

CAPÍTULO SEGUNDO

PROLIFERACIÓN DE ARMAS NUCLEARES. IRÁN Y COREA DEL NORTE

Guillermo Velarde Pinacho

RESUMEN

Teniendo en cuenta que los reactores comerciales de fisión nuclear no emiten gases de efecto invernadero y producen la energía eléctrica más barata del mercado energético (un 80% de la producida por los combustibles fósiles, prácticamente un 50% de la eólica y un 10% de la fotovoltaica), numerosos países que firmaron el TNP están considerando instalar reactores nucleares para producir energía eléctrica y desalar el agua del mar. Algunos de estos países reclaman el derecho a desarrollar el ciclo completo del combustible nuclear (enriquecimiento del uranio y reproceso del plutonio).

Debido a que una planta de centrifugadoras para el enriquecimiento del uranio puede producir, tanto el uranio enriquecido a un 4% necesario para un reactor comercial de agua ligera, como al 90% utilizado en las armas nucleares, la proliferación puede extenderse peligrosamente. Corea del Norte ha ido directamente a obtener el plutonio para bombas nucleares lo que la capacita para fabricar el primario de una bomba termonuclear; mientras que Irán está obteniendo uranio enriquecido, oficialmente, para sus futuros reactores comerciales.

Palabras clave

Proliferación nuclear, enriquecimiento de uranio, reelaboración del plutonio, TNP, banco de combustible nuclear, salvaguardias OIEA.

Guillermo Velarde Pinacho

ABSTRACT

Commercial nuclear fission reactors do not emit greenhouse gases and produce the cheapest electrical power in the energy market (80% of the energy produced by fossil fuels, about 50% of wind energy and 10% of photovoltaic). Several NPT signatory countries are presently considering the installation of nuclear reactors to produce electric power and desalinate sea water. Some of these countries also vindicate the right to develop the complete fuel cycle (uranium enrichment and plutonium reprocessing).

An ultracentrifuge plant to enrich uranium can produce both the enriching uranium (4%), suitable for commercial light water reactors, and the enriching uranium (90%) required in nuclear weapons which would imply that nuclear proliferation could spread out dangerously. North Korea has obtained directly its plutonium for nuclear bombs, thus allowing them able to fulfil the primary of a thermonuclear weapon. Iran is obtaining enriched uranium officially for its future commercial reactors.

Key words

Nuclear proliferation, uranium enrichment, plutonium reprocessing, NPT, nuclear fuel bank, IAEA safeguards.

■ INTRODUCCIÓN

El Tratado de No Proliferación Nuclear, TNP (Nuclear Non-Proliferation Treaty) se estableció el 1 de julio de 1968 con objeto de, limitar en unos casos e impedir en otros, el desarrollo y fabricación de armas nucleares. Actualmente hay tres grupos de estados:

- Los cinco Estados Con Armamento Nuclear, NWS (Nuclear Weapons States) que son los estados que habían efectuado pruebas nucleares antes de 1967 y que fueron los victoriosos de la Segunda Guerra Mundial y Miembros Permanentes del Consejo de Seguridad de la ONU: Estados Unidos, Unión Soviética, Reino Unido, Francia y China.
- Estados Sin Armamento Nuclear (NNWS) que se negaron a firmar y ratificar el TNP, reservándose el derecho a fabricar armas nucleares, como lo han hecho: India, Pakistán e Israel. Sudáfrica firmó el TNP en 1990.
- Estados Sin Armamento Nuclear (NNWS) que firmaron y ratificaron el TNP comprometiéndose a no fabricar armas nucleares y sometiendo al régimen de salvaguardias (inspecciones) establecido por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Uno de estos estados ha desarrollado armas nucleares, Corea del Norte; otros lo han intentado o están en proceso de desarrollarlas.

La proliferación nuclear corresponde al desarrollo y fabricación de bombas nucleares por los Estados Sin Armamento Nuclear (NNWS) que hayan firmado o no el TNP.

Excepto Israel, los restantes estados NNWS que han desarrollado o intentan desarrollar armas nucleares, son del tipo de las primitivas bombas nucleares que fabricaron los NWS, es decir, bombas de fisión de uranio y bombas de fisión de plutonio.

Actualmente los NWS han desarrollado bombas nucleares más eficaces y considerablemente más complejas que las primitivas, las bombas de fisión-fusión-fisión, de una sola etapa (equivalentes a las antiguas bombas atómicas) y de dos etapas (equivalentes a las antiguas bombas termonucleares). En estas bombas el proceso es el siguiente: primeramente se produce la fisión del uranio 235, o preferiblemente del plutonio, cuya energía producida inicia la fusión del deuterio-tritio, emitiendo neutrones de muy alta energía que finalmente producen la fisión del uranio 238.

■ Enriquecimiento del uranio

El uranio natural está formado por 0.7% de uranio 235 y 99.3% de uranio 238, diciéndose que está enriquecido al 0.7%. Los reactores nucleares de potencia

empleados en la producción de energía eléctrica emplean uranio enriquecido a un 4% y las bombas nucleares, uranio enriquecido a más del 90%.

Actualmente, el enriquecimiento del uranio se efectúa en plantas de ultracentrifugadoras compuestas por miles de ultracentrifugadoras, que son tubos de unos 150 cm de alto y unos 20 cm de diámetro que giran a unas 50.000 revoluciones por minuto. Al introducir el uranio natural en forma de gas (exafluoruro de uranio), el gas más pesado (con uranio 238) va hacia la superficie del tubo y el más ligero (con uranio 235) se dirige hacia el centro del tubo. Repitiendo secuencialmente la operación centenares de veces, se logra finalmente obtener uranio enriquecido a un 4% para los reactores comerciales y prosiguiendo el proceso se obtendría uranio enriquecido a un 90% para las bombas nucleares.

Una planta de ultracentrifugadoras proyectada para producir uranio enriquecido a un 4% para los reactores nucleares productores de energía eléctrica, puede producir uranio a un 90% para bombas, siguiendo cualquiera de los tres procesos siguientes:

- Redistribuyendo ultracentrifugadoras existentes.
- Aumentando el número de ultracentrifugadoras.
- Realimentando sucesivamente la planta.

En resumen, disponiendo de una planta de ultracentrifugadoras proyectada para producir uranio para los elementos combustibles de los reactores nucleares de potencia productores de energía eléctrica, esta misma planta puede producir uranio para bombas, introduciendo pequeñas modificaciones y empleando un proceso de realimentación.

■ Producción de plutonio

El plutonio no se encuentra en la naturaleza y hay que obtenerlo artificialmente de los elementos combustibles irradiados o gastados de un reactor nuclear.

Se consideran dos casos:

- Empleando de un reactor nuclear comercial para la producción de energía eléctrica (con una potencia térmica de unos 300 a 4.500 megavatios). Los elementos combustibles gastados contienen 95% de uranio, 1% de plutonio enriquecido al 70% y un 4% restante de residuos radiactivos.
- Empleando un reactor plutonígeno que tiene una potencia térmica de unos 5 a 100 megavatios, y cuya energía producida se disipa en la atmósfera, no produciendo energía eléctrica. En este caso, los elementos combustibles gastados contienen 99.8% de uranio, 0.03% de plutonio enriquecido al 94% y el resto 0.10% de residuos radiactivos.

El problema con el plutonio, que no sucede con el uranio, es que el plutonio empleado en las bombas nucleares debe contener la mayor cantidad posible de plutonios impares, plutonio 239 y plutonio 241 y la menor cantidad de plutonios pares plutonio 240 y plutonio 242. Los plutonios impares son los que se emplean en las bombas y los plutonios pares son los que dificultan o impiden la explosión nuclear. Esto es debido a que los plutonios pares se fisian espontáneamente, emitiendo constantemente neutrones que hacen que la explosión nuclear se inicie a destiempo, reduciendo considerablemente la energía producida y, en la mayoría de los casos, se produciría simplemente un fognazo, en vez de una explosión.

Si se construye una bomba nuclear con el plutonio de un reactor comercial, que está enriquecido al 70% en plutonios impares, el 30% restante de plutonios pares dificultaría tanto la explosión, que muy probablemente se produciría un fognazo y, en algunos casos, unos pocos kilotones.

Para fabricar una bomba de plutonio tienen que emplearse reactores plutonígenos que produzcan plutonio enriquecido a más del 94%.

■ **Bombas nucleares**

La cantidad mínima de uranio 235 o de plutonio 239 para que pueda explosionar, llamada masa crítica, depende del enriquecimiento, geometría, densidad y si está rodeada de un material que refleje los neutrones producidos en la fisión (generalmente uranio natural o berilio).

Para el caso de una esfera de uranio o plutonio de densidad nominal, enriquecida al 94%, la masa crítica para una esfera desnuda sería de unos 53 kg de uranio y 12 kg de plutonio. Si la esfera está reflejada por una capa esférica de berilio de 10 cm de espesor, la masa crítica de uranio sería de 15 kg, con un radio de 5.8 cm y la de plutonio de 4.3 kg con un radio de 3.7 cm.

De lo anterior se deduce:

- Las bombas atómicas de uranio (por el método del proyectil) suelen emplearse como bombas de gravedad lanzadas desde aviones. Las de plutonio (por el método de la implosión, único posible), al ser de tamaño mucho más reducido, suelen emplearse como primario de una bomba termonuclear en los misiles de una o varias cabezas nucleares.
- Obtenido el uranio enriquecido al 90%, la fabricación de la bomba de uranio (por el método del proyectil), está al alcance de cualquier país con baja o media tecnología. Sin embargo, una vez obtenido el plutonio enriquecido al 94%, la fabricación de la bomba de plutonio requiere el empleo de alta tecnología, debido a este 6% restante de plutonios pares que se fisian espontáneamente, emitiendo constantemente neutrones que originan una explosión nuclear a destiempo.

- El combustible gastado en un reactor nuclear comercial contiene 95% de uranio y 1% de plutonio, los cuales pueden aprovecharse como combustible de los reactores nucleares de la próxima generación. La decisión de España de enviar los elementos combustibles gastados a un Almacén Temporal Centralizado (ATC) es una decisión muy acertada, pues permitirá aprovecharlos en un futuro próximo.

■ CONSIDERACIONES PREVIAS

■ Política empleada para el desarrollo de armamento nuclear por estados NNWS que han firmado el TNP

La política seguida por estos estados es muy similar. Una vez que han firmado y ratificado el TNP, esperan ganar la confianza de los estados occidentales, por lo que proceden de la siguiente manera:

- Envían a centenares de científicos e ingenieros a los países occidentales para su formación en física e ingeniería nuclear.
- Firman contratos con los países occidentales, preferentemente europeos, para la importación de componentes e instalaciones de tecnología dual
- Establecen complejas técnicas bancarias para los pagos.
- Dispersan las instalaciones nucleares por todo el país, y entierran las más críticas en búnkeres que solo pueden ser destruidos por bombas convencionales penetrantes, MOP (Massive Ordnance Penetrator, de 6 metros de longitud, 15.000 kilogramos de peso y una carga útil de 2.400 kilogramos penetrando 60 metros en hormigón armado) o por las bombas nucleares perforantes RNEP (Robust Nuclear Earth Penetrator) de bajo kilotonaje y, por tanto, de reducida contaminación radiactiva.
- Defienden, a ser posible, las instalaciones nucleares con misiles rusos tierra-aire S300 (SA20) de 150 km de alcance y 30 km de altura (análogo al ARROW).

Establecen una larga y compleja política de confusión y cansancio, fomentando la desunión de los miembros del Consejo de Seguridad de la ONU.

■ Proliferación nuclear en países de Oriente Medio y del Norte de África

Antes de ser ahorcado el 4 Abril de 1979, el depuesto Primer Ministro de Pakistán Ali Bhutto dejó en su testamento: *Las civilizaciones cristianas judía e hindú tienen la bomba atómica. El Islam carece de ella, todo musulmán debe luchar por conseguirla.*

Actualmente hay 17 países de Oriente Medio y del Norte de África que están considerando, por primera vez, la instalación de reactores nucleares de poten-

cia para producir energía eléctrica o desalar el agua del mar, debido a que el kilovatio hora nuclear es un 80% más barato que el producido por los combustibles fósiles y la mitad del eólico. Los países con las propuestas más elaboradas hasta la fecha son: Marruecos, Argelia, Túnez, Libia, Egipto, Jordania, Siria y Emiratos Árabes Unidos)

Algunas de estas naciones reclaman el legítimo derecho a instalar reactores nucleares comerciales de potencia eléctrica, incluyendo la petición sospechosa de disponer del ciclo completo del combustible nuclear desde el enriquecimiento del uranio al reproceso o reelaboración del combustible gastado. Se basan en el Artículo VI del TNP, que establece el derecho inalienable de todos los estados a desarrollar energía nuclear para usos pacíficos. Al haber suscrito el TNP, están obligados a no desarrollar armamento nuclear.

No obstante, los hechos de las últimas décadas han demostrado que la firma del TNP no garantiza que no puedan fabricar bombas atómicas.

Entre todos estos programas nucleares destacan los de Irán y los Emiratos Árabes Unidos que consideran la posibilidad de instalar 14 reactores nucleares con una producción total de 20.000 megavatios eléctricos. Los de los EAU entrarían en servicio en 2020; dos de estos reactores se instalarían entre las ciudades de Abu Dhabi y Ruwais y el tercero el Al Fujayrah, en la costa del Océano Índico.

En la fig. 1 se indica en diferentes colores los países que en un futuro próximo piensan instalar centrales nucleares para producir energía eléctrica o para la desalación del agua del mar.

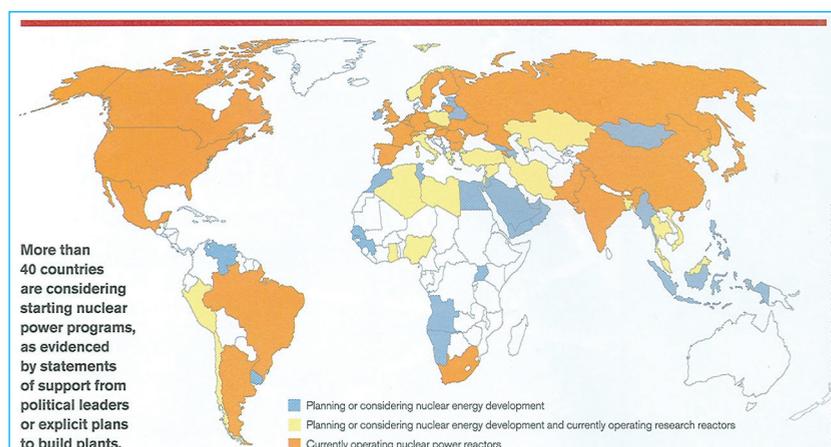


Figura 1. Países nucleares actuales y probablemente en el futuro
Fuente: IAEA.

■ Consideraciones norteamericanas sobre la proliferación nuclear

El Congreso de los Estados Unidos aprobó en su momento tres enmiendas: la Symington (1976), la Pressler (1981) y la Solarz (1985) que prohíben ayuda económica y militar a países que exporten o importen, legal o ilegalmente, tecnologías de doble uso. Sin embargo estas enmiendas no se aplicaron a Israel ni Pakistán.

En lo que respecta a Israel, en aquellos años era muy difícil que un candidato a presidente de los Estados Unidos fuese elegido si no contaba con el apoyo del electorado judío, como sucedió con los presidentes John Kennedy, Lyndon Johnson, Richard Nixon o Jimmy Carter.

En cuanto a Pakistán, cuando en diciembre de 1979, se produjo la invasión de Afganistán por la URSS, la única frontera de Afganistán accesible para los Estados Unidos era la de Pakistán, ya que ese mismo año el Sha de Persia había sido destituido, estableciéndose el régimen de los Ayatollahs, enemigo de los Estados Unidos. Así pues, a cambio de permitir la ayuda de los Estados Unidos a los talibanes, el presidente de Pakistán Muhammad Zia ul-Had les pidió que ignorasen el desarrollo nuclear de Pakistán, solicitando, además, una importante ayuda económica-militar.

■ SÍNTESIS DEL DESARROLLO DEL ARMAMENTO NUCLEAR

■ Resumen del desarrollo de armamento nuclear en los estados con armamento nuclear, NWS

• *Estados Unidos*

Experimentó su primera bomba atómica de plutonio, en 1945 (Trinity) y su primera bomba termonuclear en 1952 (Ivy Mike). En 1966 los Estados Unidos tenían 32.040 cabezas nucleares reduciendo su arsenal a unas 9.600 en 2010. Actualmente han firmado y ratificado el NEW Start, que establece un máximo de:

- 1.550 cabezas nucleares instaladas en ICBM, SLBM y bombarderos, contándose cada bombardeo como una cabeza nuclear, aunque pueda llevar varias. Debido a este cómputo, el número máximo de cabezas nucleares pudiera ser mayor.
- 800 ICBM, SLBM y bombarderos, todos ellos operativos o no.
- 700 ICBM, SLBM y bombarderos, todos ellos operativos.

• *Rusia (antigua URSS)*

Experimentó su primera bomba atómica en 1949 (RDS-1) y su primera bomba termonuclear en 1955 (RDS-37). En 1986 tenían 45.000 cabezas nucleares y en 2010 disminuyeron a unas 12.000. Han firmado y ratificado el New Start.

- *Reino Unido*

Probó su primera bomba atómica en 1952 y termonuclear en 1957. Durante los años 1975 a 1981 tenían 350 cabezas nucleares y en 2010 disponían de unas 225.

- *Francia*

Realizó su primera prueba de una bomba atómica en 1960 (Gerboise Bleue) y termonuclear en 1968 (Canopus). En 1991 llegó a disponer de 550 cabezas nucleares y en 2010 de unas 300.

- *China*

Probó su primera bomba atómica en 1964 y termonuclear en 1967. De 1989 a 1993 tenían 435 cabezas nucleares, disponiendo en 2010 de unas 240.

■ **Resumen del desarrollo del armamento nuclear en estados que no han firmado el TNP**

- *India*

La India es actualmente el único país, aparte de los cinco que integran el NWS, que desarrolla y construye, por sus propios medios, reactores nucleares, el ciclo completo de combustible nuclear y, además, fabrica armas nucleares.

Bajo el programa de Átomos por la Paz, Canadá construyó en Trombay el reactor *Cirus* de agua pesada-uranio natural de 40 megavatios térmicos, que entró en operación en 1963, adquiriendo el agua pesada de los Estados Unidos.

En 1964 la India construyó también en Trombay una planta de reelaboración del plutonio, lo que la permitió obtener el plutonio altamente enriquecido para fabricar su primera bomba atómica, la cual explotó el 18 de mayo de 1974. El gobierno indio declaró que era una explosión con fines pacíficos para su empleo en obras públicas.

Su programa de armamento nuclear se basa principalmente en la tecnología del plutonio y, en menor escala, en la del uranio, habiendo construido para ello una planta de ultracentrifugadoras en Rattehalli (1990).

El plutonio, altamente enriquecido para las bombas atómicas, se obtiene de dos reactores de agua pesada-uranio natural construidos en Trombay: el *Cirus* de 40 megavatios térmicos (1963) y el *Dhruva* de 100 megavatios térmicos (1988) y de tres plantas de reelaboración o reproceso del plutonio: Trombay (1964),

Tarapur (1977) y Kalpakkan (1997). Este conjunto produce el plutonio necesario para fabricar hasta 9 bombas atómicas al año.

Aparte de la prueba nuclear para fines pacíficos realizada en 1974, la India ha realizado 5 pruebas nucleares reconocidas como de aplicación militar.

El 11 de mayo de 1998, la India efectuó 3 explosiones nucleares subterráneas, una de la fracción del kilotón, otra de unos 4 kilotonnes (India informó que era de 12) y la tercera de 12-25 kilotonnes (India informó que era de 43-60).

Según las investigaciones realizadas en el Laboratorio Nacional Lawrence en Livermore, California, la última explosión nuclear era una bomba termo-nuclear, cuyo iniciador o primera etapa, era una bomba atómica de plutonio, pero que en la explosión falló la segunda etapa de deuterio-tritio, por lo que la energía producida no alcanzó los centenares de kilotonnes para la que estaba proyectada.

Dos días después, el 13 de mayo de 1998, la India explotó *dos bombas* atómicas de la fracción del kilotón.

- *Israel*

En 1956, en vista de la agresión que sufría sucesivamente por países islámicos, Ben Gurión decidió desarrollar armas nucleares. Las relaciones establecidas con Francia y con los Estados Unidos fueron muy provechosas para Israel.

Las relaciones con Francia fueron:

En 1957 se firmó un acuerdo entre Peres y Perrin para construir en Dimona una fábrica de elementos combustibles, un reactor nuclear de 24 megavatios térmicos y una fábrica de reelaboración de plutonio. Posteriormente se aumentó la potencia del reactor nuclear a 40, 75 y 150 megavatios térmicos (de 2 a 10 bombas/año).

En 1960, De Gaulle invitó a los físicos e ingenieros nucleares israelíes a presenciar la primera prueba nuclear francesa en Regganne (Sahara argelino).

De Gaulle consideraba conveniente que Israel y España desarrollasen armamento nuclear, autorizando la instalación en España del reactor de Vandellós I de 480 megavatios térmicos (1972-1989) alimentado con uranio natural y, por tanto, no sometido a salvaguardias. Haciendo funcionar apropiadamente la máquina de carga y descarga de elementos combustibles en el 10% del reactor, se produciría el plutonio necesario para 3 bombas atómicas al año.

Las relaciones con los Estados Unidos se resumen a continuación:

En 1965 en una inspección en la fábrica NUMEC en Pennsylvania (Estados Unidos) se detectó la pérdida de unos 100 kg de uranio altamente enriquecido (WGU). La Atomic Energy Commission (AEC) consideró que no había evidencia de robo. En 2001 el Departamento de Energía detectó que entre 1957 y 1968 se habían perdido en NUMEC, 269 kg de WGU (el 2% de la producción) y entre 1969 y 1978 de 76 kg (el 0.2%). También se detectó que el presidente de NUMEC, Zelman Shapiro, había permitido la visita de diversos científicos de Israel y del Mossad. Los presidentes de Estados Unidos, desde Lyndon Johnson a Jimmy Carter, se opusieron a efectuar cualquier investigación, como compensación a Israel por su apoyo a la guerra del Vietnam.

En 1986, el técnico Mordecai Vanunu, que trabajaba en Dimona, huyó a Londres revelando al Sunday Times el objetivo real de Dimona, aportando numerosas fotografías. El Mossad envió una atractiva agente que sedujo a Vanunu preparando su rapto en Roma, siendo juzgado y condenado en Israel a 18 años de cárcel.

El 22 Septiembre 1979 el satélite americano VELA detectó un fogonazo a 1500 millas al sur del Cabo de Buena Esperanza. Comparado con los producidos en las pruebas nucleares, se consideró que había una probabilidad del 90% de que fuese una explosión nuclear, realizada por Israel en colaboración con la Unión Sudafricana. El presidente Carter, que no quería problemas con Israel, ordenó que se crease la típica comisión de investigación presidida por el Prof. Ruina del MIT. Tras largas deliberaciones se concluyó que el fogonazo era debido a ¿efectos naturales?.

En el Centro Nuclear de Dimona se encuentran las siguientes instalaciones:

- Baterías de misiles *Arrow* (Patriot mejorado).
- 9 centros con múltiples sótanos. En los sótanos están situadas las diversas fábricas correspondientes a los procesos de fabricación de armas nucleares (atómicas, de hidrógeno y de neutrones).
- Una fábrica de concentrados de uranio (1960) y de exafluoruro de uranio (1983).
- Una fábrica de elementos combustibles, suministrada por Francia (1961).
- Una fábrica de reelaboración del Pu, suministrada por Francia (1966, 15-40 kg Pu/año).
- Un reactor nuclear de agua pesada HWR-IRR2 de 40-150 MWt, cuya energía se disipa a la atmósfera, suministrado por Francia (1963, 13-50 kg Pu/a).
- Una fábrica de enriquecimiento por ultracentrifugadoras y por láser (1981, 2-3 kg U/año).

En el Centro Nuclear de Rehovot hay una fábrica de agua pesada (1956).

- *Sudáfrica. Único caso de desarme unilateral*

El 24 de marzo de 1993, el entonces presidente Frederik de Klerk anunció en el Parlamento:

- En 1974 Sudáfrica había empezado el desarrollo de bombas atómicas con uranio.
- En junio de 1991 había ordenado el desmantelamiento de la fábrica de enriquecimiento de uranio y demás instalaciones para la fabricación de bombas nucleares. Así como el desmantelamiento de las seis atómicas fabricadas y de la bomba en construcción.
- El 10 de julio de 1991, Sudáfrica había firmado el TNP.

Cerca de Pretoria, están los centros nucleares de Pelindaba, dedicado a fines generalmente no militares y el de Valindaba dedicado a la fabricación de las bombas nucleares, que contenía la planta de enriquecimiento de uranio por el método de Becker construida con la asistencia técnica de la empresa alemana STEAG (Steinkohlen-Elektrizitatas AG).

Una de las razones por la cual de Klerk, antes de abandonar la presidencia, ordenó el desmantelamiento de las instalaciones y de las bombas nucleares, se debía a que Sudáfrica se encontraba rodeada de naciones numéricamente superiores y hostiles a su política de *apartheid*. En el caso poco probable de que hubieran hecho un frente común, la única probabilidad de supervivencia hubiese sido el empleo del arma nuclear. Por este motivo, Sudáfrica inició el desarrollo de bombas atómicas a principios de la década de los años 70.

Al abandonar de Klerk la política de *apartheid*, desapareció una de las razones que impulsaron a Sudáfrica al desarrollo de las armas nucleares.

- *Pakistán*

Cuando en 1974 la India explotó su primera bomba atómica, el presidente Ali Bhutto inició un programa militar para disponer en 1990 de armamento nuclear. Había que recuperar a los científicos paquistaníes que trabajaban en Europa y en los EE.UU. y establecer una amplia red comercial y de empresas interpuestas, para importar componentes, aparentemente de uso no militar.

En 1976 Abd al-Qadir Jan y varios ingenieros paquistaníes que trabajaban en la empresa holandesa FDO de ultracentrifugadoras para URENCO regresaron a Pakistán. El presidente Ali Bhutto le nombró director del subprograma de obtención de uranio enriquecido.

En 1979 se construyó la fábrica de ultracentrifugadoras de Sihala (experimental), en 1984 la de Kahuta (57-93 kg/a) y en 1987 la de Golra. En esta última fábrica de ultracentrifugadoras se empleó la tecnología más avanzada desarrollada por la empresa alemana Leybold-Hereaus y la suiza Metallwerke Buchs. En la fig. 2 se indican los principales centros nucleares.

En 1981 Ronald Reagan consiguió que el Congreso aprobara una ayuda de 3200 M\$ en 6 años y en 1986 de 4020 M\$ para otros 6 años. Cuando en 1988 empezó la retirada soviética de Afganistán se suspendió la ayuda.

El 28 de Mayo de 1998 (16 días después de las 5 explosiones nucleares indias) explotaron 5 bombas atómicas con un total de 10 KT. (Pakistán informó que el total fue de 27 kT).

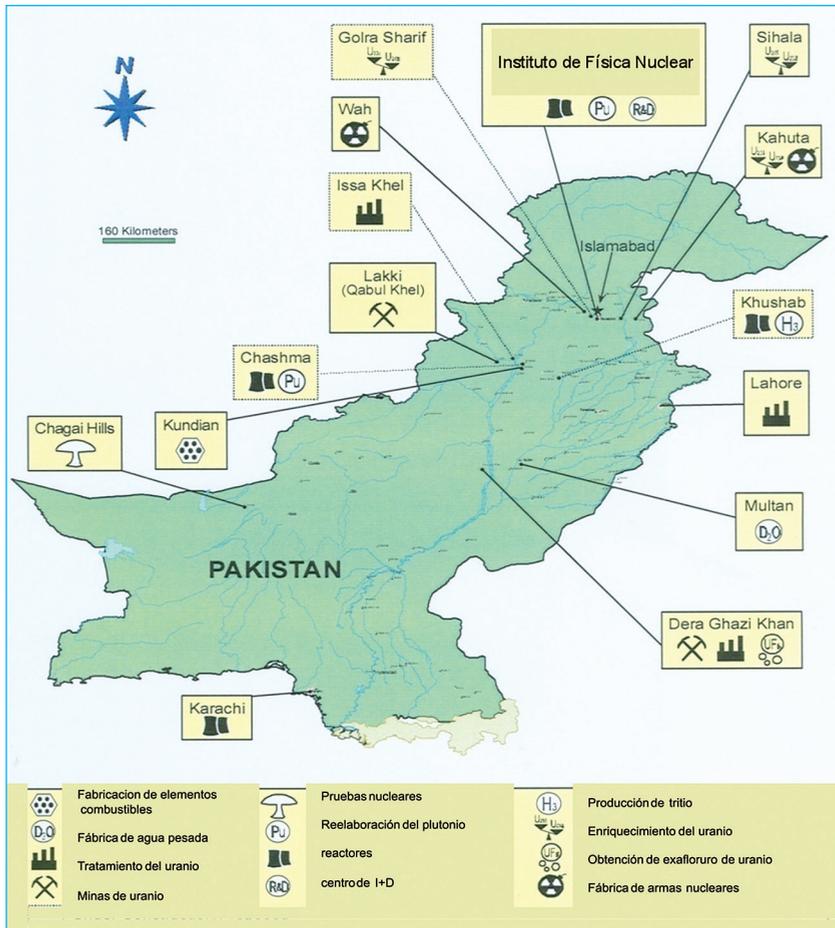


Figura 2. Instalaciones nucleares en Pakistán.

Fuente: <http://www.cns.miis.edu/pubs/reports/pdfs/9707paki.pdf>

El 30 de Mayo de 1998 explotó 1 bomba atómica de 5KT. (Pakistán informó que fue de 25 kT).

A.Q. Jan aprovechó esta experiencia en beneficio propio, estableciendo la llamada Red Jan para el suministro de componentes de ultracentrifugadoras. Se construyó en Malasia una fábrica camuflada de componentes para ultracentrifugadoras, exportándolas a través de Dubai, a Corea del Norte para la Planta de Yongbyon, a Irán para la Planta de Natanz y a Libia (en 2003 el barco que transportaba las ultracentrifugadoras fue interceptado al atravesar el Canal de Suez, descubriéndose la Red Jan).

■ **Resumen del intento de desarrollo de armamento nuclear en estados sin armamento nuclear (NNWS) que firmaron el TNP**

• *Argelia*

En 1995 firmó el TNP y sometió sus instalaciones nucleares a las salvaguardias de la OIEA renunciando al desarrollo de armamento nuclear.

En 1991 los satélites norteamericanos KHII detectaron, entre Ain-Oussera y Brine, fig. 3, la construcción de un centro nuclear con un reactor nuclear de agua pesada de 15 a 50 megavatios térmicos (según los cálculos realizados en

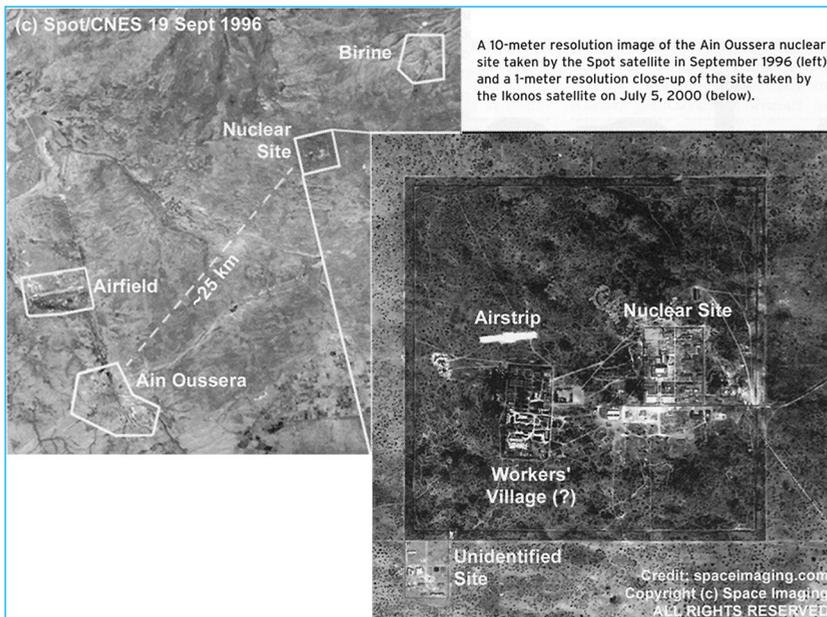


Figura 3.

Fuente: www.spaceimaging.com

nuestro Instituto de Fusión Nuclear), que dispersaba la energía producida en la atmósfera (no producía energía eléctrica) y de celdas calientes para la obtención del plutonio de los elementos combustibles gastados del anterior reactor de agua pesada. Actualmente no se ha observado actividad científica ni técnica, solamente la de un pequeño equipo de mantenimiento.

Argelia justificó la construcción de estas instalaciones como centro de formación de personal y para la producción de isótopos radiactivos para la medicina e industria, aunque un reactor nuclear de esta potencia podría emplearse para obtener plutonio para bombas nucleares.

- *Siria*

Desde hacia tiempo, la CIA había ido detectando una actividad sospechosa en el centro de mejora agrícola cerca de Al-Kibar. El 2 de septiembre de 2007 el Mossad detectó una gran actividad de personal norcoreano y la construcción de un reactor nuclear de características análogas al que tiene Corea del Norte en Yongbyon.

El 4 de septiembre de 2007 fuerzas de élite israelíes (Sayeret Shaldag) se infiltraron en territorio sirio para iluminar con láser los objetivos nucleares de Al-Kibar.

A las 1:30 del 6 de septiembre de 2007, 4 F-16 con misiles aire-tierra escoltados por otros 4 F-15 partieron de la base de Hatzerin en Israel, destruyendo estos objetivos y regresando todos los aviones.

Teniendo en cuenta que Siria ha hecho gala de poseer las mejores defensas antiaéreas del Próximo Oriente, la ha impedido denunciar el ataque israelí. Israel actuó análogamente a cuando la CIA comunicó al Mossad que Francia estaba construyendo el reactor nuclear OsIraq en Iraq. Como siempre, Israel interpretó este ataque como preventivo de legítima defensa (artículo 51 de la Carta de la ONU).

- *Libia*

En 1975 ratificó el TNP, aunque Qaddafi siempre había tenido en mente fabricar armamento nuclear.

La CIA y el Mossad ejercieron un control riguroso sobre las importaciones de Libia. Todo el territorio fue continuamente inspeccionado por los satélites KH-II.

En 2003, al atravesar el Canal de Suez, fue interceptado un barco, abanderado en Alemania, que transportaba de Malasia vía Dubai a Libia componentes de

una planta de ultracentrifugadoras fabricada en Malasia a través de la Red Jan. Fue entonces cuando se descubrió la Red Jan, siendo desmantelada, al menos, hasta ahora.

- *Iraq*

En 1969, Iraq ratificó el TNP con objeto de ganarse la confianza de las grandes potencias, principalmente de los Estados Unidos. Saddam Hussein organizó, entonces un astuto programa nuclear, con objeto de que al final del siglo XX pudiese disponer de las primeras bombas atómicas.

Siguiendo el procedimiento habitual, se enviaron centenares de científicos e ingenieros a los Estados Unidos y Europa para formarse en el campo nuclear.

Firmó diversos contratos para la importación de componentes e instalaciones de tecnología dual, cuyos pagos se efectuarían a través de complicadas técnicas bancarias. Los principales Bancos que efectuaron las transacciones fueron: la sucursal en Atlanta de la Banca Nazionale del Lavoro, bancos de Suiza y de diversos paraísos fiscales.

Se dispersaron las instalaciones nucleares por todo Iraq (se detectaron después de la Segunda Guerra del Golfo en 1990, 8 centros nucleares importantes).

Durante 1980 los satélites norteamericanos KH II detectaron que Francia estaba construyendo un reactor nuclear en Al Tuwaitha, cerca de Bagdad. Israel organizó la Operación Opera (llamada también Babilonia u Ofra). El 7 de junio de 1981 una escuadrilla israelí de 8 aviones F-16 con dos bombas Mark 84 de 900 kg cada una escoltada por 6 F-15, destruyeron el reactor LWR de la serie Osiris francesa (Osiraq por Francia y Tammuz 1 por Iraq) de 40 Mwt. Murieron 10 iraquíes y un ingeniero francés.

Israel interpretó el Artículo 51 de la Carta de la ONU como lo hizo después, como un ataque preventivo de legítima defensa.

En 1991, después de la Segunda Guerra del Golfo, se encontraron las siguientes instalaciones nucleares, en diverso estado de construcción, fig. 4.

- **Akashat.** Mina de uranio.
 - **Al-Qaim.** Producción de concentrados de uranio.
 - **Mosul.** Producción de exafloruro de uranio.
 - **Al-Tuwaitha.** Laboratorio de investigación sobre diversos métodos de enriquecimiento del uranio y de reelaboración de plutonio.
 - **Al-Furat.** Planta de montaje y fabricación de ultracentrifugadoras.
-

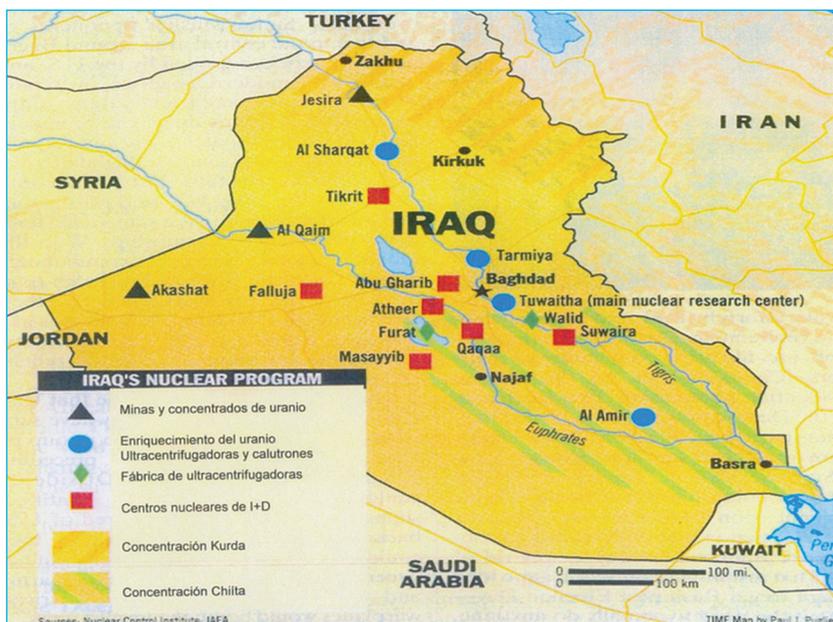


Figura 4.

Fuente: George Church, Time February 03, 1992.

- **Al-Tarmiya** y **Ash-Sharkat**. Plantas para el enriquecimiento del uranio. Calutrones y ultracentrifugadoras.
- **Al-Atheer**. Planta de fabricación de bombas atómicas.

■ IRÁN

A mediados de los años 60, el Sha Reza Pahlevi estableció un ambicioso programa nuclear, civil y militar.

El programa civil consistía en construir, para finales del siglo XX, 23 centrales nucleares y las instalaciones para el ciclo completo del combustible, desde la minería a la reelaboración del plutonio.

El programa militar trataba de aprovechar las instalaciones civiles para fabricar un pequeño arsenal de bombas atómicas de plutonio. En 1970 firmó el TNP, con objetivo de ganarse la confianza de los Estados Unidos.

En 1979, cuando fue derrocado el Sha, la empresa alemana Kraftwerke Union había completado el 80% de las centrales nucleares PWR Bushehr I y II de 1300 MWe y la empresa francesa Framatone había completado el 10% de la central nuclear PWR Darkhouin de 835 MWe. En noviembre de 1987 y julio

de 1988 estas tres centrales nucleares fueron destruidas por Iraq durante la Primera Guerra del Golfo.

El nuevo gobierno fundamentalista de Irán hizo una profunda selección del personal que trabajaba en el programa nuclear. Prescindió de los científicos e ingenieros que, habiéndose formado en el extranjero y teniendo contacto con otras culturas, habían atenuado su fe islámica. También prescindió de las científicas formadas en tiempos del Sha. Esto supuso una enorme pérdida de científicos e ingenieros altamente especializados, lo que retrasó considerablemente el programa nuclear.

Para la reconstrucción de la central nuclear de Bushehr, Irán solicitó inicialmente la ayuda de España y Alemania, pero ante la oposición de los Estados Unidos, renunciaron a colaborar. Esta decisión fue aprovechada por Rusia que firmó un contrato para la reconstrucción de esta central. Debido a su estado de destrucción, acordaron la construcción de una nueva central de agua a presión, PWR, de 915 megavatios eléctricos. Después de diversos retrasos en la carga del combustible de origen ruso, debidos a cuestiones económicas, actualmente está en vías de entrar en servicio.

En 1994 Irán firmó con Rusia un contrato para construir una planta de ultracentrifugadoras. No se llevó a cabo ante las presiones del presidente Bill Clinton de suprimir la ayuda económica a Rusia.

Actualmente hay en Irán 23 centros nucleares, siendo los más importantes el de Esfahan (producción de exafloruro de uranio), los dos de Natanz y el últimamente reconocido de Fordo-Qom (producción de uranio enriquecido) y el de Arak (producción de plutonio enriquecido).

■ **Producción de uranio enriquecido**

En 2000 se empezó a construir en Natanz una planta de ultracentrifugadoras cuya tecnología y componentes fueron suministradas, probablemente, por la Red Jan. Irán ha declarado que solo es para producir uranio ligeramente enriquecido para sus futuras centrales nucleares productoras de energía eléctrica y para su reactor experimental.

Sin embargo, desde 2002, los satélites norteamericanos han ido detectando que en Natanz se está construyendo un gigantesco búnker de unos 30 m de profundidad con muros de unos 3 m de espesor de hormigón pretensado, probablemente para albergar una nueva planta de ultracentrifugadoras, fig. 5. Esta planta de ultracentrifugadoras solo podría ser destruida empleando las bombas convencionales (Massive Ordnance Penetrator) o las bombas nucleares perforantes (Robust Nuclear Earth Penetrator) de bajo kilotonaje y, por tanto, de reducida contaminación radiactiva.

Posteriormente, en septiembre de 2009, Irán ha reconocido que está construyendo en Fordo cerca de la ciudad santa de Qom una planta de ultracentrifugadoras, dentro de una cueva excavada en una montaña.

Irán justifica el enorme coste de enterrar las plantas de Natanz y Qom para evitar su destrucción por Israel, ya que ello le privaría del uranio enriquecido al 3.5% para sus centrales nucleares.

En noviembre de 2008 había en Natanz (superficie) 3.000 ultracentrifugadoras del tipo P-1 (con 18 cascadas) y en Natanz (búnker) 840 del tipo avanzado IR-2 e IR-3 (con 5 cascadas) en fase de puesta a punto y 2.160 ultracentrifugadoras (con 13 cascadas) en fase de montaje. Esto haría un total de 6.000 ultracentrifugadoras en el complejo de Natanz, fig. 6.

Actualmente tienen componentes de última generación para unas 4.000 ultracentrifugadoras que, probablemente, se instalarán en la planta de Fordo-Qom.

Hasta mediados de 2009 se habían producido en la planta de Natanz 1200 kg de uranio ligeramente enriquecido para las futuras centrales nucleares. Realimentando la planta de Natanz con estos 1200 kg de uranio enriquecido a un 3.5%, se podrían obtener unos 44 kg de uranio enriquecido al 94%.

■ **Producción de plutonio**

En 2004 se empezó la construcción en Arak de un reactor de agua pesada HWR de 40 megavatios térmicos, probablemente suministrado por China, y de un conjunto de celdas calientes (pueden producir 15 kg/año de plutonio altamente enriquecido, con el que se pueden construir 2 bombas atómicas al año).

■ **Producción de energía eléctrica**

En noviembre de 2009 el Consejo de Ministros iraní aprobó la construcción de nuevos reactores nucleares con una potencia total de 20.000 megavatios eléctricos y la de 10 nuevas plantas de enriquecimiento de uranio para obtener anualmente unas 300.000 toneladas de combustible ligeramente enriquecido para estos reactores.

■ **Escenario israelí para evitar la proliferación nuclear en Irán**

Teniendo en cuenta las operaciones llevadas a cabo por Israel, con la ayuda de los Estados Unidos, para la destrucción del reactor Osiraq de Iraq el 7 de junio de 1981 y del Centro de Mejora Agrícola de Dayr-az-Zawt en Siria el 6 de septiembre de 2007, es muy probable que si Israel hubiese obtenido la ayuda logística de los Estados Unidos, habría enviado escuadrillas de F-16

con misiles aire-tierra, escoltados por escuadrillas de F-15, para destruir los centros de Natanz y Arak. Israel lo habría interpretado como ataque preventivo de legítima defensa, (Artículo 51 de la Carta de la ONU).

Debido a la dispersión de las instalaciones nucleares, enterrando algunas de ellas (Natanz, Fordo-Qom y Arak) y a su defensa con misiles rusos tierra-aire S300, es muy poco probable que Israel pudiera destruir actualmente estas instalaciones.

De todas formas, la destrucción de estos centros solo retrasaría unos años la capacidad de Irán para desarrollar armamento nuclear.

Ataque cibernético. Es probable que científicos israelíes de Dimona, en colaboración con científicos norteamericanos y de otros países, hubieran supuestamente desarrollado en 2009 el virus informático conocido como STUXNET que ha infectado el centro de cálculo de Natanz, encargado de coordinar el funcionamiento de las ultracentrifugadoras. Este virus informático está considerado como el más complejo, ingenioso y eficaz jamás desarrollado, estando compuesto por dos componentes:

Un componente está proyectado para que las ultracentrifugadoras de Natanz giren descontroladamente hasta su destrucción. El otro componente está proyectado para que los operadores de las centrifugadoras no puedan detectar el fallo. Se cree que tiene otro componente preparado para operaciones futuras.

Aunque se estima que solamente un 20% de las ultracentrifugadoras que estaban en operación en Natanz han sido inutilizadas, ello paralizaría completamente la planta, hasta que sean sustituidas y se logre poner a punto toda la instalación. Esto pudiera retrasar la capacidad iraní para obtener uranio enriquecido al 90%, empleado en las bombas atómicas, unos 3 años.

■ **Escenario internacional para evitar la proliferación nuclear en Irán**

No hay que olvidar la política habitual de algunos países islámicos:

- Que todo acuerdo o tratado con países de infieles no es de obligado cumplimiento.
- Es necesario establecer una larga y compleja política de confusión y cansancio, fomentando la desunión entre los miembros de la ONU.

En octubre de 2006, Irán propuso que un Consorcio Franco-Iraní se encargase de la puesta a punto y operación de la planta de Natanz, como prueba de que solo querían obtener uranio ligeramente enriquecido para sus centrales nucleares productoras de energía eléctrica.

Teniendo en cuenta que uno de los principales problemas que hay en una planta de ultracentrifugadoras es su puesta a punto, existía el peligro de que, una vez que el equipo francés hubiese puesto a punto la planta de Natanz y adiestrado al equipo iraní, el gobierno de Irán rompiese el acuerdo. Al final, Irán conseguiría tener la planta de Natanz en plena operación y de disponer de un equipo que pudiera poner a punto otras plantas de ultracentrifugadoras.

En 2006, Rusia ofreció a Irán que si cerraba la planta de Natanz, le suministraría el uranio ligeramente enriquecido necesario para sus futuras centrales nucleares. Irán rehusó el ofrecimiento.

En 2007 Irán ha permitido la visita de los inspectores de la OIEA a instalaciones en Arak. La OIEA declaró el 15 de noviembre de 2007 que no ha constatado que Irán se esté dirigiendo hacia un desarrollo de armamento nuclear y que ha comprobado el espíritu de cooperación de las autoridades de Teherán.



Figura 5.
Fuente: www.globalsecurity.org/wmd/world/iran/natanz

Mohamed El-Baradei, director general de la OIEA, declaró el 13 de enero de 2008, después de regresar de Irán, que había conseguido un plan de trabajo consensuado con el país.

El 4 de marzo de 2008 el Consejo de Seguridad de la ONU aprobó el tercer plan de sanciones. Estos planes de sanciones consisten, en esencia, embargar la adquisición de componentes nucleares, misiles, formación y asistencia técnica en el campo nuclear, congelación de fondos, etc.

Este tipo de embargo no afecta en la práctica a Irán, siendo este un país productor de petróleo, ya que los componentes nucleares los habría podido obtener de la Red Jan; los misiles de Corea del Norte y, de hecho, dispone actualmente de personal altamente cualificado.

En 2009 Irán rechazó la propuesta del Grupo de Viena (Estados Unidos, Rusia y Francia) de enviar a Rusia 1200 kg de uranio enriquecido al 3.5% para obtener 120 kg de uranio enriquecido al 20% para el reactor nuclear experimental de Teherán.

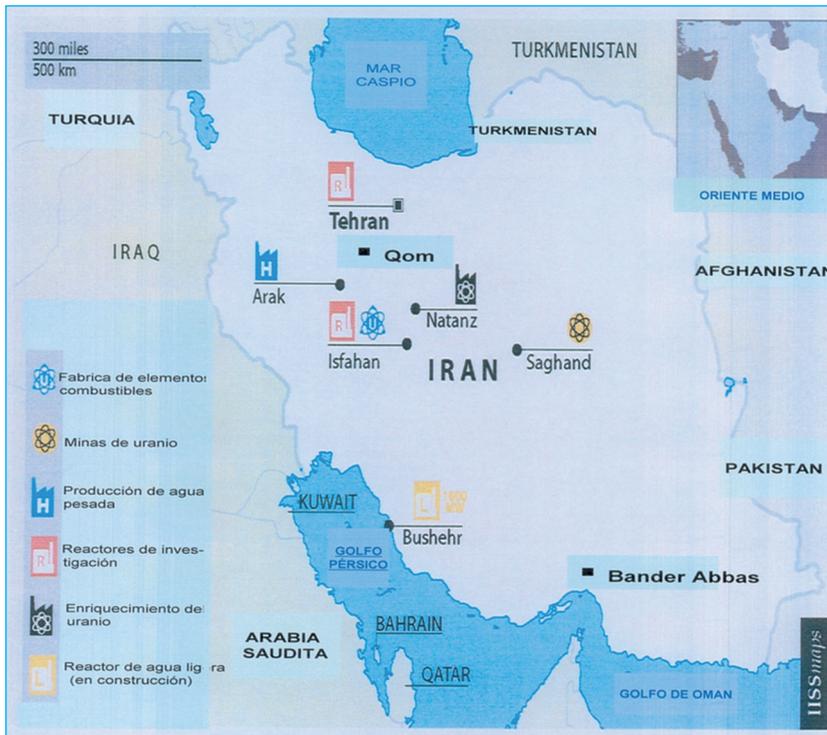


Figura 6.

Fuente: www.nti.org

El 12 de Mayo de 2010 Irán, Brasil y Turquía firmaron un acuerdo para que Irán deposite en Turquía los 1200 kg de uranio al 3.5% para obtener del Grupo de Viena 12 kg de uranio al 20%. El Grupo de Viena lo rechaza.

En Junio de 2010, el Grupo de Viena propuso a Irán reunirse bajo los auspicios de la OIEA para discutir el trueque del uranio, pero esta oferta fue rechazada por el gobierno de Teherán 12 de Noviembre.

El 6 de Diciembre de 2010 Irán propuso nuevas conversaciones con el Consejo de Seguridad de la ONU más Alemania para el trueque del uranio.

■ COREA DEL NORTE

■ Introducción

En la década de los años 70, Corea del Norte inició un programa para la obtención de un pequeño arsenal nuclear. Contaba con las minas de uranio y las fábricas de concentrados de Pyongson y Pakchon.

Como es habitual en estos casos, lo primero que hizo fue firmar el 12 de diciembre de 1985 el TNP, pero no permitió a los inspectores de la OIEA inspeccionar su Centro Nuclear de Yongbyon, donde la URSS había construido en 1965 el reactor nuclear experimental LRT-2M.

En 1989 los satélites norteamericanos detectaron que en este centro se estaban construyendo diversas instalaciones, sospechosas de estar relacionadas con el desarrollo de bombas atómicas.

Desde entonces, Corea del Norte ha ido estableciendo una ingeniosa política de confusión y cansancio, principalmente con los Estados Unidos, firmando y denunciando acuerdos, con objeto de conseguir el tiempo necesario para fabricar armas nucleares.

■ Producción de plutonio

En el Centro Nuclear de Yongbyon, se detectó la existencia de un reactor nuclear de grafito-gas (GGR), probablemente suministrado por China, de una fábrica de elementos combustibles, y de una planta de reelaboración o reproceso del plutonio obtenido en este reactor.

De este modo Corea del Norte disponía del ciclo completo, partiendo del uranio natural de sus minas, fabricaba los elementos combustibles de uranio natural, los irradiaba en el reactor de grafito-gas y luego los reprocesaba para obtener plutonio enriquecido al 94% para fabricar bombas atómicas.

Después de la primera prueba nuclear norcoreana realizada en 2006 con una bomba de plutonio, los Estados Unidos estimaron que Corea del Norte había obtenido en el Centro Nuclear de Yongbyon unos 50 kg de plutonio enriquecido al 94% para bombas. Corea del Norte reconoció haber obtenido solamente 30 kg, suficientes para fabricar 5 bombas atómicas.

■ **Producción de uranio enriquecido**

Después de la firma del TNP, Corea del Norte quiso adquirir en la URSS un reactor de agua ligera a presión, LWR, para la producción de energía eléctrica. Al fallar estas conversaciones, lo intentaron con los Estados Unidos, pero ante las condiciones impuestas por estos, decidieron construirlo con tecnología propia.

El 12 de noviembre de 2010 invitaron a S. Hecker y a otros profesores de la Universidad de Stanford a visitar el Centro Nuclear de Yongbyon, en donde se estaba construyendo, con tecnología propia, un LWR de 25 a 30 megavatios eléctricos que esperaban terminar en la fecha poco probable de 2012. Durante esta visita, Corea del Norte permitió, por primera vez, visitar una planta de enriquecimiento de uranio que, según dijeron, era para obtener el uranio enriquecido al 3.4% para fabricar los elementos combustibles de este reactor LWR.

Alrededor del año 2000, la Red Jan suministró a Corea del Norte 20 centrifugadoras del modelo P1 y 4 del P2, así como la tecnología desarrollada por URENCO de la Unión Europea y por la fábrica japonesa Rokkasho-mura. Actualmente disponen de 2000 a 3000 ultracentrifugadoras. En esta planta de ultracentrifugadoras se podría obtener el uranio enriquecido al 90% necesario para fabricar una bomba atómica al año.

Hay pruebas, no concluyentes, que Corea del Norte pudiera tener otra planta de ultracentrifugadoras enterrada en un lugar desconocido.

■ **Pruebas nucleares**

Con el plutonio obtenido de las instalaciones de Yongbyon: fábrica de elementos combustibles, reactor GGR y planta de reelaboración del plutonio, Corea del Norte ha efectuado dos pruebas nucleares en el polígono de Hwaderi (Kilju). La primera, el 9 de octubre de 2006, produciendo una energía de menos de 1 kilotón (de 0.5 a 0.8 kilotonnes). La segunda el 25 de mayo de 2009, que según las mediciones de los sismógrafos de:

- US Geological Survey con 23 estaciones, se obtuvo 4,7 grados en la escala de Richter, que corresponden a 4.7 kilotonnes.
 - International Data Center con 23 estaciones, se obtuvo 4,5 grados Richter, que corresponden a 2,5 kilotonnes.
-

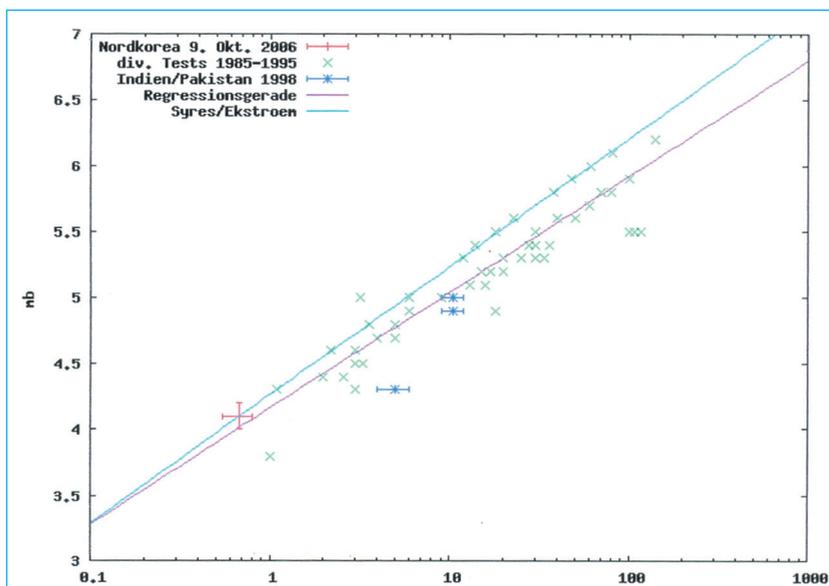


Figura 7. Grados escala de Richter versus kilotones.

Fuente: M. Kalinowski. C.F. von Weizsäcker Center. Univ. Hamburg. 27-05-2009.

– Japan Meteorological Agency, se midieron 5,3 grados Richter, correspondientes a 10 kilotones.

Desechando la medida japonesa, puede considerarse que fue de unos 3,5 kilotones. En la fig. 7 se indica el paso de grados Richter a kilotones.

Como resultado de estas pruebas, para poder optimizar la bomba de plutonio y obtener finalmente la energía proyectada de unos 20 kilotones, se necesitaría realizar una serie de explosiones nucleares.

Ante la presión de cinco de los miembros del Grupo de Seis: Estados Unidos, Rusia, China, Japón y Corea del Sur, Corea del Norte decidió parar, temporalmente, en el Centro Nuclear de Yongbyon, el reactor GGR y la planta de reelaboración de plutonio, destruyendo la torre de refrigeración de este reactor. Sin embargo, Corea del Norte continúa con el enriquecimiento del uranio en su planta de ultracentrifugadoras, ya que las bombas de uranio, de fácil fabricación, pueden optimizarse sin realizar pruebas nucleares.

■ Escenario internacional para evitar la proliferación nuclear en Corea del Norte

Los acuerdos y desacuerdos del gobierno de Corea del Norte, primeramente con los Estados Unidos y últimamente con el Grupo de los Seis, son un ejem-

plo a seguir por cualquier estado NNWS que habiendo firmado el TNP quisiera fabricar armas nucleares.

- El 12 de diciembre de 1985 firmó el TNP, pero no permitió las inspecciones de la OIEA.
- El 30 de enero de 1992 firmó el acuerdo de salvaguardias con la OIEA, permitiendo solamente la inspección de los centros declarados.
- El 12 de marzo de 1993 anunció su retirada de TNP. Después de 89 días retiró su decisión de retirarse (el TNP requiere que transcurran 3 meses desde el anuncio de retirada hasta que sea efectiva).
- El 12 de octubre de 1994 Corea del Norte y Estados Unidos firmaron el Agreed Framework, AF, por el cual Corea del Norte se comprometía a parar el programa de obtención de plutonio a cambio de ayuda económica, suministro de petróleo y la construcción de dos reactores de potencia de agua ligera a presión, LWR, para la producción de energía eléctrica.
- Basándose en el retraso en la construcción de los dos reactores LWR, que deberían entrar en servicio en 2003 y en los malentendidos en la ayuda económica, Corea del Norte decidió continuar con la obtención de plutonio, reprocesando el combustible irradiado en el reactor GGR de Yongbyon.
- El 1 de agosto de 2003, aceptó iniciar conversaciones en el Grupo de los Seis (Estados Unidos, Rusia, China, Japón y las dos Coreas), con objeto de retrasar cualquier acuerdo hasta que hubiera fabricado su primera bomba atómica.
- El 25 de julio de 2005 se volvió a reunir, infructuosamente, por cuarta vez, el Grupo de los Seis.
- El 9 de octubre de 2006 Corea del Norte efectuó su primera prueba nuclear.
- El 14 de octubre de 2006, el Consejo de Seguridad de la ONU propuso una serie de sanciones al gobierno de Pyongyang que no fueron apoyadas por Rusia y China.
- El 13 de febrero de 2007 se reunió por quinta vez el Grupo de los Seis, acordando precintar el reactor de GGW y la planta de reelaboración de plutonio de Yongbyon. A cambio de esto, Corea del Sur recibió primeramente 6.200 toneladas de crudo y, unos meses después, otras 7.500 toneladas, de las 50.000 toneladas acordadas.
- El 27 de junio de 2008, Corea del Norte destruyó la torre de refrigeración del reactor de GGW.
- El 14 de abril de 2009, debido a la denuncia de la ONU por las pruebas del misil Taepo Dong II, Corea del Norte renunció a reunirse definitivamente con el Grupo de los Seis, expulsando a los inspectores de la OIEA y reanudando el programa de armas nucleares.
- El 25 de mayo de 2009, Corea del Norte realizó su segunda prueba nuclear.

Tabla 1. Cabezas nucleares en Estados Con Armamento Nuclear NWS

	Primera prueba nuclear		Número máximo de cabezas nucleares		Número de cabezas nucleares en 2010
	Atómica	Termonuclear	Número	Año	
Estados Unidos	1945	1952	32.040	1966	9.600
URSS (Rusia)	1949	1955	45.000	1986	12.000
RU	1952	1957	350	1975	225
Francia	1960	1968	550	1991	300
China	1964	1967	435	1989	240

Ref. G. Velarde, FAS enero 2011, BAS julio-agosto 2006.

Tabla 2. Centros de producción de uranio y plutonio en nnws

País	TNP	Uranio para bombas	Plutonio para bombas	
		Ultracentrifugadoras	Reactores nucleares	Fábrica reelab. plutonio
India		Ratthellali 1990	4 sometidos a salvaguardias 10 no sometidos a salvaguardias 4 en construcción	Trombay 1966 (45 kg/a) Tarapur 1979 (150 kg/a) Kalpakkam 1991 (190 kg/a)
Pakistán		Sihala 1979 Kahuta Lab. Khan 1984 (57-93 kg/a) Golra 1987	Khushab HWR (40-70 MWt) Kanupp 1972 (HWR 125 MWe)	Chasma 1978 (100 kg/a) ew Lab 1982 (10-20 kg/a) Pinstech
Irán	1970	Natanz (empezó const. en 2000. Actualmente hay unas 3000 ultracentrifugadoras)	Bushehr I (LWR, 1300 MWe destruido por Iraq en 1987) Bushehr II (LWR, 1300 MWe destruido por Iraq en 1987) Darkjoun (LWR, 935 MWe destruido por Iraq en 1987) Arak (HWR 40 MWt) empezó construcción 2004	
Iraq*	1969	Al-Furat* Al-Sharkal* A-Tarmiya*	Osiraq I (LWR 40 MWt destruido por Israel en 1981) IRT-2000 1968 (LWR 5 MWt) ISIS 1982 (LWR 800 kWt)	Al-Tuwaitha (8 kg/a)*
Argelia	1995		Ain-Oussera 1991 (HWR 30 MWt)	Ain-Oussera 1991 (d)
Corea del Norte	1985	Mount Chonma, Yongbyon	Yongbyon GGR (5 y 50*** MWe) Taechon GGR (200*** MWe)	Yongbyon 1975
Israel		Dimona 1981 (2-3 kg/a)	IRR2 Dimona 1963 (HWR 40-150 MWt)	Dimona (15-40 kg/a)

Sometido a salvaguardias

d: en desarrollo; *: las instalaciones nucleares fueron unas destruidas y otras desmanteladas durante y después de la Guerra del Golfo; ***: en construcción.

Fuente: G. Velarde.

Tabla 3. Misiles y cabezas nucleares en nnws			
País	Misiles		N.º de bombas atómicas
	Tipo	Alcance km	
India	Agni I Agni II (t) Agni III (d)	700 2.000 3.000	70
Pakistán	Ghauri I (Haft 5) (Nodong) Ghauri II (Haft 6) (Taepo-Dong I) (t)	1.200 2.000	70-90
Irán	Shahab 1 (Scud B) Shahab 2 (Scud C) Zerdal 3, Tondar Shahab 3 (Taepo-Dong I) (t)	300 500 1.000 2.000	
Iraq	Scud B* Al-Hussein* (Scud C) Al-Abbas (d)* (Scud C)	300 600 900	
Argelia	Scud B	300	
Corea del Norte	Taepo Dong I (t) Taepo Dong II (t) Taepo Dong III (2015)	2.000 6.000 15.000	¿1 de U? 6-10 de Pu
Israel	Jeriko I Jeriko II Jeriko III (t)	1.200 1.800 4.000	100-200**

Sometido a salvaguardias
t: probado y en fabricación; d: en desarrollo; *: las instalaciones nucleares fueron unas destruidas y otras desmanteladas durante y después de la Guerra del Golfo; **: algunas de fusión y quizás de neutrones.
Fuente: G. Velarde.

■ CONCLUSIONES

■ Conclusiones generales

1. En la tabla 1 se resumen el número de cabezas de los NWS y en las tablas 2 y 3 los centros de producción de uranio y plutonio y los misiles y cabezas nucleares de los NNWS.
2. Cuando un país dispone de una planta ultracentrifugadora para enriquecer el uranio a un 4% empleado en los reactores nucleares comerciales de potencia eléctrica, está capacitado para obtener uranio enriquecido a más del 90% empleado en las bombas atómicas. Es necesario que entre en funcionamiento un centro o banco del uranio, controlado por la OIEA, que suministre el uranio enriquecido que emplean los reactores comerciales, evitando la proliferación que puede producirse en las plantas de centrifugadoras (Salazar, G. cap. de este libro).

3. Obtenido el uranio enriquecido a más del 90%, la fabricación de una bomba atómica por el método del proyectil requiere una tecnología accesible a países en vías de desarrollo.
4. Si un país tiene un reactor de unos 10 a 100 megavatios térmicos, cuya energía producida se disipa en la atmósfera, sin producir energía eléctrica, (reactor plutónigeno), está capacitado para producir plutonio enriquecido a más del 94% empleado en las bombas nucleares.
5. Obtenido el plutonio enriquecido a más del 94% en un reactor plutónigeno, la fabricación de una bomba nuclear por el método de la implosión, único aplicable al plutonio, requiere una alta tecnología.

■ Conclusiones sobre Irán y Corea del Norte

El caso de Irán es distinto del de Corea del Norte y las medidas que se pudiesen adoptar para evitar la proliferación nuclear son radicalmente distintas.

1. Irán es productor de petróleo y, por tanto, los embargos que se pudiesen adoptar son de resultado problemático.
Aún en el caso de que los Estados Unidos proporcionasen a Israel las bombas MOP y la logística necesaria para la destrucción de los centros relacionados con la fabricación de bombas nucleares no se resolvería el problema de la proliferación nuclear, solo se retrasaría unos años, por lo que tendrían que repetirse estas operaciones periódicamente, con los problemas que conllevan.
En la firma de tratados, acuerdos, etc., con Irán, hay que tener en cuenta que Irán aplicaría, como es habitual, una compleja política de confusión, cansancio y dilación, con objeto de tener tiempo a que pueda desarrollar el arma nuclear, del mismo modo a como lo ha hecho Corea del Norte.
2. Corea del Norte tiene una agricultura y una ganadería insuficiente para abastecer a su población, por lo que sufre hambrunas periódicas. Además, carece de petróleo y tiene graves problemas de abastecimiento energético.
Por este motivo el problema de la proliferación nuclear podría resolverse estableciéndose unas salvaguardias generales que impidiesen el desarrollo de armamento nuclear, a cambio de una importante ayuda económica (suministro de excedentes agrícolas, de petróleo, de centrales nucleares productoras de energía eléctrica, etc.).
Corea del Norte dispone de una alta tecnología en la fabricación de misiles de corto y medio alcance a precios difícilmente competitivos. Por otro lado, ha realizado explosiones nucleares con bombas de plutonio, lo que la capacita para fabricar, en un futuro próximo, misiles con cabeza nuclear.
El peligro radica en que pudiendo encontrarse en situaciones económicas extremas (hambrunas, falta de combustibles y energía, etc.), decida vender, en un futuro próximo y, al mejor postor, misiles con cabeza nuclear, de igual modo a como lo hizo la Red Jan de Pakistán vendiendo ultracentrifugadoras a Irán, Corea del Norte e intentándolo a Libia.

■ BIBLIOGRAFÍA

ALBRIGHT David et al. *Pelindaba and Valindaba Facilities, South Africa*. www.isis-online.org/southafrica/pelindaba. October 2000.

ALBRIGHT David et al. «Iraq and the Bomb. Were they Even Close». *Bulletin of Atomic Scientists*. March 1991, 16-28.

ALBRIGHT, David and BRANNAN, Paul. The Al Kibar Reactor: Extraordinary Camouflage. Troubling Implications. *ISIS*. May 12, 2008. www.isisonline.org

BROAD William et al. *Israel Test on Worm Celled Crucial in Iran Nuclear Delay*. www.nytimes.com/2011/01/16/worldmiddleeast/16_stuxnet.html

BURROWS, William E., WINDREM, Robert. *Critical Mass*, Simon and Schuster, 1994.

BUTLER, K., SALAMA, S., & SPECTOR, L. Special Report: The Khan Network. Where is the Justice? *The Bulletin of Atomic Scientists*. November-December. 2006. 25-34.

CARPINTERO SANTAMARÍA, Natividad. The Incidence of illegal nuclear trafficking in proliferation and international security. *Behavioral Sciences of Terrorism and Political Aggression*. Routledge – Taylor and Francis. (2010).

CARPINTERO SANTAMARÍA, Natividad. El proyecto nuclear de Irán. En *Irán como Pivote Geopolítico*. Documentos de Seguridad y Defensa 35. CESEDEN. (2010). Pp. 31-45.

CIRINCIONE, J., WOLFSTHAL, J.B., & RAJKUMAR, M. *Dead Arsenals, Nuclear, Biological and Chemical Threats*. Washington D.C. Carnegie Endowment for International Peace. 2005.

COHEN, Avner. *Israel and the Bomb*. Columbia University Press, 1998.

GLINSKI, V. and MATTSON, R.J. Revisiting the NUMEC affair. *Bulletin of Atomic Scientists*. March/April 2010. Pp. 61-75.

HECKER Siegfried. «Redefining Denuclearization in North Korea». *Bulletin of Atomic Scientists*. January 2011.

HERSH, Seymour. *The Samson Option*. The Random House. 1991.

Implementation of the NPT Safeguards Agreement in the Islamic Republic of Iran. Report by the Director General. IAEA Board of Governors. GOV/2004/60. 1 September 2004. Derestricted 18 September 2004.

Implementation of the NPT Safeguards Agreement and relevant provisions of Security Council resolutions 1737 (2006), 1747 (2007), 1803 (2008) and 1835 (2008) in the Islamic Republic of Iran. Report by the Director General. IAEA Board of Governors. GOV/2009/8 19 February 2009.

Iran to increase centrifuges to 50,000: Aqazadeh. IRNA. Islamic Republic News Agency. Tehran, Feb 25, 2009. www.irna.ir

Iran's Nuclear Programme: A Collection of Documents. Presented to Parliament by the Secretary of State for Foreign and Commonwealth Affairs by Command of Her Majesty. January 2005.

GOLDSCHMIDT, Pierre. *Preventing Nuclear Proliferation: A Duty for the Nuclear community*. European Nuclear Society ENS-HSC, April 2010.

kalinowski Martin. «Second Nuclear Test conducted by North Korea on 25 May 2009». Carl Friedrich von Weizäcker. University Hamburg. Fact Sheet of 27 May 2009.

LUGAR Richard. «**The Lugar Survey on Proliferation Threats and Responses**». Senate Office Building.

NORRIS, R.S. & KRISTENSEN, H.M. Global Nuclear Stockpiles, 1945-2006. Nuclear Notebook prepared by the Natural Resources Research Council. *The Bulletin of Atomic Scientists* July/August. 2006. Pp. 64-67.

The Middle East on a Collision Course (5): Iran Steps up Threats to Retaliate in the Event of an American Attack. *The Middle East Research Institute*. MEMRI. Special Dispatch. N. 1457. February 9, 2007.

VELARDE, Guillermo, MARTINEZ-VAL, José María (Г. Веларде, Х.М. Мартинес-Вал); Инерция атомов и ядерный синтез (Fusión Inercial y Síntesis Nuclear) en НАУКА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО (Ciencia y Humanidad), Ed. Conocimiento, Moscú, 1990. Pp. 170-184.

VELARDE, Guillermo y CARPINTERO SANTAMARIA, Natividad. Desarrollo de la energía nuclear en países islámicos emergentes durante la Tercera Revolución Energética. En *La Tercera Revolución Energética y su Repercusión en la Seguridad y Defensa*. Documentos de Seguridad y Defensa. CESEDEN. 2010. Pp. 129-149.

VELARDE, Guillermo, CARPINTERO SANTAMARIA, Natividad. **Key Aspects on the Non-Proliferation measures.** En S. Apikyan and D. Diamond *Countering Nuclear and Radiological Terrorism.* Springer 2006. Pp. 85-94.

VELARDE, G. & CARPINTERO SANTAMARIA Natividad. **Global Terrorism: An assessment of Biological, Chemical and Nuclear Threat.** En Antonius, D., Brown, A.D., Walters, T.K., Martín Ramirez, J. & Sinclair S. J. (eds). *Interdisciplinary Analyses of Terrorism and Political Aggression.* Cambridge Scholars Publishing. (2010). Pp. 239-271.

VELARDE, Guillermo. **Energías alternativas y su papel en el futuro energético de la Unión Europea.** En *Seguridad Nacional y Estrategias Energéticas de España y Portugal.*

Weapons of Mass Destruction Commission (2006) *Weapons of terror: Freeing the world of nuclear, biological and chemical arms.* Final report. Stockholm.

www.iaea.org

www.wmdcmomission.org

www.spaceimaging.com

www.cns.miis.edu.org

www.nti.org