


Nucleares, ¿por qué no?



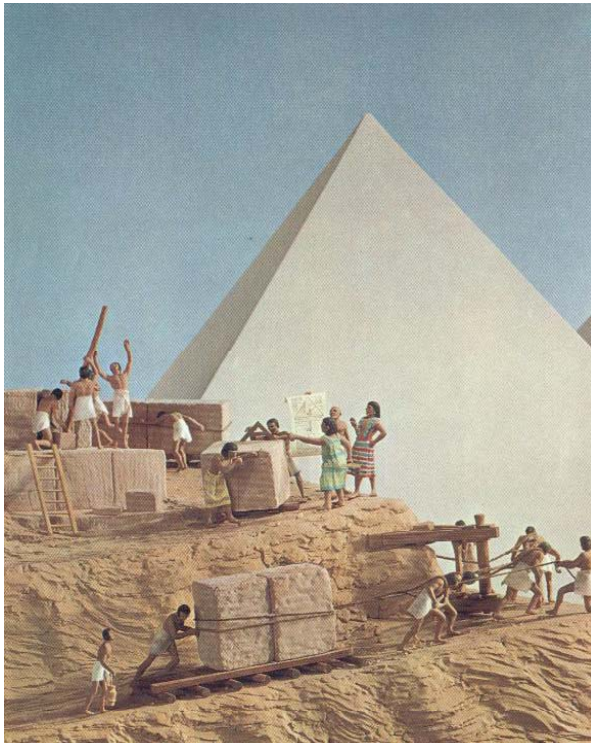
Manuel Lozano Leyva

GRUPO VASCO del CLUB DE ROMA

22 enero 2010

El hombre y la energía

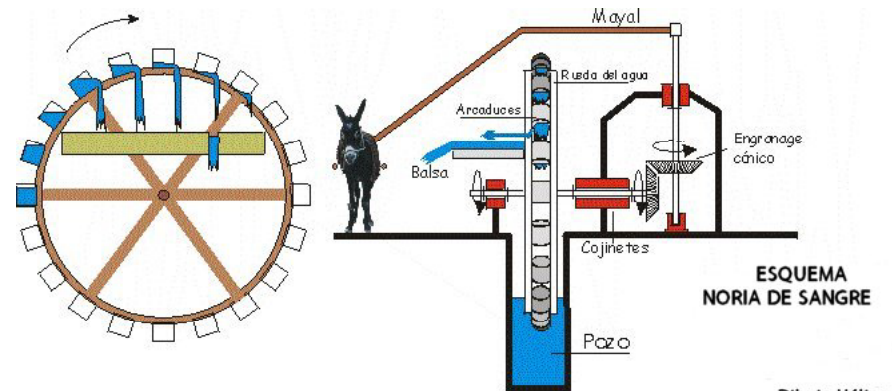
Aunque el mejor arma del hombre es el ingenio



Potencia de un hombre: unos **100 vatios (W)**
Energía desarrollada en una jornada dura: **1 kWh**



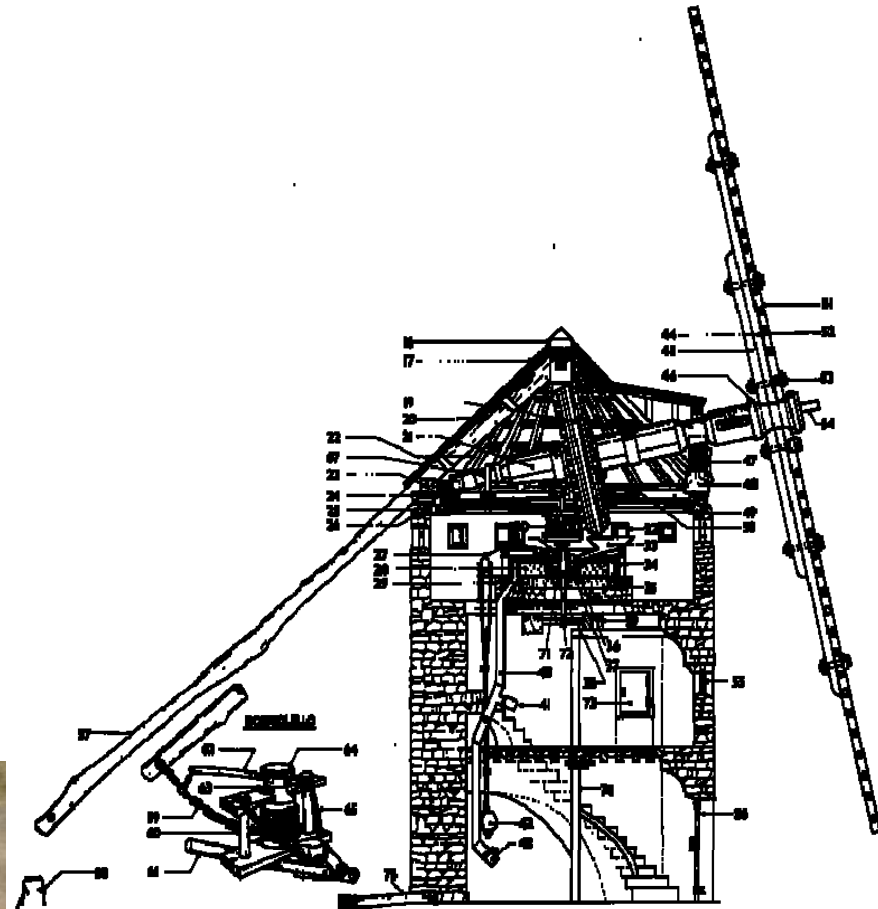
Con ayuda llegó pronto a los **2 kW**



Dibujo Hélios



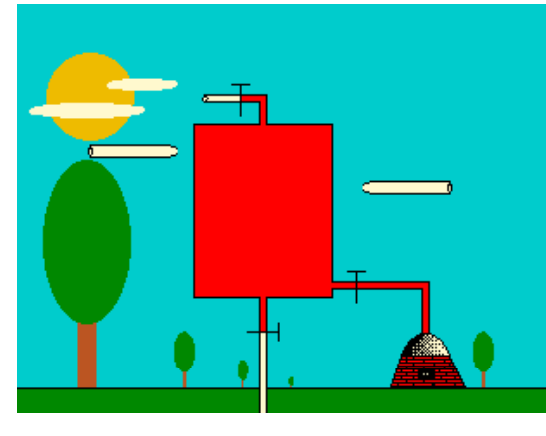
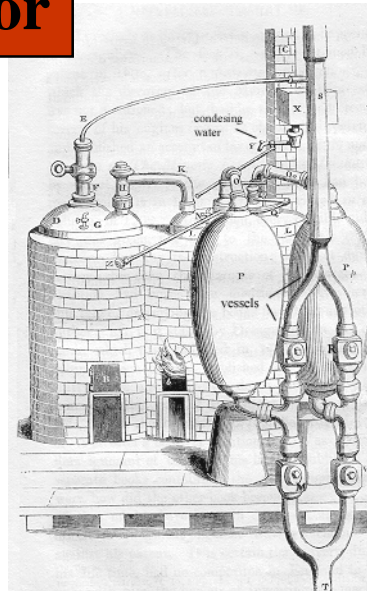
Hasta 10 kW



Hasta 50 kW

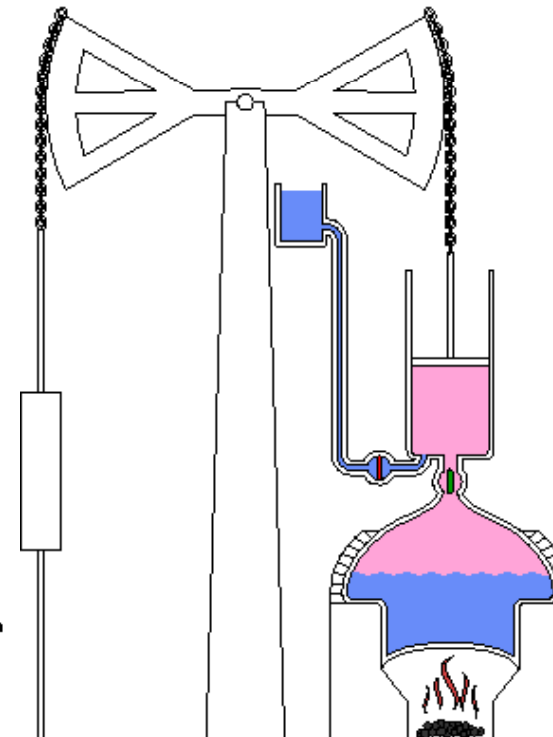
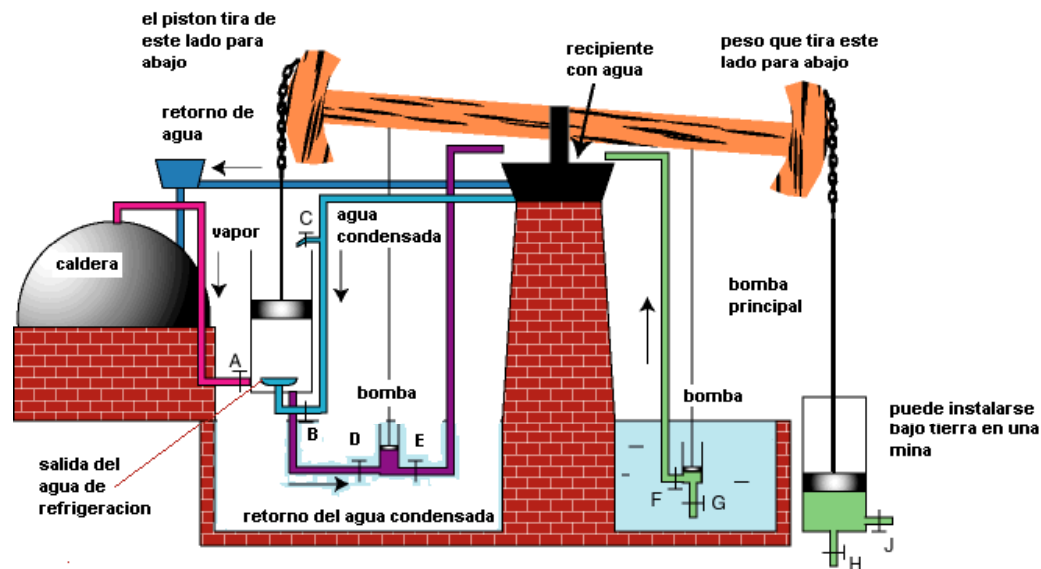
Hasta que llegó el vapor

Thomas Savery 1698

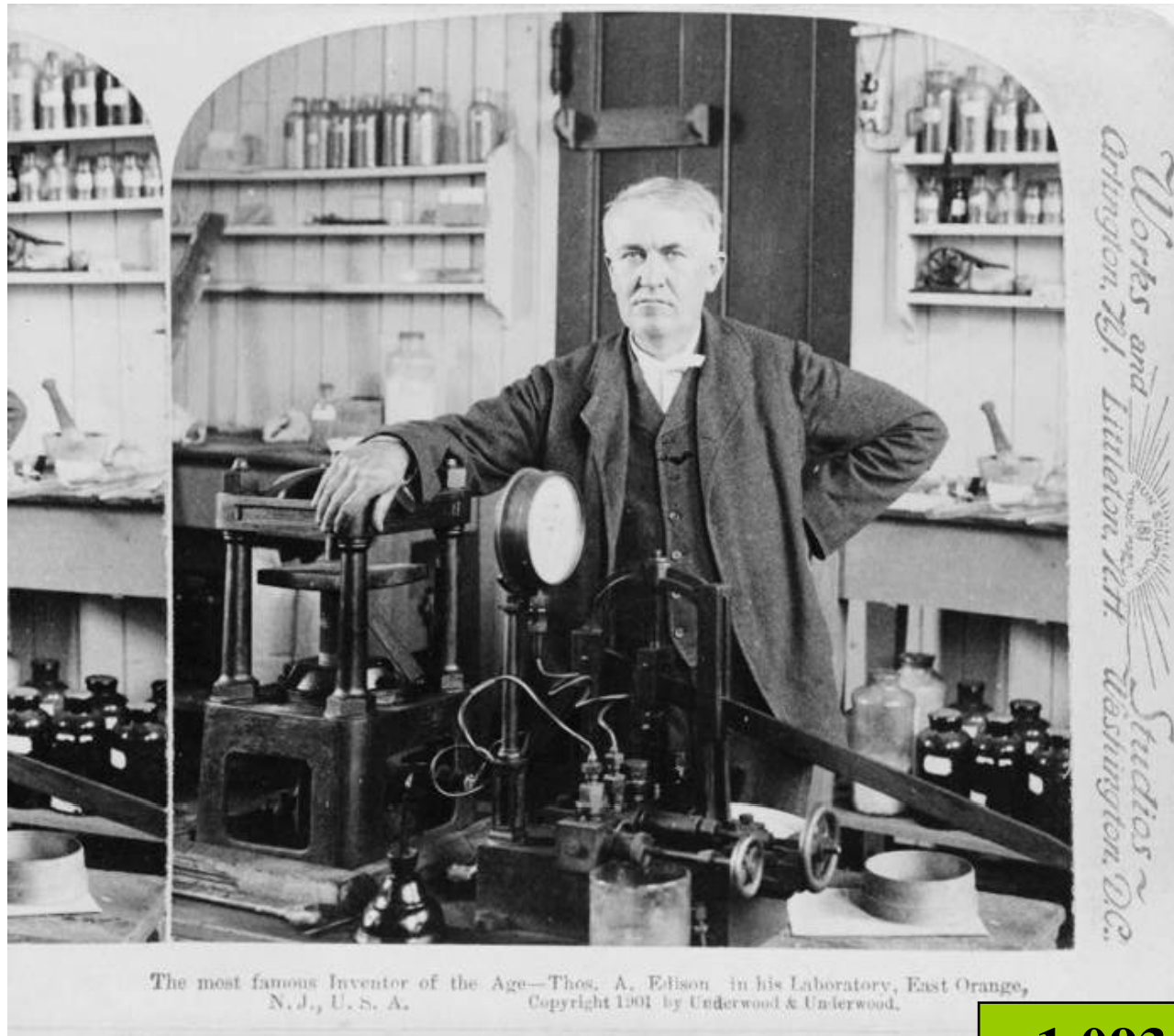


Thomas Newcomen 1720

Maquina atmosferica de Newcomen



Edison: la multiplicación de las máquinas



¡¡1.093 patentes!!

La luz eléctrica

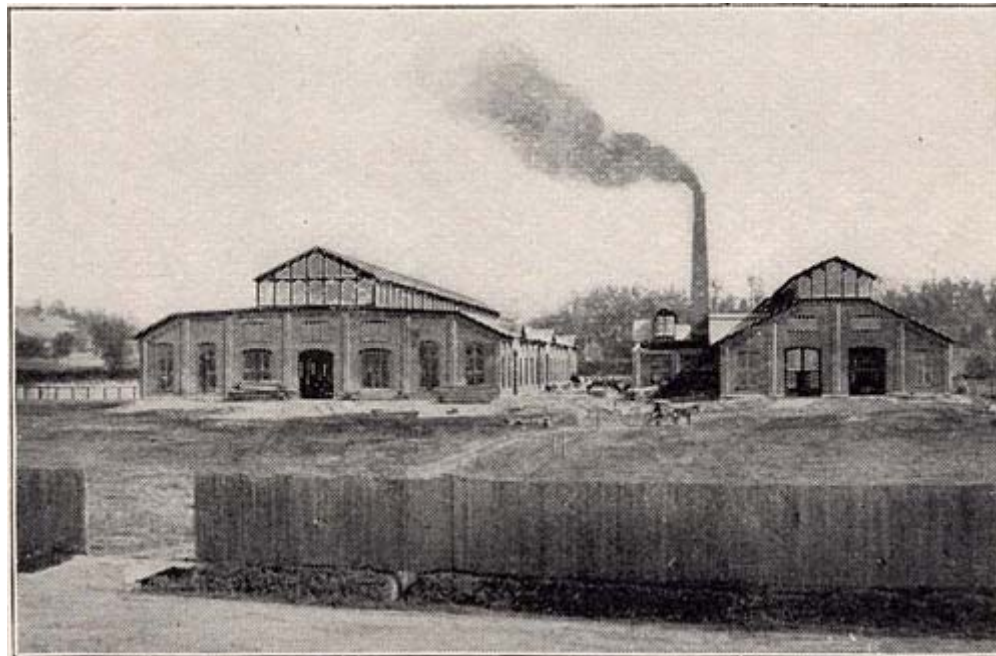
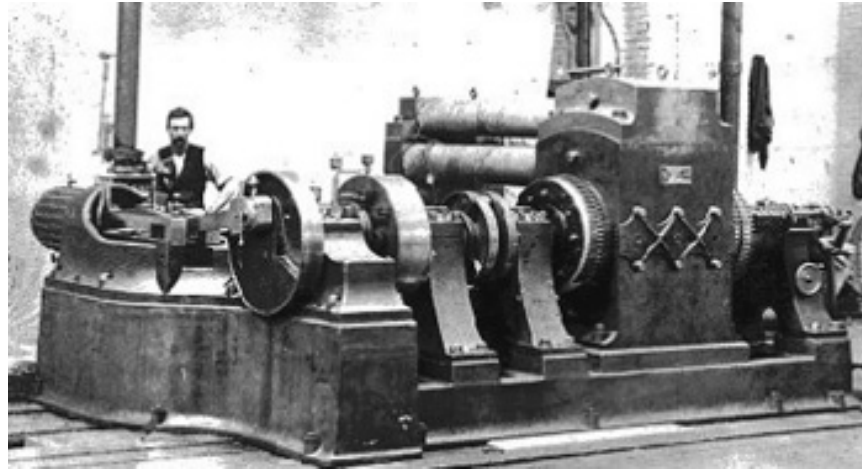
“Proporcionaré luz tan barata que no sólo los ricos podrán hacer arder sus bujías”



Concentración de la producción de energía, distribución del uso

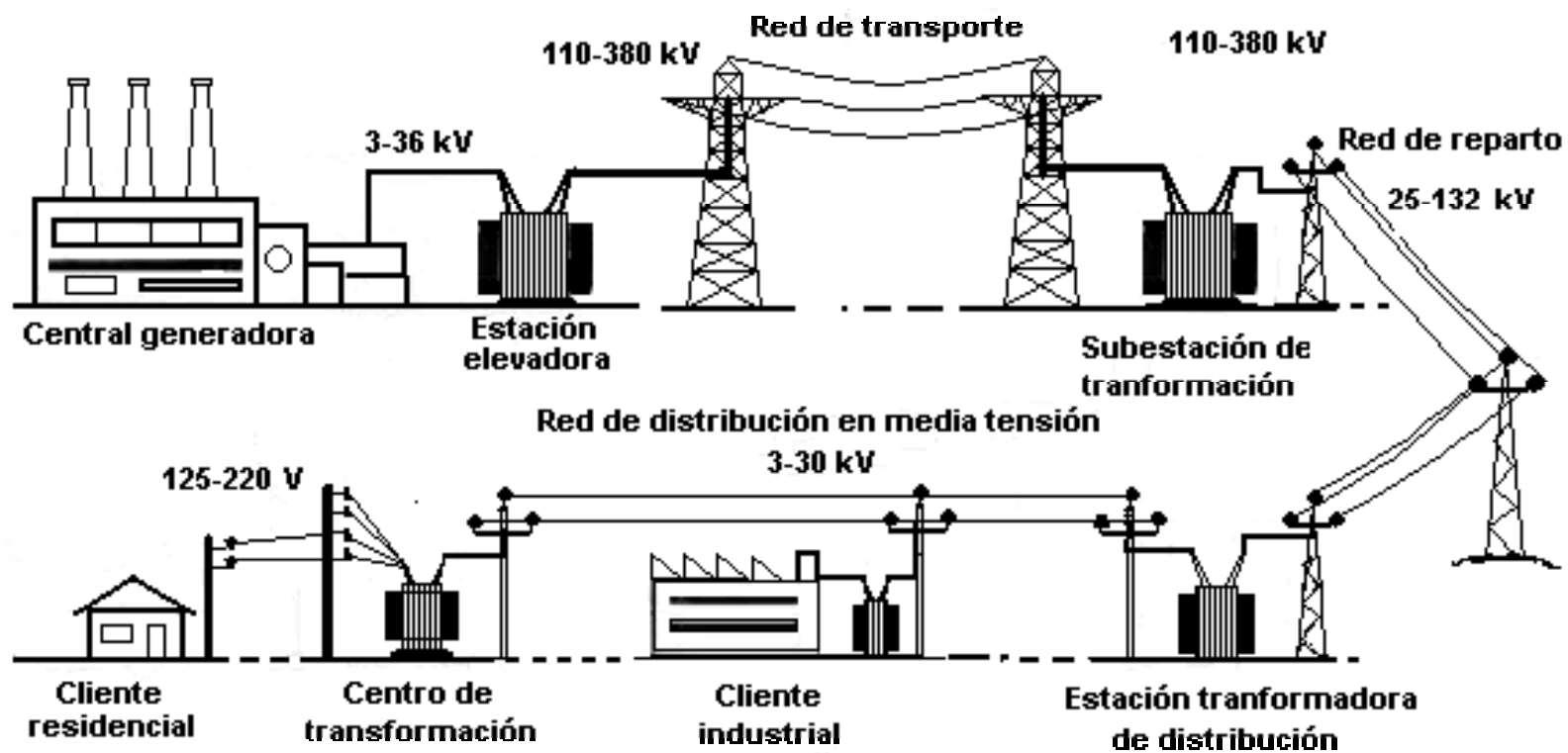


La primera central eléctrica





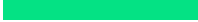
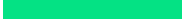
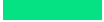









Toda innovación ¿no es peligrosa?



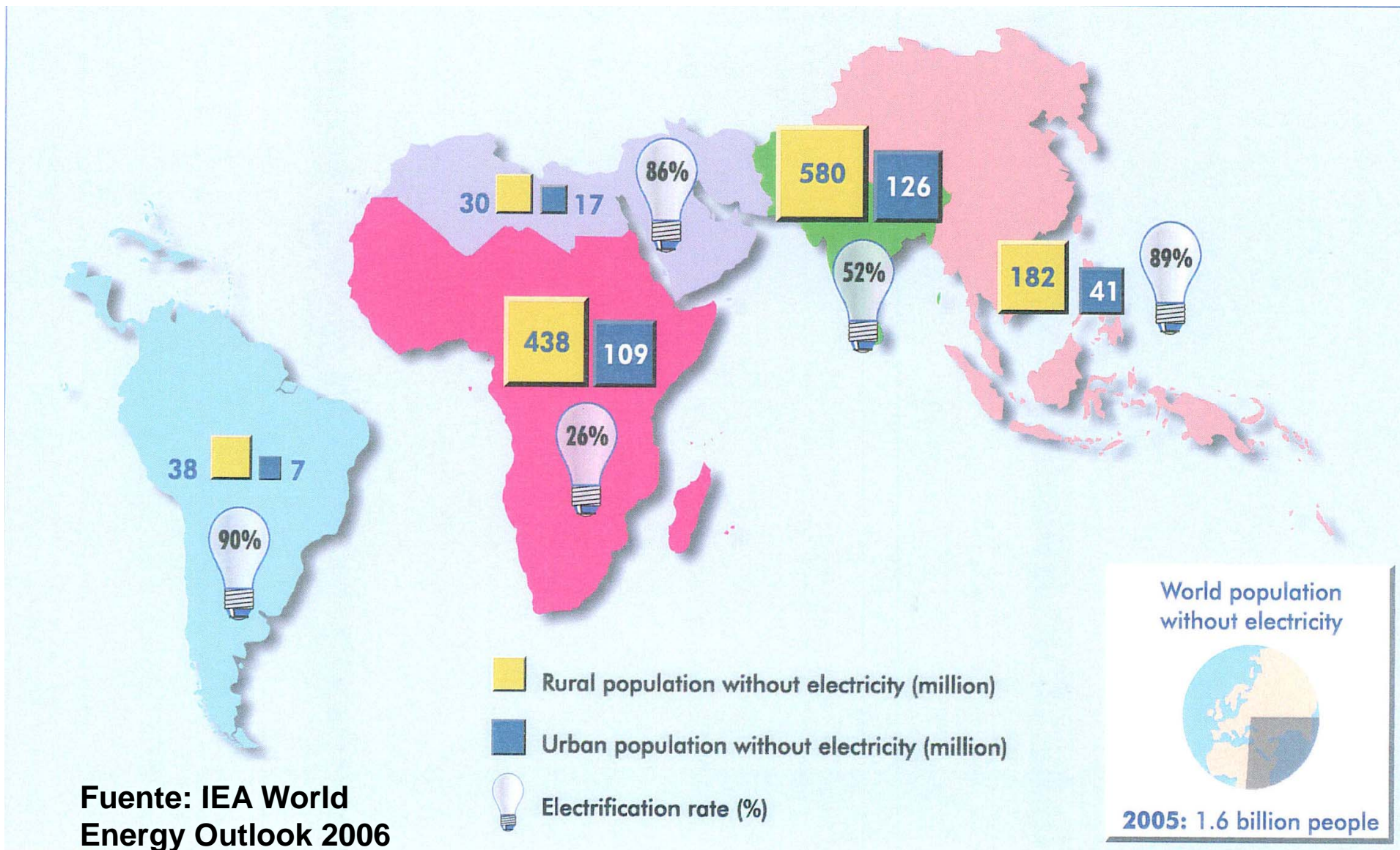


Electricidad



Posición	País	Electricidad - consumo (miles de millones kWh)	
1	Estados Unidos	3,892	
2	China	3,271	
3	Japón	1,080	
4	Rusia	1,003	
5	Alemania	549.1	
6	Canadá	530	
8	Francia	480	
9	Brasil	402.2	
10	Corea del Sur	385.1	
11	Reino Unido	348.5	
12	Italia	316.3	
13	España	276.1	
14	Sudáfrica	241.4	
15	Taiwán	233	

1,600 millones de personas (un 25% de la humanidad) no tiene electricidad

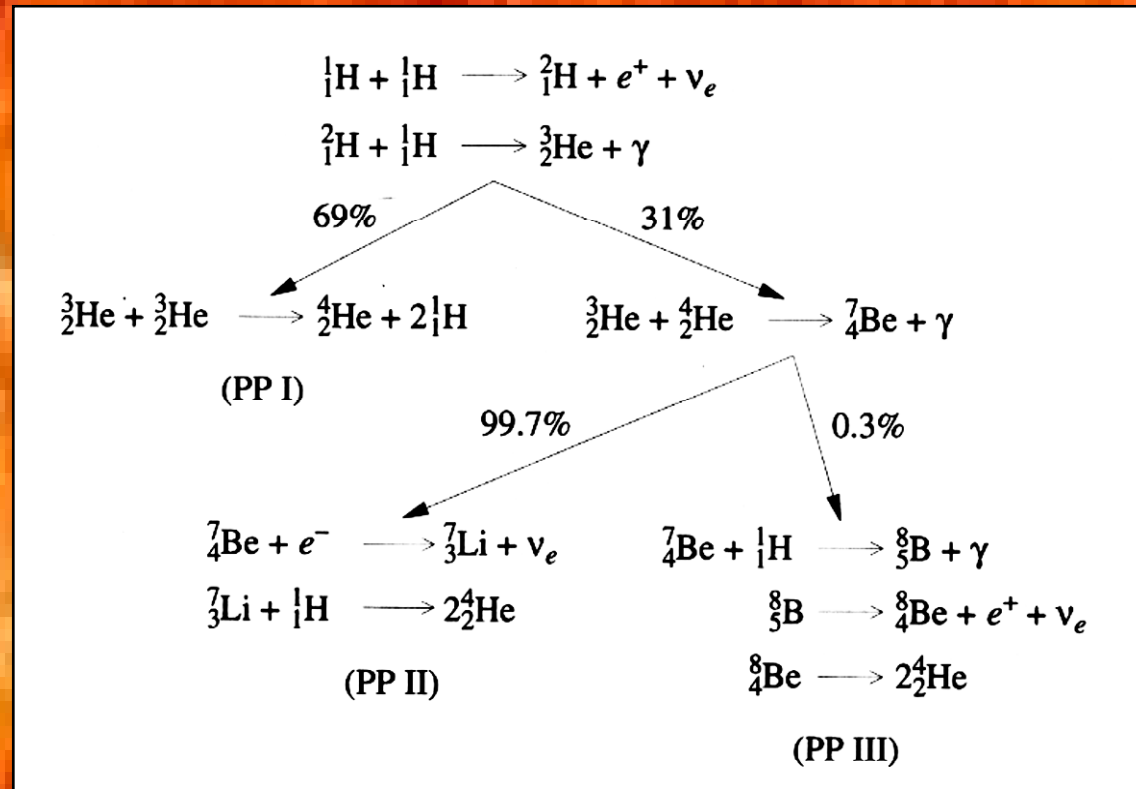


Producción de electricidad



**El Sol como fuente de energía
en la Tierra**

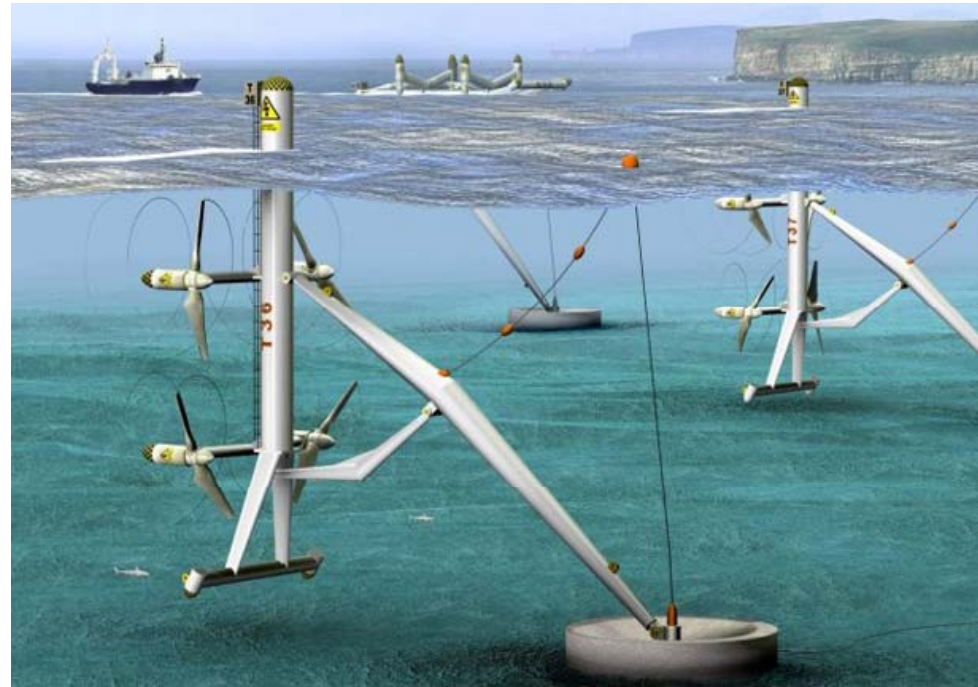
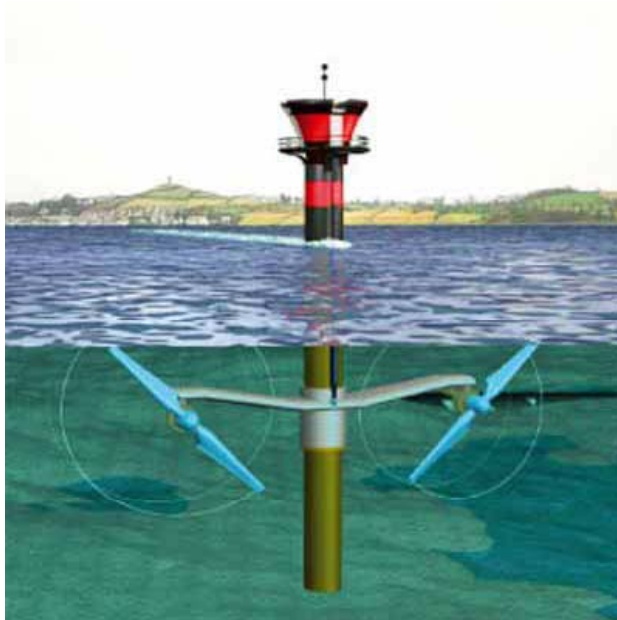




Fuentes derivadas del Sol



Y otras muchas otras fuentes, por ejemplo: las mareas



**Molino de mareas
de Isla Cristina**



Inconvenientes de las fuentes derivadas del Sol

Fósiles

1. Geopolíticos



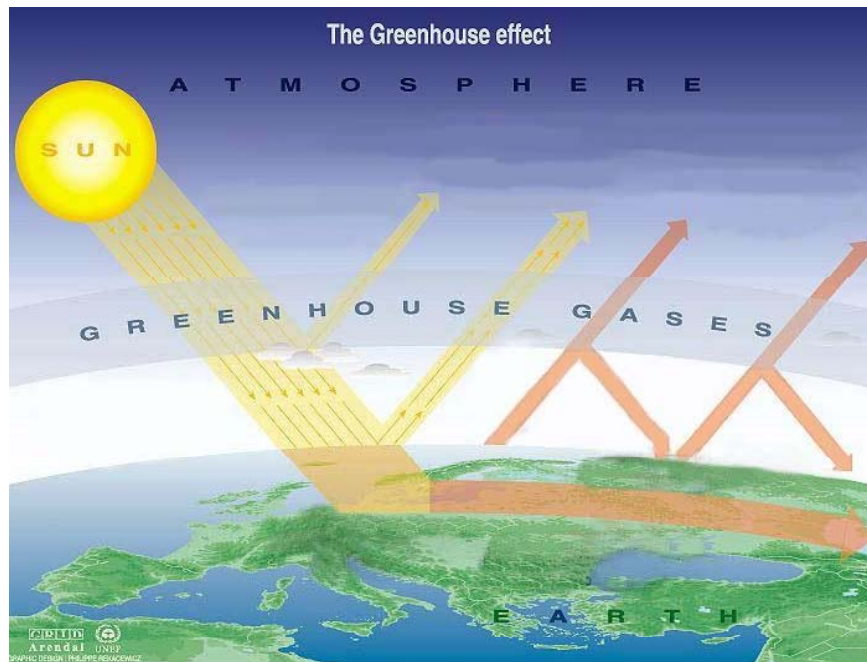
2. Agresión al planeta

Central Térmica As Pontes de García Rodríguez (A Coruña)

—Media de emisiones (2005-2007): 9.121.027 toneladas de CO₂

(lo mismo que emiten unos 3.000.000 coches al año)

—Potencia instalada: 1.400 MW



Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.



Inconvenientes de las fuentes derivadas del Sol

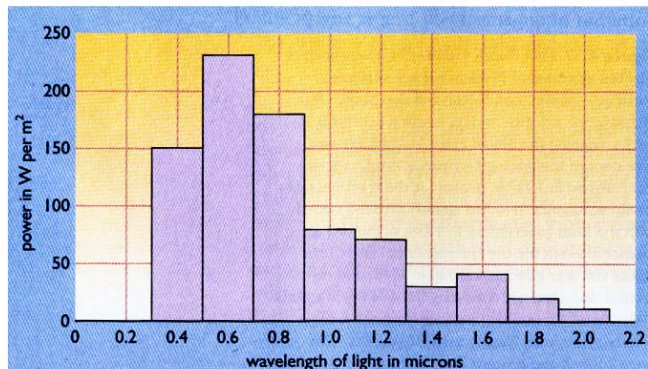
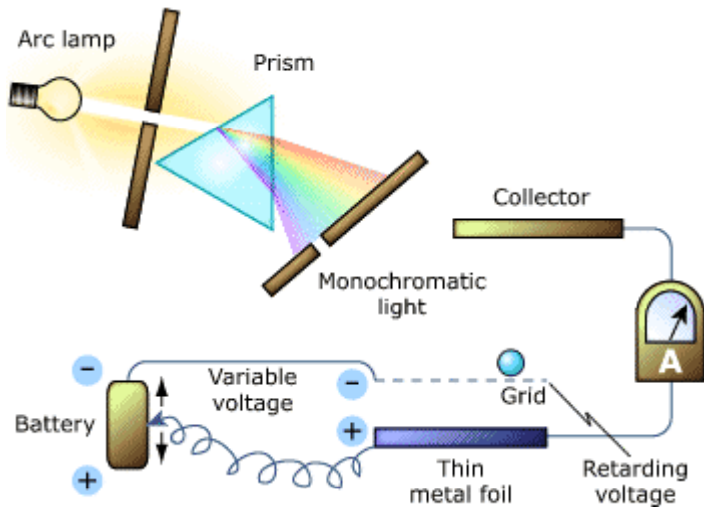
Hidráulicas

Límites orográficos y sociales

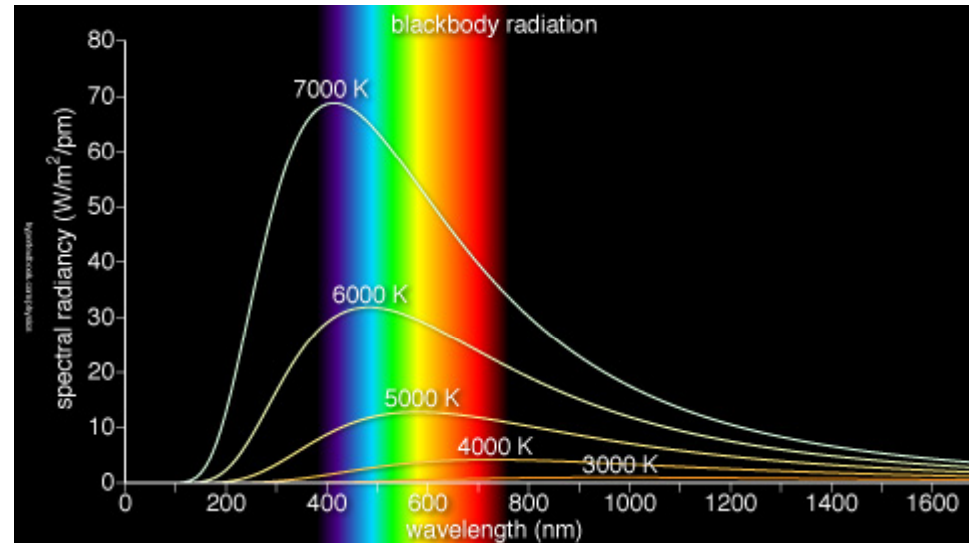


Inconvenientes de las fuentes derivadas del Sol

Fotovoltaica



Escaso rendimiento (por ahora)



*De 810 W/m^2 recibidos,
120 W convertidos en electricidad*

*Alemania: 10 millones de m^2 para
el 0,5% de consumo anual*

Impacto ambiental



Sin embargo...

20 Mw



Inconvenientes de las fuentes derivadas del Sol

Eólica

Escaso rendimiento
Inestabilidad en la red
Necesidad de respaldo
Impacto ecológico negativo
Cara económica y energéticamente



Biomasa, mareas, etc.

Testimoniales

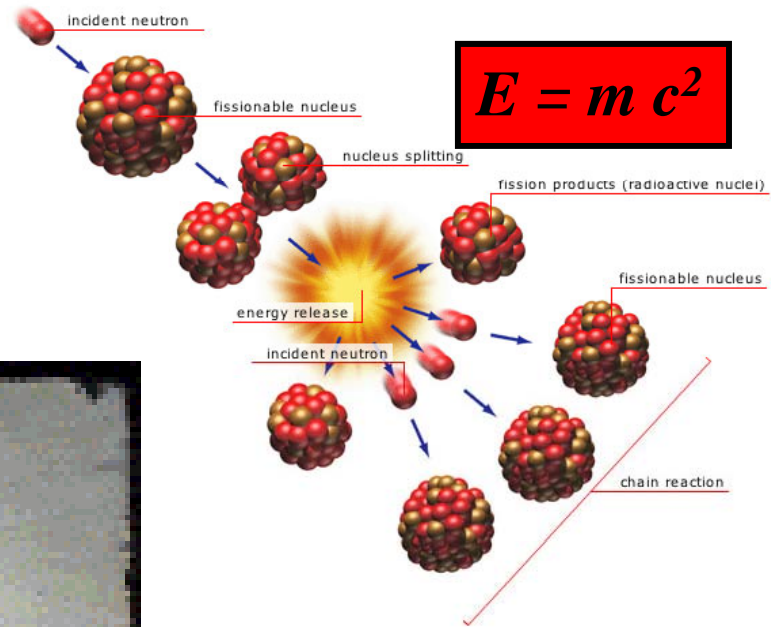
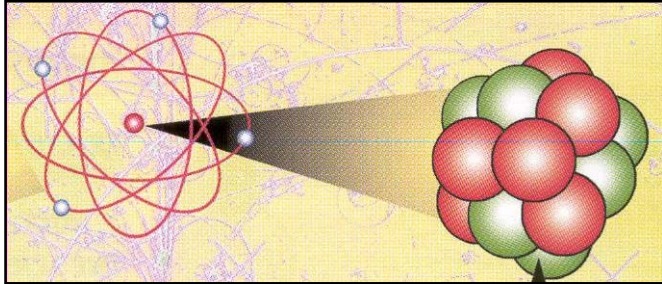
Sin embargo...



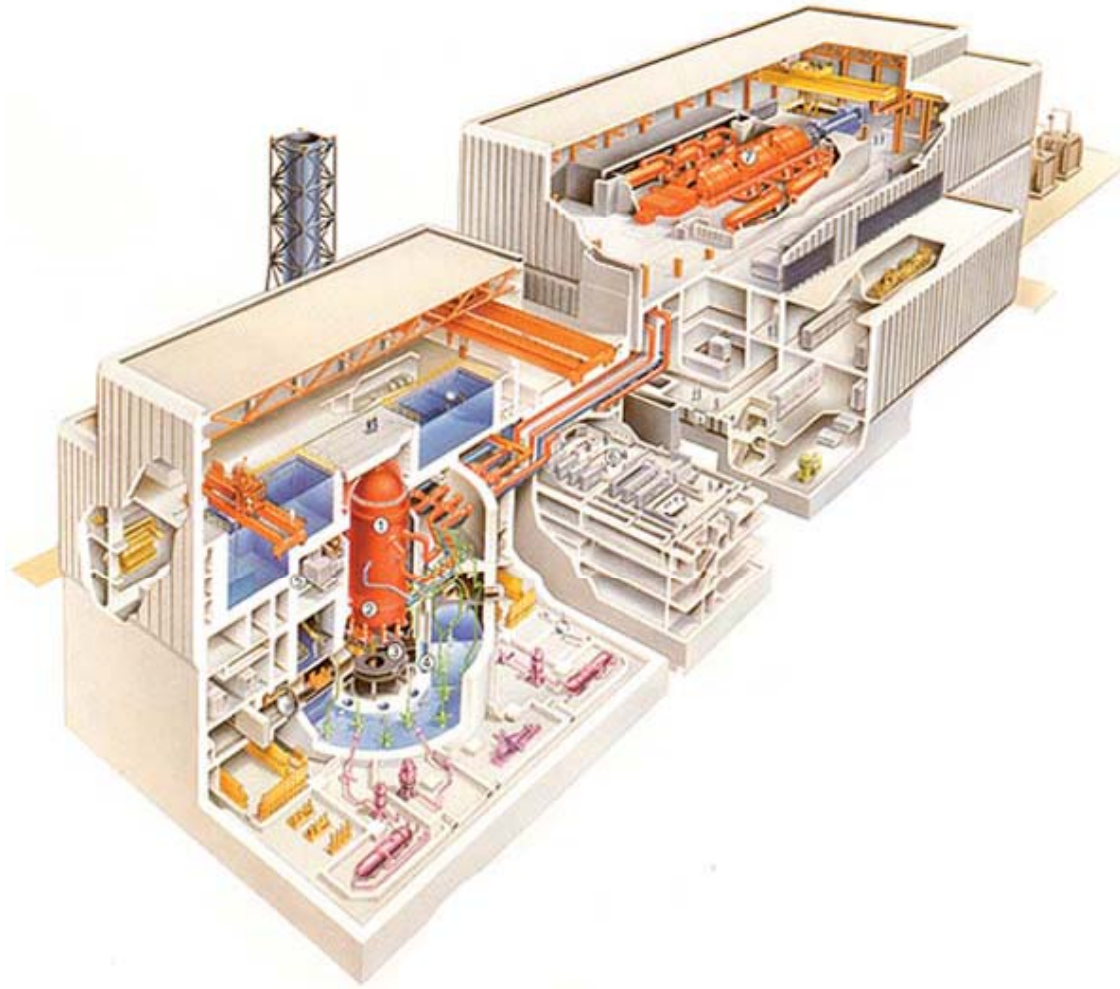
World Wind Energy - Total Installed Capacity (MW) and Prediction 1997-2010



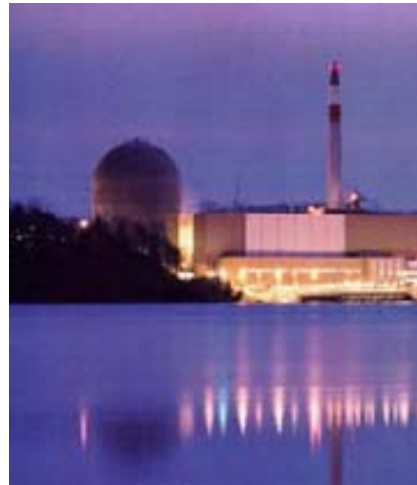
La fisión nuclear



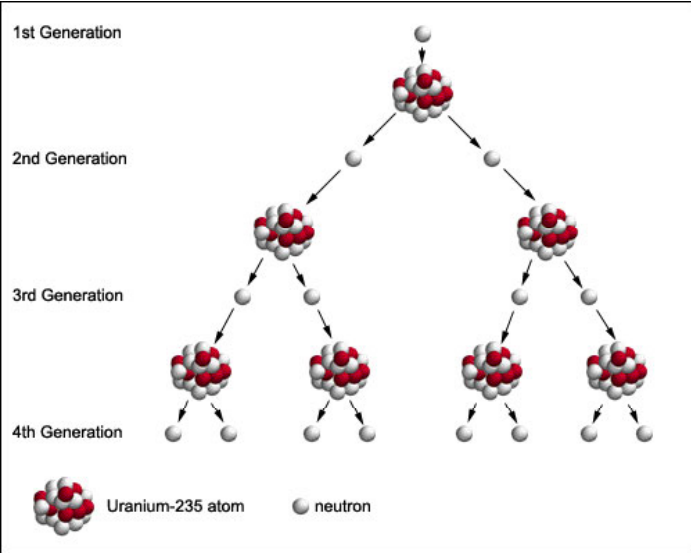
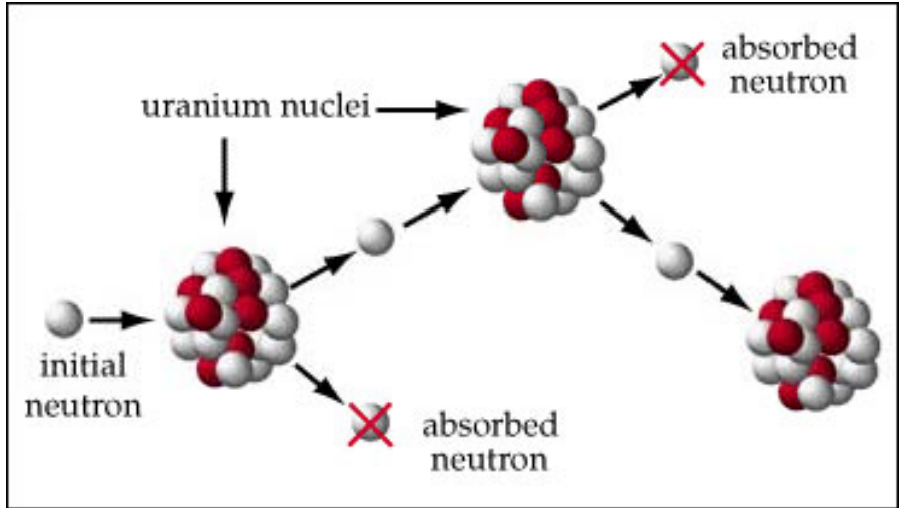
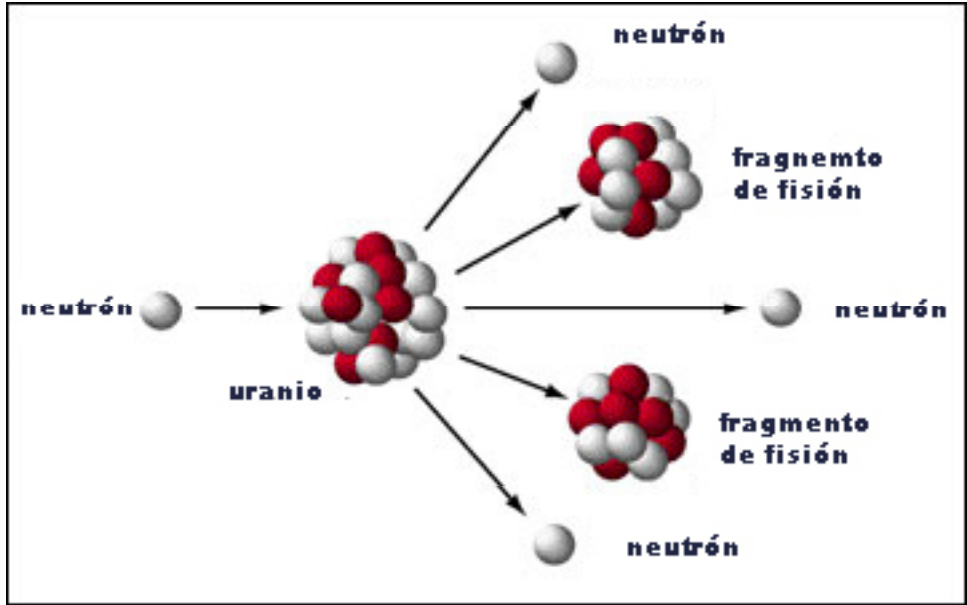
La “domesticación” de la energía nuclear



Las centrales nucleares



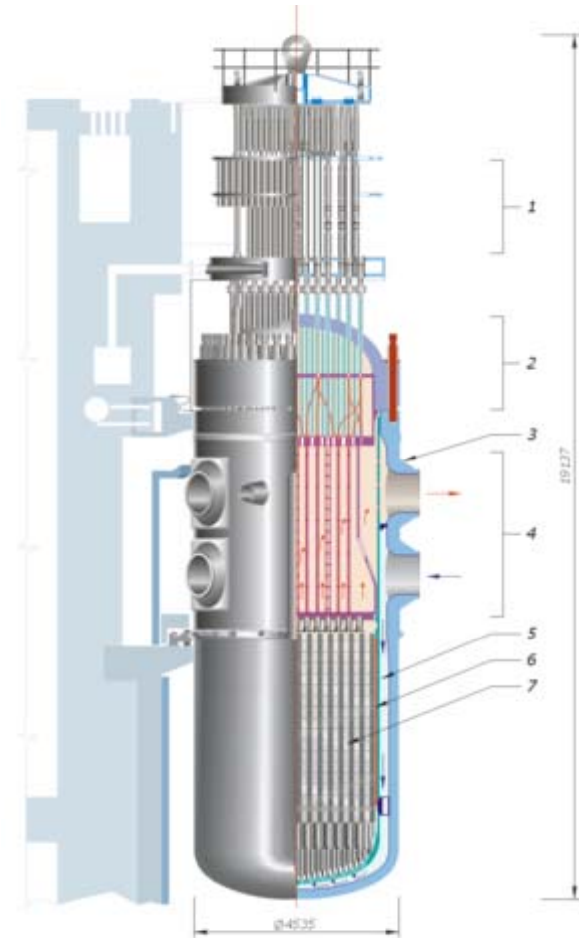
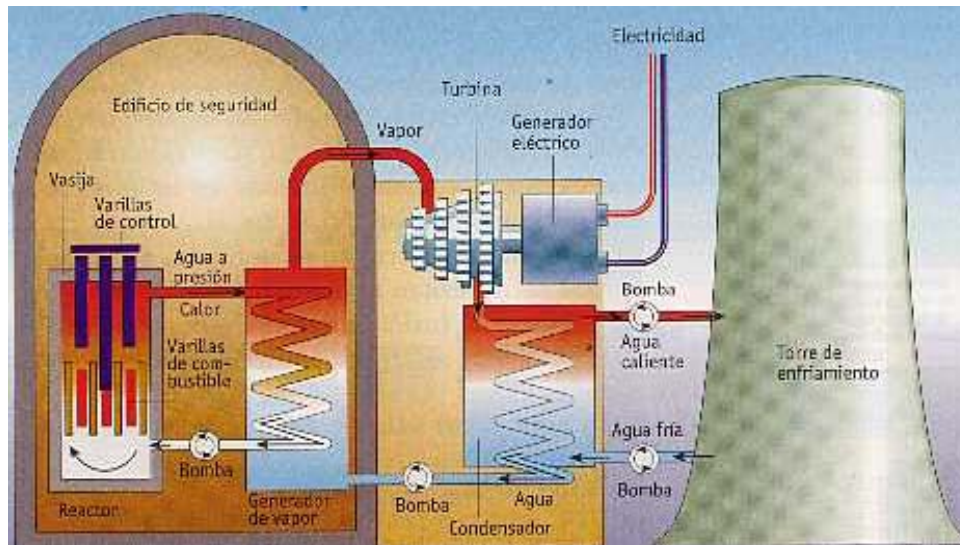
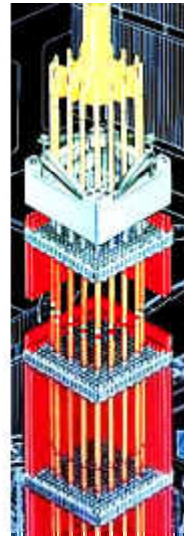
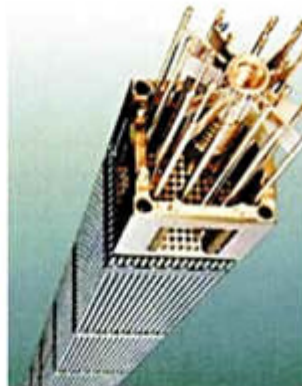
La generación controlada de energía nuclear



En la práctica...



Elemento combustible



Inconvenientes de las centrales nucleares

1. Accidentes (por los efectos de la radiación)

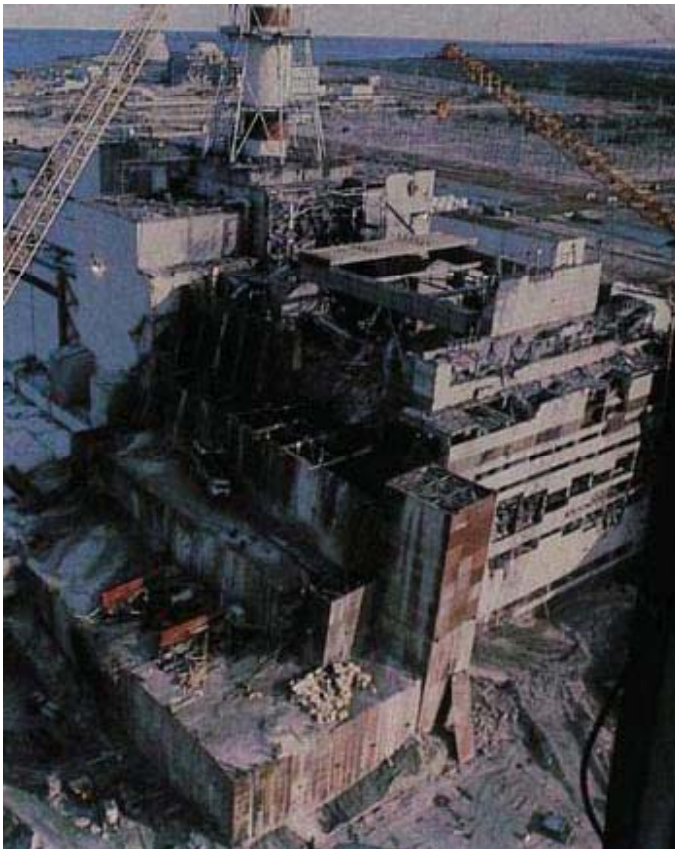


Figure 2E. Radiation Hotspots Resulting From the Chernobyl¹ Nuclear Power Plant Accident



Informe UNSCEAR (ONU):

Hospitalizaciones: 499 (237 sobreexposición aguda)

Muertos: 57

Cáncer de tiroides: 4000 (aprox.) Supervivencia 92-96%

“No hay indicio científico de aumento de la incidencia promedio de cáncer o tasas de mortalidad ni de desórdenes no malignos (por ejemplo, cataratas) relacionados con la exposición a la radiación. El riesgo de leucemia en la población general, una de las mayores preocupaciones debido a su breve periodo de latencia no parece haber aumentado. La gran mayoría de la población parece que no experimentará consecuencias serias en su salud como resultado de la radiación del accidente de Chernóbil”.

Víctimas de la industria eléctrica

Número de muertos y heridos o enfermos por Gigavatio-año producido en UK excluyendo accidentes severos (ninguno nuclear) (Nordhhaus, 1997)

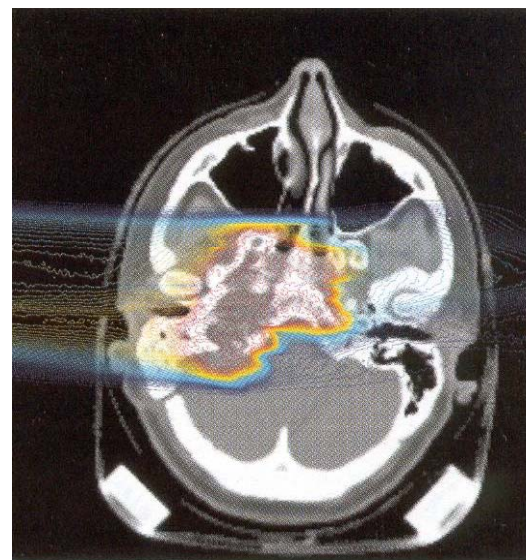
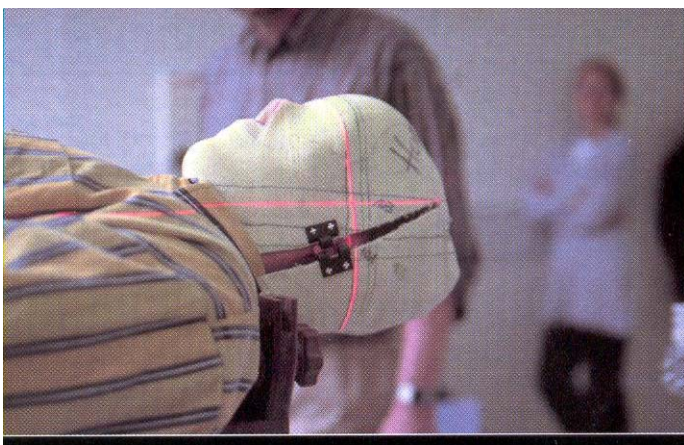
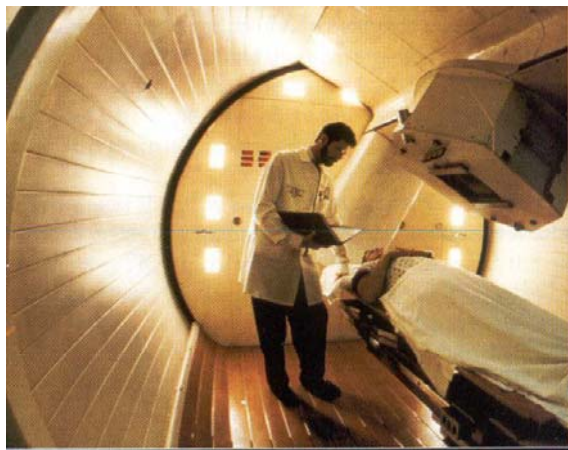
<u>Combustible</u>	<u>Víctimas entre trabajadores</u>		<u>Víctimas entre el público</u>	
	<u>Fatales</u>	<u>No fatales</u>	<u>Fatales</u>	<u>No fatales</u>
Carbón	0,2-4,3	63	2,1-7,0	2 018
Fuel	0,2-1,4	30	2,0-6,0	2 000
Gas	0,1-1,0	15	0,2-0,4	15
Nuclear	0,1-0,9	15	0,006-0,2	16

ACCIDENTES FATALES EN MINAS DE CARBÓN EN CHINA
(Publicado 18 Dic. 2007)

Año	Cantidad total de accidentes en minas de carbón	Número total de muertos
2000	2,863	5,798
2001	3,082	5,670
2002	4,344	6,995
2003	4,143	6,434
2004	3,639	6,027
2005	3,341	5,986
2006		4.700

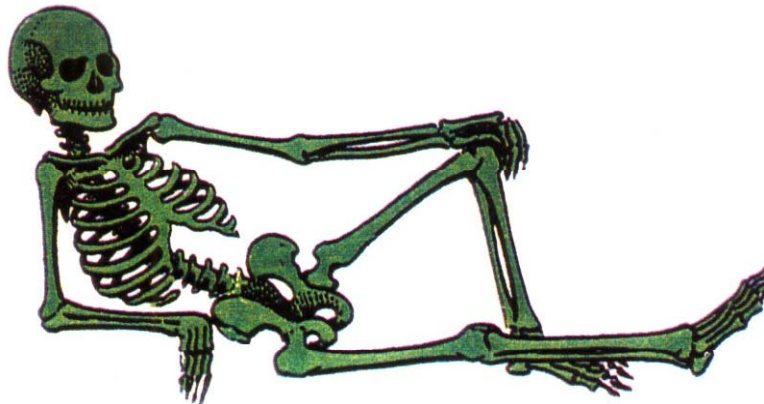
Efectos de la radioactividad

Los benignos, muy buenos



Efectos de la radioactividad

Los malignos, muy malos



Efectos de la radiactividad:

¿alguna ventaja?

Respecto al CO₂, muchas ventajas:

Muy bien conocidos

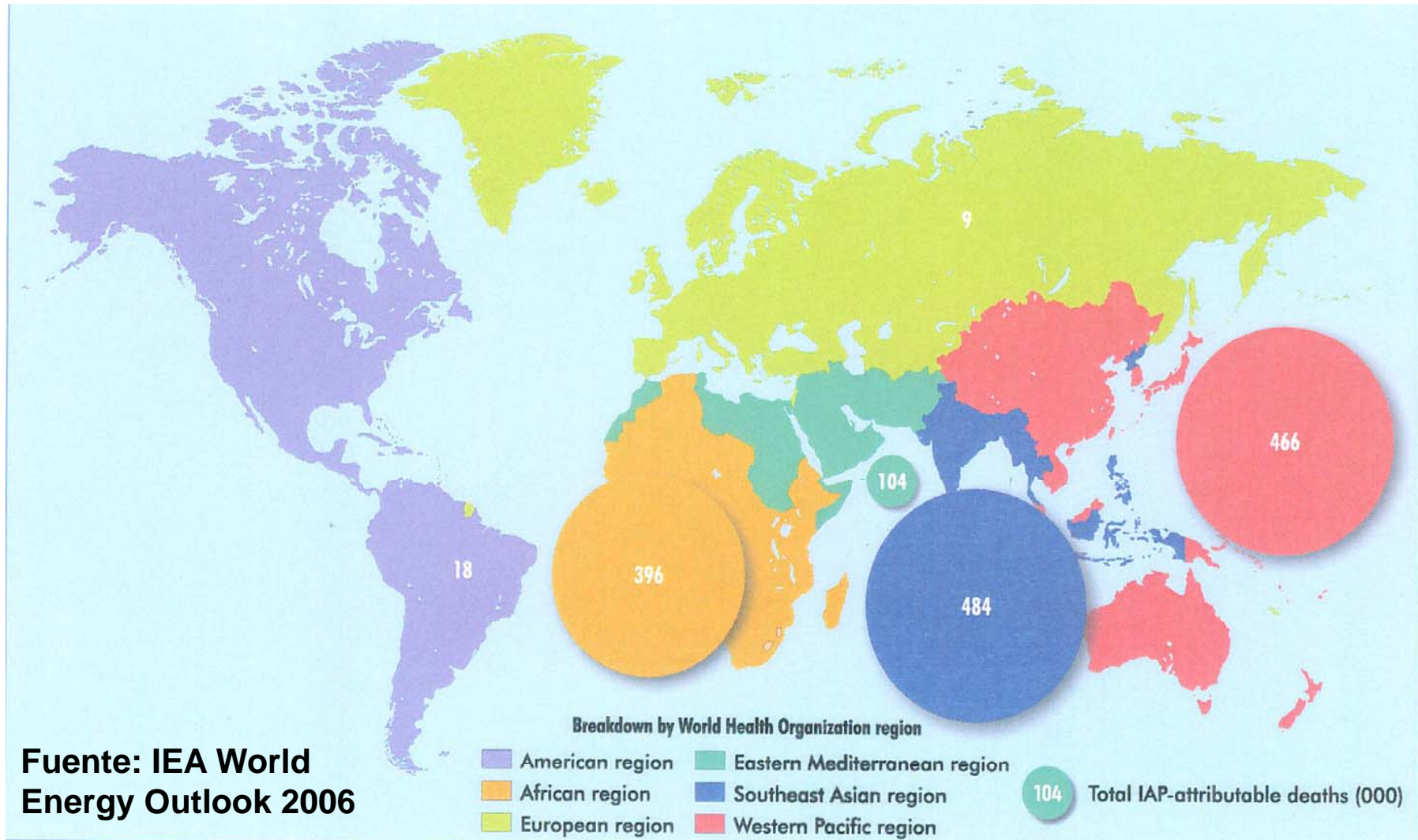
(Hiroshima, Nagasaki, Chernóbil, hospitales)

Previsibles

(en contraposición al cambio climático)

Escasos y tratables

Muertes al año (en miles) causadas por la contaminación originada por el carbón, el gas y el petróleo. El total es 1,5 millones, la mitad de ellos son niños menores de cinco años.





Inconvenientes de las centrales nucleares

2. Los residuos radioactivos

95,6% (23 Tm) Uranio (^{232}U : 0,1-0,3%; ^{234}U : 0,1-0,3%; ^{235}U : 0,5-1,0%; ^{236}U : 0,4-0,7%; resto: ^{238}U)

2,9% Fragmentos de fisión estables

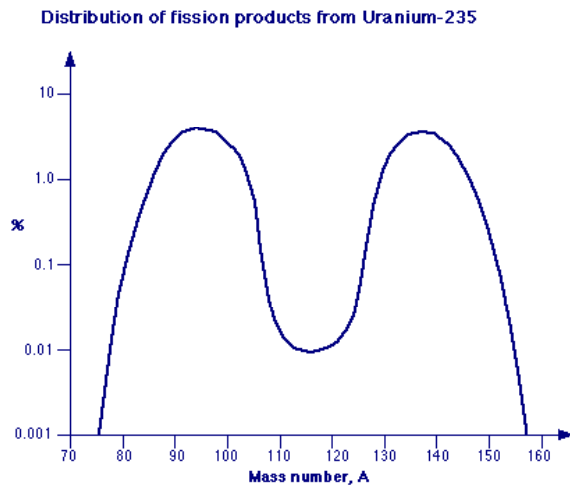
0,9% (240 kg) Plutonio

0,3% Cesio y Estroncio (fragmentos de fisión)

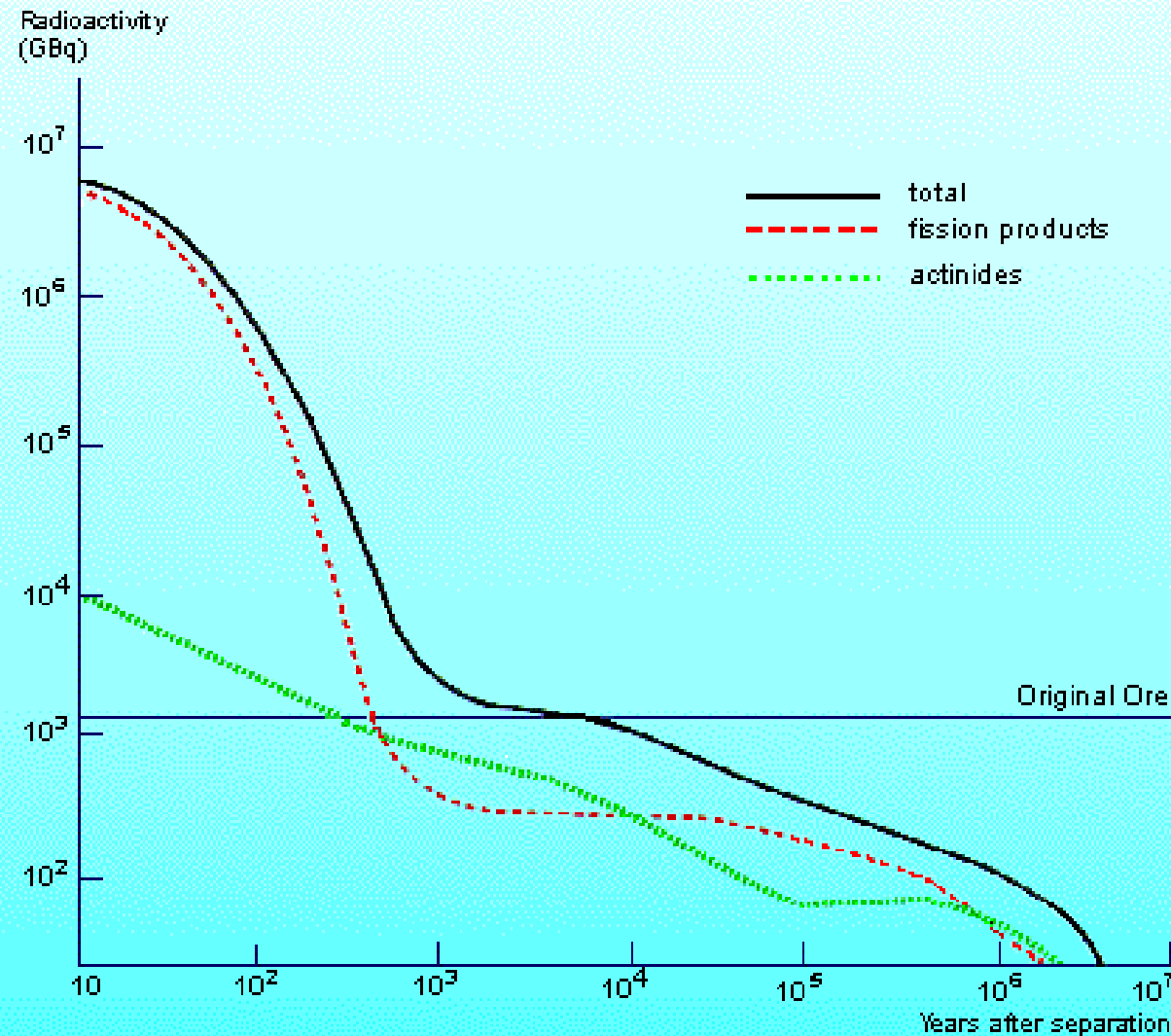
0,1% Yodo y Tecnecio (fragmentos de fisión)

0,1% Fragmentos de fisión de vida larga

0,1% Americio, Curio y Neptunio (transuránicos de vida larga)



Decay in radioactivity of high-level waste from reprocessing one tonne of spent PWR fuel



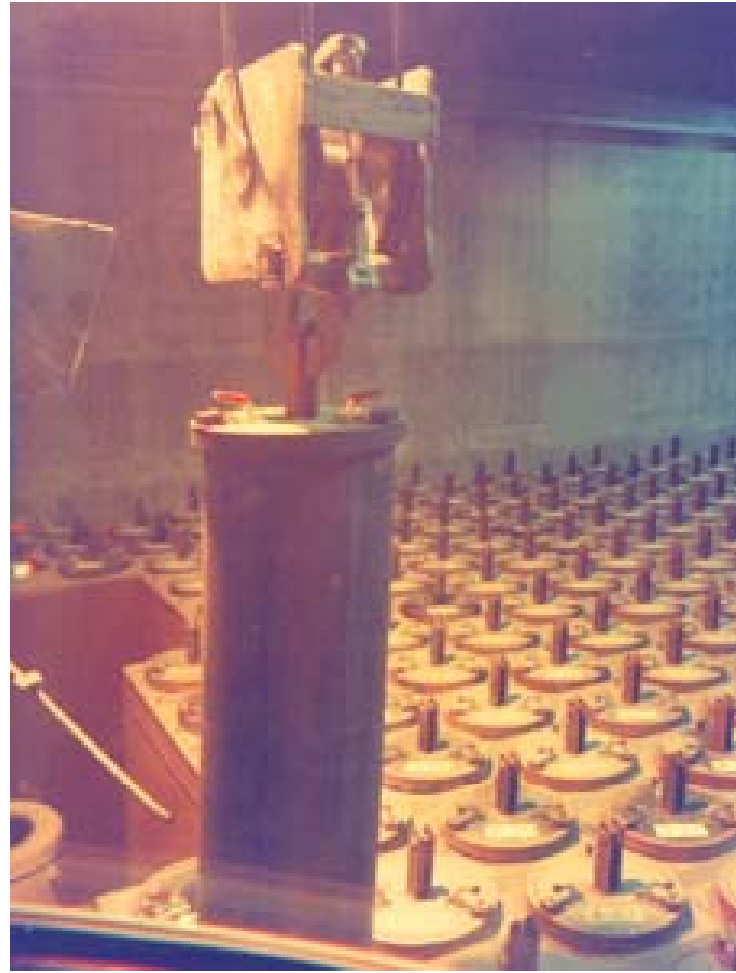
Gbq = 10⁹ becquerel

The straight line shows the radioactivity of the corresponding amount of uranium ore.

NB both scales are logarithmic.

Source: OECD NEA 1996, *Radioactive Waste Management in Perspective*.

Almacenamiento *in situ* de residuos



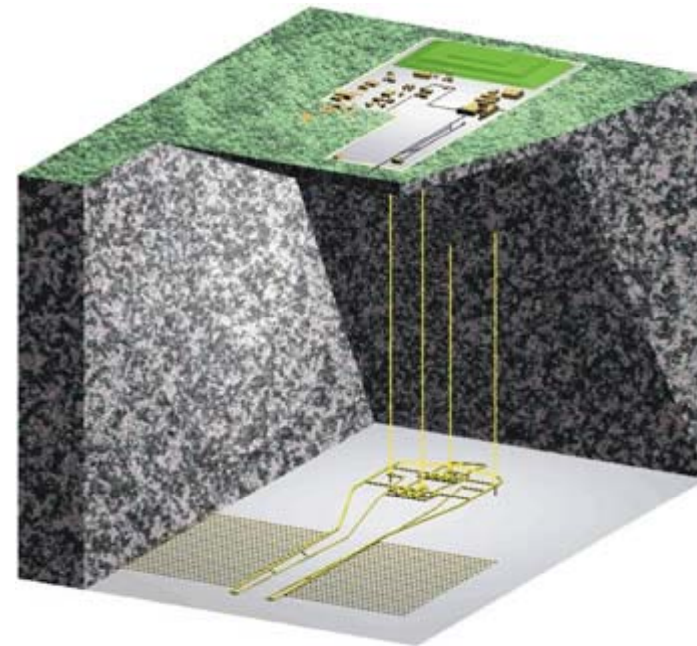
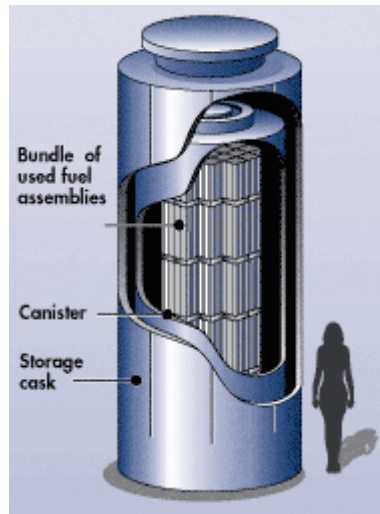


“Piscina” de Almaraz

“Piscina” de Cofrentes



Almacenamiento permanente



La escala de tiempos



1000 años



5000 años







Residuos radiactivos: ¿alguna ventaja?

Respecto al CO₂, muchas ventajas:

Localizados

(no esparcidos aleatoriamente)

Inocuos

(vitrificación, MOX, etc.)

Eliminación prevista

(más realista y segura que el “secuestro” de CO₂)

Inconvenientes de las centrales nucleares

3. Proliferación

Difícil:
exige un estado

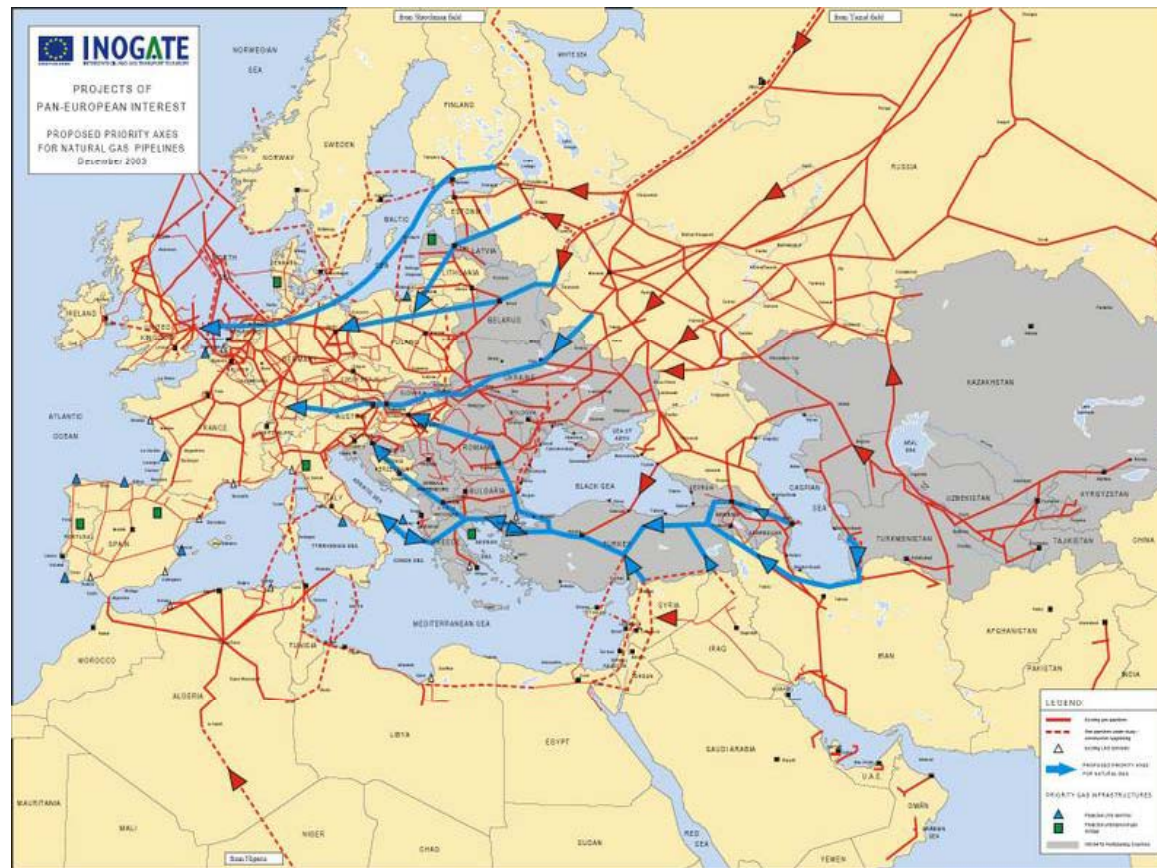


4. Terrorismo

Improbable:
ningún intento (Lemóniz, caso aparte)



Ventajas geopolíticas: independencia y soberanía



Combustibles abundantes y de necesidad futura limitada

Uranio

País	Reservas a 80\$/kg y a 130 \$/kg		Producción
Australia	622.000	910.000	7.593 (19%)
Brasil	162.000	309.000	
Canadá	331.000	332.000	9.862 (25%)
China			750 (2%)
Estados Unidos	110.000	355.000	1.692 (4%)
Federación Rusa	145.000		3.400 (9%)
Francia	14.000		
Kazakhtán	440.000	957.000	5.279 (13%)
Mongolia	61.000		
Namibia	156.000	287.000	3.077 (8%)
Níger	70.000		3.434 (9%)
Sudáfrica	218.000	369.000	534 (1%)
Ucrania			800 (2%)
Uzbequistán	66.000		2.270 (6%)
Otros	135.000		964 (2%)
TOTAL	2.530.000	4.416.000	39.655 (100%)

Reprocesado:

**Separación química de 95,6%
de U y 240 kg Pu
Reutilización: no sostenible,
pero sí reciclable**

Ciclos nodriza o criadero (más MOX):

**Generan más combustible
que consumen del cargado:
sostenible**

Torio:

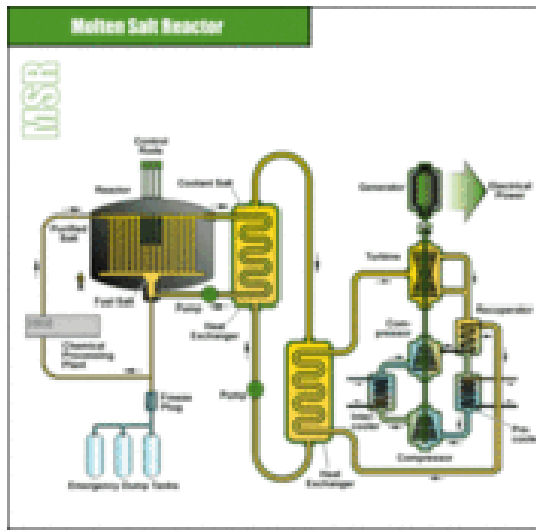
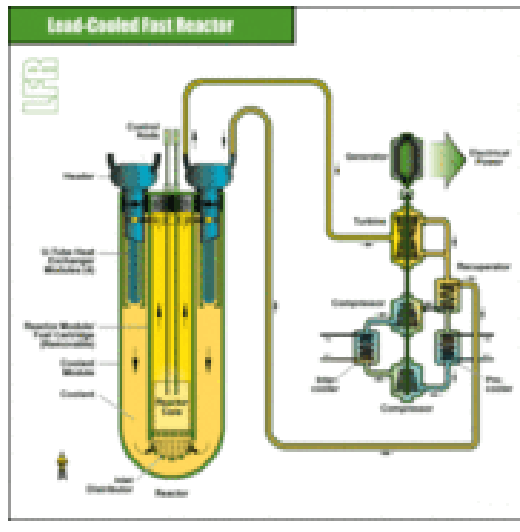
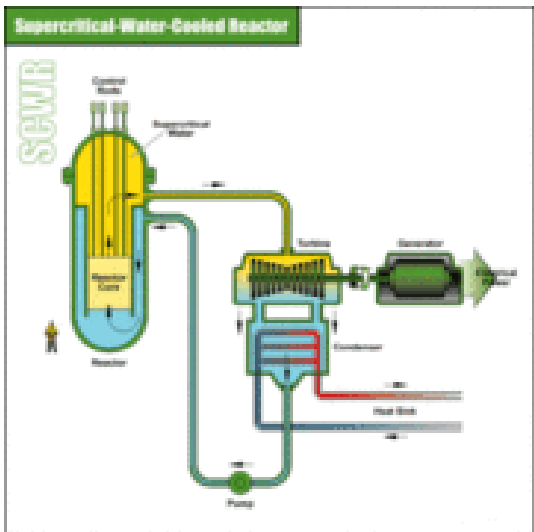
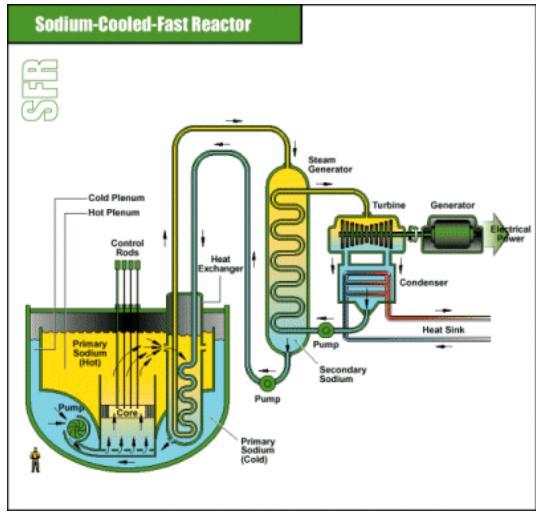
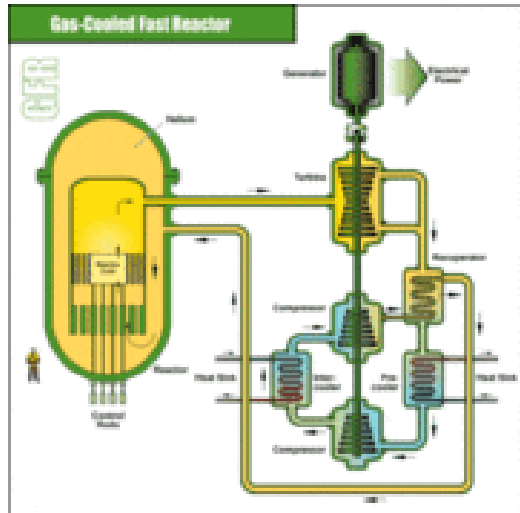
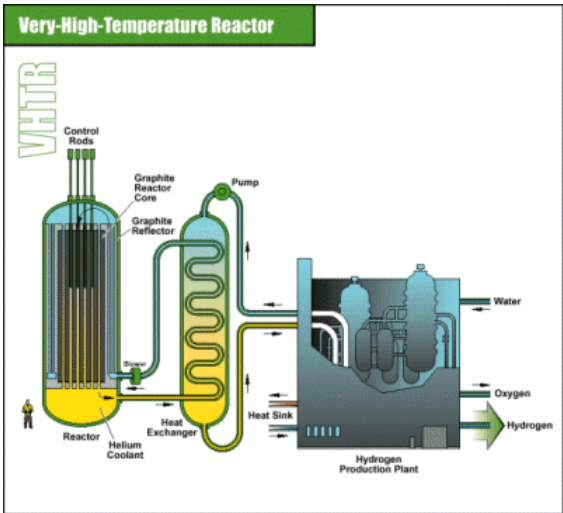
**Unas 5 veces más abundante
Unas 40 veces más eficiente
Menos residuos
Proliferación imposible**

Económicamente estables y competitivas

Tipo de central	Coste en €/Megavatio-hora
Térmica nuclear	36
Hidráulica	45
Térmica de carbón	52
Térmica de gas en ciclo combinado	60
Eólica	84
Fotovoltaica	430

(Datos de 27 de julio de 2008)

Desarrollos tecnológicos de futuro



Ventajas de las centrales nucleares

1. No contaminantes

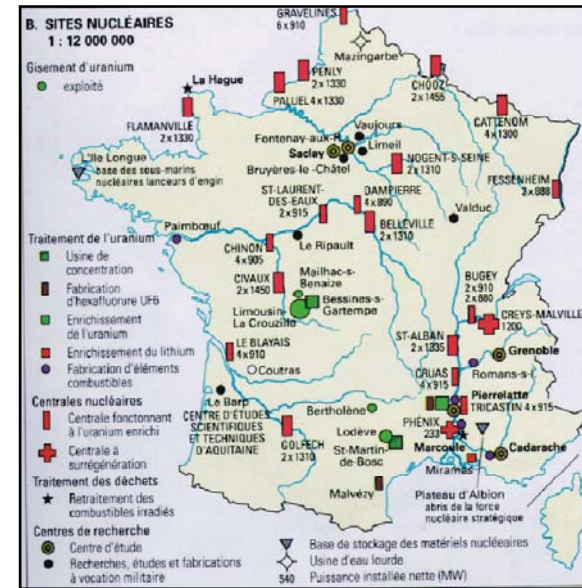
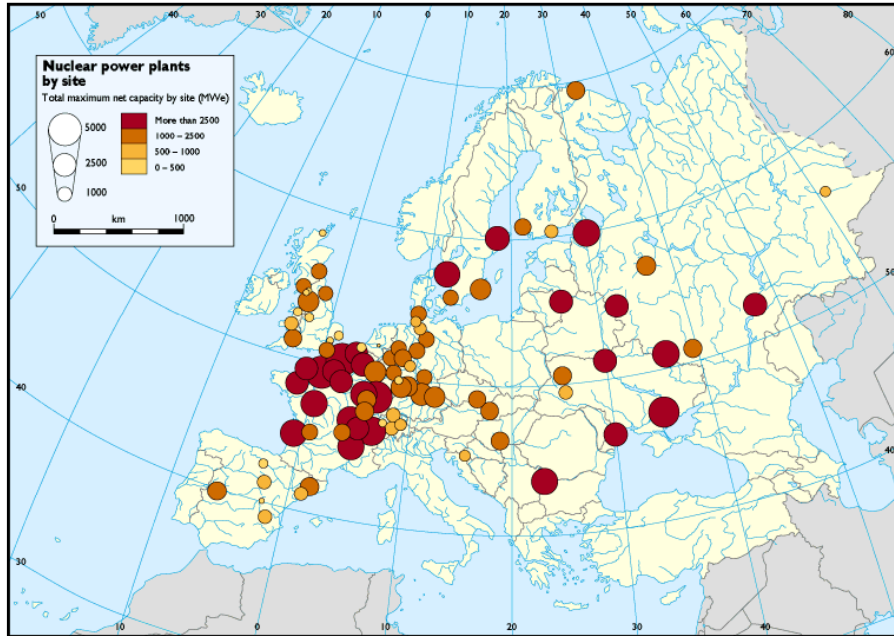
2. Residuos controlables y, seguramente, destruibles

3. Combustibles abundantes y distribuidos por todo el planeta

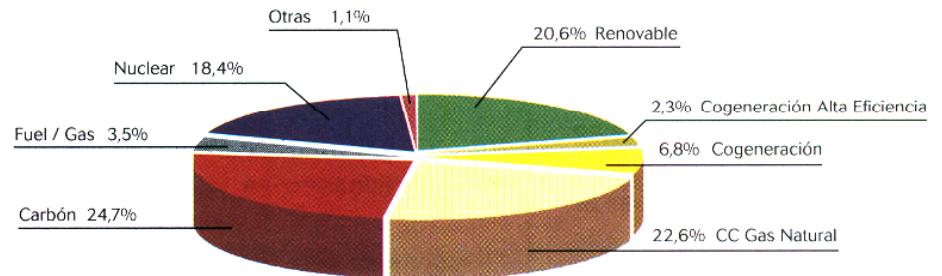
4. Económicamente estables y competitivas

5. Desarrollos tecnológicos de futuro:
IV, V, VI... Generaciones de fisión
Fusión

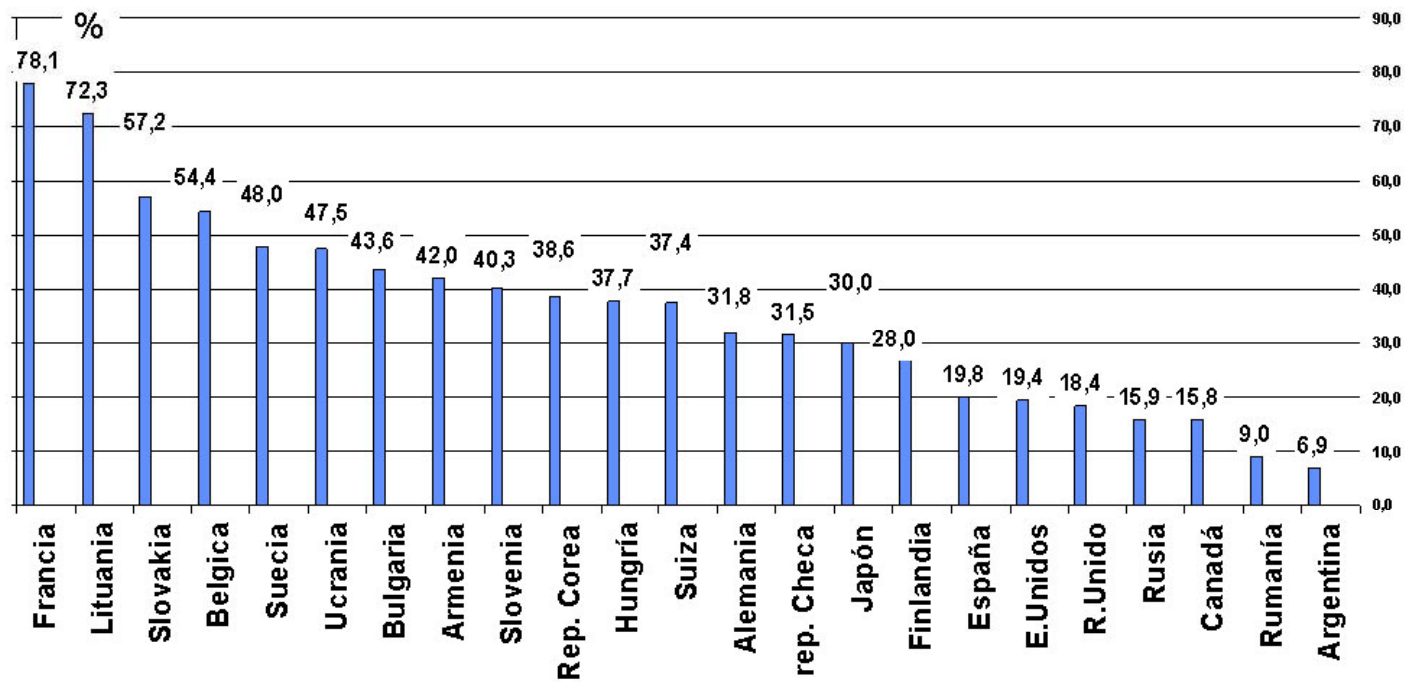
La heterogeneidad (de la política) nuclear



Mezcla de producción en el sistema eléctrico español 2007



Número de CN funcionando en 2007..... 438
Primera CN..... Obninsk, Rusia, 1954
CN más potente..... Chooz, Francia, 1455 MW
Energía nuclear relativa al total mundial..... 17%
Energía producida en 2005..... 2,587 TWh
Número de años de funcionamiento..... 13.000 (aprox.)
Número de países con CN..... 30
Número de CN en construcción..... 31



Fuente: OIEA. Diciembre 2007.

**Los diez mayores consumidores de energía
nucleoeléctrica**

País	N° de unidades	Total de MW(e)
Estados Unidos	109	99.784
Francia	56	58.493
Japón	59	38.875
Alemania	21	22.657
Federación de Rusia	29	19.843
Canadá	22	15.755
Ucrania	15	12.679
Reino Unido	12	11.720
Suecia	12	10.002
República de Corea	10	8.170
Total	335	297.978
Consumo mundial	432	340.347

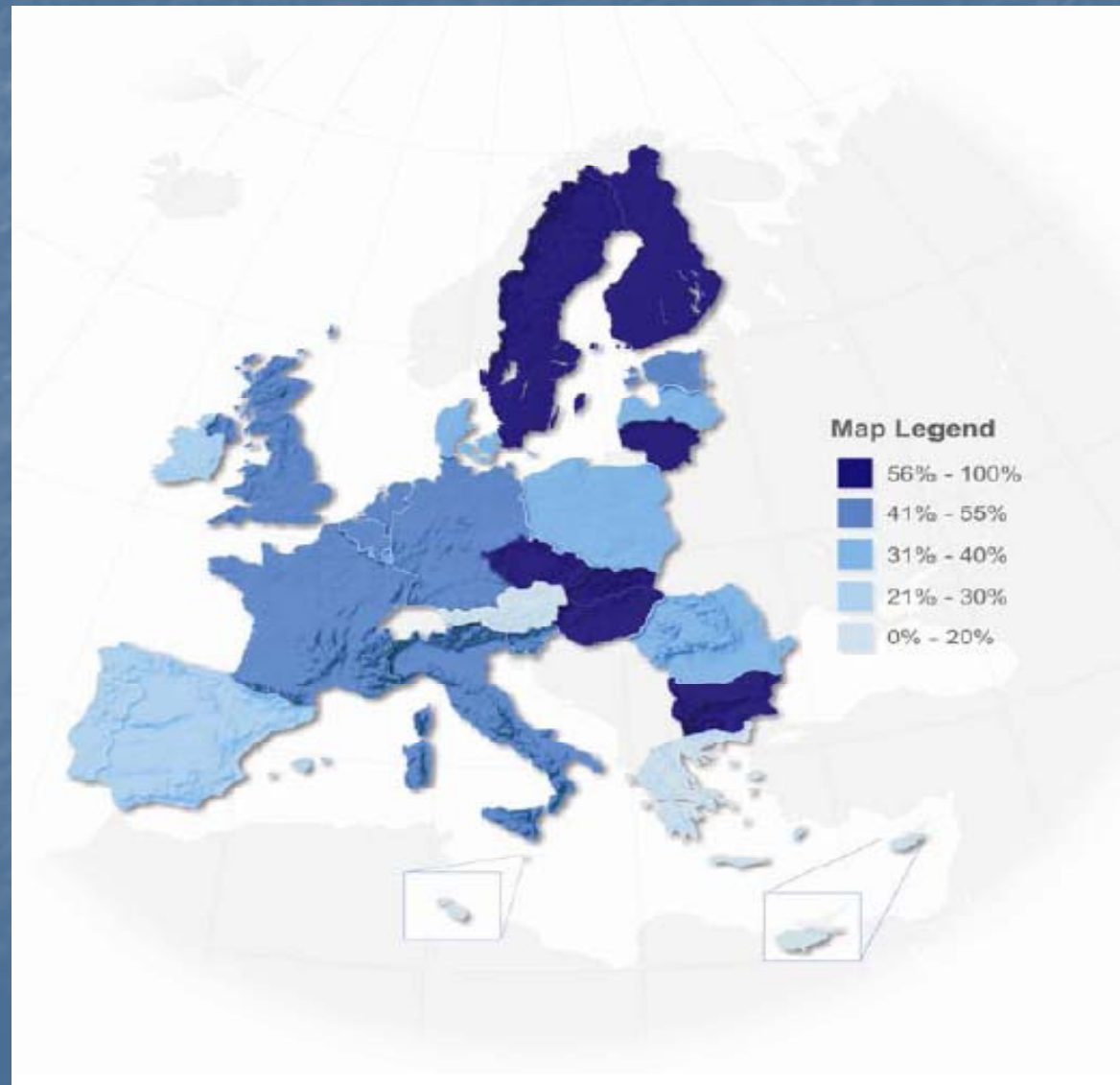
“¿Está usted a completamente a favor, a favor, en contra o totalmente en contra de las centrales nucleares?”

(Eurobarómetro 2008)

Total a favor

	Czech Republic	64%
	Lithuania	64%
	Hungary	63%
	Bulgaria	63%
	Sweden	62%
	Finland	61%
	Slovakia	60%
	The Netherlands	55%
	France	52%
	Slovenia	51%
	Belgium	50%
	United Kingdom	50%
	Germany	46%
	European Union (27)	44%
	Italy	43%
	Estonia	41%
	Poland	39%
	Denmark	36%
	Latvia	35%
	Romania	35%
	Luxembourg	34%
	Spain	24%
	Ireland	24%
	Portugal	23%
	Greece	18%
	Malta	15%
	Austria	14%
	Cyprus	7%

 Not operational NPP



Greenpeace

La energía nuclear es insostenible e ineficaz frente al cambio climático

La energía nuclear es peligrosa

La energía nuclear no ha sido capaz de encontrar una solución satisfactoria al problema de sus residuos radioactivos

La energía nuclear produce un impacto radiológico

La energía nuclear ha perdido la batalla de la competitividad económica

La energía nuclear posee una íntima relación con los usos militares

La energía nuclear es impopular.

Ambientalistas por la Energía Nuclear (ej. Lovelock, Tindale)

La oposición a la energía nuclear es uno de los mayores errores del siglo pasado

Bien gestionada, la energía nuclear es una energía muy limpia

No emite gases de efecto invernadero

Utiliza muy pocos materiales de construcción (por kWh generado) en comparación con la eólica o la solar

Produce muy pocos residuos (y casi totalmente confinados)

Es muy segura

Los verdaderos ambientalistas se muestran a favor de la energía nuclear

Asociación Nuclear Mundial

La energía nuclear contribuye a la reducción de los gases de efecto invernadero y por tanto actúa contra el cambio climático

El crecimiento de la población mundial supone un crecimiento en el consumo energético

Las energías renovables sólo podrán contribuir con un 6% de la electricidad generada en el mundo en el 2030

La energía nuclear proporciona independencia energética y seguridad en el suministro

El uso de combustibles fósiles causa tres millones de muertes al año en todo el mundo según la OMS

La radiación que recibe la población proveniente de las centrales nucleares es despreciable frente a la recibida de la propia naturaleza y de las fuentes médicas

El volumen de residuos generados es diminuto frente a otras formas de energía

El uso de la energía nuclear no ha contribuido a la proliferación nuclear

La energía nuclear es y será competitiva

Su combustible estará disponible durante varios siglos

Panel Intergubernamental del Cambio Climático

La falta de seguridad en el petróleo, el gas y la electricidad, puede promocionar el uso de tecnologías de baja emisión de carbono, como la nuclear, las renovables o el secuestro de carbono

Las nuevas tecnologías, que pueden mejorar el acceso a una energía limpia, incluyen el uso de nucleares avanzadas

Para alcanzar la demanda de energía se necesitará una combinación de fuentes energéticas: fósiles, renovables y nuclear

Hay incertidumbres asociadas a la energía nuclear porque los mercados financieros les aplican mayores intereses para cubrir la percepción del riesgo

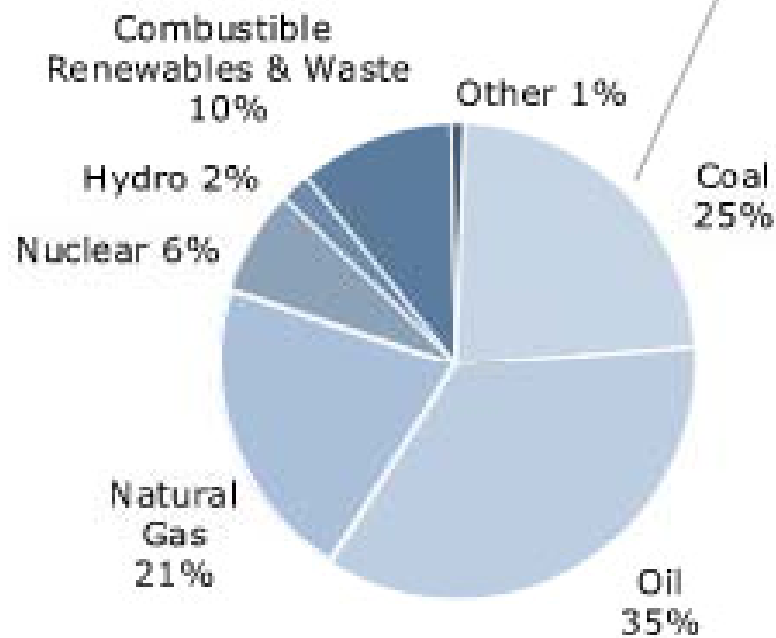
La emisión de gases de efecto invernadero, en el ciclo de vida de una nuclear, es comparable a la de las energías renovables

El reproceso y la tecnología de transmutación pueden minimizar los volúmenes y toxicidad de los residuos

Existe uranio suficiente para siglos, y con los reactores reproductores rápidos la capacidad se multiplicaría por un factor adicional de 8

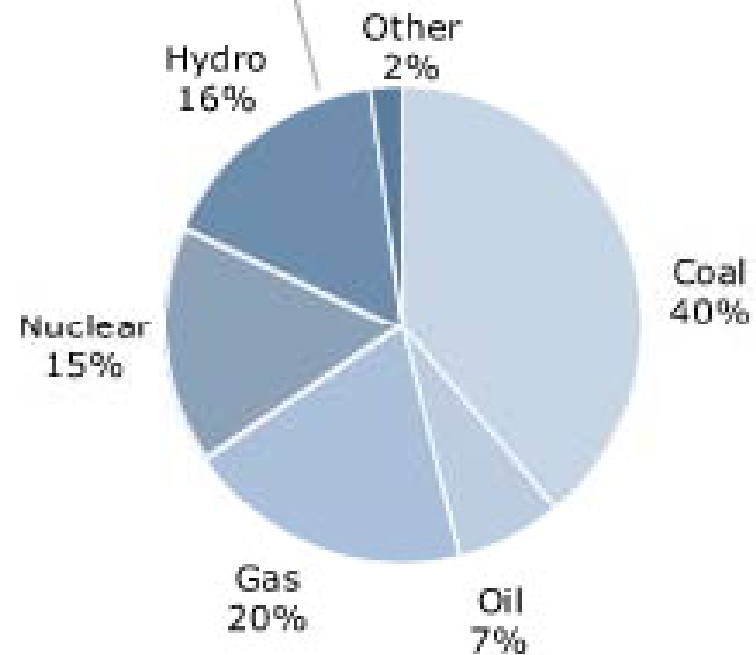
La energía nuclear y las renovables serían más competitivas si se le aplicaran las subvenciones al gas y al carbón.

Total World Primary Energy Consumption (% by fuel - 2005)



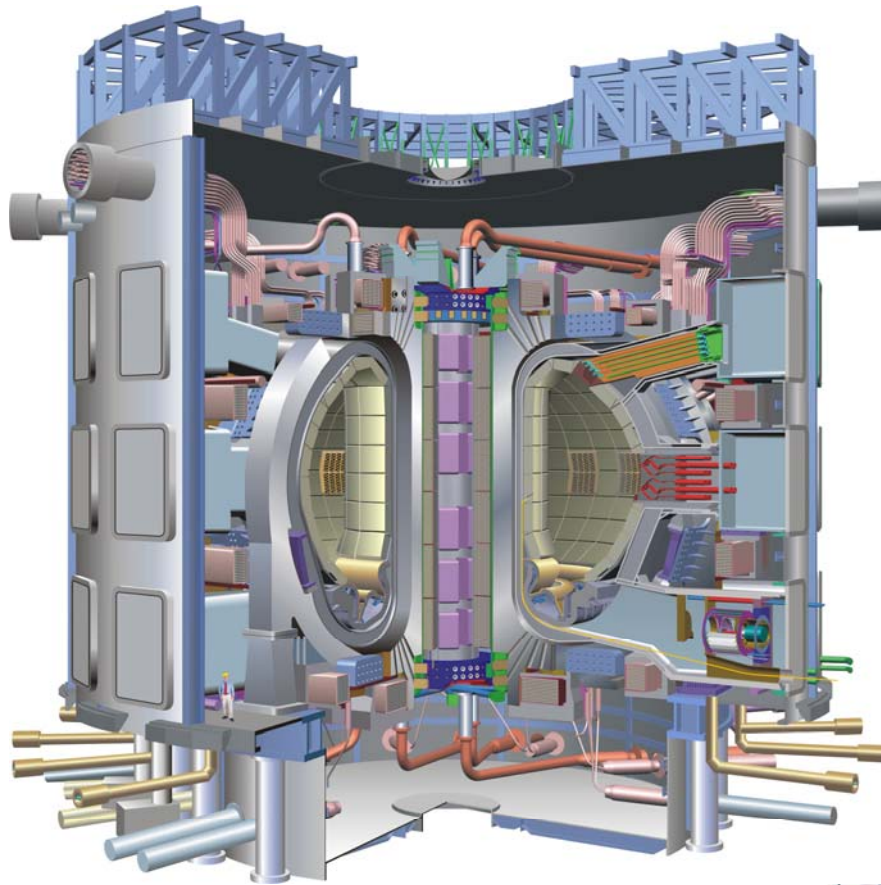
▪ Other includes geothermal, solar, wind, heat etc

Total World Electricity Generation (% by fuel 2005)



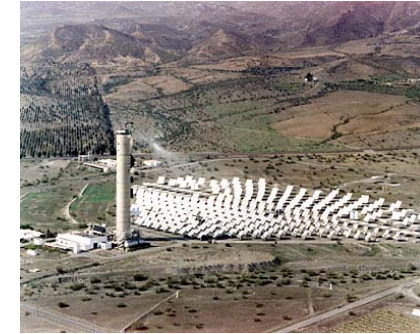
▪ Other includes solar, wind, combustible renewables, geothermal & waste

Un (posible) futuro limpio

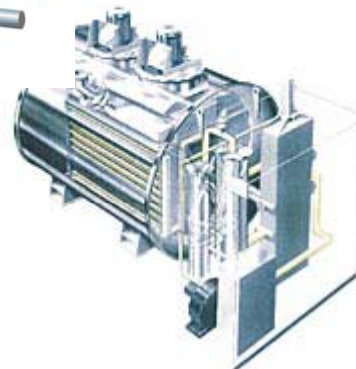


La fusión nuclear

La producción fotovoltaica de espectro completo o termosolar



Las pilas de hidrógeno y la electricidad para el transporte



Menos energía
Más renovables razonables
Más nucleares
Menos carbón, gas y petróleo (mejor ninguno)

Fin