

PANORAMA ENERGÉTICO Y ENERGÍA NUCLEAR A OCTUBRE DE 2019

Este artículo presenta un conjunto de resultados sobre la energía nuclear en el mundo y en España, correspondientes a 2018 y hasta octubre de 2019, 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, las 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 2018 y hasta octubre de 2019. 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 y las nuevas plantas planificadas y propuestas.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

Situación en el mundo

El consumo de energía primaria en el mundo en el bienio 2017-2018, desglosado en las distintas fuentes, se muestra en la Tabla 1. El consumo ha crecido en 390,3 Mtep con el protagonismo de los combustibles fósiles (276,3 Mtep) y el liderazgo absoluto del gas natural (167,5 Mtep) seguido por las renovables (71,1 Mtep), hidráulica (28,9 Mtep) y nuclear (14,2 Mtep).

Según el informe *BP Statistical Review of World Energy* de junio de 2019, en 2018, el **consumo energético mundial** creció el 2,90%, casi el doble de la media de los últimos 10 años (1,5%). Por **zonas económicas**, destaca el crecimiento del 3,9% en los países no pertenecientes a la OCDE y el 1,5% en los países pertenecientes, frente al decrecimiento del 0,2% en los pertenecientes a UE-28. Por **zonas geográficas**, las tasas de mayor incremento se regis-

traron en la Comunidad de Estados Independientes (CEI, en inglés CIS), Asia-Pacífico y África, con valores entre el 4,4% y el 2,9%. En el cómputo ordenado **por países con mayor peso** en el consumo mundial, destacan, con cifras positivas de crecimiento, China (4,3%), EE.UU. (3,5%), India (7,9%), Rusia (3,8%) y el 0,2% de decrecimiento de Japón. En UE-28, redujeron su consumo Alemania (3,0%), Francia (2,2%) y Reino Unido (0,5%) y en España creció el 1,8%.

En el cómputo mundial, los **mayores consumidores** fueron China con el 23,6% del total y EE.UU. con el 16,6%, seguidos a distancia por India (5,8%), Rusia (5,2%) y Japón (3,3%). En la UE-28, cuyos países acumulan el 12,2% del consumo total, Alemania representa el 2,3%, Francia el 1,7%, Reino Unido el 1,4%, y España el 1,0%.

Los **combustibles fósiles** siguieron siendo mayoritarios, con el **84,7% de la demanda y 2,4% de crecimiento**, y un *mix* dominado por el **petróleo**, que representó el 33,6% del total. La demanda de este combustible creció el 1,2%. En los países no pertenecientes a la OCDE ese crecimiento fue del 1,9%; en los pertenecientes del 0,4% y en UE-28 decreció (0,4%). EE.UU. fue el mayor consumidor mundial con el 19,7% del total, seguido por China con el 13,8% y Japón (3,9%). El **carbón** le sigue en importancia con el 27,2% del consumo global y un crecimiento de 1,4%. En los países no pertenecientes a la OCDE, su consumo creció el 3,0%, mientras decreció en los países pertenecientes (3,5%)



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.



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.



GONZALO JIMÉNEZ VARAS

Licenciado en Física, máster en Generación Eléctrica, máster y doctorado en Ciencia y Tecnología Nuclear y profesor contratado doctor en el área de ingeniería nuclear de la ETSII de la UPM.

ENERGETIC OVERVIEW AND NUCLEAR ENERGY IN OCTOBER 2019

This article shows a general overview about nuclear energy in the world and in Spain in 2018; some results are updated until October 2019. 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.

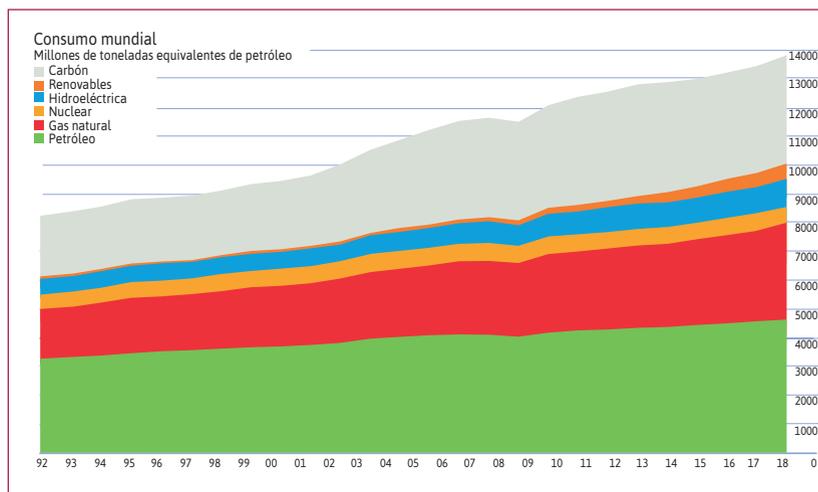
Año	Petróleo	Gas natural	Carbón	Nuclear	Hidráulica	Renovables	TOTAL
2017	4.607,0	3.141,9	3.718,4	597,1	919,9	490,2	13.474,6
2018	4.662,1	3.309,4	3.772,1	611,3	948,8	561,3	13.864,9
Δ 2018/2017	1,20 %	5,33 %	1,44 %	2,38 %	3,14 %	14,50 %	2,90 %
Mix 2018	33,6 %	23,9 %	27,2 %	4,4 %	6,8 %	4,0 %	100 %

Datos en Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo).
Fuente: BP Statistical Review of World Energy, June 2019 y elaboración propia.

Tabla 1. Consumo de energía primaria en el mundo.

y en la UE-28 (5,0%). China es su mayor consumidor con el 50,5% del total, seguido por India con el 12,0% y EE.UU. con el 8,4%. El consumo de **gas**, que supone el 23,4% del consumo mundial, creció el 5,3% y está liderado por EE.UU. (21,2%), Rusia (11,8%) y China (7,4%). En los países no pertenecientes a la OCDE, el consumo creció un 5,7%; en los países pertenecientes un 4,9% y en UE-28 decreció (1,6%). Hay que destacar la repercusión de la explotación del petróleo y gas de esquistos (*shale gas*), sobre todo en EE.UU. y, en China, el proceso de sustitución del carbón por gas de su política medioambiental, junto con el crecimiento de su actividad industrial. La **energía nuclear** cubrió el 4,4% del consumo mundial y creció el 2,4%.

La **energía hidráulica** creció el 3,1% y supuso el 6,8% del consumo mundial, y el **resto de las renovables** (eólica, solar, geotérmica, biomasa), que abastecieron el 4% de la demanda, aumentaron el 14,5%. Respecto a las renovables, en los países de la OCDE ese crecimiento fue del 8,6%; en los no pertenecientes a OCDE del 24,1% y en UE-28 del 4,8%.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy June 2019.

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

La Figura 1 muestra la evolución del consumo acumulado de energía primaria en el periodo 1993-2018.

El precio medio del barril de petróleo Brent en 2018 se situó en 71,31 dólares, 17,12 dólares más que en 2017, acabando el año en 54,16 dólares. El precio del **uranio**, en los contratos de largo plazo, tuvo en

2018 un valor medio de 30,5 \$/lb U₃O₈, 1,5 \$ inferior al del año anterior. Según el último informe de la NEA-OCDE y el OIEA-ONU *Uranium 2018: Resources, Production and Demand*, su abastecimiento cubrirá la demanda del actual parque nuclear mundial en casi 100 años, considerando un precio de 130 \$/kg U.

Año	Petróleo	Gas natural	Carbón	Nuclear	Hidráulica	Eólica, solar y geotérmica	Biomasa, biocarburantes y residuos (1)	Saldo eléctrico (2)	TOTAL (3)
2017	56,5	27,4	12,9	15,2	1,6	7,5	8,1	0,8	130,7
2018	58,0	27,3	11,1	14,6	2,8	7,4	7,7	1	129,4
Δ 2018/2017	2,80 %	-0,41 %	-13,90 %	-4,09 %	78,63 %	-0,54 %	-4,59 %	21,04 %	-1,04 %
Mix 2018	44,9 %	21,1 %	8,6 %	11,3 %	2,2 %	5,7 %	5,9 %	0,7 %	100 %

Datos en Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo). (1) Incluye solo residuos renovables. (2) Importación menos exportación de electricidad. (3) Incluye los ajustes de residuos no renovables y otros que fueron 0,719 Mtep en 2017 y -0,695 Mtep en 2018.
Fuente: Energía 2019 Foro Nuclear y elaboración propia con datos de la Subdirección General de Estudios y Energías Renovables del Miteco.

Tabla 2. Consumo de energía primaria en España.

Año	Petróleo	Gas natural	Carbón	Nuclear	Hidráulica	Eólica, solar y geotérmica	Biomasa, biocarburantes y residuos	TOTAL
2017	0,123	0,031	1,124	15,242	1,582	7,467	7,847	33,415
2018	0,089	0,083	0,994	14,619	2,826	7,427	7,487	33,525
Autoabastecimiento 2018	0,20 %	0,30 %	8,90 %	100 %	100 %	100 %	96,90 %	25,90 %

Datos en Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo).
Fuente: Energía 2019 Foro Nuclear y elaboración propia con datos de Enerclub, Carbuñión y Cores.

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



País	En operación a lo largo de 2018				En operación a octubre de 2019		En construcción a octubre de 2019		Planificadas a octubre de 2019		Propuestas a octubre de 2019	
	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	7	9.515	71,9	11,7	7	9.515	-	-	-	-	-	-
Arabia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	17.000
Argentina	3	1.632	6,5	4,7	3	1.633	1	25	1	1.150	2	1.350
Armenia	1	375	1,9	25,6	1	375	-	-	-	-	1	1.060
Bangladés	-	-	-	-	-	-	2	2.160	-	-	2	2.400
Bélgica	7	5.918	27,3	39,0	7	5.918	-	-	-	-	-	-
Bielorrusia	-	-	-	-	-	-	2	2.220	-	-	2	2.400
Brasil	2	1.884	14,8	2,7	2	1.884	1	1.340	-	-	4	4.000
Bulgaria	2	1.966	15,5	34,7	2	1.966	-	-	1	1.000	1	1.000
Canadá	19	13.554	94,5	14,9	19	13.554	-	-	-	-	2	1.500
Corea del Sur	24	22.444	127,1	27,1	25	23.784	4	5.360	-	-	2	2.800
China	46	42.458	277,1	4,2	48	45.518	9	8.322	43	50.900	170	199.610
Egipto	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4.800	-	-
Emiratos A.U.	-	-	-	-	-	-	4	5.380	-	-	-	-
Eslovaquia	4	1.814	13,8	55,0	4	1.814	2	880	-	-	1	1.200
Eslovenia	1	688	5,5	35,9	1	688	-	-	-	-	1	1.000
España	7	7.121	53,4	20,4	7	7.121	-	-	-	-	-	-
Estados Unidos	99	99.680	808,0	19,3	96	97.565	2	2.234	3	2.500	18	18.996
Finlandia	4	2.784	21,9	32,4	4	2.784	1	1.600	1	1.250	-	-
Francia	58	63.130	396,0	71,7	58	63.130	1	1.630	-	-	-	-
Hungría	4	1.902	14,9	50,6	4	1.902	-	-	2	2.400	-	-
India	22	6.255	35,4	3,1	22	6.255	7	4.824	14	10.500	28	32.000
Irán	1	915	6,3	2,1	1	915	-	-	2	2.114	5	2.760
Japón	42	39.752	49,3	6,2	37	35.947	2	2.653	1	1.385	8	11.562
Jordania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.000
Kazajistán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	600
Lituania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.700
Méjico	2	1.552	13,2	5,3	2	1.552	-	-	-	-	3	3.000
Países Bajos	1	482	3,3	3,0	1	482	-	-	-	-	-	-
Pakistán	5	1.318	9,3	6,8	5	1.318	2	2.028	1	1.170	-	-
Polonia	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6.000	-	-
Reino Unido	15	8.923	59,1	17,7	15	8.923	1	1.630	3	5.060	6	7.820
República Checa	6	3.930	28,3	34,5	6	3.932	-	-	2	2.400	2	2.400
Rumanía	2	1.300	10,5	17,2	2	1.300	-	-	2	1.440	1	720
Rusia	37	28.117	191,3	17,9	36	28.355	6	4.589	24	25.810	22	21.000
Sudáfrica	2	1.860	10,6	4,7	2	1.860	-	-	-	-	8	9.600
Suecia	8	8.613	65,9	40,3	8	8.613	-	-	-	-	-	-
Suiza	5	3.333	24,5	37,7	5	3.333	-	-	-	-	-	-
Tailandia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.000
Taiwán	6	5.052	26,7	11,4	4	3.844	2	2.600	-	-	-	-
Turquía	-	-	-	-	-	-	1	1.114	3	3.600	8	9.500
Ucrania	15	13.107	79,5	53,0	15	13.107	2	2.070	2	1.900	2	2.400
Uzbekistán	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.400	2	2.400
TOTAL	457	401.837	2.562,8	9,6 (1)	449	398.887	52	52.659	111	121.829	330	360.782

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

Tabla 4. Reactores nucleares en el mundo en 2018 y a primero de octubre de 2019 (en operación, en construcción, planificadas y propuestas).

Situación en España

En 2018, el **consumo de energía primaria** en España disminuyó el 1,04 %, hasta la cifra de 129,373 Mtep. En la Tabla 2 se desglosa por las distintas fuentes. Destaca el incremento de la hidráulica con un 78,63 % por la favorable meteorología tras la sequía del año 2017. El **mix** de energía primaria consumido estuvo formado por los combustibles fósiles (74,6 %) y, a distancia, por las energías limpias, que sumaron el 19,2 %, correspondiendo el 11,3 % a la nuclear y el 7,9 % restante a fotovoltaica y eólica. España tuvo un saldo importador de 0,955 Mtep de energía eléctrica.

La **producción nacional de energía primaria** en 2018 alcanzó los 33,525 Mtep, un 0,3 % superior a la del año anterior. El grado de **autoabastecimiento** fue del 25,9 %. Esta producción propia se desglosa en la Tabla 3. La dependencia energética exterior española ascendió al 74,1 %, muy por encima de la media de la UE-28 (55,1 % en 2017).

IMPLANTACIÓN MUNDIAL DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Parque nuclear y generación nucleoelectrónica en 2018

A 31 de diciembre de 2018 en el mundo había **31 países** con centrales nucleares, con un total de **450 unidades en operación** (récord en la serie histórica), dos más que en el año anterior, con una potencia instalada neta total de 396,41 GW, 4,69 GW más que el año anterior; y 55 reactores **en construcción**, en 19

países, cuatro menos que en el año anterior, con una potencia neta total de 56,64 GW.

La **energía eléctrica neta generada** fue de 2.563 TWh, 59,9 TWh más que en el año anterior. Dicha generación representó el 9,6 % del total mundial de electricidad. En la UE-28, la participación eléctrica nuclear en 2018 fue del 25,7 %.

A 31 de diciembre de 2018, la energía eléctrica neta de origen nuclear acumulada desde la conexión a la red del primer reactor nuclear en 1951 era de 80.212 TWh, lo que representa una experiencia global de operación del parque nuclear de 17.900 reactor x 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 (71,7 %), Eslovaquia (55,0 %), Ucrania (53,0 %), Hungría (50,6 %), Suecia (40,3 %) y Bélgica (39,0 %); y los países con mayor número de plantas en operación fueron EE.UU. (99 unidades), Francia (58), China (46), Japón (42), Rusia (37), Corea del Sur (24) e India (22).

Durante 2018, nueve reactores **se conectaron a la red**: siete en China, que totalizan 8.304 MW, y dos en Rusia (2.098 MW); siete pararon **definitivamente** (Taiwán, Japón (4), Rusia, EE.UU.), con una potencia total de 1.471 MW, y cinco unidades **iniciaron su construcción** (Turquía, Reino Unido, Rusia, Bangladés y Corea del Sur), con 6.279 MW. Además, en 2018 cuatro unidades **volvieron a conectarse a la red en Japón** desde

el accidente de Fukushima, que se unen a las cinco de los tres años anteriores.

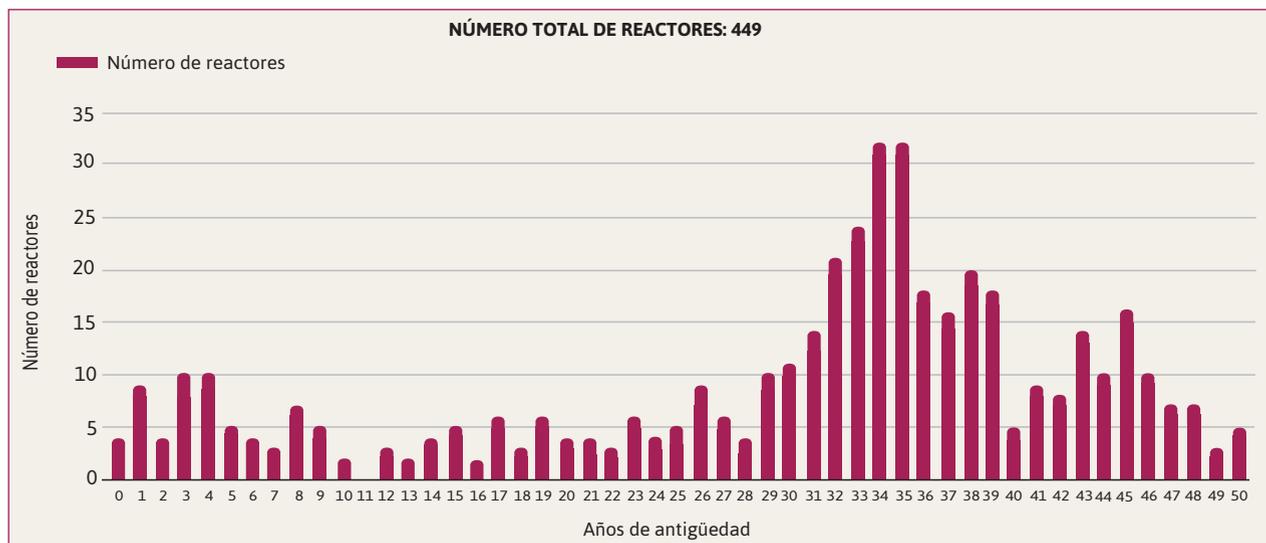
A finales de 2018 había 55 unidades en **construcción** (56.643 MW) en 19 países: China (con 11); India (7); Rusia (6); Corea del Sur (5), Emiratos Árabes Unidos (4), Bangladés, Bielorrusia, Japón, Pakistán, Eslovaquia, Ucrania y EE.UU. y Taiwán, con dos cada uno, y Argentina, Brasil, Finlandia, Francia, Turquía y Reino Unido, con una cada uno.

Desde el año 2000 hasta finales de 2018, la potencia neta total instalada ha aumentado en 46,4 GW, el número de plantas en diecinueve, y la energía eléctrica generada ha crecido en 119 TWh.

Situación a primero de octubre de 2019

En lo que va de año 2019, cuatro unidades se han **conectado a la red**, dos en China, una en Rusia y otra en Corea del Sur, que suman 5.114 MW; una ha **iniciado su construcción** en Rusia (PWR, 1.115 MW); y cinco han **cerrado definitivamente**: Rusia (LWGR, 11 MW), Taiwán (BWR, 520 MW), Japón (PWR, 529 MW), EE.UU. (BWR, 677 MW y PWR, 819 MW).

Como se muestra en la Tabla 4, el parque mundial a primero de octubre de 2019 cuenta con 449 unidades **en operación**, cinco menos que en octubre 2018, con una potencia neta total de 398.887 MW, lo que supone una disminución respecto de la misma fecha del año anterior de 420 MW. El número de plantas **en construcción** es de 52 (tres menos



Fuente: PRIS-OIEA

Figura 2. Número de reactores nucleares por años de antigüedad a octubre de 2019.



Tipo de central	Unidades	Potencia neta total (MW)	Países
PWR	42	44.216	Argentina (1), Bangladés (2), Bielorrusia (2), Brasil (1), Corea del Sur (4), China (8), Emiratos Árabes Unidos (4), Eslovaquia (2), EE.UU. (2), Finlandia (1), Francia (1), India (2), Pakistán (2), Rusia (6), Turquía (1), Ucrania (2), Reino Unido (1)
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	52	52.659	19 países

Fuente: PRIS-OIEA

Tabla 5. Centrales en construcción en el mundo a primero de octubre de 2019.

que el año anterior) en diecinueve países, totalizando una potencia neta de 52.659 MW.

Las 449 centrales en operación se dividen por tipo de central en seis grupos (entre paréntesis el número de unidades):

- PWR (300 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 286.209 MW.
- BWR (70): reactores de agua en ebullición y los avanzados de origen estadounidense (ABWR) (con 69.713 MW).
- PHWR (49): reactores de agua a presión como refrigerante y agua pesada como moderador (con 24.557 MW).
- GCR (14): reactores refrigerados por gas y moderados por grafito de origen británico; incluye el tipo avanzado AGR (con 7.725 MW).
- LWGR (o RBMK) (13): reactores refrigerados por agua en ebullición y moderados por grafito (con 9.283 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 44 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.

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,

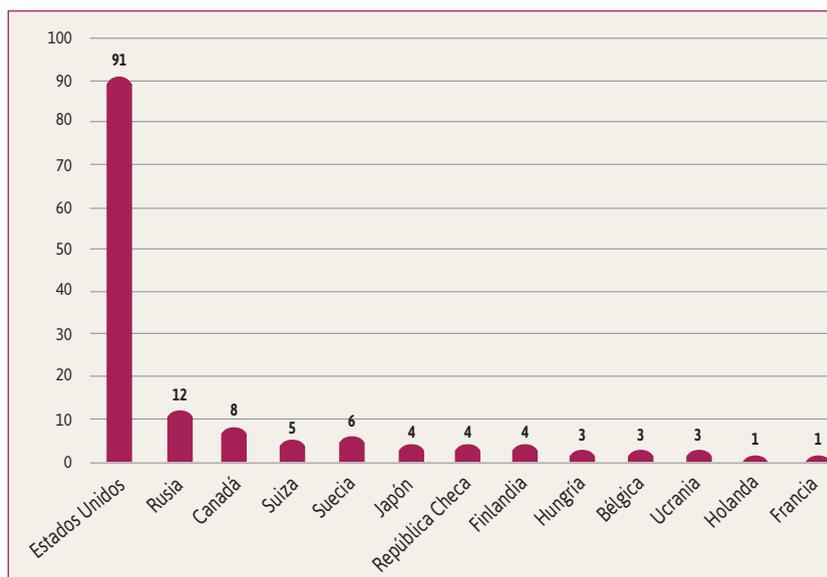
como: la autorización de operación indefinida de Suiza y República Checa, las autorizaciones adicionales entre 15 y 30 años de Rusia y entre 20 y 23 o hasta 2038 en Finlandia, las de 20 años en Hungría, o las más de 40 años de operación, sin especificar, en Suecia; así como en Holanda y Bélgica, donde se pone límite a la explotación de sus centrales hasta los años 2033 y 2022, respectivamente, o Canadá, hasta 2028. Japón autoriza hasta 60 años de operación, y Argentina hasta 50 años a una de sus plantas. En EE.UU., 91 plantas en operación han recibido autorización hasta los 60 años de explotación; seis se encuentran en estudio de autorización de explotación de 80 años y dos en previsión de la misma autorización; además, cuatro han previsto su solicitud de autorización de 60 años. La Figura 3 resume el estado mundial relativo a la autorización de la continuidad de la operación.

Cierre de centrales

Desde el inicio de la explotación comercial de las plantas nucleares hasta octubre de 2019, se han parado definitivamente un total de 178 reactores nucleares en 20 países, que totalizan una potencia de 74.527 MW. Sobresalen EE.UU., con 37 unidades, Reino Unido (30), Alemania (29), Japón (23) y Francia (12). Le siguen Rusia (8), Canadá (6), 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).

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



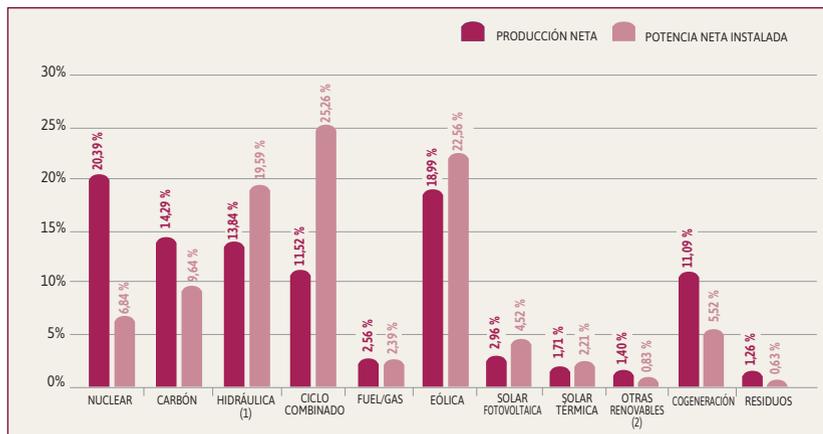
Fuente: Foro Nuclear con datos de PRIS-OIEA, NEA, NRC, Rosatom, CNSC, ENSI, SSM, HAEA, FANC, NRA/Jaif, STUK, SJUB, SNRC, EPZ y ASN.

Figura 3. Centrales en el mundo con autorización de explotación para la continuidad de su operación a primero de octubre de 2019.

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
Factores integrales incluidas todas las centrales en operación y paradas desde el inicio de la operación comercial hasta finales de 2018					
MUNDIAL	581	-	77,7	76,7	5,8
ESPAÑA	10	-	85,5	84,6	4,1

Fuente: PRIS-OIEA y elaboración propia

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



(1) Incluye turbinación de bombeo.

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

Fuente: Resultados nucleares de 2018 y perspectivas de futuro - Foro Nuclear (con datos de REE y AELEC).

Figura 4. Estructura de la potencia y de la producción netas por fuentes en el sistema eléctrico español en 2018.

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 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 111 plantas **planificadas** en el mundo, con una potencia bruta total de 121.829 MW y 330 **propuestas** con 360.782 MW. Los países con más expectativas son China (213 unidades entre ambas opciones), Rusia (46), India (42), EE.UU. (21), Arabia Saudita (16), Turquía (11), Reino Unido (9), Japón (9) e Irán (7).

En la UE-28, diez países han anunciado la construcción de un total de 31 plantas y seis no prevén nuevas unidades (Alemania, Bélgica, España, Francia, Países Bajos y Suecia). Por otra parte, a escala mundial, once nuevos países (Arabia Saudita, Bangladés, Bielorrusia, Egipto, Jordania, Kazajistán, Lituania, Polonia, Tailandia, Turquía y Uzbekistán) desean iniciar sus programas nucleares, totalizando 52 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 para su construcción y operación.

SITUACIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN ESPAÑA

Según datos de Red Eléctrica de España y AELEC, en 2018, la **producción eléctrica neta** en España fue de 260.906 GWh, un 0,5% inferior a la del año anterior. Las **tecnologías convencionales** (nuclear, carbón, ciclos combinados y gran hidráulica) representaron el 62,6%, con una

disminución del 1,2% respecto al año anterior, mientras que **el resto de tecnologías** (eólica, solar fotovoltaica y térmica, biogás, biomasa, hidroeléctrica, hidráulica marina, geotérmica, cogeneración y residuos), con un aumento del 0,6%, supusieron el 37,4% restante. La **demanda de energía eléctrica neta** fue de 243.156 GWh, un 0,4% superior a la de 2017, y aun entre los niveles de los años 2004 y 2005. El saldo eléctrico exterior fue importador de 11.102 GWh, el mayor de la serie histórica.

La **demanda máxima del sistema peninsular** alcanzó 40.611 MW, un 10% por debajo de la máxima histórica alcanzada en diciembre de 2007, en **periodo invernal** el 8 de febrero. Ese mismo día se alcanzó un consumo total de 836 GWh, máximo también del año.

En 2018, la **energía eléctrica neta producida por el parque nuclear español** fue de 53.198 GWh, lo que representó el 20,39% del total de la producción neta del país. La producción bruta fue de 55.670,44 GWh, convirtiéndose la tecnología nuclear un año más en la fuente que más electricidad generó en el sistema eléctrico español.

La **potencia eléctrica neta total instalada** a finales de 2018 era de 104.053 MW, de los que 7.117 MW netos –el 6,84% del total– corresponden a los siete reactores que conforman el parque nuclear. 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.

Hay que destacar que **en febrero de 2019 el Gobierno de España presentó el borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030**, en el que se define un escenario objetivo para 2030 que contempla el funcionamiento de únicamente tres centrales nucleares más allá de ese año. Las solicitudes



Central	Factor de carga (%)	Factor de operación (%)	Factor de disponibilidad (%)	Factor de indisponibilidad no programada (%)	Producción bruta (GWh)
Almaraz I	88,56	90,57	89,96	0,03	8.141,11
Almaraz II	89,37	90,96	90,39	0,00	8.176,54
Ascó I	87,42	88,11	87,26	2,44	7.907,08
Ascó II	97,92	97,96	97,35	2,53	8.811,55
Cofrentes	95,65	96,31	95,00	4,58	9.150,28
Trillo	88,53	89,51	89,28	0,11	8.267,25
Vandellós II	54,78	56,87	55,73	18,95	5.216,64
Total 2018	85,89	87,05	86,29	4,17	55.670,44
Total 2017	89,66	91,32	90,43	2,35	58.108,76

Fuente: Foro Nuclear.

Tabla 7. Indicadores de funcionamiento del parque nuclear español en 2018.

de renovación presentadas ya en 2019, y las que se prevén presentar a continuación, son congruentes con ese escenario.

En este sentido, **se ha procedido a presentar la solicitud de la renovación de las autorizaciones de explotación actualmente vigentes de**

las centrales Almaraz I y II y Vandellós II. El día 22 de marzo de 2019 la Asamblea de Socios de Centrales Nucleares Almaraz-Trillo, A.I.E. acordó solicitar la renovación de la autorización de explotación de la Unidad I de la central nuclear de Almaraz hasta el 1 noviembre de 2027 y de

la Unidad II hasta el 31 de octubre de 2028. De la misma manera, la Asociación Nuclear Ascó-Vandellós II, A.I.E. presentó el día 27 de marzo la correspondiente solicitud de renovación de la autorización de explotación de la central nuclear Vandellós II hasta julio de 2030.

HITOS DESTACADOS DEL ÚLTIMO CURSO

Muchos eventos han acaecido en la industria nuclear desde septiembre de 2018: varios temas han solicitado recurrentemente nuestra atención. Sirvan estas líneas como **breve síntesis de los hechos más notables.**

Como hito más relevante, se puede destacar la **puesta en marcha de los primeros reactores de Generación III/III+** desde que la primera unidad APR-1400 (Shin-Kori 3) se conectara a la red en Corea del Sur en 2016. Los reactores de Generación III/III+ son una evolución en términos de seguridad y operabilidad de los reactores de Generación II, los cuales componen la mayoría del parque de reactores actualmente en operación. Algunos de los diseños, denominados como Generación III, han optado por incrementar la seguridad gracias a un mayor grado de redundancia en los sistemas de seguridad, mientras que los denominados de Generación III+ han optado por la sustitución de sistemas de seguridad activos (es decir, que necesitan corriente eléctrica alterna para funcionar) por sistemas pasivos basados en la fuerza de la gravedad. Ejemplos de reactores de Generación III son el EPR de Framatome o el APR1400 de Kepco y de reactores de Generación III+ son el AP1000 de Westinghouse o el ESBWR de General Electric.

Cuatro reactores nucleares del tipo AP1000 fueron conectándose a la red desde septiembre de 2018 (Sanmen 1) hasta enero de 2019 (Haiyang 2), siendo los primeros reactores de este diseño en ponerse en marcha. A la par, en diciembre de 2018, el primer reactor EPR entró en operación comercial, Taishan 1, y diez meses después la segunda unidad, Taishan 2.

En Estados Unidos, la construcción de los AP1000 de Vogtle avanza de forma firme. El reactor EPR de Olkiluoto 3, en construcción desde 2005, ha anunciado este pasado verano otro retraso en su puesta en marcha, prevista ahora para julio de 2020. Por otra parte, el reactor EPR de Flamanville ha anunciado recientemente sobrecostes por 1.500 millones de euros. Los reactores EPR de Hinkley Point C en Reino Unido

continúan su construcción en plazo y tiempo. Por último, el reactor coreano APR1400, cuyo diseño ha sido muy recientemente aprobado en Estados Unidos, ha puesto su segunda unidad en marcha en Shin Kori 4 y está realizando las pruebas de puesta en marcha en al menos tres de las cuatro unidades de Barakah, en Emiratos Árabes.

Como otro tema destacado, el **desarrollo de los reactores modulares (SMR)** ha alcanzado hitos históricos, sobre todo en Estados Unidos. Los reactores modulares son reactores nucleares de menor potencia que las centrales nucleares convencionales y que están diseñados para poder instalarse y construirse de forma modular. Permiten aplicaciones hasta ahora no demasiado utilizadas por los reactores convencionales, como la cogeneración o la calefacción de distrito. Su tamaño les permite ser instalados en redes eléctricas de menor tamaño o dotar de energía a lugares remotos.

Dentro de los diseños de reactores modulares, el diseño más maduro es probablemente el reactor modular estadounidense NuScale, cuya primigenia idea fue concebida en la Universidad de Oregon State y que entró en fase de diseño del proceso de fabricación hace exactamente un año, de la mano de la compañía BWXT. Dicho reactor ha recibido expresiones de interés de países como Jordania, República Checa, Estonia o Rumania. Muy recientemente (septiembre de 2019), un consorcio francés formado por CEA, EDF, Naval Group y TechnicAtome ha anunciado el desarrollo de un modelo propio de SMR llamado Nuward. Por último, el reactor modular ARC-100 ha superado la primera fase de licenciamiento en Canadá.

Como se puede comprobar en este breve pero intenso recorrido por este último curso, **el desarrollo de la energía nuclear, pese a algunas dificultades innegables, continúa imparable en economías de indudable protagonismo futuro, ayudando a la consolidación de esta fuente energética para conseguir un futuro más libre de CO₂.**



Indicadores de funcionamiento

En la Tabla 7 se presentan los indicadores de funcionamiento de las centrales nucleares españolas durante 2018 y su comparación global con los del año anterior. Los factores de carga, operación y disponibilidad del parque nuclear español mantienen **valores próximos al 90%**, ligeramente inferiores a los del año anterior y por encima de la media mundial, que ponen de manifiesto un comportamiento técnico plenamente satisfactorio.

Emisiones de CO₂ y cambio climático

El **Acuerdo de París** de diciembre de 2015 de la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las

Naciones Unidas COP21, que entró en vigor en noviembre de 2016, 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.

La **Comisión Europea**, en su estrategia *A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy* de noviembre de 2018, establece alcanzar una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

en la Unión Europea de entre el 80% y el 95% respecto a las de 1990, con un objetivo intermedio de reducción del 40% en el año 2030.

En 2018, según los datos de BP, las **emisiones energéticas mundiales de CO₂** fueron de 33.891 Mt, con un crecimiento del 2% respecto al año anterior. Entre los mayores países emisores figuran: China (9.428 Mt), EE.UU. (5.145 Mt), India (2.479 Mt), Rusia (1.550 Mt), Japón (1.148 Mt) y Alemania (725 Mt). España emitió 295 Mt. Se aprecian aumentos en la mayoría de regiones del mundo: América del Norte (1,9%), Comunidad de Estados Independientes (5%), Oriente Medio (1,9%), África (2,4%) y Asia-Pacífico (2,8%), y

IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN UN MIX ELÉCTRICO CON BAJO CONTENIDO EN CARBONO

La Asamblea General de Naciones Unidas adoptó en septiembre de 2015 la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible** con 17 objetivos que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Destacan el objetivo número 7, “Energía asequible y no contaminante”, y el objetivo número 13, “Acción por el clima”.

Para fortalecer la respuesta global a la amenaza del cambio climático, el Acuerdo de París de la COP21, que entró en vigor en noviembre de 2016, **establece el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global** a finales del presente siglo a menos de 2 °C, con respecto a los niveles preindustriales.

Sin embargo, el **Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático** (IPCC) alerta en su informe especial SR1.5 *Global warming of 1.5 °C*, de octubre de 2018, que **es necesario limitar ese incremento a 1,5 °C, ya que todo calentamiento, por pequeño que sea, importa**. Señala que existen diferencias significativas entre un mundo con un aumento de temperatura de 1,5 °C y uno con un aumento de 2 °C: mayor nivel global del mar, mayor derretimiento del hielo de los casquetes polares, aumentos de la temperatura media en la mayoría de las regiones terrestres y marítimas, calor extremo en la mayoría de las zonas habitadas, fuertes precipitaciones en varias regiones y probabilidad de sequía extrema en otras.

Estos efectos climáticos **no solamente van a tener importantes consecuencias sobre la población humana** (éxodos masivos, cambios en la demografía, acentuación de la pobreza en determinadas zonas del planeta, escasez y calidad del agua dulce, etc.), **sino también sobre la biodiversidad**.

En este sentido, diferentes informes internacionales advierten de la **importancia de la energía nuclear como parte del mix de suministro eléctrico con bajo contenido en carbono** para conseguir niveles de estabilización de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

El IPCC, en su informe especial SR1.5 y en su último informe de evaluación *Assesment Report 5*, indica que la energía nuclear –tecnología que en su operación no produce emisiones de CO₂ y que en su ciclo completo de vida tiene unas emisiones medias de 12 g CO₂/kWh, similares a las de la energía eólica e inferiores a las de otras tecnologías renovables– juega un importante papel en la mayor parte de las sendas que limitan el calentamiento global a 1,5 °C.

El **Organismo Internacional de Energía Atómica** (OIEA), en su informe *Climate Change and Nuclear Power 2018*, subraya que **la energía nuclear ha evitado la emisión de más de 68.000 millones de toneladas de CO₂ desde 1970, el equivalente a cinco años de emisiones del sector eléctrico mundial**. Cada año, el parque nuclear en funcionamiento en el mundo evita la emisión de cerca de 2.000 millones de toneladas de CO₂. Los estudios del OIEA reflejan que, sin la contribución nuclear, las emisiones mundiales anuales derivadas del uso de la energía aumentarían en un 6%. **La energía nuclear es, actualmente, la segunda fuente de generación de electricidad baja en carbono en el mundo** – con el 10% del total generado –, tras la energía hidráulica, con el 16%.

Y la **Agencia Internacional de la Energía**, en su informe *Nuclear Power in a Clean Energy System* de mayo de 2019, ha advertido que **un brusco abandono de la energía nuclear en el mundo podría suponer una seria amenaza para la seguridad de suministro y para la consecución de los objetivos climáticos**. Además, de no resolverse el panorama incierto de la energía nuclear en varios países del mundo, se incrementarían las emisiones de carbono en varios miles de millones de toneladas, haciendo más difícil poder alcanzar los objetivos medioambientales de descarbonización establecidos por la comunidad internacional para los horizontes de 2050 y fin de siglo.



tan solo reducciones en Europa y América Central y del Sur, de 1,6% y 1,5%, respectivamente.

Los **450 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 para la Transición Ecológica correspondientes al año 2018, las emisiones brutas totales por cualquier actividad (usos energéticos, procesos industriales, agricultura y residuos) fueron de 332 millones de toneladas de CO₂, con una disminución del 2,2% respecto al año anterior, ya que fue un año hidrológicamente húmedo.

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 2018, en el sistema eléctrico la producción libre de emisiones de CO₂ (nuclear, hidráulica, solar, eólica y otras renovables) aumentó al 59% del total, cuatro puntos porcentuales más que en 2017. El parque nuclear generó casi el 35% de la electricidad limpia en España.

CONSIDERACIONES FINALES

En 2018, el consumo mundial de energía primaria ha crecido en 390,3 Mtep (2,9%) con el protagonismo de los combustibles fósiles

(276,3 Mtep) y el liderazgo absoluto del gas natural (167,5 Mtep), seguido por las renovables (71,1 Mtep), la hidráulica (28,9 Mtep) y la nuclear (14,2 Mtep). Se aprecia un crecimiento del 3,9% en los países no pertenecientes a la OCDE, 1,5% en OCDE y un decrecimiento del 0,2% en la UE-28. Estos resultados junto con el incremento asociado de emisiones de CO₂ no se correlacionan con las políticas vigentes para la gestión del cambio climático y pueden cuestionar sus plazos y objetivos.

Los combustibles fósiles cubrieron el 84,7% del consumo mundial manteniendo el petróleo el liderazgo con el 33,6% del total. La irrupción de los yacimientos de esquistos está afectando de forma importante el mercado del petróleo y del gas con el claro liderazgo de Estados Unidos. Las renovables (fotovoltaica, eólica y geotérmica), que supusieron el 4,0% del consumo mundial, crecieron el 14,5%. La mayor utilización del gas natural, la progresiva utilización de las energías renovables (solar y eólica) junto con la búsqueda de la mejora de la eficiencia energética y la descarbonización de la economía marcan los resultados. Destacan los protagonismos en el consumo energético de Estados Unidos, China e India junto con la creciente presencia de las economías de países no OCDE.

La nuclear representó el 4,4% de la energía primaria consumida en

el mundo (el 11,3% en España) y evitó el 7,5% de las emisiones de CO₂ y casi el doble en España. El parque nuclear, presente en 31 países, alcanzó el 31 de diciembre de 2018 la cifra de 450 plantas en operación (récord en la serie histórica) y 55 en construcción en diecinueve países, situación muy próxima a la de octubre de 2019. La energía eléctrica generada es cercana al 10% de la total mundial, superándose el 15% en dieciocho países, el 25% en trece y el 50% en cuatro. En España se alcanzó el 20,4%. Desde 2010, el parque creció en diecinueve plantas y 46,4 GW de potencia neta instalada. Entre los países con plantas en construcción 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 y la vuelta paulatina a la operación comercial de las plantas en Japón después de Fukushima (nueve a día de hoy).

En el capítulo de plantas planificadas y propuestas, 111 y 330, respectivamente, los países con más expectativas son China, Rusia, India, EE.UU., Arabia Saudita, Turquía, Reino Unido, Japón, Emiratos Árabes e Irán. En la UE-28, diez países han anunciado la construcción de un total de 31 plantas y seis no prevén nuevas unidades. Por otra parte, a escala mundial, once nuevos países desean iniciar sus programas nucleares, que totalizarían 52 plantas. ■

Portal de Empleo

de la Sociedad Nuclear Española

Ofertas de empleo,
prácticas y formación

apúntate a nuestro boletín digital en:

www.sne.es/boletin-digital-empleo

y si eres una empresa envía tus ofertas al correo:

empleo@sne.es

