



tecnología

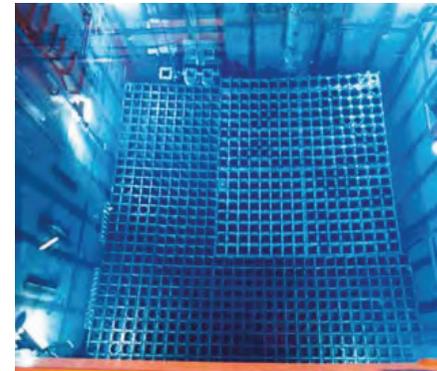
## Central Nuclear de Trillo



# Una energía segura

La Central Nuclear de Trillo suministra, desde Guadalajara, en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, una media de 8.000 millones de kWh anuales a toda España. La central tiene como misión producir energía eléctrica de forma segura, fiable, económica, respetuosa con el medio ambiente y garantizando dicha producción a largo plazo mediante la explotación óptima de las instalaciones. De esta manera contribuye a aumentar la calidad de vida y el bienestar social.

Por Rafael López



**Emplazada en la comarca de la Alcarria, junto al curso del río Tajo**, en el paraje denominado "Cerrillo Alto", del término municipal de Trillo (Guadalajara), la Central Nuclear de Trillo es la más moderna del parque nuclear español, con una potencia instalada de 1.066 MW. Dispone de un reactor de agua a presión con tres lazos de refrigeración de tecnología alemana Siemens-KWU, y utiliza uranio enriquecido como combustible. La central es propiedad de cuatro compañías eléctricas españolas: Iberdrola, con una participación del 48%; Unión Fenosa, 34,5%; Hidroeléctrica del Cantábrico, 15,5%, y Nuclenor, 2%, las cuales prestan pleno apoyo y soporte a sus actividades.

La Central Nuclear de Trillo fue concebida como una central de base, es decir, de funcionamiento ininterrumpido y alto grado de disponibilidad. El 1 de mayo de 1986, el Ministerio de Industria aprobaba el comienzo de las primeras pruebas, y el 4 de diciembre de 1987 se concedía el permiso de explotación provisional. El 23 de mayo de 1988, la central fue conectada por primera vez a la red, y el 6 de agosto de 1988 se inició la explotación comercial.

### La generación de calor

La diferencia esencial entre una central nuclear y una térmica convencional consiste en la fuente de calor empleada para la generación de vapor. Mientras en las centrales nucleares la fuente de calor es la fisión del



uranio u otros elementos similares, en las térmicas convencionales el calor se consigue mediante la combustión de fueloil, carbón o gas en una caldera.

El calor generado se aprovecha para producir vapor a alta temperatura. Este vapor acciona un grupo turbina-alternador que genera energía eléctrica.

La Central Nuclear de Trillo carga en su reactor, anualmente, 92 toneladas de óxido de uranio enriquecido con U-235, en una proporción media de aproximadamente el 3,9 por ciento.

Este combustible se presenta en forma de pastillas cilíndricas de 9,1 milímetros de diámetro, apiladas en unos tubos o vainas de aleación metálica de zircaloy y de algo más de cuatro metros de longitud y 10,7 milímetros de diámetro. Las vainas, a su vez, se agrupan en haces de 236 unidades (16 x 16), denominados "elementos combustibles". En la vasija del reactor se alojan un total de 177 de estos elementos. La recarga del reactor se realiza de forma periódica, sustituyéndose un cuarto de los elementos combustibles. Comparativamente, un día de producción de esta central equivale al consumo de 34.000 barriles de petróleo en una central de fuel de la misma potencia o de 6.850 toneladas diarias de carbón en una térmica convencional.

### La generación de vapor

El circuito primario es estanco y está formado por la vasija que contiene el núcleo, el presionador y tres



lazos. Cada uno de éstos incorpora un generador de vapor y una bomba principal. El agua desmineralizada que circula por su interior toma el calor producido en el reactor por la fisión nuclear y lo transporta hasta el generador de vapor. En él, un segundo flujo de agua, independiente del primero, absorbe el calor a través de su contacto exterior con las tuberías por las que circula el agua desmineralizada del circuito primario. Por fin, dicho fluido retorna del circuito primario a la vasija del reactor tras ser impulsado por las bombas principales.

El reactor y su circuito de refrigeración están contenidos dentro de un recinto hermético y estanco, llamado Contención, consistente en una estructura esférica de acero de 53 metros

de diámetro, construida mediante chapas de acero soldadas de 40 milímetros de espesor medio y que se soporta en una estructura de hormigón en forma de cáliz que se apoya sobre la losa de cimentación de 3,5 metros de espesor. La Contención está ubicada en el interior de un segundo edificio, también de hormigón y cuyas paredes exteriores tienen un espesor de 60 centímetros, llamado edificio del Anillo del Reactor. Éste tiene forma cilíndrica y está rematado por una cúpula semiesférica. Alberga parte de los sistemas de salvaguardia.

El funcionamiento del circuito primario se complementa con la presencia de una serie de sistemas auxiliares que aseguran el control de

volumen, la purificación y desgasificación del refrigerante, el control químico, el tratamiento de residuos líquidos, gaseosos y sólidos, así como otras diferentes funciones necesarias para su correcta operación.

#### Generación de electricidad

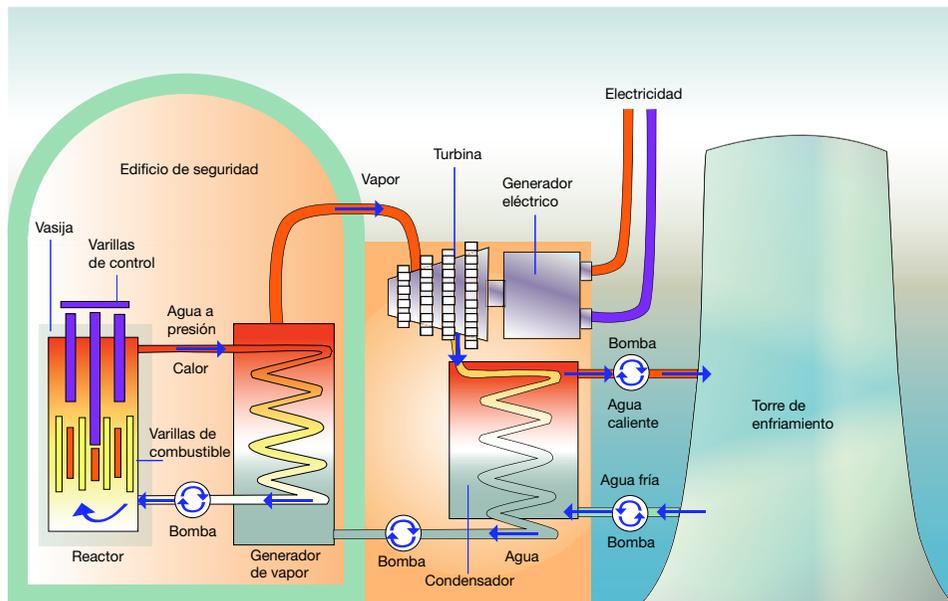
En el circuito secundario, el vapor producido en los generadores se conduce al foco frío o condensador, a través de la turbina que transforma la energía térmica (calor) en energía mecánica. La rotación de los álabes de la turbina acciona directamente el alternador de la central y produce energía eléctrica. El vapor de agua que sale de la turbina pasa a

“ Comparativamente, un día de producción de esta central equivale al consumo de 34.000 barriles de petróleo en una central de fuel de la misma potencia o de 6.850 toneladas diarias de carbón en una térmica convencional ”



estado líquido en el condensador, retornando, mediante el concurso de las bombas de condensado y de agua de alimentación, al generador de vapor para reiniciar el ciclo. En esta fase se incorporan varios procesos de precalentamiento para optimizar el rendimiento termodinámico. Asimismo, se dispone de un depósito de agua de alimentación para mejorar la disponibilidad del sistema.

Existe, además, una conducción directa (*by-pass*) que conduce el vapor de agua desde la entrada a la turbina de alta presión hasta el condensador. Permite, cuando se desconecta el turbogruppo de la red eléctrica exterior, conducir el vapor para su condensación, en tanto se reduce la producción de calor en el reactor.



## Los componentes de una central nuclear

### Dentro del Edificio de seguridad

● **El reactor:** está constituido por una vasija metálica dentro de la cual se disponen 177 elementos combustibles que constituyen el “núcleo”. Por su interior fluye el refrigerante, agua desmineralizada, que circula a una presión constante de 158 bar para mantener su estado líquido y que actúa también como moderador. La vasija es un recipiente de algo más de 11 metros de altura, 4 metros de diámetro y 429 toneladas de peso –incluyendo los elementos internos– fabricado con una aleación de acero al carbono, níquel, molibdeno, cromo y manganeso. Estos componentes ofrecen una gran resistencia y mantienen su integridad a la radiación. La vasija, que está recubierta interiormente de acero inoxidable, tiene un espesor de 25 centímetros.

● **El generador de vapor:** es un intercambiador de calor, entre el circuito primario donde aque-

se genera, en el reactor nuclear, y el circuito secundario, donde produce vapor de agua a presión, que acciona las turbinas y el generador eléctrico. Existen tres generadores de vapor en la Central Nuclear Trillo 1, que producen un total de 1.650 kg/s de vapor a 284°C y 68 bar. Cada generador de vapor tiene unas dimensiones de 21 metros de largo y unos 5 metros de ancho en su parte más dilatada. Su peso es de 440 toneladas a plena carga y lleva en su parte interior aproximadamente 4.000 tubos de 22 milímetros de diámetro exterior y 1,23 milímetros de espesor, en forma de U, con una superficie de transferencia de calor de unos 5.400 metros cuadrados. El haz de tubos se rigidiza mediante nueve placas soporte.

### Fuera del Edificio de seguridad

● **La turbina:** la turbina de la central se compone de un cuerpo de alta presión y tres cuerpos de

baja presión de doble flujo. La velocidad de rotación es de 3.000 revoluciones por minuto y la presión del vapor principal a la entrada de la turbina es de 68 bar, con una temperatura de 284°C.

● **Torres de refrigeración:** sus funciones son la disminución de la temperatura del agua del sistema de circulación, así como la reducción notable de las tomas del caudal del río y de la temperatura con la que se devuelve a su cauce. La sencillez de funcionamiento es la característica principal de estas torres, ya que, por su diseño, se forma en ellas una fuerte corriente interior ascendente de aire frío, que se encuentra en su camino, a contracorriente, con el agua del sistema de circulación, que proviene del condensador y, tras refrigerarlo, se hace descender en forma de ducha por el interior de las torres. El fenómeno de arrastre de gotas producido da lugar a la aparición de un característico penacho de vapor de agua.

Unidos a la turbina por un mismo eje se encuentran el alternador y la excitatriz. La tensión de generación es de 27 kV y se eleva a 400 kV en los transformadores principales, siendo la potencia activa de 1.066 megavatios y la frecuencia 50 hertzios.

El condensador de doble cuerpo incorpora 68.000 tubos de titanio de 22 milímetros de diámetro y 0,7 milímetros de espesor, por cuyo interior circula el agua exterior de un tercer circuito, denominado sistema de agua de circulación, que es el refrigerado en las torres de refrigeración.

La central dispone de tres parques de transformación, uno de 400 kilovoltios, para distribución de la energía generada por la central, y dos de 220 kV y de 132 kV, respectivamente, para su alimentación auxiliar.

### El sistema de refrigeración

Mediante un caudal de agua de 44.600 kg/s aportado por un tercer circuito semiabierto, denominado “sistema de circulación”, se realiza la refrigeración del condensador. Este sistema consta de dos torres de refrigeración de tiro natural, un canal de recogida del agua y las correspondientes bombas de impulsión para la refrigeración del condensador y elevación del agua a las torres.

El caudal de agua evaporado por las torres es restituido a partir de la toma de agua en un azud de captación situado en el río Tajo.

### Sistemas de seguridad

Una vez controlada la reacción nuclear, el objetivo último de la seguridad en una central nuclear es mantener “confinada” la radiación y los productos radiactivos producidos. Para este fin existen tres niveles de actuación:

- En el nivel técnico, el diseño incorpora tres barreras físicas pasivas y superpuestas entre el combustible nuclear –que no se disgrega durante su quemado y puede también considerarse como barrera– y el exterior: vaina del combustible, circuito primario y recinto de contención. Adicionalmente, existen salvaguardias técnicas basadas en la disponibilidad de sistemas que ayudan a mantener su integridad en condiciones de fallo o accidente, desplegadas con el objeto de mantener tres líneas de defensa: la prevención, la vigilancia y actuación y la mitigación de las consecuencias.

- En el nivel de su explotación, una extensa base legal tanto jurídica como de regulación técnica y

“Trillo es la central más moderna del parque nuclear español, con una potencia instalada de 1.066 MW. Dispone de un reactor de agua a presión con tres lazos de refrigeración de tecnología alemana Siemens-KWU, y utiliza uranio enriquecido como combustible”



administrativa soporta a la actividad industrial. Además de requerir una organización capaz con una asignación clara de responsabilidades, exige que la operación de la central sea realizada por personal expresamente capacitado y que cumple, estrictamente, las instrucciones, límites y condiciones que derivados del permiso de explotación quedan recogidos y desarrollados en los documentos técnicos que la rigen (especificaciones técnicas de funcionamiento, etc.).

- A nivel de Estado, la existencia de un Organismo Regulador autónomo e independiente, el Consejo de Seguridad Nuclear, que responde ante el Parlamento de su función, garantiza a la sociedad la explotación “segura” de las centrales e instalaciones nucleares.

Las salvaguardias técnicas deben mantener las siguientes funciones vitales deducidas del objetivo principal de la seguridad nuclear:

- El control de la reacción nuclear.
- La refrigeración del reactor. ■