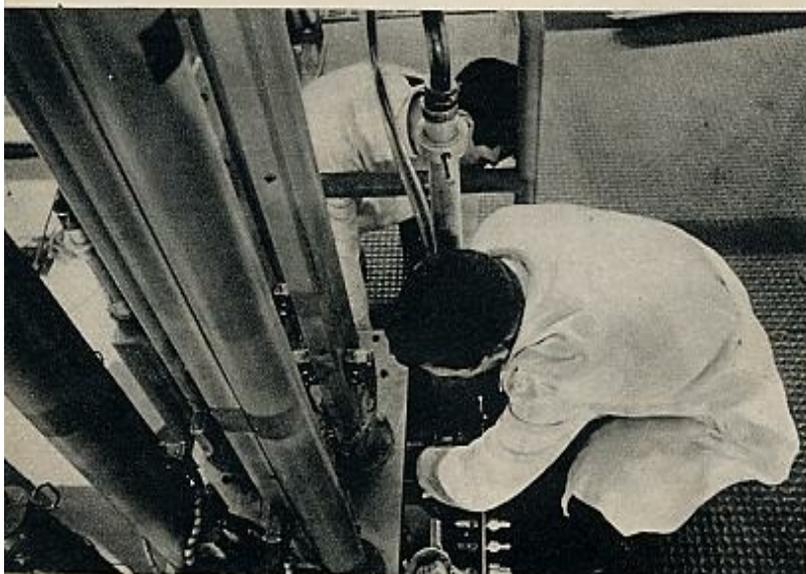


# EL ATOMO CIVIL

**POR MARC GILBERT**

**I** NGLATERRA acaba de iniciar las obras de una central nuclear que estará dotada de un reactor nuevo de características revolucionarias. Este reactor «reproductor», que todos los países industriales intentan poner a punto desde hace una decena de años, extraerá de una tonelada de uranio el equivalente energético de 600.000 toneladas de carbón quemadas en una central térmica tradicional. Hasta ahora el máximo obtenido era de 30.000 toneladas, lo que prueba el interés del proyecto.

La producción de electricidad a partir de la energía nuclear se ha desarrollado considerablemente en estos últimos años. Más de trescientas «pilas atómicas» funcionan en la actualidad en el mundo y cada vez más, el reactor sustituye a la caldera tradicional alimentada con combustibles clásicos. Pero las reservas de combustibles nucleares no son inagotables. Cálculos recientes han demostrado que si se conservaran las técnicas actuales, las reservas existentes se agotarían alrededor del año 2000. Sin duda quedarían enormes cantidades de uranio procedente del océano, pero su extracción resultaría extraordinariamente costosa.



## CENTRAL ATOMICA

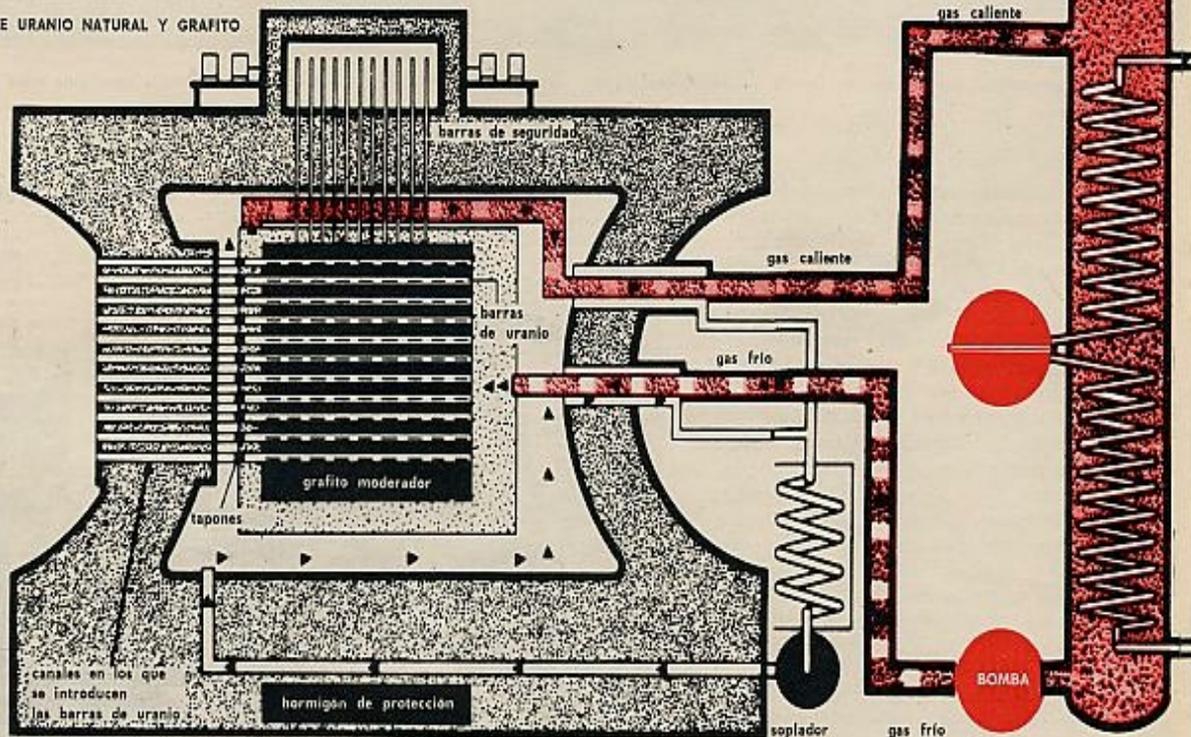
TRANSFORMADOR

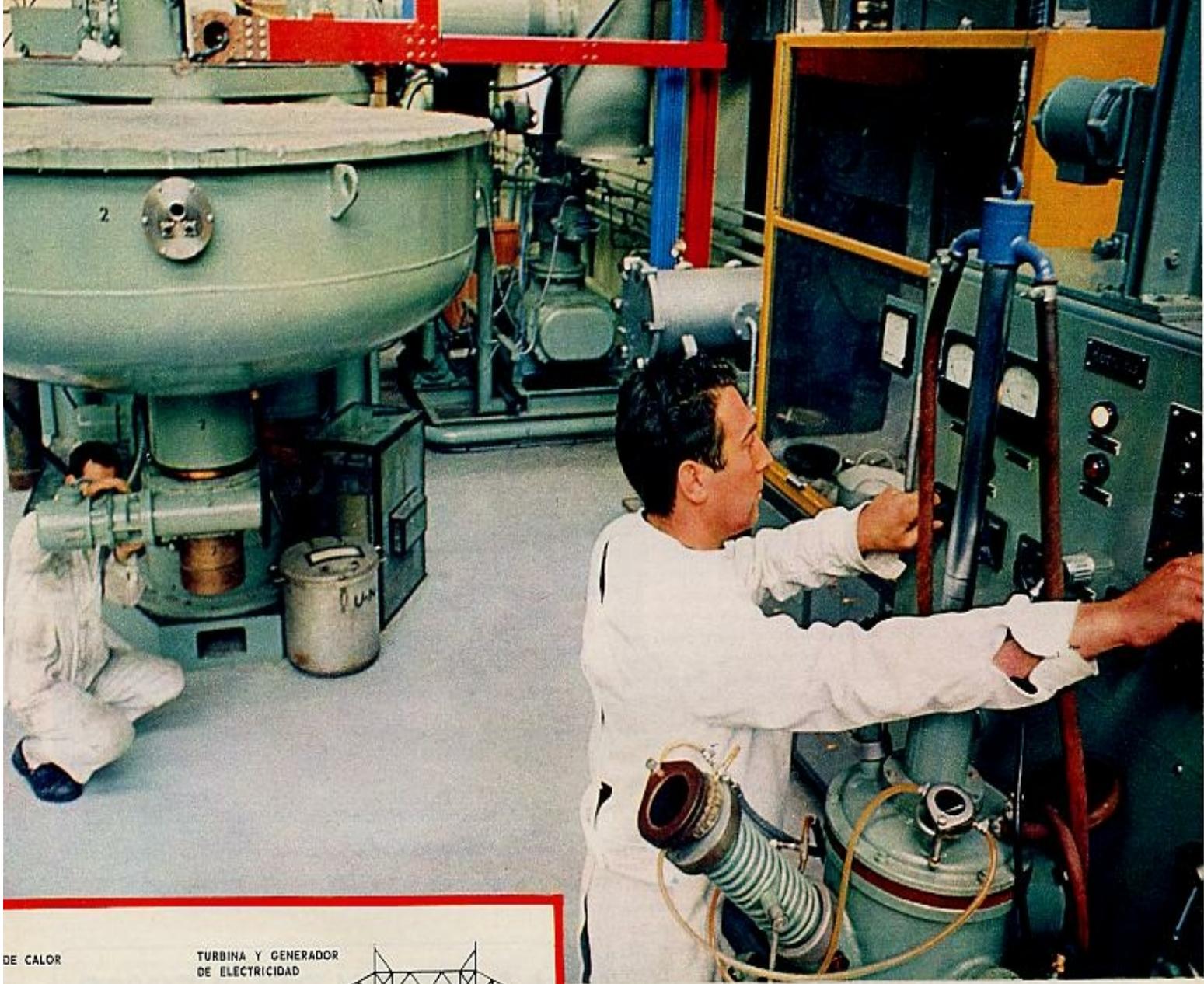
PILA DE URANIO NATURAL Y GRAFITO

La fisión del combustible (por ejemplo, uranio 235) se provoca con neutrones. Los neutrones producen la fisión tanto más fácilmente cuanto más lentos son.

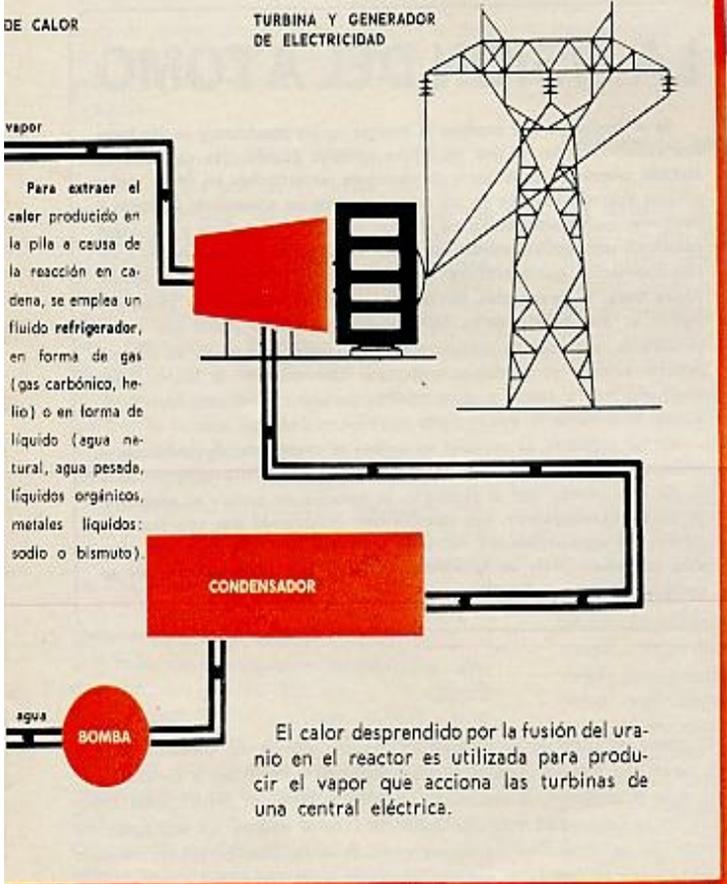
Para retardar los neutrones agentes de la reacción en cadena, se emplea un moderador que puede ser de agua pesada y en ciertos casos de agua natural, de grafito, de berilio o su óxido (glucinio).

Para detener la reacción se sumergen en el reactor barras de cadmio (metal ávido de neutrones) que absorben los neutrones libres. Basta con retirar estas barras para que se reanude la reacción en cadena.





En la foto de la izquierda, dos expertos realizando una periódica revisión de las instalaciones. Abajo, el esquema completo de una central atómica donde se puede observar todo el recorrido, desde la fisión hasta la producción de electricidad. A la derecha, dos técnicos en pleno trabajo.



Una central nuclear que produce electricidad no es otra cosa que una central térmica en la que un reactor ha sustituido a la caldera tradicional. El combustible nuclear reemplaza al carbón o el «fuel» y calienta una masa de agua que, transformada en vapor, hará girar los turboalternadores de tipo clásico. El desprendimiento de calor se obtiene por una reacción en cadena controlada, en la que los núcleos pesados de uranio 235 o de plutonio son desintegrados por un bombardeo de neutrones, sin que esta reacción llegue a ser explosiva. Un kilo de uranio 235 puede liberar, teóricamente, una energía equivalente a la contenida en 3.000 toneladas de carbón, aunque en la práctica se está todavía lejos de alcanzar estos resultados.

### cobertura fértil

El uranio que se extrae de las minas es una mezcla de tres isótopos, de los que sólo el uranio 235 se fusiona espontáneamente. Pero no se encuentra en el mineral más que en débil proporción —0,7 por 100—, y la mayor parte de aquél está constituida por uranio 238 —99,28 por 100— que, como el tercer isótopo —el uranio 234 (0,0058 por 100— no se adapta a la reacción en cadena. En contrapartida, cuando es irradiado en cantidad suficiente por neutrones rápidos, el U238 se transforma en un material que es también altamente fisiónable, el plutonio 239.

**SIGUE**

## LA DESINTEGRACION DEL ATOMO

Es la transformación de la estructura del núcleo atómico de una partícula que conduce a formar un número de corpúsculos mayor que el número inicial.

Algunos núcleos pesados —isótopos del uranio— se desintegran espontáneamente en dos metales más ligeros. La reacción libera igualmente una importante cantidad de calor, así como radiaciones «duras», como los rayos beta y gamma.

El uranio 235, de manipulación menos difícil que el plutonio, es el combustible predilecto de los constructores de pilas. Puede ser utilizado en su forma natural —inmerso en el U238— o en forma «enriquecida». Este enriquecimiento del metal en el U235 se obtiene en fábricas de «separación isotópica», a través de un proceso extraordinariamente caro. Los imperativos militares son los que han hecho, ya que las bombas atómicas no pueden funcionar más que con U235 casi puro o con plutonio, que los americanos hayan construido, desde 1944, sus gigantescas fábricas de separación y que Francia haya puesto en marcha la de Pierrelatte.

Los americanos, cuyas necesidades militares están cubiertas desde hace tiempo, se han orientado en su programa de centrales térmicas hacia la utilización de uranio muy enriquecido. Francia e Inglaterra, en cambio, al disponer de medios más limitados, han construido prototipos que funcionan con uranio natural. La competencia entre las dos fórmulas es severa, puesto que se trata de equipar al mundo entero con centrales nucleares, y la enorme competencia que esto representa provoca luchas sin cuartel. Pero no cabe ninguna duda de que los competidores se desequilibrarán al llegar la explotación de una nueva cantera, por la que ya hoy se están lanzando los ingleses. El reactor «reproductor», en efecto, permitirá obtener el rendimiento óptimo del combustible. Su originalidad consiste en fabricar, como un subproducto de su producción de electricidad, más materia fisionada de la que consume. En esto consiste la «reproducción», que aparece cuando la relación del combustible producido al combustible utilizado es superior a uno. Ahora bien, los reactores supergeneradores que los ingleses llaman «breeders» («reproductores») poseen una relación de conversión que puede llegar a 1,3. Funcionan con plutonio. Para obtener una «reproducción» se dispone en el reactor, además del combustible normal, una «cobertura fértil», es decir, una envoltura de uranio natural cuyos núcleos de U238, al captar los neutrones emitidos por la reacción, serán transformados en una proporción de 99,3 por 100 en núcleos de plutonio fisionable utilizables para alimentar el reactor. Esta fórmula permite convertir en energía más del 50 por 100 del uranio natural, mientras que, en las centrales nucleares clásicas, la proporción no sobrepasa nunca el 1 por 100, lo que quiere decir que el «breeder» es el reactor del porvenir.

### un material aterrador

La construcción de un «reactor reproductor» supone técnicas enteramente nuevas, ya que el plutonio es un material como fantástico que desde hace tiempo aterroriza a los físicos. Además, la producción de un kilowatio, al necesitar la presencia en el reactor de cuatro kilos de este metal, es todavía un obstáculo importante. Por ello no se espera llegar a la utilización de los «breeders» en el terreno industrial antes de 1980.

Ello no impide que los grandes países industriales prosigan febrilmente sus investigaciones. Los ingleses, que parecen estar en este momento a la cabeza del pelotón, construyen en Douneray, Escocia, su primera central experimental, que proporcionará 250.000 kilowatios a la red británica. Dentro de unos meses, la Unión Soviética va a poner a punto un reactor experimental de 350.000 kilowatios, que será utilizado para quitar la sal al agua del mar. En 1970 Alemania construirá, sin duda, su propio prototipo. Sólo América, lanzada en la línea del uranio enriquecido, parece dudar aún. Pero se trata de una duda «a la americana». En efecto, ya en 1951, los Estados Unidos construyeron su primer prototipo EBR 1. En 1961, terminaban la construcción del EBR 2 (60.000 kilowatios). Luego, en 1963, le llegó el turno al EFFBR, un reactor experimental de 200.000 kilowatios. A pesar de estos estudios, no parece que los americanos piensen, por el momento, construir una gran central industrial.

Francia se ha lanzado al estudio de los reactores «breeders» en 1958, y en la actualidad termina, en el Centro de Estudios Nucleares de Cadarache, la construcción de un reactor prototipo cuya potencia no sobrepasará los 200.000 kilowatios, que debe ser crítico —empezar a funcionar— a finales de 1966. Servirá de banco de ensayos para el estudio ulterior de un reactor más potente.



Cuando la pila atómica entra en funcionamiento, el letrero rojo se enciende...

## LA FISION DEL ATOMO

Es el fenómeno que produce la energía en los reactores y en las bombas nucleares y por el que un núcleo atómico pesado, que contenga un elevado número de protones y de neutrones, es escindido en dos o varios núcleos ligeros, cada uno de los cuales contiene un número de protones y neutrones menos elevado. En un reactor, un neutrón que llega a un núcleo pesado de combustible provoca su fisión; el núcleo es dividido en dos o varios fragmentos, que constituyen a su vez núcleos de elementos más ligeros. Ahora bien, la proporción de neutrones en los núcleos de elementos ligeros es más débil que en los núcleos pesados, de modo que cierto número de neutrones no encuentra sitio en la arquitectura de los núcleos pesados creados y, en consecuencia, son liberados por la fisión. Estos neutrones irán a atacar a otros núcleos pesados, provocando nuevas fisiones. Se trata de lo que se llama reacción en cadena.

En los reactores, la reacción en cadena es controlada, de modo que el número de neutrones liberados sea igual al número de fisiones provocadas.

En una bomba, por el contrario, la reacción en cadena es explosiva. Se desarrolla libremente. Los cálculos han demostrado que una cantidad mínima de combustible era necesaria para que se desarrollara una reacción en cadena. Esta es la «masa crítica», cuyo valor todavía hoy se considera secreto de Estado.

El precio de coste de estas investigaciones es enorme. En consecuencia, los seis países del Mercado Común se han aliado en el seno de la Euratom por una serie de contratos de asociación. De 1963 a 1967, los participantes ingresarán en la Comunidad más de 12.000.000.000 de pesetas. La utilización industrial de los «breeders» no llegará antes de 1980, pero Europa se ha dado cuenta de que le hace falta, a cualquier precio, crear fuentes de energía de las que depende su desarrollo y su porvenir.

# Y EN ESPAÑA...

LOS orígenes del átomo fueron destructores. Nació con la guerra y en la guerra encontró el primer estímulo para su posterior perfeccionamiento técnico.

Sin embargo, en nuestro país, por obvias razones de carácter económico e histórico, el átomo siempre ha vestido el tranquilizante atuendo civil de la calle. La fabulosa energía desencadenada por la fisión del átomo ha tenido, desde su aplicación en España, otras utilidades más pacíficas, constructivas y antitéticas.

Fue en octubre de 1948 cuando se iniciaron los trabajos preparatorios con vistas a la aplicación pacífica de la energía atómica en nuestro país. Posteriormente, desde su fecha de fundación en 1951, la Junta de Energía Nuclear (JEN)

ha venido desarrollando un meritorio trabajo de investigación y aplicaciones prácticas a la industria o agricultura, con las limitaciones propias de su asignación financiera.

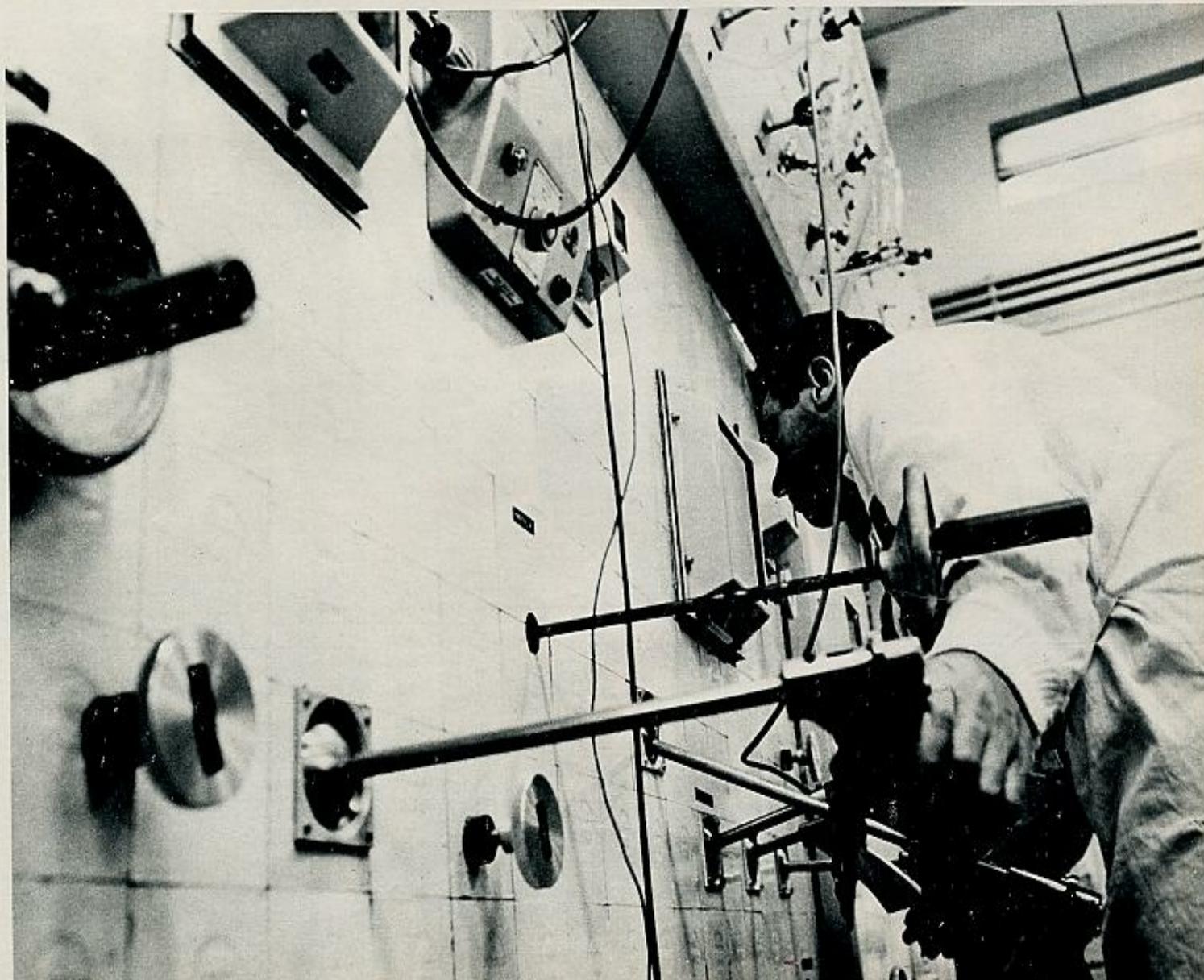
Así, en 1965, la JEN dispuso de unos 600 millones de pesetas (seis veces menos, por ejemplo, que lo que dedica Italia a los mismos fines), que si bien significó un 14 por 100 más, en términos absolutos, que lo recibido en 1964, teniendo en cuenta la depreciación de la moneda en ese mismo periodo, el aumento relativo, real, resultó prácticamente nulo. En este sentido, las insuficientes asignaciones que recibe la investigación nuclear es un reflejo del general desamparo en que todavía se encuentra, en España, la investigación.

A pesar de este «handicap», España es el segundo país de Europa, después de Francia, en reservas de mineral de uranio. Reservas que podemos estimar, actualmente, en unas 10.500 toneladas de U308. La fisión de todo el U235 contenido en las mismas suministraría, quemadas en los actuales reactores, una cantidad de energía equivalente a 90 millones de tec.

## el aumento de las reservas

Aparte de las minas ya en explotación de las zonas de Cardena, Santuario, Cáceres y Ciudad Rodrigo, se han iniciado los tra- **SIGUE**

El trabajo con los radioisótopos exige un aislamiento completo. Los brazos del hombre son sustituidos por precisas tenazas con mandos en forma de culata.

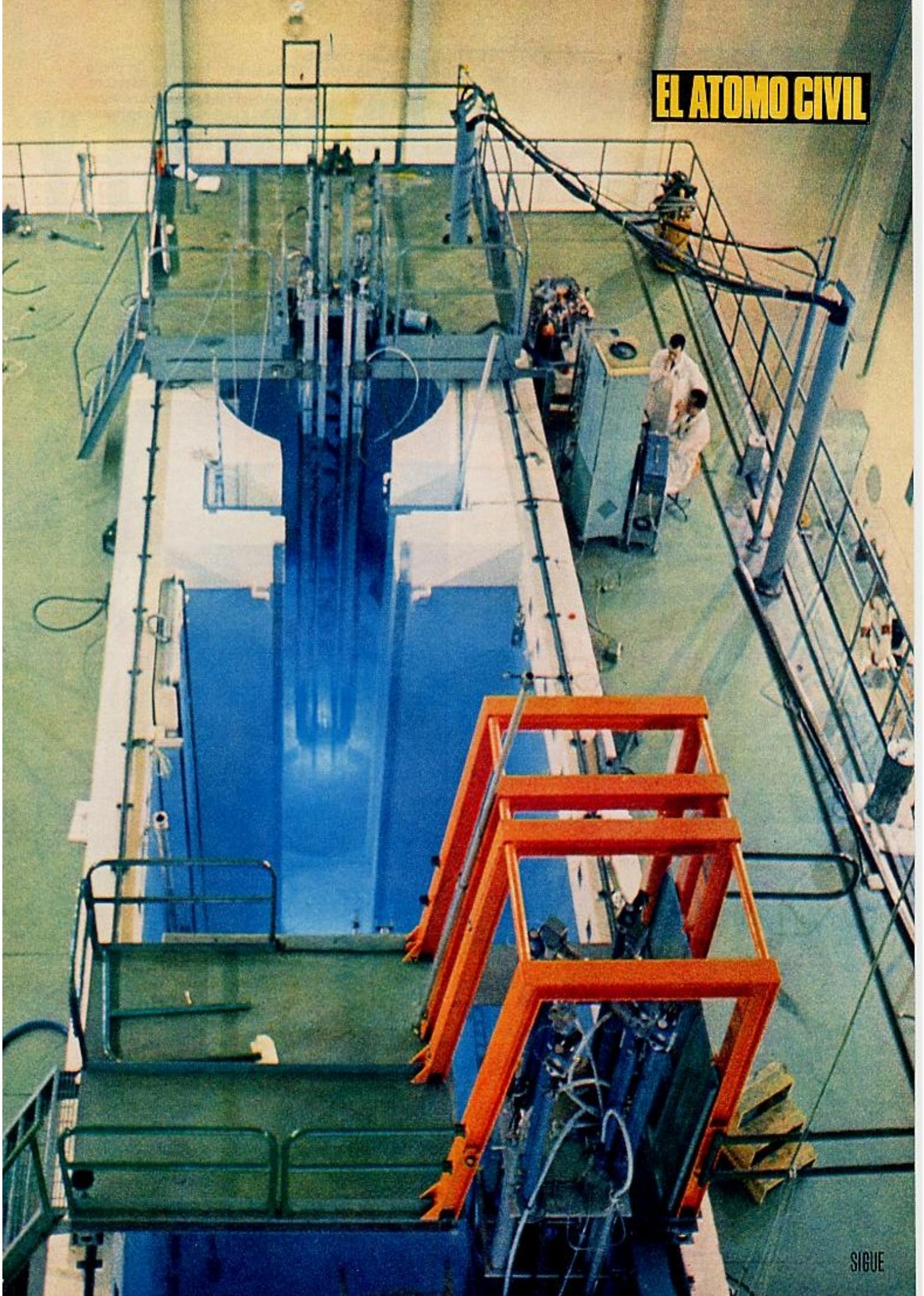




España es el segundo país de Europa, después de Francia, en reservas de material de uranio. Reservas que podemos estimar actualmente en unas 10.500 toneladas de U308. En la foto de arriba, a la izquierda, dos trabajadores de las minas de Cardaña manejan una máquina perforadora. Los rostros cubiertos con mascarillas especiales que les protegen del polvillo radioactivo. En la de abajo, un técnico de la JEN introduce el elemento radioactivo absolutamente aislado en la cápsula de plomo. Una vez cerrada la ventanilla, todas las operaciones deberán realizarse desde fuera mediante los «brazos mecánicos». En estas cámaras se producen los radioisótopos que luego serán aplicados en la industria o agricultura. En la gran foto de la derecha, la pila atómica (JEN 1) de la Junta de Energía Nuclear en pleno funcionamiento. Al fondo, la intensa luz azul que emana de la rejilla radioactiva. En medio, la piscina de agua que sirve de aislante. En primer término, la segunda pila (JEN 2) instalada por la Junta de Energía Nuclear.



# EL ATOMO CIVIL



SIGUE



No deje pasar tiempo. Donde hay un Hotel MELIA, hay 122 días de pleno verano: desde el 1.º de Junio hasta el 30 de Septiembre. Quizá en sus cálculos no entren tantos días para veranear. De todos modos, haga sus planes contando desde el 1.º de Junio: un mes para el que ya se admiten reservas con objeto de evitar apuros de última hora. Le sugerimos tres lugares incomparables para descansar: ISLAS BALEARES, COSTA DEL SOL y resto de la REGION ANDALUZA.

Las fotografías de esta página corresponden a los hoteles situados en la región andaluza

El confort de un Hotel MELIA, sus excelentes servicios y las horas de agradable recreo que ofrece, son parte de los atractivos de MELIA y fruto de su ya larga experiencia hotelera. Haga ahora sus planes veraniegos con MELIA. Encargue sus reservas... y ¡felices vacaciones!



EL CABALLO BLANCO



NEVADA PALACE



EL HIDALGO



CORDOBA PALACE

**UN DATO ESENCIAL PARA SUS PROXIMAS VACACIONES:**

donde hay un hotel meliá  
el verano empieza el  
1.º de junio.

La hospitalidad MELIA le está esperando en estos 10 lugares magníficos:

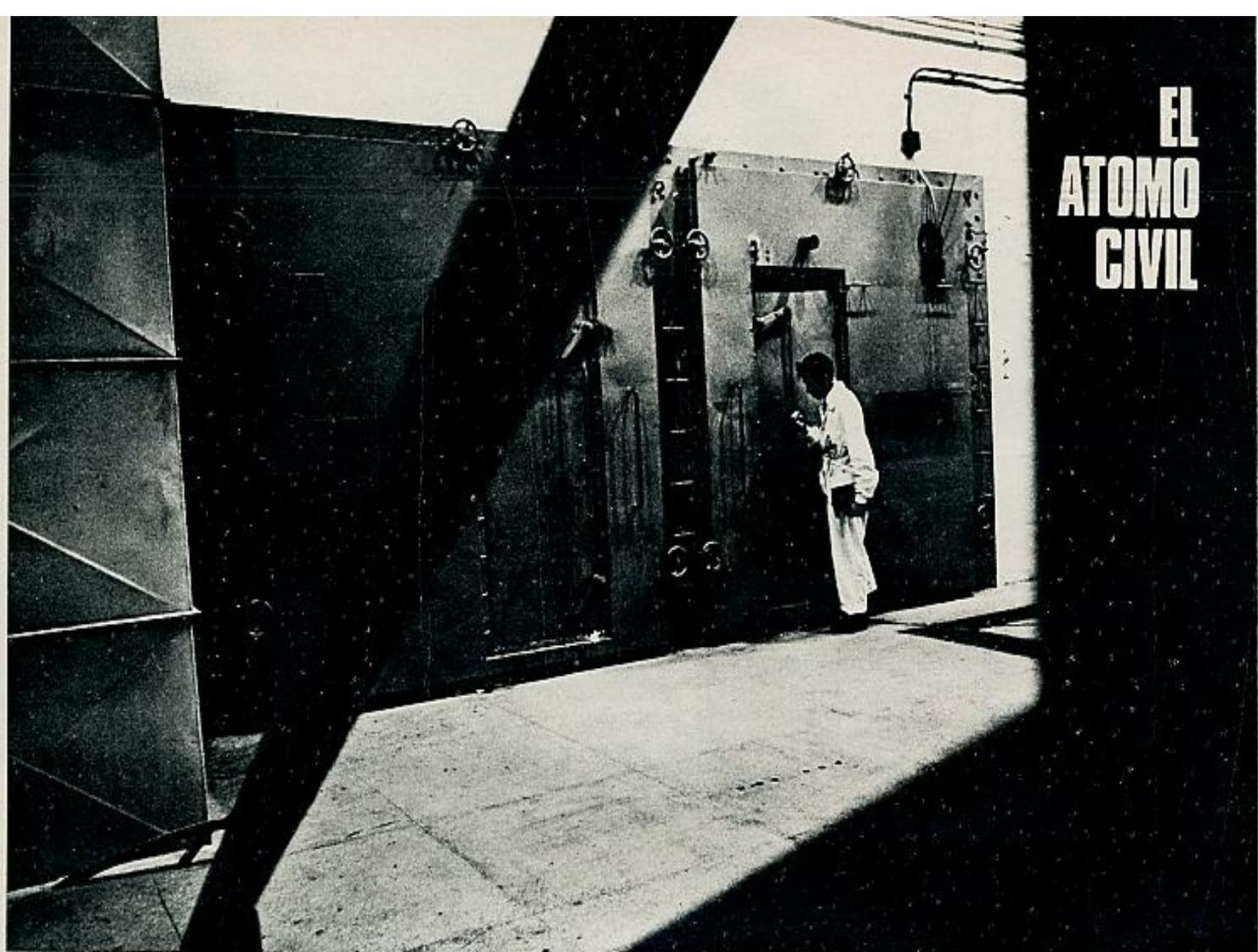
HOTEL DON PEPE,  
HOTEL 3 CARABELAS,  
APARTOTEL TORREMAR,  
MOTEL EL HIDALGO,  
MOTEL EL CABALLO BLANCO,  
HOTEL CORDOBA PALACE,  
HOTEL NEVADA PALACE,  
HOTEL BAHIA PALACE,  
HOTEL S'ARGAMASSA,  
APARTOTEL MAGALUF,

Marbella.  
Torremolinos.  
Torremolinos.  
Valdepeñas.  
Pto. Sta. María.  
Córdoba.  
Granada.  
Palma de Mallorca.  
Ibiza.  
Mallorca.

**HAGA YA SUS RESERVAS**

**Hoteles Meliá**

Reservas: Teléfonos 276 99 89 - 225 16 20 - 225 16 29, MADRID, o en su Agencia de Viajes.



El lugar donde se encuentra la pila atómica está herméticamente aislado del resto de las instalaciones. Para entrar hay que esperar a la luz verde.

bajos de prospección de nuevas minas en la zona de Mequinenza-Fraga, Calaf (Barcelona) y Despeñaperros, cuya riqueza en uranio es aún desconocida.

Ahora bien, no debemos olvidar que la explotación de nuevas minas y, por consiguiente, el aumento de las reservas de uranio depende del costo de extracción del mineral en relación con el tipo de reactor en que sea quemado. Así, las cifras de reservas que hemos calculado para España están dadas considerando únicamente el uranio contenido en minerales que permiten obtener concentrados de uranio a precios inferiores a 10 dólares la libra de U308. Pero si se multiplica por un factor elevado la cantidad de energía que es posible extraer de una libra —y esto depende del tipo de reactor que se utilice— será posible explotar económicamente minerales en los que el precio de producción sea mayor. Concretamente, en nuestro país, a un costo de 15 a 30 dólares la libra, las reservas se situarían en 250.000 toneladas de U308.

A la vista de lo anterior se comprende que en todos los países se trabaje activamente en el desarrollo de los reactores reproductores rápidos (breeders), a los que nos hemos referido anteriormente. En nuestro país, la JEN (Junta de Energía Nuclear) ha iniciado la labor en el campo de esta clase de reactores, aunque no puede pensarse en su utilización industrial hasta dentro de 15 ó 20 años, cuando se hayan solucionado una serie de complicados y costosos problemas tecnológicos. Su puesta en funcionamien-

to significaría, sin embargo, elevar nuestras reservas de uranio a la enorme cifra de 19.500 millones de tec.

## planes para el futuro

De momento, en España, los planes nucleares van dirigidos hacia la construcción de centrales moderadas por agua pesada (D<sub>2</sub>O) y que utilizan uranio natural. La razón de esto es bien sencilla. Mientras España cuenta con yacimientos de uranio natural bastante abundantes, no puede pensar en instalar fábricas de separación isotópica para la obtención de uranio enriquecido por el enorme gasto que esto significa. Sería necesario invertir ochenta mil millones de pesetas y emplear de siete mil a ocho mil millones de KWh al año de energía. Por ello, cuando, por cualquier circunstancia (central de Zorita de los Canes), España necesita uranio enriquecido, envía a los USA uranio natural español, que le es devuelto en su forma enriquecida.

Para otoño de 1967 está prevista la entrada en funcionamiento de la central de Zorita de los Canes, con un potencial de 150.000 Kw, utilizando uranio enriquecido, en cuya obtención se habrá empleado uranio natural español. Por su parte, la empresa Nuclenor tiene prevista otra central en Santa María de Garroña (Burgos) de un potencial energético de 440.000 Kw. Por último, en colaboración con Francia, se está negociando la instalación de una tercera central de 480.000 Kw en Hospitalet de los Infantes (Sur de Tarragona). Todas ellas entran dentro de la

primera fase (1962-1972) del programa nuclear español, que para el año 1970 podrá producir 3.150 millones de Kwh.

Sin embargo, aun pensando en el máximo aprovechamiento de los recursos energéticos españoles (energía hidráulica y combustibles fósiles), el déficit eléctrico alcanzaría, en 1970, la cifra de 7.600 millones de Kwh, y en 1975, los 26.500 millones de Kwh. Estos déficits se pueden cubrir de dos formas: mediante centrales térmicas que quemen fuel-oil importado, o mediante centrales nucleares. La elección de uno u otro sistema depende de las características de cada proyecto. Así, para tamaños grandes y elevados factores de utilización son más económicas las centrales nucleares. En esta línea, España trabaja en el desarrollo de un prototipo (DON) moderado por agua pesada (D<sub>2</sub>O) y refrigerado por un líquido orgánico con una potencia de 30.000 Kwe, en colaboración con la compañía americana Atomic International de Canoga Park.

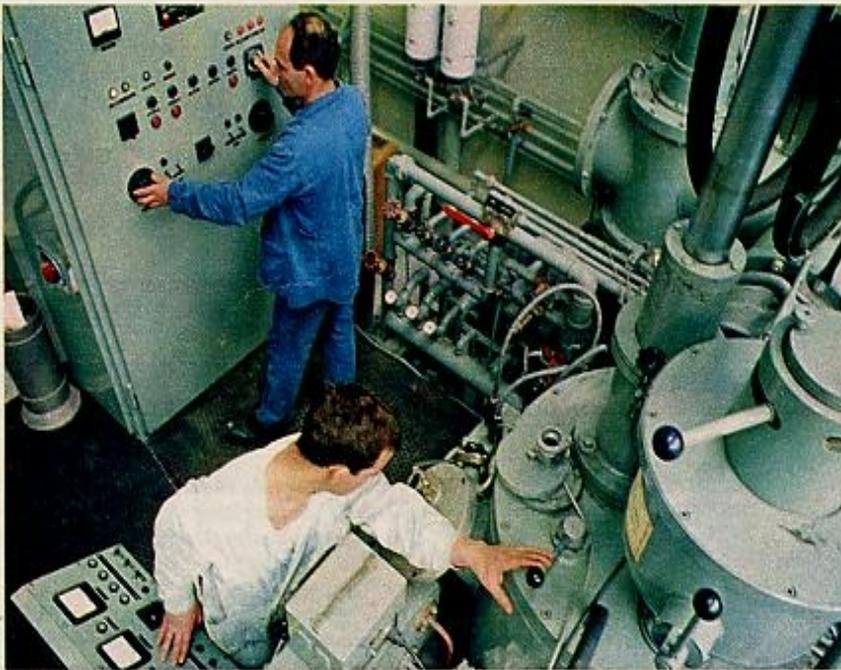
## otras aplicaciones...

En la actualidad, solamente tres países han aplicado la energía atómica para usos marítimos pacíficos. Estados Unidos (el Savannah), URSS (el rompehielos Lenin) y Alemania (el Otto Hann, en construcción). Para la flota mercante española todavía es prematuro pensar en la aplicación de la energía atómica. El enorme gasto no compensa económicamente, aunque otras razones —adquirir experiencia u

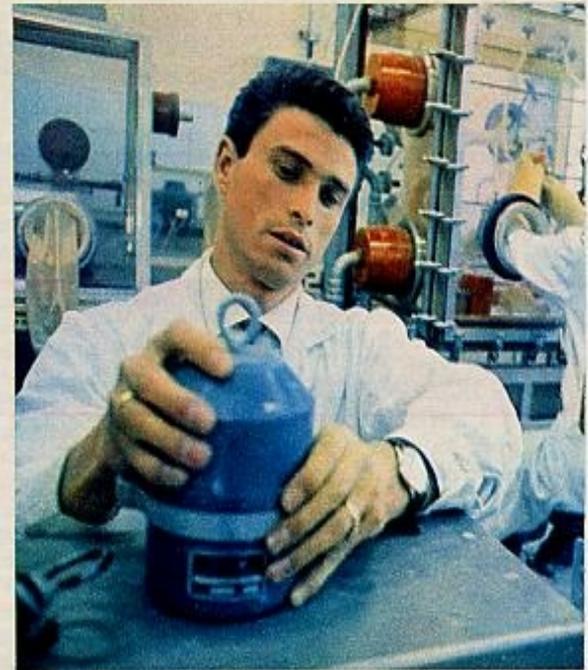
SIGUE



Desde el borde de la piscina, un técnico vigila atentamente la rejilla que está en el fondo de la pila atómica. Las medidas de seguridad deben de ser estrictas, pues una



Es esencial el control de las experiencias que se desarrollan dentro del laboratorio...



Actualmente existe un plantel de 280 técnicos superiores que

objetivos de estrategia militar— pueden justificar su aplicación.

Lo que se está estudiando con creciente interés en nuestro país es la posibilidad de aplicar la energía de las centrales atómicas en la desalación del agua del mar. Parece ser que la zona de Cartagena sería la más favorable para una experiencia de este tipo. Su instalación no es fácil, pues su rendimiento económico exige, por el momento, que coincidan con centrales productoras de electricidad que no siempre pueden ubicarse cerca del mar.

Entre las aplicaciones no energéticas de la fisión del átomo, ocupa un lugar preferente la utilización de los isótopos radiactivos cuya producción se realiza con el concurso del reactor JEN-1 como fuente de neutrones y los tubos verticales. La utilidad de los radioisótopos es prácticamente ilimitada. Tanto la agricultura como la industria los aplican crecientemente. Por ejemplo, para medir la cantidad de abono que absorbe una determinada planta; para la extinción de plagas a través de la esterilización de los machos; creando nuevas variedades de plantas, por el tratamiento isotópico de las ya existentes; midiendo el espesor del papel o de los laminados; calculando el nivel del líquido contenido en una vasija herméticamente cerrada o determinando la lubricación de una determinada clase de aceite.

En nuestro país, el desarrollo de las aplicaciones prácticas y pacíficas del átomo, tanto en su forma energética cuanto en aplicación de radioisótopos, encuentra dos obstáculos principales. Uno de orden financiero, por el enorme costo que exige cualquier plan de investigación o construcción de centrales atómicas, teniendo en cuenta, además, la no excesiva importancia que, hasta ahora, se le ha dado, en términos generales, a la investigación científica en nuestro país. Otro de carácter técnico-industrial, ya que nuestra industria no está lo suficientemente desarrollada como para autoabastecer de máquinas y aparatos de precisión a las necesidades de la aplicación del átomo. Por el contrario, en la preparación de especialistas, España, dentro de sus limitados medios, ha conseguido cubrir sus más perentorias necesidades. Actualmente existe un plantel de 280 técnicos superiores, que trabajan en la JEN, parte de los cuales —los iniciadores de la «era atómica» en España— se han formado en USA, Francia, Inglaterra o Italia. También, en su fase de organización, tenemos el Instituto de Estudios Nucleares, que funciona dentro de la JEN, y tiene organizados dos cursos: uno de ingeniería nuclear, con 35 alumnos, y otro de Física teórica superior.

Parece evidente que en la nueva evolución industrial y técnica que se está produciendo en los países desarrollados el átomo ocupa un lugar preferente. Como fuente de energía para la industria y el transporte, por sus aplicaciones casi ilimitadas en el campo de la física, química o biológica. Nuestro país no debe de quedar al margen o retrasado en este nuevo «salto hacia adelante», como, desgraciadamente, quedó en otras ocasiones. Para ello deberá realizar un especial esfuerzo en el campo de la investigación y preparación de técnicos, en general, y en el campo atómico en particular, pues de ello dependerá cada vez más en el futuro la posibilidad de un desarrollo moderno del país.

(Reportaje gráfico GIGI CORBETTA)

# EL ATOMO CIVIL



Ingenieros, físicos y químicos controlan el funcionamiento de la pila atómica.

calda puede ser mortal.



trabajan en la Junta.