

I. El cicle del combustible nuclear

Josep Puig

1. INTRODUCCIÓ

Una central nuclear és, a despit de la seva complexitat, una part molt petita del cicle del combustible nuclear. La producció d'electricitat mitjançant l'energia atòmica consta de molts graons.

El cicle de combustible nuclear comença a les mines d'urani i acaba amb l'emmagatzematge de les deixalles generades pels reactors. El cicle del combustible inclou, abans que la fissió pugui tenir lloc en el reactor, les següents etapes: *Mineria; fabricació de concentrats; enriquiment; fabricació del combustible; reactor nuclear.*

Aquestes activitats són conegudes com la part davantera del cicle del combustible, ja que tenen lloc abans que es generi l'electricitat.

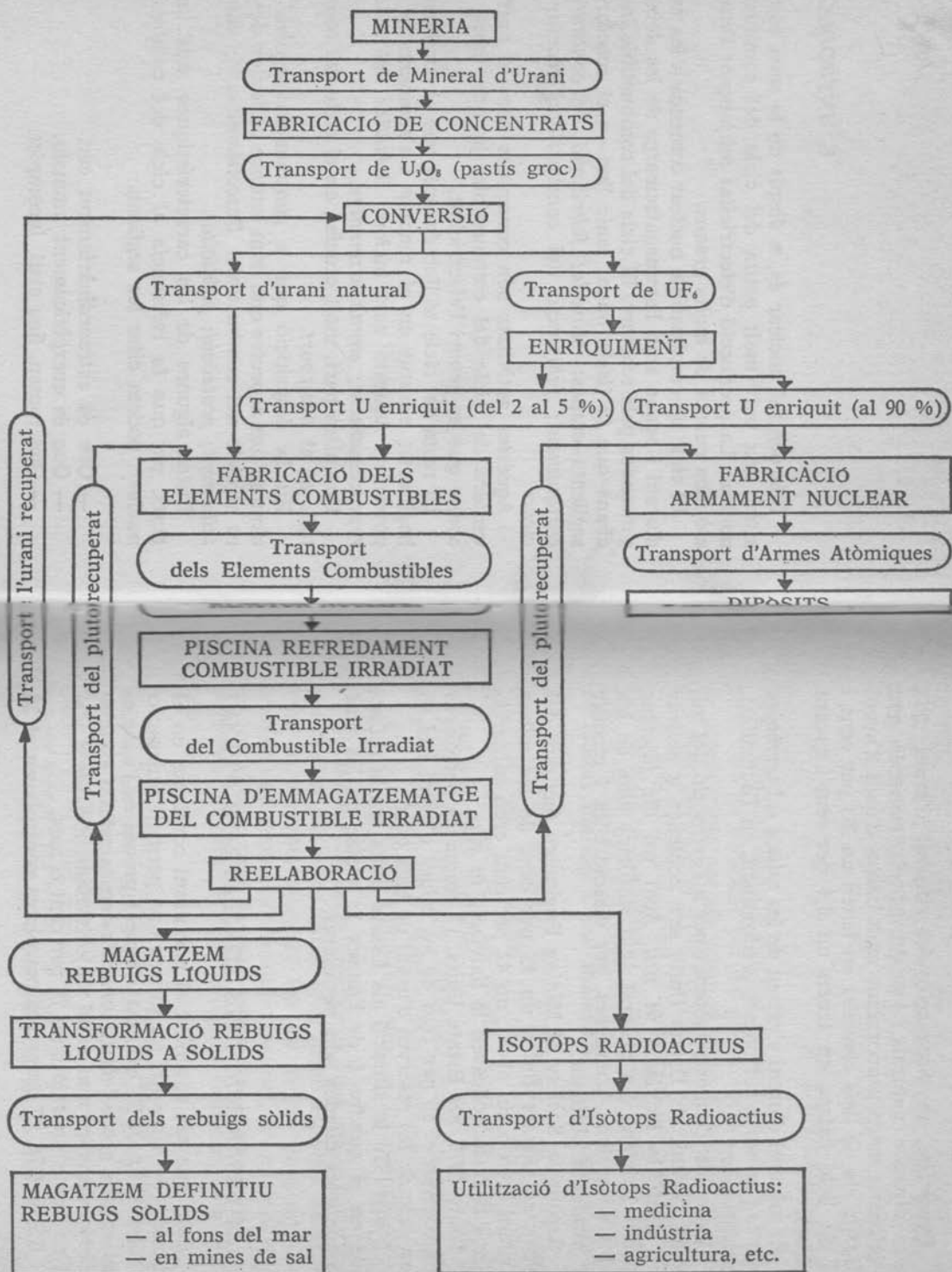
La resta del cicle té lloc després que el combustible hagi estat emprat en el reactor i s'anomena la part posterior. Aquesta part inclou: *Deixalles del reactor; reprocessament; emmagatzematge.*

Una altra part, molt crucial, en el cicle del combustible és el *transport*.

En la descripció que a continuació seguirà s'inclouran uns aspectes que hom sempre oblida en descriure el cicle del combustible: *Descontaminació; desmantellament; protecció; publicitat.*

Entre algunes de les característiques més importants, pel que fa referència al cicle del combustible nuclear, podem citar les següents:

- Que és extraordinàriament car.
- Que és energèticament intensiu.
- Que roman, fins avui, incomplet.



2. LA MINERIA DE L'URANI

Consisteix en l'extracció del mineral d'urani dels seus dipòsits naturals. Actualment els minerals que s'extreuen tenen proporcions molt baixes d'òxid d'urani (U_3O_8): els de lleis elevades en tenen un 2-3 per cent i el de lleis baixes en tenen un 0,4 per cent i encara menys.

El mineral d'urani s'extreu de les mines subterrànies i de les mines a cel obert; predominen, en l'actualitat, les darreres.

Endemés d'aquests mètodes per a l'extracció del mineral d'urani, als Estats Units se'n comença a aplicar un altre: la lixiviació *in situ*. Això vol dir injectar l'agent lixiviant (en general àcid sulfúric) dins de les mineralitzacions uraníferes, per dissoldre-les i recollir el producte obtingut.

Segons la Society of Mining Engineers (octubre del 1980), als Estats Units, un 55 per cent de les mines d'urani eren a cel obert, un 42 per cent eren subterrànies i la resta aplicaven la lixiviació *in situ*.

L'any 1970, als Estats Units, 17 empreses petroleres controlaven el 55 per cent de les mines d'urani i el 48 per cent de les reserves d'urani de baix cost.

L'any 1976 la situació als Estats Units era la reflectida en el quadre 1 de l'Annex I: tretze de les vint companyies citades són petroleres.

3. LA FABRICACIÓ DELS CONCENTRATS D'URANI

Com que cal aprofitar el poc urani contingut en el mineral, és necessari un procés que permeti separar-lo i concentrar-lo. El resultat d'aquest procés és l'anomenat «pastís groc» («*torta amarilla*» en castellà o «*yellow cake*» en anglès) que conté majoritàriament òxids d'urani en una proporció d'un 70 per cent o més.

L'any 1970, 17 empreses petroleres controlaven el 28

per cent de la capacitat de processament del mineral d'urani.

L'any 1976 la situació als Estats Units era la reflectida en el quadre 2 de l'Annex I.

4. L'ENRIQUIMENT

La concentració de l'isòtop fissionable en el pastís groc,* no és suficient perquè pugui servir directament de combustible per als reactors d'aigua lleugera:** cal, per tant, enriquir-lo en U-235 (Annex II, A).

El procés s'inicia amb la conversió del pastís groc, que és sòlid, a hexafluorur d'urani (UF_6), que és gasós. Aquest és un gas molt corrosiu i explosiu, que requereix un acurat maneig i uns materials (tubs, contenidors) especials.

Hi ha dos processos per a l'obtenció de l' UF_6 : per via seca i per via humida. De tot l'urani emprat per a reactors de potència se n'obté, aproximadament, la meitat per cada mètode.

Una vegada obtingut l'hexafluorur d'urani gasós, comença pròpiament el procés d'enriquiment.

Els mètodes més emprats són: la difusió gasosa i la centrifugació.

El mètode de centrifugació es basa en la centrifugació d'un gas o un vapor, que conté espècies moleculars de diverses masses. Per la força centrífuga en resulta una separació isotòpica parcial, de manera que les partícules més pesants tendeixen a anar cap a la perifèria, mentre les més lleugeres romanen a la zona central.

* L'urani natural conté un 0,711 per cent de l'isòtop U-235, un 0,0059 per cent d'U-234 i un 99,28 per cent d'U-238.

** Els reactors d'aigua lleugera (LWR) empen un combustible amb una proporció d'U-235 bastant superior a la natural (entre 1 i 5 per cent, depenent del tipus de reactor, encara que pot ser superior per a reactors especials). En el cas d'armament atòmic, l'enriquiment és del 90 per cent més o menys.

El mètode de difusió gasosa es fonamenta en la diferència de velocitat amb la qual difonen, a través d'una membrana porosa, partícules de massa distinta.

El factor d'enriquiment teòric, per cada etapa, seria només d'1,0043 (molt petit); és a dir que per a obtenir un 4 per cent d'enriquiment caldrien unes 1700 etapes.

Les plantes de difusió gasosa són enormes, ocupen vastes extensions de terreny. Necessiten milions de litres d'aigua cada dia i consumeixen gran quantitat d'electricitat (el consum d'energia necessari per a fer funcionar una planta de difusió, i cobrir les necessitats anuals de combustible per a un reactor de 1000 MWe, seria d'uns 310.000 MW-h). Segons el crític nuclear David Dinsmore Comey, les tres plantes d'enriquiment consumeixen el 3 per cent de tota l'electricitat generada als Estats Units.

Actualment hi ha plantes d'enriquiment als USA (Oak Ridge, Paducah, Portsmouth), a l'URSS (Sibèria), a Anglaterra (Capenhurst), a Holanda (Almelo), i a França (Tricastin).

Espanya no té cap planta d'enriquiment. Això no obstant, participa en la construcció de la planta que EURODIF (França, Bèlgica, Espanya, Itàlia i Iran) està construint a Tricastin, que hom preveu que entri en funcionament l'any 1982 i el cost de la qual serà d'uns 5 mil milions de dòlars. Necessitarà el suport de 4 reactors d'aigua lleugera (LWR) de 900 MWe cadascun.

A més dels dos mètodes citats (difusió i centrifugació), hi ha altres mètodes d'enriquir l'urani: el *jet nozzle* (que consisteix a polvoritzar l'hexafluorur d'urani a alta pressió contra parets corbes) i la utilització del làser (en etapa d'investigació).

El mètode del *jet nozzle* consumeix, però, entre un 50 i un 90 per cent més d'energia que el mètode de difusió.

En el quadre 3 de l'Annex I podem veure les plantes d'enriquiment existents i les projectades.

5. LA FABRICACIÓ DELS ELEMENTS COMBUSTIBLES

El material d'alimentació per a una planta de fabricació de combustible, per a reactors d'aigua lleugera, és UF_6 enriquit entre 1 i 5 per cent en U-235.

L' UF_6 es converteix en UO_2 , el qual es presenta en forma de pastilles. Aquestes pastilles es col·loquen dins de beines de zircoaloi (una aleació de zirconi) o d'acer inoxidable, els extrems de les quals se solden i segellen per aconseguir el grau adequat d'hermeticitat.

Finalment, agrupant un cert nombre d'aquestes barres de combustible s'obté l'element o conjunt combustible.

Cada element o conjunt combustible té de 50 a 300 barres, nombre que depèn del tipus de reactor.

ENUSA (Empresa Nacional del Uranio) pensa instal·lar una planta de fabricació d'elements combustibles a Juzbago (Salamanca).

6. EL REACTOR NUCLEAR

Els elements combustibles es transporten cap a la central nuclear on, una vegada l'any, s'obre el cor del reactor i es procedeix a la recàrrega de combustible i a l'extracció d'elements ja prou «cremats».* Es consideren suficients quan 2/3 parts dels àtoms d'U-235 inicials han desaparegut per fissió.

Com que un reactor no consumeix uniformement el material fissionable, cal renovar anualment entre la meitat i un terç del total d'elements combustibles del nucli. Això implica la càrrega de nous elements i la redistribució del material parcialment consumit.

* Això només és cert per als reactors PWR i BWR. En els reactors de grafit-gas es poden canviar elements combustibles sense necessitat d'aturada del reactor.

Cada any, doncs, entre la meitat i la tercera part dels elements combustibles són renovats (Annex II B).

Els elements combustibles extrets són portats a unes piscines, que hi ha a la mateixa central, on s'emmagatzemen tot esperant que es refredin, és a dir, que disminueixi la seva activitat deguda a l'acumulació de productes de fissió.

Els reactors més emprats són els d'aigua lleugera (LWR), cosa que vol dir refrigerats amb aigua. N'hi ha de dos tipus: els d'aigua en ebullició (BWR) i el d'aigua a pressió (PWR). Ambdós empren urani enriquit com a combustible. A Catalunya, això no obstant, hi ha un reactor d'urani natural, amb refrigeració gasosa (CO₂) i moderador grafit.

L'evolució del parc de centrals nuclears al món per als anys 1965 i 1977 està descrita als Quadres 4 i 5 de l'Annex I respectivament. Al Quadre 6 de l'Annex I es pot veure la llista dels emplaçaments nuclears al món.

Hom pot destacar la dràstica disminució de comandes de reactors nuclears experimentada els darrers anys, tant als Estats Units com a altres països (Quadres 7 i 8. Annex I). Així, als Estats Units només hi ha hagut 13 comandes de nous reactors des del començament de 1974. D'altra banda, hi ha hagut 60 cancellacions. Durant el 1979 no hi han hagut noves comandes i en canvi se n'han cancel·lat 11. Un altre fet important és que el cost de construcció real de les centrals nuclears ha sobrepassat en molt les previsions.

Al Quadre 9 de l'Annex I hom pot observar aquest fet en 7 centrals americanes.

Al Quadre 10 de l'Annex I es dona una estimació dels costos previstos d'un reactor comprat en un any donat i els costos reals.

L'augment dels costos de les centrals nuclears és molt fort sobretot després de Harrisburg. Si l'any 1969 una central de 1000 MWe costava 500 milions de dòlars (33.000 milions de pessetes), a finals de 1979 en val uns 2.000 milions (o sia 132.000 milions de pessetes). Els nous requeriments imposats per la NRC després de l'ac-

cident de Three Mile Island s'estima que valdran entre 20 i 100 milions de dòlars per cada central.

Així, per exemple, a la planta nuclear que s'està construint a Midland (Michigan), els requeriments de la NRC han fet doblar el seu cost (3.100 milions de dòlars) i han endarrerit dos anys la seva finalització (fins l'any 1984). Aquesta planta nuclear, que consta de 2 reactors PWR de 650 Mw cadascun, model 177 de Babcock Wilcox, hauria de ser la primera planta nord-americana de cogeneració (d'electricitat i de vapor). Fou anunciada l'any 1967. Començada l'any 1975, amb un cost estimat de 349 milions de dòlars. L'any següent, 1976, es preveia que, finalitzada, valdria 1.670 milions de dòlars. De moment s'hi porten gastats 1.300 milions de dòlars.

7. EL TRACTAMENT DEL COMBUSTIBLE IRRADIAT. LA REELABORACIÓ

Aquesta operació consisteix en la recuperació de material fissionable a partir del combustible esgotat descarregat del reactor, separant-ne els productes de fissió.

Els elements combustibles descarregats del reactor contenen, aproximadament, una tercera part de l'U-235 que hi havia inicialment, més una certa quantitat de plutoni-239.

L'U-235 es recupera per fabricar nous elements combustibles.

El Pu-239 també es recupera per ser utilitzat com a combustible en reactors d'aigua lleugera o es guarda per emprar-lo en els futurs reactors ràpids (regeneradors) si s'assolís el seu normal funcionament comercial. També és emprat amb finalitats militars (bombes atòmiques).

Per altra part, també es recuperen alguns isòtops radioactius que aprofiten la indústria i la medicina.

Al Quadre 11 de l'Annex I hom pot trobar més informació referent a les característiques dels combustibles que provenen dels reactors nuclears comercials i sobre les plantes de retractament que hi ha al món anomenat «occidental».

El retractament dels combustibles irradiats consisteix fonamentalment en una sèrie d'operacions mecàniques i físico-químiques. La recerca sobre les diferents possibilitats físico-químiques de separació començaren durant la Segona Gran Guerra, amb la finalitat d'obtenir plutoni per a bombes atòmiques. Actualment se'n coneixen 32 procediments, dels quals un de sol, l'anomenat Purex, és emprat comercialment.

Les etapes bàsiques del procés Purex són:

a) La descàrrega del reactor de 1.000 MWe dona aproximadament 33 Tm de combustible irradiat, que és emmagatzemat a les piscines annexes al reactor durant un període d'uns 6 mesos, durant el qual l'activitat de creix en un factor de vint vegades.

b) El transport, dins de contenidors, del combustible «refredat» cap a la fàbrica de retractament.

c) Recepció, proves i emmagatzematge en piscina del combustible irradiat durant un període d'1 a 2 anys.

d) Trencament i dissolució: els elements combustibles són tallats en forma de petits cilindres de 3 a 5 cm de llarg i dissolts en àcid nítric.

e) Separació del plutoni i de l'urani, mitjançant una solució orgànica de tributil-fosfat (TBP).

f) Purificació del plutoni i conversió en PuO_2 .

g) Purificació de l'urani i conversió en nitrat d'uranil o UO_2 .

Tanmateix, tal com es pot observar al Quadre 12 de l'Annex I, el mètode de retractament Purex presenta moltes dificultats. El factor de càrrega d'una fàbrica de retractament disminueix amb la taxa d'irradiació dels combustibles. Així, els combustibles poc irradiats,

per a finalitats militars, presenten poques dificultats, i, en canvi, els combustibles fortament irradiats que provenen de reactors comercials presenten moltes dificultats.

Abans de l'any 1976, les necessitats de reproprocessament als Estats Units eren cobertes per tres plantes del Govern: a Handford (Washington), a Savannah River (South Carolina) i a Idaho's National Testing Station. La primera planta comercial de reproprocessament fou construïda per la Nuclear Fuel Services Inc. i posada en marxa l'any 1966 a l'estat de New York (West Valley).

Després de 1970 van iniciar-se les obres de dues plantes comercials més: de reproprocessament: la General Electric's Mideast Fuel Recovery Plant, a Morris (Illinois) i l'Allied-General a Barnwell (South Carolina). Cap d'aquestes plantes no està funcionant avui en dia.

La planta de West Valley cessà de reproprocessar l'any 1972, però va continuar emmagatzemant combustible irradiat fins l'any 1975 en què fou clausurada. Els motius van ser, fonamentalment, les emissions radioactives que feia a l'exterior i les fortes dosis de radiacions que rebien els treballadors.

La planta de la General Electric no ha arribat a funcionar mai. Va ser abandonada la seva construcció després de 6 anys d'haver-la iniciat (1975). Actualment es fa servir per a emmagatzemar combustible irradiat.

La construcció de la planta de Barnwell va començar l'any 1971. Havia de ser cinc vegades més gran que la de West Valley i emprar la mateixa tecnologia. El seu cost inicialment previst era de 100 milions de dòlars. L'any 1976 ja se n'hí havien gastat 250 milions i encara no s'havia acabat. El govern federal va donar-hi un ajut de 14 milions, ja que l'empresa propietària argumentava que no podia assumir aquests augments en el seu cost. Sense la posada en marxa d'aquesta, no hi ha cap planta de reproprocessament comercial als Estats Units.

El combustible dels reactors d'urani natural-grafit

gas han estat reprocessats a Anglaterra i a França, a les fàbriques de Windscale, Marcoule i La Hague, durant bastants anys.

Pel que fa als combustibles provinents dels reactors d'aigua lleugera (LWR) i urani enriquit a Europa, van començar a ser reprocessats a Eurochemic (pertanyent a l'OCDE i situada a Bèlgica), a Vak (Alemanya) i a Windscale (Anglaterra). A finals de 1974 estaven totes parades.

La fàbrica de Windscale va ser adaptada, l'any 1972, per permetre el reprocessament de combustibles irradiats provinents de reactors LWR: després d'un accident, el mes de setembre de 1973, en què van ser irradiats 35 treballadors, la part de la fàbrica que tractava els òxids d'urani va ser tancada (després d'haver tractat 100 Tm de combustible).

La fàbrica de Mol, a Bèlgica, fou parada l'any 1974 i potser tornarà a funcionar però només per a Bèlgica. La seva capacitat màxima es de 100 Tm/any. La RFA té una instal·lació pilot de 40 Tm/any i tenia prevista la construcció d'una gran fàbrica a Gorleben (1500 Tm/any), però després de les grans mobilitzacions que hi ha hagut contra el complex nuclear de Gorleben sembla que està tot parat.

A França, la fàbrica de La Hague, que tractava combustibles «gràfit-gas» des de 1967, va ser transformada per tractar combustibles òxids. El maig de 1976 va tractar 15 Tm, i 50 Tm des de novembre de 1977 a març de 1978.

Hom pot constatar que la capacitat industrial de reprocessament o reelaboració no està pas a l'alçada de les necessitats: cada reactor de 1000 MWe descarrega cada any 30 Tm de combustible irradiat.

De tota aquesta exposició cal deduir que milers de tones de combustible irradiat hauran d'acumular-se a les piscines d'emmagatzematge d'arreu del món.

Hi ha, doncs, una incoherència total entre el nombre de reactors nuclears funcionant, en construcció i en projecte i les capacitats de retractament i d'emmagatzeme-

matge, ja que no hi ha projectes de noves fàbriques de reelaboració.

Els tecnòcrates pro-nuclears han llançat importants programes nuclears sense dominar la tecnologia del sector més perillós: la reelaboració del combustible irradiat.

8. EL TRANSPORT

Entre cadascuna de les etapes del cicle del combustible hi ha una etapa de transport del material corresponent. De les mines a les fàbriques de concentrats, d'aquí cap a les fàbriques d' UF_6 , i d'aquí vers les plantes d'enriquiment, des d'on es transporta a les fàbriques d'elements combustibles i finalment cap al reactor. Una vegada consumit l' $U-235$ al reactor, els elements combustibles irradiats són transportats cap a les plantes de reelaboració (o cap a les plantes d'emmagatzematge), des d'on els residus sòlids i líquids són transportats cap als cementiris radioactius.

El transport de materials radioactius esdevindrà un fet habitual si hom té en compte l'evolució del parc de centrals nuclears: 65 l'any 1965 i 215 l'any 1977.

9. L'EMMAGATZEMATGE DE LES DEIXALLES RADIOACTIVES

Les deixalles radioactives són el perillós final del cicle del combustible. Les deixalles són tòxiques i, si s'alliberessin cap al medi ambient, contaminarien pràcticament per sempre la terra i l'aigua.

Els isòtops radioactius continguts en les deixalles tenen diferents períodes (el temps necessari perquè una quantitat donada d'un element radioactiu es redueixi

a la meitat.) Alguns decauen en poques hores, altres, com l'estronci-90, el cesi-137, els productes de desintegració de l'U-235, tenen uns períodes entre els 12 i 30 anys. Poden transcórrer entorn de 120 a 130 anys perquè esdevinguin relativament inofensius. Altres, com el Pu-239, tenen el període molt llarg, 24.300 anys!, o sigui que després de 24.000 anys hauria desaparegut la meitat del plutoni original.

Un material radioactiu necessita aproximadament entre deu i vint * períodes perquè esdevingui inofensiu. Així el plutoni necessita la quarta part d'un milió d'anys per a esdevenir inofensiu (250.000 anys).

En en procés de fissió es creen més de 200 isòtops radioactius. Alguns d'ells són:

Criptó-85	Rodi-103	Cesi-137
Estronci-89	Ruteni-106	Bari-140
Estronci-90	Rodi-106	Lantànid-140
Zirconi-95	Tel·luri-129	Ceri-141
Niobi-95	Iode-129	Praseodimi-143
Tecneci-99	Iode-131	Praseodimi-144
Ruteni-103	Xenó-133	Prometi-147

No hi ha acord sobre quines maneres hi ha d'aïllar amb suficient seguretat els materials radioactius del medi ambient durant milers d'anys, un temps més llarg que el de la civilització humana. L'únic que hom pot garantir tècnicament es un període de seguretat de l'ordre d'algunes dècades.

Als Estats Units hi ha, actualment, uns 200.000 metres cúbics de deixalles radioactives provinents de les centrals nuclears i d'armament atòmic. L'any 2000 n'hi haurà més de 300 mil metres cúbics.

Hi ha tres categories de deixalles radioactives:

a) *De baixa activitat.*

L'EPA (Environmental Protection Agency) ameri-

* S'assenyalen 20 períodes per a reduir l'activitat a la milionèsima part com a mesura de seguretat.

cana va estimar que l'any 2000 els reactors experimentals i comercials hauran generat més d'11 milions de metres cúbics de deixalles radioactives de baixa activitat. Aquestes deixalles inclouen qualsevol cosa que s'hagi contaminat durant el cicle del combustible. També inclouen les deixalles produïdes per tractaments radiològics en medicina, les eines emprades en la mineria, vestits dels treballadors de les plantes d'enriquiment i reelaboració. Un altre tipus de deixalla de baixa activitat és l'aigua de refrigeració, altament contaminada, d'un reactor, la qual és purgada periòdicament del cor del reactor, deixada refredar i evaporar, i dona lloc a productes de desintegració de vida curta, els quals, solidificats amb ciment dins de bidons, són considerats de baixa activitat.

Molts d'aquests bidons han estat llençats al mar. S'ha comprovat que una bona part d'ells, encara no han transcorregut algunes desenes d'anys, s'han esberlat i han alliberat els productes que contenen.

b) *D'activitat mitjana.*

Són líquids i materials contaminats amb productes de fissió (fins i tot U i Pu). No són menys perillosos que els d'alta activitat, però tenen menys concentració. No contenen elements combustibles cremats.

Aproximadament el 75 per cent de totes les deixalles d'activitat mitjana, als Estats Units, són emmagatzemades a Handford, en excavacions fetes al terreny i cobertes de sorra.

c) *D'alta activitat.*

Contenen elements de període llarg, com l'urani, el neptuni, el plutoni, el curi, l'americi, el barqueli, entre d'altres. Són perillosos i altament tòxics si es troben al medi ambient, també a causa de la radioactivitat dels seus productes de desintegració (els nucleïds fills).

L'urani 235 i el plutoni 239 serveixen per a fer bombes atòmiques.

La major part d'aquestes deixalles es troben emmagatzemades prop del reactor que les ha generat, mentre no se solucioni el problema del retractament i de la reelaboració.

Evidentment, l'emmagatzematge de deixalles radioactives esdevé un greu problema en anar augmentant el nombre de reactors en funcionament i no tenir encara cap solució amb prou garanties de seguretat.

Recentment, en una audiència pública sobre l'emmagatzematge de deixalles radioactives, del Senat dels Estats Units, dos treballadors de la planta de reprocessament de Handford informaren de les deficients ubicacions dels magatzems de residus. El senador Gary Hart, president del subcomitè, va manifestar que entre 1956 i 1976 almenys 20 dels 150 dipòsits d'emmagatzematge van deixar escapar (per fuites) uns 190.000 litres de residus líquids cap al subsòl. El debat va tenir lloc a Washington l'11 de desembre de 1979.

A causa de la recent clausura dels dos més grans magatzems de residus líquids de baix nivell als USA (Handford i Beatty) i a causa que un tercer centre d'emmagatzematge (Barnwell) no accepta més residus des de fa un temps, molts hospitals i laboratoris han advertit que hauran de parar tot tipus de recerca en la qual s'emprin traçadors radioactius si no se soluciona el problema de l'emmagatzematge de residus radioactius.

10. LA DESCONTAMINACIÓ

Hi ha un aspecte molt important del cicle del combustible nuclear, poc mencionat, però que acompanya totes les activitats al llarg del cicle del combustible.

Això és, el procés de descontaminació, o diguem-ne «d'eliminació» de la radiació que resulta dels abocaments, les fuites i els accidents. Comporta la descontaminació dels edificis, terres, aire i persones.

En el cas del famós accident a la unitat 2 de Three

Mile Island (Harrisburg) el cost de neteja pujarà a 1.800 milions de dòlars.

11. LES SALVAGUARDES DEL CICLE DEL COMBUSTIBLE

L'urani i el plutoni requereixen unes mesures especials de protecció, per tal d'evitar-ne la pèrdua o desaparició. De fet, ja s'han donat casos de desaparició d'importants quantitats d'U-235 i Pu-239.

Per això, s'han posat en marxa sistemes de seguretat que afecten de fet les llibertats civils, ja que suposen un control policíac de totes aquelles persones que treballen en instal·lacions nuclears, de llurs familiars i llurs amics i de totes aquelles persones que potencialment poden ser crítiques envers la implantació de la societat nuclearitzada.

12. EL DESMANTELLAMENT

Probablement l'aspecte més ignorat de l'energia nuclear ha estat què fer amb una central després de funcionar de 25 a 30 anys, ja que aquest és el funcionament màxim que hom en preveu.

Quan deixa de funcionar, un reactor roman radioactiu durant molts anys, ja que moltes de les substàncies radioactives produïdes tenen períodes de desintegració molt llargs, de manera que l'estructura i els materials que componen el reactor es mantenen radioactius força temps.

De moment s'han proposat dos mètodes de desmantellament d'un reactor: o bé recobrir-lo de formigó i sepul·tar-lo, o bé desmuntar-lo.

El fet de desmuntar-lo suposa greus problemes i perills. Cal tenir en compte que les parets d'un reactor

són tan radioactives que cal tallar-les estant submergides en aigua, per minvar les radiacions emeses. Una vegada tallades, han de ser manejades per mitjà d'artefactes amb control remot.

Un reactor experimental petit, a Elk River (Minnesota), fou desmuntat per un cost de $6,2 \times 10^6$ dòlars, mentre que fer-lo havia costat 6×10^6 dòlars. Què passarà quan es voldrà desmuntar els reactors comercials de 1000 MW(e)? Estimacions fetes als Estats Units suposen que desmuntar-los valdrà entre 31 i 100 milions de dòlars.

El Departament d'Energia (DOE) dels Estats Units diu que hi ha 300 instal·lacions, relacionades amb el cicle del combustible nuclear, obsoletes, de les 1.500 existents avui dia. L'any 1981 n'hi haurà 100 més. El DOE estima que el desmantellament d'aquestes instal·lacions costarà entre 25 i 30 milions de dòlars cada any durant 100 anys («New York Times», 28-X-1977).

Segons William Greer* encara no s'han desenrotllat mètodes segurs per desmuntar acceleradors de partícules, aparellatge de fabricació de combustible, plantes de reprocessament, fàbriques de concentració, etc.

El desmantellament és un «petit detall» que les empreses lligades al negoci nuclear no volen ni sentir citar. Si no, vegem què ha passat amb la planta de reprocessament de la Nuclear Fuel Services a West Valley: els costos de desmantellament s'estimen en 500 o 600 milions de dòlars, i la Nuclear Fuel Services ha desaparegut com a empresa i ha deixat el mort a l'estat de New York.

A Alemanya, la Central Nuclear de Niederaichband (Baviera), posada en marxa l'any 1973 i parada definitivament l'any següent (només va funcionar 18 mesos) ha començat a ser desmantellada.

Endemés, la central de Gundremmingen, la primera nuclear que va funcionar a Alemanya Federal (any

1966), serà desmantellada, ja que, estant aturada des del mes de gener de 1977, la seva reparació i l'adaptació a les normes actuals de seguretat haurien significat unes despeses de 280 milions de marcs (uns 10.440 milions de pessetes).

13. LA PUBLICITAT

Certament, l'energia nuclear no es ven pas sola, ja que si fos així, serien innecessaris els milions de dòlars i de pessetes gastats per la indústria nuclear en propaganda: la premsa diària, els fullets a tot color, els còmics per als nens, les conferències, els audiovisuals, el cinema, la TV, etc.

Aquestes despeses són realment necessàries per a les empreses elèctriques i ara més que mai.

Cadascuna de les companyies elèctriques té el seu *staff* de relacions públiques. Part del seu treball consisteix a convèncer els consumidors que l'energia atòmica és la millor. Aquesta tasca la realitzen inserint anuncis a la premsa, visitant escoles amb audiovisuals i films pro-nuclears, posant anuncis a tot color, destacant «l'eficiència» de les centrals nuclears, a les revistes energètiques, i d'altres maneres.

Endemés, les companyies elèctriques i les associacions industrials produeixen literatura destinada a aquells qui han de prendre les decisions (govern, parlamentaris, batlles i regidors, etc.).

* *What do you do with a Dead Nuke?*, «Environmental Action», 10-IX-1977.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- «La Gazette Nucléaire» (revista periòdica). Publicada per Groupement des Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucléaire (GSIEN), Amis de la Terre, Syndicat National des Chercheurs Scientifiques de la CFDT, PS, PSU i altres.
- Anna GYORGY & Friends, *No Nukes. Everyone's Guide to Nuclear Power*, South End Press, Boston, Ma 02123, 1979.
- «World Information Service on Energy» (revista bimensual), publicada per WISE, Amsterdam.
- «Three Mile Island and the future of nuclear power», dins «IEEE Spectrum, Special Issue», vol XVI, number 11, november 1978.
- «Nuclear Engineering International» (revista mensual). Dorset House, Stamford St, London SE19LU, England.
- «Science for the People», Cambridge, Massachussets.
- «Boletín de Información sobre la Energía Nuclear» (BIEN), Comitè Antinuclear de Catalunya, Barcelona.
- Amory B. LOVINS, L. Hunter LOVINS, Leonard Ross, *La energía nuclear y la bomba*, «Transición», núm. 31/32, abril/mayo 1981, Barcelona.