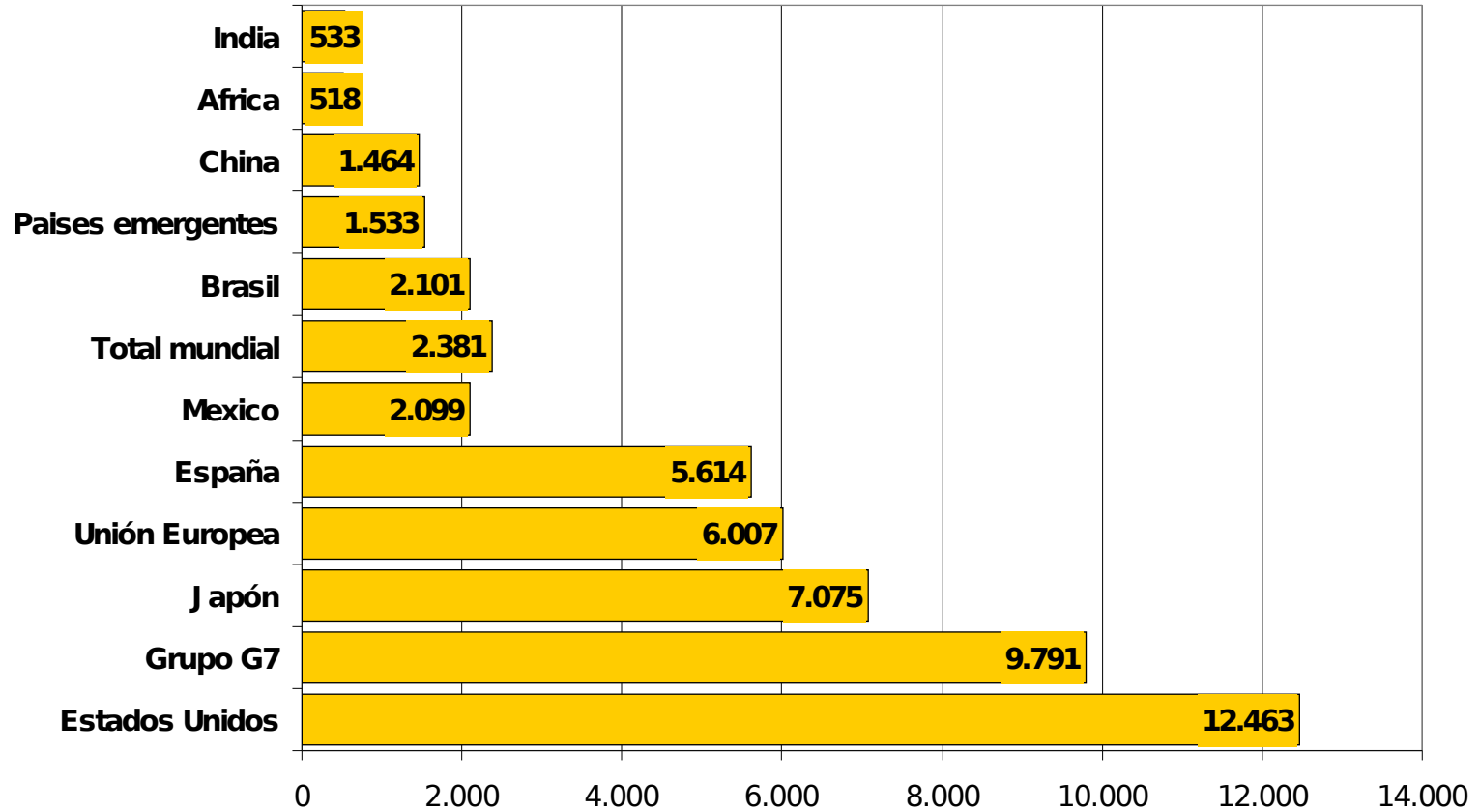


# **Energía Nuclear: ¿cambio de ciclo?**

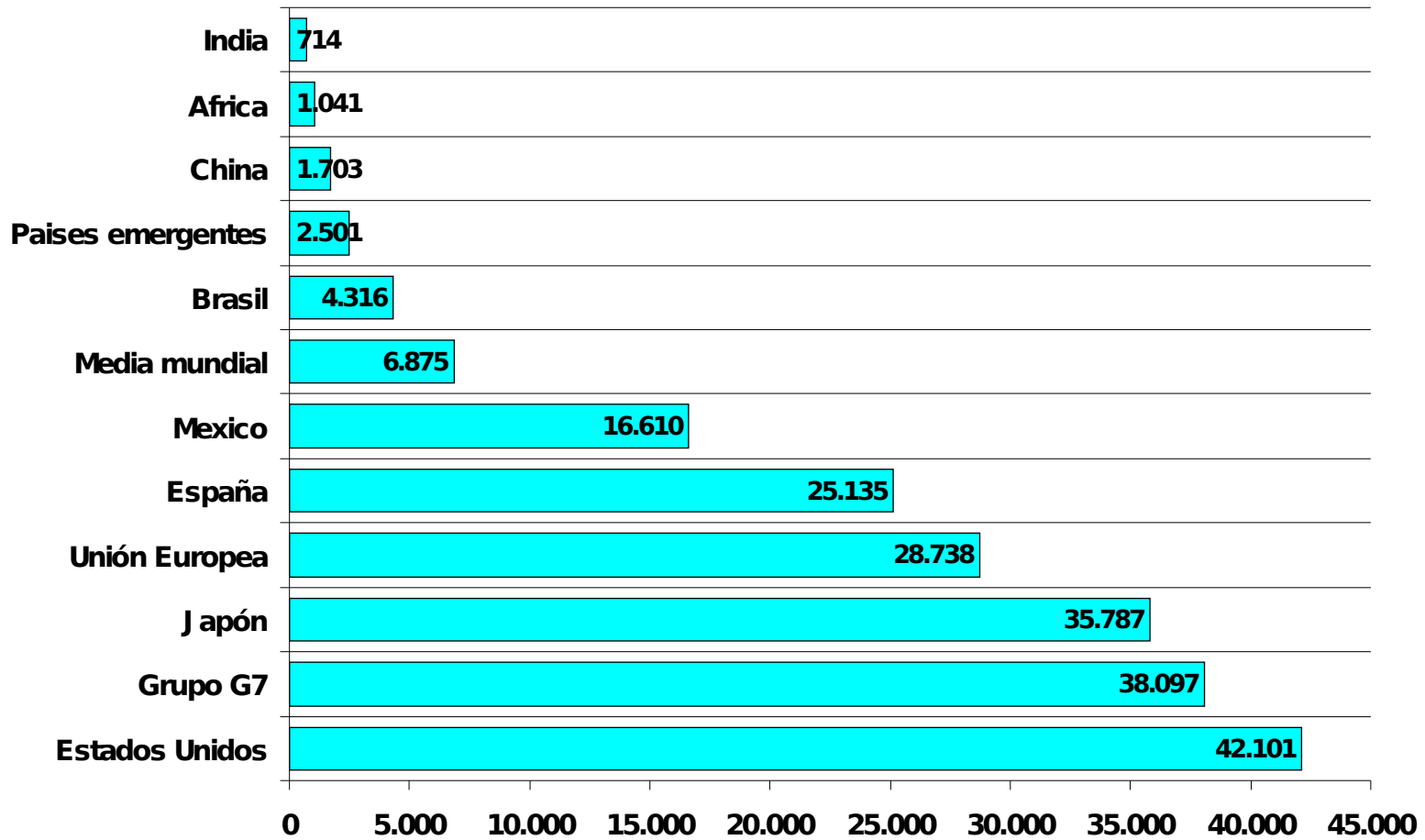
**Alberto Granda**

**Noviembre 2007**

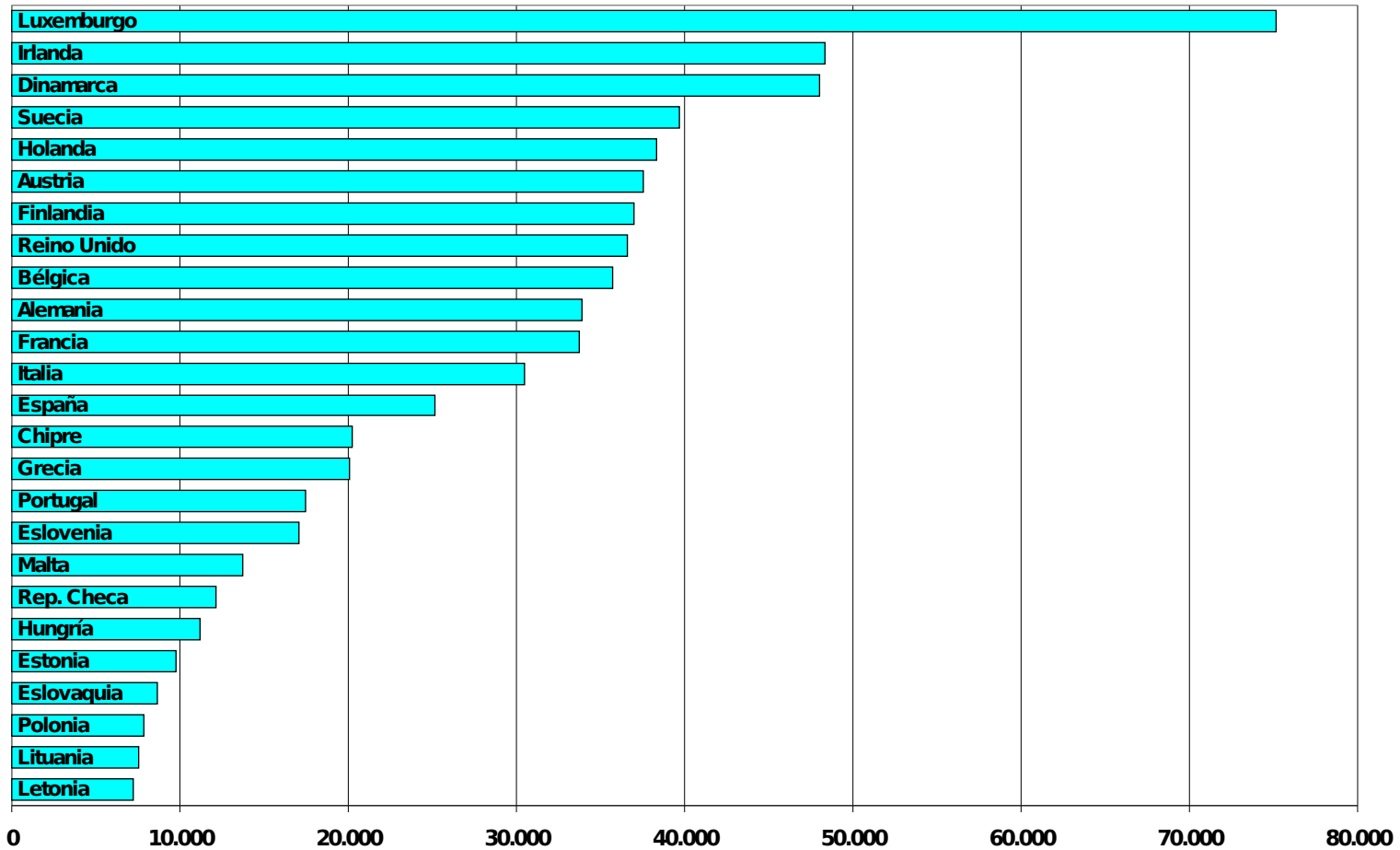
## Consumo energía eléctrica per capita en 2004 (kWh/habitante\*año)



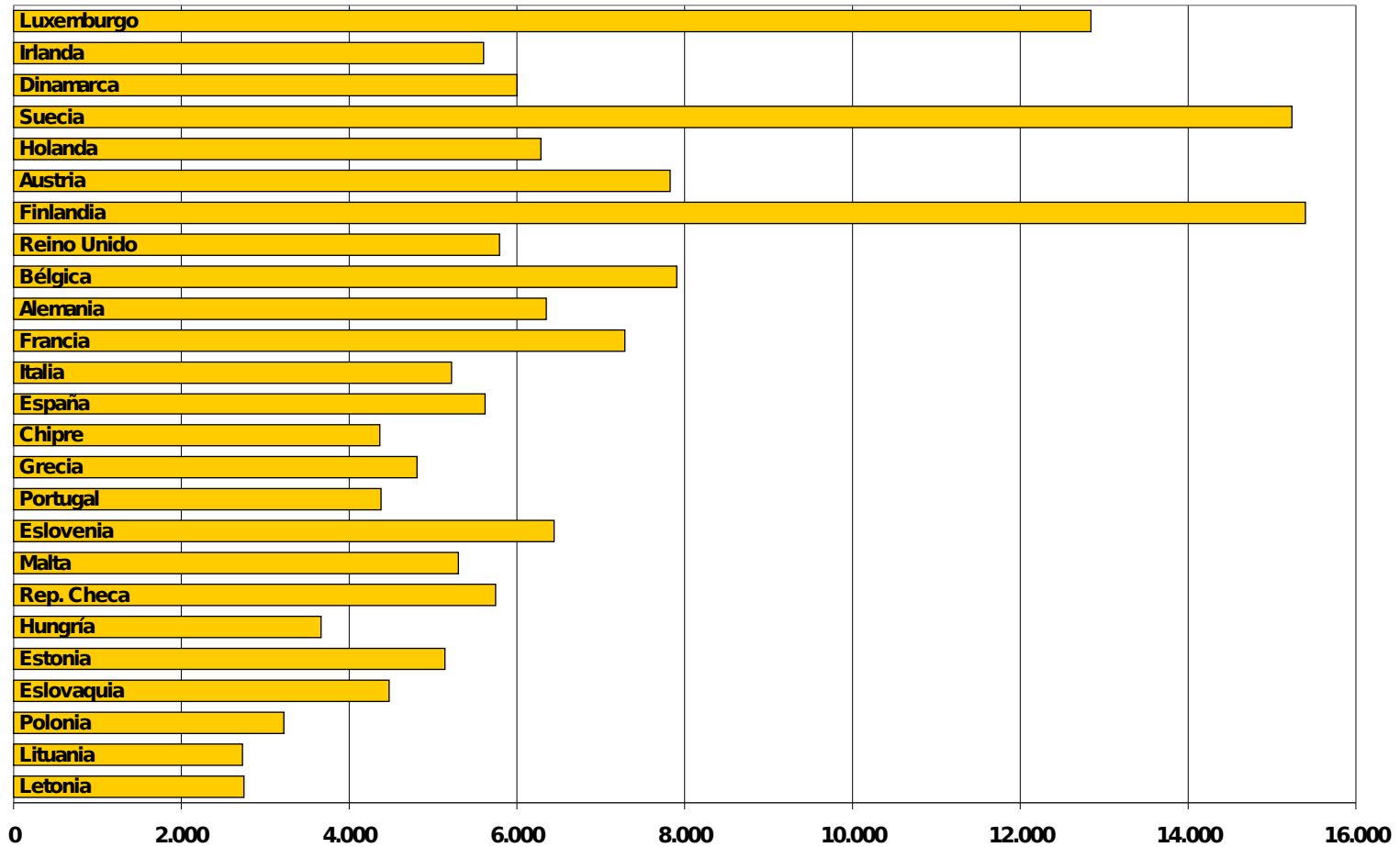
## PIB per capita en 2004



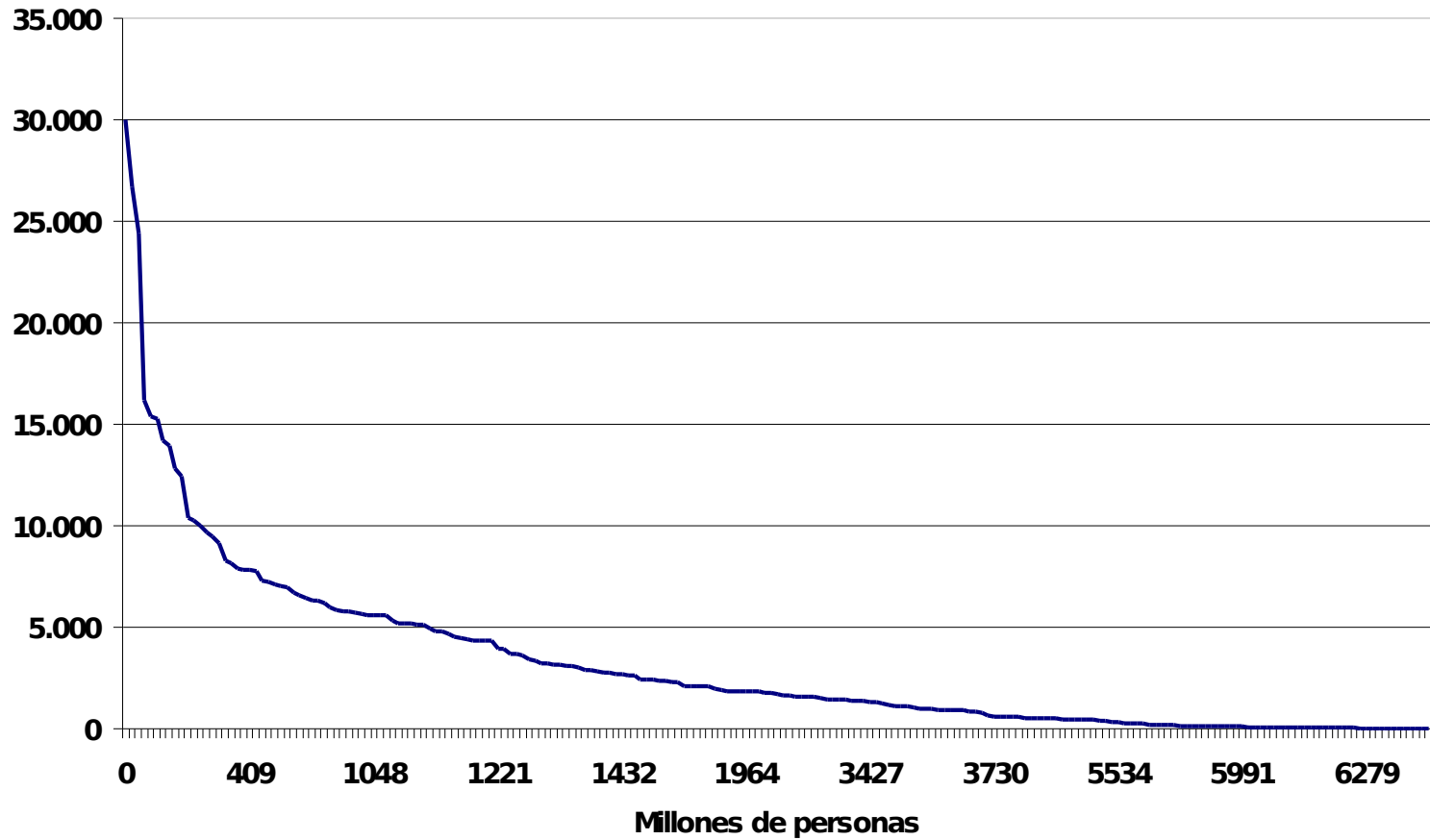
## PIB per cápita en la Unión Europea (USD)



Consumo de energía eléctrica per capita en la Unión Europea (kWh / habitante \* año)



## Monótona de consumo anual (kWh/persona)



Magnitudes en 2006

	MW			
	Pen.	SEIE	Tot.	
Hidráulica	16.657	1	16.658	20%
Nuclear	7.876		7.876	10%
Carbón	11.424	510	11.934	14%
Fuel / Gas	6.647	2.401	9.048	11%
Ciclo combinado	15.466	910	16.376	20%
<b>Régimen Ordinario</b>	<b>58.070</b>	<b>3.822</b>	<b>61.892</b>	<b>75%</b>
Eólica	11.100	139	11.239	14%
Resto R.E.	9.280	85	9.365	11%
<b>Régimen Especial</b>	<b>20.380</b>	<b>224</b>	<b>20.604</b>	<b>25%</b>
<b>Total</b>	<b>78.450</b>	<b>4.046</b>	<b>82.496</b>	<b>100%</b>

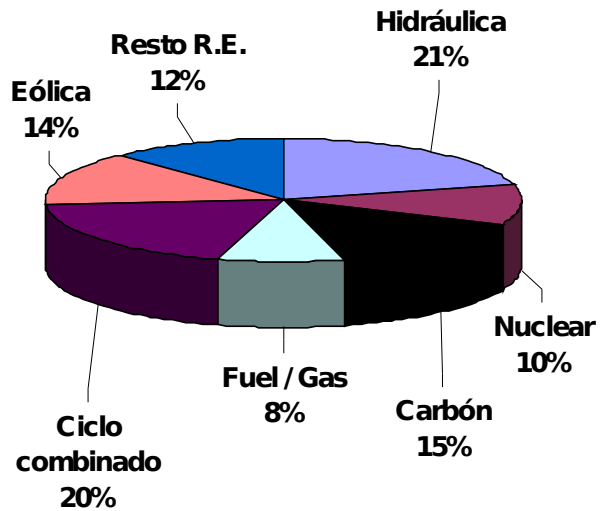
**Demanda máxima (27.01.2005)** 43.378 MW  
**(30.01.2007)** 42.153 MW

	GWh			
	Pen.	SEIE	Tot.	
Hidráulica	24.761		24.761	9%
Nuclear	60.184		60.184	21%
Carbón	66.143	3.320	69.463	24%
Fuel / Gas	5.841	8.412	14.253	5%
Ciclo combinado	63.561	3.425	66.986	23%
<b>Régimen Ordinario</b>	<b>220.490</b>	<b>15.157</b>	<b>235.647</b>	<b>82%</b>
Eólica	23.063	309	23.372	8%
Resto R.E.	26.840	543	27.383	10%
<b>Régimen Especial</b>	<b>49.903</b>	<b>852</b>	<b>50.755</b>	<b>18%</b>
<b>Generación Bruta</b>	<b>270.393</b>	<b>16.009</b>	<b>286.402</b>	<b>100%</b>
Con. generación	-8.719	-859	-9.578	
<b>Generación Neta</b>	<b>261.674</b>	<b>15.150</b>	<b>276.824</b>	
Con. bombeo	-5.494		-5.494	
Importaciones	-3.303		-3.303	
<b>Demanda</b>	<b>252.877</b>	<b>15.150</b>	<b>268.027</b>	<b>(+3,6%)</b>

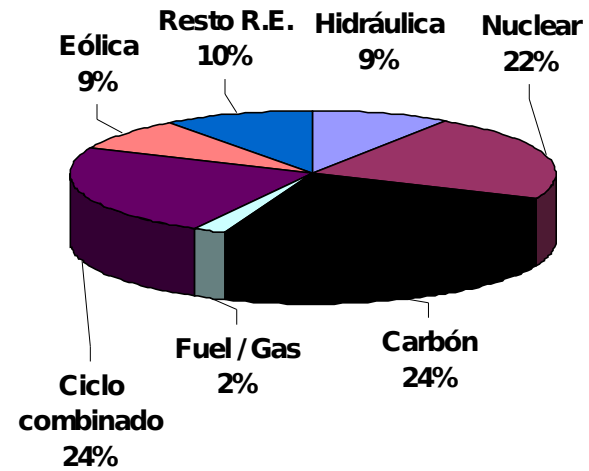
**Demanda máxima diaria (27.01.2005)** 870 GWh  
**(20.12.2006)** 854 GWh

## Magnitudes en 2006

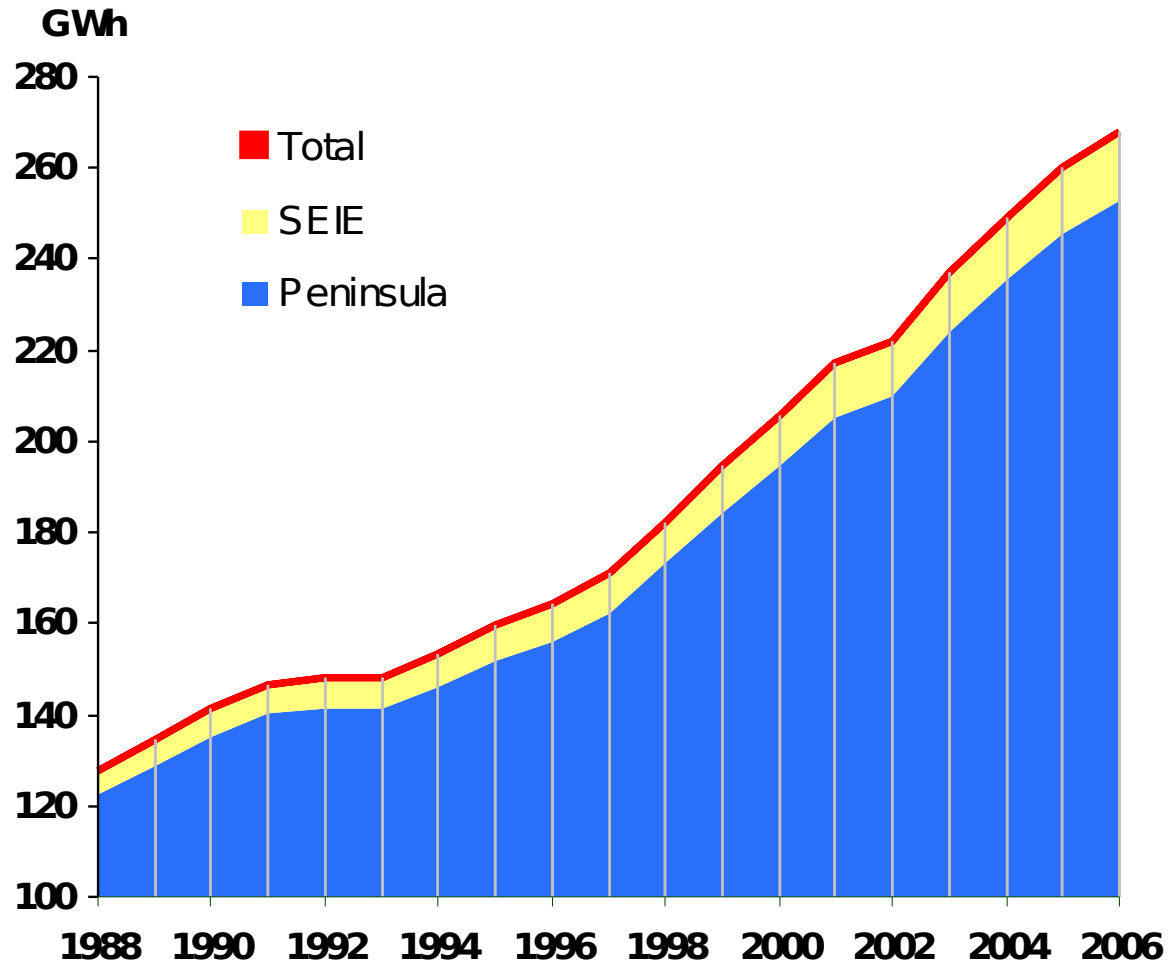
### Potencia instalada



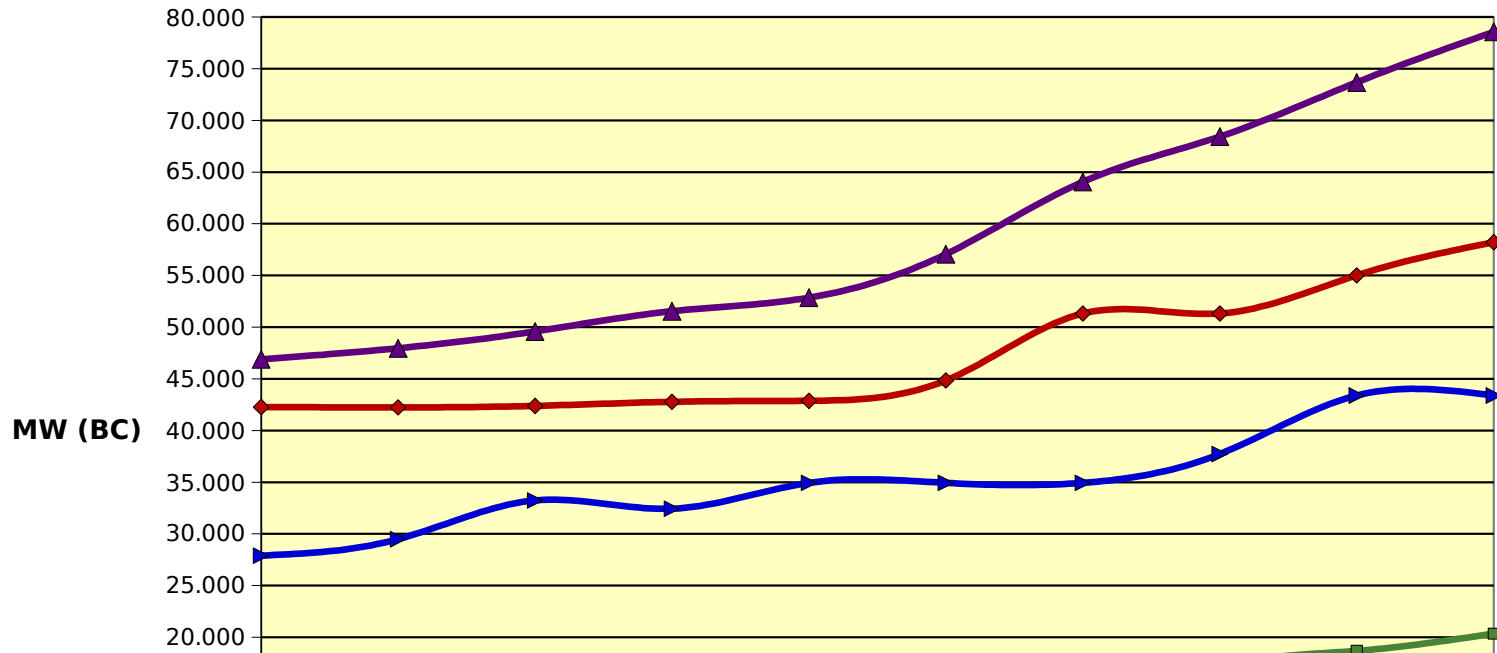
### Energía producida



## Evolución de la demanda de energía



## Evolución de demanda y potencia instalada en la península



## Planificación 2007-2016

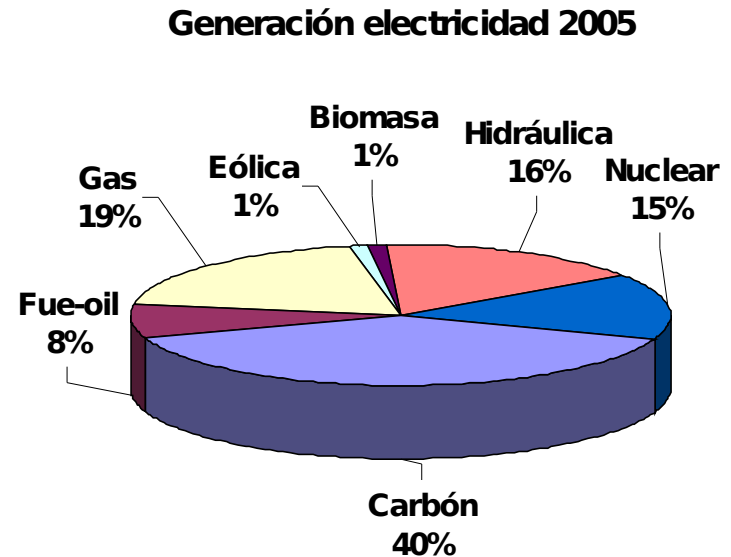
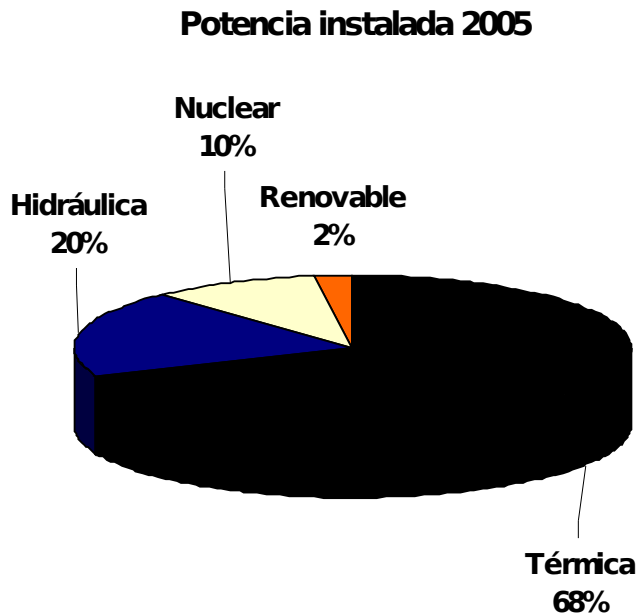
	2006	2011	2016	
Demanda potencia (MW)	43.400	50.800	58.700	<b>35,3%</b>
Demanda energía (GWh)	268.500	300.000	350.000	<b>30,4%</b>
Indice cobertura 1,1	47.740	55.880	64.570	

## Demanda prevista en 2016

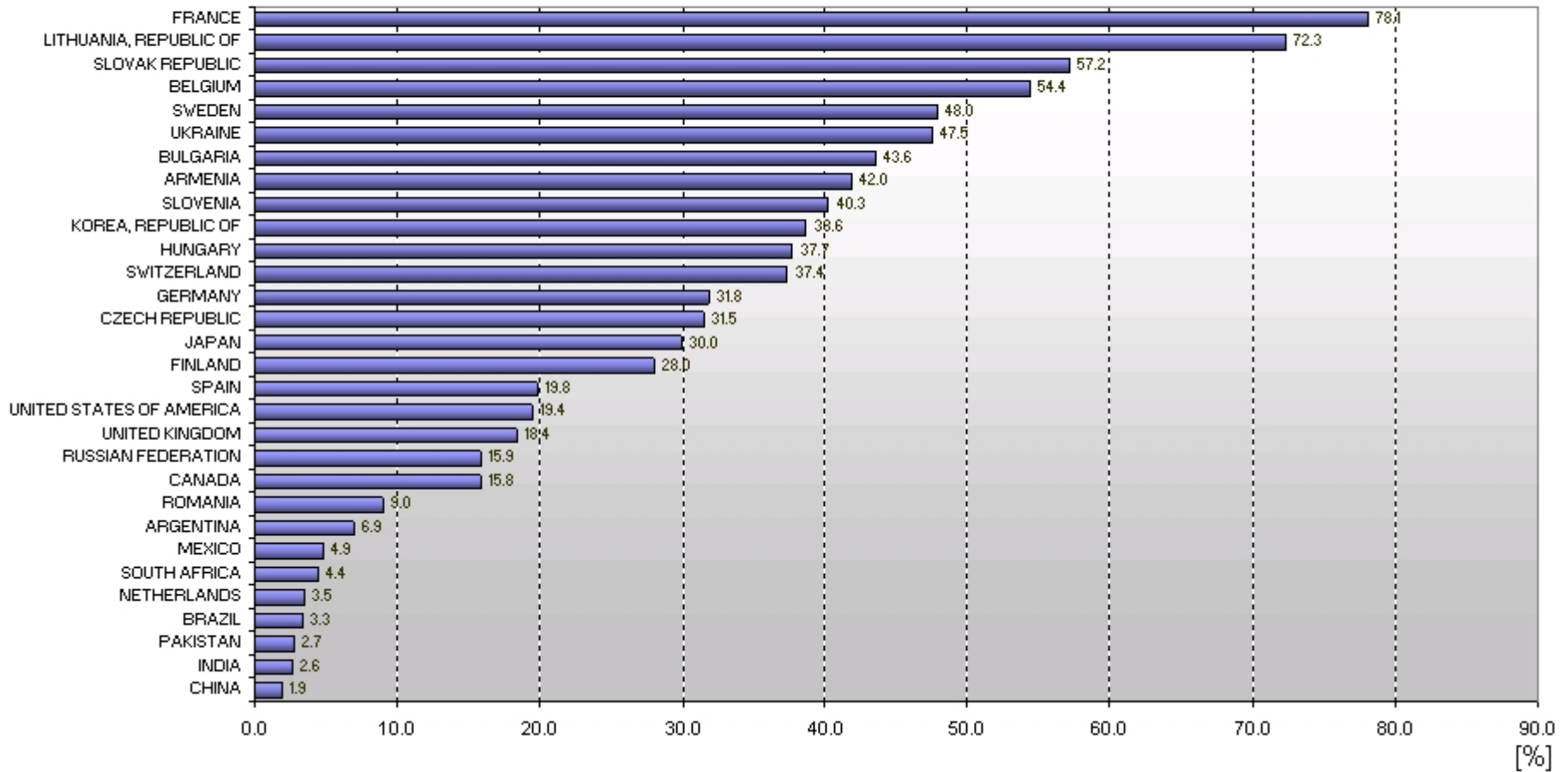
	Demanda potencia		Demanda energía			
	MW		GWh			
<b>Fósiles</b>	<b>49.550</b>	<b>43,4%</b>	<b>▲ 2006</b>	<b>153.200</b>	<b>41,7%</b>	<b>▲ 2006</b>
Carbón	8.240	7,2%	-31,3%	50.000	13,6%	-28,6%
Fuel/Gas	320	0,3%	-96,4%	200	0,1%	-98,6%
Ciclos combinados	30.000	26,3%	83,2%	100.000	27,2%	49,3%
Equipos de punta	3.000	2,6%		3.000	0,8%	
Cogeneración	7.990	7,0%				
<b>Renovables</b>	<b>56.810</b>	<b>49,8%</b>	<b>▼</b>	<b>157.000</b>	<b>42,8%</b>	<b>▼</b>
Hidráulica + bombeo	19.630	17,2%	22,7%	33.000	9,0%	32,0%
Eólica	29.000	25,4%	163,6%	62.000	16,9%	169,6%
Resto Régimen especial	8.180	7,2%		62.000	16,9%	129,6%
<b>Nuclear</b>	<b>7.783</b>	<b>6,8%</b>		<b>57.000</b>	<b>15,5%</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>114.143</b>			<b>367.200</b>		

# Energía nuclear en el mundo

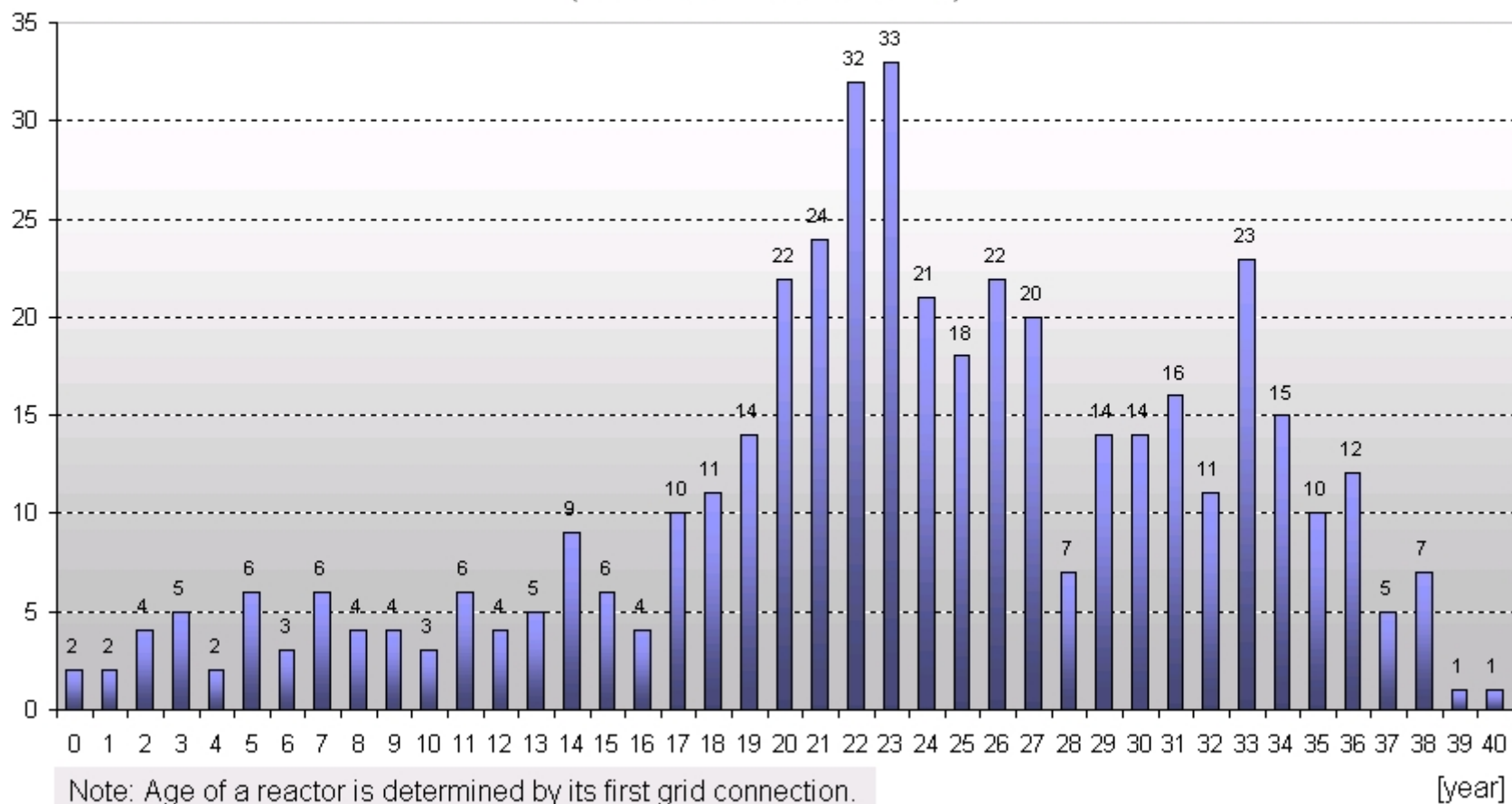
- Producción mundial de 16.500.000 GWh en 2006 con 3.871 GW
- 433 centrales con 367 GW suministran el 15% de la energía eléctrica



## Nuclear Share in Electricity Generation in 2006



## Number of Operating Reactors by Age (as of 26 of June 2007)



## CENTRALES NUCLEARES EN EL MUNDO

País	En operación			Decomisadas		En construcción	
	Nº unidades	Total MW(e)	LTEAF (%)	Nº unidades	Total MW(e)	Nº unidades	Total MW(e)
ALEMANIA	17	20.339	83,7%	19	5.944		
ARGENTINA	2	935	80,1%			1	692
ARMENIA	1	376	65,3%	1	376		
BELGICA	7	5.824	85,1%	1	11		
BRASIL	2	1.795	62,2%				
BULGARIA	2	1.906	64,6%	4	1.632		
CANADA	18	12.589	77,8%	3	478		
CHINA	11	8.572	82,0%			5	3.220
COREA DEL SUR	20	17.454	86,2%			2	1.920
ESLOVAQUIA	5	2.034	77,5%	2	518		
ESLOVENIA	1	666	82,5%				
ESPAÑA	8	7.450	85,1%	2	621		
ESTADOS UNIDOS AMERICA	104	100.322	77,2%	28	9.764		
FINLANDIA	4	2.696	90,7%			1	1.600
FRANCIA	59	63.260	77,3%	11	3.951		
HOLANDA	1	482	83,9%	1	55		
HUNGRIA	4	1.755	84,3%				
INDIA	17	3.779	61,3%			6	2.910
IRAN						1	915
ITALIA				4	1.423		
JAPON	55	47.587	73,3%	3	320	1	866
KAZAKHSTAN				1	52		
LITUANIA	1	1.185	62,7%	1	1.185		
MEJICO	2	1.360	82,1%				
PAKISTAN	2	425	40,7%			1	300
REINO UNIDO	19	10.222	72,3%	26	3.324		
REPÚBLICA CHECA	6	3.538	80,6%				
RUMANIA	2	1.308	86,7%				
RUSSIA	31	21.743	69,4%	5	786	7	4.585
SUDAFRICA	2	1.800	69,6%				
SUECIA	10	9.034	79,7%	3	1.225		
SUIZA	5	3.220	86,0%				
TAIWAN, CHINA	6	4.921				2	2.600
UCRANIA	15	13.107	69,6%	4	3.500	2	1.900
<b>Total:</b>	<b>439</b>	<b>371.684</b>	<b>77,0%</b>	<b>119</b>	<b>35.165</b>	<b>29</b>	<b>21.508</b>

## EVOLUCIÓN DEL PARQUE NUCLEAR EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Tipo	Central	País	Tecnología	MW	
<b>2007</b>					
Nuevas	3	Kaiga 3	India	PHWR	202
		Tianwan 2	China	PWR-WWER	1.000
		Cemavoda 2	Rumania	PHWR-CANDU	655
Re.conexión	1	Browns Ferry 1	USA	PWR	1.065
Re-construcción	1	Watts Bar 2	USA	PWR	1.165
Iniciadas	4	Qinshan II-4	China	PWR	610
		Severodvinsk 1 y 2	Rusia	PWR flotante	30
		Shin Kori 2	Corea Sur	PWR	960
		Hongyanhe 1	China	PWR	1.000
<b>2006</b>					
Nuevas	2	Tianwan 1	China	PWR-WWER	1.000
		Tarapur 3	India	PHWR	490
Cierre definitivo	5	Jose Cabrera	España	PWR	142
		Kozloduy 3 y 4	Bulgaria	PWR-WWER	408
		Bohunice 1	Eslovaquia	PWR-WWER	408
		Dungeness A 1 y 2	Reino Unido	GCR-Magnox	225
		Sizewell A 1 y 2	Reino Unido	GCR-Magnox	210
Iniciadas	5	Qinshan II-3	China	PWR	610
		Lingao 4	China	PWR	1.000
		Beloyarsk 4	Rusia	FBR	750
		Shin Kori 1	Corea Sur	PWR	960
		Shin Wolsong 1 y 2	Corea Sur	PWR	960
<b>2005</b>					
Nuevas	4	Ulchin 6	Corea Sur	PWR	960
		Higashidori 1	Japón	BWR	1.067
		Tarapur 4	India	PHWR	490
		Shika 2	Japón	ABWR	1.304
Re.conexión	1	Pickering 1	Canadá	PHWR	515
Cierre definitivo	2	Obrigheim	Alemania	PWR	340
		Barsebäck 2	Suecia	BWR	600
Iniciadas	3	Olkiluoto 3	Finlandia	PWR	1.600
		Lingao 3	China	PWR	1.000
		Chasnupp 2	Pakistán	PWR	300
<b>2004</b>					
Nuevas	5	Qinshan 2-2	China	PWR	602
		Hamaoka 5	Japón	ABWR	1.325
		Khmelnitski 2	Ucrania	PWR-WWER	950
		Rovno 4	Ucrania	PWR-WWER	950
		Kalinin 3	Rusia	PWR-WWER	950
Re.conexión	1	Bruce 3	Canadá	PHWR-CANDU	790
Cierre definitivo	2	Chapelcross A, B, C, D	Reino Unido	GCR	50
		Ignalina 1	Lituania	RBMK	1.185
Iniciadas	2	Tomari 3	Japón	PWR	866
		PFBR Kalpakkam	India	FBR	470

# Residuos radiactivos

- ❑ El almacenamiento de residuos de baja actividad se ha resuelto razonablemente
- ❑ Tratamiento y almacenamiento definitivo de alta actividad, principal problema por
  - Persistencia de peligrosidad durante miles de años
  - Almacenamiento definitivo requiere estabilidad de orden geológico: AGP
- ❑ Programas de desarrollo en curso para AGP:
  - Rusia selecciona en 2003 el emplazamiento en minas de uranio (Krasnokamensk)
  - US selecciona Yucca Mountain que aplicará para licencia a NRC en 2008
  - Numerosos programas OIEA y UE investigan técnicas de almacenamiento y criterios de selección de emplazamientos para AGP regional
  - Suecia y Finlandia seleccionan y desarrollan tecnología AGP
- ❑ Otras tecnologías en investigación
  - Numerosos programas de investigación hacia la segregación y transmutación de residuos para disminuir actividad, volumen y vida media
- ❑ Hay países donde los residuos se tratan con menos precauciones

# Residuos radiactivos en España

- ❑ Los residuos de media y baja se almacenan en El Cabril
- ❑ Los residuos de alta se almacenan en las propias centrales nucleares
- ❑ El AGP no estará en ningún caso disponible antes de que se sature la capacidad de los almacenamientos temporales en las centrales
- ❑ Surge la necesidad de un almacenamiento temporal hasta disponibilidad de tecnología y aceptación social de la solución definitiva AGP o SyT
- ❑ ENRESA ha desarrollado un pre-diseño de un ATC para 7000 T centralizado con capacidad suficiente para el combustible usado de todas las centrales nucleares actuales
- ❑ El ATC necesita 3 años construcción + 2 licenciamiento y debiera estar disponible hacia 2011 que se reciben vidrios de Vandellós 1
- ❑ Recomendación de la Mesa de Diálogo: el gobierno aprueba en 2006 el VI Plan de Residuos que contempla ATC y almacenamiento de baja hasta 2070
- ❑ El gobierno promovió en 2006 un proceso de consultas a los municipios interesados
- ❑ Desmantelamiento: Zorita y Vandellos

# Proliferación

- ❑ El TNP se presentó a firma el 1 julio 1968 y entró en vigor el 5 marzo 1970
- ❑ China y Francia lo firmaron en 1992
- ❑ Ratificado por 189 países, quedan 188, 5 con armas nucleares en el momento de la firma
- ❑ 3 países no han firmado: India, Israel, Pakistán. India y Pakistán. Corea del Norte lo ratificó en 1985 y se retiró el 10 abril 2003
- ❑ India, Pakistán y Corea del Norte han realizado pruebas nucleares
- ❑ Pilares del tratado
  - No proliferación fuera de los 5
  - Desarme. Proliferación vertical vs horizontal
  - Uso pacífico de la energía nuclear. Enriquecimiento y reprocesamiento
- ❑ Sudáfrica e Israel quizá han realizado pruebas, aunque Sudáfrica ha renunciado

# Proliferación

- ❑ CTBT
- ❑ Entre 16 julio 1945 en Alamogordo y diciembre 1953, 50 pruebas. Nehru solicita prohibición en 1954
- ❑ En 1963, tratado de prohibición parcial. China y Francia no firman y prueban.
- ❑ El CTBT prohíbe todo tipo de pruebas nucleares
- ❑ Se presenta a firma el 24 septiembre 1996, aún no ha entrado en vigor pues requiere ratificación de los 44 países con actividad nuclear significativa
- ❑ Faltan por firmar India, Pakistán, y Corea del Norte, y por ratificar US, China, Colombia, Egipto, Indonesia, Irán, Israel