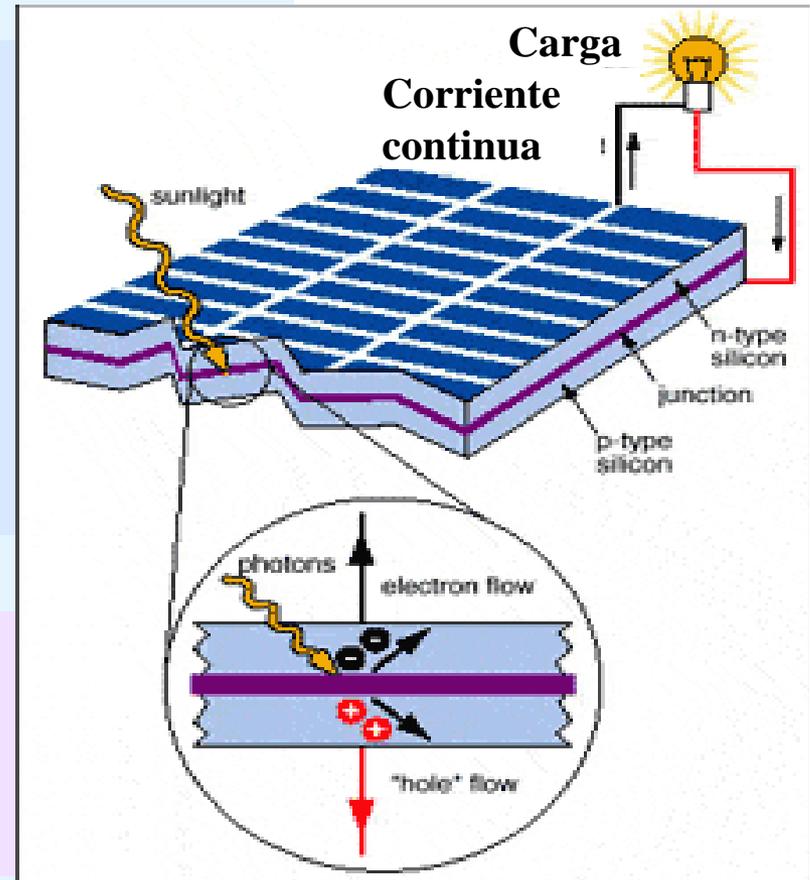
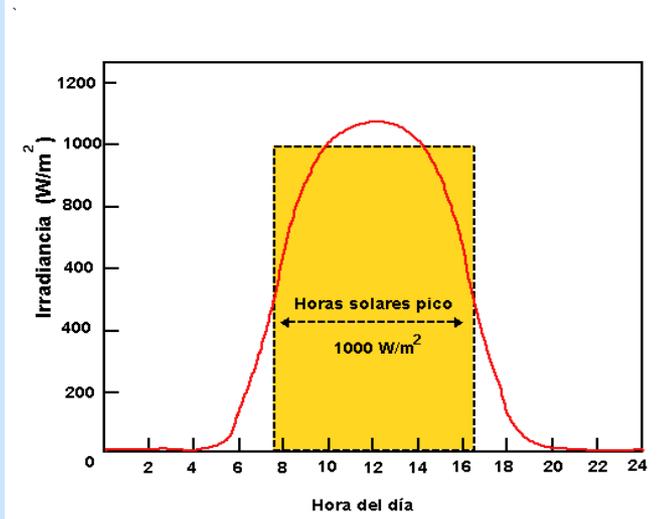
Electricidad  
Calor

Biogás  
Biomasa, Excretas animales, Riles, etc.



# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Energía Solar

## Sistemas Fotovoltaicos (PV)





# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: PV

**10 MW in Pocking, Germany, inaugurada en Abril 27  
2006, costo estimado 40 millones de euro**





# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Energía Solar

## Sistemas de Energía Solar Concentrada



Figure 4 Parabolic trough concentrating solar collector field of the 150 MW (5 x 30 MW) steam cycle solar electricity generating systems at Kramer Junction, California (Source: KJC)



Figure 6 The EURO-DISH parabolic dish concentrator with a Stirling motor-generator in the focal point at the CIEMAT solarthermal test centre Plataforma Solar de Almería, Spain (Source: SBP)





# CARACTERIZACION TECNOLOGIAS: Energía Solar

**En el desierto Mojave  
de California.**

**En operación por dos  
décadas**

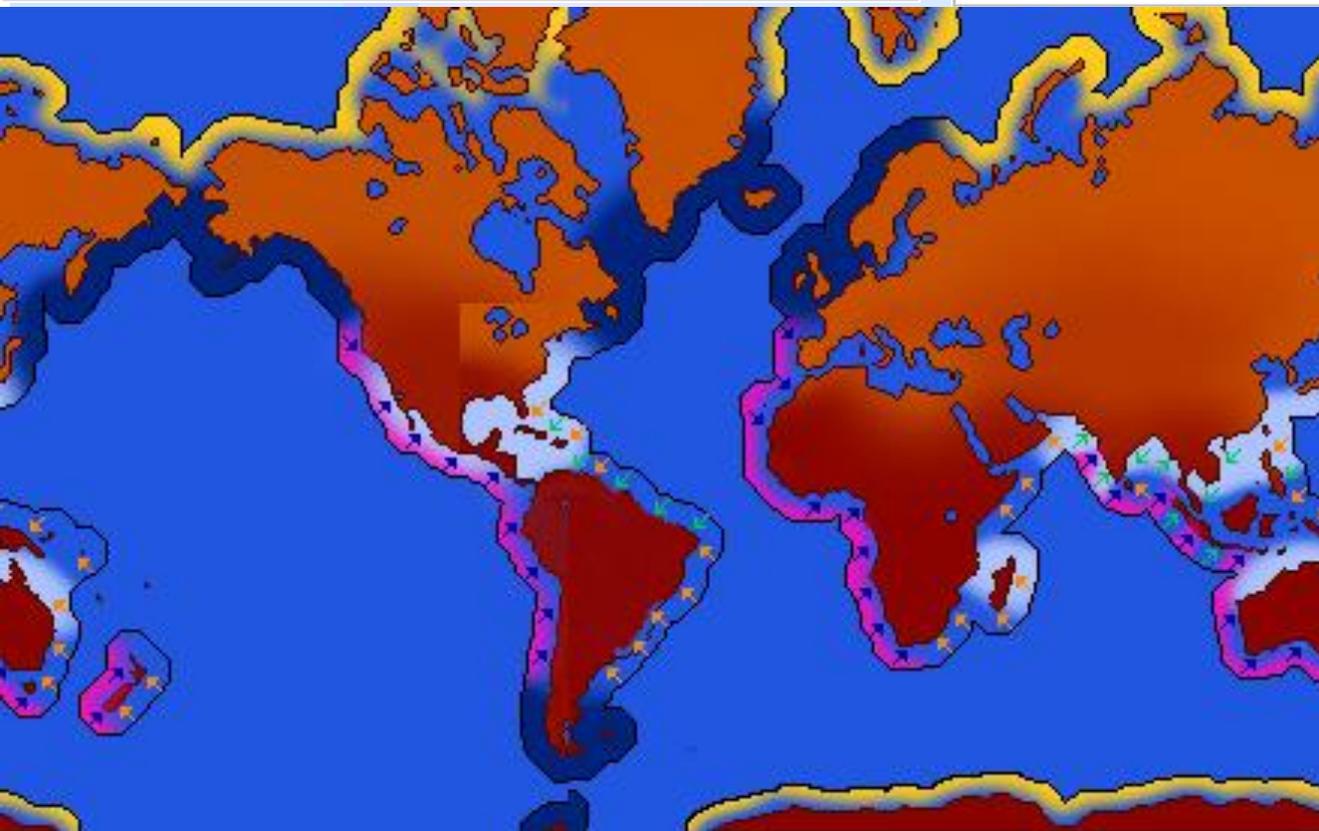
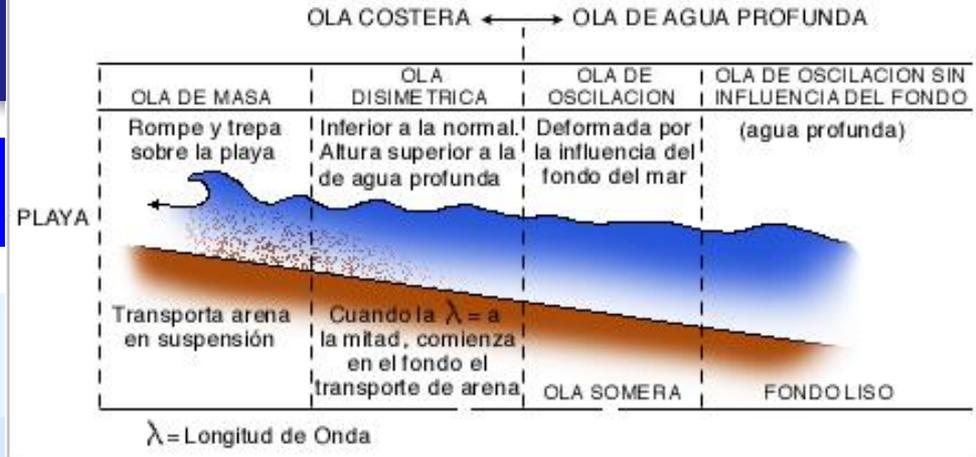
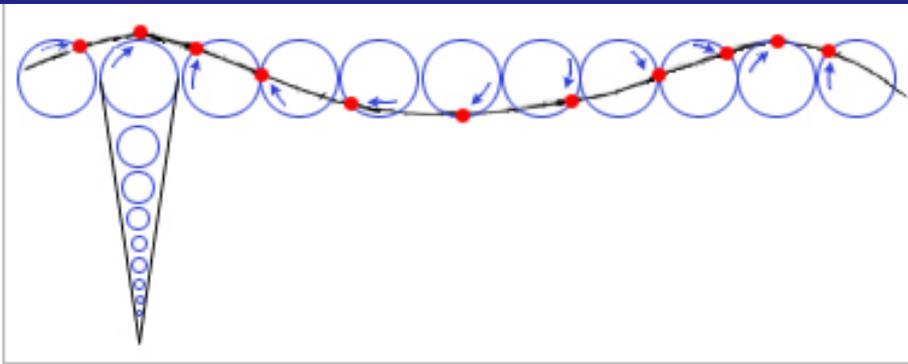
**9 plantas con un total  
de 350 MWe**



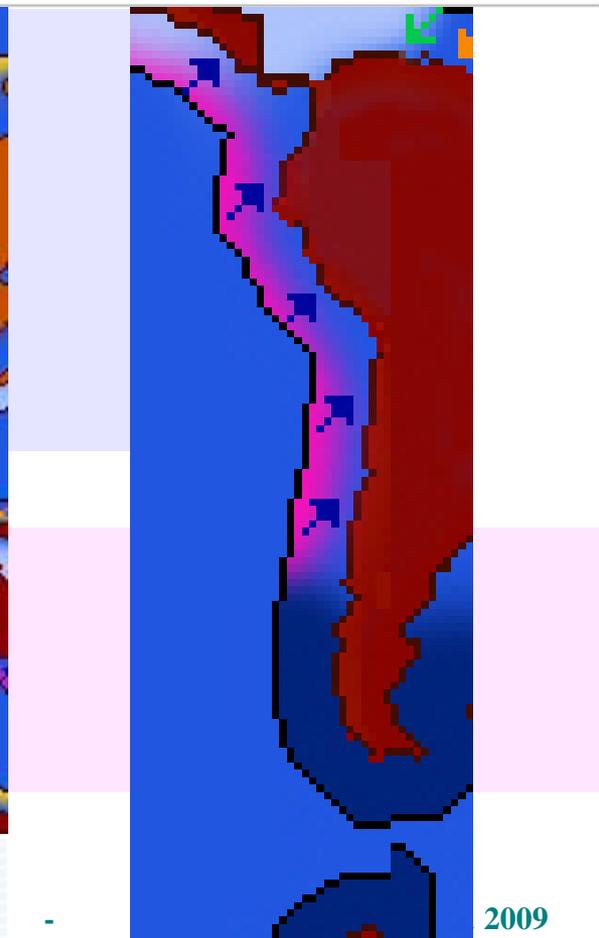




# Energía del Mar

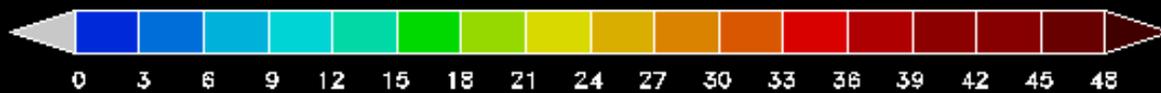
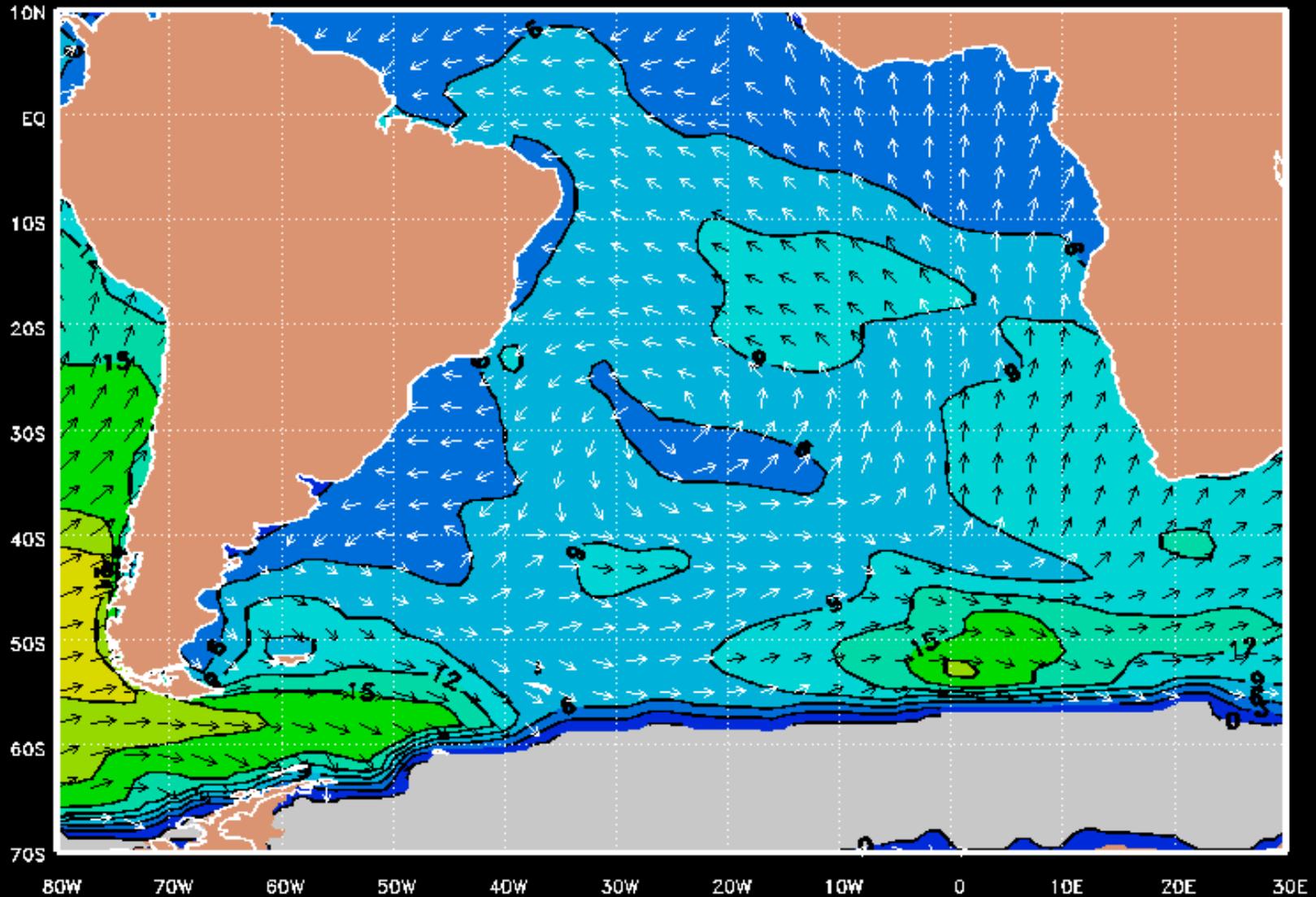


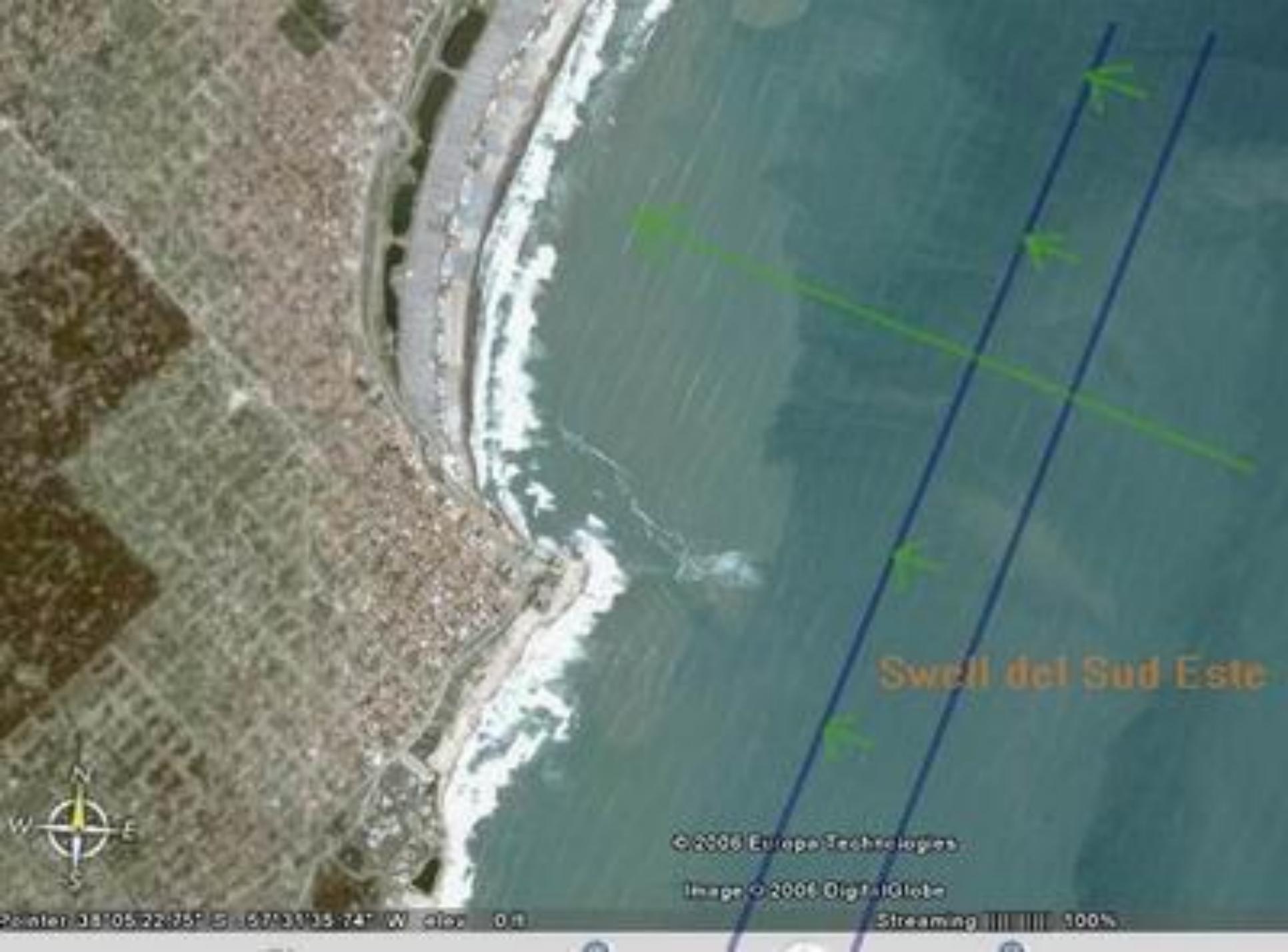
- Ambiente de oleaje Tormenta
- Ambiente de costas protegidas
- Influencia monzones y alisios
- Ambiente de oleaje Oeste
- Ambiente de oleaje Este
- Influencia ciclones tropicales



# Global WW3 Wave Height [ft] and Direction Analysis

From: 00Z01NOV2006 Valid: 00Z01NOV2006





Swell del Sud Este

© 2006 Europa Technologies

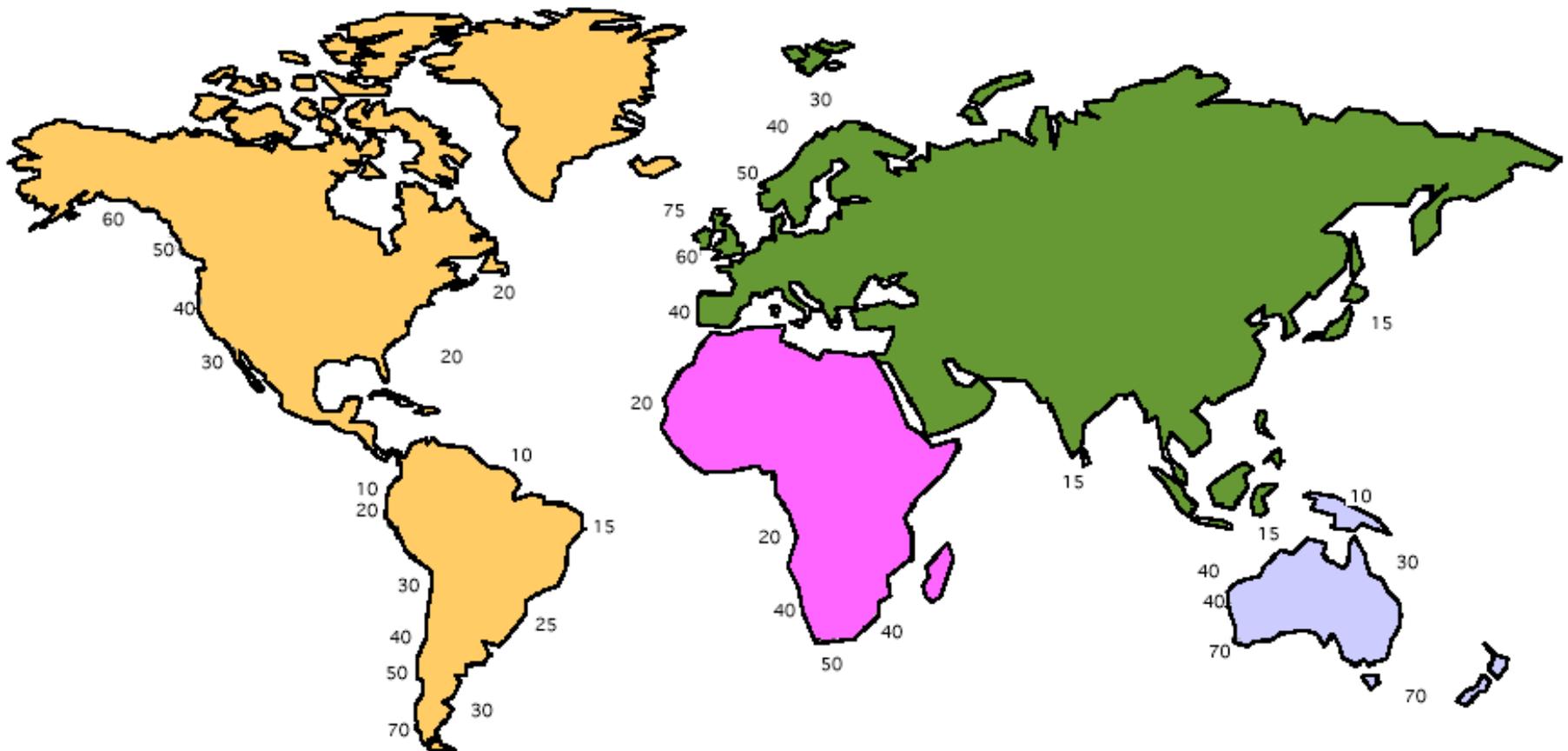
Image © 2006 DigitalGlobe

Pointer 33°05'22.05" S - 67°33'35.74" W elev 0 ft

Streaming 100%



# Energía del Mar



Distribución mundial media anual de la energía de las olas en mar abierto, en kW/m. frente de ola



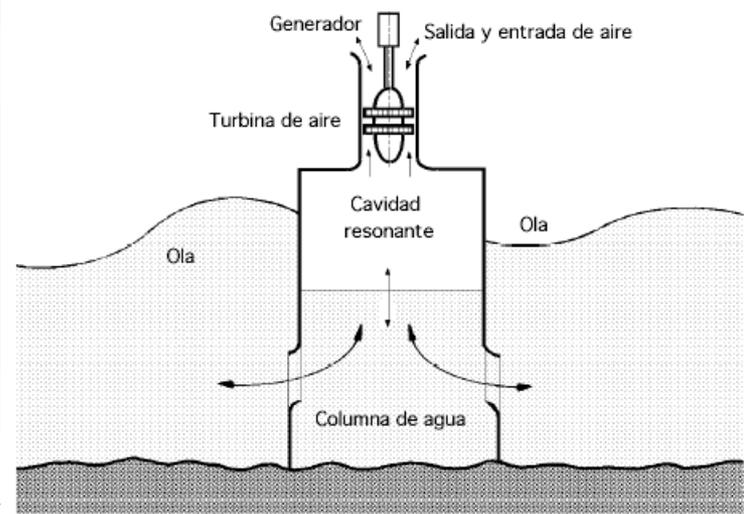
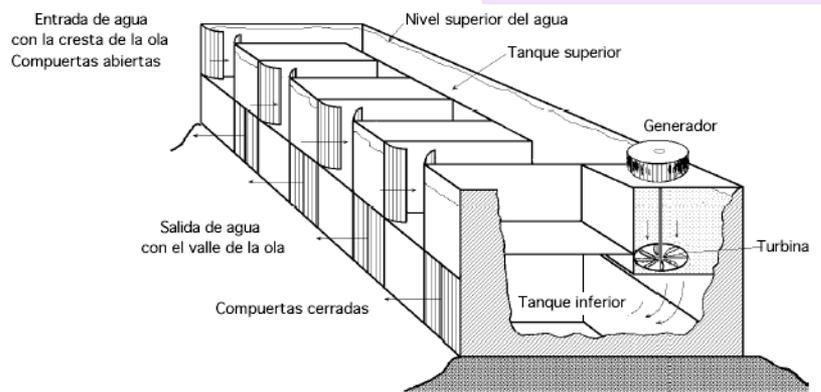
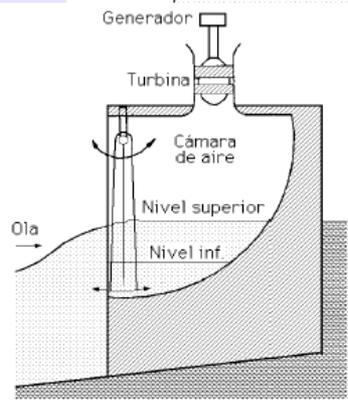
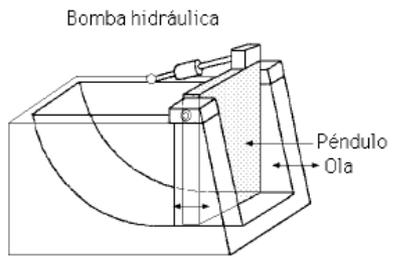
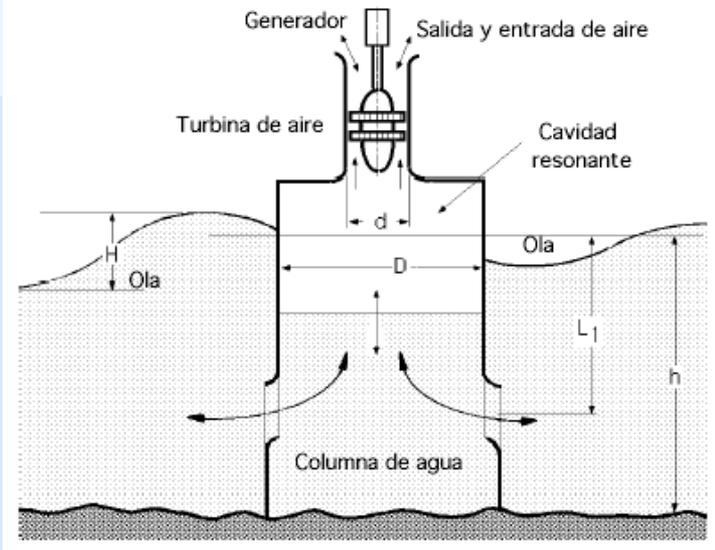
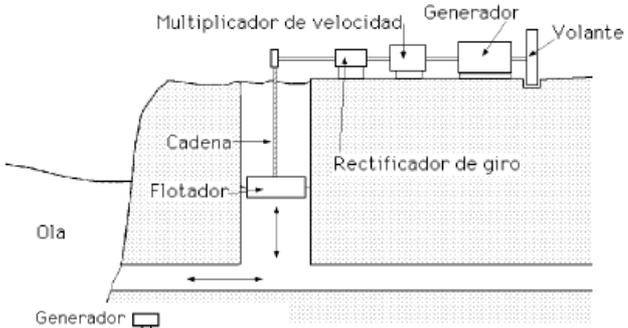
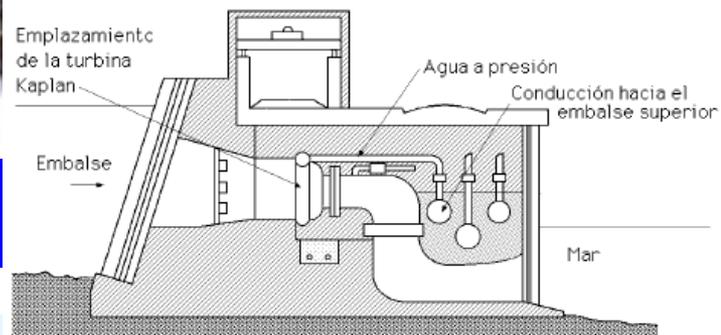
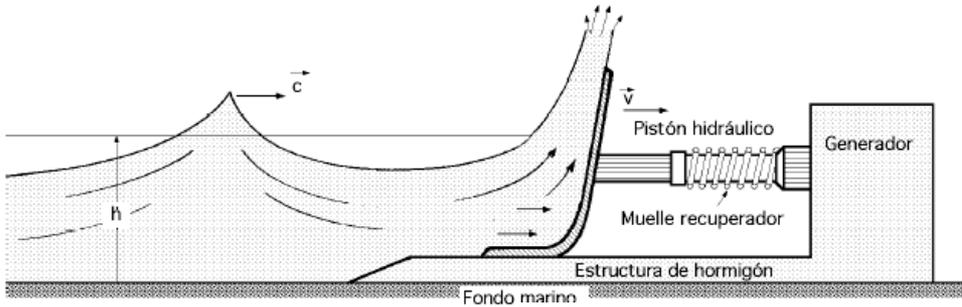
## Tecnologías existentes

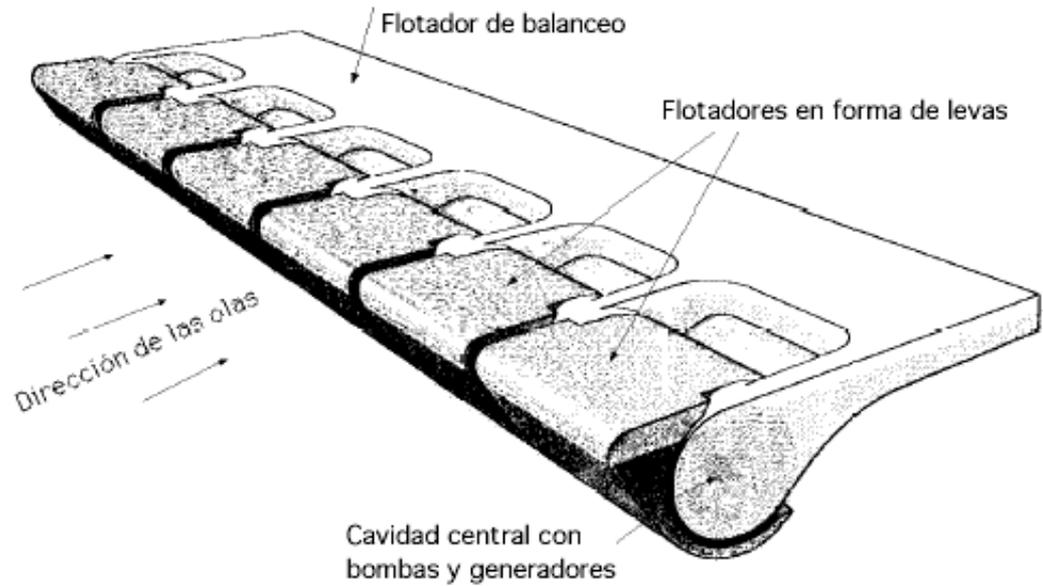
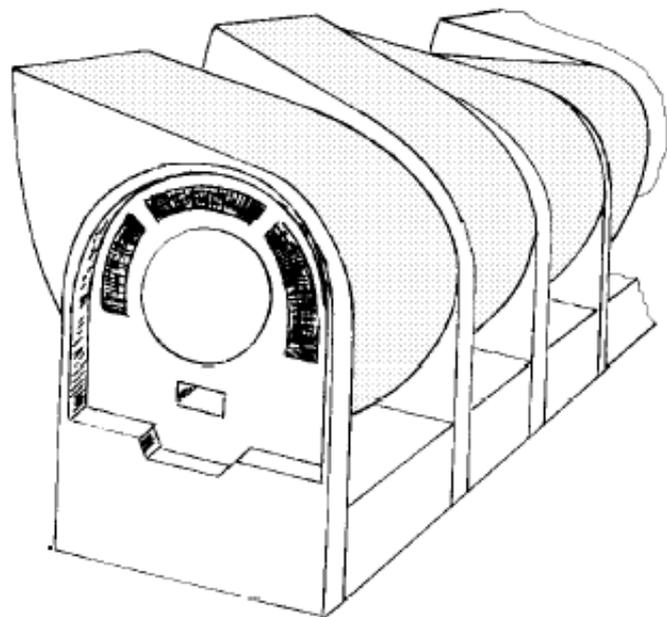
- La **energía de las mareas o energía mareomotriz** es la que resulta de aprovechar las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de La Tierra y La Luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última y del sol sobre las masas de agua de los mares
- La **energía de las olas, o energía undimotriz**, ha sido acogida como la más prometedora fuente de energía renovable para los países marítimos. Las olas se forman en cualquier punto del mar por la acción del viento; cuando el viento sopla con violencia, las olas alcanzan tamaño gigantesco y por el impulso de aquél corren sobre la superficie marina a gran velocidad y descargan toda su potencia sobre los obstáculos que encuentran en su camino. Los efectos de estos choques son enormes y la cantidad de energía disipada en ellos es considerable.



## Tecnologías existentes

- La **conversión de energía térmica oceánica o energía del gradiente térmico** es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varía entre 20 y 24° C.
- La diferencia de salinidad entre el agua de los océanos y el agua de los ríos se mantiene esencialmente por evaporación del agua de los océanos y por lluvia recibida por los ríos. En estas zonas puede obtenerse energía debido a las diferencias de presión osmótica lo que se denomina **energía del gradiente salino**.
- Por último, tenemos la **energía de las corrientes marinas**. Para que esto se produzca es necesaria una velocidad superior a 5 nudos, equivalentes a 12 m/s en aire que movieran las turbinas.

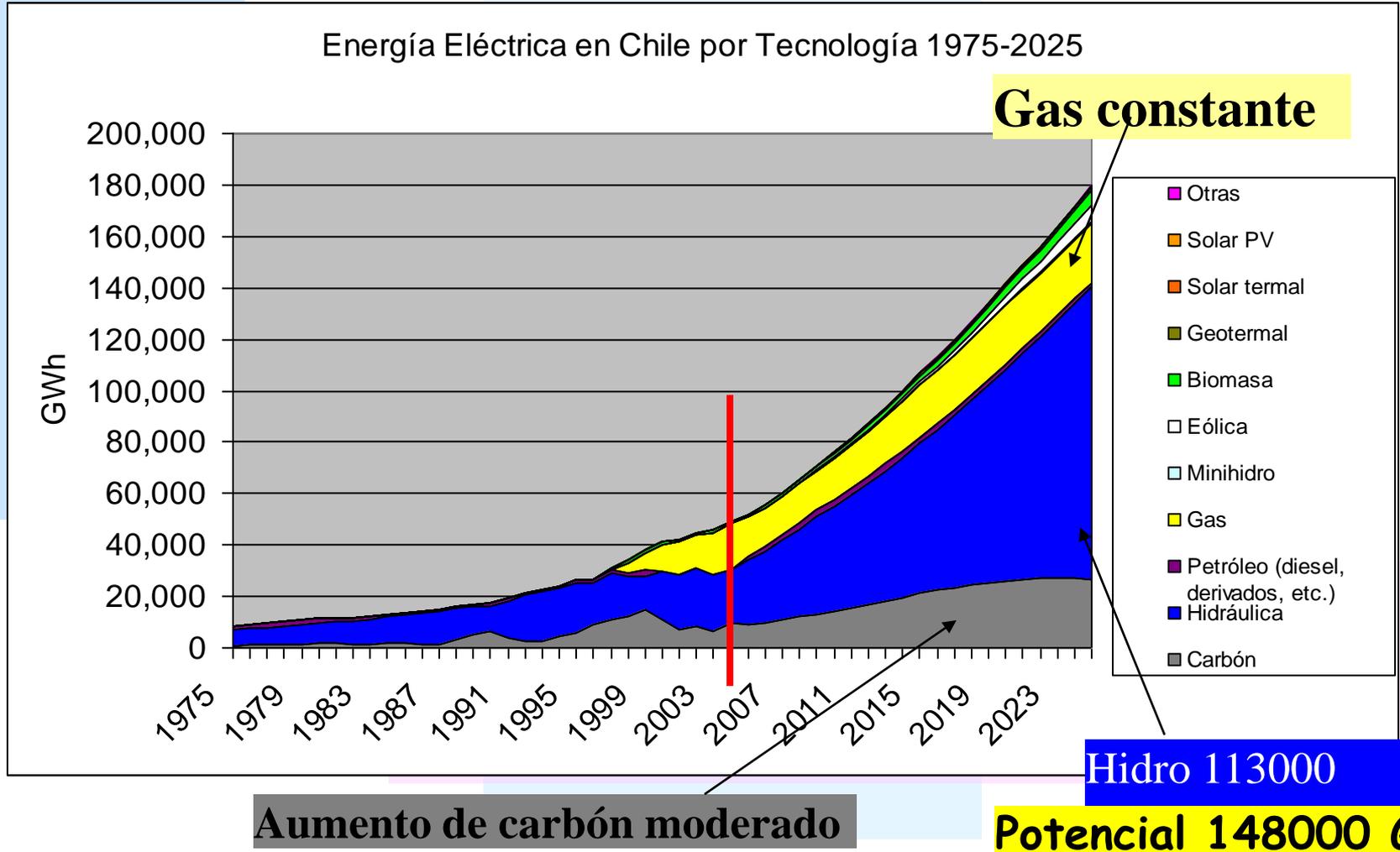






# TENDENCIA EN CHILE

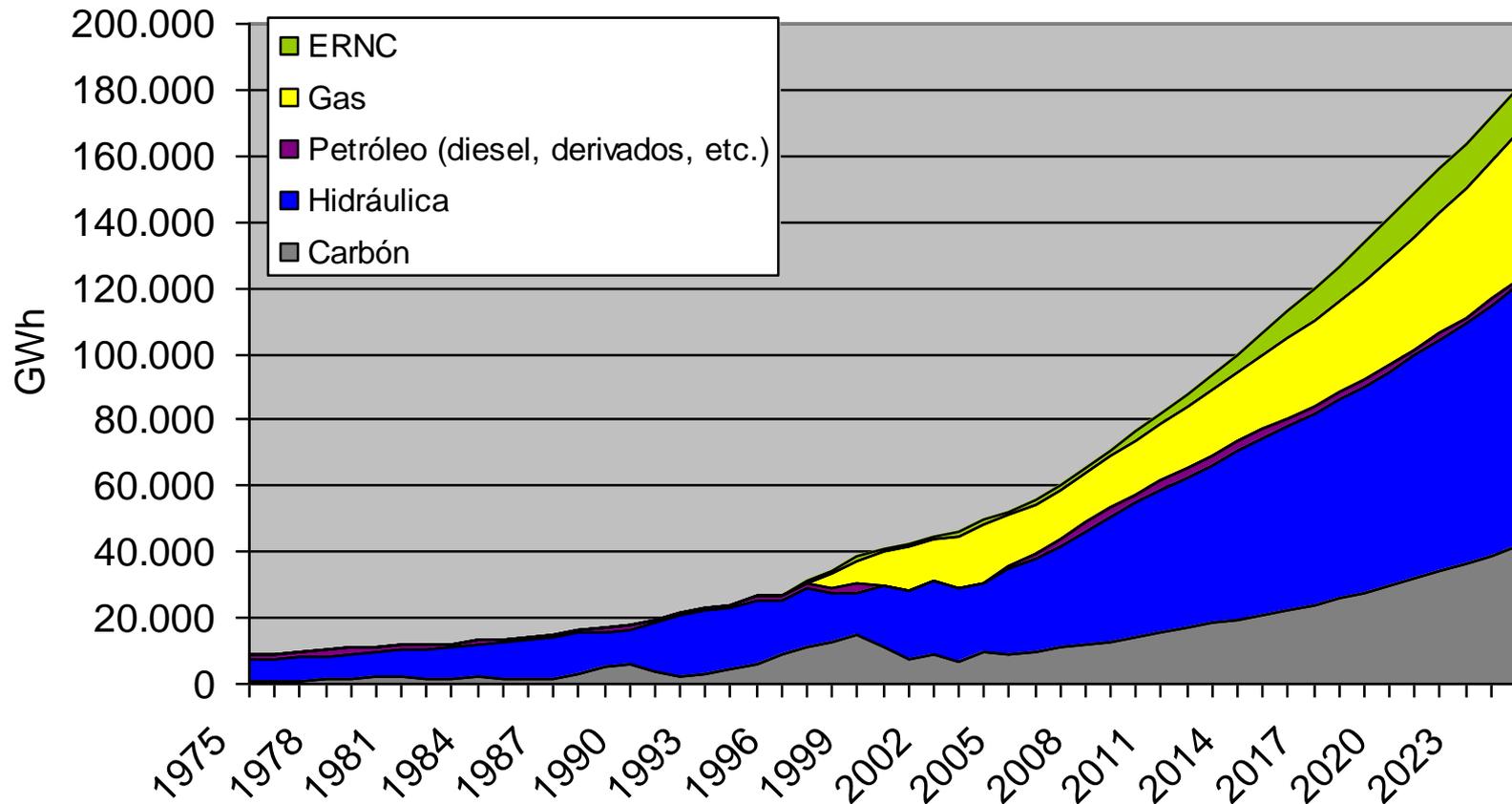
## CASO BASE- SITUACION ACTUAL SIN CAMBIOS





# ESCENARIO FOSILES

Energía Eléctrica en Chile por Tecnología 1975-2025  
Crecimiento continuo fósiles



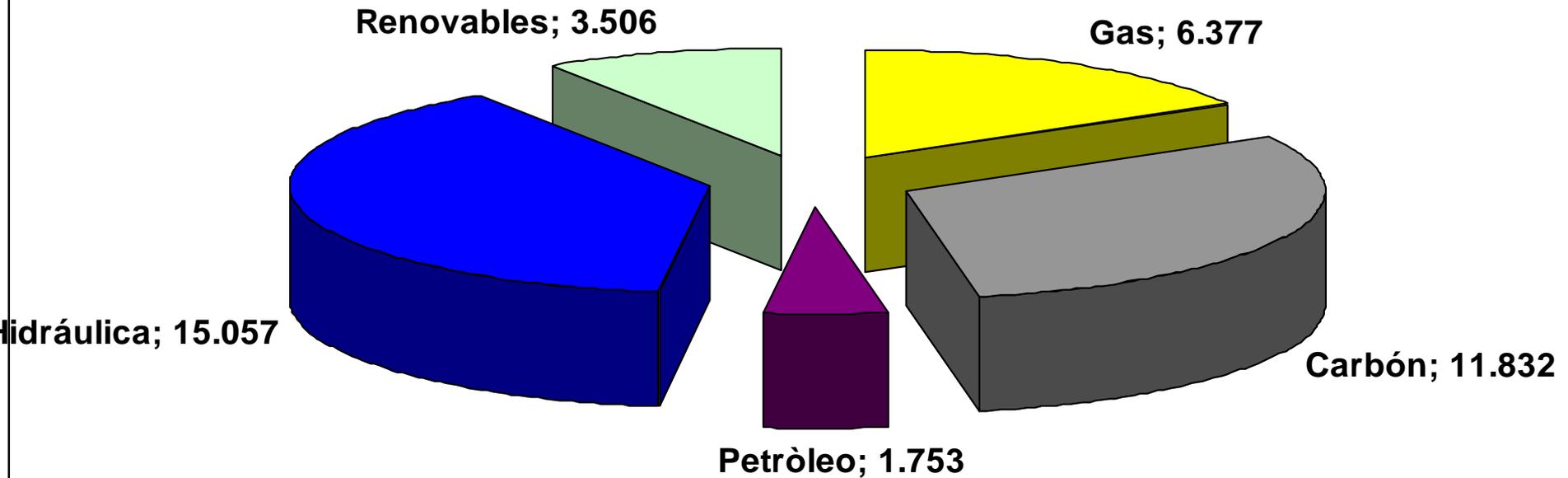
**Hidro 79000 GWh**

**Potencial 148000 GWh**



## ESCENARIO FOSILES 2025

Potencia (con factores de planta típicos)  
MW



Escenario depende fuertemente de capacidad de importar combustibles fósiles



# TENDENCIA EN CHILE

## ESCENARIO ALTERNATIVO- SITUACION CON INCENTIVO ERNC

Escenario Alternativo proyección 2025

