

PANORAMA ENERGÉTICO Y ENERGÍA NUCLEAR A OCTUBRE DE 2022



ANTONIO GONZÁLEZ JIMÉNEZ
Director de Estudios y Apoyo Técnico
FORO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR
ESPAÑOLA



GONZALO JIMÉNEZ VARAS
Profesor contratado doctor
ETSI INDUSTRIALES DE LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE MADRID



**ALFONSO DE LA TORRE FERNÁNDEZ
DEL POZO**
Presidente de la Comisión de Terminología
SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA

INTRODUCCIÓN

Continuando la tradición iniciada en 2008, este artículo informa sobre la aportación de la generación eléctrica nuclear al mercado energético mundial en 2021 y el detalle de resultados hasta octubre de 2022. Tras un rápido y simplificado análisis del marco energético mundial centrado en el consumo de energía primaria en 2021, se expone con mayor detenimiento lo relacionado con la producción nucleoelectrónica tanto en el mundo como en España. El artículo detalla los resultados del citado parque mundial por países y por tipos de reactor, la continuidad de operación de esas centrales, las nuevas plantas planificadas y propuestas, así como las emisiones que evitan, completándose con un comentario general que valora la situación de la energía nuclear en el ámbito energético.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA Situación en el mundo

En datos del informe *BP Statistical Review of World Energy* de junio de 2022, el consumo mundial de energía primaria en el bienio 2020-2021 –desglosado en las distintas fuentes– se muestra en la Tabla 1.

En 2021, el **consumo** de energía primaria **alcanzó los 595,15 EJ**, con un incremento de 31,14 EJ justificada por la recuperación económica tras la pandemia por la Covid-19. Se mantiene el protagonismo de los combustibles fósiles (489,66 EJ y 82,28 % del mix energético) y destacan las tasas de crecimiento de China (+7,1 %) y del consumo de energías renovables (+15,0 %). En el cómputo de reparto mundial por países, los **mayores consumidores** fueron China con el 26,5 % del total y Estados Unidos con el 15,6 %, sumando juntos el 42 %, seguidos a distancia por India (6,0 %), Rusia (5,3 %) y Japón (3,0 %). En la UE-27, cuyos países acumulan el 10,1 % del consumo total, Alemania representó el 2,1 %, Francia (1,6 %), Italia (1,1 %) y España (0,9 %). Por su parte, Reino Unido tuvo un 1,2 %.

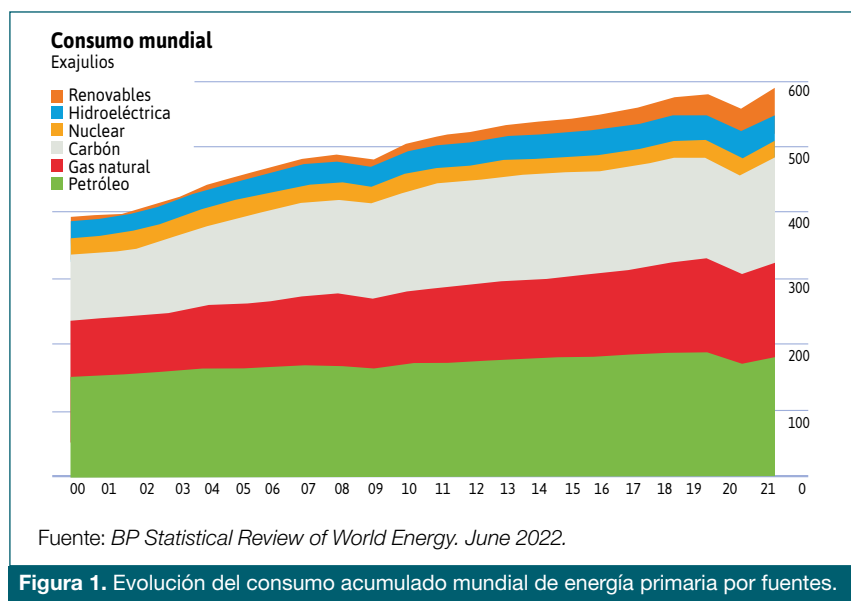
La **tasa de crecimiento fue del 5,8 %**, recuperando el impacto de la Covid-19, con un valor anualizado de los últimos 10 años del 1,3 %. Destaca el protagonismo de las renovables con un índice del 15 %. Por **zonas económicas**, las tasas de crecimiento volvieron a ser positivos en los países pertenecientes a la OCDE (4,7 %), en los países no pertenecientes (6,5 %) y en los pertenecientes a la UE-27 (5,6 %). Por **zonas geográficas**, dicho índice presenta crecimientos similares en América del Norte (4,8 %) y Europa (4,7 %), en CIS es 7,9 %, en América Central y Sudamérica es 7,0 %, en África es 7,0 %.

Año	Petróleo	Gas natural	Carbón	Nuclear	Hidráulica	Renovables	Total
2020	174,17	138,44	151,07	24,44	41,09	34,80	564,01
2021	184,21	145,35	160,10	25,31	40,26	39,91	595,15
Δ 2021/2020	6,1 %	5,3 %	6,3 %	3,8 %	-1,8 %	15,0 %	5,8 %
Mix 2021	31,0 %	24,4 %	26,9 %	4,3 %	6,8 %	6,7 %	100 %

Datos en exajulios (EJ). 1 EJ = 10¹⁸ julios

Fuente: *BP Statistical Review of World Energy. June 2022* y elaboración propia.

Tabla 1. Consumo de energía primaria en el mundo.



y también valores similares en Asia-Pacífico y África (6,4 % y 6,2 %), en Oriente Medio es 3,7 %. En el cómputo ordenado **por los cinco países con mayor peso** en el consumo mundial, las tasas alcanzadas fueron: China (7,1 %), Estados Unidos (5,3 %), India (10,4 %), Rusia (8,7 %) y Japón (3,8 %). En UE-27, cabe destacar las cifras de Alemania (2,6 %), Francia (6,5 %), Italia (7,6 %) y España (8,2 %). Por su parte, Reino Unido registró un 2,0 %.

Los **combustibles fósiles** cubren el **82,3 % de la demanda con una tasa de crecimiento del 5,6 %**. La demanda de petróleo, que representó el 31,0 % del total, tuvo una tasa de crecimiento del 6,1 % en exajulios (2,56 millones de barriles/día). En los países pertenecientes a la OCDE -que consumen el 45,4 % del total mundial- esta tasa fue del 6,5 %, en los países no pertenecientes del 5,7 % y 5,6 % en UE-27. Estados Unidos fue el mayor consumidor mundial con el 19,2 % del total, seguido por China (16,6 %) e India (5,1 %). El **carbón** le sigue en importancia con el 26,9 % del consumo

global y un crecimiento del 6,3 %. En los países no pertenecientes a la OCDE -que consumen el 81,5 % del total- esta tasa de crecimiento fue del 5,8 %, en los países pertenecientes a OCDE el 8,3 % y en la UE-27 el 13,2 %. China es su mayor consumidor con el 53,8 % del total, seguido por India con el 12,5 % y Estados Unidos con el 6,6 %. El **gas** -que supone el 24,4 % del consumo mundial- tuvo una tasa de crecimiento del 5,3 %. En los países pertenecientes a la OCDE que consumen el 44,5 % del total, la tasa fue 2,3 %, en los países no pertenecientes el 7,8 % y en UE-27 el 4,6 %. Los mayores consumidores fueron Estados Unidos (20,5 %), Rusia (11,8 %), China (9,4 %) e Irán (6,0 %).

La **energía nuclear** cubrió el 4,3 % del consumo mundial con un crecimiento del 3,8 %. La **energía hidráulica** decreció el 1,8 % y supuso el 6,8 % del consumo mundial, y el **resto de las renovables** (eólica, solar, geotérmica y biomasa), que abastecieron el 6,7 % de la demanda, su tasa fue del 15 %.

Respecto a las renovables, en los países de la OCDE (52,9 % del consumo) ese crecimiento fue del 7,9 %; en los no pertenecientes del 24,2 % y 2,9 %, en UE-27 (19,8 % del consumo). La Figura 1 muestra la evolución del consumo acumulado mundial de energía primaria en el período 2000-2021.

El precio medio del barril de petróleo Brent europeo en 2021 se situó en 70,91 dólares, incrementándose en 29,07 dólares respecto al precio medio de 2020, el segundo valor más elevado desde 2015, acabando el año en 77,24 dólares. El precio del **uranio**, en los contratos de largo plazo, tuvo en 2021 un valor medio de 36,8 \$/lb U₃O₈, 2,2 \$ superior al del año anterior. En los contratos de largo plazo hasta septiembre de 2022, tuvo un valor medio de 48,9 \$/lb U₃O₈, 12,1 \$ superior al medio de 2021. Este gran incremento se debe en

Año	Carbón	Petróleo	Gas	Nuclear	Renovables	Saldo eléctrico exp/imp (1)	Residuos no renovables	Total
2020	0,13	1,91	1,17	0,66	0,67	0,01	0,01	4,64
2021	0,14	2,08	1,23	0,62	0,81	0,00	0,02	4,90
Δ 2021/2020	9,42 %	8,81 %	5,40 %	-5,89 %	20,64 %	-73,05 %	120,75 %	5,70 %
Mix 2021	2,9 %	42,3 %	25,0 %	12,6 %	16,6 %	0,06 %	0,5 %	100 %

Datos en exajulios (EJ). (1) Importación menos exportación de electricidad.

Fuente: Energía 2022 Foro Nuclear con datos de MITERD (Datos Balances 1990-2019), Jornada Enerclub 31.03.2022, Foro Nuclear (estimación Residuos no renovables) y elaboración propia. Los datos originales expresados en Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo) se han convertido a EJ con el factor 1Mtep = 0,04187 EJ.

Tabla 2. Consumo de energía primaria en España.

Año	Carbón	Petróleo	Gas natural	Renovables	Residuos no renovables	Nuclear	Total
2020	0,003	0,001	0,002	0,77	0,01	0,66	1,44
2021	0,000	0,000	0,002	0,81	0,02	0,62	1,46
Autoabastecimiento 2021	0,00 %	0,00 %	0,10 %	100 %	100 %	100 %	29,70 %

Datos en exajulios (EJ).

Fuente: Energía 2022 Foro Nuclear [MITERD (hasta 2019) y elaboración propia (2020 y 2021, con datos de MITERD, Carbunión y otras fuentes)] y elaboración propia. Metodología A.I.E. Los datos originales expresados en Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo) se han convertido a EJ con el factor 1Mtep = 0,04187 EJ.

Tabla 3. Producción de energía primaria en España y grado de autoabastecimiento.

gran parte a la invasión de Ucrania por parte de Rusia, que ha alterado los mercados de uranio enormemente.

Según el último informe disponible de la NEA-OCDE y el OIEA-ONU *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, su abastecimiento cubrirá la demanda del actual parque nuclear mundial en casi 120 años, considerando un precio de 130 \$/kg U.

Situación en España

En 2021, el **consumo de energía primaria** en España creció 0,3 EJ (5,7 %), hasta la cifra de 4,90 EJ. En la Tabla 2 se desglosa por las distintas fuentes. Destaca el crecimiento de renovables (20,6 %) y residuos no renovables (120,7 %). El *mix* de energía primaria consumido estuvo formado por los combustibles fósiles (70,28 %) y, a distancia, por las energías limpias, que sumaron el 29,65 %, correspondiendo el 12,58 % a la nuclear y el 17,0 % restante a renovables y residuos. España tuvo un saldo importador de 0,0032 EJ de energía eléctrica.

La **producción nacional de energía primaria** en 2021 alcanzó 1,46 EJ, con un crecimiento del 0,98 % y el **grado de autoabastecimiento** fue del 29,70 %. Esta producción se desglosa en la Tabla 3. La dependencia energética exterior española ascendió al 70,30 %, superior al valor medio del 57,5 % de la UE-27 en 2020.

IMPLANTACIÓN MUNDIAL DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Parque nuclear y generación nucleoelectrónica en 2021

A 31 de diciembre de 2021 en el mundo había **32 países** con centrales nucleares, con un total de **437 unidades en operación**, cinco menos que en el año anterior, con una potencia instalada neta total de 389.174 MW, 4.141 MW menos que el año anterior; y 58 reactores **en construcción** en 19 países, siete más que en el año anterior, con una potencia neta total de 64.483 MW.

La **energía eléctrica neta generada** fue de 2.653 TWh, superior a la del año anterior (2.553 TWh). Dicha generación representó el 10,3 % del total mundial de electricidad. En la UE-27, la participación eléctrica nuclear en 2020 fue cercana al 25 %.

A 31 de diciembre de 2021, la energía eléctrica neta de origen nuclear acumulada desde la conexión a la red del primer reactor nuclear en 1951 era de 88.075 TWh.

Es reseñable que de los 32 países con centrales nucleares, 17 sobrepasaron el 15 % de participación eléctrica nuclear y 13 superaron el 25 %, destacando Francia (69 %), Ucrania (55 %), Eslovaquia (52,3 %), Bélgica (50,8 %), Hungría (46,8 %), Eslovenia (36,9 %) y Suecia (30,8 %); y los países con mayor número de plantas en operación eran Estados Unidos (92 unidades), Francia (56), China (54), Rusia (37), Japón (33), Corea del Sur (25) e India (22).

Durante 2021, seis reactores **se conectaron a la red**: uno en Emiratos Árabes (1.345 MW), dos de agua ligera y uno de alta temperatura en China (2.261 MW), uno en India (630 MW) y otro en Pakistán (1.014 MW); ocho **pararon definitivamente** (Reino Unido (3), Alemania (3), Estados

Unidos (1), Pakistán (1)), con una potencia total de 6.758 MW, y diez unidades **iniciaron su construcción** (Turquía (1), Rusia (1) India (2) y China (6)), con 8.836 MW.

Desde el año 2000 hasta finales de 2021, la potencia neta total instalada ha aumentado en 48,581 GW, el número de unidades en cinco y la energía eléctrica generada anualmente ha crecido en 40,6 TWh (hay que tener en cuenta las excepcionales circunstancias del año 2020 debidas a la pandemia por la Covid-19).

Situación a primero de octubre de 2022

En lo que va de año 2022, seis unidades se han **conectado a la red**, dos en China, una en Finlandia, una en Corea del Sur, una en Pakistán y una en Emiratos Árabes Unidos, que suman 7.260 MW; seis han **iniciado su construcción** en Turquía (PWR, 1.114 MW), Egipto (PWR, 1.194 MW) y China (4 PWR, 4695 MW); y cuatro han **cesado su operación definitivamente**: Estados Unidos (PWR, 805 MW) y Reino Unido (3 GCR, 1460 MW).

Como se muestra en la Tabla 4 de la siguiente página, el parque mundial a primero de octubre de 2022 cuenta con 427 unidades **en operación**, nueve menos que en octubre 2021, con una potencia neta total de 382.796 MW, lo que supone una disminución respecto de la misma fecha del año anterior de 11.741 MW. El número de reactores **en construcción** es de 56 (cinco más que el año anterior) en diecinueve países, totalizando una potencia neta de 57.664 MW.

Los 427 reactores en operación se dividen por tipo de central en seis grupos (entre paréntesis el número de unidades):

- PWR (304 unidades): incluye los reactores de agua a presión, moderados y refrigerados por agua a presión y los del tipo PWR-VVER, con una potencia total neta de 291.723 MW.
- BWR (53): reactores de agua en ebullición y los avanzados de origen estadounidense (ABWR) (con 53.041 MW).
- PHWR (47): reactores de agua a presión como refrigerante y agua pesada como moderador (con 24.314 MW).
- GCR (8): reactores refrigerados por gas y moderados por grafito de origen británico; incluye el tipo avanzado AGR (con 4.685 MW).
- LWGR (o RBMK) (11): reactores refrigerados por agua en ebullición y moderados por grafito (con 7.433 MW).
- FBR (3): reactores reproductores rápidos refrigerados por sodio (con 1.400 MW).

La Figura 2 muestra el número de reactores por años de operación. Se aprecian dos máximos en el entorno de 33 y 38 años, correspondientes a la entrada en operación en las décadas de 1970 y 1980, como resultado del aumento en la construcción a raíz de las conocidas crisis del precio del petróleo, observándose en los últimos años un moderado repunte.

A primero de octubre de 2022 hay 56 unidades en **construcción** (57.664 MW) en 18 países: China (con 18); India (8); Rusia (4); Turquía (4); Corea del Sur (3); Bangladés (2); Japón (2); Eslovaquia (2); Ucrania (2); Estados Unidos (2); Reino Unido (2); Emiratos Árabes Unidos; Bielorrusia; Irán; Argentina; Egipto; Brasil y Francia. En la Tabla 5 se muestra el número de unidades **en construcción por países y tipo de reactor**.

País	En operación a lo largo de 2021				En operación a octubre de 2022		En construcción a octubre de 2022		Planificados a octubre de 2022		Propuestos a octubre de 2022	
	Uds.	Potencia neta (MW)	Producción neta (TWh)	% del total	Uds.	Potencia neta (MW)	Uds.	Potencia neta (MW)	Uds.	Potencia bruta (MW)	Uds.	Potencia bruta (MW)
Alemania	6	8.113	65,4	11,9	3	4.055	-	-	-	-	-	-
Arabia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	17.000
Argentina	3	1.641	10,2	7,2	3	1.641	1	25	1	1.150	2	1.350
Armenia	1	415	1,9	25,3	1	448	-	-	-	-	1	1.060
Bangladés	-	-	-	-	-	-	2	2.160	-	-	2	2.400
Bélgica	7	5.942	48,0	50,8	7	5.942	-	-	-	-	-	-
Bielorrusia	1	1.110	5,4	14,1	1	1.110	1	1.100	-	-	2	2.400
Brasil	2	1.884	13,9	2,4	2	1.884	1	1.340	-	-	4	4.000
Bulgaria	2	2.006	15,8	34,6	2	2.006	-	-	1	1.000	2	2.000
Canadá	19	13.624	86,8	14,3	19	13.624	-	-	-	-	2	1.500
Corea del Sur	24	23.150	152,6	29,6	25	24.431	3	4.020	-	-	2	2.800
China	53	50.754	383,2	5,0	55	52.170	18	18.526	38	42.810	158	182.500
Egipto	-	-	-	-	-	-	1	1.194	3	3.600	-	-
Emiratos A.U.	2	2.690	10,1	7,0	3	4.107	1	1.345	-	-	-	-
Eslovaquia	4	1.837	14,6	52,3	4	1.868	2	880	-	-	1	1.200
Eslovenia	1	688	5,4	36,9	1	688	-	-	-	-	1	1.000
España	7	7.121	54,2	20,8	7	7.121	-	-	-	-	-	-
Estados Unidos	94	96.553	771,6	19,6	92	94.718	2	2.234	3	2.550	18	8.000
Finlandia	4	2.794	22,6	32,8	5	4.394	-	-	1	1.170	-	-
Francia	56	61.370	363,4	69,0	56	61.370	1	1.630	-	-	-	-
Hungría	4	1.902	15,1	46,8	4	1.916	-	-	2	2.400	-	-
India	23	6.885	39,8	3,2	22	6.795	8	6.028	12	8.400	28	32.000
Irán	1	915	3,2	1,0	1	915	1	974	1	1.057	5	2.760
Japón	33	31.679	61,3	7,2	21	19.797	2	2.653	1	1.385	8	11.562
Jordania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	100
Kazajistán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	600
Lituania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.700
Méjico	2	1.552	11,6	5,3	2	1.552	-	-	-	-	3	3.000
Países Bajos	1	482	3,6	3,1	1	482	-	-	-	-	2	2.000
Pakistán	5	2.332	15,8	10,6	6	3.256	-	-	1	1.170	-	-
Polonia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6.000
Reino Unido	15	8.923	41,8	14,8	9	5.883	2	3.260	2	3.340	10	17.000
República Checa	6	3.934	29,0	36,6	6	3.934	-	-	1	1.200	3	3.600
Rumanía	2	1.300	10,4	18,5	2	1.300	-	-	2	1.440	1	720
Rusia	38	27.653	208,4	20,0	37	27.727	4	3.759	25	23.525	21	20.100
Sudáfrica	2	1.860	12,2	6,0	2	1.854	-	-	-	-	8	9.600
Suecia	7	7.740	51,4	30,8	6	6.882	-	-	-	-	-	-
Suiza	4	2.960	23,0	32,9	4	2.960	-	-	-	-	-	-
Tailandia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.000
Turquía	-	-	-	-	-	-	4	4.456	-	-	8	9.500
Ucrania	15	13.107	81,1	55,0	15	13.107	2	2.070	-	-	7	8.750
Uzbekistán	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.400	2	2.400
Total	444	394.916	2.653	10,3 (1)	427	382.796	56	57.664	96	98.597	330	361.602

Fuente: PRIS-OIEA, Foro Nuclear y World Nuclear Association. (1) % del total mundial de electricidad generada (nuclear y no nuclear).

Tabla 4. Reactores nucleares en el mundo en 2021 y a primero de octubre de 2022 (en operación, en construcción, planificados y propuestos).

Autorización para la continuidad de la operación

Según datos del OIEA, la NRC y el Foro Nuclear, actualmente en Europa se aplican distintos criterios, como: la autorización de operación indefinida de Suiza y República Checa, las autorizaciones adicionales entre 5 y 30 años de Rusia y entre 20 y 23 o hasta 2038 en Finlandia, las de 20 años en

Hungría, o más de 40 años de operación, sin especificar, en Suecia; así como en Países Bajos y Bélgica, donde se pone límite a la explotación de sus centrales hasta los años 2033 y 2035, respectivamente, o Canadá, hasta 2050. Japón autoriza hasta 60 años de operación, y Argentina hasta 50 años a una de sus plantas. En Estados Unidos, 85 reactores en operación han recibido autorización hasta los 60 años y seis han recibido autorización para 80 años

La Figura 3 muestra el estado mundial relativo a la autorización de la continuidad de la operación; un total de 190 reactores tienen autorización para más de 40 años de operación, que se desglosa de la manera siguiente: Argentina

(1 autorización hasta 2024), Armenia (1 autorización hasta 2026), Bélgica (5 autorizaciones hasta 2025 y 2035), Canadá (10 autorizaciones hasta 2028 y 2050), China (1 autorización hasta 2041), España (6 autorizaciones hasta 2027, 2028, 2030 y 2031), Finlandia (4 autorizaciones hasta 2038), Francia (32 autorizaciones para 50 años de operación), Hungría (3 autorizaciones con 20 años adicionales desde fecha de concesión), Japón (4 autorizaciones para 60 años de operación), México (2 autorizaciones hasta 2050), Países Bajos (1 autorización hasta 2033), República Checa (5 autorizaciones con tiempo indefinido), Rusia (17 autorizaciones más allá de su periodo inicial de concesión), Suecia (5 autorizaciones para más de 40 años de operación), Suiza (4 autorizaciones con tiempo indefinido), Ucrania (4 autorizaciones de 20 años adicionales desde fecha de concesión) y Estados Unidos (85 autorizaciones a 60 años, 6 de ellas para 80 años de operación).

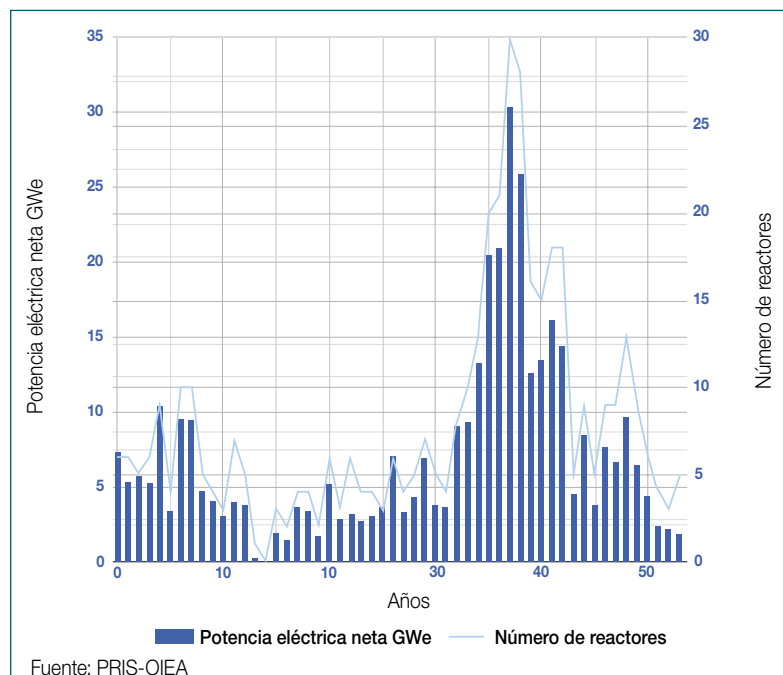


Figura 2. Número de reactores nucleares por años de operación a primero de octubre de 2022.

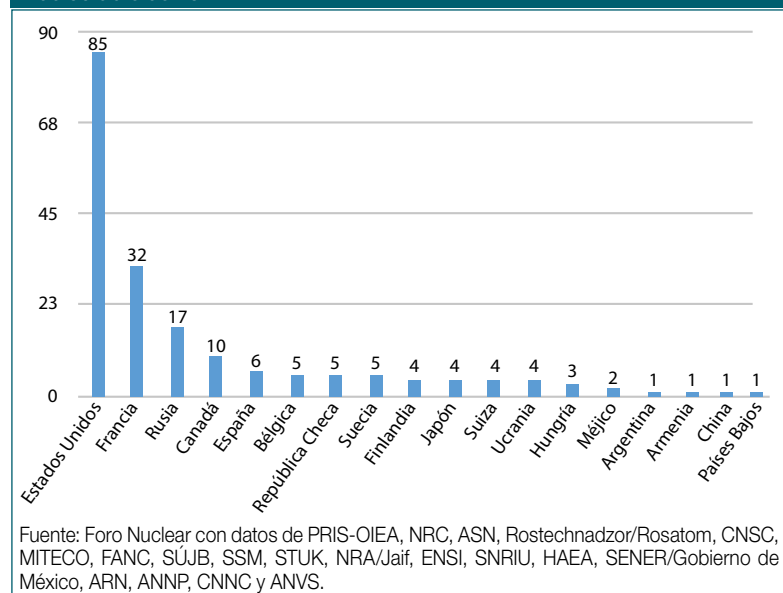


Figura 3. Reactores en el mundo con autorización de explotación para la continuidad de su operación a primero de octubre de 2022.

Indicadores de funcionamiento

Una de las grandes ventajas de las centrales nucleares es su **alta disponibilidad**. En la Tabla 6 se muestran los indicadores de funcionamiento promediados por año e integrales a lo largo del tiempo de las centrales nucleares del mundo desde su conexión a la red eléctrica hasta nuestros días. Los valores integrales tienen en cuenta todas las plantas (en funcionamiento, paradas y desmanteladas) desde el inicio de su operación comercial.

En la evolución histórica de los últimos años, tras la perturbación que introdujo el accidente de Fukushima en 2011, se observa la mejora general de los indicadores de funcionamiento de las plantas a escala mundial. En España, los resultados son netamente más favorables que los de la media mundial, tanto en los valores anuales, como en los integrales, situándose entre los ocho primeros puestos.

Cierre de centrales

Desde el inicio de la explotación comercial de las plantas nucleares hasta octubre de 2022, se han parado definitivamente un total de 203 reactores nucleares en 21 países, que totali-

Tipo de central	Unidades	Potencia neta total (MW)	Países
PWR	48	51.709	Argentina (1), Bangladés (2), Bielorrusia (1), Brasil (1), Corea del Sur (4), China (17), EAU (1), Eslovaquia (2), Estados Unidos (2), Francia (1), India (4), Irán (1), Rusia (3), Turquía (4), Ucrania (2), Reino Unido (2)
BWR	2	2.653	Japón (2)
PHWR	3	1.890	India (3)
FBR	6	1.412	India (1), China (1), Rusia (1)
Total	56	57.664	18 países

Fuente: PRIS-OIEA

Tabla 5. Reactores en construcción en el mundo a primero de octubre de 2022.

Año	Núm. de plantas operadas con datos	Factor de carga (%)	Factor de operación (%)	Factor de disponibilidad (%)	Factor de indisponibilidad no programada (%)
2015	442	73,6	75,7	75,0	3,2
2016	447	73,3	76,3	75,0	4,1
2017	449	73,0	75,2	74,2	4,8
2018	454	74,5	76,2	75,2	3,7
2019	444	73,6	77,5	76,6	4,3
2020	442	74,3	75,7	77,6	4,6
2021	430	79,4	81,1	80,0	4,3
Factores integrales incluidas todas las centrales en operación y paradas desde el inicio de la operación comercial hasta finales de 2021					
Mundial	594	-	77,4	78,5	5,7
España	10	-	85,0	85,8	3,9

Fuente: PRIS-OIEA, Foro Nuclear y elaboración propia.

Tabla 6. Indicadores de funcionamiento de las centrales nucleares del mundo.

zan una potencia de 98 MW. Sobresalen Estados Unidos, con 41 unidades, Reino Unido (36), Alemania (30), Japón (27) y Francia (14). Le siguen Rusia (10), Suecia (7), Canadá (6), Italia, Bulgaria y Ucrania (4 cada uno); España y Eslovaquia (3); Lituania, Suiza y Corea del Sur (2) y Armenia, Bélgica, Kazajistán, Pakistán y Países Bajos (1).

Centrales nucleares planificadas y propuestas

De acuerdo con la World Nuclear Association (Tabla 4), actualmente existen 96 plantas **planificadas** en el mundo, con una potencia bruta total de 98.597 MW y 330 **propuestas** con 361.602 MW. Los países con más expectativas son China (196 unidades entre ambas opciones), Rusia (46), India (40), Estados Unidos (21), Arabia Saudita (16), Reino Unido (12), Turquía (8), Japón (9) e Irán (6).

En la UE-27, doce países han anunciado la construcción de un total de 24 plantas y cuatro no prevén nuevas unidades (Alemania, Bélgica, España y Suecia). Por otra parte, a escala mundial, once países (Arabia Saudita, Bangladés, Bielorrusia, Egipto, Jordania, Kazajistán, Lituania, Polonia, Tailandia, Turquía y Uzbekistán) desean iniciar sus programas nucleares, totalizando 51 plantas.

SITUACIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN ESPAÑA

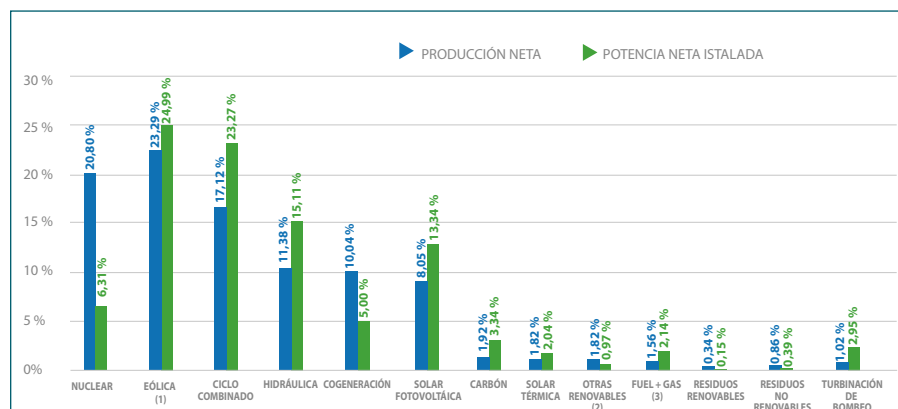
Generación en el sistema eléctrico

Según datos de Red Eléctrica de España, en 2021 la **producción eléctrica neta** en España fue de 259.849 GWh, experimentando un incremento del 3,5 % respecto al año anterior, debido a la recuperación de la actividad económica tras la pandemia por la Covid-19. Las **tecnologías convencionales** -nuclear, carbón, hidráulica, ciclo combinado y fuel/gas- representaron el 52,7 % del total, con 137.151 GWh, un 1,8 % menos que el año anterior. El **resto de tecnologías** -cogeneración, residuos, eólica, solar, turbinación de bombeo y otras renovables- produjeron un 9,9 % más, para un total de 122.698 GWh, destacando un crecimiento del 37 % en la solar fotovoltaica y un 10 % en la eólica.

La **demanda de electricidad** tuvo un incremento del 2,7 % respecto al ejercicio anterior, menor al crecimiento del 5,1 % del Producto Interior Bruto, situándose en 233.940 GWh, lo que confirma el desacoplamiento entre ambas variables en los últimos ejercicios.

La **demanda máxima del sistema peninsular** se alcanzó en **periodo invernal** el 8 de enero a las 14 horas con 41.483 MW -coincidiendo con el temporal Filomena, con descensos de la temperatura hasta valores históricos en algunas zonas del país-, un 7,6 % por debajo de la máxima histórica de diciembre de 2007.

El **saldo eléctrico exterior** fue importador por sexto año consecutivo -frente al saldo exportador registrado entre 2004 y 2015- con 884 GWh netos, inferior en un 73,1 % al del ejercicio 2020, representando el 0,4 % de la cobertura de la demanda peninsular. El transporte de electricidad a través del enlace entre la península y las Islas Baleares fue de 890 GWh, representando más del 16 % de la demanda del archipiélago.



(1) Incluye hidroeléctrica.

(2) Incluye biogás, biomasa, hidráulica marina y geotérmica.

(3) Incluye motores diésel, turbina de gas y turbina de vapor.

Fuente: Foro Nuclear - Resultados nucleares de 2020 y perspectivas de futuro (con datos de REE).

Figura 4. Estructura de la potencia y de la producción netas por fuentes en el sistema eléctrico español en 2021.

LA ENERGÍA NUCLEAR EN EL CONTEXTO ENERGÉTICO Y POLÍTICO ACTUAL

Desde mediados del año 2021, la reactivación económica tras la pandemia por la Covid-19 ha producido un incremento global en el consumo de materias primas energéticas —especialmente gas natural—, lo que ha llevado desde entonces a una **escalada de precios en los mercados internacionales. Esta situación ha provocado un aumento de los precios en los mercados eléctricos** —el gas natural es el principal combustible para la generación de electricidad en muchos países y/o el que mayoritariamente marca el precio marginal en los así organizados— y estos precios elevados están causando una importante incertidumbre en la economía a nivel mundial.

Este hecho se ha visto agravado desde finales de febrero de 2022 con la invasión de Ucrania por parte de Rusia. De forma general, pero especialmente en Europa, ya no **solamente existe alarma por el extraordinario incremento de los precios**, lo que ha provocado fuertes tensiones inflacionistas, **sino una preocupación aún mayor por la seguridad de suministro en el corto, medio y largo plazo**. Esto se debe a la amenaza de Rusia de reducir, como así ha sido, y de incluso interrumpir de forma completa el abastecimiento de gas natural a la Unión Europea, especialmente a los países del centro y del este de Europa.

Por esta razón, **en mayo de 2022, la Comisión Europea presentó el Plan REPowerEU** como respuesta a las dificultades y perturbaciones que la invasión está causando en el mercado mundial de la energía. Hay una doble urgencia para transformar el sistema energético europeo: **poner fin a la dependencia de la UE con respecto a los combustibles fósiles rusos**, que se utilizan como arma económica y política y cuestan a los contribuyentes europeos casi 100.000 millones de euros al año, y **hacer frente a la crisis climática**.

Entre las medidas incluidas en el Plan REPowerEU están el incremento del ahorro y la eficiencia energética, la diversificación del suministro de materias primas energéticas y el despliegue acelerado de las energías renovables para sustituir a los combustibles fósiles en los hogares, la industria y la producción de electricidad.

El Plan también reconoce que la energía nuclear tendrá un papel importante que jugar en garantizar la seguridad de suministro en los países de la Unión Europea.

Además, durante el primer semestre del año 2022, el Parlamento y la Comisión europeos han coincidido en que **la energía nuclear es una fuente de generación necesaria en la transición energética** —esencial para la regulación, estabilidad y equilibrio de las redes eléctricas y para garantizar la seguridad de suministro— **y la han incluido en los mecanismos de la taxonomía**, lo que se hará efectivo a partir de enero de 2023.

Esto no solo supone un espaldarazo a la energía nuclear, sino un **acceso a una financiación más beneficiosa** tanto para nuevos proyectos como para inversiones para operar a largo plazo los reactores actuales. Esto aplica especialmente a países con una clara apuesta por la energía nuclear como Bélgica, Bulgaria, Eslovaquia, Finlandia, Francia, Hungría, Países Bajos, Polonia, República Checa, Rumanía y Suecia.

En otras regiones del mundo hay también un cada vez mayor interés por la energía nuclear. Así, dos nuevos países —Bielorrusia y Emiratos Árabes Unidos— incorporaron en 2020 la tecnología nuclear a sus sistemas eléctricos con la puesta en servicio de sus primeras unidades, Turquía tiene tres reactores en construcción y otro nuevo país entrante (Egipto) ha comenzado la de su primer reactor nuclear en julio de 2022. Además, Bangladés espera poner en servicio una primera unidad en la central de Rooppur en 2023 y el gobierno de Japón prevé reanudar el funcionamiento de hasta 17 reactores, de tal manera que en el horizonte de 2030 la energía nuclear suponga en torno al 20 % del consumo de electricidad del país. Incluso Alemania ha anunciado que aún mantendrá sus últimos tres reactores en operación, al menos hasta abril de 2023.

Sin embargo, y a pesar de las circunstancias y del planteamiento en los países de nuestro entorno, **el actual Gobierno de España mantiene su postura en cuanto al cumplimiento del calendario de cierre progresivo** de las siete unidades que conforman el parque nuclear de nuestro país entre los años 2027 y 2035.

Generación nuclear

En 2021, la **energía eléctrica neta producida por el parque nuclear español** fue de 54.040 GWh —un 3,1 % inferior a la del 2020—, lo que representó el 20,8 % del total de la producción neta del país, 1,4 puntos porcentuales menos que el año precedente. La producción bruta fue de 56.564,26 GWh —un 2,8 % inferior a la del ejercicio anterior—, ya que seis reactores realizaron parada programada de recarga, algunas de las cuales con una duración bastante mayor a la habitual debido a la Covid-19. La tecnología nuclear lleva más de diez años consecutivos produciendo más del 20 % de la electricidad consumida en España.

La **potencia eléctrica** neta total instalada a 31 de diciembre de 2021 era de 112.801 MW —un incremento del 2,1 % respecto a la misma fecha del año anterior—, de los que 7.117

MW netos —el 6,31 % del total— correspondían a los siete reactores que conforman el parque nuclear. El aumento de 3.501 MW fotovoltaicos compensó ampliamente la disminución del parque de carbón en 1.969 MW.

La contribución en términos de potencia neta instalada y producción eléctrica neta de las diferentes fuentes de energía que constituyen el sistema eléctrico español se muestra en la Figura 4.

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030

En marzo de 2021, el Gobierno de España aprobó el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC), en el que se define un escenario objetivo según

Central	Factor de carga (%)	Factor de operación (%)	Factor de disponibilidad (%)	Factor de indisponibilidad no programada (%)	Producción bruta (GWh)
Almaraz I	87,12	89,04	88,96	0,68	8.008,86
Almaraz II	85,57	88,17	86,91	2,31	7.828,81
Ascó I	81,25	83,71	81,78	7,25	7.348,48
Ascó II	98,72	99,33	99,03	0,85	8.884,33
Cofrentes	87,70	90,03	88,84	1,31	8.389,36
Trillo	84,91	86,47	86,10	5,80	7.929,09
Vandellós II	85,85	88,55	87,39	1,87	8.175,32
Global 2021	87,27	89,30	88,41	2,86	56.564,26
Global 2020	89,94	92,39	91,64	1,58	58.299,03

Fuente: Foro Nuclear.

Tabla 7. Indicadores de funcionamiento del parque nuclear español en 2021.

el cual los siete reactores nucleares permanecerán en funcionamiento hasta el año 2027, reduciéndose la potencia nuclear instalada a aproximadamente la mitad de la actual en el año 2030, quedando tres unidades cuya operación cesará progresivamente hasta el año 2035, según el Protocolo de intenciones acordado en marzo de 2019 entre la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa) y las empresas propietarias de las centrales nucleares, auspiciado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

En este sentido, el 18 de marzo de 2021, el MITECO -mediante la Orden Ministerial TED/308/2021- concedió la **renovación de la autorización de explotación de la central nuclear de Cofrentes** hasta el 30 de noviembre de 2030.

De la misma manera, el 27 de septiembre de 2021 el MITECO aprobó las Órdenes Ministeriales TED/1084/2021 y TED/1085/2021 por las que se concede la **renovación de las autorizaciones de explotación de las unidades I y II de la central nuclear de Ascó** hasta el 2 de octubre de 2030 y el 2 de octubre de 2031, respectivamente.

Agencia Internacional de la Energía. *Spain 2021: Energy Policy Review*

En mayo de 2021, la Agencia Internacional de la Energía (AIE) publicó el informe ***Spain 2021: Energy Policy Review***, en el que hace una completa revisión del sistema energético español y su evolución desde el anterior informe del año 2015.

El informe indica que **España ha desarrollado en los últimos 50 años una estructura eficiente y bien integrada en el ámbito nuclear**, incluyendo los siete reactores actualmente en funcionamiento, una instalación para la fabricación de combustible, soluciones para la gestión de los residuos radiactivos y unos organismos reguladores eficientes.

La AIE hace al Gobierno de España una serie de **recomendaciones específicas** en relación a la energía nuclear, donde debería **vigilar atentamente la situación financiera** de las centrales nucleares para evitar su cierre definitivo imprevisto o repentino -lo que podría deteriorar significativamente la seguridad del suministro de electricidad-, **impulsar** la oportuna implementación de **la estrategia para la gestión final y almacenamiento definitivo del combustible irradiado**, desarrollar proyectos que faciliten la **transmisión efectiva** del

conocimiento y de la experiencia operativa y considerar la **utilidad** de la energía nuclear **para** conseguir una **neutralidad climática** en el horizonte de 2050.

Indicadores de funcionamiento

En los últimos ejercicios, **los indicadores de funcionamiento de las centrales nucleares españolas se encuentran entre los mejores del mundo**, con valores globales en el entorno del 90 %, lo que demuestra su fiabilidad y garantiza el funcionamiento técnico del sistema eléctrico. En la Tabla 7 se presentan los valores correspondientes al ejercicio 2021 y su comparación global con los del año anterior.

Emisiones de CO₂ y cambio climático

El **Acuerdo de París** de diciembre de 2015 de la **Convención Marco sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas COP21**, que entró en vigor en noviembre de 2016, establece mantener el aumento de la temperatura media mundial a final del presente siglo muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, siendo deseable que se mantenga por debajo de 1,5 °C.

Por su parte, en mayo de 2022, **la Comisión Europea presentó el plan REPower EU**, en respuesta a los problemas energéticos creados en Europa por la invasión rusa de Ucrania en febrero de este año, y en el que se expresa una mayor ambición, tanto en la garantía suministro energético -reduciendo la importación de combustibles fósiles desde Rusia- como en la lucha contra la crisis climática. Se mantiene el objetivo de reducir en 2030 las emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55 % en comparación a los niveles del año 1990 y alcanzar un balance neto cero en 2050.

En 2021, según datos de BP, las **emisiones energéticas mundiales de CO₂** rebotaron fuertemente hasta casi los niveles preCovid del año 2019, debido a la recuperación de la economía global. Así, se emitieron un total de 33.884 Mt, con un crecimiento del 5,9 % respecto al año anterior. Entre los mayores países emisores figuran China (con el 31,1 % del total), Estados Unidos (13,9 %), India (7,6 %), Rusia (4,7 %) y Japón (3,1 %). En las distintas regiones del mundo se incrementaron, destacando América del Sur y Central con el 11,1 % y la Comunidad de Estados Independientes con el 7,7 %. En Europa, a pesar de los objetivos de reducción a medio y largo plazo de la Unión Europea se produjo un aumento del 5,4 %.

Los **444 reactores nucleares en funcionamiento en el mundo evitaron** la emisión a la atmósfera de más de 2.000 Mt CO₂, lo que equivale a casi el 6 % del total de las emisiones vertidas a la atmósfera en el año, siendo la nuclear la segunda fuente baja en carbono tras la energía hidráulica.

La **Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas (UNECE)** publicó en noviembre de 2021 el **informe *Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options***, en el que concluye que la energía nuclear produce menos emisiones de CO₂ en su ciclo completo de vida -con un rango de entre 5,1 y 6,4 gramos de CO₂ por cada kWh producido- que cualquier otra fuente de producción de electricidad. Tanto la energía nuclear como las renovables no emiten gases de efecto invernadero en sus procesos de producción de electricidad, pero cada una de las fuentes tiene una huella de carbono en las distintas etapas a lo largo de su ciclo completo de vida: fabricación del combustible, construcción de las instalaciones, plazo de operación y desmantelamiento al final de su vida operativa.

En España, según los datos disponibles del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y de Red Eléctrica de España correspondientes al año 2021, las emisiones brutas totales por cualquier actividad (usos energéticos, procesos industriales, agricultura y residuos) fueron de 275 millones de toneladas de CO₂, un valor similar al del año anterior. En el sector eléctrico se produjeron 35,9 millones de toneladas de CO₂, registrando el mínimo histórico a nivel nacional.

En comparación, el parque nuclear español evita cada año la emisión a la atmósfera de más de 20 millones de toneladas de CO₂, dependiendo del *mix* de generación alternativo para sustituir su producción. En 2021, la producción eléctrica libre de emisiones de CO₂ (nuclear, hidráulica, solar, eólica, turbinación de bombeo y otras renovables) fue del 68,5 % del total, un punto y medio porcentuales más que en el año anterior. **El parque nuclear generó más del 30 % de la electricidad limpia en España.**■