

LAS POSIBILIDADES DE APLICACION PACIFICA DE LOS EXPLOSIVOS NUCLEARES

Si llegan a convertirse en realidad las posibilidades de aplicación pacífica de los explosivos nucleares, pueden abrirse ante la humanidad perspectivas de beneficio insospechadas. Esto explica el interés mundial despertado por este tema, así como los estudios que está llevando a cabo el Organismo en cumplimiento de determinadas referencias contenidas en el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares. En este artículo, Bernard I. Spinrad, Director de la División de Energía Nucleoeléctrica y Reactores, resume el material informativo de que se dispone en la actualidad.

Es sumamente raro encontrarse con un libro de texto universitario que enseñe una materia de aplicación práctica por excelencia, antes de que ésta haya empezado a ser objeto de explotación; pues bien, se ha escrito un libro así acerca de las explosiones nucleares de carácter pacífico y su título es «The Constructive Uses of Nuclear Explosives» (véanse las referencias bibliográficas que aparecen al final del artículo). El tema tratado abre posibilidades tan espectaculares, que profesionales y estudiantes han manifestado interés por profundizar en el mismo. Ha sido además objeto de debates de carácter político y técnico en relación con el Tratado de prohibición de ensayos nucleares y el Tratado sobre la no proliferación, lo cual ha despertado aún más el interés general.

La idea de que podría recurrirse a las explosiones nucleares para la ejecución de obras de ingeniería civil no es nueva por supuesto. Los testigos presenciales de la primera demostración de una explosión nuclear en Alamogordo entrevistaron ya esta posibilidad. El ensayo submarino realizado posteriormente en el atolón de Bikini en 1946 vino a confirmar, al provocar el hundimiento de una flota integrada por naves ya anticuadas o retiradas del servicio, que una explosión nuclear puede dar lugar a la propagación de una onda de choque de extraordinaria intensidad a través de la materia condensada. La Unión Soviética anunció en su prensa la primera explosión nuclear llevada a cabo en su territorio calificándola de experimento sobre el empleo de explosivos en ingeniería civil. Finalmente, el espectacular ensayo termonuclear efectuado en Eniwetok demostró que una explosión de gran potencia podía realmente aniquilar un atolón en el Pacífico y dejar una cavidad donde antes había una isla.

A partir de 1956, los Estados Unidos comenzaron a estudiar seriamente las posibilidades de empleo de las explosiones nucleares con fines pacíficos.



Aspecto que tendría una excavación en terreno montañoso, practicada con explosivos nucleares, para construir una vía férrea y una carretera. La foto ilustra los resultados de un estudio de viabilidad técnica realizado en los Estados Unidos. (Foto: Lawrence Radiation Laboratory)

Base de este programa fueron en parte los progresos realizados en dos direcciones diferentes: en primer lugar, se había avanzado mucho en el conocimiento teórico de los efectos de las explosiones gracias al empleo de grandes computadoras que podrían resolver planteos teóricos muy complejos; en segundo lugar, los perfeccionamientos conseguidos en el diseño de los explosivos termonucleares permitían pensar en explosiones mucho más «limpias», en las que sólo interviniera una pequeña componente de fisión y se originara, por consiguiente, una menor proporción de productos de fisión, con lo que se reducía el posible riesgo de contaminación provocado por las explosiones nucleares.

Aunque la propulsión de naves espaciales fue una de las primeras aplicaciones de carácter pacífico de la energía nuclear en que se pensó, todos los empleos que se han sugerido posteriormente guardan relación con las explosiones subterráneas. Ello no es de extrañar, ya que en el caso de los explosivos clásicos sucede lo mismo.

En 1957, los Estados Unidos anunciaron su primer programa oficial de explosiones pacíficas, al que se dio el nombre de «Plowshare», y, en el transcurso del mismo año, se llevó a efecto la primera prueba subterránea, la RAINIER (que realmente, no fue una operación del programa Plowshare). Entre 1958 y 1961, durante el período oficioso de moratoria de los ensayos nucleares, el programa Plowshare se limitó a la realización de experimentos con altos explosivos de naturaleza química, que contribuyeron a un conocimiento mucho más perfecto de la fenomenología de las explosiones subterráneas. La experiencia adquirida en la ingeniería de los explosivos en otros países, sobre todo en la Unión Soviética, permitió profundizar aún más en este conocimiento.

En 1961 y años posteriores, los Estados Unidos volvieron a realizar experimentos nucleares subterráneos, comprendido el primer ensayo nuclear del programa Plowshare (proyecto GNOME). Desde entonces, se ha venido acumulando y sistematizando la experiencia adquirida hasta el punto de que ya cabe pensar en aplicaciones comerciales a escala internacional.

¿QUE SUCEDE EN UNA EXPLOSION NUCLEAR SUBTERRANEA?

Para comprender mejor las diversas aplicaciones posibles que se han propuesto, conviene examinar qué es lo que sucede en una explosión nuclear subterránea.

Prácticamente la totalidad de la energía de una explosión nuclear se libera en la primera fase de la detonación, cuya duración es solamente de millonésimas de segundo, y se forma una bola de fuego en cuyo interior reinan temperaturas de millones de grados y presiones de millones de atmósferas. Por absorción de la energía térmica radiante y de la contenida en otras radiaciones de distinta naturaleza, se volatiliza la roca circundante, originándose una capa límite de roca fundida. De esta manera puede formarse una cavidad de varios metros de parte a parte.

En el espacio de escasas milésimas de segundo, la onda de presión originada en el interior de la cavidad choca contra las paredes de ésta. El volumen de la cavidad aumenta aún más por deformación plástica de la roca circundante, aumentando el espesor de la capa en estado líquido como consecuencia de la fusión provocada por absorción de la energía mecánica. La mayor parte de la energía de presión se convierte en una onda de choque que se propaga en todas direcciones a partir del punto de explosión. Hasta que se disipa su energía, esta onda de choque actúa sobre la roca circundante, quebrantándola y fracturándola. Esta serie de sucesos, al igual que los

demás fenómenos de choque que se describen más adelante, no difiere cualitativamente de los efectos que se producen en la detonación de altos explosivos de naturaleza química; las diferencias son de escala y se manifiestan en la energía mucho mayor de la explosión nuclear y en las dimensiones relativamente menores de la cavidad central.

En el espacio de segundos, la capa de roca fundida que reviste las paredes de la cavidad empieza a fluir y a acumularse en el fondo de la misma. Esta zona de roca fundida contiene la mayor parte de la radiactividad liberada en la explosión nuclear. La masa líquida termina por solidificarse adoptando definitivamente forma de cuenco con muchas grietas producidas por las tensiones térmicas y por el impacto mecánico de otras rocas que caen sobre ella.

En una explosión subterránea, la masa de roca fracturada que queda por encima de la cavidad no posee la resistencia mecánica suficiente para permanecer en equilibrio sobre ésta. Parte de la roca quebrantada comienza a desprenderse del techo de la cavidad, relleno de ésta con fragmentos sueltos. Este proceso de derrumbe se propaga en sentido ascendente hasta que se alcanza el punto en que esta masa, relativamente poco compacta, adquiere de nuevo la resistencia necesaria para sustentar el peso de las rocas que quedan por encima de ella, haciendo de bóveda la roca menos quebrantada. El resultado es una formación cilíndrica, de baja densidad, rellena de roca fracturada, a la que se da el nombre de «chimenea». Cuando la explosión subterránea se produce a una profundidad considerable, no se percibe efecto alguno en la superficie, aunque la formación de la chimenea pueda dar lugar a cierto agrietamiento o reblandecimiento de la superficie del terreno; cuando la explosión es muy cercana a la superficie, la chimenea puede llegar hasta ésta y provocar grietas en el terreno.

Cuando se trata de formar cráteres o embudos, se hace estallar el explosivo a la profundidad conveniente para que la onda de choque llegue a la superficie y se refleje y refracte parcialmente en la interfase terreno-aire. La onda de retorno llega a la cavidad mientras ésta se encuentra todavía en proceso de expansión, y hace que esta dilatación se produzca preferentemente hacia arriba y hacia los lados. Como consecuencia, surge por encima del nivel del terreno un gran domo de tierra y roca. Este domo termina por desintegrarse, debido a una combinación de efectos: el descenso de la presión en el interior de la cavidad debido a la expansión de ésta, el escape de los gases que llenan la cavidad a través de las grietas del domo, y la fuerza de gravedad. El domo se desmorona entonces sobre sí mismo, pero para entonces ha quedado ya proyectada lateralmente una gran masa de material. El resultado es un cráter con un reborde de fragmentos sueltos de roca y un fondo de roca quebrantada localizado por encima del punto de explosión. La zona de roca fundida y solidificada de nuevo subsiste aún, pero queda sepultada por debajo del fondo del cráter.

Como ya se ha señalado, la mayor parte de la radiactividad originada en la explosión nuclear queda retenida en la masa de roca fundida. La radiactividad residual queda retenida en su mayor proporción en las superficies

de las rocas quebrantadas y fracturadas, que constituyen excelentes tamices naturales de la materia dividida en finas partículas, así como absorbentes de los vapores. En cambio, en las explosiones que forman cráteres escapa a la atmósfera cierta proporción de radiactividad. Se calcula que la cantidad de productos de fisión representa sólo una fracción muy pequeña de la teóricamente posible: en una explosión de 25 kilotones, que sea fundamentalmente de naturaleza termonuclear, los productos de fisión desprendidos quedan reducidos a los correspondientes a una explosión de fisión de 20 toneladas, es decir, unos 8 gramos de productos. La activación neutrónica puede reducirse a un mínimo rodeando el explosivo con un blindaje de absorción neutrónica no susceptible de activación. En las explosiones termonucleares se libera algo de tritio.

COMPARACION CON EL TNT (trilita)

Como ya se ha mencionado, la potencia de los explosivos nucleares difiere de la de los altos explosivos de naturaleza química, a igualdad de volumen, en varios órdenes de magnitud. Un explosivo nuclear de 25 kilotones (equivalente a 25 000 toneladas de TNT) puede emplazarse en un barreno cilíndrico de diámetro inferior a un metro; ni siquiera una carga explosiva de 1 megatón (equivalente a 1 000 000 de toneladas de TNT) requeriría un espacio mayor. En cambio, para utilizar 25 000 toneladas de TNT sería preciso practicar una cavidad esférica de 30 metros de diámetro. Aun admitiendo que pudiera acumularse esta cantidad de TNT en un solo punto, el costo de colocación sería enorme.

Por añadidura, los explosivos nucleares son relativamente poco costosos. La Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos ha calculado que una carga explosiva de 10 kilotones costaría 350 000 dólares y 600 000 una de 2 megatones. El costo de las cargas equivalentes de TNT ascenderían, respectivamente, a 4 000 000 y 800 000 000 de dólares. Resulta así que, incluso con explosiones «pequeñas» se pueden realizar considerables economías, mientras que, en el caso de grandes voladuras, los explosivos químicos son sencillamente imposibles de utilizar desde el punto de vista económico.

APLICACIONES

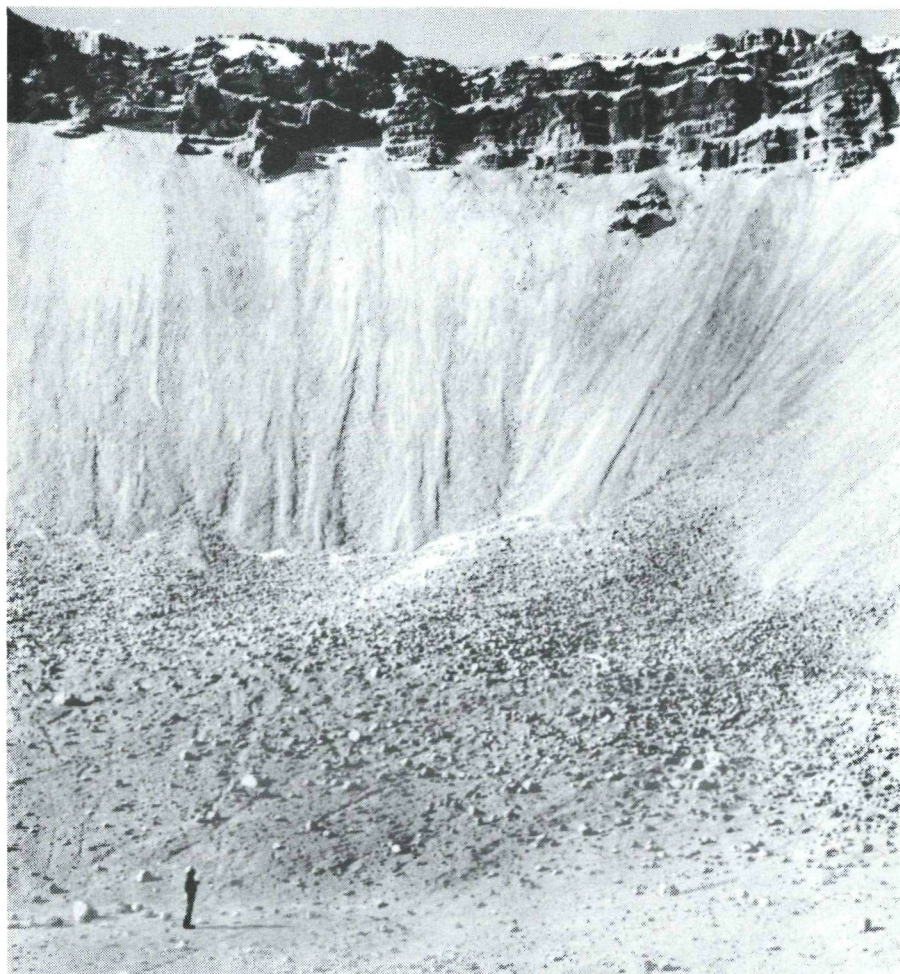
Como se ha indicado anteriormente, se ha propuesto el empleo de explosivos nucleares para la propulsión de naves espaciales, para la ejecución de experimentos científicos, para la producción de radioisótopos y para la generación de energía. No obstante, el presente artículo sólo tratará de aquellas aplicaciones que caen dentro de campo general de la minería y de la ingeniería civil. Tales aplicaciones son: la creación de depósitos subterráneos; la extracción de minerales e hidrocarburos, y la construcción de grandes obras de ingeniería civil, comprendidos proyectos de alcance geográfico.

Una de las posibilidades que se ofrece es la creación de depósitos subterráneos. Tanto la chimenea como la zona de roca fracturada que rodea al punto en que ha estallado una carga nuclear contienen un considerable volumen de huecos. Por ejemplo, se calcula que una explosión de 100 kilotonnes daría lugar a un depósito de una capacidad superior a 350 000 metros cúbicos. Si la explosión tiene lugar a la debida profundidad y los estratos afectados están rodeados por roca impermeable, podría utilizarse el depósito así obtenido para el almacenamiento de fluidos tales como agua, petróleo y gas natural. Esta aplicación plantea los siguientes problemas: grado de contaminación radiactiva del fluido almacenado; integridad mecánica de la roca circundante, bajo la carga adicional que supone la presión del fluido almacenado; comprobación y determinación de la capacidad del depósito en función de la potencia explosiva y de consideraciones de índole geológica, y, por supuesto, su costo.

La aplicación que mayor atención suscita actualmente es la extracción de minerales e hidrocarburos. Se ha dado ya remate al proyecto GASBUGGY y el RULISON está programado para el mes de septiembre del presente año; ambos experimentos persiguen estimular la producción de gas natural. La idea está en aumentar la permeabilidad de los estratos rocosos que contienen el gas, mediante la fracturación rocosa en gran escala que se produce a raíz de una explosión subterránea profunda. Los resultados del proyecto GASBUGGY se han dado a conocer parcialmente: el flujo de gas se ha estimulado en la medida prevista y la contaminación resultante es de bajo orden excepto por lo que se refiere al tritio, en cuyo caso la actividad es inferior también a la predicha. Sin embargo, se tardará aún cierto tiempo en evaluar los resultados principales de este experimento: hay que ver si el rendimiento de gas obtenido seguirá teniendo un valor elevado durante un período que resulte económicamente rentable, y si la radiactividad se mantendrá al bajo nivel que se esperaba.

Derivada de la anterior es la idea de obtener petróleo a partir de los esquistos. También en este caso se espera permeabilizar un volumen considerable de rocas petrolíferas, de manera que sea factible proceder a una destilación in situ. Se hace necesario un programa experimental para evaluar el grado de permeabilidad que se produce a raíz de la explosión, así como montar un laboratorio de campo para someter a ensayo la destilación y extracción del petróleo. Aunque esta posibilidad se halla aún en la fase teórica, si se llega a desarrollar satisfactoriamente serían enormes los beneficios que se obtendrían, ya que se calcula que más del 99% de las reservas mundiales de petróleo se encuentran en los esquistos bituminosos.

Otra idea de este tipo se refiere a la preparación de yacimientos minerales subterráneos para su lixiviación, una solución que ofrece gran aliciente como alternativa a la explotación minera en profundidad en el caso de metales tales como el cobre y el uranio. Se ha propuesto ya la realización de un experimento en un yacimiento de cobre. Suponiendo que se consiga el debido grado de permeabilidad, es ésta una aplicación muy interesante, ya que el necesario tratamiento químico de los minerales facilitaría la eliminación de muchos de los contaminantes radiactivos que pueden arrastrar.



Interior de un cráter creado en Nevada (Estados Unidos) como resultado del experimento Sedan, destinado a adquirir información sobre el empleo de explosivos nucleares en obras de movimiento de tierras. Se utilizó un ingenio termonuclear de 100 kilotones (equivalente a 100 000 toneladas de TNT) que produjo un cráter de 352 metros de diámetro y 97 metros de profundidad, con rebordes de 6 a 32 metros de altura. Cuando se tomó la fotografía, siete meses después de la explosión, la radiactividad era tan baja que no se necesitaba emplear indumentaria protectora. (Foto: Lawrence Radiation Laboratory)

Otras posibilidades dignas de consideración consisten en aplicaciones mineras de tipo más clásico. Mediante grandes explosiones se podría reducir probablemente el costo de la explotación a cielo abierto de yacimientos de minerales duros no muy profundos, al no ser ya necesario utilizar altos explosivos de naturaleza química. En 1962, se puso a prueba la posibilidad

de extraer minerales por arranque, por lo menos de la chimenea. Se practicó un pozo hasta una profundidad distante menos de 30 metros del punto de detonación de una carga nuclear de 5 kilotones y se extrajeron 2 700 toneladas de roca fracturada, sin que se observaran riesgos de irradiación.

En lo que se refiere a la construcción de grandes obras de ingeniería civil, las posibilidades son muchas y muy diversas y van desde la explotación de canteras y el quebrantamiento del terreno —operaciones relativamente sencillas— hasta las alteraciones geográficas de gran envergadura, como son la construcción de puertos y canales, y la desviación del cauce de vías acuáticas. En el extremo inferior de esta gama, evidentemente es posible fracturar, a un costo francamente reducido, masa considerables de roca al objeto de facilitar su remoción, como puede ser convenientemente para practicar terraplenes o trincheras para líneas férreas y carreteras en zonas montañosas. También en la ejecución de este tipo de obras, pero sobre todo en la construcción de presas en regiones aisladas, se puede recurrir a las explosiones nucleares para extraer la roca triturada, por ejemplo, y fabricar hormigón. No se precisa gran imaginación para concebir el caso de construcción de una presa, en el que se recurra a una explosión formadora de cráter para desplazar un volumen considerable de roca al punto en que haya de quedar bloqueada una corriente de agua, al tiempo que se obtiene roca triturada que puede utilizarse para el hormigón.

Los canales de grandes dimensiones pueden resultar muy costosos si se construyen por los métodos tradicionales. Por ejemplo, los Estados Unidos están interesados en construir un nuevo canal al nivel del mar que cruce el istmo centroamericano. Se ha estudiado una serie de posibles trazados, calculándose el costo a que ascendería su construcción por los métodos clásicos: invariablemente se llega a varios miles de millones de dólares. Mientras tanto, ha progresado la tecnología de las explosiones nucleares y se puede predecir la posibilidad de recurrir a una serie de cargas en hilera para construir trincheras de grandes dimensiones. Por ejemplo, el proyecto BUGGY-I, que ha sido el primer experimento nuclear de formación de trincheras, consistió en el estallido simultáneo de cinco cargas nucleares, cada una de 1 kilotón, situadas a una profundidad de 40 metros y convenientemente espaciadas. Como resultado del experimento se obtuvo una trinchera, en roca dura, de 20 metros de profundidad, 75 metros de anchura y 260 metros de longitud, en concordancia con las previsiones efectuadas.

Existe, por tanto, la posibilidad de recurrir a esta técnica para la construcción de canales con considerables economías, pero ello depende del éxito que se obtenga en los experimentos que todavía sólo se encuentran en la fase teórica.

Si la técnica nuclear de construcción de canales llega a ser viable, su uso puede justificarse en una serie de lugares geográficos. Entre éstos figuran la península malaya y diversos puntos del norte de Africa, en los que podrían crearse bahías del Mar Mediterráneo aprovechando depresiones del Sahara. (Una interesante característica de este último tipo de proyecto

consiste en que sería posible servirse de los canales que enlazaran con el Mediterráneo para generar potencia eléctrica, en lugar de crear bahías; se daría acceso a las aguas del Mediterráneo a través de una presa y, una vez hubieran cedido su energía mecánica, se evaporarían, con lo que el sistema podría funcionar casi indefinidamente.) En todos los continentes existen interesantes posibilidades de desviación del cauce de los ríos, para las que podrían aprovecharse ventajosamente las técnicas nucleares de construcción de presas y formación de trincheras.

Finalmente, otro tipo de proyectos consistiría en la construcción de puertos. Las explosiones nucleares craterígenas, a base de cargas de alta potencia explosiva, pueden producir impresionantes depresiones en la superficie del terreno o en el litoral. Por ejemplo, el proyecto SEDAN, llevado a cabo en 1962, consistió en una explosión nuclear de gran magnitud (100 kilotonnes) a una profundidad de 190 metros. Se pretendía someter a prueba y evaluar una explosión de este tipo, calculada para producir un cráter de tamaño máximo. El cráter obtenido, algo mayor de lo previsto, tenía 100 metros de profundidad y 350 metros de diámetro. La radiactividad no planteó ningún problema serio, quedando en su mayor parte retenida en la región de la cavidad central, a unos 90 metros por debajo del fondo del cráter. Se desplazó un volumen de tierras y rocas superior a cinco millones y medio de metros cúbicos.

Con explosiones de este orden de magnitud se podrían construir «instantáneamente» puertos en aquellos lugares en que el fondo rocoso del mar no tiene profundidad suficiente para que puedan atracar grandes naves. Se han propuesto con toda seriedad proyectos de esta naturaleza en puntos situados en Alaska y Australia; aunque abandonados de momento, es muy probable que se vuelva sobre este tipo de proyectos en muchos lugares del mundo entero.

ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGIA

Aunque nuestros conocimientos acerca de las explosiones —y, especialmente, de las explosiones nucleares— se han perfeccionado notablemente en el curso de estos últimos años, la evaluación de cualquier proyecto concreto sigue ofreciendo numerosos problemas. Los efectos de las voladuras difieren según las rocas y vienen afectados por los errores cometidos en la determinación de las propiedades físicas de éstas y por la heterogeneidad de las masas rocosas. Se han podido comprobar, en su forma general, las leyes de proporcionalidad que rigen los efectos de la voladura, pero no se conocen con exactitud los efectos de orden secundario. Finalmente, la posibilidad de predecir la potencia explosiva de los ingenios empleados no se conoce suficientemente bien, al menos por parte de los Estados que no poseen armas nucleares.

Los aspectos que se refieren a la radiactividad se conocen mejor también cualitativa que cuantitativamente. Se sabe que la mayor parte de la

radiactividad queda absorbida y retenida en la capa de roca fundida que se forma alrededor de la bola de fuego y que la roca fracturada con pequeñas fisuras absorbe los productos radiactivos en proporción considerable. Lo que no se conoce es la fracción exacta de radiactividad que se libera en una explosión dada, sobre todo si se verifica a poca profundidad. Tampoco se conoce satisfactoriamente la velocidad con que queda en libertad la radiactividad absorbida por la roca fracturada. En cuanto a la radiactividad que se desprende en un principio, se espera que las Potencias nucleares estén en condiciones de aportar datos cuantitativos como resultado de las pruebas realizadas hasta la fecha, a fin de proceder a un examen científico riguroso de los mismos. En lo que se refiere al desprendimiento lento de la radiactividad a raíz de una explosión subterránea, deberían resultar sumamente ilustrativas las investigaciones científicas llevadas a cabo en el proyecto GASBUGGY, pero es indispensable realizar nuevas pruebas en otros materiales y en distintas condiciones, ya que sería a la vez poco científico y muy peligroso confiar en una sola o en unas pocas series de mediciones. Finalmente, será preciso estudiar los datos relativos a la liberación continua, a lo largo de períodos prolongados de tiempo, de los materiales radiactivos retenidos como consecuencia de la apertura de puertos y canales. No es de esperar que este desprendimiento de materiales siga unas leyes perfectamente definidas, pero, de todos modos, deben estudiarse todos los factores posibles, tanto de carácter químico e hidrológico como biológico y ecológico.

Es de suma necesidad que aquellos proyectos en los que se utilicen explosiones nucleares con fines pacíficos comprendan actividades de investigación en las esferas de la sismología, la geología, la ecología y la hidrología. Hay que recurrir a estas disciplinas para poder predecir los efectos que se producirán en los distintos proyectos y resulta preciso fomentar la adquisición de esos conocimientos esenciales con objeto de quedar a cubierto frente a posibles sorpresas desagradables.

Resumiendo: el estado actual de nuestros conocimientos es suficiente para poder evaluar desde el punto de vista cualitativo los costos y beneficios de las aplicaciones de las explosiones nucleares de carácter pacífico, como son la construcción de canales y puertos, y la formación de depósitos subterráneos. En cambio, la evaluación cuantitativa tanto de la tecnología como de los efectos secundarios que pueden esperarse exige profundizar aún más en las investigaciones. Pueden ejecutarse algunos proyectos seleccionados que ofrezcan perspectivas favorables, incluso trabajando en las condiciones más prudentes en cuanto a los riesgos. En cambio, existe un gran número de proyectos cuya ejecución no puede proponerse sin más basándose en la información de que se dispone en la actualidad.

En lo que concierne a los proyectos de explosiones destinadas a facilitar la extracción de minerales, existe otro factor de incertidumbre que reside en que la explosión nuclear en sí constituye solamente una etapa preparatoria para la aplicación real que se persigue. En la extracción de gas natural y de petróleo, está aún por determinar el grado de estimulación conseguido a lo largo de un período de tiempo y hay que resolver cuestiones relativas a la contaminación del producto. En lo que respecta a los esquistos

bituminosos, está aún pendiente de demostración práctica el proceso de extracción.

¿CUANDO SE PODRA APLICAR ESTA TECNOLOGIA?

Existe la convicción general de que es preciso realizar aún más experimentos antes de que los países que poseen explosivos nucleares estén en condiciones de utilizarlos en proyectos reales; tales experimentos consisten exclusivamente en proyectos piloto que, al mismo tiempo, sean de utilidad. A la vez, es necesario proceder a un más amplio intercambio y difusión de informaciones, de manera que los beneficios de las explosiones nucleares de carácter pacífico puedan ser juzgados por todos los posibles usuarios. El Organismo Internacional de Energía Atómica se está tomando un especial interés por este intercambio de información, como una de las formas de dar cumplimiento a su misión estatutaria de fomentar todas las modalidades de utilización de la energía nuclear con fines pacíficos. Se cree que habrán de transcurrir cinco años como mínimo para poder acopiar y difundir toda la información necesaria para emprender incluso los proyectos menos complejos y que, para 1980, sólo se habrán ejecutado unos pocos. Posteriormente, sin embargo, lo más probable es que el empleo de las explosiones nucleares se convierta rápidamente en una técnica de uso normal, aunque nunca generalizado, en la ingeniería de obras públicas y de minas.

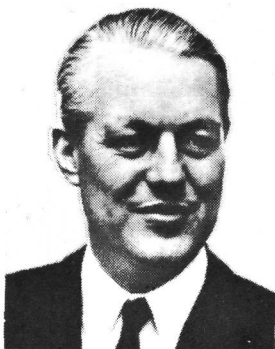
ALGUNAS REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS SOBRE LOS EXPLOSIVOS NUCLEARES DE CARACTER PACIFICO

«The Constructive Uses of Nuclear Explosives», por E. Teller, W.K. Talley, G.H. Higgins y G.W. Johnson, McGraw-Hill, Nueva York (1968). Se trata de un libro de texto de 315 páginas, destinado a los alumnos de los últimos cursos universitarios y estudiantes ya graduados en ciencias o en ingeniería. Contiene, asimismo, abundante material descriptivo acerca de la fenomenología y las aplicaciones de las explosiones nucleares.

«Nuclear News», Vol. 11, N° 3, págs. 23-44 (marzo de 1968). Se trata de un buen resumen, destinado a los científicos, de los principales conceptos actualmente admitidos en los Estados Unidos acerca de las explosiones nucleares de carácter pacífico.

«Formation of an Excavation by a 1 009 Ton Throw-Out Blast», por A. N. Deshkov. Informe UCRL-Trans-10138, Universidad de California, Livermore, California. Traducido al inglés del ruso: Transp. Stroit., 10: N° 11, págs. 10-12 (1960). Este informe presenta interés en el sentido de que constituye una ilustración del empleo de los altos explosivos tradicionales en obras de ingeniería civil, en cantidades tales que se obtiene una potencia explosiva de un orden de magnitud comparable al de las explosiones nucleares. Esta tecnología se encuentra muy avanzada en la Unión Soviética.

«Engineering with Nuclear Explosives»; Actas del Tercer Simposio Plowshare, 21 a 23 de abril de 1964; Informe TID-7695. Clearing House for Federal Scientific and Technical Information, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, Springfield, Virginia. Cerca de 380 páginas de texto, constituido por treinta informes científicos breves que abarcan prácticamente todos los aspectos de la utilización de explosiones nucleares con fines pacíficos. Los temas se tratan de una manera irregular, que varía desde minuciosos estudios científicos hasta la mera presentación de cálculos aproximados o resultados.



Entre las personalidades que recientemente han pasado por el Organismo cabe citar (de izquierda a derecha): Lord Chalfont, Subsecretario de Estado del Reino Unido, encargado de funciones especiales de relaciones exteriores, quien realizó una visita de cortesía; el Dr. Gerhard Stoltenberg, Ministro de Investigaciones Científicas de la República Federal de Alemania; el Sr. Lennart Petri, Embajador de Suecia en Austria y nuevo Representante Permanente de su país ante el OIEA; el Sr. Dhimiter Tona, Embajador de Albania en Austria y nuevo Representante Permanente de su país ante el OIEA, y el Sr. Gabriel d'Arboussier, Embajador del Senegal en Austria y nuevo Representante Permanente de su país ante el OIEA. Las fotografías correspondientes a los tres últimos se tomaron mientras presentaban sus credenciales.

«Peaceful Uses of Nuclear Explosives - An Evaluation for Australian Purposes, of Proposed Civil Engineering and Mining Applications», por A.R.W. Wilson, E.B. Pender y E.K. Carter. Informe AAEC(SP)/R1, Comisión Australiana de Energía Atómica, Sydney (1964). Un informe de tipo general, de más de 200 páginas, en el que se resumen las aplicaciones y se señala la información que podría facilitarse a un posible país beneficiario.

«Commercial Plowshare Services», Declaraciones formuladas ante el Subcomité sobre Legislación del Comité Mixto sobre Energía Atómica, del Congreso de los Estados Unidos; Nonagésimo Congreso (19 de julio de 1968). U.S. Government Printing Office, Washington. Se trata de un documento de más de 400 páginas, constituido en su mayor parte por trabajos técnicos relativos a la viabilidad de las explosiones nucleares experimentales para fines diversos. Se incluyen también algunos otros trabajos técnicos sobre predicción de los efectos de las explosiones, información general y determinados testimonios depuestos ante el Congreso de los Estados Unidos.

ALGUNOS RESULTADOS DEL PROYECTO "GASBUGGY"

Uno de los experimentos en materia de empleo de explosivos nucleares con fines pacíficos que ha proporcionado valiosa información para las investigaciones del Organismo sobre sus posibilidades de empleo en lo futuro, fue el llevado a cabo en diciembre de 1967 en los Estados Unidos. A continuación se indican algunos de los resultados que se han dado a conocer hasta la fecha.

La finalidad del experimento, al que se había dado el nombre de GASBUGGY, era determinar si se podía utilizar este método para estimular el flujo de gas natural en una formación de reducido rendimiento. El experimento se llevó a cabo a una profundidad de 1300 metros empleándose un explosivo nuclear de una fuerza de 26 kilotones (equivalente a 26 000 toneladas de alto explosivo). El lugar elegido se encontraba en la cuenca del San Juan, en Nuevo México, y la formación rocosa consistía en pizarras gasíferas.

Los resultados preliminares indican que, conforme se había previsto, los materiales que se desplomaron en la cavidad que se formó como consecuencia de la explosión crearon una chimenea de roca partida y triturada de unos 100 metros de altura y de un volumen de más de 56 000 metros cúbicos.