

**EUROPEAN BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE ENERGY**

Madrid, 16 de junio de 2006

**e-turn21**

**PROYECTO: EUROPEAN ROAD-SHOW Y DIALOGUE WORKSHOP**

**EL FUTURO DE LA  
ENERGÍA NUCLEAR EN ESPAÑA**

**Eduardo González Gómez**

Presidente

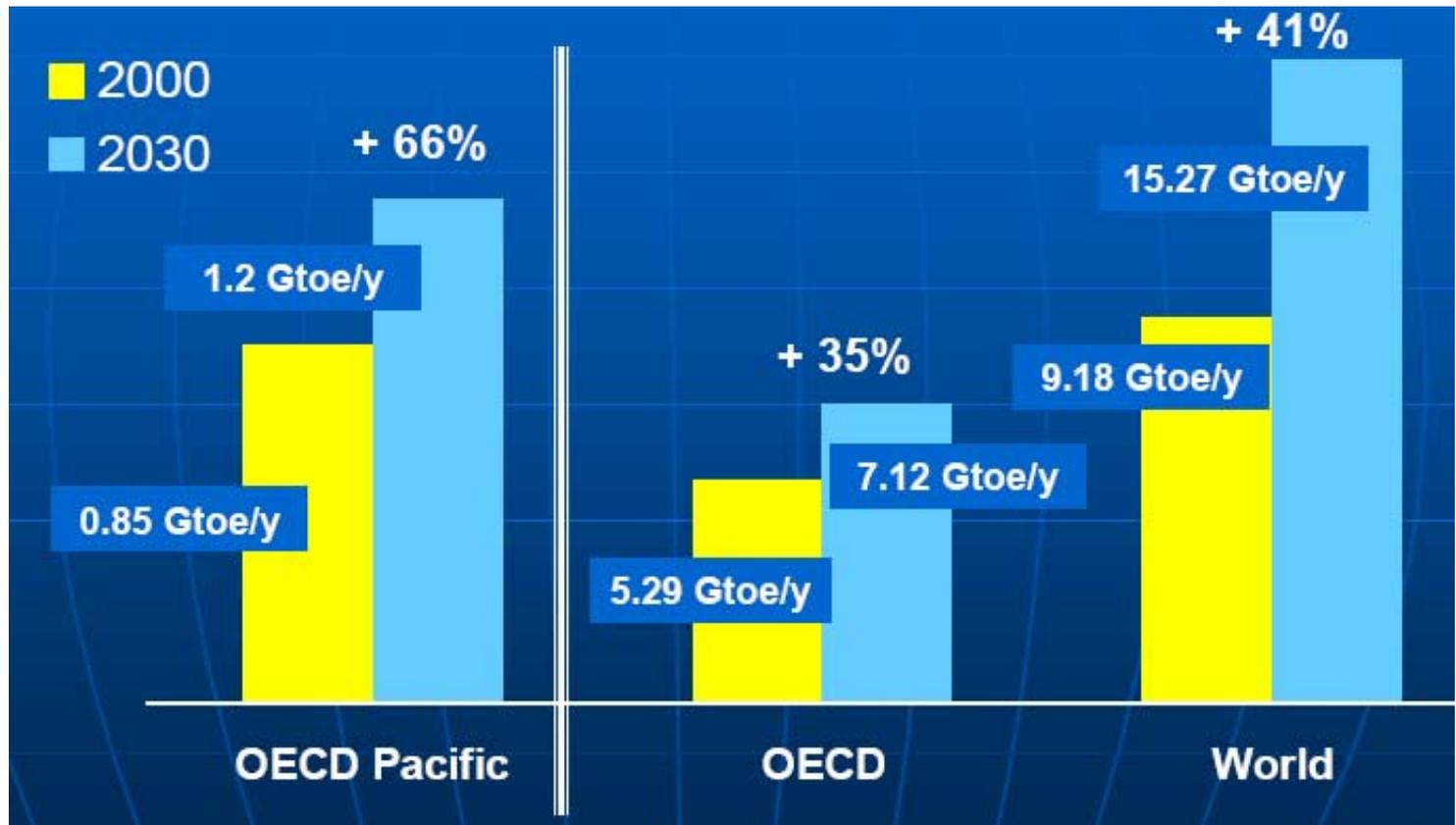
## Contenido

- Introducción
- Disponibilidad - Garantía de Suministro
- Coste - Competitividad de la economía - Estabilidad
- Medio ambiente - Contaminación - Cambio climático
- Crecimiento – Actividad industrial – Desarrollo tecnológico
- Conclusiones de la Mesa de Diálogo
- Conclusiones

## Retos energéticos globales

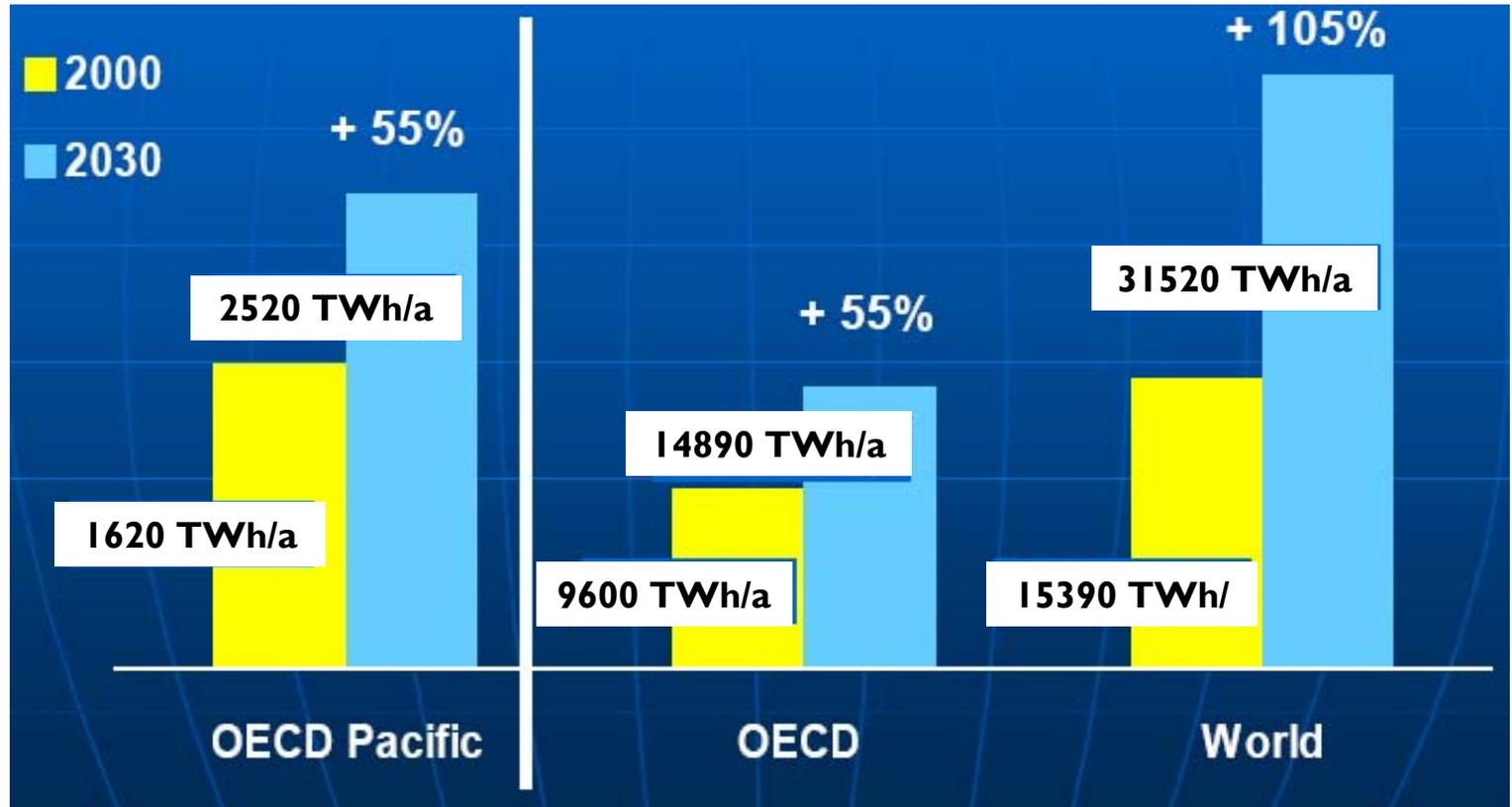
- **Suministro de energía**
  - El 17% de la población mundial consume el 80% de la energía
  - Año 2030: Incremento de casi un 50% en la demanda global
- **Garantía de suministro**
  - Distribución geográfica de las materias primas energéticas
  - Utilización de un mix equilibrado
- **Impacto ambiental**
  - Cambio climático
  - Contaminación  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$
  - Efecto Invernadero  $\text{CO}_2$
  - Residuos
- **Competitividad económica de las distintas tecnologías**
- **Competitividad de la economía de los países**

## Crecimiento de la demanda de energía



Fuente: International Energy Agency – World Energy Outlook 2004

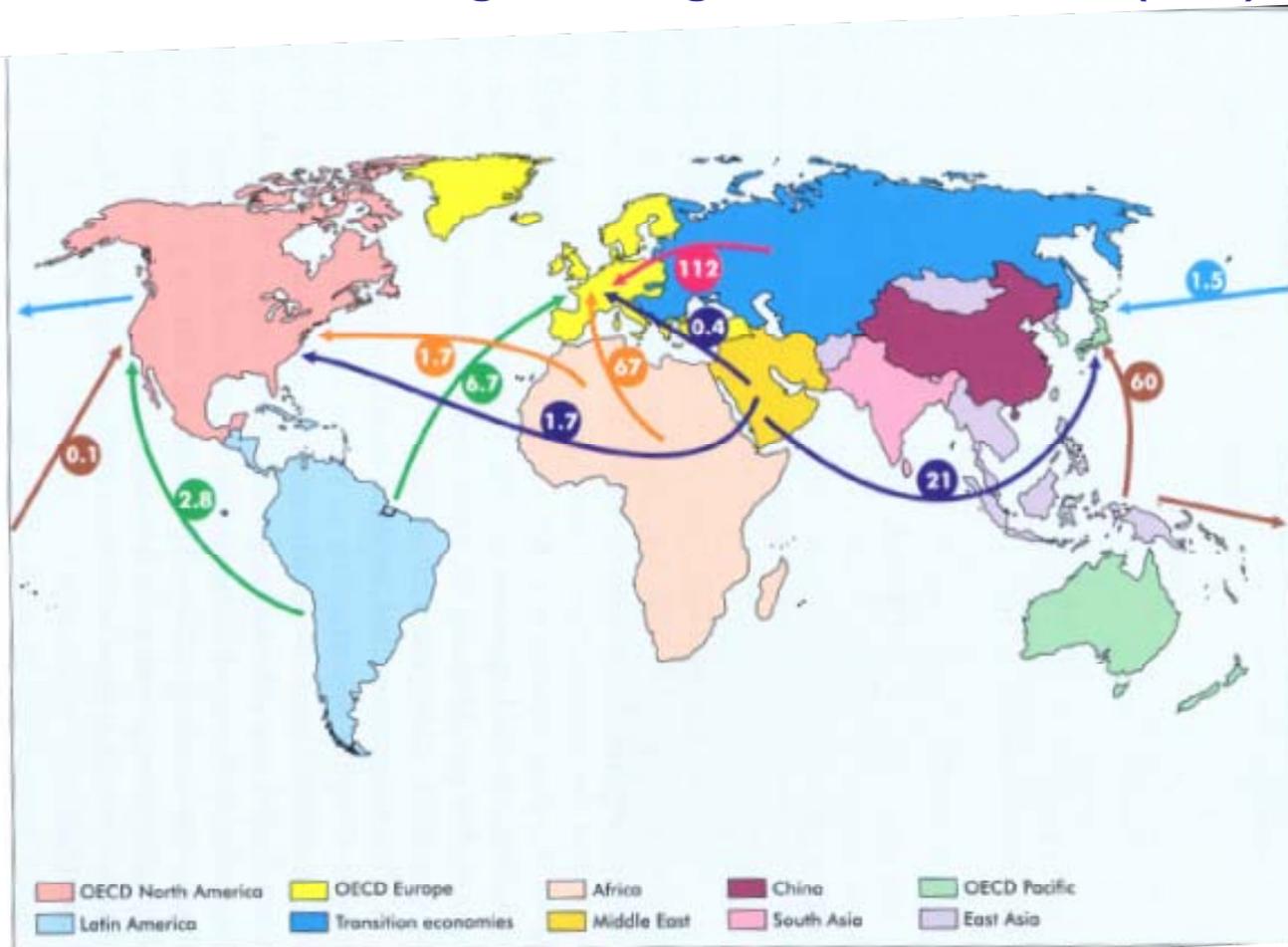
## Crecimiento de la demanda de electricidad



Fuente: International Energy Agency – World Energy Outlook 2004

## Fuentes de energía

### Comercio interregional de gas natural en 2000 (bcm)

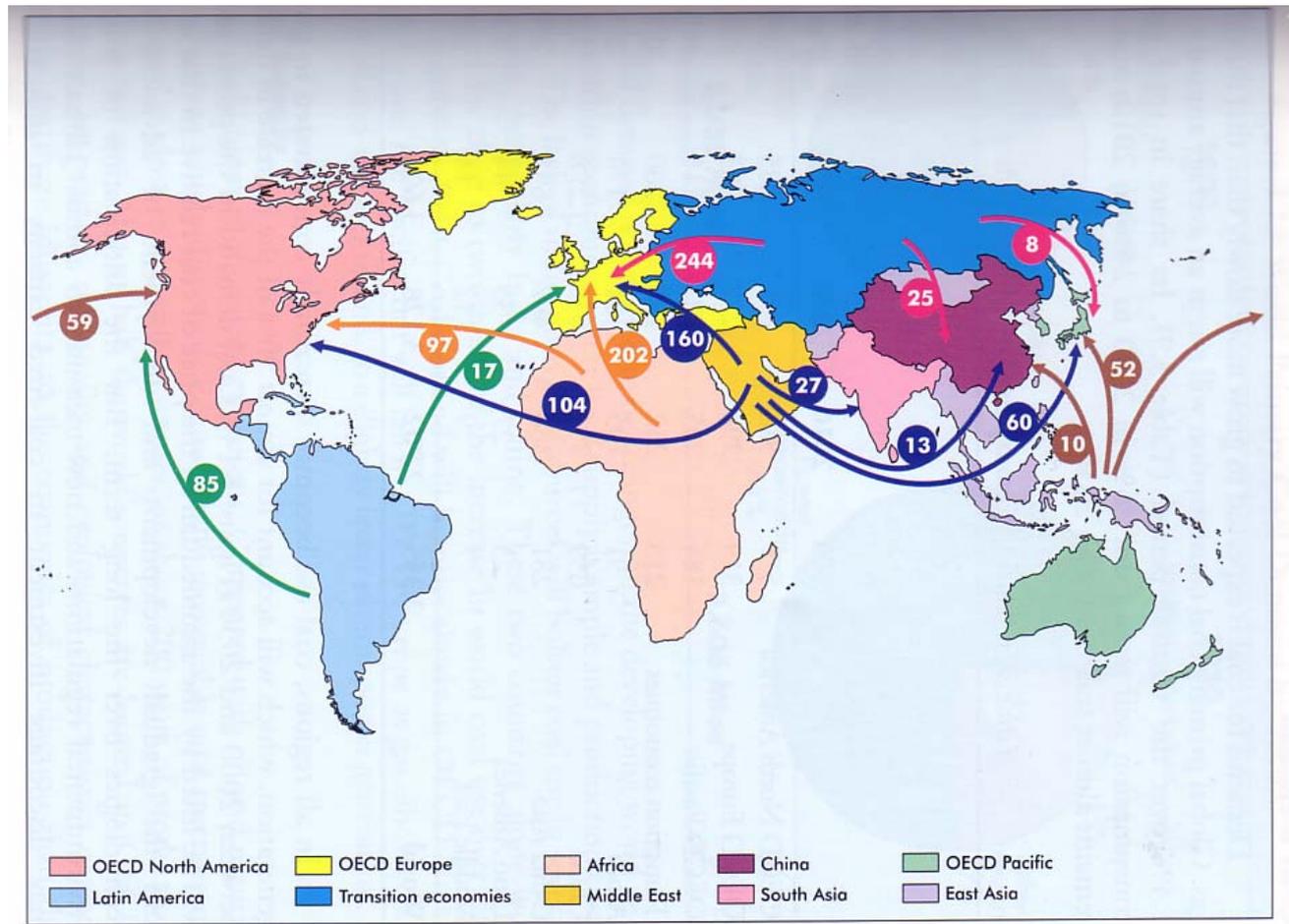


Fuente: International Energy Agency – World Energy Outlook 2004

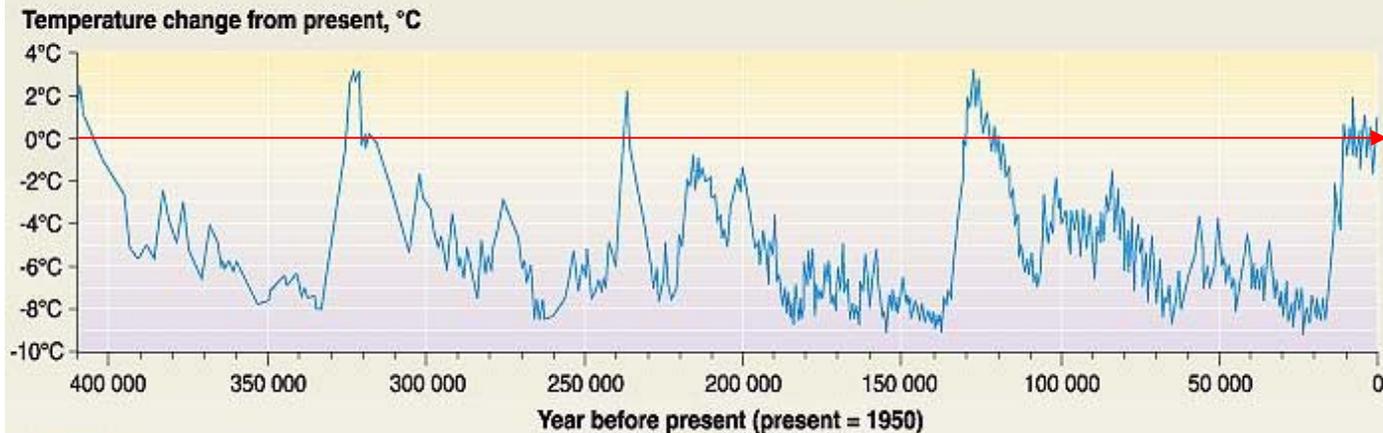
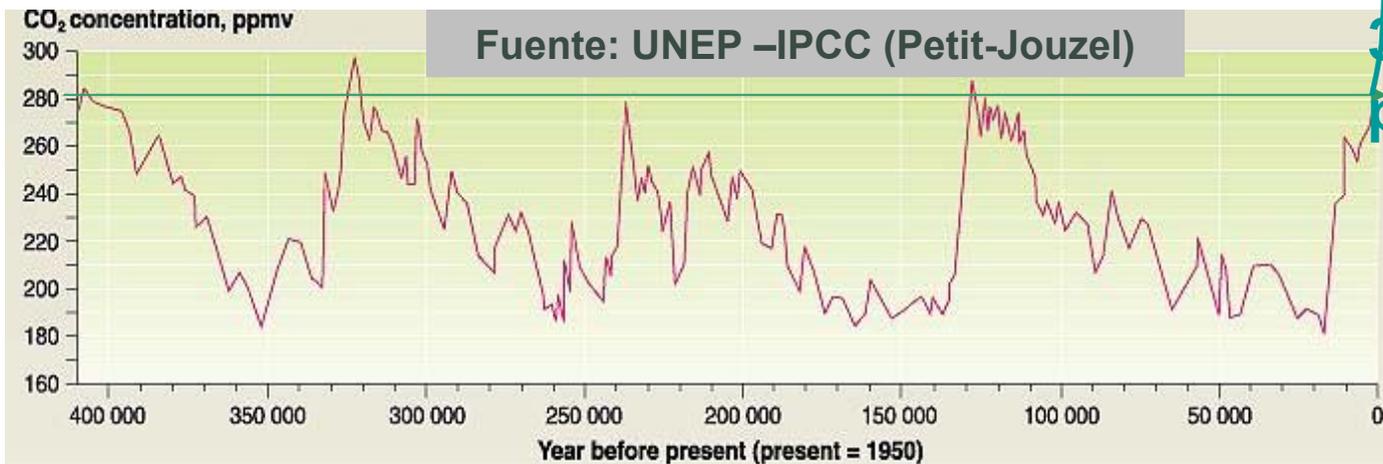
# Fuentes de energía

## Comercio interregional de gas natural en 2030 (bcm)

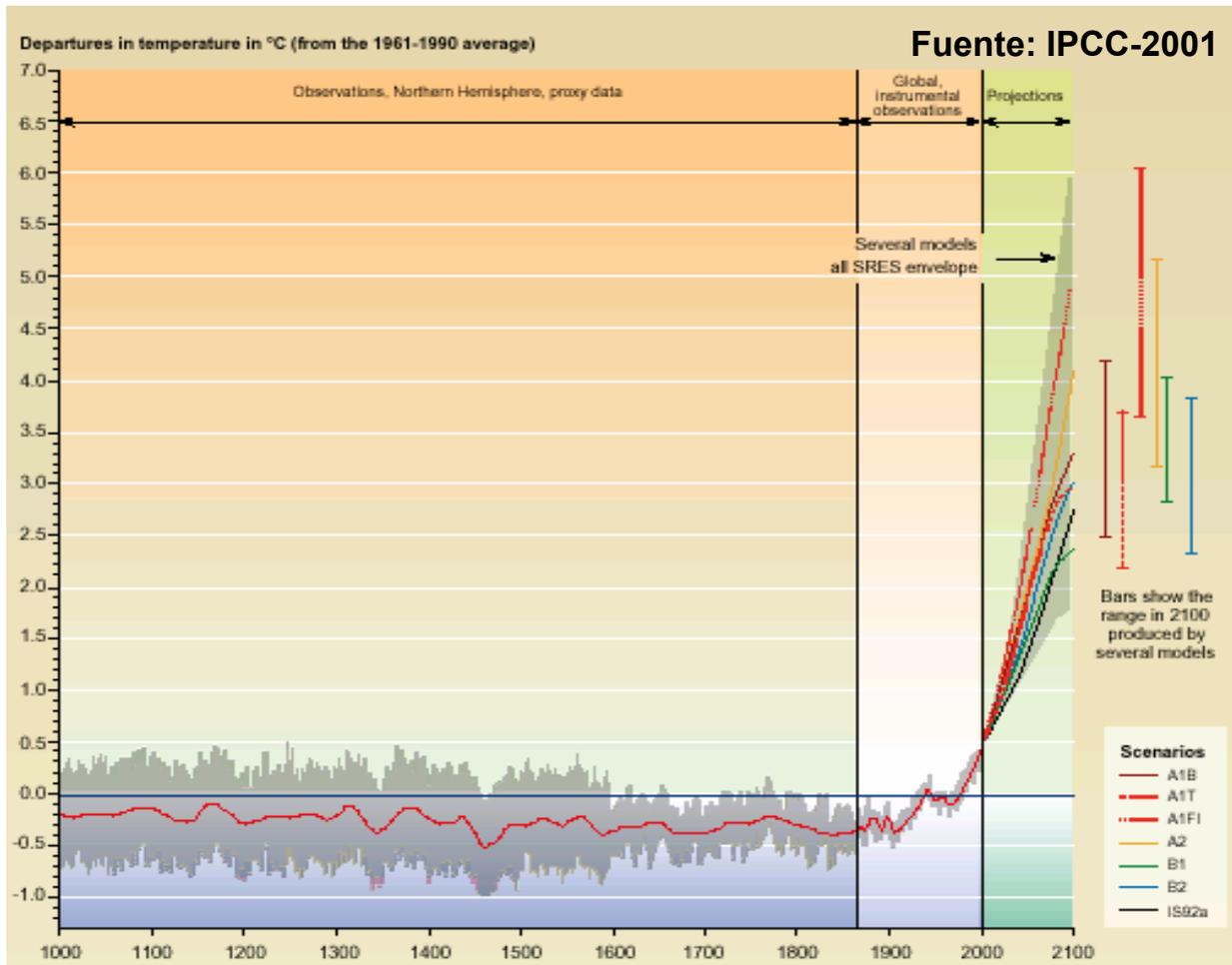
e-tur n 2



# El clima del pasado: Concentraciones de CO<sub>2</sub> y cambios de temperatura desde hace 400.000 años



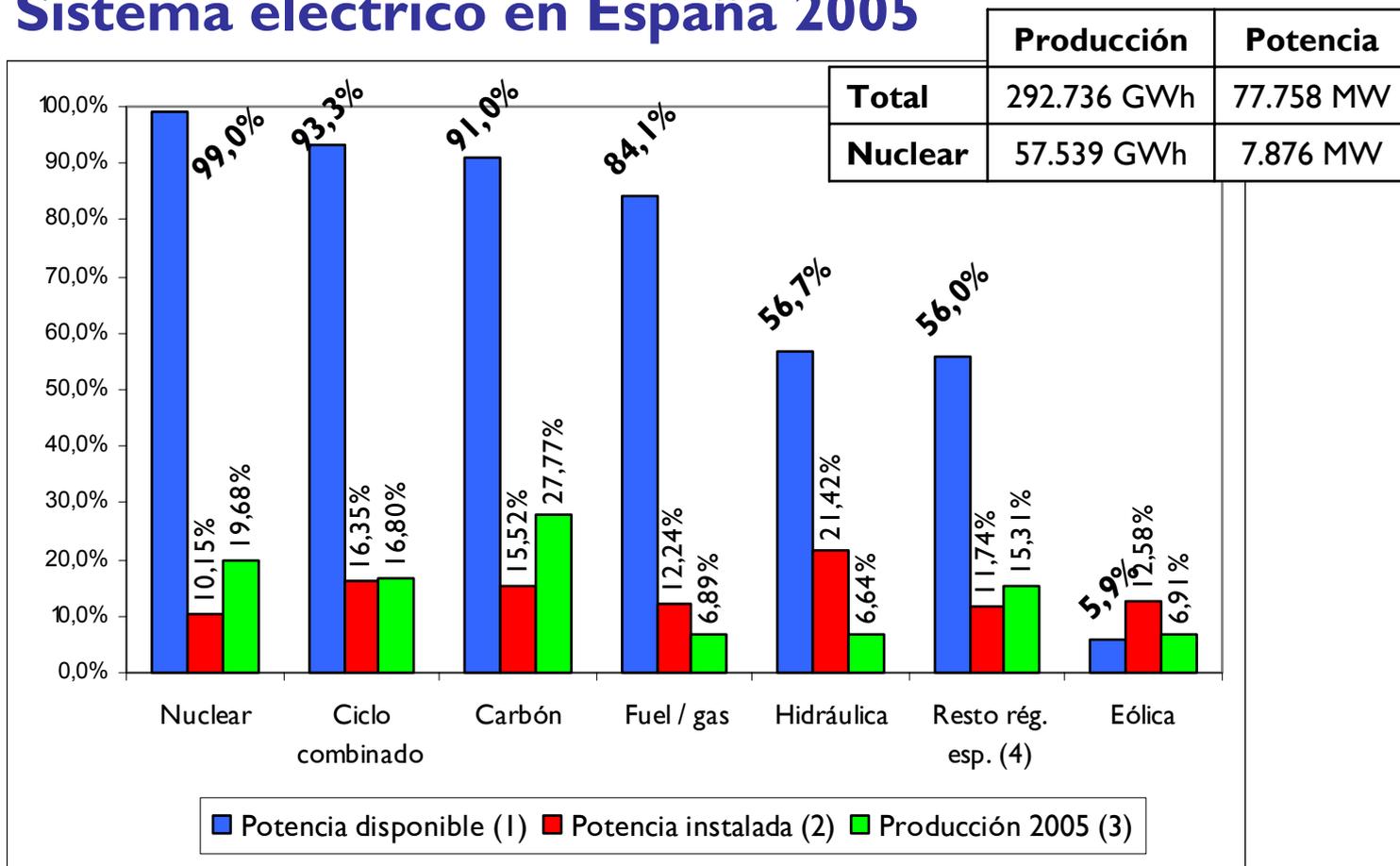
# 1000 años de evolución de la temperatura y tendencias hasta 2100



## Situación energética en España

- **España es un país sin recursos propios**
  - Importación del 80% de la energía primaria consumida
  - 50% de la producción eléctrica con combustibles importados
- **España es una isla energética**
  - Situación geográfica periférica
  - Red de conexión eléctrica con la UE insuficiente
  - No se puede aprovechar el mercado europeo de electricidad
- **Situación geopolítica internacional**
  - Petróleo concentrado en países árabes
  - Gas más diversificado pero dependiente de aspectos políticos
  - Precios del petróleo y gas muy volátiles
  - Incertidumbre constante en el mercado de las materias primas energéticas, con dependencia de zonas inestables
- **Problemática medioambiental**
  - Compromisos del Protocolo de Kioto
  - Coste económico derivado
  - Valoración de externalidades

## Sistema eléctrico en España 2005



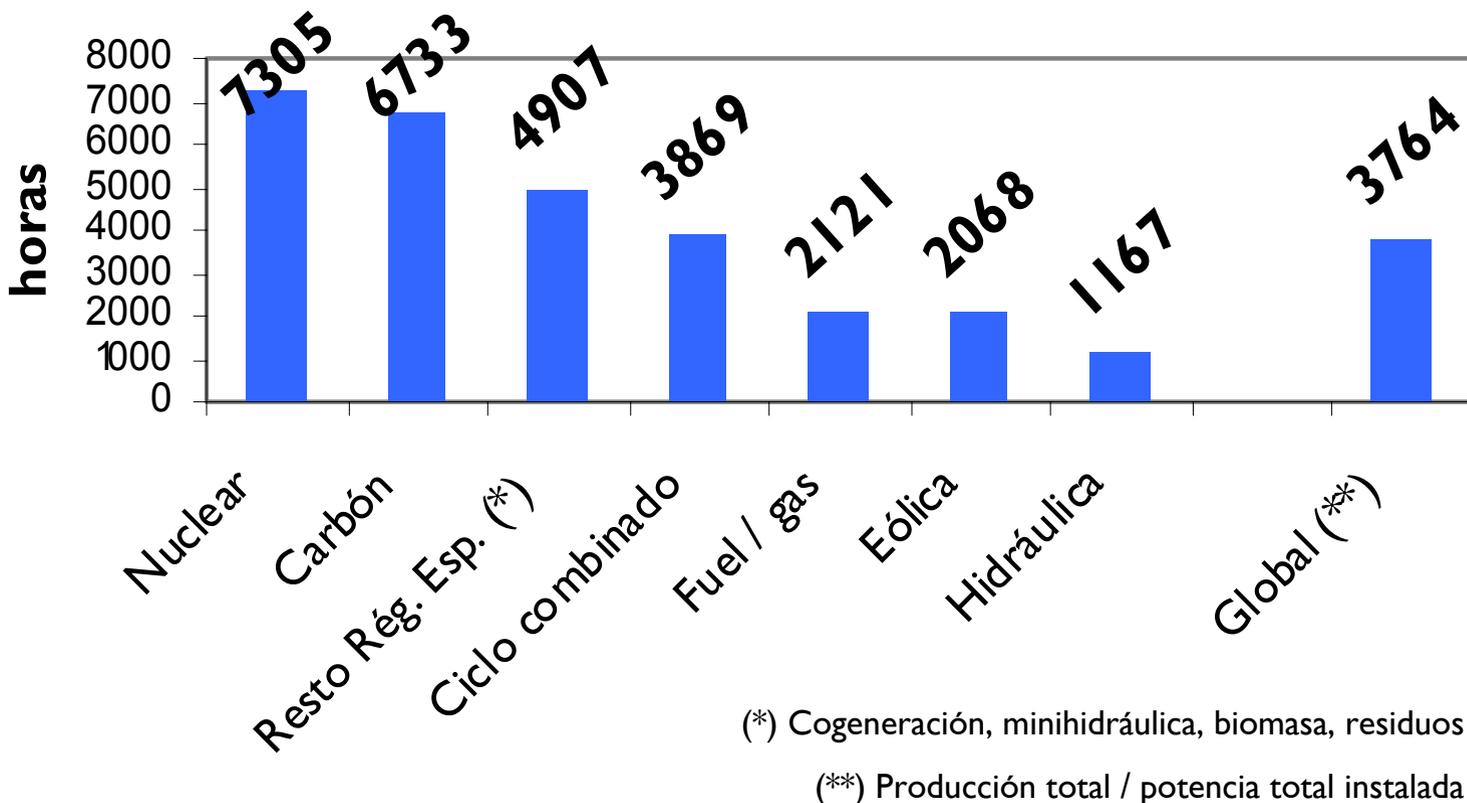
(1) Fiabilidad en la cobertura, en diciembre de 2005, de la punta de invierno 2005-2006. Fuente: REE

(2) Potencia instalada a 31 de diciembre de 2005

(2 y 3) Fuente: UNESA – Avance Estadístico de la Industria Eléctrica 2005 y REE – El Sistema Eléctrico Español – Avance del informe 2005

(4) Cogeneración, minihidráulica, biomasa, residuos

## Funcionamiento medio de las distintas centrales de producción de electricidad en España en 2005



Fuente: Elaboración propia

## Aprovisionamiento de uranio en España

<b>ORIGEN</b>	<b>Año 2004</b>
Rusia	28%
Australia	18%
Canadá	17%
Níger	14%
Sudáfrica	10%
Namibia	7%
Uzbekistán	4%
Alemania	2%

## Servicios de conversión

Francia	27%
Rusia	25%
Canadá	22%
Estados Unidos	18%
Reino Unido	7%
Otros	1%

## Servicios de enriquecimiento

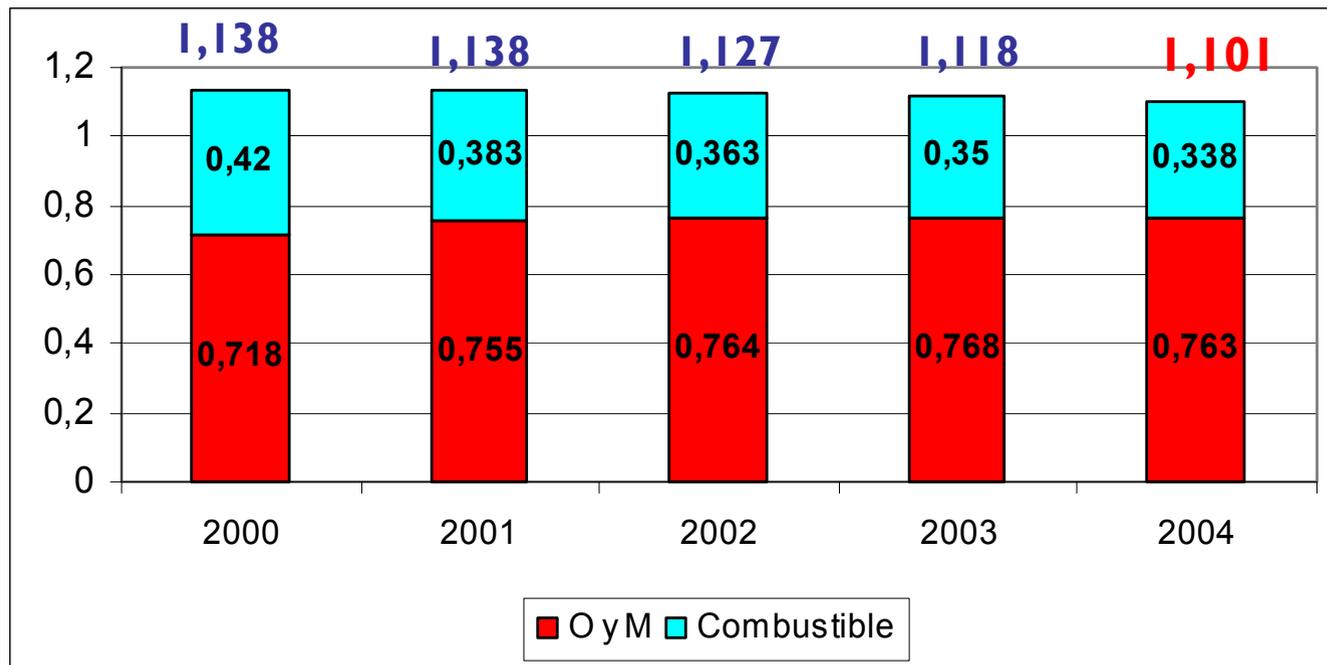
Tenex	26%
Eurodif	23%
Urenco	16%
Usec	13%
HEU ruso	13%
Rep U-MOX	5%
Otros	4%

## Valoración de las distintas fuentes energéticas

### DISPONIBILIDAD

Nuclear	■
Ciclo combinado	■
Carbón	■
Fuel/gas	■
Hidráulica	■
Eólica	■

## Coste de producción de las CC. NN. EE.



Fuente: UNESA. Datos en céntimos de euro / kWh neto (constantes 2004)

- Inversión recurrente anual: 20 M€ / año / 1000 MW
- Coste segunda parte ciclo combustible: 0,2 c€ / kWh producido

**≈ 15 €/MWh estable a largo plazo**

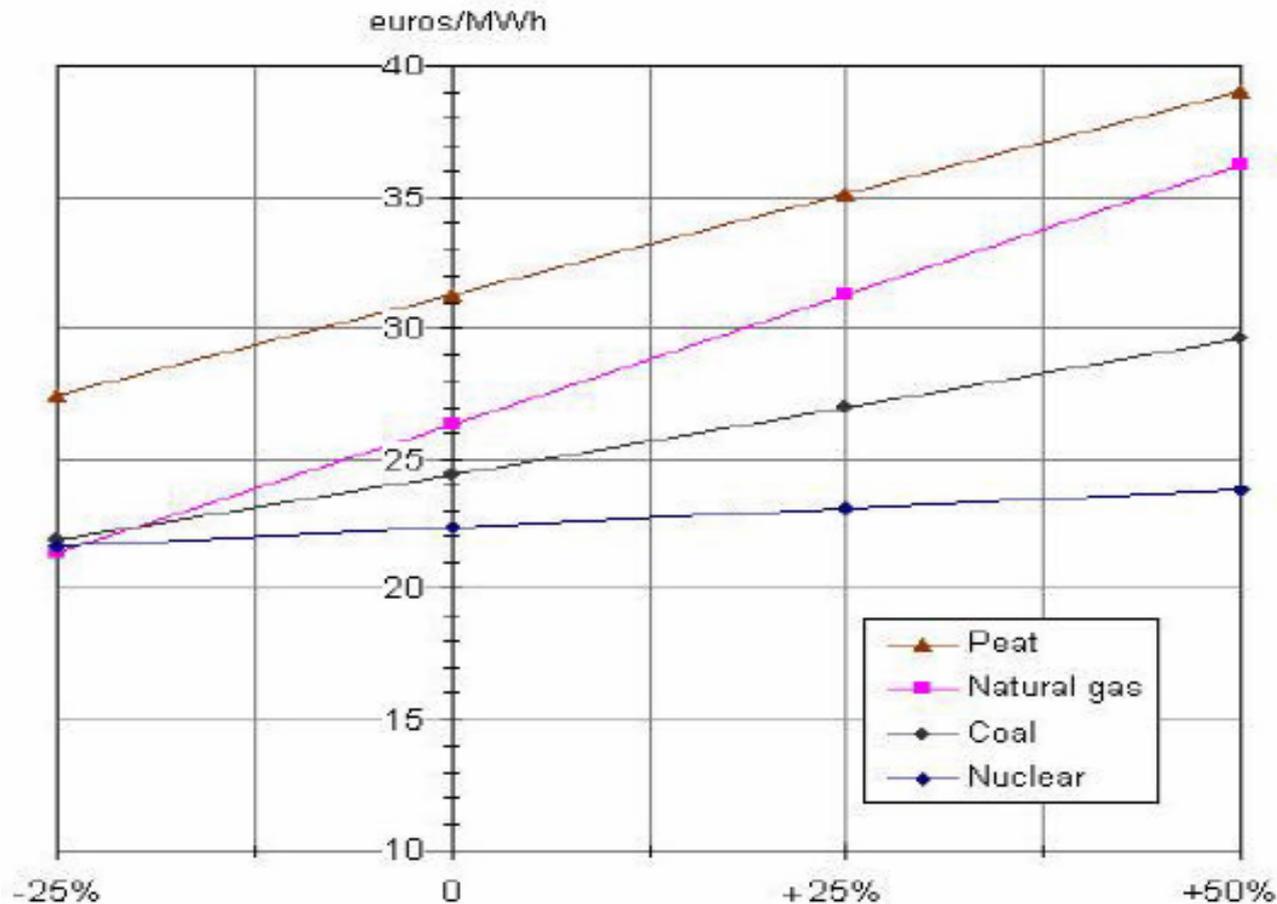
## Primas a la producción de energía eléctrica en régimen especial. Año 2006

Cogeneración		2,4349
Solar fotovoltaica	≤ 5 kW	36,0607
	> 5 kW	18,0304
Energía eólica		2,6548
Geotérmica y olas		2,6579
Hidroeléctrica	≤ 10 MW	2,6579
Biomasa primaria		2,6579
Biomasa secundaria		2,5649
Solar térmica		12,0202

Datos en c € / kWh

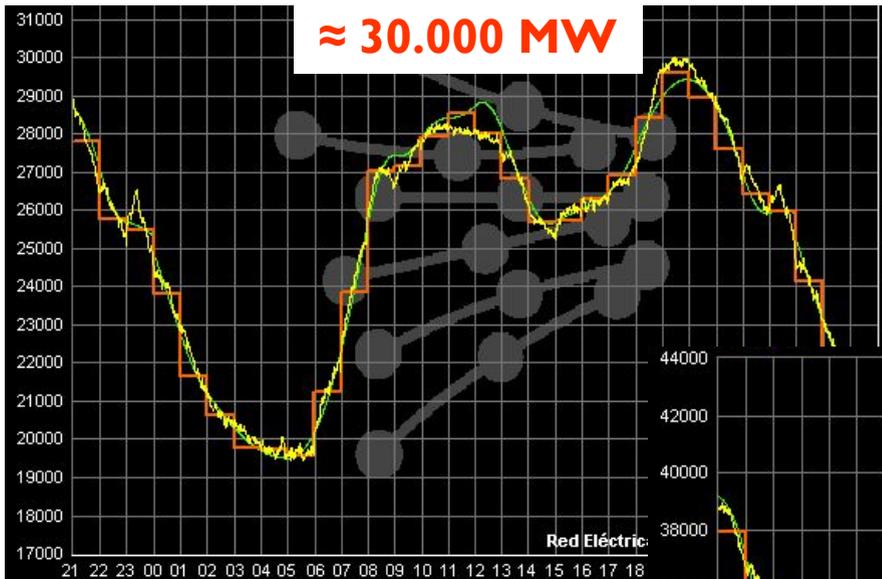
Fuente: R.D. 156/2005 de 23 de diciembre de 2005 (BOE de 28 de diciembre de 2005)

## Variación en el coste del combustible

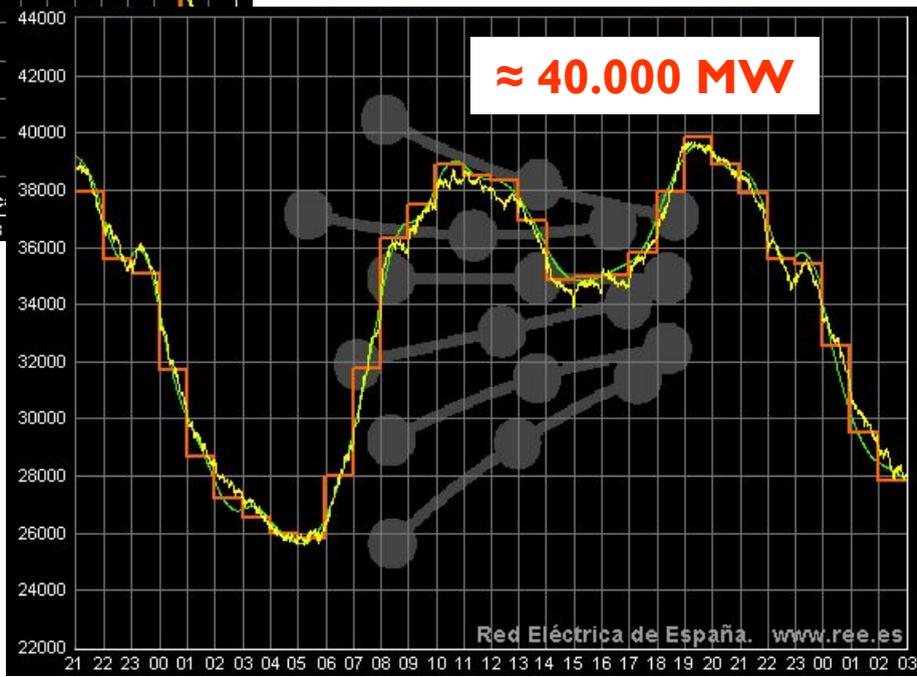


Fuente: "Competitiveness Comparison of the electricity Production Alternatives" Research Report 2003  
R. Tarjanne y K. Lusostarién – Universidad de Lappeenranta - Finlandia

## Sistema eléctrico en España: Curva de carga diaria



Jueves 25/01/2001



Jueves 26/01/2006

## Sistema eléctrico en España: Déficit de tarifa

Precio medio del Pool 2005  $\approx 62 \text{ € / kWh}$

Precio medio del Pool 2004  $\approx 35 \text{ € / kWh}$

- Incremento de la demanda
- Falta de agua
- Necesidad de combustibles caros

**DÉFICIT Año 2005  $\approx 3800 \text{ M€}$**

**Este déficit es estructural si los precios de los combustibles fósiles se mantienen altos**

## La producción de las CC. NN. EE. supone

- **En la balanza de pagos de España:**
  - 20% de la electricidad consumida, equivalente a
  - 100 M barriles / año
  - **3.500 M€/año a 6.000 M€/año** (45 \$/bl a 75 \$/bl)
- **Evitar la emisión de 50 Mt CO<sub>2</sub> cada año**
  - Con un precio de 30 € / t CO<sub>2</sub>: **1.500 M€ / año**

## Estudios de costes internacionales

	MIT (1)	PIU (2)	Chicago (3)	RAE (4)	DGEMP (5)	Tarjanne (6)	OCDE (7)	
<b>Coste de generación (p/kWh)</b>	3,9 - 4,0 (7)	3,0 - 4,0	3,1 - 3,6 (8)	2,26 - 2,44	2,0 (9)	1,7 (9)	1,3 - 1,9	1,8 - 3,0
<b>Tasas de retorno (%)</b>	11,5 (10)	8 & 15	12,5 (10)	7,5	8	5	5	10
<b>Coste de inversión /KW</b>	2000 \$ 1150 £	2000 \$ 1150 £	1500 \$ 865 £ (7)	2000 \$ 1150 £	1.413 € 990 £ (9)	1900 \$ 1330 £ (9)	1000 - 2000 \$ 610 - 1210 £	
<b>Factor de carga</b>	85%	75 - 80 %	0,85	> 90 %	> 90 %	> 90 %	85%	
<b>Plazo de amortización (años) (11)</b>	15	20	15	25 & 40	35 - 50	40	40	
<b>Plazo de construcción (años)</b>	5	Sin definir	5 a 7	5	5	5	4 a 6	

(1) Informe MIT: The future of nuclear power (año 2003)

(2) Informe del Performance and Innovation Unit (PIU) del Reino Unido: The economics of nuclear power (año 2002)

(3) Informe de la University of Chicago: The economic future of nuclear power (año 2004)

(4) Royal Academy of Engineering del Reino Unido: The cost of generating electricity (año 2004)

(5) General Directorate for Energy and Raw Materials of the French Ministry of the Economy, Finance and Industry (año 2003)

(6) Tarjanne. Lappeenranta University of Technology. Finlandia (año 2003)

(7) Informe OCDE: Projected costs of generating electricity (2005 updated) conversión 1 £ = 1,6503 \$ (año 2005)

(8) basado en 1 £ = 1,734 \$ (tasa de cambio usada en el informe del RAE)

(9) basado en 1 € = 0,7 £ (Bloomberg 10 de marzo de 2005)

(10) basado en coste de capital nivelado medio

(11) periodo de depreciación/amortización

## Valoración de las distintas fuentes energéticas

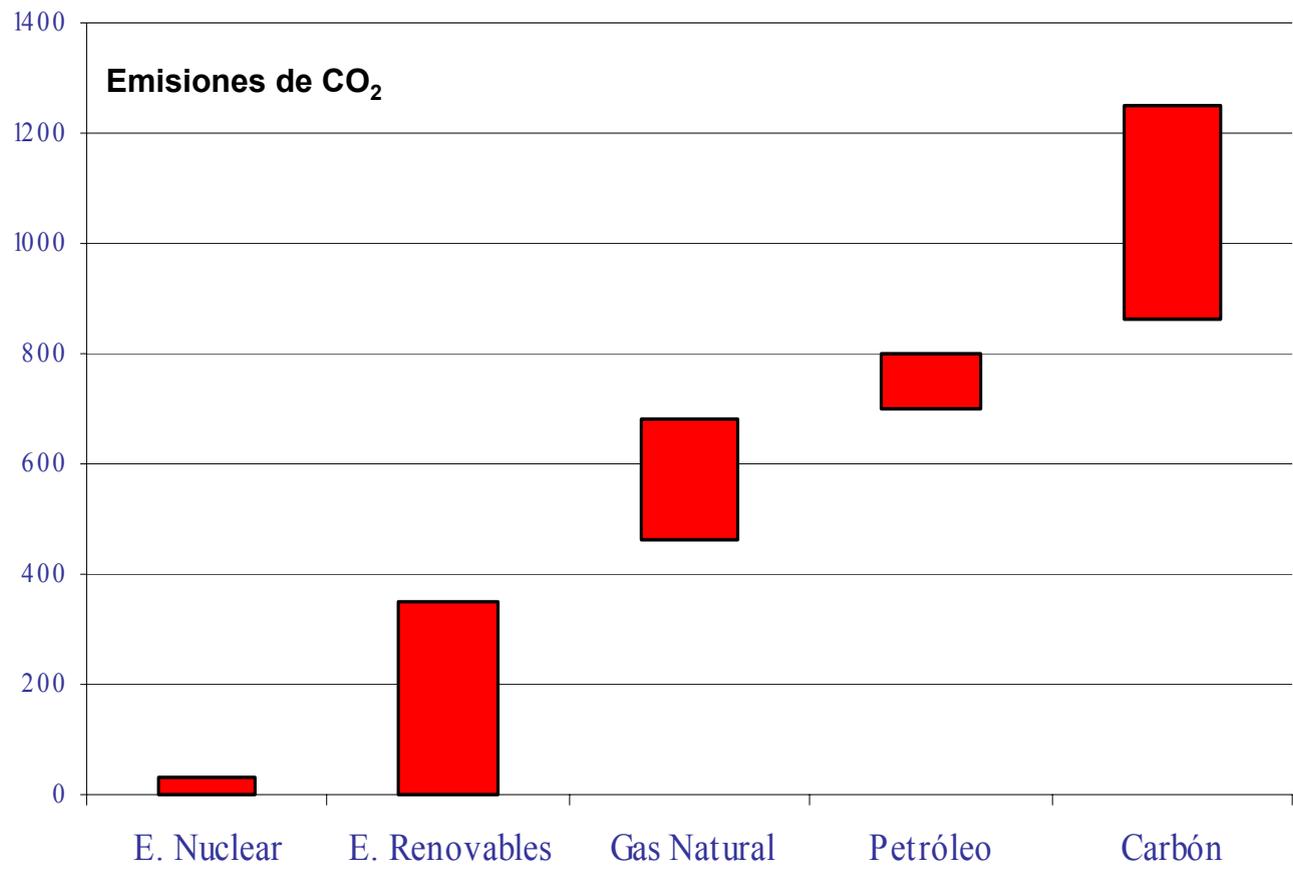
### COSTES

Nuclear	Green
Ciclo combinado	Red
Carbón	Yellow
Fuel/gas	Red
Hidráulica	Green
Eólica	Red

## Aspectos medioambientales

- Las CC. NN. son una fuente de producción de electricidad limpia, ya que no generan gases ni partículas causantes del efecto invernadero y el cambio climático
- Las CC. NN. no emiten gases o partículas causantes de la lluvia ácida, la contaminación atmosférica urbana o el agotamiento de la capa de ozono
- Las CC. NN. no emiten CO<sub>2</sub> en su operación. Cada año, evitan el 8% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, 600 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en Europa y 50 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en España

## gr/kWh Cadenas completas de producción



Fuente: IAEA.TEC-DOC-892 julio 1996

## Informe de la Universidad de Yale

### Environmental Performance Index – año 2005

EPI score (0 – 100)

Nueva Zelanda	88,0
<b>Suecia</b>	87,8
<b>Finlandia</b>	87,0
<b>República Checa</b>	86,0
<b>Reino Unido</b>	85,6
Austria	85,2
Dinamarca	84,2
<b>Canadá</b>	84,0
Malasia	83,3
Irlanda	83,3

Salud

Biodiversidad

Energía

Agua

Aire

Recursos naturales

## Valoración de las distintas fuentes energéticas

### IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Nuclear	Green
Ciclo combinado	Yellow
Carbón	Red
Fuel/gas	Red
Hidráulica	Green
Eólica	Green

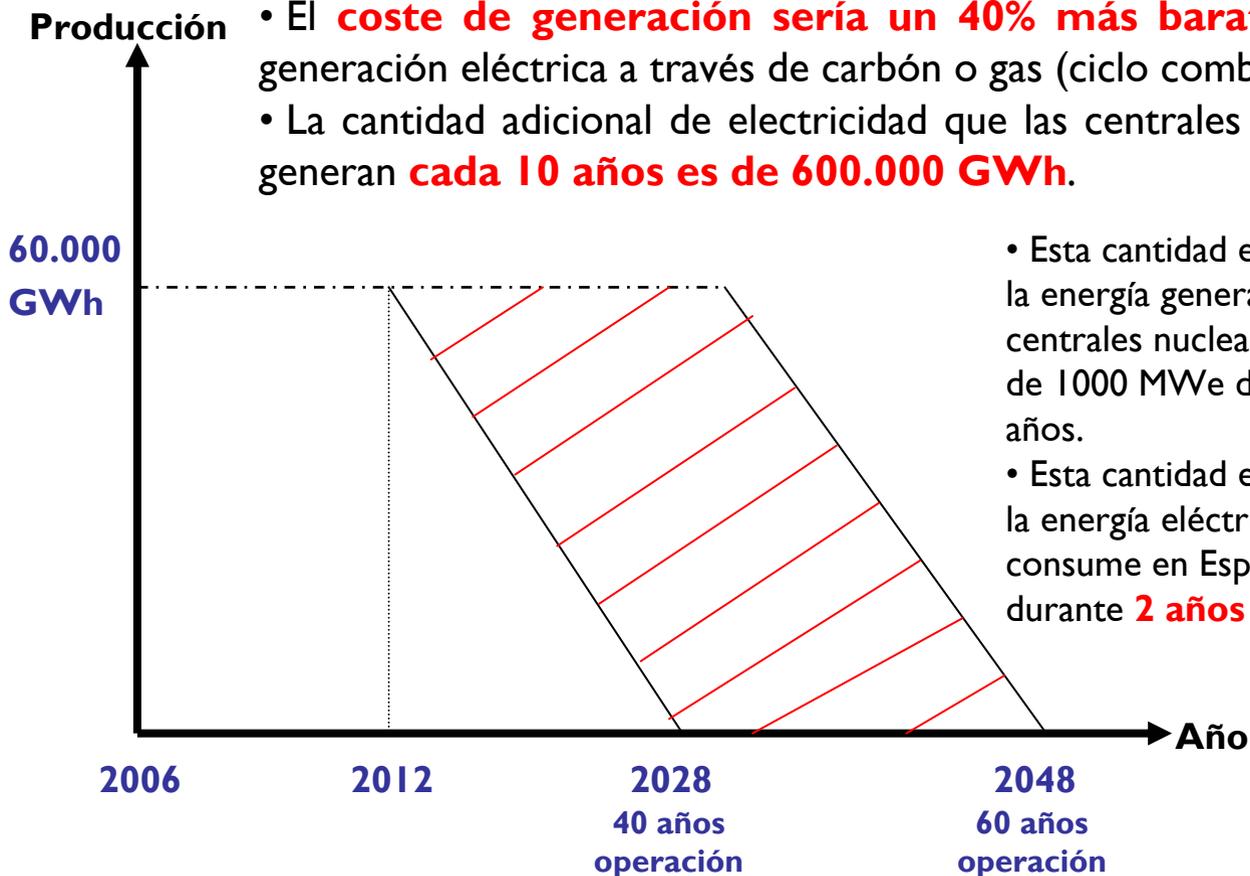
## Situación en España ante el periodo 2011- 2025

Aumento de la demanda eléctrica: con incrementos de un 3% anual, se requieren 10.000 GWh anuales adicionales, que pueden ser cubiertos con

- 1.300 MW nucleares funcionando 7.500 horas / año
- ó 1.300 MW carbón funcionando 7.500 horas / año
- ó 5.000 MW eólicos funcionando 2.000 horas / año
- ó 2.000 MW ciclos combinados funcionando 5.000 horas / año

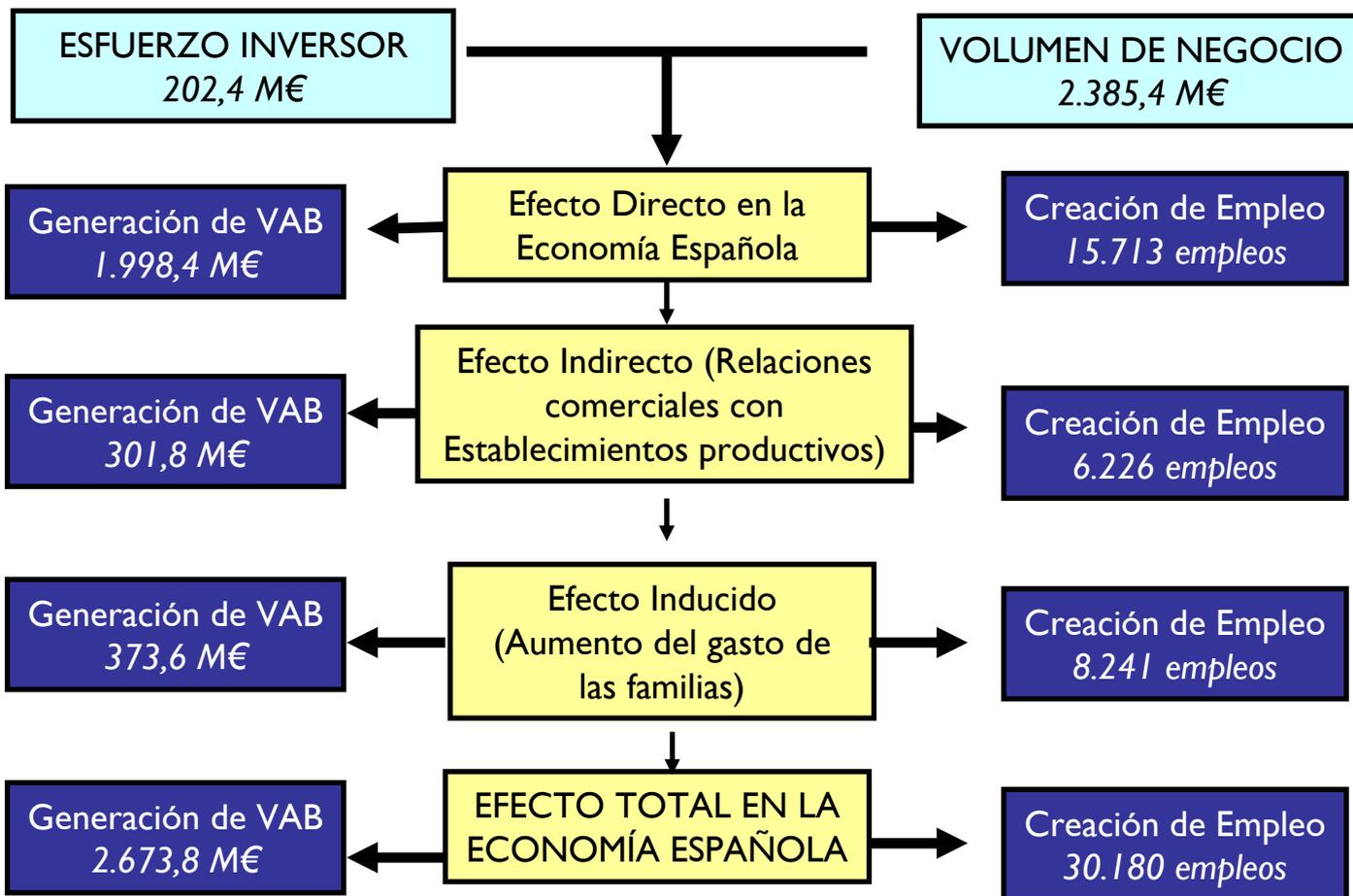
## Operación a largo plazo de las CC. NN. EE.

- La energía adicional generada por las nucleares españolas evitaría la **emisión de 50 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> / año**.
- El **coste de generación sería un 40% más barato** que la generación eléctrica a través de carbón o gas (ciclo combinado).
- La cantidad adicional de electricidad que las centrales nucleares generan **cada 10 años es de 600.000 GWh**.



- Esta cantidad equivale a la energía generada por 2 centrales nucleares nuevas de 1000 MWe durante 40 años.
- Esta cantidad equivale a la energía eléctrica que se consume en España durante **2 años y medio**.

## Aportación de la Industria Nuclear Española al sistema socioeconómico español



## Capacidades de la Industria Nuclear Española (I)

- Fabricación de bienes de equipo:
  - ENSA:
    - Vasijas de reactor (PBMR –Sudáfrica)
    - Generadores de Vapor (Estados Unidos)
    - Presionadores
    - Bastidores de combustible (China)
    - Contenedores de combustible gastado
  
- Fabricación del combustible nuclear:
  - ENUSA:
    - PWR
      - Alemania
    - BWR
      - Bélgica
    - Barras de gadolinio
      - Finlandia
      - Francia
      - Suecia
      - Estados Unidos

## Capacidades de la Industria Nuclear Española (2)

- Ingenierías:
  - Empresarios Agrupados
  - Iberinco
  - Soluziona
  - Tecnatom
- Proyecto ITER – European Legal Entity en Barcelona
  - comienzo a finales de 2006
  - contratos para la industria española
- Proyecto Lungmen: contratos  $\approx$  60 millones euros

## Condiciones de un posible escenario en España

- Incremento de la demanda eléctrica 3% anual
- Freno emisiones de CO<sub>2</sub>
- Energía eléctrica de base estable y barata ⇒ llevar la energía nuclear al 35% de la producción eléctrica anual



**Construir 10.000 MW nucleares entre 2008 y 2025**, lo que consigue 80.000 GWh anuales con un coste en el entorno de 40 €/MWh, evitando emisiones anuales de CO<sub>2</sub>:

- 50 M t CO<sub>2</sub> frente a gas
- 120 M t CO<sub>2</sub> frente a carbón

## Escenario construcción 10.000 MW en España (I)

	<b>GAS</b>	<b>NUCLEAR</b>
Coste de Inversión (€ / kW)	450	2000
Participación nacional (Inv. Mat.) (%)	40 - 65	60 - 85
Coste (€ / kWh)	0,045	0,045
Combustible (% del coste kWh)	88	8

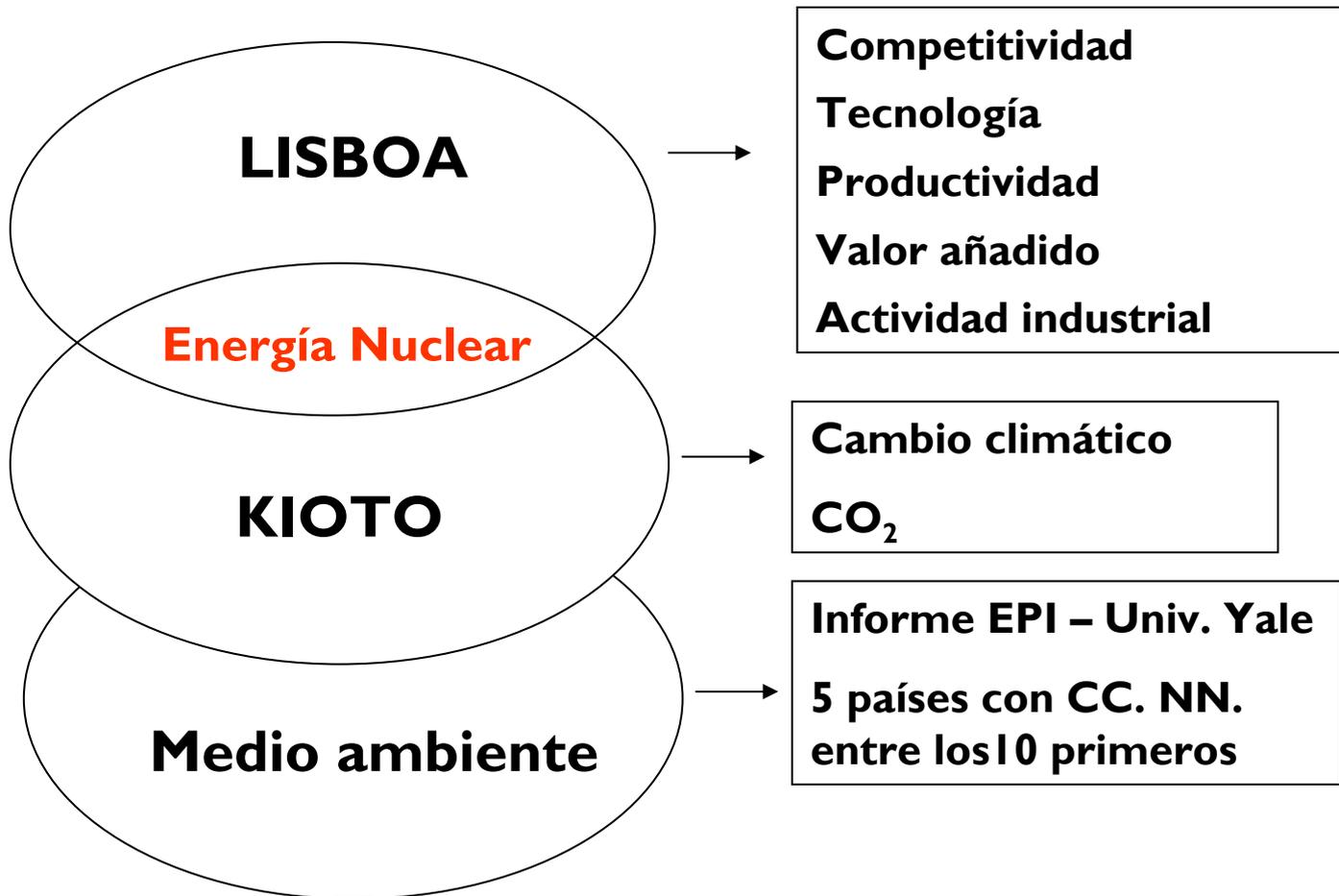
## Escenario construcción 10.000 MW en España (2)

	<b>GAS</b>		<b>NUCLEAR</b>	
<b>Inversión inicial (M €)</b>	4500		20.000	
<b>Participación nacional (M €)</b>	1800 - 2925		12.000 – 17.000	
Ingeniería y servicios (M €)	(5%)	225	(8,5%)	1700
Bienes de equipo (M €)	(16%)	720	(36%)	7200
Construcción (M €)	(24%)	1080	(32%)	6400
Otros costes (M €)	(10%)	450	(10%)	2000
<b>Pagos al sector exterior</b>				
Inversión inicial (M €)	(45%)	2025	(13,5%)	2700
Combustible – 7500 h/año (M€/año)	4500		256	
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (Mt / año)</b>	50		-	

## Escenario construcción 10.000 MW en España (3)

- Apoyo al desarrollo industrial
  - consolidación bienes de equipo
  - producción otros sectores industriales
- Tecnologías avanzadas: materiales, instrumentación y control, simulación
- Soportar programas de I+D+i
- Consolidación capital humano
  - alta cualificación
  - 50.000 – 80.000 personas
- Enlazar con tecnologías de futuro – Generación IV – ITER
- Participación en mercados internacionales

## Estrategias fundamentales de la Unión Europea

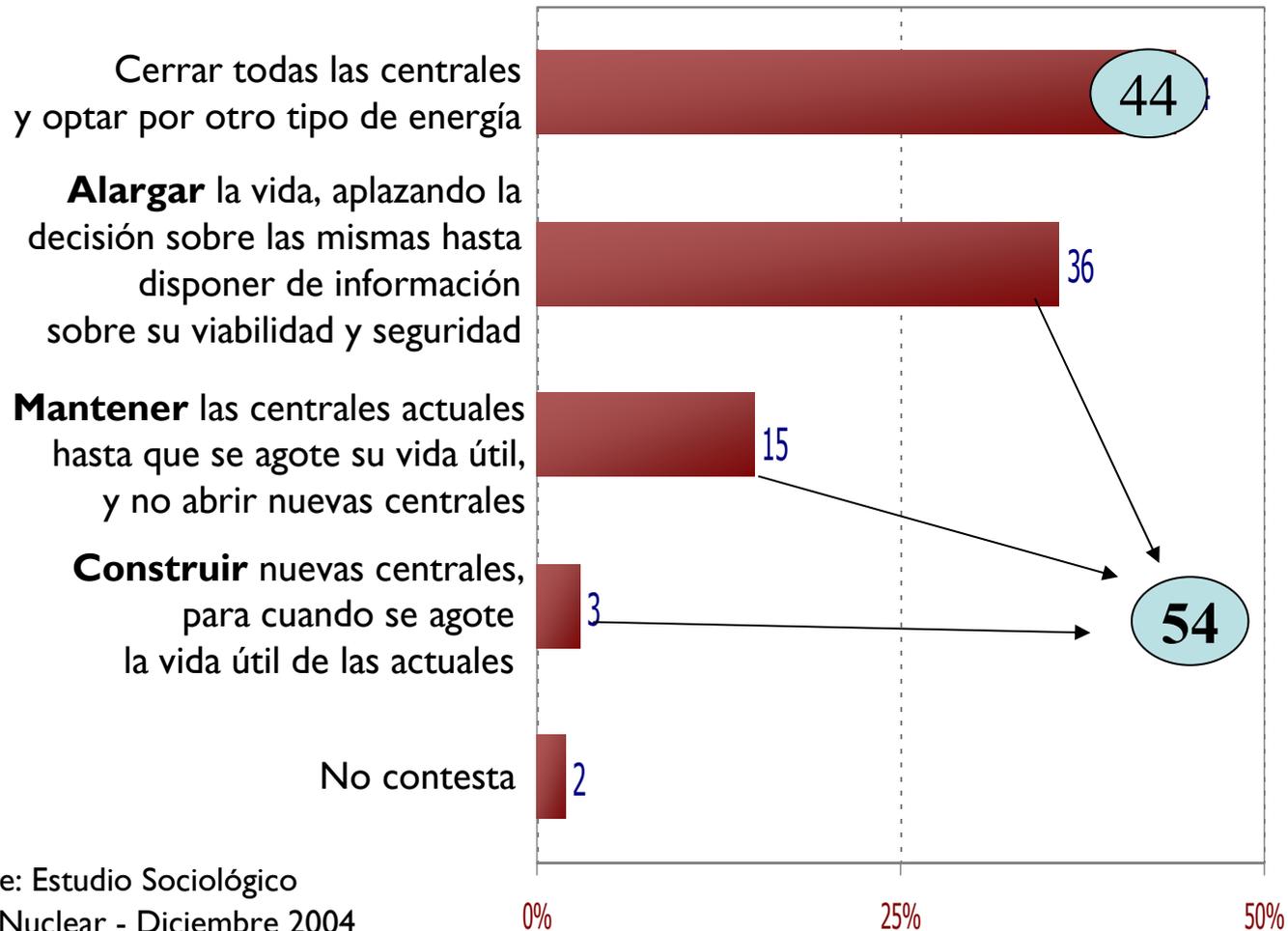


## Valoración de las distintas fuentes energéticas

	DISPONIBILIDAD	COSTES	IMPACTO AMBIENTAL
Nuclear	Green	Green	Green
Ciclo combinado	Yellow	Red	Yellow
Carbón	Green	Yellow	Red
Fuel/gas	Yellow	Red	Red
Hidráulica	Red	Green	Green
Eólica	Red	Red	Green

## Opinión pública

**“¿Qué se debe hacer con las centrales nucleares?”**



Fuente: Estudio Sociológico  
Foro Nuclear - Diciembre 2004

## **Conclusiones de la Mesa de Diálogo (I)**

### **Estrategia para la gestión de los residuos de alta actividad**

- Almacén Temporal Centralizado
- Seguimiento científico y tecnológico internacional
- Designación de emplazamientos: amplio consenso nacional y local

### **Información a la sociedad y su participación en los mecanismos de toma de decisiones**

- Importancia de la participación del público: Convenio Aarhus
- Intensificar esfuerzos para proporcionar información objetiva
- Participación de los agentes sociales en el proceso de toma de decisiones socialmente sensibles

### **Régimen normativo aplicable al ámbito nuclear**

- Revisión o desarrollo de algunos instrumentos legales
- Revisión amplia de la Ley de Energía Nuclear de 1964
- Revisión Ley del Consejo de Seguridad Nuclear

## Conclusiones de la Mesa de Diálogo (2)

### Cobertura de la demanda energética en España y la energía nuclear

- Políticas energéticas dirigidas a garantizar suministro y competitividad
- El uso mayoritario de combustibles fósiles hace que el modelo energético actual no sea sostenible a largo plazo
- La energía nuclear no contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero ni al calentamiento global
- Causas de la oposición de la población a la energía nuclear
  - no solución probada a los residuos de alta actividad
  - riesgo percibido
- Necesidad de análisis a largo plazo de la estrategia de suministro eléctrico
  - integrado en un contexto energético amplio
  - disponibilidad actual y evolución previsible de tecnologías
  - repercusiones medioambientales y económicas
  - capacidad de ahorro y eficiencia energética
  - seguridad de suministro
  - objetivo de alcanzar un modelo energético sostenible futuro

## Conclusiones de la Mesa de Diálogo (3)

### **Cobertura de la demanda energética en España y la energía nuclear (cont.)**

- Una reducción progresiva de la generación nuclear exigiría disponer de un plan alternativo de sustitución realista
- Para que la energía nuclear sea una opción energética con vistas a futuros desarrollos
  - avances tecnológicos para mejoras en la seguridad
  - costes de inversión y plazos de construcción menores
  - generación de menos residuos
  - bajo riesgo de proliferación
  - solución adecuada a la gestión de los residuos de alta actividad
  - amplio consenso político y social
- Para garantizar la seguridad de las instalaciones nucleares en funcionamiento es necesario su mantenimiento adecuado mediante inversiones y la disposición de capacidades técnicas y humanas
- Importante esfuerzo de I+D en todas las fuentes, para conseguir procesos más limpios y eficientes

## Conclusiones de la Mesa de Diálogo (4)

### **PROPUESTA DE CONTINUIDAD DEL DEBATE SOBRE LAS FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA**

- Realización de un debate que permita adoptar decisiones cuyos efectos se producirán durante un largo periodo de tiempo y afectarán de forma relevante al nivel de bienestar y calidad de vida de las futuras generaciones de españoles
- Eficacia del debate si:
  - horizonte temporal suficientemente lejano (2020 o 2030)
  - tiene en cuenta las experiencias de los países de la UE
  - tiene un consenso social y político amplio (duración 2-3 años)
- Nuevo documento de planificación gas y electricidad 2007-2017, para el que es necesaria una primera fase de debate
- Segunda fase de debate dirigida, impulsada y coordinada por el Parlamento, con una duración no inferior a 2 años, acabándose en la siguiente legislatura, para conseguir que exista en los plazos establecidos una estructura de fuentes de energía primaria elegida por la sociedad española por procedimientos participativos y democráticos.

## Conclusiones (I)

- **Las centrales nucleares aseguran la producción en base con gran disponibilidad y un coste de operación competitivo**
- **Su operación evita la emisión de 50 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, contribuyendo al cumplimiento del Protocolo de Kioto**
- **La continuidad de la operación de las CC. NN. es la mejor opción económica y ambiental y una garantía para el sistema eléctrico**

## Conclusiones (2)

- **Ante el previsible incremento del consumo, teniendo en cuenta la evolución de los precios del petróleo y los requisitos del Protocolo de Kioto, será necesario abordar a medio plazo la construcción de nuevas centrales nucleares**
- **El mantenimiento y desarrollo de la capacidad de la industria nuclear española permitirá mantener actividades de I+D y contribuir al cumplimiento de la estrategia de Lisboa**
- **La cobertura actual y futura de la demanda eléctrica en España necesita de la energía nuclear, para resolver los problemas de garantía de suministro, costes y medio ambiente**