



PANORAMA ENERGÉTICO Y ENERGÍA NUCLEAR A OCTUBRE DE 2018

Este artículo presenta un conjunto de resultados sobre la energía nuclear en el mundo y en España, correspondientes a 2017 y hasta octubre de 2018, junto a una visión general del consumo de energía primaria y eléctrica y del funcionamiento de las centrales nucleares, las emisiones de CO₂ que evitan, la continuidad de su operación, nuevas plantas planificadas y propuestas, etc.

INTRODUCCIÓN

Como ya es tradicional en el número de octubre de NUCLEAR ESPAÑA, este año se presentan en cifras los resultados relativos a la energía, y especialmente a la nuclear, en el mundo y en España, correspondientes a 2017 y hasta octubre de 2018. Se ofrece una visión general del consumo de energía primaria y eléctrica y del papel de las centrales nucleares, su funcionamiento, emisiones que evitan, la continuidad de su operación, nuevas plantas planificadas y propuestas.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

Situación en el mundo

El consumo de energía primaria en el mundo en el bienio 2016-2017, desglosada en las distintas fuentes, se muestra en la Tabla 1.

Según el informe BP Statistical Review of World Energy de junio de 2018, en 2017, el **consumo energético mundial** creció el 1,91%, valor mayor que la media de los últimos 10 años (1,7%). Por **zonas económicas**, destaca el crecimiento del 2,8% en los países no pertenecientes a la OCDE y el 1,3% en los países pertenecientes, frente al 1,6% en los pertenecientes a UE-28. Por **zonas geográficas**, las tasas de mayor incremento se registraron en Oriente Medio, Asia-Pacífico y África, con valores entre el 3,1% y 2,9%. En el cómputo ordenado **por países con mayor peso** en el consumo mundial, destacan con cifras positivas de crecimiento China (3,1%), EE.UU. (0,6%), India (4,6%), Rusia (1,5%) y Japón

(1,4%). En la UE-28, Alemania (2,4%) y reduciendo su consumo Reino Unido y Francia (ambas -0,1%).

En el cómputo mundial, los **mayores consumidores** fueron China con el 23,2% del total y EE.UU. con el 16,5%, seguidos a distancia por India (5,6%), Rusia (5,2%) y Japón (3,4%). En la UE-28 cuyos países acumulan el 12,5% del consumo total, Alemania representa el 2,5%, Francia el 1,8%, Reino Unido el 1,4%, y España el 1,0%. El informe alude a que el crecimiento del consumo energético ha estado liderado por el gas natural y las renovables, observándose una atenuación en la mejora de la eficiencia y un incremento de emisiones de CO₂.

Los **combustibles fósiles** siguieron siendo mayoritarios, con el **85,2% de la demanda** y 1,5% de crecimiento, y un **mix** dominado por el **petróleo**, que representó el 34,2% del total. La demanda de este combustible creció el 1,4%. En los países no pertenecientes a la OCDE ese crecimiento fue del 2,0%; en los pertenecientes del 0,7% y en UE-28 del 1,5%. EE.UU. fue el mayor consumidor mundial con el 19,8% del total, seguido por China con el 13,2%. El **carbón** le sigue en importancia con el 27,6% del consumo global y un crecimiento de 0,7%. En los países no pertenecientes a la OCDE su consumo creció el 1,0%; en los países pertenecientes decreció un 0,5% y en la UE-28 también decreció un 2,2%. China es su mayor consumidor con el 50,7% del total, seguido por India con el 11,4% y EE.UU. con el 8,9%. El consumo de **gas** creció el 2,7% y es-



ANTONIO GONZÁLEZ JIMÉNEZ

Ingeniero de Minas y diplomado en Dirección y Administración de Empresas y director de Estudios y Apoyo Técnico del Foro de la Industria Nuclear Española.



JOSÉ LÓPEZ JIMÉNEZ

Doctor en Física y expresidente de la Comisión de Redacción de la revista Nuclear España de la SNE.



ALFONSO DE LA TORRE FERNÁNDEZ DEL POZO

Ingeniero industrial y presidente de la Comisión de Terminología de la SNE.

ENERGETIC OVERVIEW AND NUCLEAR ENERGY IN OCTOBER 2018

This article shows a general overview about nuclear energy in the world and in Spain in 2017; some results are updated until October 2018. A summary on the primary and electrical energy consumption and the nuclear share in the global and in the Spanish energy mix is also presented. Data on behaviour of nuclear power plants, CO₂ emissions saving, life extension, planned and proposed new nuclear plants, etc., are also included.

Año	Petróleo	Gas natural	Carbón	Nuclear	Hidráulica	Renovables	TOTAL
2016	4.557,3	3.073,2	3.706	591,2	913,3	417,4	13.258,5
2017	4.621,9	3.156	3.731	596,4	918,6	486,8	13.511,2
Δ 2017/2016	1,42 %	2,69 %	0,69 %	0,88 %	0,58 %	16,63 %	1,91 %
Mix 2017	34,2 %	23,4 %	27,6 %	4,4 %	6,8 %	3,6 %	100 %

Datos en Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo).

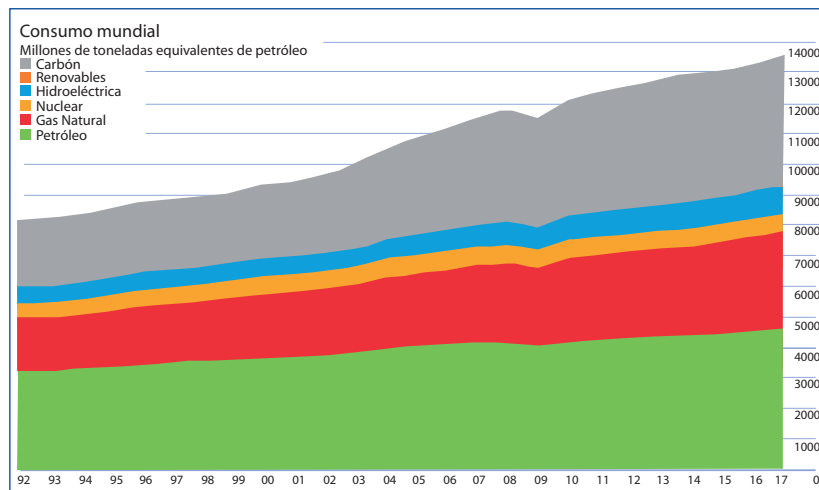
Fuente: BP Statistical Review of World Energy, June 2018 y elaboración propia.

Tabla 1. Consumo de energía primaria en el mundo.

tá liderado por EE.UU. con el 20,1 % del total y Rusia con el 11,6 %. En los países no pertenecientes a la OCDE el consumo creció un 4,1 %; en los países pertenecientes un 1,1 % y en UE-28 un 4,0 %. Hay que destacar la repercusión de la explotación del petróleo y gas de esquistas (*shale gas*), sobre todo en EE.UU. y, en China, el proceso de sustitución del carbón por gas. La **energía nuclear** cubrió el 4,4 % del consumo mundial y creció el 0,9 %.

La **energía hidráulica** creció el 0,6 % y supuso el 6,8 % del consumo mundial, y el **resto de las renovables** (eólica, solar, geotérmica, biomasa), que abastecieron el 3,6 % de la demanda, aumentaron el 16,6 %. Respecto a las renovables, en los países de la OCDE ese crecimiento fue del 12,9 %; en los no pertenecientes a OCDE del 23,5 % y en UE-28 del 11,7 %. La Figura 1 muestra la evolución del consumo acumulado de energía primaria en el período 1992-2017.

El precio medio del barril de petróleo Brent en 2017 se situó en 54,19 dólares, 10,46 dólares más que en 2016, acabando el año en 64,44 dólares. El precio del uranio, en los con-



Fuente: BP Statistical Review of World Energy June 2018.

Figura 1. Evolución del consumo acumulado mundial de energía primaria por fuentes.

tratos de largo plazo, tuvo en 2017 un valor medio de 32 \$/lb U_3O_8 , 7 \$ inferior al del año anterior. Según el último informe de la NEA-OCDE y el OIEA-ONU *Uranium 2016: Resources, Production and Demand*, su abastecimiento cubrirá la demanda del actual parque nuclear mundial más de 135 años, considerando un precio de 260 \$/kg U.

Situación en España

En 2017, el **consumo de energía primaria** en España creció el 3,7 %, hasta la cifra de 128,084 Mtep. En la Tabla 2 se desglosa por las distintas fuentes. Destaca el incremento del carbón con un 27,9 %. En las energías renovables, la gran hidráulica sufrió una disminución del 51,2 % debido

Año	Petróleo	Gas natural	Carbón	Nuclear	Hidráulica	Eólica, solar y geotérmica	Biomasa, biocarburantes y residuos (1)	Saldo Eléctrico (2)	TOTAL
2016	54,6	25,0	10,4	15,3	3,1	7,4	6,9	0,7	123,5
2017	55,7	27,2	13,4	15,1	1,5	7,2	7,1	0,8	128,1
Δ 2017/2016	2,02 %	8,77 %	27,96 %	-0,76 %	-51,20 %	-2,41 %	2,03 %	19,87 %	3,72 %
Mix 2017	43,51 %	21,26 %	10,43 %	11,82 %	1,19 %	5,63 %	5,51 %	0,61 %	100 %

Datos en Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo). (1) Incluye residuos renovables y no renovables. (2) Importación menos exportación de electricidad.

Fuente: Energía 2018 Foro Nuclear y elaboración propia con datos de la Subdirección General de Estudios y Energías Renovables del Minetad.

Tabla 2. Consumo de energía primaria en España.

Año	Petróleo	Gas natural	Carbón	Nuclear	Hidráulica	Eólica, solar y geotérmica	Biomasa, biocarburantes y residuos	TOTAL
2016	0,1	0,05	0,7	15,3	3,1	7,4	6,3	32,9
2017	0,1	0,03	1,01	15,1	1,5	7,2	6,8	31,8
Autoabastecimiento 2017	0,20 %	0,10 %	7,60 %	100 %	100 %	100 %	100 %	25,10 %

Datos en Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo).

Fuente: Energía 2018 Foro Nuclear y elaboración propia con datos de la Subdirección General de Estudios y Energías Renovables del Minetad y otras fuentes.

Tabla 3. Producción de energía primaria en España.



País	En situación de operar durante 2017				En situación de operar a octubre de 2018		En construcción a octubre de 2018		Planificadas a octubre de 2018		Propuestas a octubre de 2018	
	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	8	10.799	72,2	11,6	7	9.515	-	-	-	-	-	-
Arabia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	17.000
Argentina	3	1.632	7,7	4,5	3	1.633	1	25	2	1.950	2	1.300
Armenia	1	375	2,4	32,5	1	375	-	-	1	1.060	-	-
Bangladesh	-	-	-	-	-	-	2	2.160	-	-	-	-
Bélgica	7	5.918	40,2	49,9	7	5.918	-	-	-	-	-	-
Bielorrusia	-	-	-	-	-	-	2	2.220	-	-	2	2.400
Brasil	2	1.884	14,9	2,7	2	1.884	1	1.340	-	-	4	4.000
Bulgaria	2	1.926	14,9	34,3	2	1.926	-	-	-	-	1	1.200
Canadá	19	13.554	95,1	14,6	19	13.554	-	-	2	1.500	-	-
Corea del Norte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	950
Corea del Sur	25	23.070	141,3	27,1	24	22.494	4	5.360	1	1.400	6	8.800
Chile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4.400
China	39	34.514	232,8	3,9	44	40.614	13	13.168	43	50.900	136	154.000
Egipto	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.400	2	2.400
Emiratos A.U.	-	-	-	-	-	-	4	5.380	-	-	10	14.400
Eslovaquia	4	1.814	14	54	4	1.814	2	880	-	-	1	1.200
Eslovenia	1	688	6	39,1	1	688	-	-	-	-	1	1.000
España	7	7.121	55,6	21,2	7	7.121	-	-	-	-	-	-
Estados Unidos	99	99.952	805,7	20	98	99.333	2	2.234	14	3.100	28	30.000
Finlandia	4	2.769	21,6	33,2	4	2.769	1	1.600	1	1.250	-	-
Francia	58	63.130	381,9	71,6	58	63.130	1	1.630	-	-	-	-
Hungría	4	1.889	15,2	50	4	1.889	-	-	2	2.400	-	-
India	22	6.225	20	3,2	22	6.255	7	4.824	14	10.500	28	32.000
Indonesia	-	-	-	-	-	-	-	-	1	30	4	4.000
Irán	1	915	6,4	2,2	1	915	-	-	4	2.200	7	6.300
Israel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.200
Italia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Japón	42	39.752	29,3	3,6	42	39.752	2	2.653	9	12.947	3	4.145
Jordania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.000
Kazajistán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1.800
Lituania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.700
Malasia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.000
México	2	1.552	10,6	6,0	2	1.552	-	-	-	-	3	3.000
Países Bajos	1	482	3,3	2,9	1	482	-	-	-	-	-	-
Pakistán	5	1.318	8,1	6,2	5	1.318	2	2.028	1	1.170	-	-
Polonia	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6.000	-	-
Reino Unido	15	8.918	63,9	19,3	15	8.918	-	-	11	15.600	2	2.300
República Checa	6	3.930	26,8	33,1	6	3.930	-	-	2	2.400	1	1.200
Rumanía	2	1.300	10,64	17,6	2	1.300	-	-	2	1.440	-	-
Rusia	35	26.142	190,1	17,8	37	28.264	6	4.573	25	27.135	22	21.000
Sudáfrica	2	1.860	15,1	6,7	2	1.860	-	-	-	-	8	9.600
Suecia	9	9.102	63,1	39,6	8	8.612	-	-	-	-	-	-
Suiza	5	3.333	19,6	33,4	5	3.333	-	-	-	-	3	4.000
Tailandia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5.000
Taiwán	6	5.052	21,6	9,3	6	5.052	2	2.600	-	-	-	-
Turquía	-	-	-	-	-	-	1	1.114	3	3.600	8	9.500
Ucrania	15	13.107	80,4	55,1	15	13.107	2	2.070	2	1.900	11	12.000
Vietnam	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4.800	6	6.710
TOTAL	451	394.054	2.488	9,7(*)	454	399.307	55	55.859	152	155.682	335	373.823

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

Tabla 4. Producción nuclear en 2017 y a primero de octubre de 2018 (en situación de operar, en construcción, planificadas y propuestas).

a la fuerte sequía. El mix de energía primaria estuvo formado por los combustibles fósiles (75,2%) y, a distancia, por las energías limpias, que sumaron el 24,2%, correspondiendo el 11,82% a la nuclear y el resto a renovables. España tuvo un saldo importador de 0,79 Mtep de energía eléctrica.

La **producción nacional de energía primaria** en 2017 alcanzó los 31,8 Mtep, un 3,2% inferior a la del año anterior. El grado de **autoabastecimiento** fue del 25,1%. Esta producción propia se desglosa en la Tabla 3. La dependencia energética exterior española ascendió al 74,9%, muy por encima de la media de la UE-28 (53,6% en 2016).

IMPLANTACIÓN MUNDIAL DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Parque nuclear y generación nucleoelectrónica en 2017

A finales de 2017 en el mundo había **31 países** con centrales nucleares, con un total de **448 unidades en situación de operar**, dos menos que en el año anterior (que fue de 450, la cifra mayor de la serie histórica), con una potencia instalada neta total de 391.744 MW, 268 MW menos que el año anterior; y **59 reactores en construcción** en 17 países, seis menos que en el año anterior, con una potencia neta total de 60.366 MW.

La **energía eléctrica neta generada** fue de 2.488 TWh, 12 TWh más que el año anterior. Dicha generación representó el 9,7% del total mundial de electricidad. En la UE-28, la participación eléctrica nu-

clear en 2017 fue del 25,5%, igual que el año anterior.

A 31 de diciembre de 2017, la energía eléctrica neta de origen nuclear acumulada desde la conexión a la red del primer reactor nuclear en 1951 era de 77.649 TWh, lo que representa una experiencia global de operación del parque nuclear de 17.418 reactor por año.

Es reseñable que de los 31 países con centrales nucleares, 18 sobrepasaron el 15% de participación eléctrica nuclear y 13 superaron el 25%, destacando Francia (71,6%), Ucrania (55,1%), Eslovaquia (54,0%), Hungría (50,0%) y Bélgica (49,9%); y los países con mayor número de plantas en situación de operar fueron EE.UU. (99 unidades), Francia (58), Japón (42), China (39), Rusia (35), Corea del Sur (25) e India (22).

Durante 2017, cuatro reactores **se conectaron a la red**: uno en Pakistán y tres en China, que totalizan 3.305 MW; cinco **pararon definitivamente** (Alemania, Corea del Sur, Japón, Suecia y España), con una potencia 3.025 MW, y tres unidades **iniciaron su construcción** (India, Bangladesh, Corea del Sur), con 4.254 MW.

A finales de 2017 había 59 unidades (60.366 MW) **en construcción** en 17 países: China (con 19); Rusia (7); India (6); Emiratos Árabes Unidos y Corea del Sur con cuatro cada uno; Bielorrusia, Japón, Pakistán, Eslovaquia, Ucrania y EE.UU. y Taiwán, con dos cada uno, y Argentina, Bangladesh, Brasil, Finlandia y Francia, con una cada uno. Por otra parte,

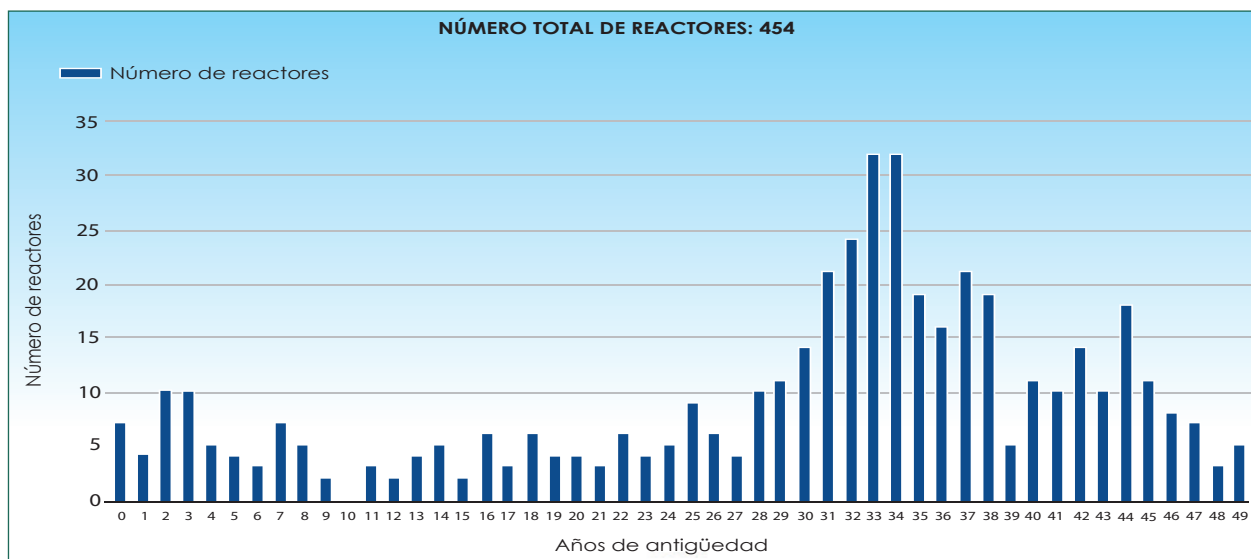
una planta reinició su construcción (Corea del Sur, 1.340 MW), y tres la suspendían, una en Corea del Sur, 1.340 MW y dos en EE.UU., con 1.117 MW cada una.

Desde el año 2000 hasta finales de 2017 la potencia neta total instalada ha aumentado en 40,5 GW y el número de plantas en 13, si bien la energía eléctrica total generada solo ha crecido en 44 TWh debido a la situación en Japón.

Situación a primero de octubre de 2018

En lo que va de año 2018, siete unidades **se han conectado a la red**, cinco en China y dos en Rusia, que suman 8.240 MW; tres **han iniciado su construcción**, una en Turquía, una en Rusia (PWR, 917 MW), y una en Bangladés, con una potencia total de 3.309 MW; una ha **cerrado definitivamente**, EE.UU. (BWR, 619 MW) y cuatro **han vuelto a operación comercial** en Japón (Genkai-3 y 4 y Ohi 3 y 4), con una potencia de 4.508 MW.

Como se muestra en la Tabla 4, el parque mundial a primero de octubre de 2018 cuenta con 454 unidades **en situación de operar** (récord en la serie histórica), seis más que en octubre 2017, con una potencia neta total de 399.307 MW, lo que supone un incremento respecto de la misma fecha del año anterior de 7.563 MW. El número de plantas **en construcción** es de 55 (dos menos que el año anterior), totalizando una potencia neta de 55.859 MW.



Fuente: PRIS-OIEA

Figura 2. Número de centrales nucleares por años de antigüedad a octubre de 2018.



Tipo de central	Unidades	Potencia neta total (MW)	Países
PWR	45	47.416	Argentina (1), Bangladés (2), Bielorrusia (2), Brasil (1), Corea del Sur (4), China (12), EAU (4), Eslovaquia (2), EE.UU. (2), Finlandia (1), Francia (1), India (2), Pakistán (2), Rusia (6), Turquía (1), Ucrania (2)
BWR	4	5.253	Japón (2) y Taiwán (2)
PHWR	4	2.520	India (4)
FBR	1	470	India (1)
HTGR	1	200	China (1)
Total	55	55.859	18 países

Fuente: PRIS-OIEA

Tabla 5. Centrales en construcción en el mundo a primero de octubre de 2018.

Las 454 centrales en situación de operar a primeros de octubre de 2018 se dividen por tipo de central en seis grupos (entre paréntesis el número de unidades):

- PWR (299): incluye los reactores de agua a presión, moderados y refrigerados por agua a presión y los del tipo PWR-VVER.
- BWR (74): reactores de agua en ebullición y los avanzados de origen estadounidense (ABWR).
- PHWR (49): reactores de agua a presión como refrigerante y agua pesada como moderador.
- GCR (14): reactores refrigerados por gas y moderados por grafito de origen británico; incluye el tipo avanzado AGR.
- LWGR (o RBMK) (15): reactores refrigerados por agua en ebullición y moderados por grafito.
- FBR (3): reactores reproductores rápidos refrigerados por sodio.

La Figura 2 muestra el número de centrales por años de operación. Se aprecian dos máximos en el entorno de 34 y 45 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, apreciándose en la actualidad un moderado repunte.

En la Tabla 5 se muestra el número de unidades en construcción por países y tipo de reactor.

Autorización para la continuidad de la operación

Según datos del OIEA, la NRC y el Foro Nuclear, actualmente, en Europa se aplican distintos criterios, que van desde la autorización de **operación indefinida** de Suiza y República Checa, las **autorizaciones adicionales** entre 15 y 30 años de Rusia y entre 20 y 23 en Finlandia, las de 20 años en Hungría, o las más de 40 años de operación, sin especificar, en Suecia, hasta en Holanda y Bélgica, donde se pone

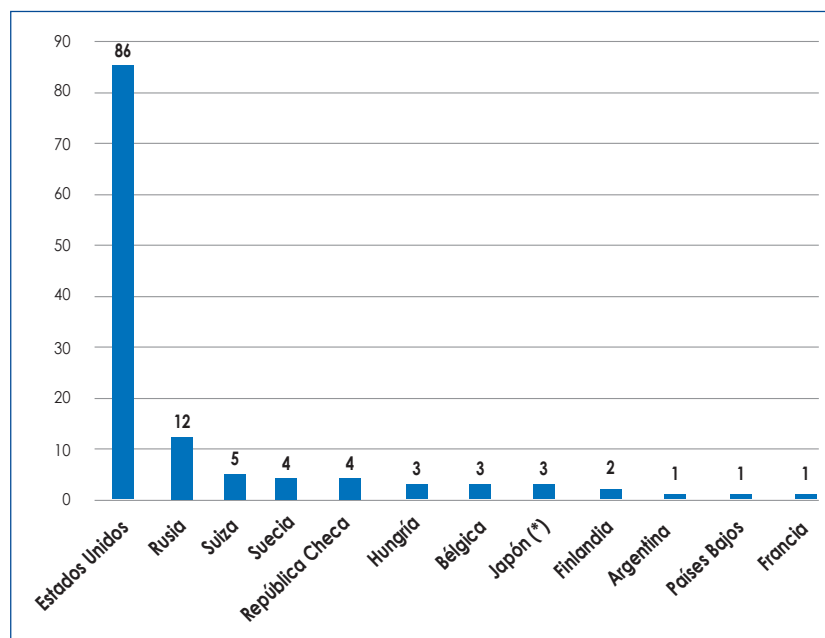
límite a la explotación de sus centrales hasta los años 2033 y 2025, respectivamente. Japón autoriza hasta 60 años de operación. Argentina autoriza hasta 50 años de explotación a una de sus plantas. En EE.UU., 86 de sus 99 plantas en operación han recibido autorización de explotación hasta los 60 años, 9 solicitudes de explotación a largo plazo se encuentran en proceso de revisión y se prevé que 5 plantas lo hagan en un futuro. La Figura 3 resume el estado mundial relativo a la autorización de la operación a largo plazo.

Además, en EE.UU., dos plantas se encuentran en estudio de autorización de explotación de 80 años; 7, de 60 años y 4 han previsto su solicitud de autorización de 60 años.

Cierre de centrales

Desde el inicio de la explotación comercial de las plantas nucleares hasta octubre de 2018, se han parado definitivamente un total de 167 reactores nucleares en 20 países, que totalizan una potencia de 67.082 MW. Sobresalen EE. UU. con 35 unidades, Reino Unido (30), Alemania (29), Japón (18) y Francia (12). Le siguen Canadá y Rusia (6 por país); Suecia (5); Italia, Bulgaria y Ucrania (4 cada uno); España y Eslovaquia (3); Lituania (2) y Armenia, Bélgica, Kazajistán, Corea del Sur, Países Bajos y Suiza (1).

En el caso de España, a las centrales de Vandellós I y José Cabrera, en proceso avanzado de desmantelamiento, se ha añadido la de Santa María de Garoña, cuyo cierre



(*) Estos tres reactores se encuentran parados desde marzo de 2011.

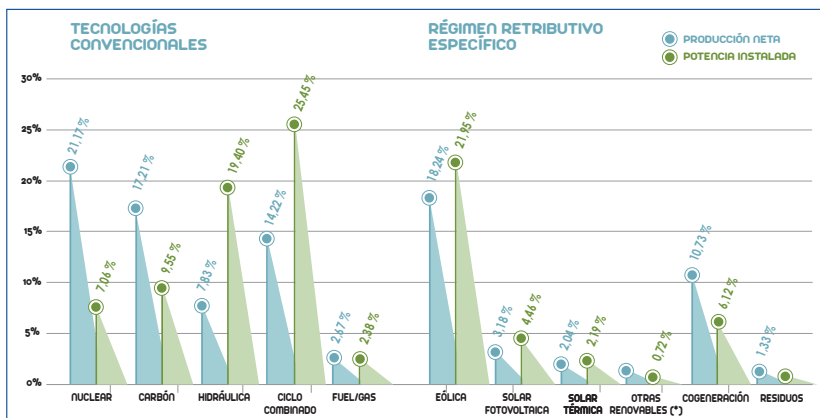
Fuente: Foro Nuclear con datos de PRIS-OIEA, NEA, NRC, Rosatom, ENSI, HAEA, FANC, NRA/Jaif, STUK, SJUB, EPZ y ASN.

Figura 3. Reactores en el mundo con autorización para la continuidad de operación a largo plazo a octubre de 2018.

Año	Núm. de plantas en operación con datos	Factor de carga %	Factor de operación %	Factor de disponibilidad %	Factor de indisponibilidad no programada %
2014	435	73,9	75,8	75,2	3,0
2015	442	73,6	75,7	75,0	3,2
2016	447	73,3	76,3	75,0	4,1
2017	441	73,0	75,2	74,2	4,8
Factores integrales incluidas todas las centrales en operación y paradas desde el inicio de la operación comercial hasta finales de 2017					
MUNDIAL	573	-	77,8	76,7	5,9
ESPAÑA	10	-	85,4	84,6	4,1

Fuente: PRIS-OIEA y elaboración propia

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



(*) Incluye biogás, biomasa, hidroeléctrica, hidráulica marina y geotérmica.
Fuente: Energía 2018 - Foro Nuclear (con datos de Unesa y REE).

Figura 4. Estructura de la potencia y de la producción neta por fuentes en el sistema eléctrico español en 2017.

fue decretado con fecha de 1 de agosto de 2017.

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, se observa una mejora general de los indicadores de funcionamiento de las plantas a escala mundial. En España, los resultados son claramente más favorables que la media mundial, tanto en los valores anuales, como en los integrales, situándose entre los ocho primeros puestos.

Centrales nucleares planificadas y propuestas

De acuerdo con la World Nuclear Association (Tabla 4), actualmente

existen 152 plantas **planificadas** en el mundo, con una potencia bruta total de 155.682 MW y 335 **propuestas** con 373.823 MW. Los países con más expectativas son China (179 unidades entre ambas opciones), Rusia (47), India (42), EE.UU. (42), Arabia Saudita (16), Ucrania (13), Reino Unido (13), Japón (12), Irán (11), Turquía (11), Emiratos Árabes Unidos (10) y Vietnam (10).

En la UE-28, diez países han anunciado la construcción de un total de 32 plantas y siete no prevén nuevas unidades (Alemania, Bélgica, España, Francia, Italia, Países Bajos y Suecia). Por otra parte, a escala mundial, 17 nuevos países desean iniciar sus programas nucleares, totalizando 87 plantas.

Por otra parte, y al margen de los compromisos a largo plazo anteriores contenidos en la Tabla 4, en EE. UU., ocho nuevas plantas han obtenido la licencia combinada, es decir la autorización de la NRC de su construcción y operación.

SITUACIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN ESPAÑA

Según datos de Red Eléctrica de España y Unesa, en 2017, la **produc-**

ción eléctrica neta en España fue de 262.665 GWh, un 0,1 % superior a la del año anterior. Las **tecnologías convencionales** (nuclear, carbón, ciclos combinados y gran hidráulica) representaron el 63,1 % y el denominado **régimen retributivo específico** (eólica, solar fotovoltaica y térmica, biogás, biomasa, hidroeléctrica, hidráulica marina, geotérmica, cogeneración y residuos) supuso el 36,9 % restante. La **demande de energía eléctrica neta** fue de 241.204 GWh, un 1,1 % superior a la de 2016, y aun entre los niveles de los años 2003 y 2004. El saldo eléctrico exterior fue importador de 9.171 GWh, el mayor de la serie histórica.

La **demande máxima del sistema peninsular** alcanzó 41.015 MW, un 10 % por debajo de la máxima histórica alcanzada en 2007. De nuevo, a diferencia de lo que ocurrió en el año 2016, la punta se produjo en periodo invernal (el 18 de enero), alcanzándose en ese día un consumo total de 837 GWh, máximo también del año.

La **potencia eléctrica bruta total instalada** a finales de 2017 era de 105.599 MW, un 0,8 % inferior a la de 2016. La contribución en términos de potencia instalada y producción eléctrica de las diferentes fuentes de energía que constituyen el sistema eléctrico español se muestra en la Figura 4. Destaca la nuclear, que con solo el 7,1 % de la potencia (7.398,7 MW) generó el 21,2 % del total de la energía eléctrica del país.

En 2017, la energía eléctrica neta producida por el parque nuclear español fue de 55.612 GWh, lo que representó el 21,2 % del total de la producción neta del país. La producción bruta fue de 58.108,76 GWh, convirtiéndose la tecnología nuclear un año más en la fuente que más electricidad generó en el sistema eléctrico español.



Central	Factor de carga (%)	Factor de operación (%)	Factor de disponibilidad (%)	Factor de indisponibilidad no programada (%)	Producción bruta (GWh)
Almaraz I	87,55	90,01	88,76	1,31	8.048,06
Almaraz II	97,69	98,82	98,54	0,00	8.937,90
Ascó I	86,73	87,78	86,58	3,32	7.844,39
Ascó II	89,37	90,37	89,58	0,31	8.041,73
Cofrentes	76,73	80,26	78,20	11,11	7.340,07
Trillo	91,35	92,09	91,85	0,07	8.530,71
Vandellós II	98,35	100	99,60	0,09	9.365,91
Total 2017	89,66	91,32	90,43	2,35	58.108,76
Total 2016	90,38	91,62	90,90	0,52	58.578,31

Fuente: UNESA y elaboración propia.

Tabla 7. Indicadores de funcionamiento del parque nuclear español en 2017.

Indicadores de funcionamiento

En la Tabla 7 se presentan los indicadores de funcionamiento de las centrales nucleares españolas durante 2017 y su comparación con los del año anterior. Los factores de carga, operación y disponibilidad del parque nuclear español mantienen **valores próximos al 90%**, por encima de los de la media mundial, que ponen de manifiesto un comportamiento técnico plenamente satisfactorio.

Emisiones de CO₂ y cambio climático

El **Protocolo de Kioto** (1997) para la reducción de gases de efecto invernadero, adoptado por la mayoría de los países industrializados, se marcó como objetivo la reducción mínima del 5,2% de emisiones entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990.

Por otra parte, el **Acuerdo de París**, alcanzado en diciembre de 2015 en la COP21 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, establece mantener el aumento de la temperatura media mundial a final de siglo muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales y promover un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello, debe conseguirse un balance neto cero de emisiones en la segunda mitad del siglo.

Además, el Consejo Europeo aprobó en octubre de 2014 el **Marco de Actuación de la Unión Europea en materia de energía y clima hasta el año 2030**, mediante el que se adquiere el compromiso propio de reducir las emisiones globalmente y de forma vinculante para todos los países miembros en un 40% para el año 2030.

En 2017, según los datos de BP, las **emisiones energéticas mundiales de CO₂** fueron de 33.444 Mt, con un crecimiento del 1,6% respecto al año anterior, a diferencia de los tres años anteriores en los que había sido del 0,1%. Entre los mayores países emisores figuran: China (9.232 Mt), EE.UU. (5.087 Mt), India (2.344 Mt), Rusia (1.525 Mt), Japón (1.176 Mt) y Alemania (764 Mt). España emitió 302 Mt. Se aprecian reducciones en América (0,5% en EE.UU.), Europa (3,8% en Finlandia) y 0,7% en China, aunque aumentos en Oriente Medio (12,7% en Turquía), África y Asia-Pacífico (5,5% en Indonesia).

Los 451 reactores nucleares en funcionamiento en el mundo evitaron la emisión a la atmósfera de más de 2.500 Mt CO₂, lo que equivale al 7,5% del total de las emisiones vertidas a la atmósfera en el año.

En España, según los datos disponibles del Ministerio de Transición Ecológica correspondientes al año 2017, las emisiones brutas totales por cualquier actividad (usos energéticos, procesos industriales, agricultura y residuos) fueron de 339 millones de toneladas de CO₂, representando un incremento del 16,4% respecto al nivel de referencia del año 1990 del Protocolo de Kioto, que nos permitía un incremento máximo del 15%.

El parque nuclear español evita cada año la emisión a la atmósfera de entre 30 y 40 Mt CO₂, dependiendo del mix de generación alternativo para sustituir su producción de electricidad. **En 2017 representó casi el 40% de la electricidad libre de emisiones** generada en el conjunto de nuestro sistema eléctrico, lo que supone más del 10% del total de las emisiones producidas en España en el año. Por consiguiente,

sin esta contribución **las emisiones de CO₂ eq en España serían un 26% superiores** al nivel de referencia del año 1990 del Protocolo de Kioto, porcentaje muy alejado del cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos.

CONSIDERACIONES FINALES

En 2017, el **consumo mundial de energía primaria** creció el 1,91%, alcanzando el 2,8% en la zona no perteneciente a la OCDE, 1,3% en la perteneciente y el 1,6% en la UE-28. En España el incremento fue del 3,7%. Los **combustibles fósiles cubrieron el 85,2%** del consumo mundial manteniendo el petróleo el liderazgo del consumo con el 34,2%. La irrupción de los yacimientos de esquisto está afectando de forma importante el mercado del petróleo y del gas. Las renovables (fotovoltaica, eólica y geotérmica), que supusieron el 3,6% del consumo mundial, crecieron el 16,6%. La mayor utilización del gas natural, la progresiva utilización de las energías renovables junto con la búsqueda de la mejora de la eficiencia energética y la descarbonización de la economía marcan los resultados.

El **parque nuclear mundial** (4,4% del consumo mundial de energía primaria) ha vuelto a un significativo ritmo de crecimiento, pese a la repercusión del accidente de Fukushima. En síntesis, a finales de 2017 y a primero de octubre de 2018 se cuenta en el mundo con 448 y 454 unidades en situación de operar, respectivamente, repartidas en 31 países, lo que marca máximos en la serie histórica. A octubre, son 18 el número de países con plantas en construcción (uno más que el año anterior, Turquía), totalizando 55 unidades; destacan China, India, Rusia, Emiratos Árabes Unidos y Corea

del Sur. Hay que resaltar la política de los países de continuar la operación de sus plantas, especialmente los europeos como Suiza, Bélgica y Holanda, y en Rusia y EE.UU., y la vuelta paulatina a la operación comercial de las plantas en Japón después de Fukushima.

En cuanto al futuro de la energía nuclear, el OIEA estima en la edi-

ción 2017 de su informe *Energy Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050* varios escenarios de crecimiento respecto al año 2016; de entre 12% y 42% en 2030, entre 15% y 83% en 2040 y entre mantenimiento del nivel actual y 123% en 2050. El escenario bajo asume la continuidad del mercado actual y de las tendencias

tecnológicas y de recursos y pocos cambios regulatorios adicionales y políticos que afecten a la energía nuclear globalmente. El escenario alto presenta estimaciones mucho más ambiciosas, aunque posibles y técnicamente factibles, con tasas continuas de crecimiento mundial continuo de la economía y la demanda de electricidad. ■

LA ENERGÍA NUCLEAR, CLAVE PARA LA DESCARBONIZACIÓN

Distintos organismos e instituciones internacionales advierten que el reto del cambio climático y la descarbonización de la economía serán más difíciles y costosos de abordar si no se sigue considerando la energía nuclear en el sistema energético.

El informe *The future of nuclear energy in a carbon-constrained world* del Massachusetts Institute of Technology, de septiembre de 2018, analiza las razones de una ralentización en el crecimiento de la energía nuclear y subraya las medidas que deberían tomarse para detener o invertir esa tendencia, entre las que se incluyen las encaminadas a reducir el coste de construcción de nuevas centrales y la creación de reglas equilibradas que permitan que todas las fuentes de generación bajas en carbono compitan en igualdad de condiciones.

El mundo afronta el reto de reducir de forma drástica las emisiones de gases de efecto invernadero al tiempo que se amplíe el acceso a la energía y el desarrollo económico de miles de millones de personas. El sector eléctrico, que actualmente emite de media cerca de 500 gramos de CO₂ por kWh, se ha identificado como el principal candidato para una profunda descarbonización, con el objetivo de alcanzar valores de 50 gramos de CO₂ por kWh en 2050. No se puede olvidar que el carbón y el gas natural representan, hoy en día, más del 60% de la producción mundial de electricidad.

En la mayor parte de las regiones, satisfacer en 2050 la demanda esperada y reducir las emisiones contaminantes requerirá de una cesta de generación eléctrica muy diferente a la actual. Según el informe, aunque existen diversas fuentes bajas o no emisoras de carbono, sin la contribución de la energía nuclear los costes para alcanzar los objetivos de una profunda descarbonización aumentarán significativamente.

De la misma forma, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), en su informe *Climate Change and Nuclear Power 2018*, indica que -como fuente energética de gran escala libre de CO₂- la energía nuclear tiene un significativo potencial en la contribución a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que posibilitará alcanzar los objetivos establecidos en el Acuerdo de París de diciembre de 2015.

A la producción y uso de la energía corresponden las casi dos terceras partes del total de las emisiones contaminantes, y ello debido al uso masivo de combustibles fósiles. El cumplimiento de los objetivos climáticos hará que en 2050 el 80% de la electricidad tenga que producirse con fuentes bajas en carbono.



En las últimas décadas, la energía nuclear ha evitado gran cantidad de emisiones. Sin su participación, y puesto que las tecnologías fósiles hubieran producido alternativamente la misma cantidad de electricidad, las emisiones de CO₂ hubiesen sido considerablemente mayores. El OIEA estima que se han evitado 68.000 millones de toneladas entre 1970 y 2015.

El informe subraya la importancia de los esfuerzos que ha de realizar la industria nuclear para una mayor contribución de esta energía en la mitigación del cambio climático, incluyendo el progreso en el desarrollo de almacenamientos definitivos para los residuos radiactivos, la construcción de nuevos reactores con sistemas de seguridad pasivos e intrínsecos y que generen menos residuos.

También advierte que si la energía nuclear no juega ese papel en el futuro, quizá no se puedan satisfacer los compromisos medioambientales internacionales, ya que otras tecnologías no puedan cubrir el hueco que se produzca.

Según el OIEA, en un escenario de alto crecimiento habría 511 GWe en 2030 y 748 GWe en 2050 de potencia nuclear instalada, casi un 30% y un 90% de incremento respecto a los 399 GWe actuales.