

Contexto energético y marco regulador

Máster en energías renovables y mercado energético

Año de realización: 2011-2012

PROFESOR
José M^a Paz

Índice

1. Aspectos generales del sistema energético
2. Seguridad de suministro
3. Suministro y Consumo de energía
4. Electricidad a partir de energías renovables

Capítulo 1

Aspectos generales del sistema energético



El sistema energético presenta dos caras:

- De un lado estamos los ciudadanos y el consumo final
 - De forma directa: la movilidad y la vivienda
 - Indirecta: servicios, productos industriales y otros
- Del otro lado se encuentra el abastecimiento primario
 - Mayoritariamente combustibles fósiles.- 80%
 - En primer lugar petróleo.- 35%
- Entre ambos la parte industrial del sistema energético
 - Refino, Generación de electricidad, Distribución, Etc.

Tipos de energías primarias

- Energías tal y como se encuentran disponibles
 - Combustibles fósiles
 - Nuclear
 - Hidráulica
 - Eólica, Solar, Biomasa y otras renovables
- Vectores energéticos: formas de energía disponibles para el consumo después de su transformación
 - Electricidad: principal vector energético en la actualidad
 - Refino, con incorporación de biocarburantes
 - ¿En el futuro el hidrógeno?

Principales problemas de funcionamiento del sistema energético:

- Por una parte están los problemas técnicos:
 - Diversidad de energías primarias con sustituciones limitadas
 - Duración de los recursos
- Por otra los problemas económicos (y políticos)
 - Formación de precios (mercados internacionales intervenidos)
 - Geoestrategia de la energía y utilización política de los abastecimientos
- Por fin están los problemas medioambientales
 - Las actividades de suministro de energía tienen impactos negativos importantes

Principales orientaciones de las políticas energéticas

- Suministro seguro (seguridad de abastecimiento).
Accessibility
 - Diversificación de suministros
 - Acciones diplomáticas
 - Energías renovables
- Asequible económicamente. Availability - Affordability
 - Competitivo
 - Eficiencia energética
- Sostenible. Acceptability - Accountability
 - Lucha contra el cambio climático
 - Energías renovables

Capítulo 2

Seguridad de suministro



La seguridad energética tiene muchas dimensiones

- **Riesgos geológicos**
 - Agotamiento de recursos/ escasez
- **Riesgos geopolíticos**
 - Reducción voluntaria o involuntaria de la producción
 - Riesgos de transporte y tránsito
 - Utilización nacionalista de los recursos
- **Riesgos económicos**
 - Inversión insuficiente
 - Perturbaciones de los mercados
 - Fluctuación de los precios, volatilidad

... y más

- **Riesgos medioambientales**
 - Accidentes
 - Cambio climático
- **Riesgos técnicos**
 - Fallo del sistema
 - Riesgos aleatorios (contingencias)

Y es muy complejo definir una forma de medida única que tenga en cuenta todos ellos.

En síntesis

- Los mayores riesgos están asociados a la volatilidad y alto nivel de los precios.
- Las políticas de seguridad energética y de lucha contra el cambio climático deben coordinarse, ya que las soluciones a estos problemas en el largo plazo han de ser comunes.
- Es imprescindible el desarrollo de capital humano, el impulso a la investigación y la innovación, y una regulación estable, para disponer de soluciones a medio plazo.
- El acceso universal a la electricidad y otras formas avanzadas de energía debe ser un objetivo permanente, hasta que se consiga por completo.

Riesgos geológicos

- Existen recursos energéticos suficientes.
- El problema es la tasa a la que se pueden poner a disposición de los mercados, a causa de las fuertes inversiones necesarias en infraestructuras de exploración, extracción, transporte y transformación.
- Debe prestarse atención a la disponibilidad de elementos críticos energéticos.

Riesgos geopolíticos

- El componente geopolítico del mercado de combustibles fósiles en el futuro tendrá cambios importantes:
 - Incuestionable papel central de China
 - Cada vez mayor importancia de la OPEP en el suministro de petróleo
 - Disminución del riesgo energético en EEUU gracias a la extracción del gas de pizarra.
- La escasez de oferta puede verse acentuada por problemas de inestabilidad política como los experimentados recientemente en el suministro de gas o petróleo.

Riesgos económicos

- Existe un importante riesgo de precio derivado del fuerte incremento en los precios de la energía, especialmente en los países en desarrollo y en aquellos países industrializados con una fuerte dependencia energética, como es el caso de España.
- El Fondo Monetario Internacional ha afirmado que el precio del petróleo será un factor determinante en el crecimiento económico global y en la salida de la crisis económica.

Riesgos medioambientales

- Deben tenerse en cuenta las consecuencias del cambio climático en la planificación de las infraestructuras energéticas.
- En el corto plazo las políticas ambiental y de seguridad energética pueden no estar alineadas
- En el largo plazo es la estrategia de lucha contra el cambio climático (*e.g. Roadmap 2050 de la UE*) la que establece el marco de referencia en el que deben diseñarse conjuntamente las políticas de seguridad energética y reducción de emisiones.

Riesgos técnicos

- Aunque se está progresando en las tecnologías renovables y hay actividades en marcha en la captura y almacenamiento de CO₂ y en las tecnologías nucleares, el desarrollo tecnológico no avanza acorde con la urgencia del problema.
- Hay que incrementar de manera significativa la inversión en I+D que permita ofrecer soluciones alternativas a gran escala.
- Habrá escasez de técnicos adecuadamente preparados

Algunas implicaciones regulatorias (1 de 2)

- Los mercados actuales no pueden recoger adecuadamente el riesgo del suministro de energía, muy en particular en el largo plazo, sin explícitas intervenciones regulatorias y sin una participación mayor de la demanda.
- Los instrumentos regulatorios han de estar dirigidos a promover las inversiones que mejoren la diversificación energética y a mantener, cuando sea necesario, un adecuado margen de riesgo en la cobertura de la demanda, minimizando en lo posible la distorsión en el funcionamiento de los mercados.

Algunas implicaciones regulatorias (2 de 2)

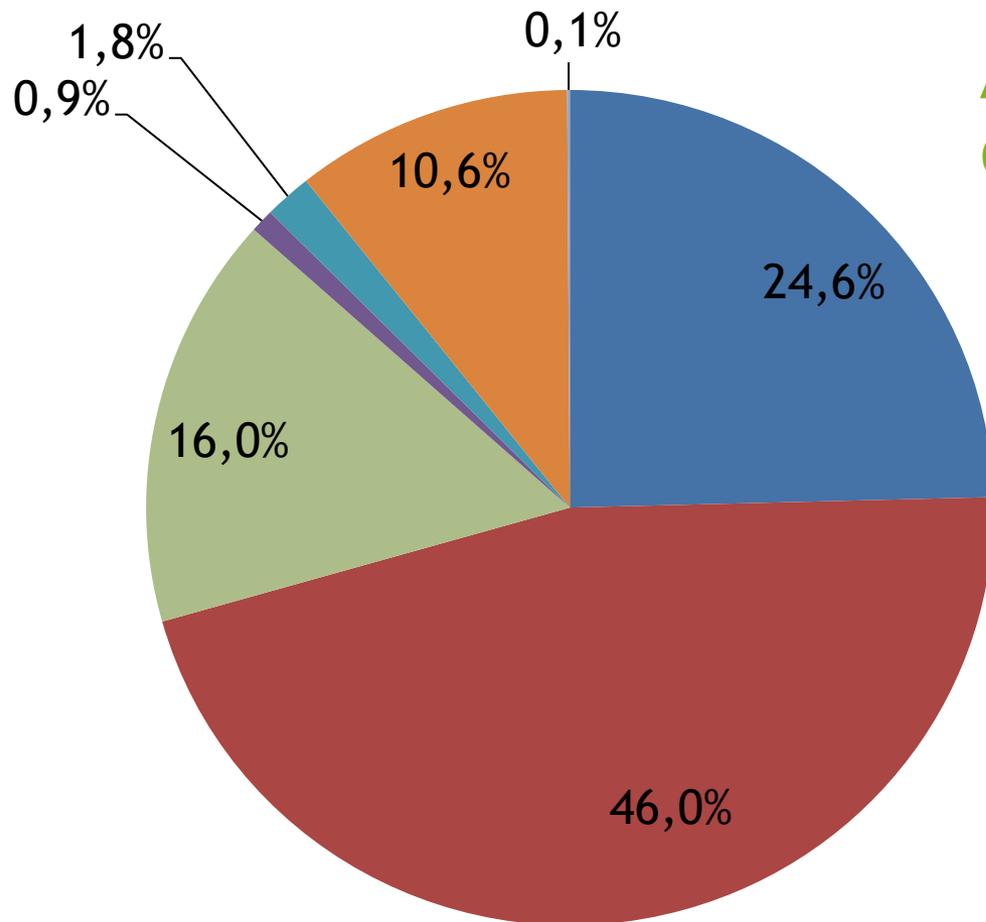
- Habrá que crear mercados y capacitar a los consumidores, con medios tecnológicos e información, para recibir las señales económicas de los mismos y expresar, mediante su disponibilidad a pagar, el grado de seguridad energética que desean, algo que será cada vez más importante en el futuro por la magnitud de los esfuerzos a realizar.

Capítulo 3

Suministro y consumo de energía



Suministro de energía primaria



Año 1973
6.111 Mtep

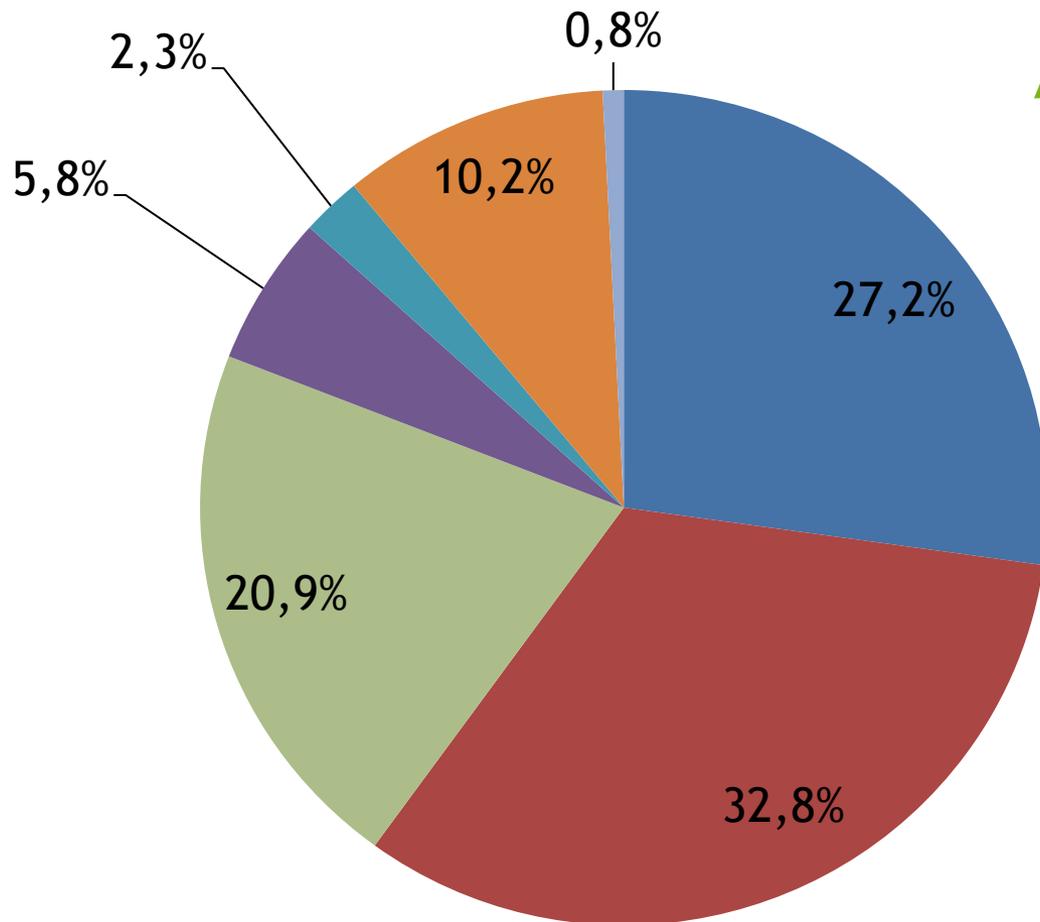
- Carbón
- Petróleo
- Gas
- Nuclear
- Hidráulica
- Biomasa
- Otras renovables

Total combustibles fósiles 86,6%

Fuente: Agencia Internacional de la Energía

Suministro de energía primaria

Año 2009
12.150 Mtep



- Carbón
- Petróleo
- Gas
- Nuclear
- Hidráulica
- Biomasa
- Otras renovables

Total combustibles fósiles 80,9%

Fuente: Agencia Internacional de la Energía

Suministro de energía primaria

- La participación de los combustibles fósiles en el total del abastecimiento de energía primaria tiende a decrecer, fundamentalmente debido al petróleo.
- A nivel mundial los suministros de petróleo y gas natural presentan incertidumbres.
- Puede haber reducciones de oferta por razones técnicas o políticas.
- Las energías primarias en las que se puede pensar de cara al futuro presentan problemas:
 - Carbón, que emitirá mas CO₂
 - Energías Renovables, en la actualidad poco económicas
 - Energía Nuclear, con problemas de aceptación social

ENERGÍA PRIMARIA 130,5 Millones de tep

España año 2009

CONSUMO FINAL DE ENERGÍA

97,7 Millones de tep

Combustibles Fósiles: 80,5%

Petróleo 48,8%

Gas Natural 23,8%

Carbón 7,9%

Energías Renovables
9,4%

Energía Nuclear 10,5%

Pérdidas y
Materias primas

Refinerías de
Petróleo

Sistema eléctrico:
• Generación
• Transporte
• Distribución

Pérdidas

**TRANSFORMACIÓN
Y DISTRIBUCIÓN
DE ENERGÍA**

Carburantes: 38%

Combustibles: 40,5%

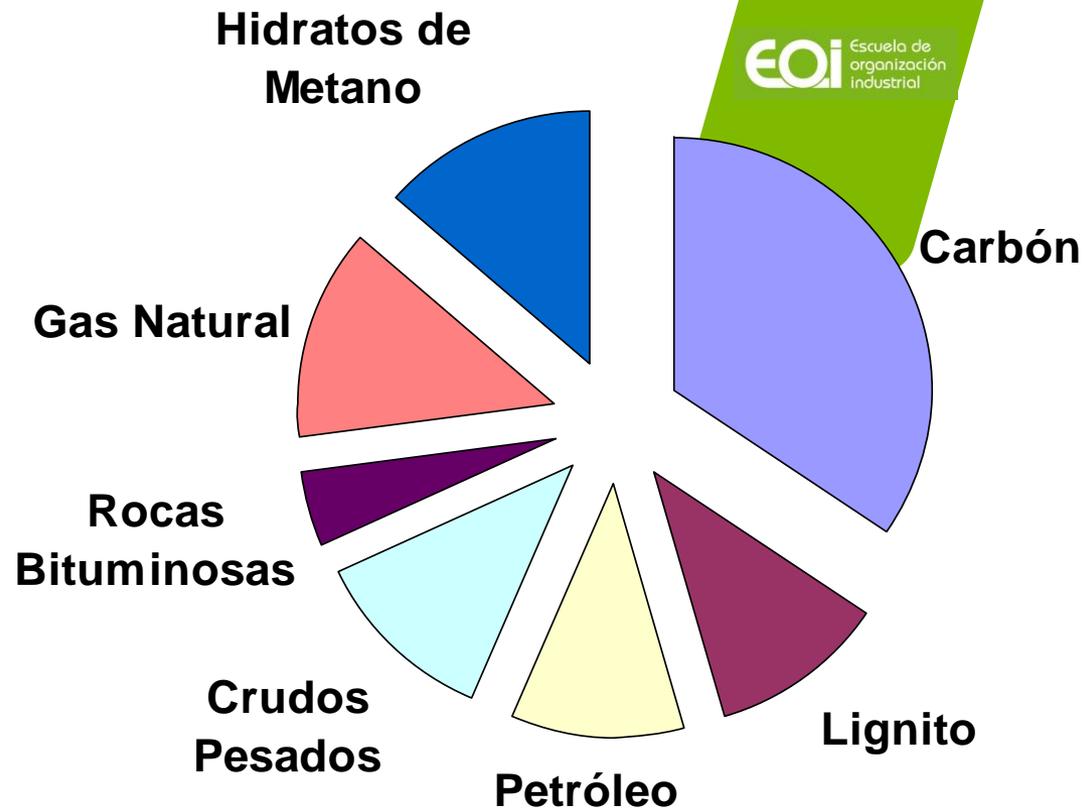
Electricidad: 21,5%

EL PETRÓLEO ES CRÍTICO EN EL SISTEMA ENERGÉTICO:

- En conjunto las reservas de combustibles fósiles son amplias
 - El carbón es el mayoritario. ¿Vuelta al carbón?
- Las de petróleo, tipo ligero y medio, son pequeñas
 - Ya se extraen crudos pesados
- El petróleo y el gas natural se localizan en Oriente Medio
 - +1/2 de las reservas de crudo; +1/3 de las de gas natural
- Se asume que estamos próximos al “Pico del Petróleo”
 - La evolución se relacionará con su precio

RESERVAS Y RECURSOS:

- **Petróleo.-** Las dos terceras partes de ellas se localizan en Oriente Medio.
- **Gas natural.-** Un tercio del total en Oriente Medio, otro tercio en Rusia y países de Asia Central.
- **Carbón.-** Mas repartido en todos los continentes.



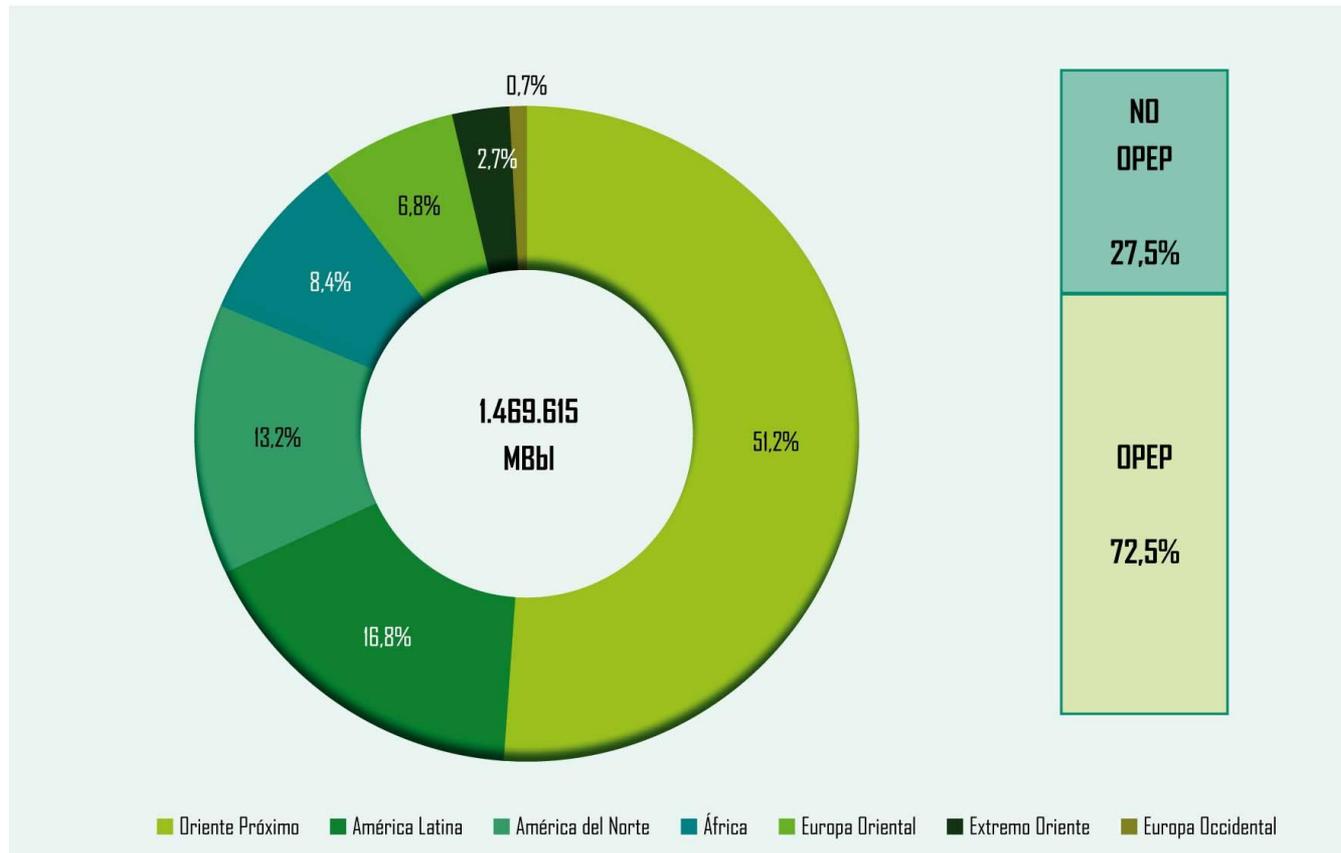
- Las reservas totales se estiman en algo más de 1.000.000 de millones de tep.
- Los recursos globales pudieran ser del orden de 3.000.000 millones de tep.

Fuente: Elaborado a partir de datos de IEA, BP y otros

Reservas de Petróleo

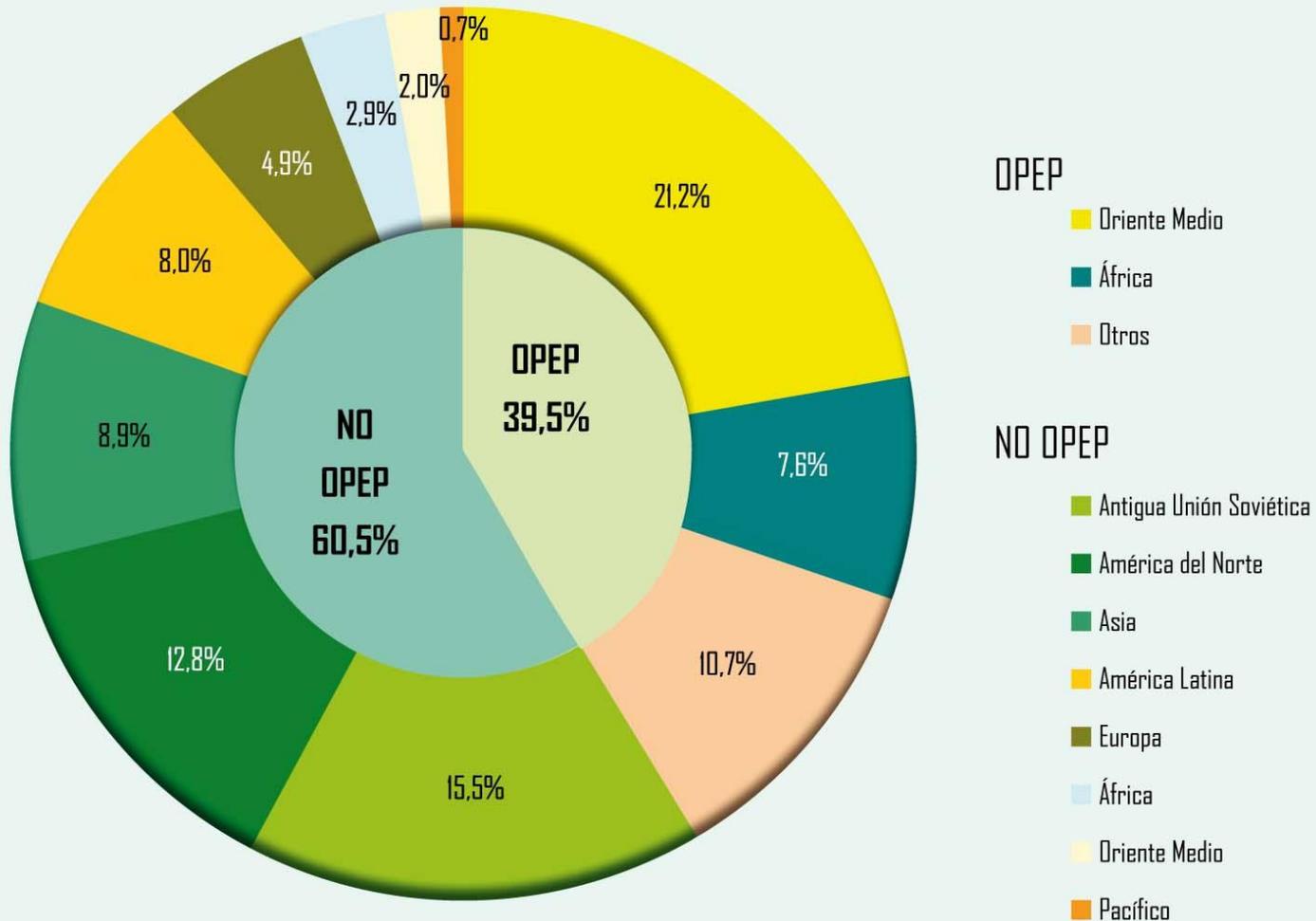
- A finales de 2010, las reservas mundiales probadas de petróleo ascendían a 1,47 billones de barriles

Reservas mundiales de petróleo por áreas a 1 de enero de 2011 (%)



Fuente: Resumen CORES 2010

Distribución de la producción por áreas en 2010 (%)



PRODUCCIÓN TOTAL MUNDIAL 87,40 millones de barriles/día

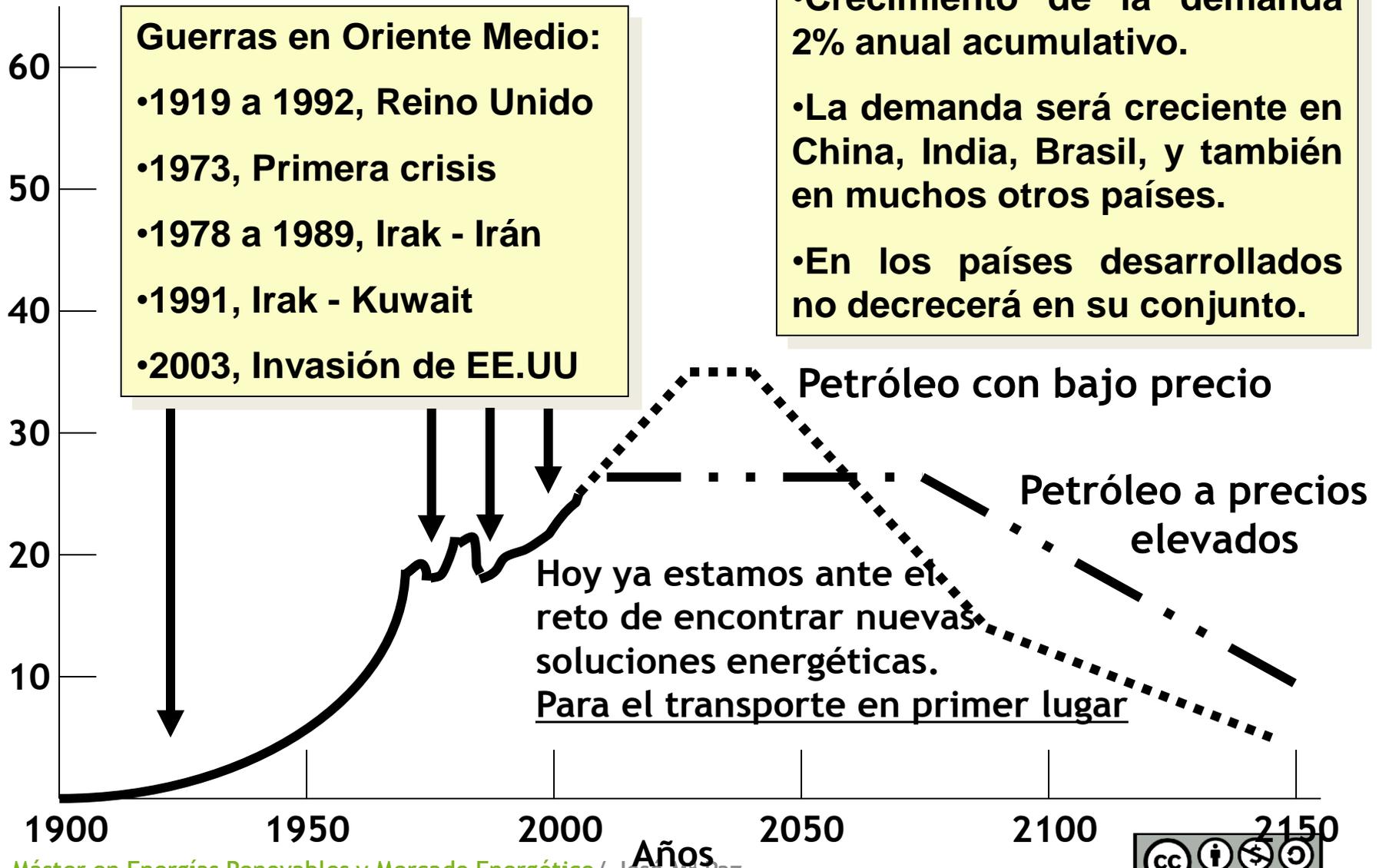
Fuente: Resumen CORES 2010

Extracción de petróleo

Miles de millones bbl/año

HIPÓTESIS:

- Crecimiento de la demanda 2% anual acumulativo.
- La demanda será creciente en China, India, Brasil, y también en muchos otros países.
- En los países desarrollados no decrecerá en su conjunto.

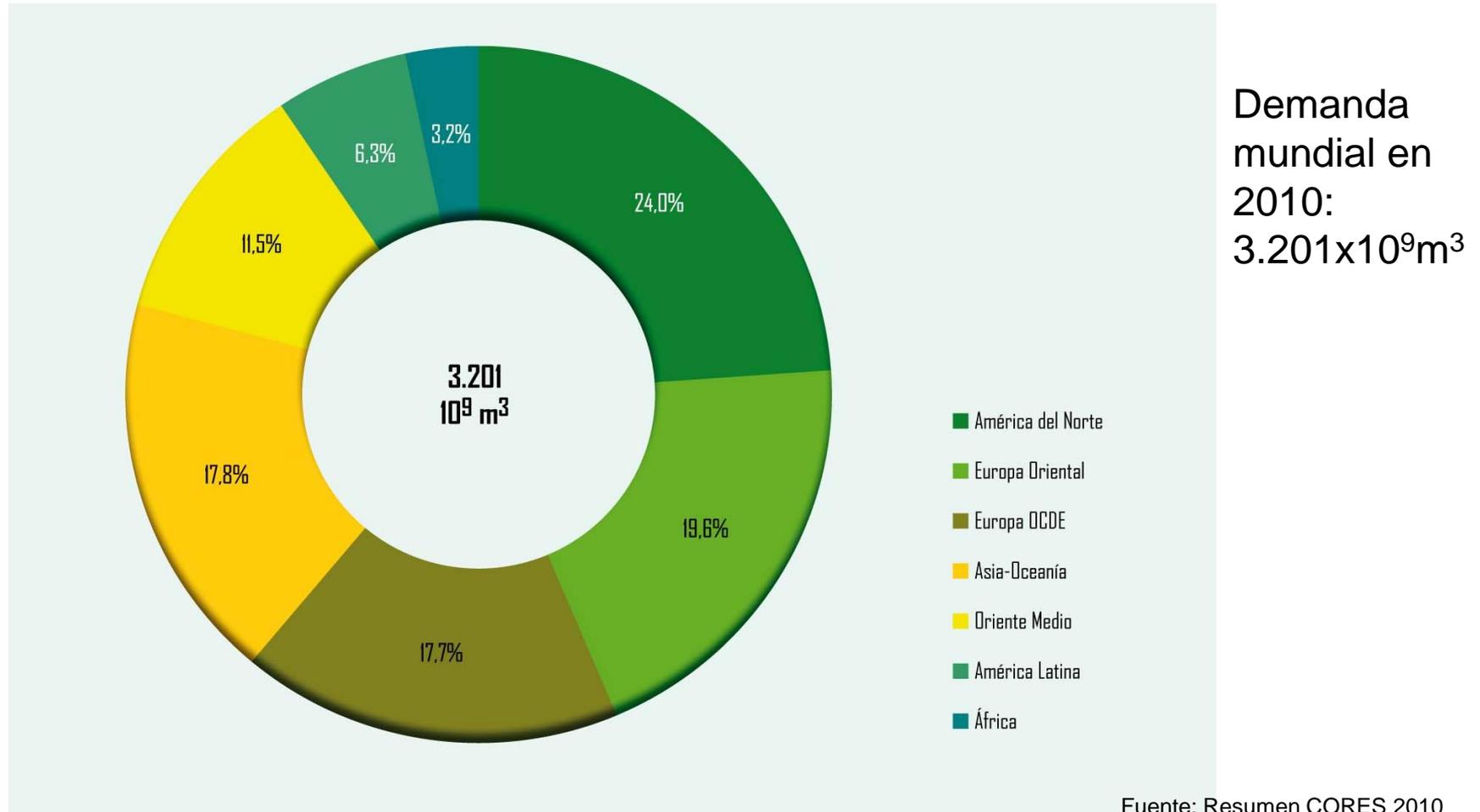


LA EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO ES UN FENÓMENO EXPECULATIVO:

- Coste de extracción entre 3 y 30 \$/bbl según yacimientos
 - 3\$ en Oriente Medio, 10\$ en Golfo de México, 30\$ en el Mar del Norte y hasta 60\$ en arenas bituminosas.
- A mayor precio del crudo menor consumo de energía
 - También menor crecimiento de la economía mundial
- Los precios altos alargarían la vida del petróleo
 - ¿Se pretende esto por falta de alternativas energéticas?

Gas natural

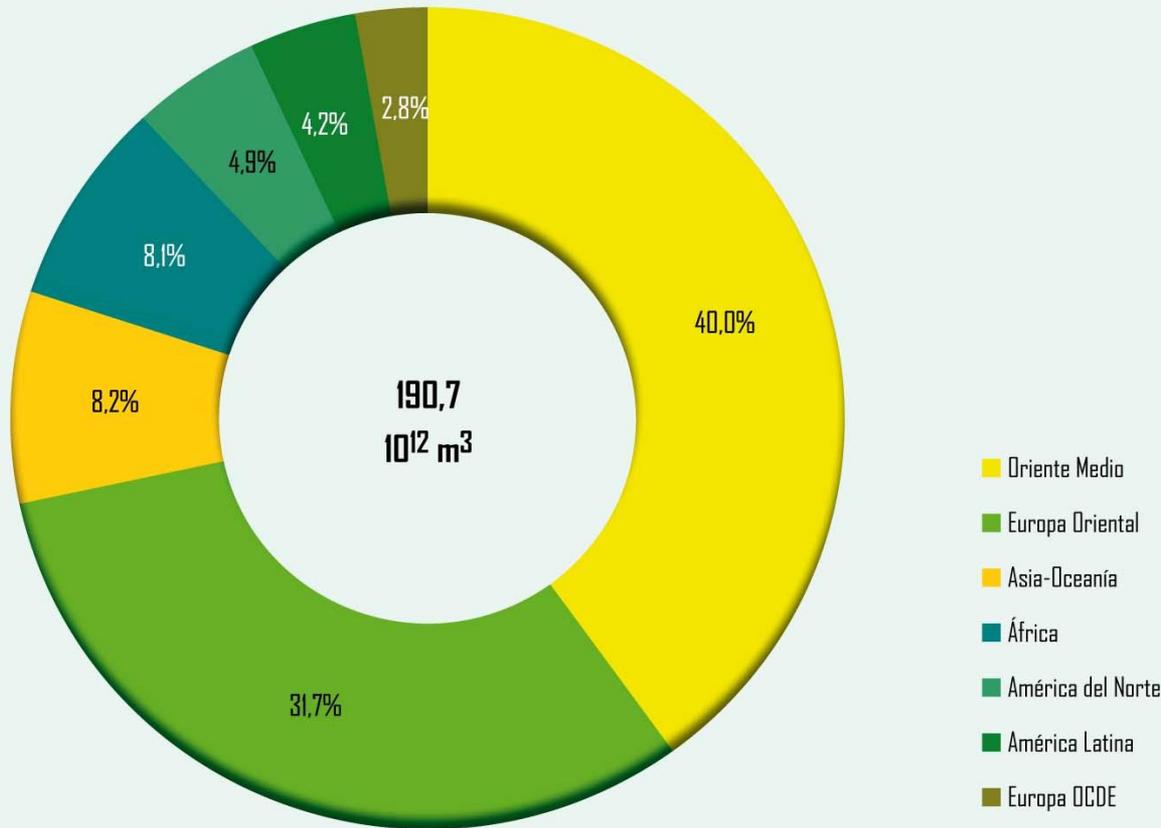
Distribución de la demanda por áreas en 2010 (%)



Fuente: Resumen CORES 2010

Gas natural

Reservas mundiales de gas natural por áreas a 1 de enero de 2011 (%)



Reservas mundiales en 2011:
190,7x10¹²m³

Fuente: Resumen CORES 2010

CONSUMO MUNDIAL DE COMBUSTIBLES FÓSILES. Año 2010:

I.- Petróleo.- 4.028 millones de tep.

España.- 74,5 millones de tep.

II.- Carbón.- 3.556 millones de tep.

España.- 8,3 millones de tep.

III.- Gas natural.- 2.858 millones tep.

España.- 31,0 millones de tep.

Nota.- España representa aproximadamente el 1,1% del consumo de combustibles fósiles en el mundo.

Fuente.- BP Statistical Review 2011

CONSUMO FINAL.- INDUSTRIA Y TRANSPORTE:

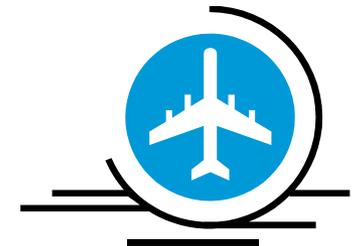
- Utilizamos la energía en varios vectores de uso final
 - Electricidad crece más rápidamente que los otros
- La industria fue el consumidor mayoritario en el pasado
 - Sigue siendo la primera respecto a la electricidad
- La industria pesada supone 2/3 del consumo energético
 - Cemento y Siderurgia hacia la construcción y otros
 - Puede reducirse su demanda a medio plazo
- El transporte y la movilidad hoy ya son el primer consumidor

APORTE DE CALOR:

- De la leña al gas natural
 - + Doméstico
 - + Servicios
 - + Industria
- El 60% del consumo final
 - + España 40%

MOVILIDAD Y TRANSPORTE:

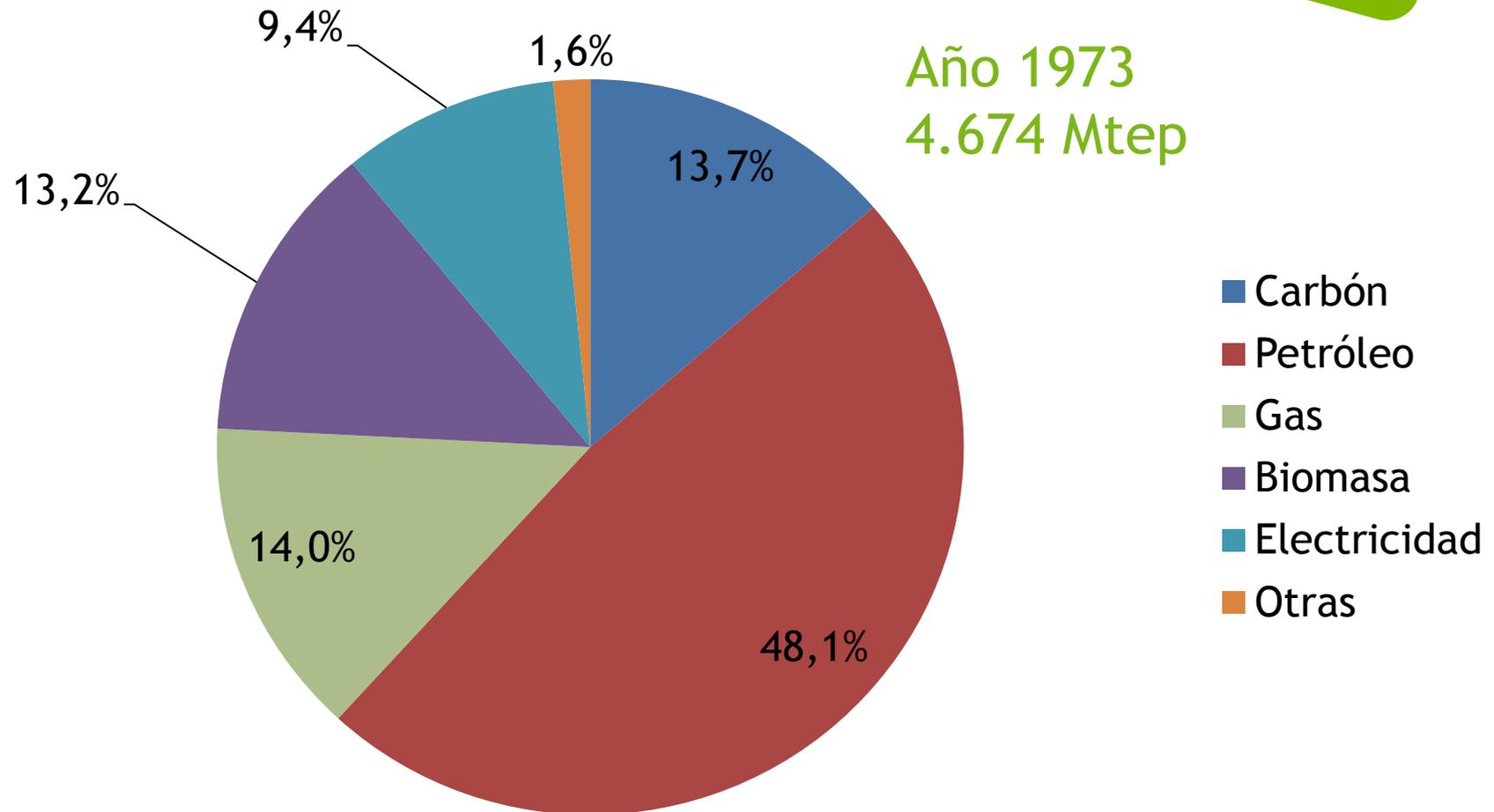
- De la mula al automóvil y el avión
- Hoy dependemos del petróleo
- El 20% del consumo mundial
 - + En España el 40%



ELECTRICIDAD:

- Se extiende en el siglo XX. Supone el 20% del consumo final de energía
- Elevada inversión. El 2% del Producto Económico Mundial

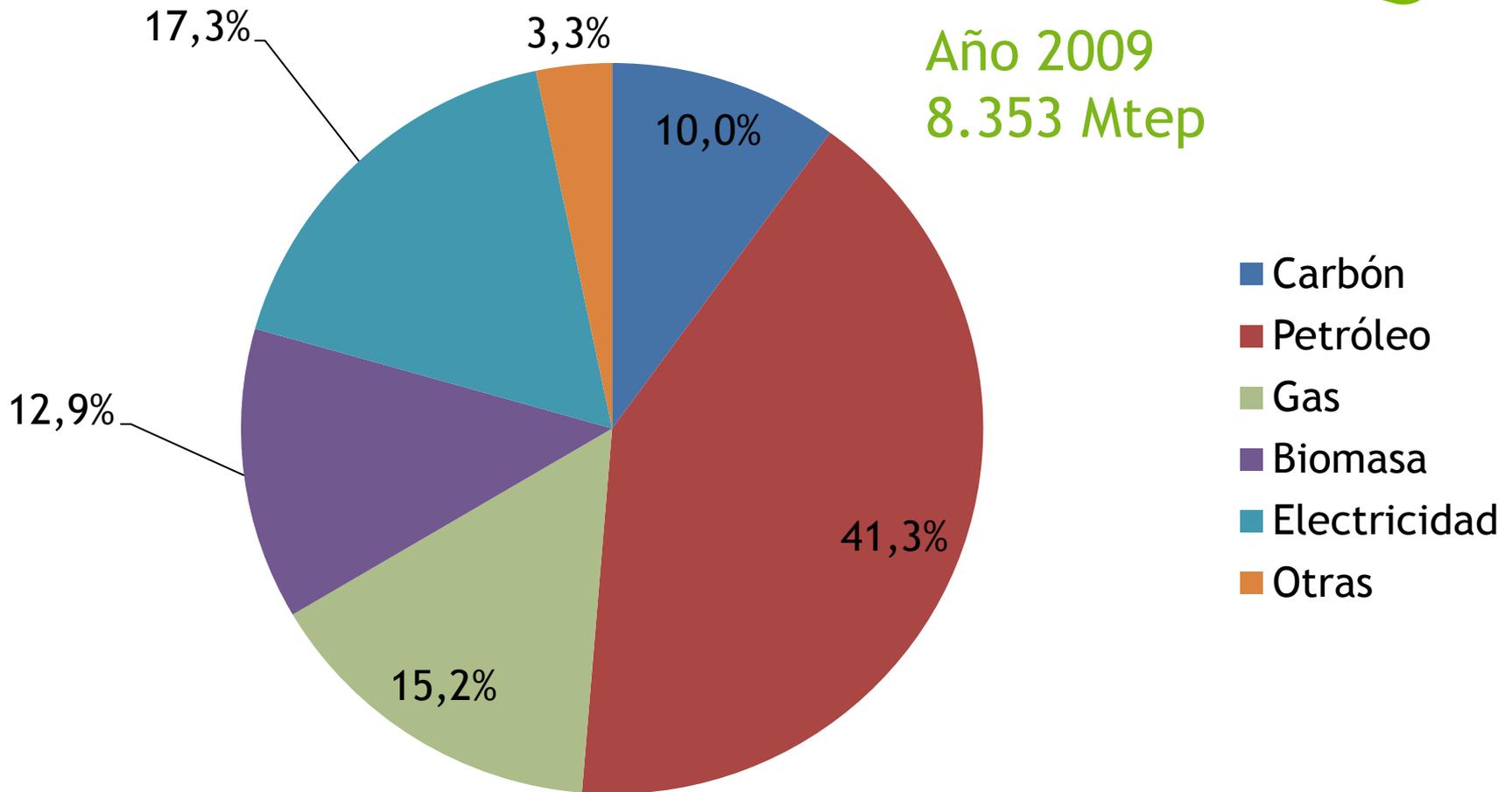
Consumo final de energía



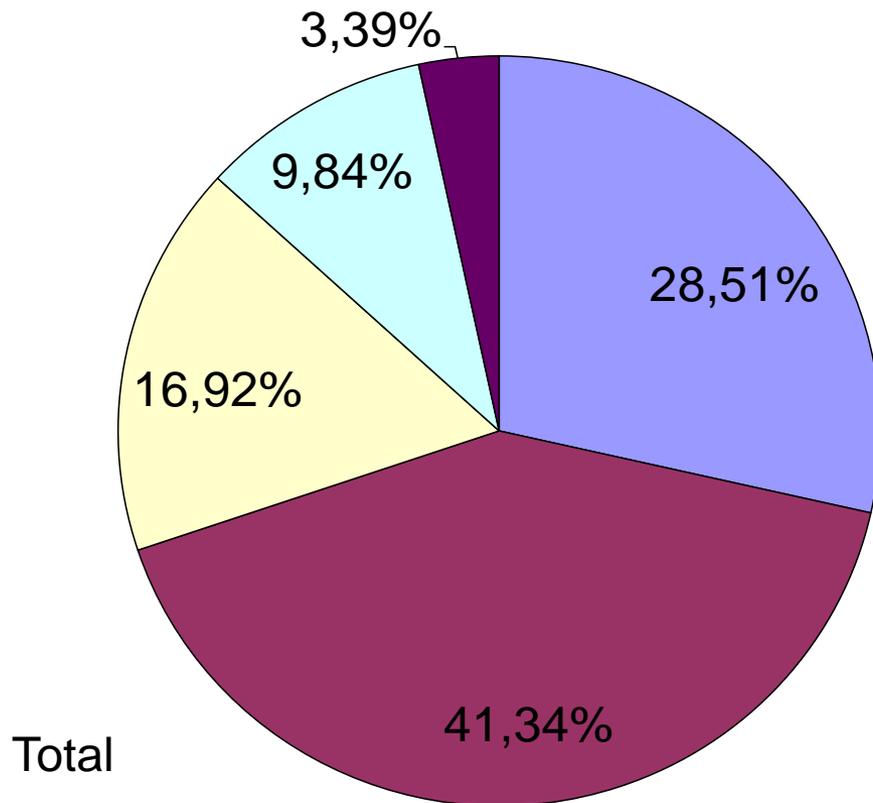
Fuente: Agencia Internacional de la Energía

Consumo final de energía

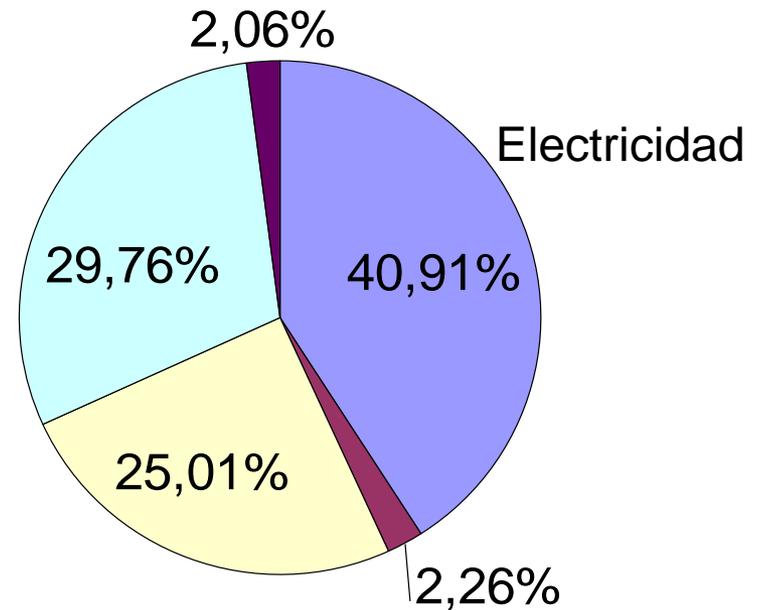
Año 2009
8.353 Mtep



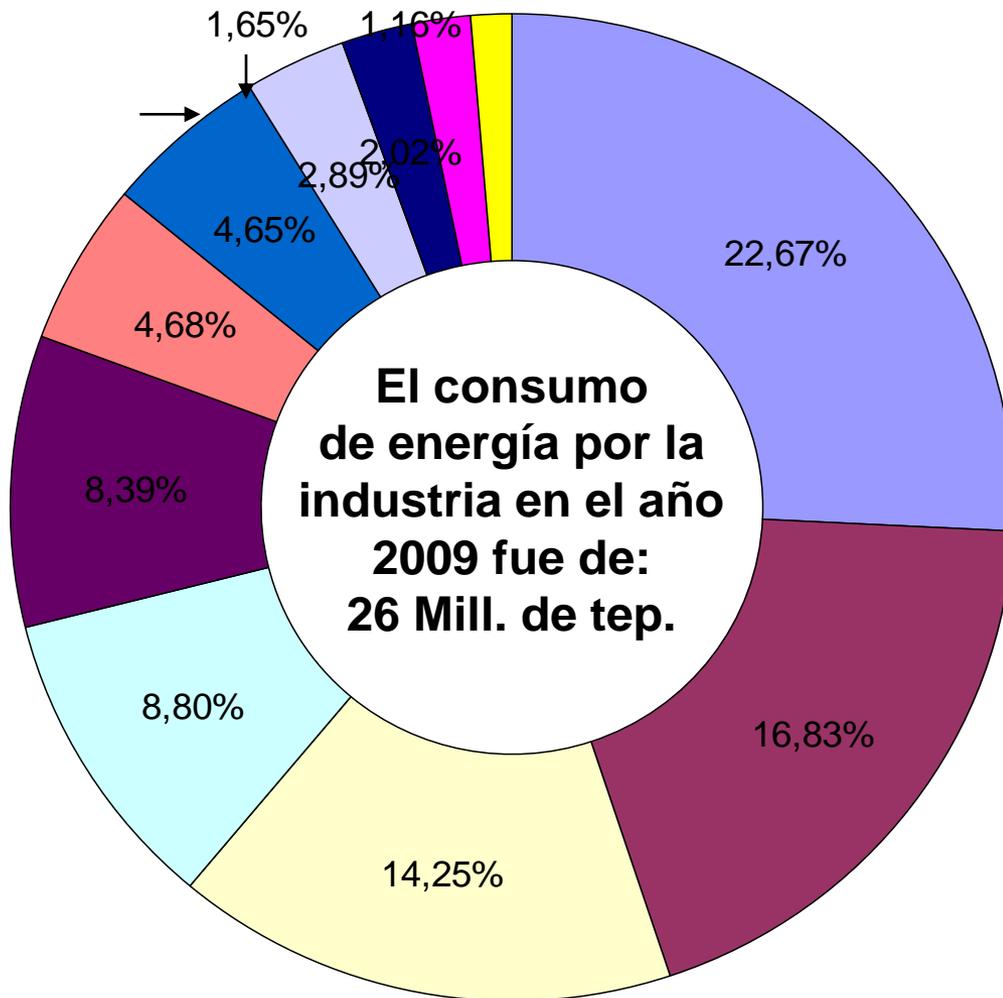
Fuente: Agencia Internacional de la Energía



Consumo final en España Año 2009:
C. F. E.: 91,3 millones de tep.
(excluidos usos no energéticos)
La electricidad fue el 23%



Fuente.- Elaboración con datos de IDAE



Fuente: Informe anual de consumos energéticos 2009. IDAE

•En España las industrias del cemento, del vidrio y la cerámica (minerales no metálicos) son las de mayor consumo energético. La disminución del consumo respecto a 2008 ha alcanzado el 13%.

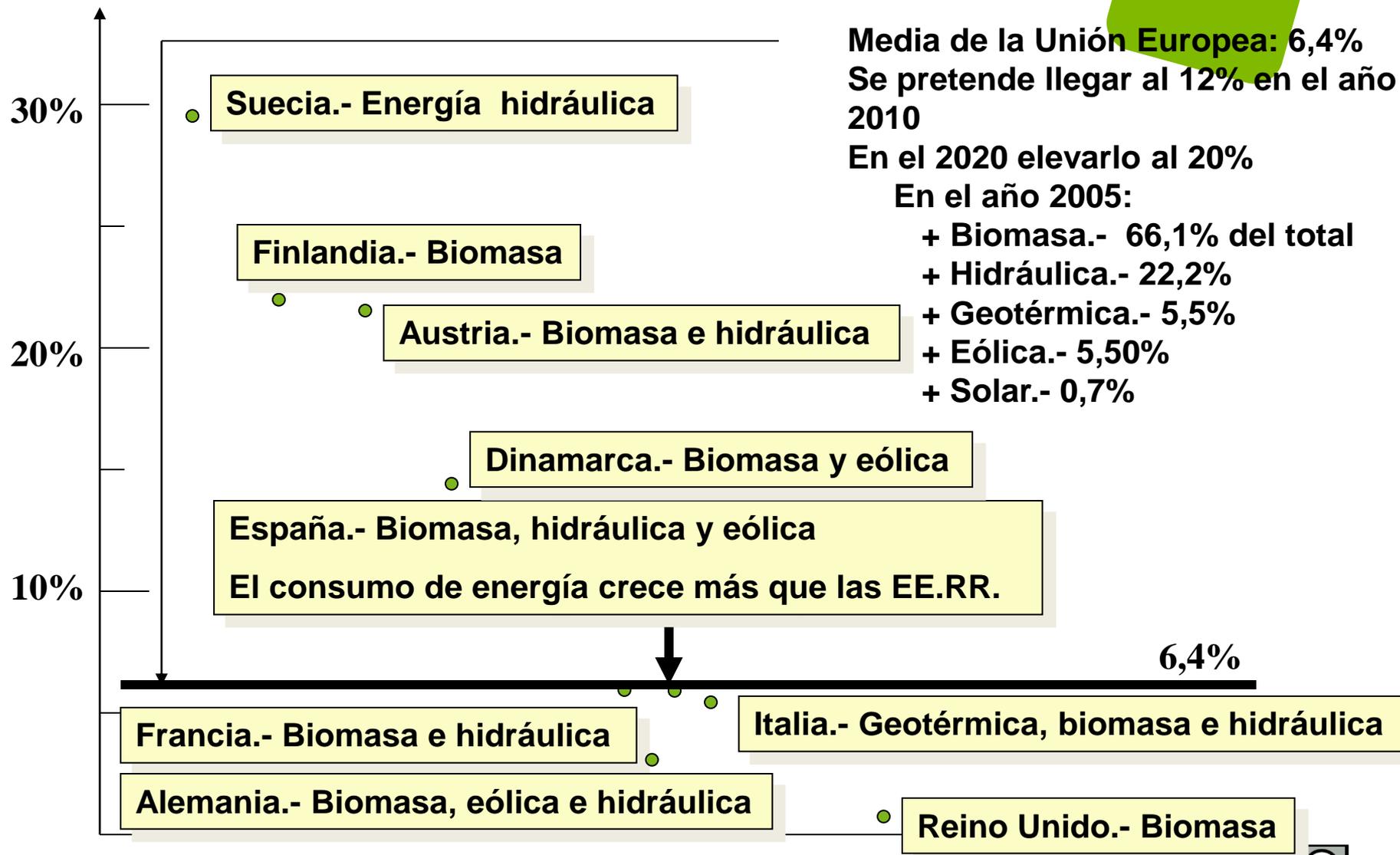
Capítulo 4

Electricidad a partir de energías renovables

ENERGÍAS RENOVABLES, MÁS QUE UN COMPROMISO:

- Alargamiento de la vida del gas natural. Menos emisiones CO₂
- Nos hemos comprometido a un 20% en el año 2020
 - Supone más del 40% de la generación eléctrica
- En España partimos de un 20% de generación renovable
 - 10% de origen hidráulico.- No crecerá más
 - 10% de energía eólica.- Multiplicar por dos o tres
 - Repotenciación más eólica en el mar
 - Necesidad de más bombeo hidráulico.- 7.000 MW

Participación de las Energías Renovables en el abastecimiento de Energía Primaria



LA ENERGÍA EÓLICA HA SIDO UNA VIEJA ASPIRACIÓN:

- Los molinos de grano o de bombeo de agua vienen de antiguo
 - No está de más conocer algo de ellos
- A principios del siglo XX los daneses hicieron en primer intento
 - Los franceses después de la Segunda Guerra Mundial
- El desarrollo actual arranca en 1980.- Crisis del petróleo
 - Estados Unidos, Dinamarca y llega a España
- Hemos avanzado bastantes. Podemos seguir haciéndolo
 - Debemos estudiar el recurso eólico



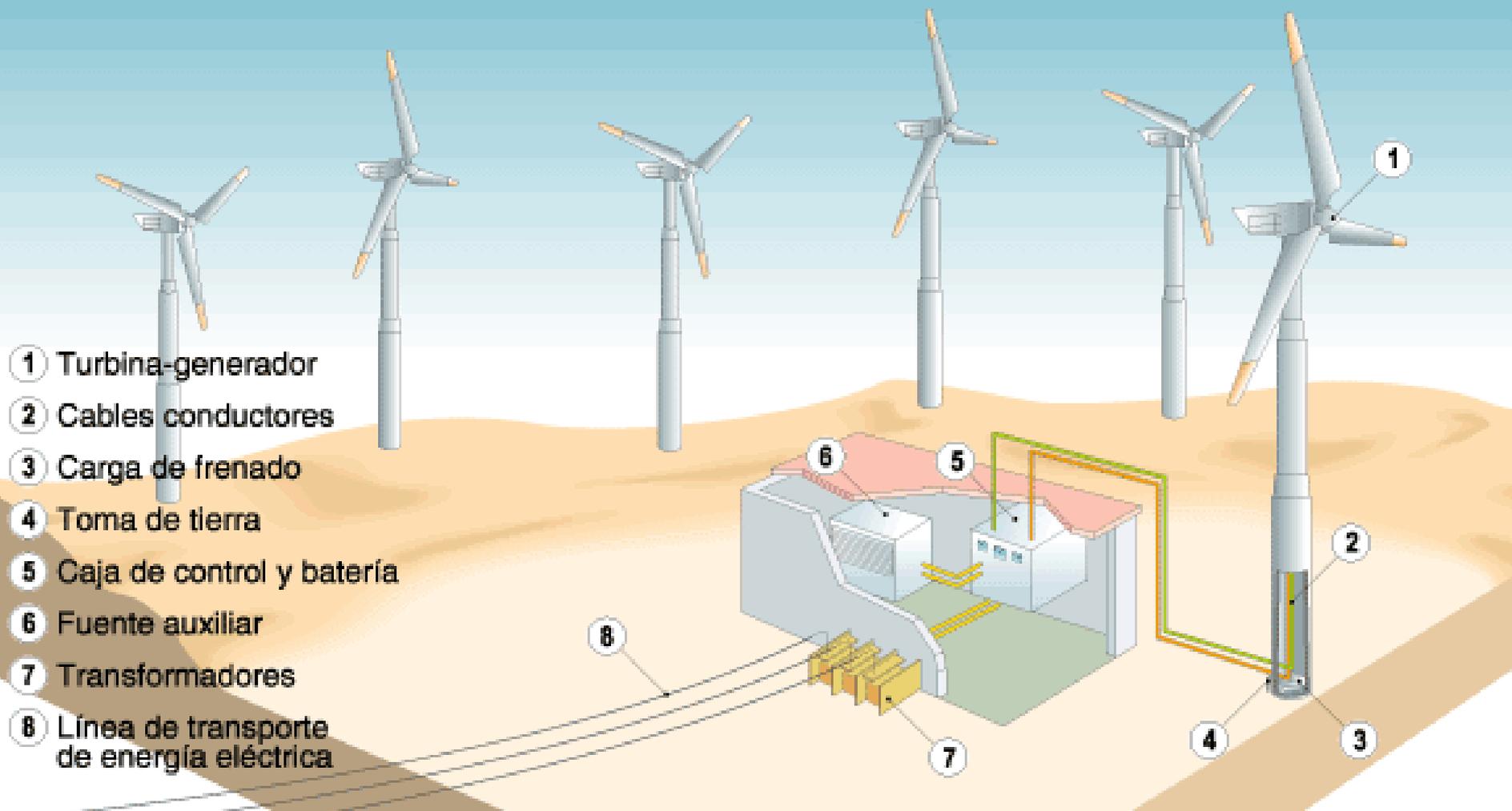
Catoira, Pontevedra.- Fotografía proporcionada por SOTAVENTO

Máster en Energías Renovables y Mercado Energético / José M^a Paz

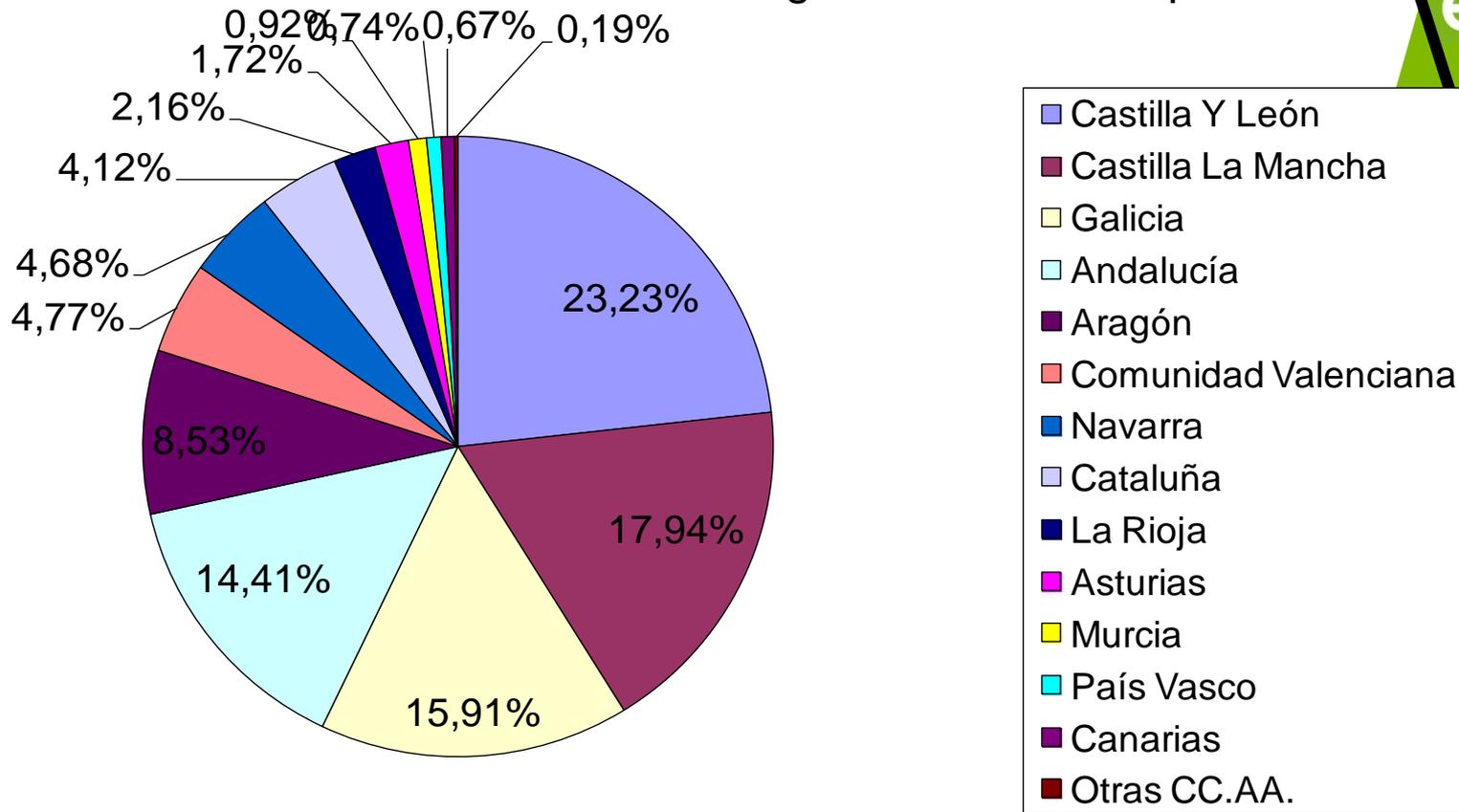
www.eoi.es



CENTRAL EÓLICA



La Energía Eólica en el España 2010



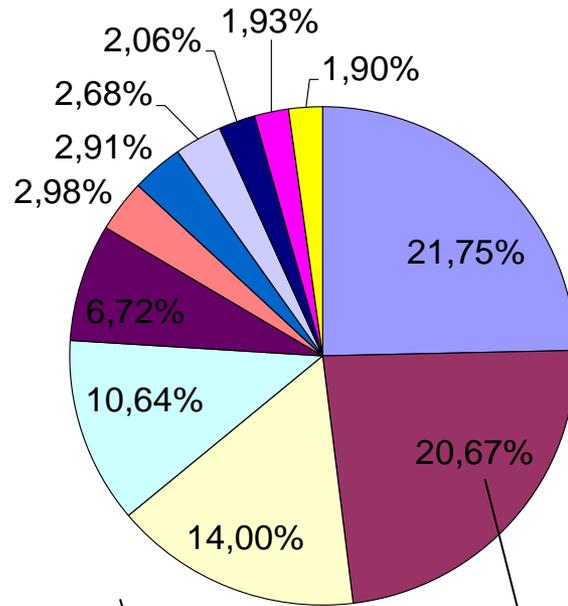
En España, a finales de 2010:

- Potencia eólica instalada: 20.676 MW, +10% del total mundial
- Algo más del 16% de la generación peninsular española de electricidad
- El 72% de la generación de renovables
- 890 parques eólicos.- Potencia media 25 MW
- Tamaño medio del aerogenerador en 2010: 1.900 kW

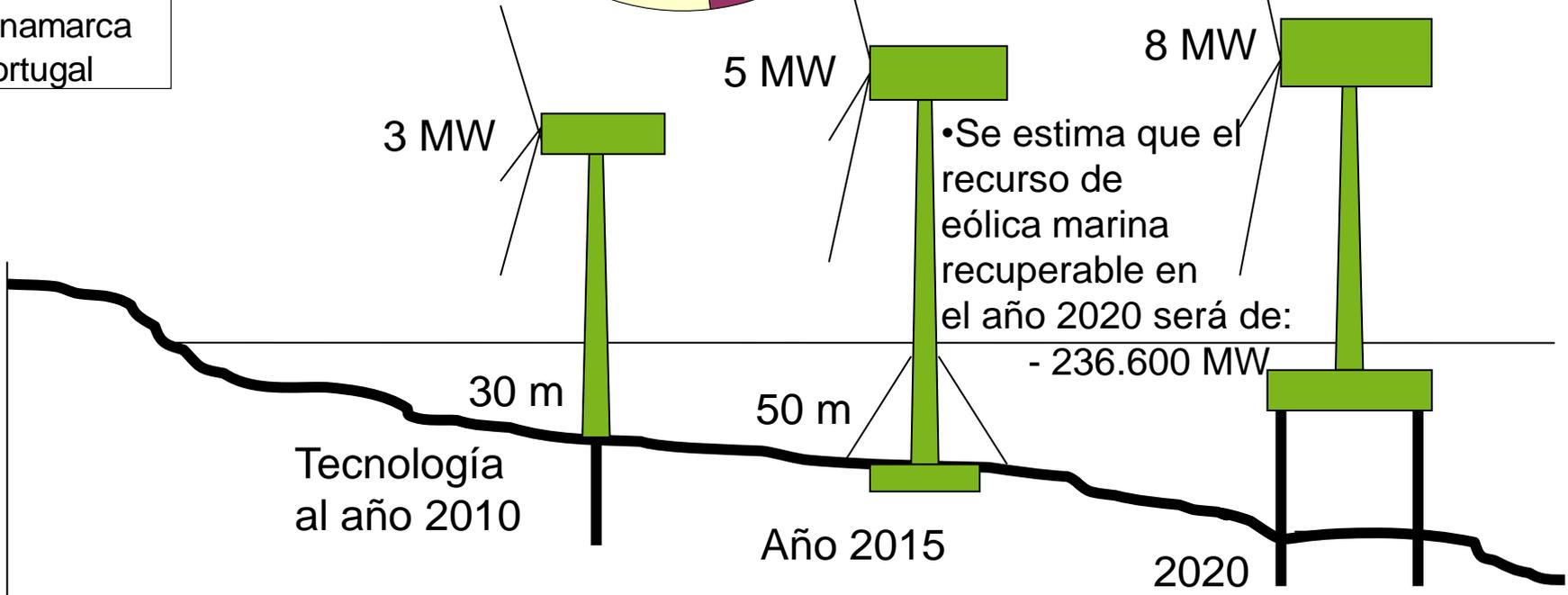
Fuente: Anuario AEE 2011

La Energía Eólica en el mundo 2010

- China
- EEUU
- Alemania
- España
- India
- Italia
- Francia
- Reino Unido
- Canadá
- Dinamarca
- Portugal



Los 11 mayores países tienen más del 88% de la potencia total instalada: 194.390MW



Área 1

20.000 MW

Área 4

10.000
MW

Área 3

20.000 MW

Área 5

15.000 MW

Área 2

15.000 MW

PUEDE HABER RESTRICCIONES SOCIALES A LA EÓLICA:

- Aparece la cuestión de la ecología del paisaje
 - Importante para sectores sociales significativos
 - Extremadura un caso a estudiar
- Rechazo fuerte al desarrollo de la eólica marina.- Barbate
- De otro lado está el análisis económico del negocio
 - Sistema de primas que aporta elevada rentabilidad
 - Primero empresas pequeñas más aceptadas
 - Luego pasamos a las grandes clásicas



Parque eólico frente a Portosin, ría de Muros y Noia, Coruña.- Agosto de 2007

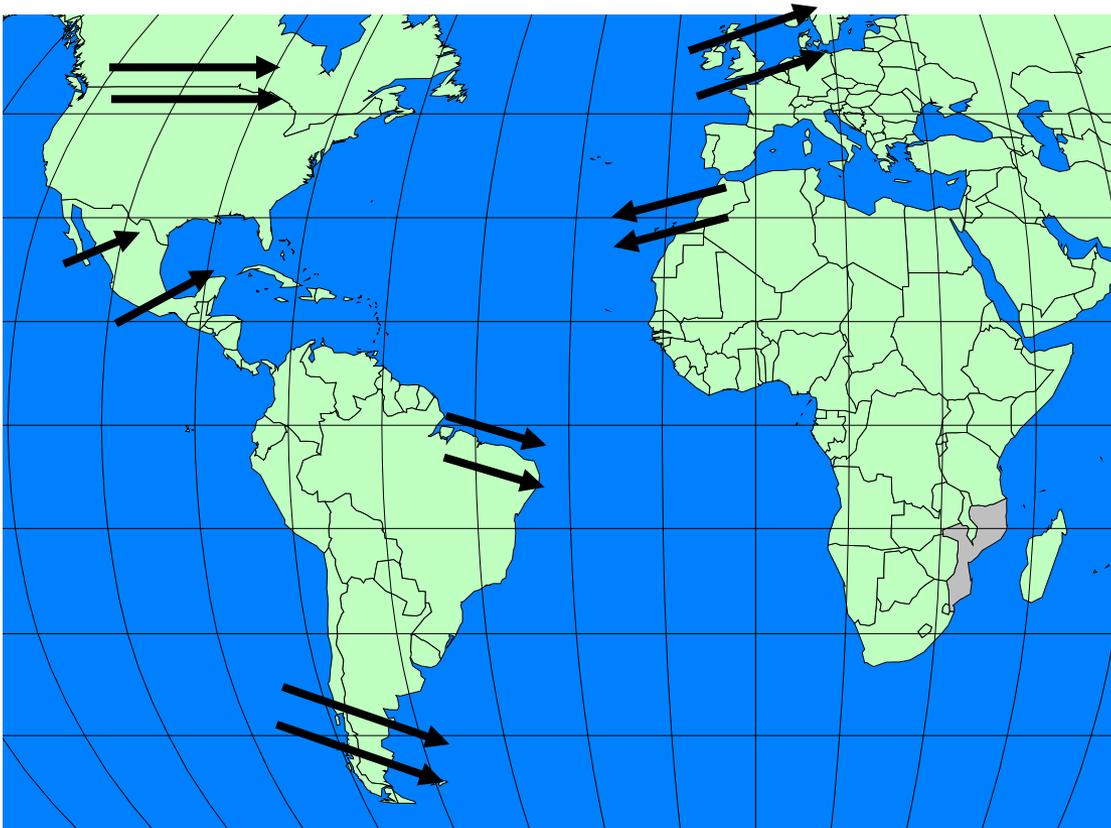
Máster en Energías Renovables y Mercado Energético / José M^a Paz

www.eoi.es



LA RESPUESTA ESTÁ EN EL VIENTO. AL MENOS ALGUNA:

- El potencial eólico es bastante mayor que el consumo energético
 - Pero su desarrollo no es fácil. Infraestructuras
 - Elevadas inversiones en terceros países
- Se avanzará en generación eléctrica para usos convencionales
 - Quizás más adelante para tracción en automoción
 - En el año 2030 quizás se llegue al 10% mundial
 - Pero no se hace todo lo que se puede
- El análisis económico es optimista hacia el futuro a medio plazo



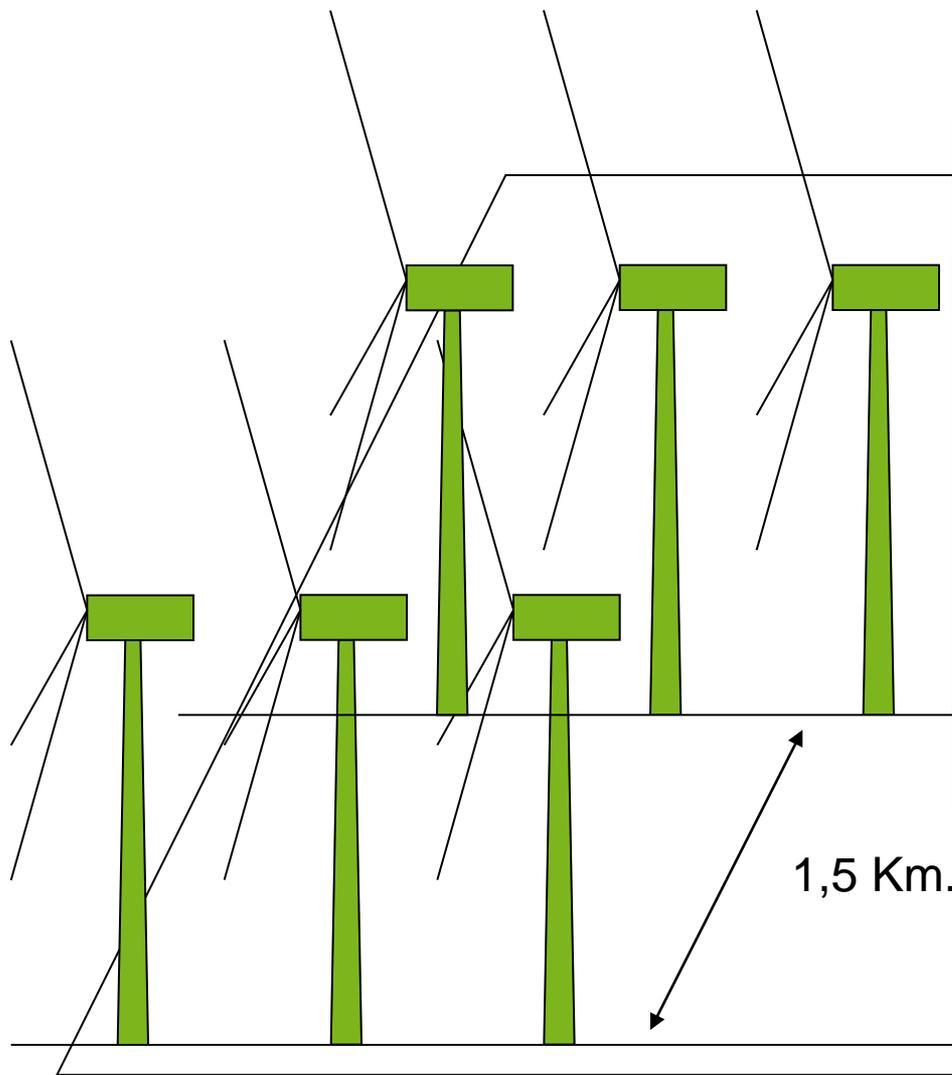
Áreas de buenos recursos eólicos en el mundo.

- Hay otras varias, y además es preciso tener en cuenta los efectos climáticos regionales o locales para valorar otros campos eólicos.
- Se estima que utilizando el potencial eólico mundial es posible generar 200.000 TWh/a.
- Esto podría atender la actual demanda de electricidad, 19.000 TWh, más el incremento, y producir el hidrógeno necesario para su uso futuro en automoción, o alimentar los vehículos de tracción eléctrica.



Expectativas al año 2030

Potencia instalada en el mundo	1.000.000 MW
En Europa	300.000 MW
En España	45.000 MW



EÓLICA DEL CHOCÓN:

•En una meseta próxima a esta presa, cuya potencia hidráulica es de 1.200 MW. Con unas 3.000 equivalentes a plena carga.

•Parque eólico de:

- 1.000 aerogeneradores
- 3.000 MW
- 3.500 horas equivalentes
- Inversión.- 3.000 Mill Euros.
- Generación.- 10.000 GWh

1,5 Km.

15 Km

250 m

25 Km

Generación de la décima parte del consumo eléctrico en Argentina

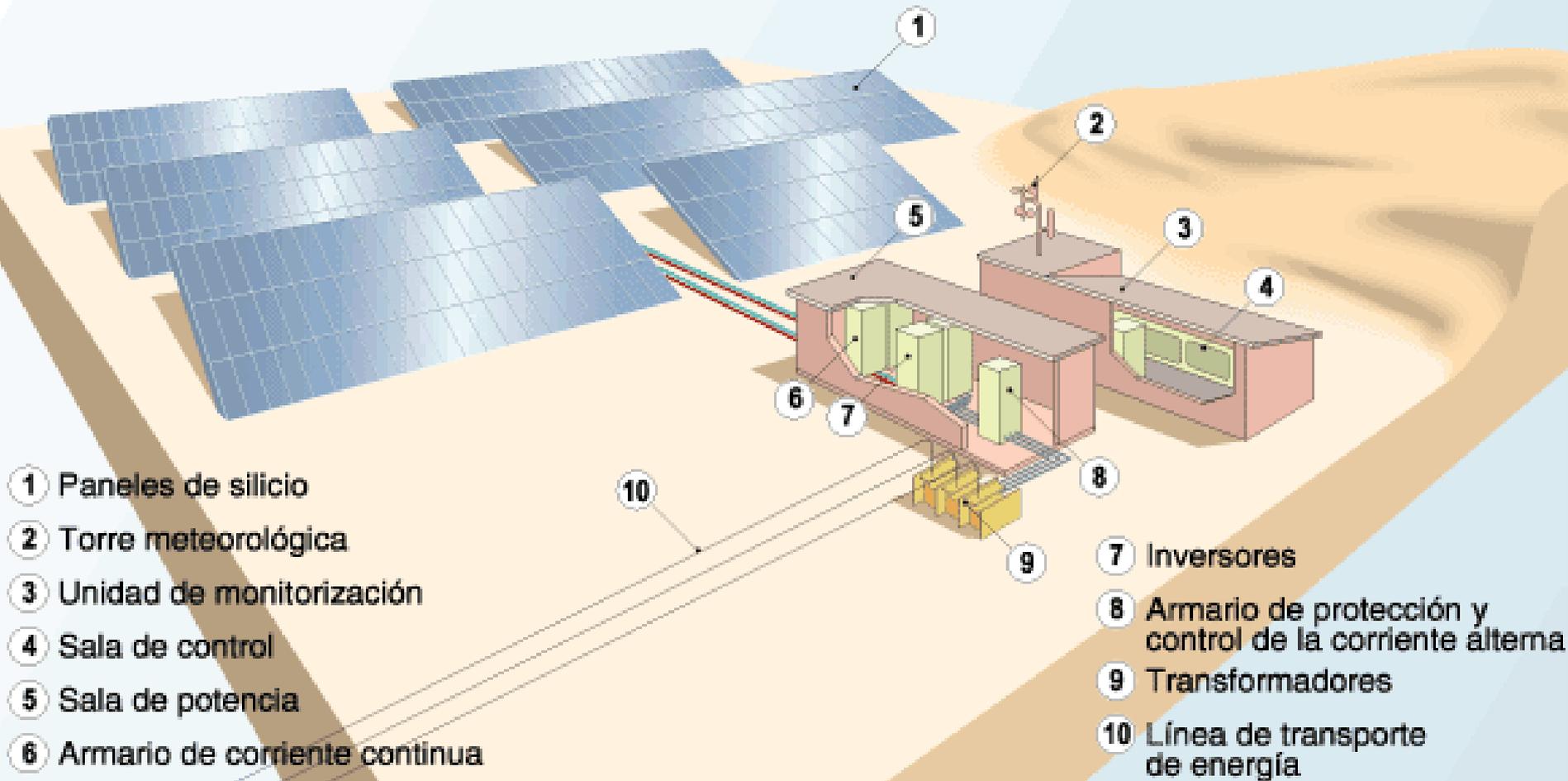
ENERGÍA EÓLICA:

- Inversión 1.000 a 2.000 €/kW
 - + Mayor demanda que oferta industrial
 - Vamos hacia grandes suministradores
- Coste de generación.- Depende del interés del dinero
 - + Del número de horas de viento.- 2.000 a 4000
 - + Se sitúa entre: 4 y 8 cts de €/kWh

LA ENERGÍA SOLAR DESPEGARÁ EN UN PAR DE DÉCADAS:

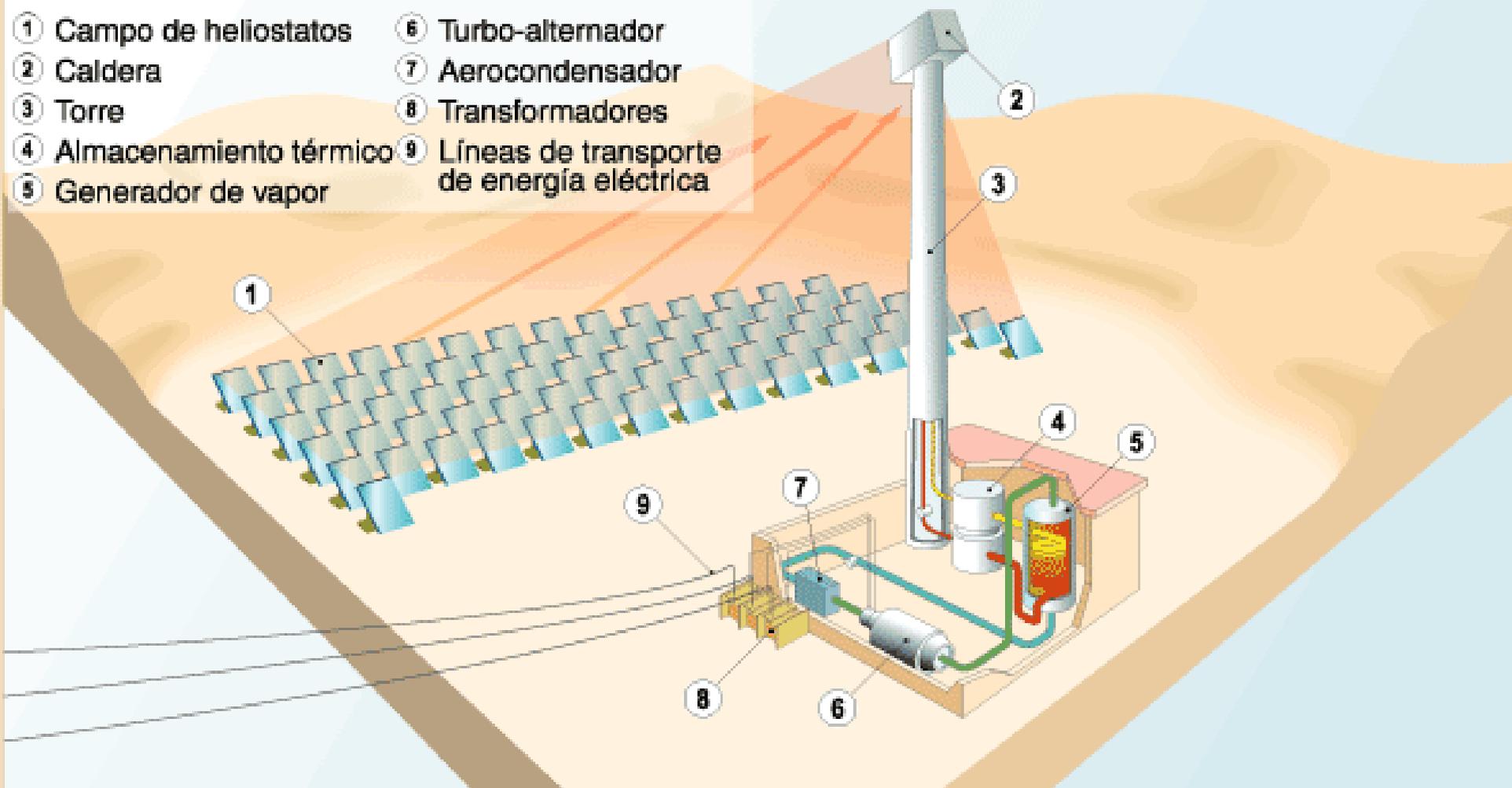
- Se construirán plantas de demostración y comerciales
 - En España está creciendo la fotovoltaica
 - De instalaciones de 5 kW a plantas de varios MW
 - Discusión sobre valor de prima y potencia límite
 - Las plantas termosolares aparecen con menores costes
 - Cuentan con menos apoyo social
- Se esperan mejoras en la tecnología. Mayor rendimiento
 - Quizás haya una ruptura tecnológica en fotovoltaica

CENTRAL FOTOVOLTAICA



CENTRAL SOLAR TÉRMICA

- ① Campo de heliostatos
- ② Caldera
- ③ Torre
- ④ Almacenamiento térmico
- ⑤ Generador de vapor
- ⑥ Turbo-alternador
- ⑦ Aerocondensador
- ⑧ Transformadores
- ⑨ Líneas de transporte de energía eléctrica





ELECTRICIDAD DE ORIGEN SOLAR:

- Recurso.- ...1.200 a 1.500 horas equivalentes al año
+ Rendimiento actual.- Entre el 10 y el 20 %
- Fotovoltaica, Inversión 7.000 €/kW
+ Coste de generación 60 cts €/kWh
- Solar térmica, Inversión 2.500 €/kW
+ Coste de generación 25 cts €/kWh