

C E S E D E N

¿QUE HAY SOBRE LA ENERGIA NUCLEAR?

- Por Kenneth F. WEAVER
- De la Revista "National Geographic"  
Vol. 155, nº 4
- Traducido por el Comandante de Ar  
tillería DEM D. Ramón MOIÑO CÁ-  
RRILLO.



Noviembre-Diciembre 1979

BOLETIN DE INFORMACION nº 131-VIII

"La energía nuclear está muriendo", Palabras de Amory Lorms.

"El vigoroso desarrollo de la energía nuclear no es una alternativa, sino una necesidad", Palabras de Hans A. Bethe, de la Universidad de Cornell.

## LAS PROMESAS Y EL PELIGRO DE LA ENERGIA NUCLEAR.

La profunda divergencia de estos puntos de vista ha marcado las discusiones en los últimos años acerca de la energía procedente de la fisión del átomo. El hombre de la calle no sabe quién está en lo cierto.

El debate ha sido frecuentemente emocional, algunas veces desagradable, a menudo confuso. Historias sobrecogedoras acerca de los peligros de la radiación de los materiales nucleares rivalizan con pesimistas previsiones sobre la escasez de energía, problemas económicos y ambientes de desastre si se abandona la energía nuclear.

No hace muchos años las predicciones sobre energía nuclear eran fabulosas. La electricidad nuclear se introdujo como la forma de energía más limpia, barata y conveniente, y parecía llenar gran parte del vacío producido por la predicción de la carencia de gas y petróleo.

Se ordenaron sin cesar plantas nucleares a General Electric, Westinghouse y otras firmas. En sólo tres años, desde 1971 a 1973, se pidieron cientos de reactores, y los cálculos optimistas preveían solicitudes de 1.500 reactores en los Estados Unidos para finales de siglo.

Vino el embargo de petróleo de 1973-74 seguido de fuertes presiones nacionales para utilizar menos electricidad y conservar el pe

tróleo. Al mismo tiempo el precio de la electricidad subió rápidamente.

La siempre creciente demanda de electricidad disminuyó. Las nuevas peticiones de reactores disminuyeron grandemente, solamente 13 en cuatro años, desde 1975 a 1978, y docenas de solicitudes ya hechas fueron canceladas o aplazadas.

Mientras tanto, la política del gobierno cambiaba, pasando de una promoción entusiástica a un apoyo incierto. Las actitudes del público, antes generalmente a favor nuclear, fueron cambiando. Los oponentes montaron demostraciones en los lugares de los reactores, como Seabrook, en New Hampshire, y el Cañón del Diablo, en California. Solicitaban medidas de seguridad y pedían la anulación de futuras peticiones de reactores.

Contra este escenario permaneció un hecho significativo: La energía nuclear produce actualmente 1/8 de la energía eléctrica generada en el país. Más de 70 plantas nucleares en 27 estados recibieron las licencias de autorización y más de otras 90 estaban en construcción.

En 1978 la energía nuclear produjo unos 300 mil millones de Kilowatios/hora, rivalizando con la energía eléctrica y con las centrales térmicas. El 80% de la electricidad producida en Vermont proviene de la energía nuclear; en Maine el 65%, en Connecticut y Nebraska el 50% o más. Todo esto en sólo dos décadas, desde que comenzó a funcionar la primera planta nuclear de los Estados Unidos en Pensylvania.

¿Cuál es entonces el futuro de la energía nuclear? ¿Está dando a su fin? ¿O se recuperará de sus problemas actuales y llenará las promesas de hace años?

Las respuestas son oscuras y llenas de dilemas. He aquí algunos de los argumentos y hechos esenciales necesarios para conocer el problema, basados en los puntos de vista de muchos expertos y en giras por las instalaciones nucleares en los Estados Unidos y Europa.

La base de la energía nuclear es que ciertos elementos pesados de la corteza terrestre, como el Uranio, tienen variedades, llamadas isótopos, que pueden dividirse o fisionarse. Cuando el núcleo de un átomo se divide se forman fragmentos que, juntos, pesan algo menos que el átomo original. La pérdida de masa se convierte en energía.

La fisión del átomo también produce neutrones, partículas subatómicas pesadas. Bajo las adecuadas condiciones éstas bombardean otros átomos fisiónables, lo que producen su división, creando una reacción en cadena.

Un reactor es un elemento que estimula esta división de núcleos en gran escala, de una manera controlada. La energía calorífica resultante se recoge produciendo vapor que mueve las turbinas de generadores que producen electricidad. El principio científico es simple, su puesta en práctica con seguridad es compleja, de alta y sofisticada técnica.

Si pudiésemos ver el corazón de un típico reactor de agua presurizada, el más comúnmente empleado, veríamos el núcleo nuclear, paquetes de gruesas placas de una longitud de unos 4 metros hechas de delgados y relucientes tubos. Cada tubo o varilla se llena con unas 200 piezas de uranio enriquecido.

Las piezas son pequeñas, unas dos veces el grueso de un lápiz y algo más cortas que una pulgada, pero son poderosas. La energía contenida en cada una de ellas es como una tonelada de carbón o cuatro barriles de petróleo. Su coste es de 5 a 10 dólares.

Un gran reactor de los de hoy contiene cientos de miles de varillas en las que están estampadas unos 8 millones de piezas de uranio con un peso de unas 100 toneladas. La capacidad de un reactor de estas características es aproximadamente unos 1.000 megawattios (1.000.000 de Kilowattios) suficiente para una ciudad de 600.000 habitantes. Pero la vida del núcleo es limitada. Un tercio de las varillas deben reemplazarse anualmente durante el período de duración del reactor de unos 30 a 40 años.

Una vez que comienza a funcionar el núcleo se rodea de agua, miles de toneladas circulan a gran presión para eliminar el enorme calor y mantener el reactor dentro de sus límites. El agua, así mismo, modera o disminuye el flujo de neutrones y mantiene controlada la reacción en cadena. El núcleo y agua van dentro de un recipiente presurizado de acero y cemento para impedir que la radioactividad salga al exterior.

Supongamos que se escapa radioactividad ¿cuál es el peligro? Algunas radiaciones, como las de la luz, son inofensivas, pero la radiación

ción de los iones, la producida por materiales radioactivos o la de los rayos X es peligrosa, porque, aunque invisible y sin apreciarse, causa importantes cambios en las células del organismo humano. Su intensa energía puede destruir o modificar las moléculas de las células, rompe los DNA en los genes.

Los efectos a largo plazo pueden ocasionar cáncer si las células dañadas se duplican libremente sin control, o puede ocasionar defectos en el nacimiento o cambios genéticos en generaciones futuras si las células reproductoras se reparten anormalmente y producen desarreglos en los DNA que gobiernan la herencia.

Dos clases de radiación ionizante son partículas cargadas - eléctricamente: las partículas alfa, o núcleos de los átomos de helio, y las partículas beta, o electrones. Las partículas alfa se mueven solo pulgadas en el aire antes de pararse, no penetran en la piel y no son dañinas ya que permanecen fuera del organismo. Sin embargo si un emisor de - partículas alfa como el polvo de Plutonio, se respiran, las partículas alfa depositan todo su contenido de alta energía directamente en las : muy sensibles células de los pulmones y pueden provocar cáncer.

Las partículas beta se mueven varios pies en el aire y pueden penetrar ligeramente en el organismo, afectando principalmente los huesos y la tiroides en caso de que se ingieran. Estas partículas se detienen ante madera o láminas delgadas de metal.

Los rayos gamma, el tercer tipo, son radiaciones electro-` magnéticas de onda corta y alta energía. Penetran fácilmente en el orga nismo, y los reactores tienen una protección de gran grosor de cemento para reducir su intensidad.

Los EEUU tienen tres plantas nucleares civiles de concentración total de combustible. Ninguna de ellas está actualmente en función. (Con excepción de la USSE) han construido ocho plantas y Japón y la India una cada uno.

La antigua política de los EEUU de verter residuos a bajo nivel en el océano, sigue siendo practicada por el Reino Unido.

La mayor parte del uranio de fácil extracción en el mundo occidental se encuentra en los EEUU, Australia, Canadá, Sudáfrica y Níger.

### ATOMOS EN EL FUTURO

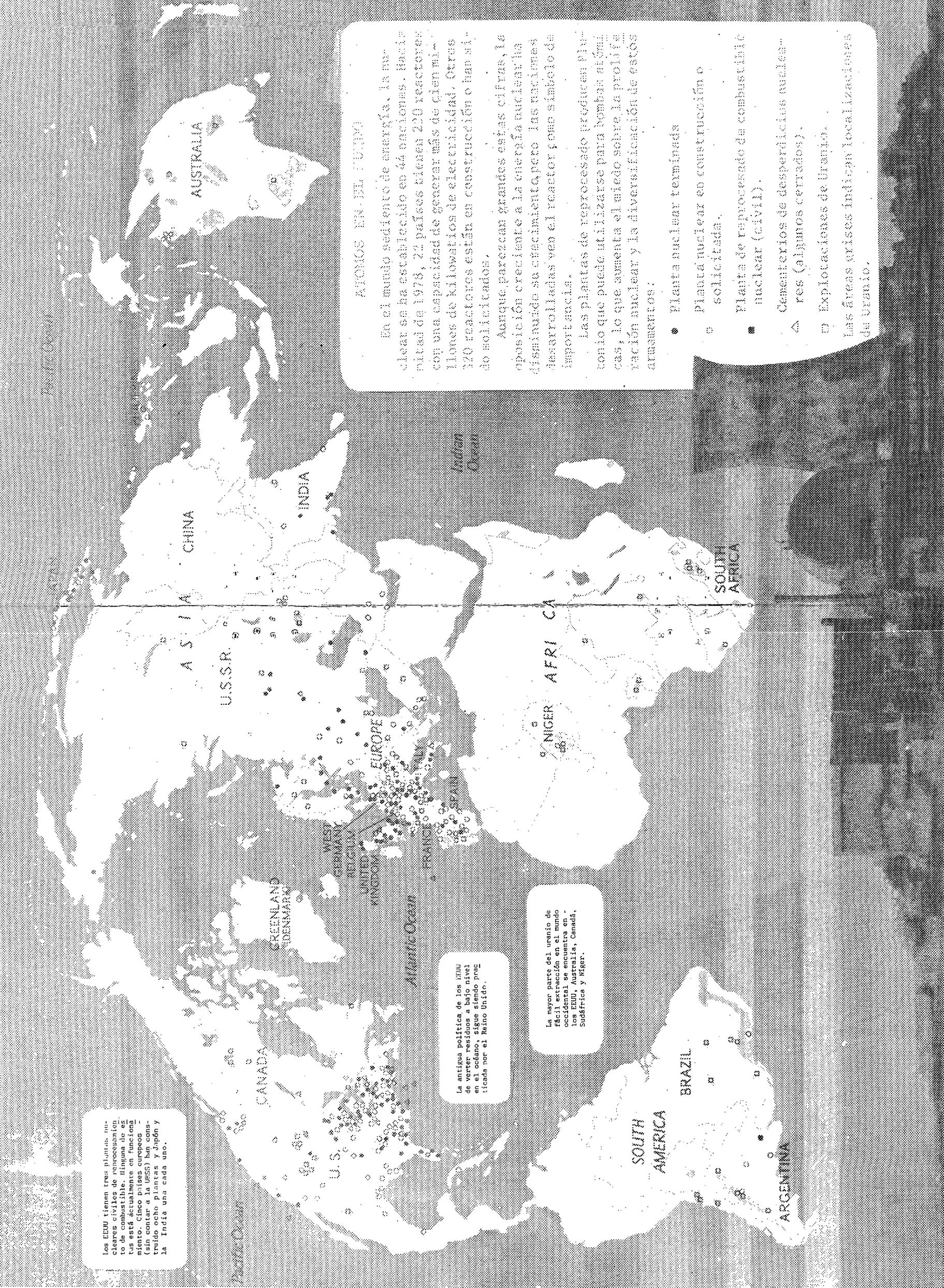
En el mundo sediento de energía, la nuclear se ha establecido en 44 naciones. Hasta mitad de 1978, 22 países tienen 220 reactores con una capacidad de generar más de cien millones de kilovatios de electricidad. Otros 120 reactores están en construcción o han sido solicitados.

Aunque parezcan grandes estas cifras, la oposición creciente a la energía nuclear ha disminuido su crecimiento, pero las naciones desarrolladas ven el reactor como símbolo de importancia.

Las plantas de reprocesado producen plutonio que puede utilizarse para bombas atómicas, lo que aumenta el miedo sobre la proliferación nuclear y la diversificación de estos armamentos.

- Planta nuclear terminada
- ◻ Planta nuclear en construcción o solicitada.
- Planta de reprocesado de combustible nuclear (cívil).
- △ Cementerios de desperdicios nucleares (algunos cerrados).
- Explotaciones de uranio.

Las áreas grises indican localizaciones de uranio.



## LA RADIACION NATURAL INEVITABLE

Aunque no se de uno cuenta, estamos bañados permanentemente en una radiación natural de bajo nivel.

Los rayos cósmicos del espacio, por ejemplo, le envían unos 40 milirems en un año a nivel del mar, y aún más a mayor altura. (Un milirem es la milésima parte del rem, la unidad que se toma para medir la exposición de la radiación).

El uranio, radio y torio en la tierra y cemento, además del carbón radioactivo y el potasio en el organismo, agua o alimentos proporcionan una radiación a la que no se puede escapar. De todas estas fuentes naturales una persona recibe como término medio una dosis en su organismo de unos 100 milirems por año.

Además de esta absorción de radiación natural, mucha gente está expuesta a emisiones ionizantes producidas por el hombre, como los rayos X de diagnóstico médico, lo que producen unos 70 milirems al año. Los televisores y relojes de pulsera de esferas de radio añaden un milirem al año. De todos estos medios naturales y artificiales una persona por término medio al año recibe unos 200 milirems.

Un reactor nuclear funcionando correctamente añade algo, no más de unos cuantos milirems al año para el público expuesto. Actual\_

mente una planta de carbón emite la misma cantidad de radioactividad por los efectos del radio y uranio en el carbón.

¿Qué cantidad es precisa para ser dañina? Los radios biólogos dan una cantidad de unos 600 rems (600.000 milirems) como mortal; 100 rems causan enfermedades; 10 causan daños en el linfático y tristeza, disminuyendo la médula osea y las células sanguíneas, aunque no se sienten los síntomas.

En caso de que se reciba la radiación durante un período de tiempo las causas son menores. Los científicos creen que hay una dosis en la que la radiación no tiene ningún efecto, pero hay algunos que insisten que cualquier nivel de radiación deja su huella. El Dr. Karl Z. Morgan del Instituto de Tecnología de Georgia, último director de la División de Salud Física del Laboratorio Nacional Oak Ridge es de esta última creencia. "Una gran cantidad de pruebas indican que no hay dosis de radiación tan pequeña que no tenga riesgo. La pregunta entonces no es si no hay riesgo por un nivel de exposición pequeño, o cual es el nivel de exposición; la pregunta es la cantidad de riesgo, o a cuanta radiación podemos exponernos para que sea productiva de acuerdo con los beneficios obtenidos, como por ejemplo en casos de radiografías médicas o de la energía nuclear".

Cuando se visita una planta nuclear se tiene una sensación - entre la extraordinaria energía y las medidas de precaución tomadas para controlarla.

Estuve visitando Rancho Seco una planta de energía nuclear en Sacramento, California, con Mike Malmros, inspector de la Comisión Reguladora Nuclear. El reactor de agua, funcionando desde 1975 produce 913 megawattios.

Llegando desde el Sur de una zona de colinas, pasamos a una de viñedos y ranchos, dominada por Rancho Seco con un silo y dos colosas las torres de refrigeración de 127 metros de altura.

El aire y los productos de las granjas que rodean al reactor se controlan constantemente, me dijo Mike, para asegurarse de que la radioactividad que se escapa no excede de los límites permisibles; si estos límites son superiores a los permitidos, se cerraría la planta hasta que se corrigiesen los defectos.

(En la práctica los críticos afirman que las sanciones son por lo general pequeñas para que algunas plantas cumplan con los niveles de seguridad y las normas establecidas).

Una verja de alambre de espino rodea la estación de Rancho Seco, y unos sensores de movimiento detectan a los intrusos, y son tan sensitivos que algunas veces se ponen en funcionamiento con las liebres que pasan.

En la puerta, guardianes lo comprueban con detectores para asegurarse que no se tienen armas ni explosivos. En el interior se cojen dosímetros y cintas registradoras de cualquier radiación que pueda recibirse. Se coloca un traje especial protector contra partículas radiactivas, buzos, botas de plástico, guantes de algodón debajo de otros de goma y pasamontañas que dejan las caras ocultas, excepto los ojos.

Para llegar a la cámara de contaminación tuvimos que pasar por un tunel de aire, los carteles indicaban "Area de contaminación de radiaciones". Dentro del tunel sentimos en los oídos la presión de aire en el interior del mismo. En caso de que hubiera algún escape, a causa de esta presión, el aire circularía de afuera a dentro.

En la cámara pudimos ver el reactor, una enorme botella de acero de 422 toneladas, con 12 metros de altura, 42 de diámetro y un espesor de paredes de 20 a 25 centímetros. En el interior de ella, bajo 27 metros de agua, se quema el fuego de Prometeo, controlado por miles de cables que conectan la cabeza del reactor con motores que mueven las varillas. Si la temperatura se eleva indebidamente, o surge cualquier problema, las varillas caen en el núcleo, absorbiendo los neutrones necesarios, dejando los precisos para la reacción en cadena.

En el cuarto de control, pudimos ver las baterías de luces y válvulas que controlan el funcionamiento de la planta. Una fila de luces verdes nos indicaba que las varillas estaban metidas en el interior del núcleo; el reactor se había apagado para ligeras reparaciones. Mike nos dijo que él comprobaba todo esto en su inspección. Yo vengo sin previo aviso, nos dijo, de cuatro a seis veces por año para ver el funcionamiento y asegurarme que se toman todas las medidas de seguridad. Con su lámpara inspeccionó una fila de cables para ver si tenían polvo o estaban sucias. Ha de limpiarse todo mucho; uno de los secretos para controlar la contaminación radioactiva es mantener todo muy limpio. Comprobé

tuberías para posibles pérdidas y vibraciones. Así mismo vió posiciones de válvulas, lecturas y la posición de otros elementos de la planta. También examinó los informes que indican que se había efectuado las comprobaciones ultrasónicas y otros métodos que aseguran que las soldaduras de los tubos eran correctas y estaban sin fisuras.

Mike me enseñó arcos donde se meten los desperdicios de bajo nivel de contaminación como guantes, botas de plástico, ect..., y son almacenados antes de irse al enterramiento.

Por supuesto que los desperdicios más importantes son las varillas gastadas, ya que el uranio 235 de la fisión se divide en una variedad de productos de fisión, como el cesio 137 y el estroncio 90, la mayor parte de ellos altamente radioactivos que producen calor aún cuando el reactor se apaga. Cuando las varillas gastadas se reemplazan, las usadas deben enviarse por medio de controles a distancia a piscinas cercanas, donde permanecen en tendedores bajo el agua durante meses o años hasta que disminuya su radiactividad.

Después de terminar la inspección nos comprobaron la radiación; metimos las manos y pies en unas ranuras de un detector y finalmente entregamos los dosímetros y cintas registradoras que no indicaron dosis de radiación.

Para los que trabajan diariamente en áreas de radiación, ésta es inevitable. Unos 5.000 milirems al año es la cifra acumulativa permitida en las normas de la Comisión Reguladora Nuclear. Cualquiera que alcance esa cifra no debe trabajar durante el resto del año en ningún lugar de radiación. Los informes indican que la exposición del personal por término medio es de 700 a 800 milirems por año.

Para el público el límite anual de radiación según la Comisión es de 25 milirems, y en la práctica la exposición actual es una ligera fracción de este límite permisible.

Estos límites "aceptables" son motivo de controversia, aunque raramente se alcanzan; algunos críticos insisten que deberían limitarse mucho más.

Los de esta industria indican que no se conoce que el público haya sufrido daño o muerte alguna debido al funcionamiento de ninguna -

planta nuclear. La seguridad es buena comparada con otras industrias.

Los críticos dicen, pero que pasa si ...

Algunas personas no se conforman con estos resultados, indicando numerosas infracciones en las plantas, critican a la Comisión Reguladora Nuclear por no controlar adecuadamente la calidad de construcción de las nuevas plantas.

Se preocupan por ciertos accidentes. ¿Qué pasa en caso de pérdida del líquido refrigerador, en caso por ejemplo que se rompa la tubería principal y no envíe agua al núcleo?

Apagar el reactor no soluciona el problema, ya que aunque se para la reacción en cadena, los productos de fisión de las varillas continúan desintegrándose y generando calor durante largo tiempo, sin refrigeración el núcleo se funde en una o dos horas, cayendo al fondo del reactor y quemándose con el cemento y acero en un día. El aumento de presión en el interior de la cámara puede ocasionar la ruptura de las paredes con la salida de gases radioactivos al exterior. Las consecuencias de "el peor accidente" serían catastróficas, con pérdidas de numerosas vidas, multitud de casos de cáncer, daños en tiroides y contaminación de la superficie, agua potable y quizás cien millas cuadradas de terreno perdido durante muchos años. La magnitud del desastre depende de muchas variables.

Los inventores de las plantas nucleares por supuesto han previsto estas posibilidades introduciendo múltiples barreras y sistemas de seguridad y ya que el máximo peligro reside en el mantenimiento del sistema de refrigeración, el reactor tiene de cuatro a seis sistemas refrigerantes que pueden ponerse en marcha en caso de avería del sistema principal.

La principal pregunta es entonces ¿Que probabilidad hay de que se rompa la tubería, de que los sistemas complementarios de refrigeración fallen y que el núcleo se disuelva?

Todas estas posibilidades se encuentran en el Estudio de las Seguridades del Reactor publicado en 1975 por la Comisión Reguladora Nuclear, publicación también conocida por el informe Rasmussen WASH-1400, debido al director del grupo de estudios Profesor Norman C. Rasmussen, jefe ahora del Departamento de Ingeniería Nuclear.

El estudio calcula que si hubiera cien reactores funcionando, una persona que viva a 25 millas de uno de ellos tendría una probabilidad de morir en un accidente de reactor de 1/5.000 millones (esta cifra no incluye las muertes después de un largo período de cáncer). Por el contrario, el informe indica de las mayores probabilidades de muerte durante el año de accidentes comunes, como por ejemplo los de tráfico 1/4.000, fuego 1/25.000, accidente aéreo 1/100.000, rayo 1/2.000.000, etc.

Se ha criticado duramente el informe Rasmussen por alguna de sus suposiciones y métodos, y porque no consideran la posibilidad de sabotaje.

La crítica más fuerte ha partido recientemente del jurado - Lewis, ordenado por la Comisión; en él se indica que no se pueden confirmar las cifras dadas en WASH-1400, que los márgenes de error e inseguridad son menores, y que el informe no puede utilizarse para probar la seguridad de una Planta Nuclear. La Comisión ha respaldado oficialmente estas críticas, pero los que apoyan la energía nuclear indican que todavía los riesgos son inferiores a otros que la sociedad acepta como normales.

Como dice el Dr. Jerry Cohen del Laboratorio Livermore de Lawrence "Alguien cree que un muerto en accidente de coche no está tan muerto como uno muerto por radiación".

Un problema más inminente que alarma a muchos críticos es lo que hacer con los desperdicios nucleares. Estos desperdicios pueden dividirse en tres grupos:

- Desperdicios de poco nivel radioactivo; como son materiales muy poco contaminados como vestuario, desperdicios de limpieza, polvo después de barrer, etc.
- Desperdicios con alto nivel radioactivo y más peligroso por que contiene emisores de partículas alfa de gran duración como el Plutonio.
- Desperdicios de muy alto nivel que pueden ser de dos clases:
  - 1.- combustible gastado del que un reactor grande produce unas 30 a 40 toneladas por año.

2.- productos del Gobierno de la fabricación de armas.

Este tipo de desperdicios generan calor y radiación de gran poder de penetración durante siglos.

El problema es cómo manejar este material extremadamente peligroso, y aislarlo de tal manera que no dañe las generaciones actuales y futuras, problema que se ha descuidado durante años, y que actualmente se considera seriamente.

El problema no se puede achacar a la energía nuclear, ya que empezó hace más de 30 años cuando los Estados Unidos comenzaron la producción de plutonio para bombas atómicas y haciendo reactores nucleares para submarinos.

Los desperdicios por el concepto de defensa son enormes: unas 500.000 toneladas de material altamente radioactivo y 64 millones de pies cúbicos de basuras menos radioactivas. Todo esto está apilado (y no con gran seguridad, insisten los críticos) en contenedores y enterrados en pozos en tres zonas reservadas para el Gobierno en Washington, Carolina de Sur e Idaho, esperando la decisión gubernamental para depositarlos permanentemente en un lugar.

A esta gran acumulación, las plantas nucleares suman otras 5.000 toneladas de combustible gastado, todas ellas en piscinas de refrigeración cercanas a los reactores y 16 millones de pies cúbicos de material de bajo índice de radioactividad situados en lugares reservados con licencia del Gobierno.

Todavía el miedo a la radioactividad se enfoca hacia las grandes plantas nucleares, y es cierto que sus desperdicios contienen más radioactividad y aumentan más rápidamente que los de defensa. Los críticos están de acuerdo en que los desperdicios son el talón de Aquiles de la industria y que es preciso una solución satisfactoria para este problema si se espera que tenga algún futuro la energía nuclear en los Estados Unidos.

Se busca : Un lugar para depositar los desperdicios nucleares.

El problema por supuesto no es solo de los Estados Unidos, 43 países tienen actualmente algún programa de energía nuclear, de ellos 21 tienen un total de 151 reactores funcionando con una potencia de 56.000 megawatios. Un número similar de reactores en construcción y uno mayor solicitados.

En cualquier caso los desperdicios han de depositarse de alguna forma y todas las naciones que tienen armas nucleares (la Unión Soviética, Gran Bretaña, Francia, China y los Estados Unidos) se preocupan de este problema.

Las naciones han ensayado varios métodos para depositar los desperdicios nucleares. Gran Bretaña ha bombeado desperdicios de bajo nivel radioactivo en el Mar de Irlanda, y la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos desde 1946 a 1970 ha vertido cientos de toneladas de desperdicios de bajo nivel radioactivo en envases al Océano Atlántico 120 millas al Este de la costa de Maryland Delaware, y en el Pacífico 35 millas al Oeste de San Francisco.

Un hallazgo: el sumergible tripulado Alvin ha localizado alguno de estos envases aplastados y perdiendo, rodeado de esponjas.

La Unión Soviética según entendí cuando visité sus instalaciones nucleares, están bombeando los desperdicios de baja contaminación en arena a 2.000 metros de profundidad debajo de una capa impermeable de cemento.

En Alemania Occidental cerca de Hannover visité el primer depósito de desperdicios en una mina de sal. Este tipo de depósitos tiene especial interés para los Estados Unidos ya que hace tiempo consideran la posibilidad de almacenarlos debajo de lechos de sal.

A una profundidad de un Kilómetro, en cámaras abandonadas de poca altura, cuando se abandonó la mina de sal de Asse, he visto agitados en toneles amarillos de acero de 200 litros, ropa y equipo contaminado, cenizas radioactivas y filtros de aire de plantas nucleares. Desde 1967 se han almacenado unos 100.000 toneles de desperdicios de baja contaminación.

Otros desperdicios más peligrosos que han de manejarse con más cuidado se han almacenado también en Asse desde 1972. Toneles de material de contaminación intermedia, protegidos especialmente funcionan por los túneles manejados a distancia mediante gruas que los depositan en contenedores. Por televisión he visto la enorme masa de barriles en una de las cavernas a 15 metros de profundidad Klaus Kühn, director de Asse me dijo que dos metros de sal de roca son igual que cemento en cuanto a protección, lo que es estupendo, añadió, ya que la radiación en esa caverna es de 1.000 rems por hora.

La administración alemana espera que establecerá para 1980 un depósito permanente en minas de sal en Gorleben, cerca de la frontera con la Alemania del Este, aunque pueda que sea difícil ya que al dejar la mina vi pintadas que solicitaban "Kein Atommüll in Asse", no desperdicios atómicos en Asse, y los grupos antinucleares que se oponen al almacenamiento en Asse también se oponen al de Gorleben, por lo cual han bloqueado con éxito el establecimiento de nuevas plantas nucleares.

Virtualmente todos los países de Europa Occidental comparan de alguna forma esta oposición a las plantas nucleares. Por ejemplo en Suiza, que obtiene la cuarta parte de su energía eléctrica del átomo, han caído dos gobiernos debido a asuntos nucleares. En Austria el pasado otoño un plebiscito nacional por un corto margen prohibió el proyecto de construcción de una planta nuclear de 600 millones de dólares en Zwentendorf, con gran descontento por parte del Canciller Bruno Kreisky y su gobierno.

En Francia la oposición llegó al máximo en una sangrienta - revuelta en Super Phenix que será el primer reactor autoalimentado comercial del mundo; en ellas 500 policías mantuvieron una lucha contra - 20.000 manifestantes con el resultado de un muerto y unos 100 heridos.

En los Estados Unidos la oposición nuclear no ha alcanzado proporciones tan violentas, pero el impacto político ha sido fuerte. Dos Estados, California y Maine, han prohibido unas plantas nucleares hasta que se llegue a una solución aceptable para almacenaje de los desperdicios, y otros Estados han impuesto las mismas restricciones.

Para complicar más el problema, ocho Estados han prohibido los depósitos de desperdicios nucleares en su territorio y otros lo

están considerando también. Además de esto un número de Estados y comunidades han prohibido o restringido sobremanera el transporte de materiales radioactivos en sus jurisdicciones.

No sorprende que el problema de los desperdicios es uno de los de gran prioridad en la lista del Ministerio de Energía.

¿Dónde poner los desperdicios? ¿Qué tal si se lanzara al espacio, al sol? Bien, pero sería increíblemente costoso y por ahora imposible, según los expertos, hasta que se ideasen lanzadores y cohetes con todas garantías.

¿Qué tal en la capa de hielo de la Antártica o en la profundidad de los Océanos? Se han considerado ambas posibilidades, pero tienen consideraciones internacionales muy delicadas, además los desperdicios se podrían esparramar por la mar y de ahí a la atmósfera.

¿Qué tal si igual que en la fábula cambiar el plomo en oro, es decir bombardear los desperdicios con partículas nucleares y convertirlos de elementos radioactivos inestables en estables, en sustancias - inofensivas? La idea no es descabellada, después de todo la degeneración radioactiva no es más que una forma de cambio, pero hasta el momento nadie sabe el procedimiento práctico y económico, y el problema no admite espera.

## ANATOMIA DE UNA PLANTA NUCLEAR

La estructura de una planta nuclear generadora de electricidad funciona con los mismos principios que las de otras fuentes. El agua al calentarse produce vapor, el vapor mueve una turbina que genera electricidad.

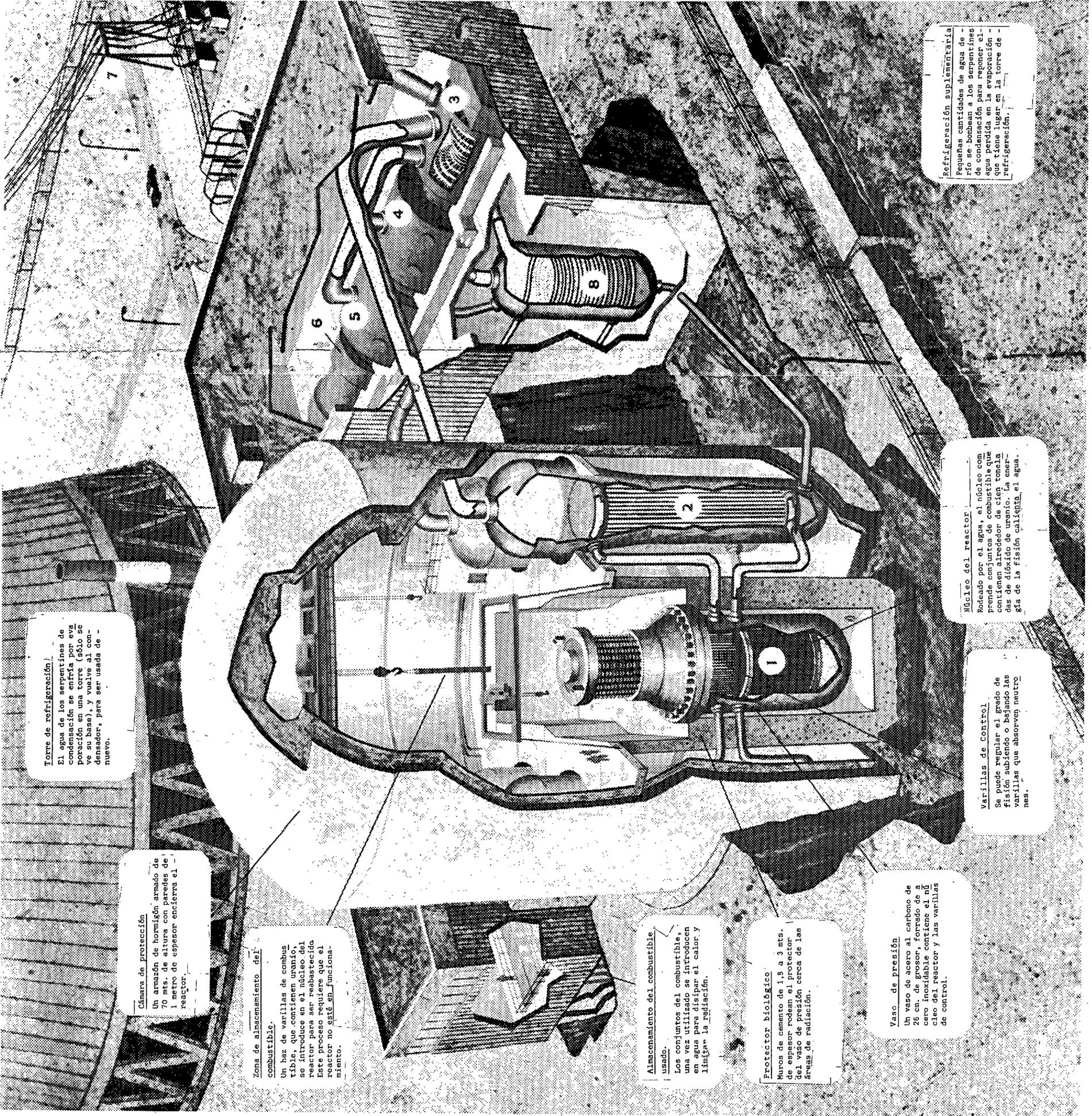
El calor de una planta nuclear es la energía procedente de la fisión o rotura del núcleo de un material fisionable, principalmente el uranio 235.

La energía de la cadena de reacción del uranio en el núcleo del reactor (1) calienta el agua que la rodea, que se envía a las tuberías del generador de vapor (2) para calentar el agua del mismo. Este tipo de reactor se llama de agua a presión.

El calor de los tubos convierte el agua en vapor cuya energía gira los rotores de una turbina de alta presión (3). La energía del vapor continúa a las turbinas (4,5). Un generador de electricidad (6) convierte la energía del giro de la turbina en electricidad para enviarla a las líneas de alta tensión.

El vapor de las turbinas pasa a unos serpentines de refrigeración. Se condensa (8) y se convierte en agua que vuelve al generador de vapor para calentarse de nuevo.

En la figura superior, un neutrón colisiona con un núcleo de U235 (A), fraccionando al núcleo en dos (B). Parte de la energía que divide al núcleo se libera como calor, apareciendo otros neutrones (C) que bombardean a otros núcleos de U235, precipitándose los neutrones en una reacción en cadena auto-mantenida.



**Torre de refrigeración:**  
El agua de los serpentines de condensación se enfría por evaporación en una torre (sólo se ve su base), y vuelve al condensador, para ser usada de nuevo.

**Cámara de protección:**  
Un armazón de hormigón armado de 70 mts. de altura con paredes de 1 metro de espesor encierra el reactor.

**Zona de almacenamiento del combustible:**  
Un haz de varillas de combustible, que contienen uranio, se introduce en el núcleo del reactor para ser reabastecido. Este proceso requiere que el reactor no esté en funcionamiento.

**Almacenamiento del combustible usado:**  
Los conjuntos del combustible, una vez utilizado se introducen en agua para disipar el calor y limpiar la radiación.

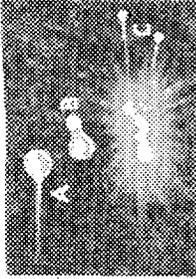
**Protector biológico:**  
Muros de cemento de 1,5 a 3 mts. de espesor rodean el protector del vaso de presión cerca de las áreas de radiación.

**Vaso de presión:**  
Un vaso de acero al carbono de 26 cm. de grosor, forrado de acero inoxidable contiene el núcleo del reactor y las varillas de control.

**Varillas de Control:**  
Se puede regular el grado de fisión subiéndolo o bajando las varillas que absorben neutrones.

**Núcleo del reactor:**  
Rodeado por el agua, el núcleo comprende conjuntos de combustible que contienen alrededor de diez toneladas de dióxido de uranio. La energía de la fisión calienta el agua.

**Refrigeración suplementaria:**  
Pequeñas cantidades de agua dentro se bombean a los serpentines de condensación para reponer el agua perdida en la evaporación que tiene lugar en la torre de refrigeración.



## DEPOSITOS A GRAN PROFUNDIDAD. LA SOLUCION MAS PROBABLE.

Carentes de la posibilidad de soluciones imaginativas, la mayor parte de los expertos tanto aquí como en extranjero creen que los materiales peligrosos de desperdicios radioactivos de larga duración podrían concentrarse en forma sólida, introducirse en contenedores protegidos y almacenarse a cientos o miles de metros de profundidad en las formaciones geológicas adecuadas.

Los científicos están actualmente estudiando estas posibilidades en los lechos salinos, granitos, basaltos y pizarras. Están viendo cuáles son los más estables y pueden impedir mejor la pérdida de radiactividad al medio ambiente.

La tecnología actual permite la colocación de los desperdicios en las formaciones geológicas profundas y sellarlos, de acuerdo con el informe del Grupo de Revisión de Interagencias sobre manejo de los desperdicios nucleares, trabajo en el que tomaron parte 14 organismos federales.

"Parece factible un aislamiento de los desperdicios radioactivos de la biosfera durante unos cuantos miles de años", dice el informe

El proceso de solidificar los desperdicios en forma de vidrio ya ha sido realizada. En Francia en el Centro Nuclear de Marcoule, el Gobierno tiene en funcionamiento desde el pasado verano la primera planta para vitrificar los desperdicios nucleares.

En el proceso francés el líquido sobrante después de tratar el combustible gastado, se evapora. Los residuos se incorporan a elevada temperatura en bloques de un cristal muy duro de un peso de 680 kilos que según el Gobierno francés, pueden introducirse en barriles de metal y enterrados con seguridad durante siglos.

Muchos científicos en los Estados Unidos son pesimistas respecto al vidrio y creen que la cerámica, por ejemplo, es menos vulnerable a las pérdidas.

Cualquier método que se emplee se requiere un almacenamiento duradero que se cifra en la mitad de la vida de los isótopos más tóxicos, esto es el tiempo que tarda en desaparecer la mitad de la radioactividad. Si la mitad de la vida son 30 años por ejemplo, la mitad de los átomos se desintegran en 30 años, y la mitad de los restantes desaparecen en los 30 años siguientes, y así sucesivamente. La mayor parte de los emisores de rayos gamma en los desperdicios nucleares tienen vidas medias de unos 30 años, con lo que al cabo de los 300 años es relativamente poco peligroso y a los 600 años casi inofensivo. El Plutonio, sin embargo, tiene una vida media de 24.000 años lo que quiere decir que tendrán que pasar 250.000 años hasta que desaparezca la mayor parte de las radiaciones gamma.

En cualquier caso los desperdicios han de almacenarse en lugares a donde no lleguen aguas subterráneas y a donde no se prevean movimientos sísmicos y otras actividades tectónicas. Además deben asegurarse contra cualquier intento de aventura humana.

Se han gastado unos 370 millones de dólares en investigaciones sobre el problema de los desperdicios, y todavía es incierto cuándo se podrá disponer en los Estados Unidos de enterramientos disponibles. El informe del Grupo de Revisión de Interagencias que la Administración Carter va a utilizar como base de su política de desperdicios no es optimista. Se dice que el año 1988 será como muy pronto en el que se disponga de un depósito permanente de prueba, y si se decide que éste sea destinado a un enterramiento en una formación geológica el lugar no estará preparado para antes de 1992.

Mientras tanto, como una medida de transición, el informe recomienda que el Gobierno prepare al menos un pequeño depósito en el que puedan almacenarse unos 1.000 conjuntos de combustible gastado.

Uno de estos depósitos podría excavarse en lechos salinos 25 millas al Este de Carlsbad, Nuevo México, y el Ministerio de Energía ha considerado la instalación de una Planta Piloto de Aislamiento de desperdicios en este lugar que principalmente serviría para defensa y al mismo tiempo para combustible gastado en reactores, pero ha habido problemas y la idea no ha cuajado.

No todo el desperdicio nuclear proviene de defensa o de plantas nucleares. En Nuevo México, Colorado, y donde el Uranio se ha triturado o apilado, montañas de restos, ganga pulverizada después de la extracción del Uranio se han quedado y llevado por viento y lluvia. Una de estas montañas de restos cubre unas cuatro mil millas en Salt Lake City.

Durante años se creía que los desperdicios no eran peligrosos y hasta en un tiempo se utilizaron para material de cimentación de casas y edificios públicos en Grand Junction, Colorado, así como en otros lugares.

Sin embargo, los desperdicios despiden un gas radioactivo, el radon 222 que atraviesa la madera y el cemento. El Radon emite partículas alfa, y sus productos de descomposición, llamados hermanas del radon, son sólidos que emiten partículas gamma que se adhieren al polvo y pueden almacenarse en los pulmones, con peligro de cáncer. Ya que el radon es un producto de descomposición del radio 226, que tiene una vida media de 1.622 años, el problema es duradero.

En las minas de Uranio, la ventilación se lleva la mayor parte del radon, reduciendo la dosis a los mineros, pero se ha hecho poco por eliminar o estabilizar la ganga de Uranio. El informe de la Comisión solicita del Gobierno que tome medidas más enérgicas para evitar la exposición y se han comenzado a dictar normas para depositar estos restos bajo tierra.

Los problemas de los desperdicios se han entremezclado con otros dos muy discutidos: el reactor de autoalimentación y el tratamiento del combustible nuclear.

El reactor de rápida autoalimentación es uno que con el tiempo puede producir más combustible del que consume. Para entender esto se necesita saber algo acerca del Uranio. El Uranio consta principalmen

te de dos isótopos, el Uranio 235 que es fisionable y se utiliza como combustible, que representa el 0'7%, y el Uranio 238 que no es fisionable y que forma la masa principal. Para los reactores el Uranio 235 se enriquece hasta un 3%.

El Uranio 235 se consume en el reactor y el 238 se desperdicia, pero si se coloca alrededor del núcleo de un autoalimentador y se le irradian neutrones rápidos, algunos de los átomos de este Uranio absorben neutrones y se convierten en Plutonio 239 que es fisionable y puede usarse como combustible en los reactores.

Así con los autoalimentadores, es teóricamente posible extraer 60 veces más energía del Uranio que con los reactores convencionales, ya que entonces el Uranio 238 del combustible gastado puede utilizarse de nuevo.

Sin embargo el reactor de autoalimentación tiene sus inconvenientes. Es muy caro, más complicado y en alguna forma más peligroso que los convencionales aunque su temperatura y presión son menores, y utiliza sodio como refrigerante en lugar de agua.

El sodio es un metal suave que se funde justamente debajo del punto de ebullición del agua, se quema en contacto con el aire y reacciona violentamente con el agua, escapándose por cualquier ligerísima grieta, con lo que se debe tener un extraordinario cuidado en su manejo.

A pesar de estos problemas estos reactores ofrecen atractivos para aquellos países que tienen poco Uranio y dependen del Uranio de otras naciones para sus reactores.

El autoalimentador gasta muy poco Uranio. Por ejemplo en Gran Bretaña utilizando este tipo de reactores con solo 5.000 toneladas de Uranio podría tener tanta energía como la equivalente a sus reservas de petróleo y gas del Mar del Norte.

Cuatro naciones utilizan estos reactores. Japón tiene uno pequeño. La Unión Soviética produce electricidad y desaliniza agua con una planta de 350 megawattios en Shevchenko en el Mar Caspio. Gran Bretaña alimenta de electricidad a Escocia con otro Dounreay de 250 megawattios en Phenix, llamado así por el pájaro mítico que renació de

sus propias cenizas simbolizando el autoalimentador que tiene la habilidad de autoalimentarse para crear nuevo combustible al destruir el usado.

Francia con la colaboración de Italia y Alemania Occidental está contruyendo el Super-Phenix en Creys-Malville, cerca de Lyon de 1.200 megawatios, que entrará en funcionamiento en 1983.

Los Estados Unidos van detrás de Europa Occidental en la construcción de autoalimentadores nucleares, lo que no deja de ser una ironía, ya que en 1951 uno de ellos produjo la primera electricidad producida por energía nuclear, capaz de dar luz a cuatro lámparas. Hoy el reactor experimental de autoalimentación nº 1 en Palao Falls, Idaho es un hito histórico.

No se sabe si los Estados Unidos construirán grandes reactores de autoalimentación. La Administración Carter se opone a ello basándose en que es innecesario por razones económicas y por la carestía de Uranio, y también porque produce Plutonio, necesario para bombas atómicas, temiendo que contribuya a la proliferación de armas nucleares entre naciones que no las posean.

Por esta misma razón la administración se opone al proceso del combustible gastado, un paso necesario para extraer y procesar el Plutonio.

El Presidente Carter espera que las naciones sigan a los Estados Unidos impidiendo la construcción del autoalimentador y el proceso del combustible usado, y así el Presidente ha negado la continuación de la planta de transformación del combustible gastado en Barnewell, Carolina del Sur, del que ya se han gastado 250 millones de dólares y que transformaría el combustible gastado de 50 reactores.

La Administración intenta, asimismo, parar el proyecto de un autoalimentador en Clinch River, Tennessee, financiado por el Estado Federal, de 350 megawatios, y en el que se han invertido ya 600 millones de dólares en plantas y componentes.

El Ministerio de Energía asegura que Clinch River es un diseño anticuado y pobre que ha sido retardado demasiado para ponerse hoy día en marcha.

El Congreso se opone a las ideas del Presidente y mantiene el asunto al menos durante el presente año fiscal; los oponentes indican que si se le diera luz verde al reactor de Chuch River podría empezar a generar energía a finales de 1986.

### Minería

El uranio está presente en todas las rocas de la corteza terrestre, pero los depósitos aprovechables son pequeños y se encuentran dispersos. Las minas de Nuevo México y Wyoming proporcionaron la mayor parte de los once millones de toneladas que consumió la industria nuclear nacional el último año.

### Conversión en UF<sub>6</sub>

En la fábrica el mineral es triturado y tratado químicamente para extraer 1,3 kg de óxido de uranio (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) por tonelada de un concentrado conocido como pastel amarillo. Este se convierte en hexafluoruro de uranio (UF<sub>6</sub>).

**Enriquecimiento**  
Calentado hasta alcanzar el estado gaseoso, el UF<sub>6</sub> se lleva a unos dispositivos de difusión gaseosa para aumentar la proporción del uranio 235. Este isótopo del uranio es el que se fisiona en el reactor.

### RECICLADO DEL URANIO

La controversia sobre la energía nuclear sobre la energía nuclear en los Estados Unidos se centra a menudo en el ciclo del combustible (serie de procesos desde la mina hasta la utilización como combustible).

Gran parte del material gastado se puede aprovechar para su posterior utilización por medio de un nuevo procesado. Por ejemplo, cerca de 1/3 del Uranio original 235 no ha sido totalmente quemado, por lo que puede añadirse a nuevo Uranio y enriquecerlo para combustible.

Al mismo tiempo, el combustible gastado contiene una parte sustancial de Plutonio que se ha formado por el bombardeo de neutrones en el reactor, que es fisionable como el Uranio 235 y puede usarse como combustible en el reactor. El Plutonio puede también utilizarse en la fabricación de bombas, y mucha gente está profundamente preocupada con la posibilidad de que este Plutonio, se parado de los desperdicios pueda ser utilizado por los terroristas o naciones irresponsables, contribuyendo con ello a la proliferación de armas nucleares. Por todo ello, los críticos nucleares se oponen normalmente al reciclado, inclinándose por que el combustible gastado vaya directamente a almacenamientos permanentes.

### Conversión en combustible

El gas UF<sub>6</sub> enriquecido se convierte en dióxido de uranio (UO<sub>2</sub>) con el que se forman cápsulas. Cada una de estas equivale a una tonelada de carbón. Millones de cápsulas en finas varillas de combustible conforman el núcleo de un reactor.

### Reprocesamiento

Protegidos por hormigón y cristal, los obreros manejan los mandos a control remoto cuando reanuran el uranio y el plutonio de los residuos para el reciclaje.

### Otros productos

Algunos radioisótopos del combustible consumido podrán ser utilizados aún en la terapia del cáncer o como trazadores radioactivos en medicina.

### En los reactores

Los átomos de uranio en fisión se dividen en elementos más ligeros, conocidos como productos de fisión. Algunos, como el estroncio y el cesio, son bastante más radioactivos que el uranio. El combustible consumido, al ser sacado del reactor debe ser almacenado bajo agua. Después podría ser reprocessado para recuperar materiales para un uso posterior.

## EL AUTOALIMENTADOR A PUNTO DE TERMINARSE.

A pesar de los problemas de Clinch River, la investigación sobre autoalimentadores continúa en los Estados Unidos con un presupuesto de casi 600 millones de dólares al año, lo mismo que están gastando en otros países.

En el desolado desierto en la parte Sureste del Estado de Washington, en una zona reservada de 1.476 kilómetros cuadrados en Hanford, el Ministerio de Energía está terminando la construcción de un lugar de pruebas para combustibles y materiales de autoalimentadores, no para generar energía eléctrica.

Este reactor de 540 millones de dólares, utilizará Plutonio y Uranio como combustible y como líquido refrigerante 200.000 galones de sodio. El Gobierno espera que estará terminado este año.

El resto del mundo no comparte las ideas del Presidente Carter en cuanto a los autoalimentadores. Observadores oficiales con quien he hablado en Europa Occidental opinan al unísono:

"Los Estados Unidos pueden soportar el abandono de los autoalimentadores, ya que tienen Uranio, petróleo y mucho carbón, nosotros carecemos de todo eso, tenemos que ir al autoalimentador y al procesado del combustible usado para atender a la demanda de energía".

N.T.: El autoalimentador en España se denomina reactor rápido.

Al mismo tiempo estas naciones, junto con la Unión Soviética y Japón están preocupadas con la proliferación de armas nucleares, y apoyan el Organismo de Energía Atómica Internacional (IAEA) con sede en Viena que trata de salvaguardar la diversificación de combustibles nucleares.

Inspectores de la IAEA visitan plantas en muchos países para ver si los abastecimientos de Plutonio y otros materiales fisiónables reúnen las garantías de seguridad adecuadas. Pero estos vigilantes son perros sin dientes, pues no inspeccionan a la Unión Soviética, Estados Unidos y otros países menores que no han firmado el Tratado de No proliferación Nuclear, además estos inspectores no tienen poderes y simplemente tratan de detectar la diversificación.

Aquellos que temen la proliferación y diversificación (y hay muchos) advierten que la bomba que devastó Nagasaki en la II Guerra Mundial tenía sólo de 10 a 15 libras de Plutonio.

¿Qué pasaría si terroristas o irresponsables dictadores pudieran robar el Uranio o Plutonio?

Un misterioso incidente en 1960 dió colorido a esos temores. La historia es de novela.

En un día de vendaval de Noviembre de 1968 el carguero Scheersberg A. con bandera liberiana, zarpó de Antwerp con una nueva tripulación. A bordo iban 200 toneladas de óxido de Uranio de una mina del Zaire con destino a Génova. Toda la documentación estaba en regla.

Una vez en aguas internacionales el cargamento desapareció el Scheersberg-A nunca llegó a Génova. Cuando llegó a un puerto turco 15 días después, el cargamento valorado en 3.700.000 dólares, había desaparecido.

Agentes secretos trataron de seguir las pistas del barco sin encontrar nada. El misterio continúa sin resolverse.

¿Fue raptado por un grupo privado?, o como alguien cree, ¿el Uranio terminó en un laboratorio secreto nuclear en un desierto israelí?

Producción, desperdicios, plutonio, proliferación. Estos problemas atormentan la energía nuclear. Otros dos problemas están a debate ¿Cuesta demasiado? ¿Como hacer frente a las necesidades energéticas sin aumentar la energía nuclear?

Muchos indican que los reactores producen electricidad más barata que las plantas de carbón, lo que es especialmente cierto si las últimas se equipan con todos los elementos necesarios para proteger el ambiente, filtros de partículas, para eliminar el óxido, para el dióxido de sulfuro, etc.

Otros economistas no están de acuerdo indicando que hay que tener en cuenta el coste del almacenamiento de desperdicios de las plantas nucleares. El precio para desmantelar o enterrar eleva de un 5 a un 30 % el coste de construcción, con lo que la energía nuclear sería muy cara.

Aún el coste inicial está desbordándose. Una típica planta nuclear terminada hace años costaba alrededor de 200 dólares por Kilowatio de capacidad. Los precios en los próximos años se triplicarán y para 1990 se habrán triplicado de nuevo, aunque por supuesto las plantas de carbón se habrán multiplicado también.

Los servicios con grandes desembolsos de dinero y aumento de la inflación, han de pasar ahora por un largo período de licencias y proceso de construcción.

¿Si no vamos a la energía nuclear, qué hacer entonces? ¿Petróleo? . Con la demanda individual estamos importando más y más petróleo a altos precios. Actualmente importamos nueve millones de barriles diarios con un coste de 45.000 millones de dólares al año. Este desembolso arruina nuestro balance, contribuye a la caída del dólar y anima la inflación. John O'Leary, Subsecretario de Energía, estima que el petróleo importado costará en 1985, 100.000 millones de dólares si no disminuimos las importaciones.

¿Gas? Se ha disminuido el carbón por su escasez, y aunque las reservas de gas parecen mayores de lo que se creía, su explotación a gran escala llevará años.

¿Carbón? Cada vez más se temen los efectos contaminadores del carbón con sus lluvias de ácidos, óxidos, nitrogenados y óxidos sulfurosos, y quizás lo peor que al quemarlo produce enormes cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera, lo que impide la radiación del calor desde la superficie.

Muchos científicos creen que este efecto, junto con otros aumentará el promedio de temperatura, pudiendo en el próximo siglo llevarnos a una catástrofe de dióxido de carbono con cambios desastrosos en la temperatura del globo.

¿Otras fuentes de energía? La nación, cada vez más trata de explotar la energía solar, la fuerza del viento y la energía geotérmica. Especialmente la energía solar ofrece grandes posibilidades cuando se desarrolle la tecnología para su utilización, pero su contribución a la producción de energía eléctrica está todavía muy atrasada.

Aun más prometedor es la fisión del átomo de hidrógeno, la energía utilizada por el sol y las estrellas.

¿Ahorro? Un objetivo más costoso para los americanos que derrochan más energía per cápita que los europeos. Todos esperan el ahorro y en su esfuerzo se han disminuído las demandas de energía eléctrica, pero parece dudoso que los americanos tomen las adecuadas medidas para no doblar el uso de la electricidad a principios del próximo siglo.

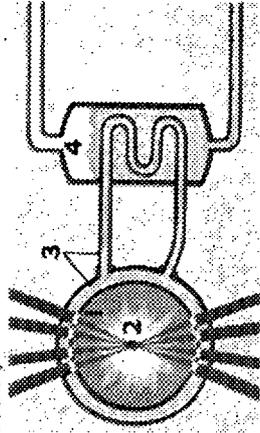
Con todo esto ¿se prevé el fin de la energía nuclear?. Algunos, con esperanza, creen que sí, otros con amargura, también lo creen. Todavía algunos ven la vuelta de la energía nuclear si se facilitan los problemas de licencias, inseguridades y retrasos en la construcción que aumentan los costes, si disminuye la falta de capital y los altos porcentajes de intereses, y lo que es más importante, se la aceptación del público hace que se solucionen los problemas de los desperdicios y de la seguridad de los materiales.

Es una situación sombría, llena de emoción e inseguridad. Solo un hecho es cierto y no es reconfortante: la energía nunca volverá a ser fácil ni barata.

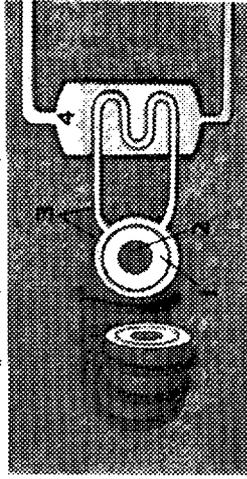
**LAS PROMESAS DE LA FUSION NUCLEAR**

¿Energía segura? ¿Energía limpia? Energía procedente de un combustible abundante, Hidrógeno, compo- nente del agua. Aquí radica la pro- mesa de la fusión, el mismo proceso energético del sol. Pero para encen- der el horno de fusión de un reactor se requiere un fuego infernal de cien millones de grados Celsius.

A estas temperaturas el núcleo de Tritio y Deuterio A se funde en un núcleo inestable B que suelta un neutrón de alta ener- gía C, formándose un núcleo de Helio. En un reactor el neu- trón soltará su energía cinética en forma de calor. A simple vista la teo- ría es sencilla pe- ro su puesta en prác- tica presenta grandísimas dificulta- des que no serán salvadas hasta el próximo siglo. Los dos tipos de fusión principales en los que se investiga son los rayos laser y los magnetos.



Los rayos laser causan la fu- sión del Tritio (2) absorbiendosu energía que se transfiere al genera- dor de vapor (4).



La técnica de los campos magné- ticos permiten la fusión (2), y el Litio absorbe y transfiere la ener- gía de esta fusión a un generador(4).

Generador de rayos. Un oscilador en el interior genera el destello de luz laser de una longitud de 1 pulgada y de una anchura de 1/40 de pulgada.

Divisores de rayos. Unos elementos ópticos dividen un rayo en 20 que se dirigen por los tubos rojos hacia el blanco.

**Bastidores espaciales**

Ocho kms. de tubos de acero de sección cuadrada, forman la ing- talación que sostiene la cámara del blanco y los componentes del sistema laser.

El artefacto laser de múltiples rayos, conocido como Shiva debido a su semejanza con el dios hindú de va- rios brazos, aplica sobre las capsulas de combustible una fuerza de mas de 20 trillones de vatios en menos de una billonésima de segundo. El objetivo es tratar de que la energía producida por la fusión sea igual a la transmitida por el laser. Se ha planeado un suce- sor de Shiva llamado Nova, que empleará un laser de 200 trillones de vatios y podrá conseguir el objetivo indicado, demostrando la viabilidad de los lasers en los reactores de fusión.

Condensadores. Grupos de conden- sadores almacenan la energía eléc- trica necesaria para los amplifi- cadores laser.

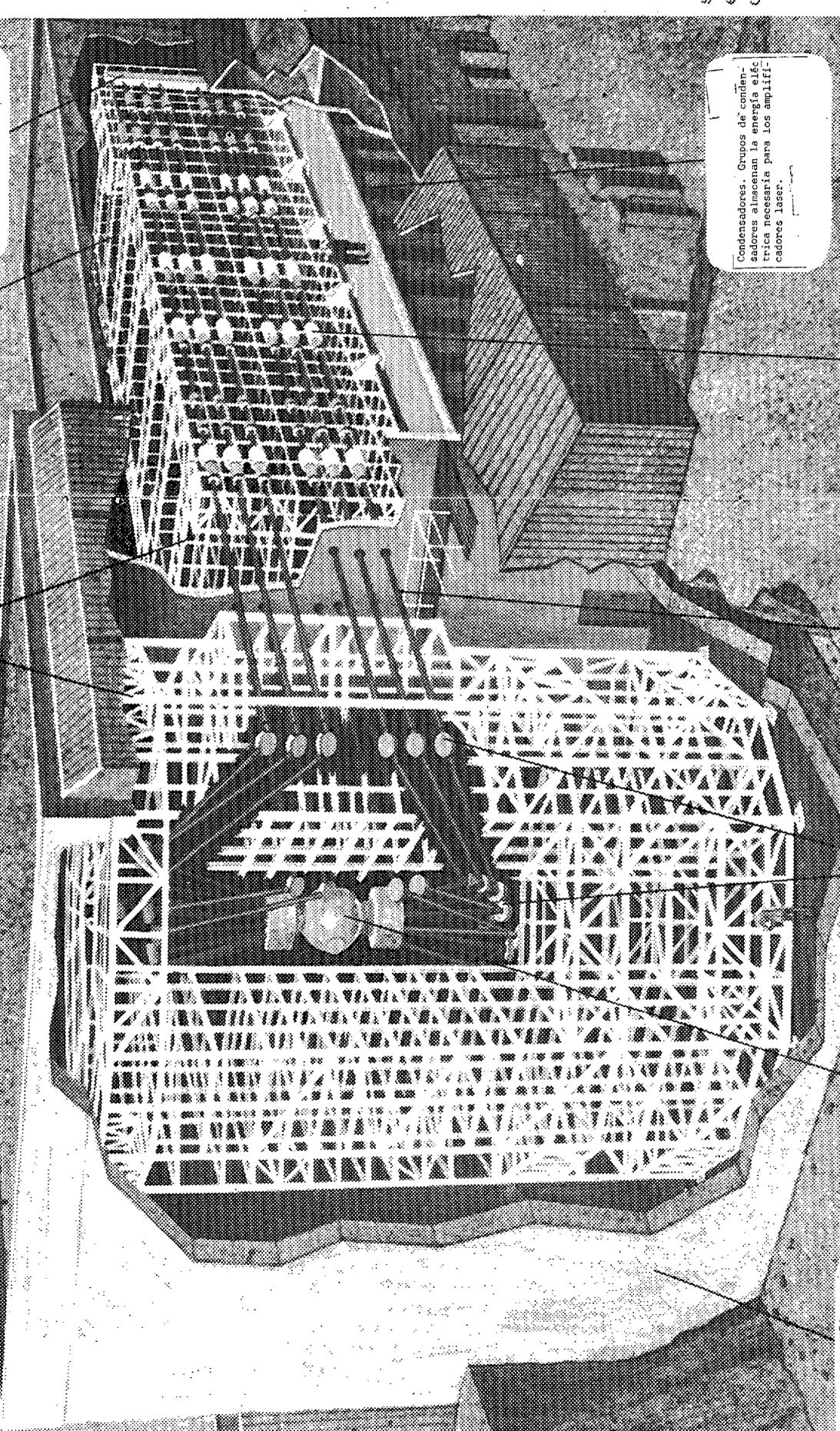
Amplificadores laser. Un siste- ma de amplificación (azul y blan- co) aumenta la potencia de los rayos y los aumenta también de tamaño.

Salida de los rayos. Cada rayo sale con un pie de diámetro y un millón- de veces con mayor potencia que ini- cialmente.

Espesores de giro. Los rayos se dirigen por medio de estos espe- jos hacia el blanco (en azul).

Cámara de fusión. Una serie de lentes dirigen los rayos hacia el blanco iniciando la fusión.

Protección de cemento de un espesor de 1,2 mts. Impiden la salida de los neutrones que escapan en fisión.



## PREGUNTAS Y CONTESTACIONES

¿Cuál es la diferencia entre fisión y fusión?

- Fisión implica la división del núcleo de ciertos átomos pesados como el Uranio.

- Fusión implica la unión de dos átomos muy ligeros como el Deuterio y Tritio.

En ambos casos la reacción nuclear produce grandes cantidades de energía.

¿Cuál es la diferencia entre los reactores?

- Los reactores de agua incluyen:

(1) Reactores de agua presurizada. Son los más comunes; utilizan agua a presión para enfriar los núcleos del reactor. El calor se envía a un ciclo secundario para producir vapor, el cual genera la potencia de las turbinas.

(2) Reactores de agua hirviente. Utilizan también agua para la refrigeración permitiendo que ésta se caliente para el vapor de las turbinas.

Los reactores pueden utilizar gases o agua pesada (que contiene hidrógeno o deuterio) para la refrigeración. Los reactores de autoalimentación refrigeran con sodio líquido.

La mayor parte de los reactores utilizan Uranio 235 como combustible, también pueden utilizarse Uranio 233 y Plutonio 239 como combustibles para reactores.

¿Puede una planta nuclear explotar como una bomba? No. El Uranio 235 utilizado normalmente en reactores no está suficientemente enriquecido para una explosión nuclear, pero por supuesto en una planta nuclear puede producirse una explosión de vapor bajo ciertas circunstancias.

¿Es probable que carezcamos de Uranio?

- A los precios actuales de unos 40 dólares por libra, las minas de los Estados Unidos pueden producir Uranio 235 para todos los reactores del país durante el resto de este siglo. El reactor de autoalimentación que consume Uranio 238 convirtiéndolo en Plutonio aumenta el abastecimiento del reactor multiplicándolo por 60.

¿Qué es el reprocesado?

- El producto después de ser utilizado en un reactor contiene materiales válidos como Uranio y Plutonio 239, formados por el intenso bombardeo de neutrones durante el proceso de fisión. Mezclados con estos materiales útiles hay también otros altamente radioactivos y muy peligrosos como el Cesio 137 y el Estroncio 90.

- Las Plantas de reprocesado separan estos materiales por procedimientos químicos, concentrando los peligrosos para su almacenamiento y aprovechando los útiles. Así es como, por ejemplo, el Ministerio de Defensa obtiene el Plutonio para sus armas nucleares.

- El reprocesado es esencial para los reactores de autoalimentación, que pueden utilizar el Uranio de nuevo como combustible, así como el Plutonio con el mismo fin.

¿Si un país del Tercer Mundo construye una planta nuclear puede también fabricar armas nucleares?

- Todos los reactores producen Plutonio como producto adicional. Con una planta de reprocesado este Plutonio puede separarse y purificarse, siendo de valor para armas nucleares; es esta la razón por la cual mucha gente opina que al extender la tecnología nuclear, se extenderá el reprocesado, la proliferación de armas nucleares y la amenaza de una guerra nuclear.

- La proliferación nuclear, es para muchos críticos, el mayor peligro de la energía nuclear, El Club nuclear (las naciones que poseen armas nucleares) lo forman actualmente cinco miembros. Dos o tres naciones se creen que tienen armas nucleares clandestinamente, y otras las desean como una cuestión de orgullo nacional o para mantener el equilibrio de poder frente a un vecino hostil.

¿Qué sucede si los terroristas obtienen algún cargamento de materiales nucleares?

- Probablemente los terroristas desean robar Plutonio para bombas, pero probablemente no querrán Plutonio como producto del combustible gastado en los reactores, ya que contiene productos de fisión altamente radioactivos como Cesio 137 y Estroncio 90, pero si por un reprocesado se separa el Plutonio, se reduce enormemente la radioactividad. Es esta la razón por la que el Presidente Carter y otros, se oponen al reprocesamiento del combustible consumido en las Plantas nucleares.

¿Cuánta energía necesita los Estados Unidos?

- Estados Unidos consume alrededor de 76 cuatrillones de Unidades Térmicas inglesas. Con el aumento de población y la expansión industrial la demanda aumenta, aunque los precios mucho más elevados tenderán a disminuirla.

- Se estima que para el año 2.000 la energía necesaria será de 100 ó 125 cuatrillones.

## Vd. Y LA RADIACION

En la Naturaleza hay 60 variedades o isótopos de elementos químicos que son radioactivos, es decir, que se transforman continuamente o degeneran en nuevos elementos, soltando en su proceso energía en forma de radiación. Otros 200 radioisótopos se forman artificialmente en ingenios nucleares como los reactores.

Cuando penetran en el cuerpo emisiones de sustancias radioactivas, dañan las células ionizándolas (arrancando electrones de sus átomos). Si el daño es de poca importancia, o tiene lugar lentamente, el cuerpo repara los daños, pero si es grande, la reparación es imposible y pueden ser importantes las consecuencias biológicas: enfermedad, reducción del tiempo del embarazo, cáncer o defectos genéticos en futuras generaciones.

El tiempo que un elemento radioactivo tarda en degenerar o transformarse se mide por su vida media. Después de uno de esos períodos permanece con la mitad de su radioactividad; al cabo de dos períodos, con un cuarto, y después de 20 períodos, con una millonésima.

Algunos elementos radioactivos se transforman rápidamente: La iodina 133 tiene una vida media de 21 horas; pero la iodina 131, de 8<sup>1</sup> días, y la 129, de 17.000.000 de años.

Ciertas partes del cuerpo, como las glándulas y tiroides, tienen una sensibilidad especial a la radiación, y algunos radioisótopos tienen una afinidad particular, como el estroncio 90, que va en busca de los huesos, y la iodina, que se concentra en la tiroides antes de eliminarse.

La iodina 131, el cesio 137 y el estroncio 90 (todos producidos en reactores nucleares) son peligrosos para el organismo, especialmente si están en alimentos.

La mayor parte de los científicos creen que no hay una dosis inofensiva para la radiación, aunque constantemente la estemos recibiendo de fuentes naturales, como rayos cósmicos y las piedras de granito de los edificios.