



Tecnologías nucleares

Antonio González Fernández
Departamento de Física Aplicada III
Universidad de Sevilla

Parte 6: Uso militar de la energía nuclear

Principios de una bomba atómica

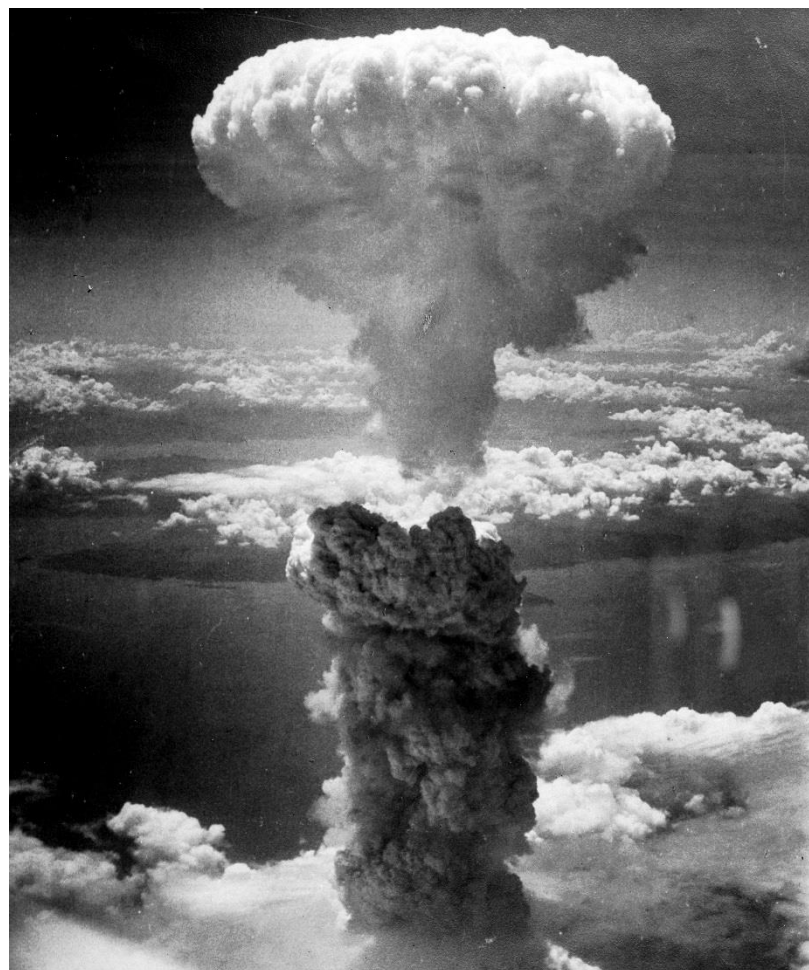
Se basa en una reacción en cadena de neutrones rápidos

Utilizan uranio muy enriquecido o ^{239}Pu

Se basan en conseguir una masa crítica mediante una explosión química (bomba A)

Libera energía y radiación

La fisión puede usarse como detonador de una reacción de fusión (bomba H)



Las bombas de Hiroshima y Nagasaki

Dos diseños originales

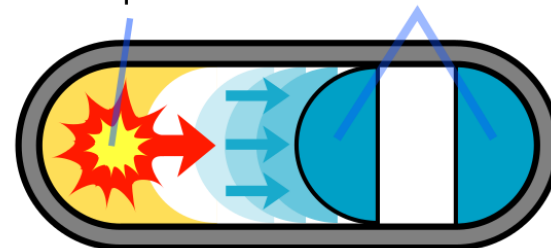
Tipo pistola ("*Little boy*")

Hiroshima

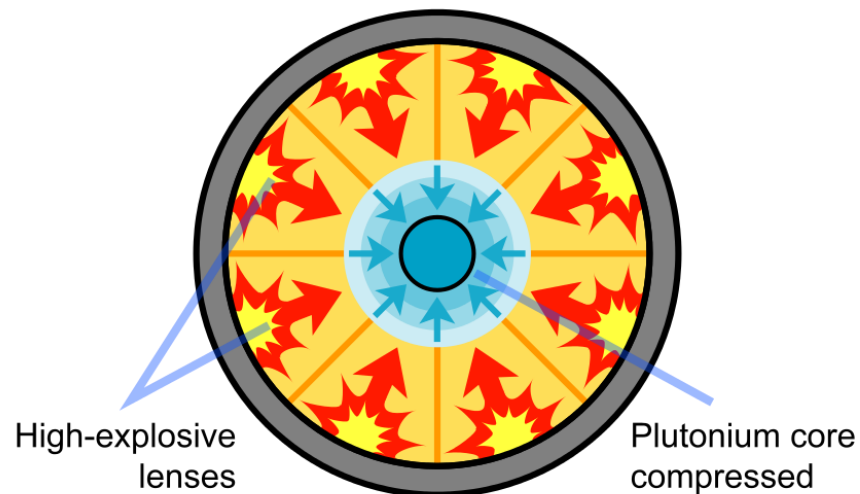
Implosión ("*Fat man*")

Nagasaki

Conventional chemical explosive Sub-critical pieces of uranium-235 combined



Gun-type assembly method

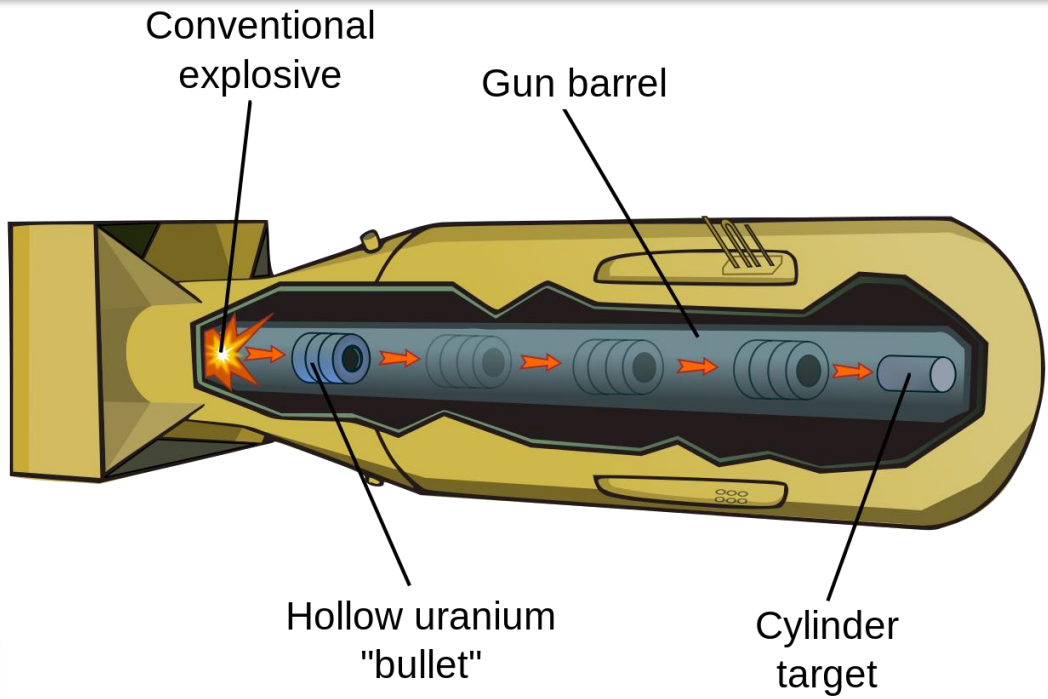


Implosion assembly method

La bomba atómica tipo pistola

No son dos semiesferas

Una "bala" cilíndrica hueca (subcrítica) es disparada contra un blanco



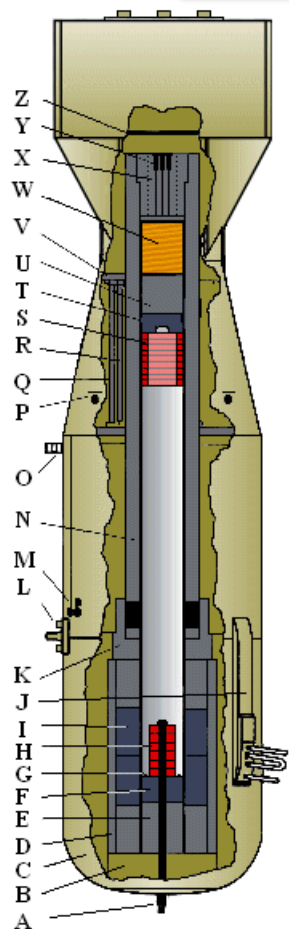
Proceso "lento"

Hay riesgo de predetonación por ^{240}Pu

Little boy

Largo:	300cm	Masa de U:	64kg	~89%
Ancho:	70cm	Masa total:	4400kg	

La bomba atómica tipo pistola



Cross-section drawing of Y-1852 Little Boy showing major mechanical component placement. Drawing is shown to scale. Numbers in () indicate quantity of identical components. Not shown are the APS-13 radar units, clock box with pullout wires, baro switches and tubing, batteries, and electrical wiring. (John Coster-Mullen)

- Z) Armor Plate
- Y) Mark XV electric gun primers (3)
- X) Gun breech with removable inner plug
- W) Cordite powder bags (4)
- V) Gun tube reinforcing sleeve
- U) Projectile steel back
- T) Projectile Tungsten-Carbide disk
- S) U-235 projectile rings (9)
- R) Alignment rod (3)
- Q) Armored tube containing primer wiring (3)
- P) Baro ports (8)
- O) Electrical plugs (3)
- N) 6.5" bore gun tube
- M) Safing/arming plugs (3)
- L) Lift lug
- K) Target case gun tube adapter
- J) Yagi antenna assembly (4)
- I) Four-section 13" diameter Tungsten-Carbide tamper cylinder sleeve
- H) U-235 target rings (6)
- G) Polonium-Beryllium initiators (4)
- F) Tungsten-Carbide tamper plug
- E) Impact absorbing anvil
- D) K-46 steel target liner sleeve
- C) Target case forging
- B) 15" diameter steel nose plug forging
- A) Front nose locknut attached to 1" diameter main steel rod holding target components

"Atom Bombs: The Top Secret Inside Story of Little Boy and Fat Man," 2003, p 112.
John Coster-Mullen drawing used with permission

Lleva iniciador de Po-Be

No se hicieron pruebas previas

Hiroshima:
6/8/45

Fisionó <1kg

Liberó 63TJ

Se abandonó tras la 2ª G.M.

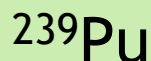
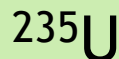
La bomba atómica de implosión

Mediante un explosivo químico se concentra el material fisible

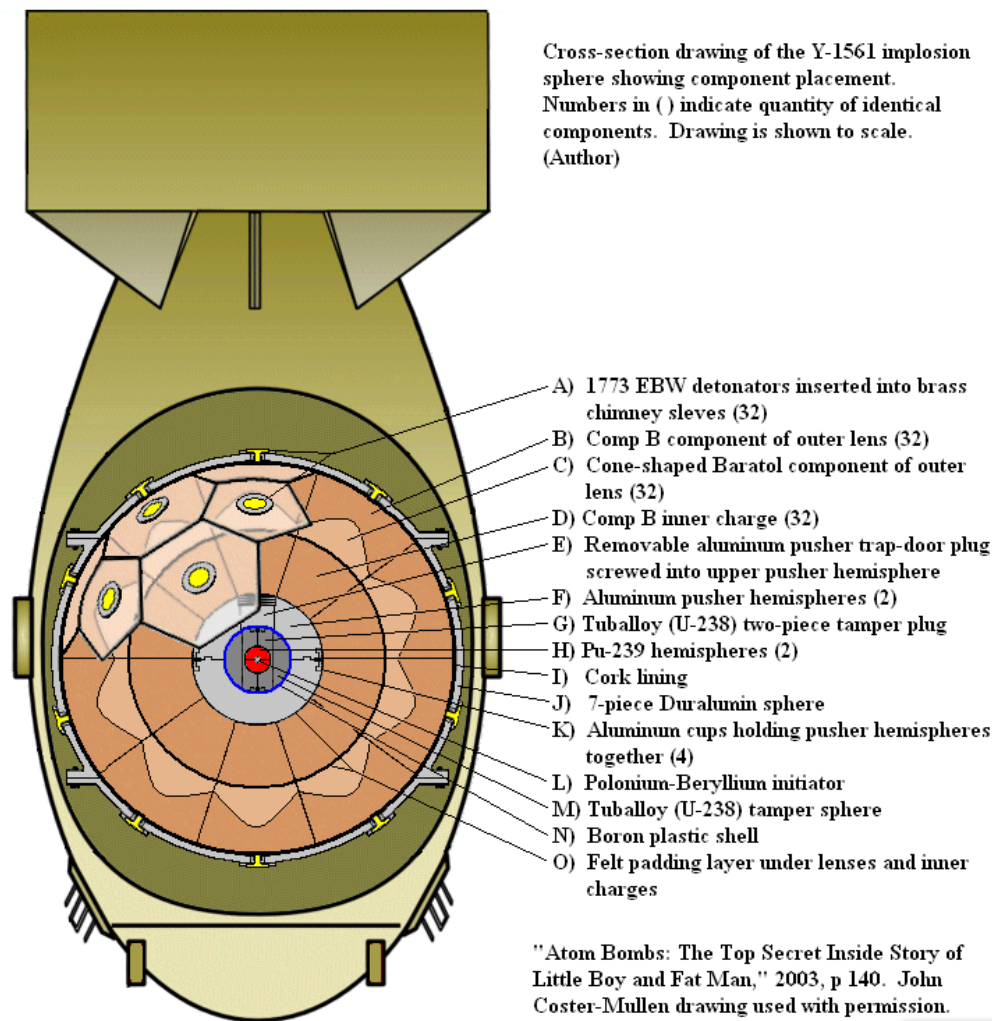
La implosión aumenta k

Incluye reflector

Proceso rápido



Permite bombas más pequeñas al aumentar la densidad



"Atom Bombs: The Top Secret Inside Story of Little Boy and Fat Man," 2003, p 140. John Coster-Mullen drawing used with permission.

La bomba atómica de implosión

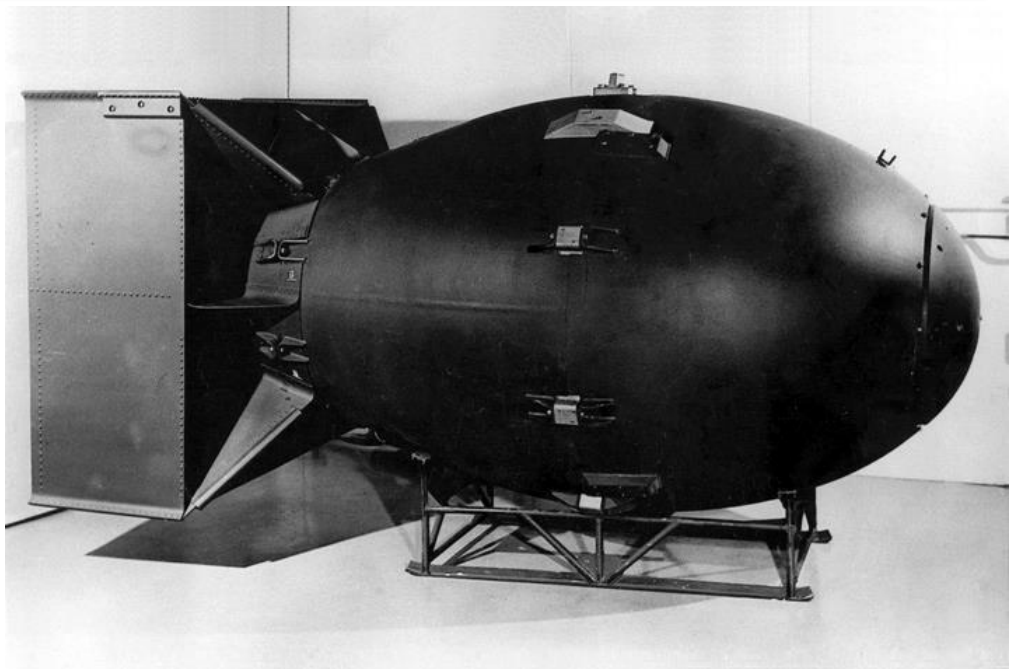
Fat Man

^{239}Pu (6.2kg)

La bomba pesaba 4700kg

Fisión ~1kg

Liberó 88TJ



Permite bombas más pequeñas, al aumentar ρ

Importante en los ICBM y otros misiles

La bomba H (fisión-fusión)

Detonador

Bomba de Pu

Iniciador (Po-Be)

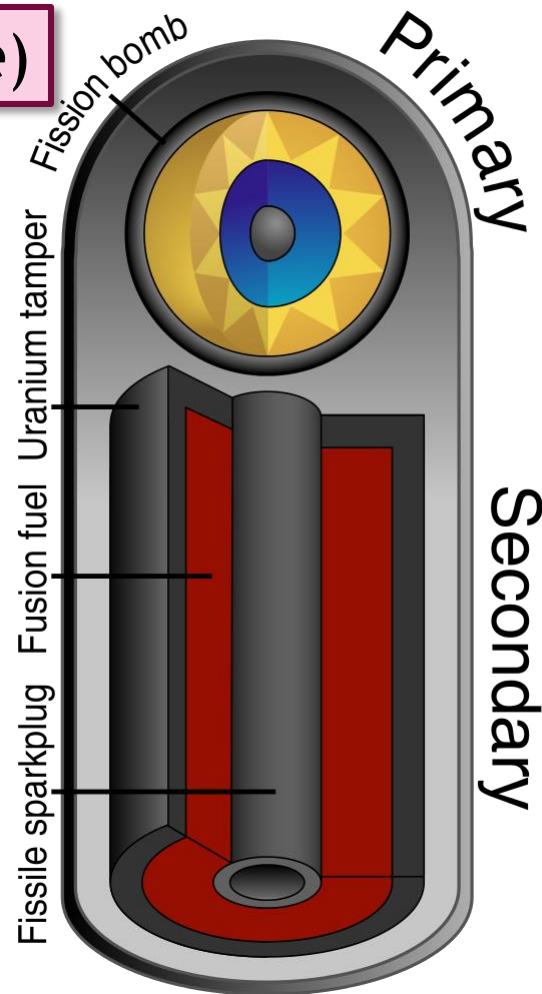
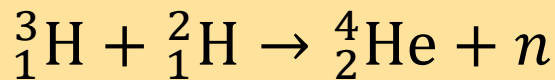
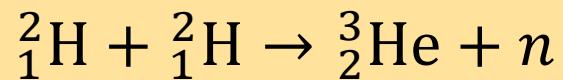
“Termo” lleno de D_2 líquido, con una “bujía” de Pu y recubrimiento de U

1. La explosión química produce la implosión

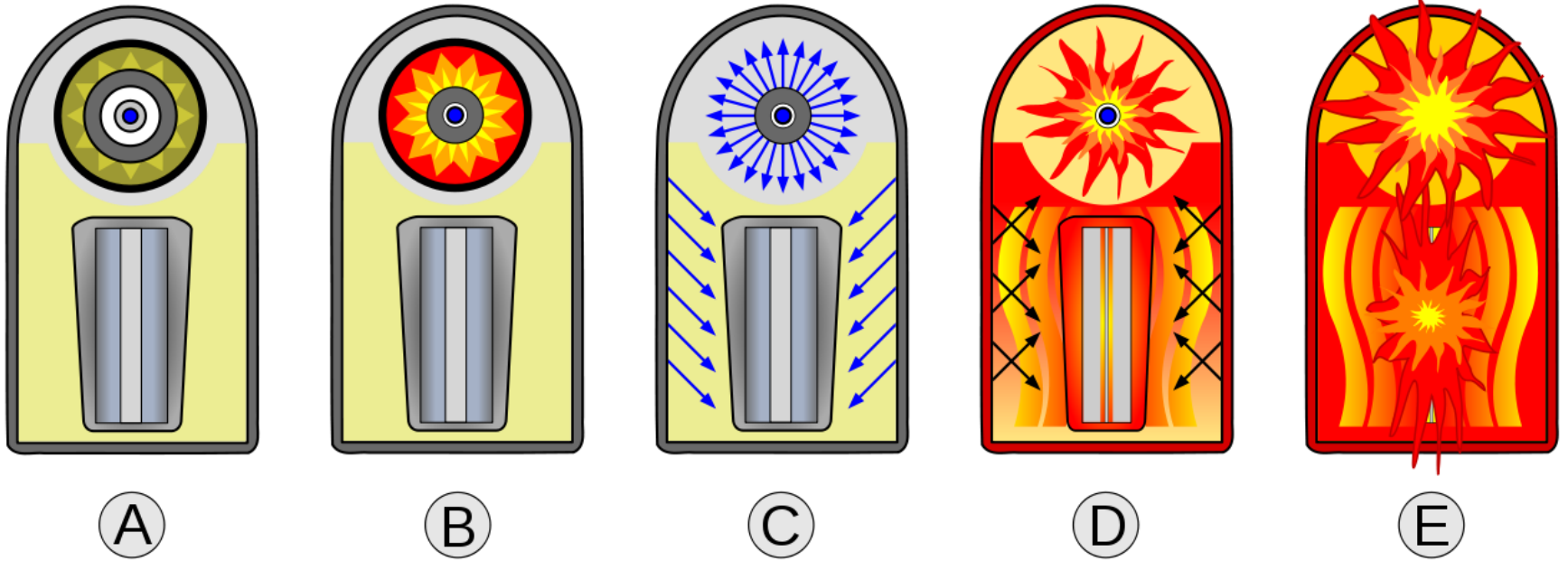
2. El iniciador libera n y rayos X

3. Se produce fisión de la bujía

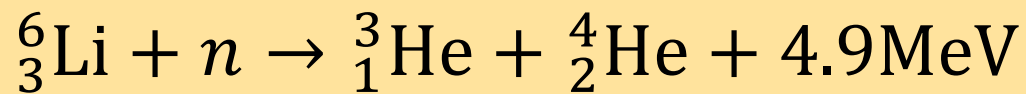
Se crea tritio y se produce fusión



La explosión de una bomba H



Diseños posteriores incluyen litio y deuterio



Bombas “sucias” y bombas de neutrones

Bomba “sucia”:

Bomba tradicional, que incluye uranio y otros materiales radiactivos para liberarlos al ambiente

Contaminación

Alarma social

Bomba de neutrones

Bomba termonuclear (fisión-fusión) que favorece la fuga de neutrones

Tienen menos potencia explosiva

Liberan más radiación

¿Qué es la proliferación nuclear?

Incremento de armamento nuclear con el paso del tiempo




Proliferación horizontal:

Aumento del número de países con armas nucleares

Corea del norte

Irán



Proliferación vertical:

Aumento del arsenal de un país

India

Pakistán

Cronología de la proliferación nuclear horizontal

1945

Estados Unidos

1964

China

1949

Unión Soviética

1974

India

1953

Reino Unido

1980s

Pakistán

1960

Francia

2006

Corea del Norte

Países con armas atómicas no probadas

Sudáfrica

Israel

Proliferación vertical: la carrera de armamentos

1945

Estados Unidos

1949

Unión Soviética

1952

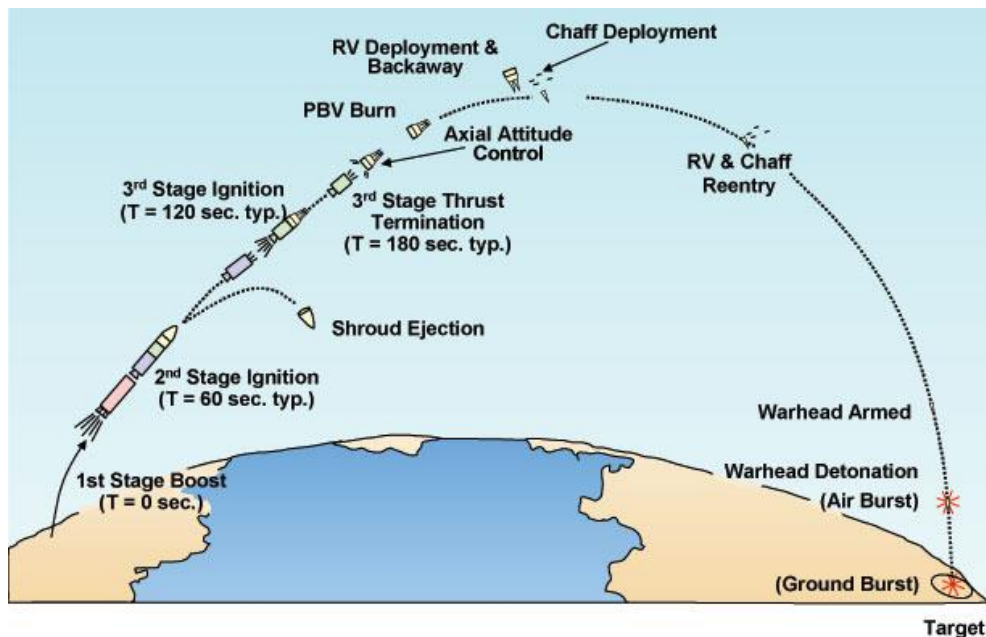
Bomba H (USA)

1955

Bomba H (URSS)

1950s

Desarrollo de los ICBM



Proliferación vertical: la carrera de armamentos (II) y el desarme

1970s

Misiles SS20

Misiles Pershing y Crucero

1980s

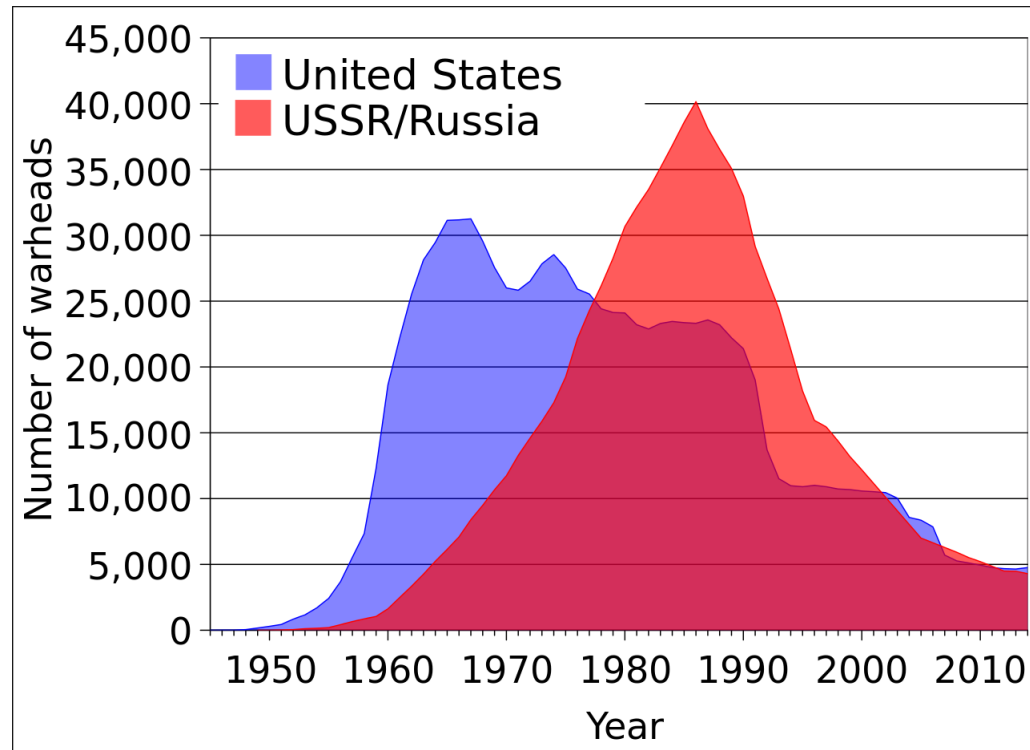
IDS (*Guerra de las galaxias*)

1970s

Acuerdos SALT I y SALT II

1990s

Tratados START I y START II



¿Cuántas armas nucleares hay en el mundo?

No se sabe exactamente

Estimaciones

País	Desplegadas estratégicas	Desplegadas no estratégicas	Reserva	Almacenadas	Total
Rusia	1780	0	2720	4500	7500
USA	1900	180	2620	4700	7200
Francia	290	ND	10	300	300
China	0	?	250	250	250
UK	150	ND	65	215	215
Israel	0	ND	80	80	80
Pakistan	0	ND	100-120	100-120	100-120
India	0	ND	90-110	90-110	90-110
Corea del N.	0	ND	<10	<10	<10
Total	~4,120	~180	~6,000	~10,300	~15,700

¿Cuanto material físil existe en el mundo?

Dentro y fuera de las armas nucleares

HEU (uranio altamente enriquecido)

Plutonio

Se usa en:

Propulsión

Centrales reproductoras

Producción de isótopos

	HEU, tonnes	Non-civilian Pu, tonnes	Civilian Pu, tonnes
Russia	695	128	50.1
United States	604	87.0	0
France	31	6	57.5
China	16	1.8	0.014
United Kingdom	21.2	3.5	91.2
Pakistan	3	0.15	0
India	0.8	5.2	0.24
Israel	0.3	0.84	-
North Korea	0	0.03	-
Others	15	-	61
TOTAL	1390	234	260

Hay presiones para que cese su uso civil

Japón y otros



El desarme nuclear. ¿Algún país ha renunciado a sus armas nucleares?

Sudáfrica es el único país que ha renunciado a su programa nuclear. Con el fin del apartheid se desmantelaron sus 6 bombas atómicas (verificado por la IAEA)

Las repúblicas soviéticas de Bielorrusia, Ucrania y Kazajstan tenían armamento nuclear cuando cayó la URSS.

Renunciaron a ellas con compensación económica

El combustible fue comprado por Estados Unidos



Hacia el tratado de no proliferación nuclear (TNP o NPT)

El tratado fue promovido por Kennedy, Johnson y la ONU

El detonante fueron los tests chinos de 1964

El TNP se firmó en 1968

España lo ratificó en 1987

El objetivo del tratado era incrementar la seguridad global (y la de Estados Unidos)

Limitar la proliferación

Incluir a la Unión Soviética en el acuerdo

Reducir los riesgos de escalada

Los tres pilares del tratado

1. No proliferación

Los países se dividen nucleares (5) y no nucleares (resto)

Los no nucleares se comprometen a:

no adquirir armas nucleares

admitir inspecciones

Los nucleares se comprometen a no vender armas o tecnologías nucleares de uso militar

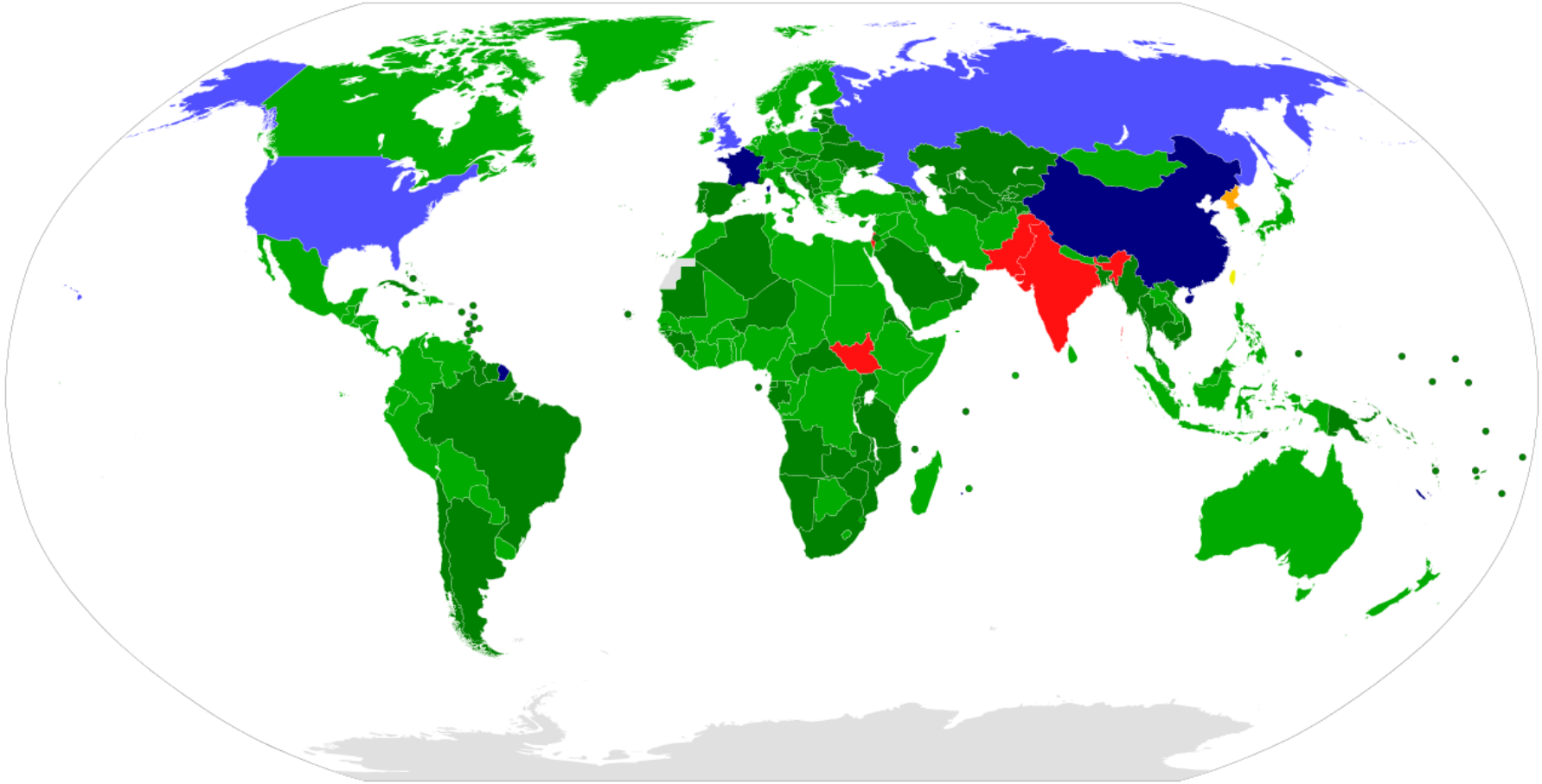
2. Uso pacífico de la tecnología nuclear

A cambio, los países no nucleares tienen acceso a tecnología

3. Desarme

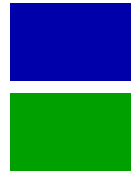
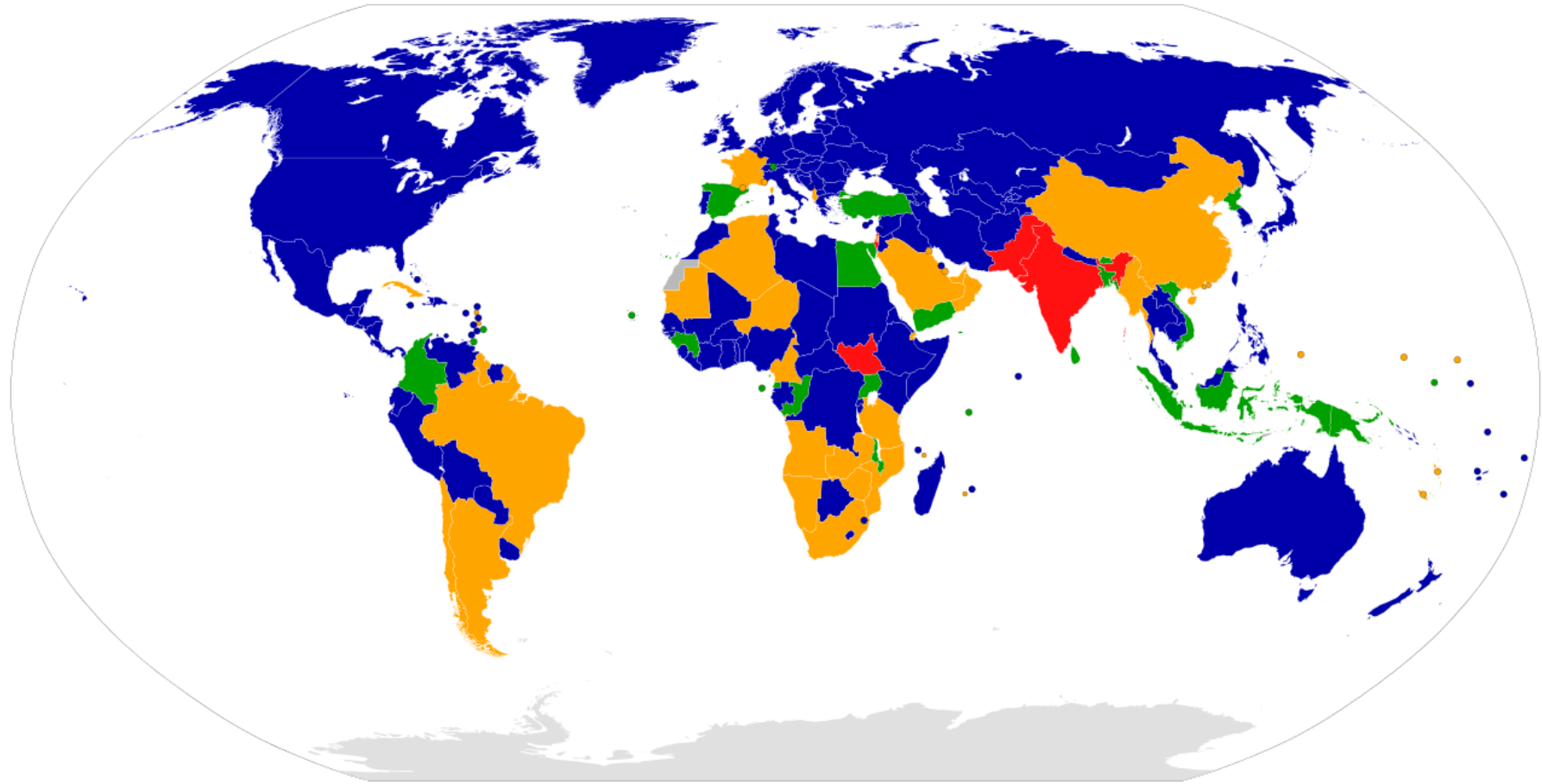
Se incentiva el desarme progresivo

Diferentes tipos de países según el TNP



Además hay países que son “nuclear sharing countries”

Adhesiones y retiradas del TNP



Primera década (1968-1977)
Segunda década (1978-1987)



Adheridos desde 1988
No firmantes o retirados

Puntos dudosos del tratado

No regula las tecnologías con uso dual

Enriquecimiento

Reprocesado

No establece salvaguardias para los países nucleares

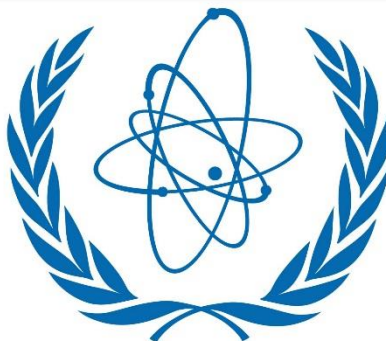
No dice qué ocurre si un país abandona el tratado

No especifica sanciones

La Agencia Internacional de la Energía Atómica

Promovida por los EEUU ya antes del TNP

Autónoma pero vinculada a la ONU



IAEA

International Atomic Energy Agency

Fundada en 1956
(12 países)

Actualmente 164 miembros

Misiones de la IAEA

Promover el uso pacífico de la energía nuclear

Elevar los estándares de la seguridad nuclear

Implementar salvaguardias contra la proliferación

Las salvaguardias

La IAEA verifica lo declarado por los países

Control de la tecnología dual

Enriquecimiento

Reprocesado

Mediciones pasivas

Fotografía

Detectores

Vídeo

Muestras

En todo tipo de instalaciones nucleares

Minas

Procesamiento

Centrales

Depósitos

Control de inventario

Grandes y pequeñas cantidades

Control de acceso

¿Quién puede adquirir qué?

Inspecciones e informes

Además de medidas continuas hay inspecciones

Ad-hoc

Rutinarias

Especiales

Salvaguardias

Deben ser autorizadas por el país visitado

En 1991 (no 2003) descubrieron el programa nuclear iraquí

La IAEA elabora informes presentados ante la ONU

También se elaboran
informes sobre seguridad
pasada y futura

Chernobyl

Fukushima

El grupo de suministradores nucleares (Nuclear Supply Group, NSG)

El [NSG](#) es un acuerdo de países para evitar la proliferación, regulando la oferta de material y tecnología nuclear

Inicialmente 7; hoy 48

Establece una lista de productos que hacen saltar las alarmas

El acuerdo sobre el programa nuclear iraní

Tras largas negociaciones del G5+1 e Irán







Se permite un programa nuclear pacífico

Una sola planta de enriquecimiento

Un reactor de agua pesada experimental

No reprocesado

No almacenamiento de residuos

- Iran's nuclear program**
-  Nuclear power plant
 -  Plant under construction
 -  Research reactor
 -  Uranium enrichment plant
 -  Yellowcake
 -  Uranium mine



Inspecciones de la IAEA