La opción nuclear Energy Futures

Norman Foster

Alrededor del 83% de la energía empleada en el mundo proviene de los combustibles fósiles. La transición de este modelo de producción tan contaminante a otro más limpio está, por tanto, en el foco de la lucha contra el calentamiento global.

En cuestiones energéticas también existe una dimensión moral. ¿Por qué? Porque las estadísticas demuestran que las sociedades que consumen más energía gozan de mayor esperanza de vida, una tasa de mortalidad infantil reducida, amplias libertades políticas y sexuales, un nivel educativo más alto y mejor calidad de vida.

Actualmente se libra una guerra por la energía. Anexionada por Rusia, la península de Crimea cuenta con grandes yacimientos marinos de petróleo y gas natural: las reservas de Ucrania son las mayores de Europa tras las de Noruega, de las cuales un 80% se localiza al este del Dniéper. También en la parte oriental del país se encuentra la tercera reserva de gas de lutita más grande de Europa, de 1,2 billones de metros cúbicos: un hidrocarburo, recordemos, que permitió que Estados Unidos dejase de depender del petróleo importado para convertirse en su mayor exportador. Se estima que las bajas de la reciente invasión rusa de Ucrania —civiles y militares, rusas y ucranianas— sobrepasan los 55.000 fallecidos. La guerra ha devastado ciudades enteras, ha provocado el desplazamiento de 12 millones de personas y, según ACNUR, ha originado una crisis que deja 7 millones de refugiados. Como efecto colateral del secuestro energético de Rusia existe además la posibilidad de una gran hambruna en África, donde se prevé que una de cada tres personas necesitará ayuda humanitaria.

La carnicería bélica ha sido alimentada por los 80.000 millones de euros que desde el inicio del conflicto Europa ha gastado en importar combustibles fósiles de Rusia, los cuales están exentos de sanciones económicas aun sin existir necesidad acuciante de ellos. En la última década, Alemania ha cerrado todos sus reactores nucleares salvo tres, pero está decidida a completar la tarea para finales de 2022. El 24% de la electricidad en Alemania procede de centrales de carbón, en tanto que otra parte se sigue importando de Francia, donde se produce principalmente en plantas nucleares. La política de prescindir completamente de la única fuente de energía limpia y fiable aducía razones de seguridad pública tras Fukushima, ¿pero nadie comprobó estos datos? La nuclear, contando con todos sus accidentes y secuelas, es de lejos el tipo de energía más seguro. Un estudio de James Conca para *Forbes* computaba en 2012 el promedio de muertes por cada 1.000 teravatios-hora de energía producida a nivel mundial: el resultado fue 90 muertes en el caso de la nuclear —incluyendo Chernóbil—, 440 en el de la solar, 4.000 en el del gas, 36.000 en el del petróleo y 100.000 en el del carbón.

Oímos hablar sobre el problema de los residuos radioactivos, aunque estos son más bien una ventaja, ya que, en comparación con los desechos de cualquier otro sistema de producción, son mínimos y son los únicos totalmente controlables de principio a fin.

Nunca pensamos en la suma de 35.000 millones de toneladas de dióxido de carbono que se emiten de forma incontrolada a la atmósfera, de las cuales una porción significativa proviene de la generación de energía. 10 millones de personas, muchas de ellas niños, mueren cada año como consecuencia de la contaminación del aire que resulta de la quema de carbón, madera o desechos animales para calentarse y cocinar.

Mi defensa de la energía nuclear no obvia la importancia de fomentar el desarrollo de nuevas fuentes de energía limpia, en particular la energía nuclear de fusión. Sin embargo, en el caso de la energía solar y eólica, se han necesitado más de 50 años para que estas produzcan el 10% de la energía global y, por su dependencia del clima, siguen necesitando respaldo de los combustibles fósiles. No es un buen augurio para la Agencia Internacional de las Energías Renovables, cuyas previsiones apuntan a que en 2050 estas supondrán el 85% de la producción energética total, principalmente gracias al impulso de la generación solar y eólica.

Tal vez ocurra un aumento masivo de la producción de baterías de litio: una situación de la que podría aprovecharse la nueva alianza de Rusia y China. Si Moscú puede bloquear el suministro de energía a Occidente, Pekín podría hacer lo mismo con ma-

Around 83% *of global energy is generated by burning fossil fuels. So, the transition from our predominantly dirty production of energy to one which is clean is at the very heart of our combating global warming.*

There is also a moral dimension to the issue of energy. Why? Because it has been statistically demonstrated that those societies which are high consumers of energy live longer, have lower infant mortality, have greater sexual and political freedoms, have a higher level of education, and have a better quality of life.

War is currently being fought over energy. The Russian-annexed Crimean Peninsula has vast offshore reserves of oil and natural gas, and Ukraine has Europe's second largest natural gas reserves after Norway, almost 80% of which are located east of the Dnipro River. Ukraine also has Europe's third largest shale gas reserves at 1.2 trillion cubic metres, most of which are also located to the east of the country. Remember it was shale that turned America from being dependent on importing oil to being the world's largest exporter of it. As a consequence of the recent Russian invasion of Ukraine, some estimates for the combined loss of life – civilian and military, Russian and Ukrainian – exceed 55,000. Cities have been razed to the ground, more than 12 million people have been displaced from their homes and there is, according to the UNHCR, a refugee crisis approaching 7 million. The knock-on effect of Russia's energy ransom is the prospect of tens of millions in Africa on the brink of famine, and one in three will need humanitarian aid.

The war and its carnage have been fuelled by Europe to the tune of over 80 billion euros in fossil fuel imports from Russia since the war began, which, out of economic necessity, are free from sanctions. In the last decade, Germany has closed down all but three of its nuclear reactors and is committed to reducing the total number to zero by the end of 2022. In March 2011, Germany had 17 reactors operating, producing one quarter of the country's electricity. Today, 24% of Germany's electricity still comes from coal-powered plants and it continues to import electricity from France, which is, of course, primarily produced by nuclear. Germany's policy to totally phase out the only safe and reliable clean source of energy was on the grounds of public safety following Fukushima. But has nobody checked the facts? Nuclear, including every accident and its consequences, is by a vast margin the safest form of energy production. A 2012 study by James Conca in Forbes *compared the average number of deaths, globally, per thousand terawatt-hour. The results were 90 for nuclear (including Chernobyl), 440 for solar, 4000 for gas, 36,000 for oil and 100,000 for coal.*

We hear about the problem of radioactive waste, but that is a blessing rather than a problem because it is the only waste which is, by comparison with any other form of production, microscopic, and the only one that is totally controllable, and currently controlled, from cradle to grave.

We never confront the toll of the uncontrolled discharge of 35 billion tons of carbon dioxide that we vent into the atmosphere every year, a significant proportion of which is from energy generation. 10 million people, many of them children, die from air pollution every year, from burning coal, wood and animal waste for heating and cooking.

My advocacy for nuclear does not preclude the importance of encouraging the development of other sources of clean energy, particularly fusion, which is another form of nuclear energy. However, in terms of solar and wind, it has taken more than 50 years for them to deliver just over 10% of global energy in 2021, and because of their weather dependency, they currently rely on fossil fuel backup. That does not auger well for IRENA's claims that the share of renewable energy in the power sector will reach 85% by 2050, mostly through growth in solar and wind power generation.

Maybe a massive upsurge in Lithium-ion battery production might follow – a move that the new found axis of China and Russia could exploit. If Russia is presently holding the West to ransom with energy, then China could do the same in the future with the raw materials, such as graphite, which are central to Lithium-ion battery production. In 2021, China's

terias primas como el grafito, esencial en la fabricación de baterías. En 2021, se extrajeron 820.000 toneladas de grafito de las minas chinas; Brasil quedó en un lejano segundo puesto con 68.000 toneladas y el resto de países apenas merecen mención por sus ínfimos niveles de producción. Más allá de sus fronteras, China está asimismo procurándose otras reservas y recursos con que alimentar la producción de baterías en el futuro: las compañías mineras y de baterías chinas adquirieron el año pasado 6,4 millones de toneladas de litio, prácticamente igualando los 6,8 que el resto de empresas del mundo adquirió en 2020.

Respecto a las baterías y el *boom* de los vehículos eléctricos, conviene recordar que estos son más pesados que los coches convencionales y por tanto consumen más energía —por unidad de distancia recorrida— en forma de electricidad generada por la batería. La batería es como un depósito de gasolina, así que si su electricidad no procede de una fuente renovable, solo contribuirá a acrecentar la huella de carbono. Asimismo, la eliminación y el reciclaje de paneles solares, con una vida útil de 25 a 30 años, y de las baterías, de una duración de 10 a 20 años, plantean serios problemas medioambientales.

Todo tiene que ver con el contexto. Veamos qué pasa si tenemos en cuenta tres realidades: el crecimiento de las ciudades, el aumento demográfico y los asentamientos informales o *slums.* Las ciudades ocupan solo el 0,5% de la superficie del planeta, pero generan el 80% de la riqueza y el 60% de los gases de efecto invernadero. Hoy somos 7.900 millones de almas en el planeta, pero se prevé que seamos 9.700 para 2050. Casi toda la gente vivirá en ciudades, muchas todavía por construir. Se estima que de aquí a 2050 habrá que crear 250 ciudades como Madrid, aproximadamente una cada mes y medio. A menos que haya una revolución en la energía y el desarrollo urbano, en el futuro una de cada tres personas vivirá en asentamientos informales sin electricidad, agua y saneamiento. Ahora un 21% de la población mundial carece de saneamiento básico y un 10% de acceso a electricidad.

Considerando los cambios sociopolíticos, para entonces una de cada cuatro personas será africana y habitará un extenso continente que por ahora carece de la infraestructura de las economías más desarrolladas. 600 millones de personas en África no tienen electricidad, de las cuales una sexta parte vive en Nigeria, país que estima que en 2050 necesitará 15 veces la energía que consume ahora para continuar su desarrollo y acomodar su crecimiento demográfico.

Entonces, ¿cuál es mi mensaje? En primer lugar, creo que necesitamos una cantidad increíble de energía y esta debe ser segura y asequible para todos. La abundancia de energía equivaldrá a tasas bajas de natalidad que estabilicen la población mundial y la hagan más equitativa, evitando las revoluciones sociales y, a diferencia de lo que pasa hoy, asegurando que nadie instrumentalice la energía al dejar esta de ser un recurso preciado.

¿Pero cómo lo conseguimos y cómo lo hacemos rápido? Podríamos sacar partido a lo que ya tenemos, actuar en base a los datos sin apelar al sentimiento y mantener abiertas las centrales nucleares. Han demostrado ser la fuente de energía más segura, fiable y limpia a nuestro alcance.

Deberíamos apoyar esto decididamente, aunque, por ejemplo, España prevé cerrar para 2030 cuatro de los siete reactores que ahora proporcionan el 22% de la electricidad, y para 2035 el resto. Por el contrario, el Reino Unido se ha embarcado en un programa de construcción de seis centrales convencionales: algo digno de aplaudir, aunque sugiero que seamos más radicales.

¿Cuáles son las lecciones de las tecnologías de nuestro tiempo? ¿Cuáles son las tendencias? Se avanza abrumadoramente hacia la simplificación: hacer más con menos. El ejemplo más obvio es el salto a las telecomunicaciones por satélite y dispositivos móviles que ha dejado obsoleta la extensa red de cables que se tendió para enlazar los teléfonos de baquelita de las casas y las cabinas, lo que era posible gracias a ejércitos de operarios que conectaban las líneas desde los grandes edificios de las centrales telefónicas. Todo esto ha sido sustituido por iPhones que caben en el bolsillo y redes invisibles que llegan a satélites espaciales.

Equiparemos los antiguos sistemas de telecomunicación al de las centra-

mines produced 820,000 metric tonnes of graphite. Brazil came a very distant second at 68,000 metric tonnes, and the rest of the world's graphite mining countries are barely worth a mention in terms of their comparable levels of production. Beyond its own borders, China is also acquiring other reserves and resources to fuel its future battery production. The nation's mining and battery companies acquired 6.4 million tons of lithium in reserves and resources in 2021, nearly matching the 6.8 million tons of lithium acquired by all companies worldwide in 2020.

On the subject of batteries and the lemming-like rush to electric vehicles, it is worth remembering that they are twice as heavy as conventional cars, so they consume much more energy (per unit distance travelled) in the form of electricity that is injected into a battery. The battery is like a fuel tank, so if that electricity has not been generated from a clean source, then it will only add further to the carbon footprint. Incidentally, solar cells currently have a 25- to 30-year life and batteries last for 10 to 20 years. Their disposal and recycling pose serious environmental hazards.

Everything so far is about context. What if we factor in three realities: future urbanisation, population growth and informal settlements, slums. Cities occupy 0.5% of the planet's surface but they generate 80% of our wealth and 60% of greenhouse gases. We are presently 7.9 billion souls on the planet and predicted to grow to 9.7 billion by 2050. Almost all of those people will inhabit cities, many of which are yet to be built. One estimate is that it will require the building of around 250 Madrids between now and 2050 – roughly one every month and a half. Unless we revolutionise our approach to energy and urbanism, one in three of our future population will be in informal settlements without access to electricity, clean water and modern sanitation. Currently, 21% of the world's population lacks basic sanitation and 10% of humanity does not have access to electricity.

Factor in geopolitical shifts and, by then, one in four people will be African on a vast continent currently lacking the infrastructure of more developed economies. Africa has 600 million people without electricity, one-sixth of whom live in Nigeria. This country estimates that by 2050 it will need fifteen times more energy than it presently consumes in order to industrialise and meet its population growth.

So, what is the big message? First, I suggest that we need a mega amount of energy, an abundance of it, and it needs to be safe, reliable and affordable for all. Lots of energy equals low birth rates, thereby stabilising the planetary population, making it more equitable, thus avoiding social revolutions and, unlike today, ensuring that you cannot weaponise energy because it would no longer be a precious resource.

How do we achieve this, and how do we do it quickly? First, we could make the most of what we already have, act on facts and not emotion, and keep existing nuclear power stations open. They are proven to be the safest, cleanest and most reliable sources of energy at our disposal.

We should support this by all possible means, and yet, here in Spain, I understand that of the current seven nuclear power reactors that generate around 22% of the country's electricity, four reactors are scheduled to close by the end of 2030, with the remaining three shutting by 2035. By contrast, the United Kingdom is embarking on a programme of building six conventional nuclear power stations, and that is to be applauded but I suggest we should be more radical.

What are the lessons to gain from other technologies of our age? What are the trends? Overwhelmingly, they are towards miniaturisation – ephemeralisation. Best summed up as doing more with less. The obvious example is telecommunications and the shift to satellites and handheld devices away from the vast network of phone landlines in the past, strung across nations, to connect Bakelite handsets to homes and kiosks. All of this was made possible by armies of manual operatives connected to huge, centralised buildings called telephone exchanges. Now, that vast physical infrastructure has been replaced by an iPhone in the pocket and invisible lines in the sky going out to satellites in space.

les eléctricas y sus extensas redes. En un verano reciente, la infraestructura en desuso de una compañía eléctrica en bancarrota originó en California unos incendios que dejaron a 2,5 millones de residentes sin electricidad y les obligó a comprar generadores diésel. La misma historia ocurrió en Texas un invierno.

¿Cómo alimentaremos los inmensos núcleos urbanos aún sin construir para ampliar o modernizar las prestaciones actuales sin incurrir en dilatados programas de construcción y los sobrecostes de las grandes centrales eléctricas y sus megarredes, pese a que en Corea y China estos proyectos se entreguen rutinariamente a tiempo y dentro del presupuesto? ¿Cuál será el equivalente del iPhone en el mundo de la energía?

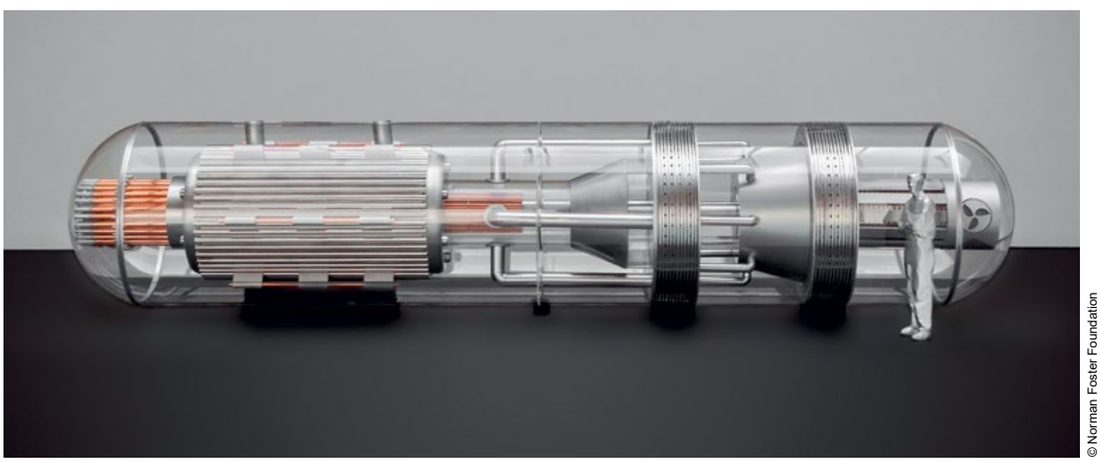
Imaginemos un contenedor estándar que alberga un microrreactor. Combinado a un módulo de conversión de tamaño similar, los 10 megavatios que genera podrían alimentar toda una manzana de Manhattan o una ciudad pequeña, y tales unidades podrían salir de una cadena de producción como los automóviles. Con energía limpia en abundancia, el dióxido de carbono disuelto en el agua de mar podría aprovecharse como combustible para los aviones, lo que permitiría a las flotas ser ecológicas sin necesidad de cambiar sus motores o infraestructuras. El proceso además ofrecería otra ventaja, al desacidificar los océanos, que actualmente son un sumidero de carbono.

La tecnología del microrreactor no es nueva: en los sesenta Rusia la utilizó para alimentar satélites espaciales y el Ejército de Estados Unidos la aplicó en unidades remolcables para el campo de batalla. Hace menos tiempo, la NASA completó el proyecto Kilopower, que desarrolló las primeras ideas sobre una tecnología asequible de fisión nuclear que hiciese posible las estancias de larga duración en la superficie de otros planetas. Westinghouse redefinió el concepto a través del proyecto de microrreactor eVinci: una unidad sellada con una vida útil de cinco ciclos anuales tras los que se reemplazaría el módulo extraíble donde se almacena el material nuclear, enriquecido un 20% para que no pueda tener uso armamentístico.

Como opción a medio camino entre el reactor convencional y la batería nuclear están los reactores modulares pequeños (SMR), capaces de proporcionar de 60 a 300 megavatios y de conectarse a instalaciones existentes para crear su propia red de distribución.

En las tres manifestaciones que he descrito, la energía nuclear no consume más que un pequeño punto en el paisaje en comparación con las grandes superficies de terreno que demandan las plantas solares y eólicas, otra forma de contaminación ambiental. A su vez están los problemas que ya he mencionado: la poca fiabilidad, la vida corta, la contaminación de los desechos y los riesgos geopolíticos de las cadenas de suministro. Veámoslo de otra manera. Para lograr el objetivo de un incremento de solo 1,5 grados centígrados para 2050 deberíamos reducir nuestras emisiones a 1,5 toneladas per cápita. Y así es como vamos: Alemania —uno de los países más verdes— está en 7,7 toneladas, Estados Unidos en 14,2 y Catar en 37. Si, como he apuntado, tras 50 años con nuestro plan A hemos conseguido que tan solo el 10% de la energía provenga del viento y del sol, necesitamos un plan B que desarrollar en paralelo.

Y ese plan es esencialmente la opción nuclear, un término bélico que aquí empleo como garante de paz y estabilidad.



Batería de fisión basada en el concepto eVinci de Westinghouse

© Norman Foster Foundation

Now relate the old telecommunications network to that of the power stations of today and their sprawling powerlines. In a recent summer in California, such a crumbling infrastructure from a bankrupt energy supplier sparked forest fires that left two and a half million residents without electric power, scrambling to buy Diesel generators. A Texan winter that followed told the same story of a centralised system breakdown.

How do we power the vast urbanisations still to be built? How do we extend or retrofit present urbanities without resorting to the long drawn-out construction programmes and cost overruns of big power stations and mega grids (although in Korea and China, such projects are routinely delivered on cost and on time)? What are the iPhone equivalents waiting to happen in the world of energy?

Imagine a standard 6.0-metre (20-foot) container that houses a micro-reactor. When coupled to a similarly sized conversion module, the 10 MW output could plug in to power an entire Manhattan city block or a small town. Such standardised units would roll off a production line like automobiles. With such an abundance of clean energy, carbon dioxide dissolved in sea water can be converted to aviation fuel, enabling the world's jet fleet to go green without any change to the engines and infrastructure. The process would deliver another bonus by deacidifying the oceans which are currently a major carbon sink.

The technology of the micro-reactor is not new. It was used in the 1960s by Russia to power space satellites and, in the same period, by the US Army as towable power units for the battlefield. More recently, NASA concluded the Kilopower programme, which developed preliminary concepts and technologies that could be used for an affordable fission nuclear power system to enable long-duration stays on planetary surfaces. The concept has been refined by Westinghouse, through their eVinci micro-reactor project, into a safe, sealed unit with a maintenance life of at least five-year cycles, after which the removable fuel module would be replaced. The fuel is less than 20% enriched, so it is non-weapon grade.

Another industrialised nuclear option, between the conventional multi-reactor facilities and the nuclear battery, is the Small Modular Reactor (SMR), typically delivering 60 MW to 300 MW, which could plug into an existing grid to create its own network of distribution.

Nuclear in any of the three manifestations that I have described is a tiny dot on the landscape compared with the vast amounts of land consumed by solar and wind – which is another form of environmental blight. Then there are the other problems that I have already mentioned: unreliability, short life, pollution through disposal and the geopolitical risks of supply chains. Let's look at it another way. To reach the target of 1.5ºC rise by 2050, we need to be at 1.5 tons of carbon dioxide emissions per capita. Well, here is where we are now. Germany – one of the greenest nations – is at 7.7 tons, the United States is at 14.2 tons and Qatar is at 37 tons. If, as already noted, after 50 years with our Plan A we have achieved 10% of global energy by solar and wind, we need a back-up Plan B to run in parallel.

In essence, Plan B is the nuclear option – a term used in warfare. Here I use it as a lifeline to peace and stability.