



EL PROYECTO MANHATTAN *

II PARTE

Julio A. Vergara Aimone **



Creación de las Instalaciones del Proyecto Manhattan.

Una vez lograda la reacción en cadena, estudiados varios conceptos factibles de bombas, definidas las características de los combustibles y detectados algunos problemas pre-
visibles, ya era posible estimar los componentes necesario (el kit) necesario para armar la bomba. Lo más

importante era: obtener combustible concentrado y puro, plutonio-239 o uranio-235, y diseñar los sistemas de la bomba. Para lograr cada uno de estos componentes, el proyecto se concentró en tres lugares geográficos aislados, según los requerimientos individuales.

Clinton Engineer Works (C.E.W.).

En septiembre de 1942, a seis días de asumir, Groves adquiere 24.000 hectáreas a 35 kilómetros de Knoxville, Tennessee, en un valle que permitía

aislamiento, y con agua para refrigeración. A principios de 1943, se comienza a construir una ciudad: Oak Ridge. Su misión era obtener uranio-235. Para lograrlo, dado que el uranio-238 mayoritario no se puede discriminar químicamente del escaso uranio-235, se aprovecha alguna propiedad física que los diferencie. En C.E.W., se probaron varios métodos simultáneamente, y se utilizó la diferencia de masa entre isótopos de uranio, los cuales responden diferentemente a condiciones térmicas, y a campos electromagnéticos o pseudogravitacionales.

Poco después de Pearl Harbor, se había solicitado a E. Lawrence separar pequeñas muestras de plutonio. Pero anticipándose, adaptó uno de sus antiguos ciclotrones para intentar obtener uranio-235 electromagnéticamente. A mediados de 1942, había construido un nuevo acelerador, el calutron,¹³ de casi 5 metros de diámetro, cuyo diseño termina en noviembre. Este método permite separar en una sola etapa, pero sólo produciría 1 kilogramo mensual. La única planta de este tipo (Y12), tendría una serie de calutrones en dos etapas, en forma de pista de carreras, alternando magnetos y cuerpos, y comienza a operar en agosto de 1943, logrando pequeñas cantidades de uranio enriquecido al 15%, pero fallaba a menudo.

Igualmente, desde principios de los años 40, John Dunning y colaboradores experimentaban el método de difusión gaseosa, propuesto en

* Basada en el Panel "6 de Agosto de 1945: Hiroshima", de la Asociación Chilena de Estudios Norteamericanos, del 28 de Septiembre de 1995.

** Capitán de Corbeta, Ingeniero Naval Mecánico y Licenciado en Ciencias Navales y Marítimas de la Escuela de Ingeniera Naval. M.B.A. de la Universidad Adolfo Ibáñez. M.Sc. en Naval Architecture y Marine Engineering, M.Sc. en Materials Engineering, M.Sc. en Nuclear Engineering, y Ph.D. en Nuclear Materials Engineering, del Massachusetts Institute of Technology.

¹³ California University Cyclotron.

el informe MAUD. Se comprueba el principio de efusión en membranas porosas, y se seleccionan las condiciones de operación. Un grupo liderado por Cohen, Benedict y Kaplan elaboraba la teoría de cascadas para el proceso. En julio de 1942, ya se habían contratado estudios privados, y en mayo de 1943 se hace cargo Urey. Se fabricaron cuatro plantas piloto de algunas etapas cada una, para probar subsistemas (compresores, sellos, instrumentos, etc.), y se desarrollan procesos para convertir a hexafluoruro de uranio gaseoso. Este método permite la separación en grandes cantidades, pero requería muchas etapas, y gran inventario de gas. La planta industrial (K-25), sería la instalación más avanzada de la época, y tendría más de 3.000 etapas en serie con grandes flujos en contracorriente, pero las membranas estarían disponibles a mediados de 1944. Al final, la planta comenzó a ser cargada en enero de 1945, para alcanzar operación estacionaria a mediados de año.

Asimismo, en 1941, Philip Abelson, ideó el enriquecimiento por difusión térmica en columnas, y confeccionó un prototipo de 100 columnas en el Laboratorio de Investigación de la Armada. La planta industrial (S-50), tendría 21 arreglos de columnas con vapor en un tubo central y agua fría externa. Las filtraciones de los tubos retrasaron la producción hasta marzo de 1945.

Tempranamente, se comprobó que la planta Y-12, el método más adelantado a esa fecha, era insuficiente para las necesidades, pero se observó que su rendimiento mejoraría substancialmente si se alimentaba con uranio levemente enriquecido, al 1.2%¹⁴ usando la planta S-50. El combustible de la bomba de Hiroshima salió de la planta Y-12, y tenía entre 80 y 92% de uranio-235. La planta K-25, por problemas en las membranas, no se usó a tiempo, pero su planta eléctrica fue usada para generar el vapor para la S-50.

C.E.W. fue considerado inicialmente para albergar a los reactores productores de plutonio, y a fines de 1943 se construye un prototipo de 1000 kilowatts, el X-10, que operó hasta 4 megawatts.

Hanford Engineer Works (H.E.W.).

Desde la idea de extraer el uranio-238 hasta definir que el plutonio era apto para bombas, y

construir los reactores CP-1 y X-10, pasó un año. Por seguridad ante un eventual accidente operacional, se decide reubicar en Hanford las instalaciones definitivas de producción y separación de plutonio, junto al río Columbia, para una buena refrigeración de los reactores, iniciándose las obras en marzo de 1943.

El diseño de los reactores, de uranio natural, grafito y helio, sufrió muchas modificaciones. Se reemplazó el helio por agua liviana como refrigerante, para hacerlo más chico. Se reemplazaron muchos sistemas: control, recarga de combustible, y los materiales por corrosión y otras fallas, lo que multiplicaba los laboratorios. Por ejemplo, en septiembre de 1944 se comprobó que los productos de fisión eran absorbentes (venenos) de neutrones, lo que exigía un mecanismo de control dinámico, que Fermi logró adecuar.

Originalmente, se consideraron 5 reactores de 100 megawatts cada uno, espaciados a kilómetros de distancia, más uno para probar materiales. La construcción del primero, el 100-B, comenzó en junio de 1943, y entró en operación en septiembre de 1944. Finalmente, sólo necesitaron tres, el segundo entró en funcionamiento a fines de 1944, y el tercero a comienzos de 1945.

En H.E.W., y con la experiencia del Proyecto Metalúrgico, se diseñaron y construyeron plantas de separación a partir de ensayos con microgramos de plutonio. Su misión era separar plutonio de los productos de fisión y del uranio. Se evaluaron cuatro métodos de separación en paralelo. La planta de Hanford, la 221-T, se diseñó para separar por precipitación, entre cuatro métodos probados, y sólo una fue necesaria de ocho planeadas. Como los productos de fisión son radiotóxicos, su operación debía ser remota, con celdas semienterradas dentro de un grueso blindaje radiológico. Se construyeron estanques para disolver el combustible irradiado antes de separarlo, y laboratorios de análisis.

En diciembre de 1943 se verifica el método en la planta piloto de C.E.W.. A principios de 1944, recibía 350 kgs. diarios, y a mediados de 1944 comenzó a entregar un producto separado. La planta 221-T comienza a operar en diciembre. En el Proyecto Manhattan se desarrollaron la mayoría de los procesos que hoy procesan el combustible para más de mil reactores.

14 La concentración natural de uranio-235 es cercana al 0.7%, el resto es uranio-238.

Los Alamos.

Originalmente, el desarrollo de la bomba y de sus mecanismos fue conferido al Proyecto Metalúrgico. Después de avanzar en la teoría, basada en el informe MAUD, y a una semana de asumir, Groves decide sacar de Chicago el diseño de la bomba, y elegir un director del Proyecto Y.

En general, no le gustaron los científicos porque no concretaban, excepto algunos como Lawrence, Compton, y Oppenheimer. Los primeros eran "premio Nobel", pero serían más útiles en lo que ya hacían. En octubre de 1942, Groves elige a Oppenheimer, quien trabajaba hacía un año en la física de la bomba en Berkeley, por ser directo, y por su gran capacidad de decisión. Según sus colegas, Oppenheimer dirigió el proyecto con la misma maestría de sus clases en Berkeley. Esta asignación fue muy criticada. Oppenheimer contrastaba con Groves, pero se complementaban para lograr sus aspiraciones. Sus defectos eran tan llamativos como sus virtudes. Oppenheimer no reunía muchas condiciones para el puesto, era simpatizante comunista, liberal, fumador, exuberante, y sin experiencia en física experimental ni en administración. En su vida personal era controvertido.

Por otro lado, Groves era un General hijo de un pastor, disciplinado y estricto, de agresiva personalidad, aferrado al sistema y trato militar, y exagerado en el secreto militar. Confinó a los científicos, dividió sus responsabilidades, creó un grupo de asuntos internos para observarlos en sus horas libres e interceptar su correo, e incluso limitó sus discusiones técnicas.

Oppenheimer había sugerido centralizar laboratorios y actividades de desarrollo de la bomba en un solo lugar, compatible con la seguridad de Groves, quien ordenó buscar un lugar alejado de la costa y con vías de acceso. Oppenheimer eligió este lugar, en una meseta en Los Alamos, a 50 kilómetros de Santa Fe, donde solía ir de vacaciones. Los trabajos se inician en noviembre de 1942, y las primeras obras concluyen en marzo de 1943, al mismo tiempo que empezaron a llegar los mejores científicos de distintas universidades. La jerarquía asignada a los científicos no se basó en atributos valorados en las academias, lo que originó roces profesionales, que

muchos años después ocasionó a Oppenheimer serios inconvenientes, cuando se opuso a la "super bomba-H".

Los Alamos debía armar las bombas con las materias primas, uranio enriquecido y plutonio, procedentes de C.E.W. y H.E.W. Los principales problemas eran su difícil dimensionamiento debido a insuficiencia de constantes físicas, y a la imposibilidad de efectuar pruebas tempranas gastando el escaso combustible.

Durante mucho tiempo se profundizaron los cálculos de ensamble y encendido de la bomba, para que tuviese el rendimiento esperado y para economizar combustible. Se sabía que ésta sería más eficiente mientras mayor fuera la velocidad de acercamiento de las masas subcríticas, y mientras mayor la pureza y enriquecimiento. Los resultados preliminares con uranio-235 no dieron mayores problemas, pues los mecanismos de la bomba eran simples, excepto por la escasez de combustible. Frisch inventó un dispositivo para ganar experiencia con cuerpos subcríticos de neutrones mixtos, usando uranio metálico natural con envoltorio plástico hidrogenado, que podía aproximarse a la masa crítica con neutrones lentos, sin riesgo de desencadenar una reacción completa, algo muy similar a los actuales ensayos hidronucleares. Para ahorrar uranio-235, incorporaron un reflector externo, que evita el escape de neutrones, y permite más fisiones, aunque complica la teoría. Al reflector se le asigna una función de contención, para prevenir que el combustible se expanda prematuramente con el calor.

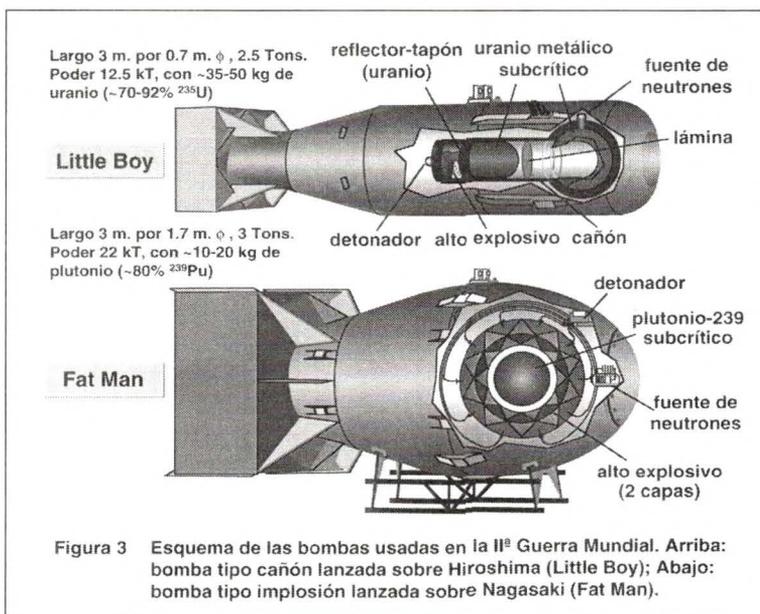
El resultado fue Little Boy, la bomba tipo cañón de Hiroshima, cuyos sistemas básicos se muestran en la figura 3.¹⁵ Este concepto se validó para uranio en noviembre de 1943, al demostrarse que no habían neutrones espontáneos. Esta bomba estuvo lista a fines de julio de 1945, y ha sido la única en su tipo.

Durante el estudio del método cañón para la bomba de plutonio, a cargo de W. Parsons, se verificó que tendía a fisionarse espontáneamente, lo que iniciaría una reacción prematura, de escasa energía, antes de unirse los hemisferios subcríticos, y no era posible aumentar la velocidad de impacto. Esto se debe a que parte del plutonio-239 no fisionado se convierte en pluto-

15 El concepto de hemisferios no es riguroso y pudo ser un cilindro, con reflector en la parte posterior, que al dispararse a velocidades balísticas típicas, penetra la masa subcrítica restante en el otro extremo. Esto reduce el tamaño y peso del cañón.

nio-240. Los calutrones no podían separarlo, pues ya estaban comprometidos con uranio, y operando en buena forma. En junio de 1944 se desecha este método, causando pánico en el Proyecto.

prototipo. La viabilidad de la implosión se demostró en febrero de 1945. El corazón de la bomba se basó en dos hemisferios de menor densidad, niquelados para protegerlos de la corrosión.



El resultado fue Fat Man, la bomba de Nagasaki, cuyo sistema de implosión se esquematiza en la figura 3. Hoy sólo existen bombas de este tipo, con uranio o plutonio, pues requieren poco combustible. Como la implosión era muy compleja, y como había plutonio disponible, se coordinó un ensayo, en Alamogordo, para junio de 1945. La segunda bomba estaría lista para principios de agosto, y la tercera probablemente a mediados de agosto. El combustible llegaba a Los Alamos para ser purificado y convertido a una forma metálica. Se daba un dilema, había combustible para la bomba difícil, Fat Man, pero muy poco para la bomba fácil, Little Boy. En ambos casos,

La solución, sugerida por Seth Neddermeyer, fue una implosión simétrica. Al fallar el método cañón con plutonio, la implosión se hizo imprescindible, pese a considerarse ridículo. Como Neddermeyer no tenía liderazgo, se nombró a Kistiakowsky, con 400 personas. Con el aporte de J. von Neumann, y de Peierls, se idearon lentes para enfocar la implosión, y calcularon la simetría. Dado el efecto tridimensional, en contraste al efecto lineal del cañón, y la configuración de los conos de presión, la velocidad podía ser 100 veces mayor. Además, según cálculos de E. Teller, un físico húngaro, la masa crítica podría ser mucho menor, por mayor densidad, y menor camino libre medio de los neutrones. El principal inconveniente era que la detonación de los explosivos implosores debía ser simultáneo en menos de 0.01 microsegundo, sino la bomba se deformaría prematuramente. La implosión se estudió con cámaras ultrarrápidas de rayos-X, y con técnicas de trazas radioisotópicas de lantano, obtenido en el reactor X-10 y diseminado en el corazón de una bomba

debió incluirse un iniciador neutrónico, por ejemplo polonio-berilio, que debía actuar en el momento preciso en que los hemisferios de una bomba tipo cañón se unen, o cuando la implosión alcanzara su máxima compresión.

En Los Alamos, se estimó el impacto de la bomba, y la cantidad versus potencia unitaria para el efecto buscado. Se caracterizaron propiedades de materiales y constantes de diferentes reacciones nucleares. Además, se creó la división de Salud, donde se desarrollaron los métodos actuales de protección radiológica. Se determinaron niveles de tolerancia a las radiaciones, precauciones de seguridad, y métodos de examen fisiológico. Se confeccionaron monitores de radiación, tanto individual como colectivo, patrones y alarmas. Pese a la urgencia del proyecto, hubo pocos casos de sobre-exposición a radiación ionizante.

La figura 4 muestra el kit necesario para ensamblar una bomba. Se superpone al kit, las instalaciones dedicadas a cada parte de las bombas, y muestran los lugares involucrados, incluyéndose universidades.

Se define el escenario europeo.

En julio de 1943, las fuerzas aliadas de Africa del Norte ocupan Sicilia, e invaden Italia en septiembre. Mussolini cae en octubre, e Italia se suma a los aliados. En agosto de 1943, se firma el Acuerdo de Quebec entre ingleses y norteamericanos. Poco antes de Normandía se generó una histeria por la bomba alemana, o por un bombardeo de productos radiactivos sobre ciudades de Estados Unidos e Inglaterra, por lo que se instalaron detectores. Asimismo, se alerta al General Eisenhower ante posibles efectos, de etiología desconocida, en su personal.

había huido, pero lo ubican en mayo de 1945. Para evitar que cayera en manos de los rusos, lo invitan a trabajar a Estados Unidos. Al conocer el estatus alemán, aparecen sugerencias para terminar el proyecto Manhattan, dejarlo bajo el control internacional, etc.

Los bombardeos estratégicos aliados arrasaron ciudades alemanas con ataques incendiarios, causando tormentas de fuego. Mientras, los soviéticos expulsan a los alemanes y avanzan hacia Polonia, Checoslovaquia, Hungría y Rumania, culminando con la ocupación de Alemania Occidental en abril de 1945. El 8 de mayo, Alemania se rinde y concluye la guerra en Europa (V-E).

El 12 de abril de 1945 fallece Roosevelt, y asume su nuevo vicepresidente, Harry Truman, ex senador que reemplazó a Wallace en las elecciones de 1944. En 82 días como vicepresidente, sólo tuvo dos reuniones con Roosevelt y no accedió al proyecto Manhattan. El 13 de abril, Stimson y James Byrnes, secretario de Estado, ex competidor a la vicepresidencia, le exponen el proyecto, y recibe más detalles de Groves el día 25. A Truman le pareció la herramienta para finalizar la guerra, y no modificó el proyecto.



En junio de 1944, ocurre el desembarco aliado en las playas de Normandía con más de 150.000 hombres, 1.200 buques, 1.500 tanques y 12.000 aviones. Estas fuerzas, que luego llegaron a sumar 320.000 hombres, comenzaron a avanzar hacia el Este consolidando victorias aliadas.

Los que conocían a Heisenberg, entre ellos Szilard, sugieren raptarlo. Cuando los aliados habían logrado cierto avance, se ordena la operación Alsos, para revelar el proyecto alemán, a cargo de Boris Pash, en inteligencia, y Samuel Goudsmid en lo científico. Alsos tuvo éxito, pero costó encontrar rastros para desmantelar el proyecto, simplemente porque era pequeño. Heisenberg

Alemania, donde Truman, Churchill y Stalin debatirían el orden de la posguerra, acordada para el verano europeo, era pospuesta sucesivamente, al menos hasta después del 15 de julio, para ganar tiempo.

A 340 kilómetros al sur de Los Alamos, se preparaba el ensayo de Trinity, la bomba antecesora de Fat Man, para probar el complejo sistema de encendido. Además de la presión de Potsdam, muchos problemas amenazaron su éxito: se creía que la implosión era ineficiente, el tiempo en Alamogordo era inestable exponiendo los detonadores a la corrosión, el corazón no cupo en la bomba por expansión térmica, se oxidó la capa

democracia, libertad de expresión y religión, y otras formas propias de culturas occidentales, más la ocupación de Japón, hasta cumplir lo señalado.

El 21 de julio, le informan a Truman que la bomba estaba pronta a terminarse, iniciándose los desplazamientos a la isla Tinian, y se fija el ataque para agosto. El 25, se solicita autorización para lanzar Little Boy sobre Hiroshima, que estaría lista el 1 de agosto, o bien sobre Kokura (hoy Kita-Kyushu), Niigata o Nagasaki. Fat Man sería lanzada el 6, y seguirían varias otras a medida que se comenzaba a entregar combustible, hasta lograr la rendición.

El mismo día de Trinity, llegaron a Tinian las principales partes de Little Boy a cargo de Parsons a bordo del crucero *Indianapolis*. Venía desde San Francisco con instrucciones de máxima velocidad, secreto, y prioridad. Un pesado cilindro, conteniendo parte del uranio-235, es anclado y soldado a cubierta. El *Indianapolis* debía dirigirse después a Leyte, pero fue torpedeado por un submarino japonés. Debido al silencio de radio y a fallas en informar el retraso, sólo 300 de los 1.200 hombres, soportaron los 3 días en el agua y los tiburones. Ese buque, sin defensa antisubmarina ni escolta, pudo haber sido hundido antes de llegar a Tinian y haber perdido la bomba. El 2 de agosto, llegan aviones con el resto de Little Boy, el corazón de Fat Man, varios sistemas y el personal a cargo.

Aparecen muchas preguntas en relación al término de esta guerra, en especial las asociadas al uso de la bomba. Muchas de las respuestas son difusas y divergentes. Algunas hipótesis son las siguientes. La bomba fue sugerida por científicos europeos, varios de ascendencia judía, para contrarrestar una iniciativa Nazi, y era el objetivo para los ingleses y varios participantes del Proyecto Manhattan. Sin embargo, pese a que no estuvo lista para usarse en el teatro europeo, se cree que esto se descartó tempranamente. Algunas razones eran la relativa cercanía cultural con Alemania y la posibilidad de que la bomba fallara y fuera copiada, o relanzada. Hay discusiones sobre un posible uso en Japón que datan de mayo de 1943. Esto no se habría comentado en el proyecto, tal vez porque no era necesario o porque algunos científicos claves podrían haberlo abandonado.

Otra justificación para lanzar la bomba era la necesidad de justificar un proyecto de más de 2.000 millones de dólares de la época.

Comparativamente, esa cifra equivalía al 2% del PIB norteamericano, que hoy serían unos 120.000 millones, o casi el 1% del costo total de la guerra para Estados Unidos.

Un motivo adicional pudo ser condicionar la negociación de la posguerra, pero la causa más aludida ha sido el ahorro de vidas norteamericanas respecto a una invasión a Japón. Dados los resultados de Iwo Jima y la resistencia japonesa, ésta sería 10 veces mayor que la de Normandía. La primera fase tomaría la isla Kyushu (operación Olympic) en noviembre de 1945, y la segunda la isla principal Honshu (operación Coronel) en marzo de 1946. Los japoneses ya temían una invasión y habían reforzado Kyushu con 900.000 hombres, de un remanente de casi 4 millones, entre activos y reservistas. Según analistas, pudo haber costado 500 mil a un millón de norteamericanos.

El gobierno japonés, supuestamente afectado por los resultados, no respondió el ultimátum con la esperada diligencia. Este se mal interpreta, pues no especificaba la situación del Emperador. Además, se confiaba en una mediación soviética favorable, erróneamente avalada por la ausencia de su firma en el ultimátum.

Sin saberlo Estados Unidos, Hirohito interviene en escena, algo que era inusual. Decidió evaluar la situación japonesa, determinando que estaba arruinada y que era inútil resistir. Ante una lluvia de propaganda norteamericana, se declara "mokusatsu" (término vago que significa desde respetar silenciosamente hasta ignorar), que Estados Unidos interpreta como rechazo al ultimátum, y dado que la primera bomba estaba lista, Stimson, de regreso el 30 de julio, solicita autorizar el lanzamiento. Truman lo aprueba a contar del 2 de Agosto, en que regresaría a Estados Unidos a bordo del *Augusta*, para evitar dar explicaciones a Stalin.

Las operaciones militares fueron supervisadas por el General T. Farrell. Los 225 oficiales y 1.500 hombres seleccionados para el grupo bombardero 509, a cargo del Coronel Paul Tibbits, habían estado en intenso entrenamiento, sin saber su secreta misión. La misión especial N° 13 sería en modo visual el día 6, a una altura de 8800 m., con 7 aviones: el lanzador, un reserva, 3 de avanzada meteorológica y 2 escoltas para fotografía y monitoreo. El día 4, se explica la misión al personal y el ensayo de Alamogordo, y comprenden las abruptas manio-

bras de viraje y picada del entrenamiento, y se les alerta de un pulso de presión. El 5 de Agosto se monta la bomba y se decide armarla en vuelo, por si hubiesen problemas al despegue.

Hiroshima era el blanco primario para Little Boy, por estar esencialmente intacta, por tener contracciones livianas en terreno plano, y por carecer de campos de prisioneros en el área. Byrnes rechazó Kyoto por ser un centro cultural, lo que podría afectar el cese de la guerra o el trato a prisioneros. Parsons soltó la bomba desde el B-29 "Enola Gay",¹⁶ y detonó a 580 metros de altura, el 6 de agosto a las 08:16 horas. Tuvo un poder equivalente a 12.5 kilotones de TNT, y dio a metros del blanco previsto. Causó casi 90.000 muertos en ese año y 75.000 heridos.

Recién el 5 de agosto, el canciller soviético concede audiencia al Embajador japonés, para el día 8. En vez de la mediación, el Embajador recibe la declaración de guerra. Magistralmente, Stalin esperó hasta último momento para declarar la guerra. Sus tropas invaden Manchuria y Corea, y desembarcan en Hokkaido.

Kokura era el blanco primario para Fat Man entre tres ciudades, y esta vez se libró del ataque por estar nublado. Al tercer intento, se continuó a Nagasaki. Como también estaba nublado, debió intentarse el bombardeo por radar, aunque pudo retomarse el modo visual. La bomba fue soltada por el Comandante F. Ashworth, y detonada a 500 metros de altura, el 9 de agosto a las 11:02 horas, desde el B-29 "Bock's Car",¹⁷ pilotado por el Comandante Charles Sweeney. Esta tuvo un poder de 22 kilotones de TNT, pero causó menor daño que Little Boy, por la forma del terreno, por haber alejado el blanco planeado debido a un aviso de prisioneros de guerra, y por estar previamente destruida. Causó 60.000 muertos en 1945 y unos 21.000 heridos, de un total de 174.000 hbts.

Hirohito recomienda al Consejo Supremo aceptar la rendición en los términos de Potsdam, que se declara el 14 de agosto, pero solicitando

respeto a la investidura del Emperador. El 15 cesan los ataques aéreos, y el 27 se inicia la ocupación. La guerra concluye con la capitulación de Japón el 2 de septiembre (V-J). En esos días unos 200 mil soldados y autoridades se suicidan. La figura 5 muestra detalles de Hiroshima, otras ciudades blanco, y las islas amenazadas por la invasión.

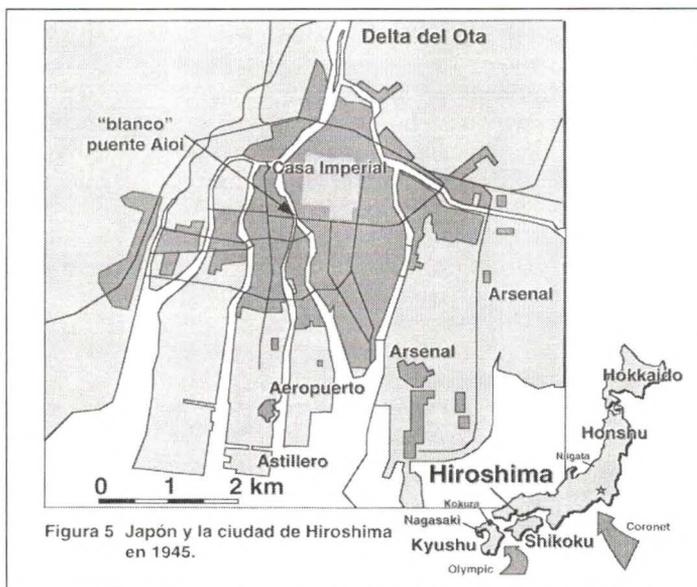


Figura 5 Japón y la ciudad de Hiroshima en 1945.

Los efectos de las bombas.

Existen cuatro efectos básicos de las bombas lanzadas sobre Hiroshima y Nagasaki. Se libera el 50% de la energía como ondas de presión, el 35% como calor radiante, un 5% como radiación nuclear instantánea (rayos gama, electrones, neutrones, etc.), y el resto como radiación secundaria. Estas causaron 150.000 muertos por quemaduras, radiación instantánea, e impacto, entre casi 460.000 personas (70.000 muertos se sumaron en los 5 años siguientes). Las explosiones fueron tan altas que hubo poca precipitación radiactiva (fallout) ni se formó un cráter. Los heridos fueron otros 100.000, pero también hubo sobrevivientes cerca del hipocentro.¹⁸ Ciertas fuentes asocian a estas bombas la muerte indirecta de otras 230.000 personas, sin causalidad estadística.

El impacto de la bomba se puede entender mejor con paralelos desapasionados. En esta gue-

16 Nombre de soltera de la madre de Tibbits.

17 Frederick Bock era el piloto usual de ese avión.

18 A 51 años de la Bomba, aún viven más del 50% de los sobrevivientes.

rra se bombardearon muchas ciudades (Tokyo, Hamburgo, Dresden, etc.). Miles de aviones, con una carga promedio de 5 toneladas de bombas cada uno, causaron cerca de 2 millones de muertos, con un poder equivalente de 2.000 kilotones de TNT, lo que da alrededor de 1 tonelada por persona. Las bombas atómicas, con casi 35 kilotones de TNT, causaron 150.000 muertos, lo que da 0.2 toneladas por persona (0.1 si se incluyen los heridos). El bombardeo de Tokio implicó sólo 20 kilos por persona. Los beligerantes estaban dispuestos a castigar con cualquier arma al enemigo. La bomba atómica resultó más eficaz para causar bajas, al margen de aspectos éticos, políticos, etc., que hoy pudiesen predominar. Las construcciones tienen gran relevancia, pues las ondas de presión y succión causaron la mayoría de los heridos. Las quemaduras causaron más de la mitad de las víctimas y el 65% de los heridos. Sólo el 30% de las víctimas recibieron la dosis de radiación letal, inexistente en ataques convencionales, pero se suponía, erróneamente, que no habrían sobrevivientes con efectos agudos de la radiación.

La figura 6 muestra el área devastada en Hiroshima. Los arcos indican diversos efectos, y las bajas y población en distintos radios. Una presión de 0.5 MPa implica que el 50% de la población pereció en un radio de 1.3 kilómetros. El arco de dosis de 5 Gy, implica que en un radio similar, la mitad de la población recibió la dosis letal. El arco de energía térmica indica hasta donde la población expuesta tuvo quemaduras de 2º grado. Los incendios se confinaron en 12 kilómetros cuadrados. Además de los daños físicos, hubo efectos psicológicos y políticos. Los relatos de los heridos son dramáticos, en especial porque no comprendían lo ocurrido, y por falta de protección y auxilio. Hoy, las ciudades están reconstruidas.

El desarrollo nuclear alemán, japonés y ruso.

El desarrollo de la bomba fue gatillado por un supuesto desarrollo alemán, y sus excelentes científicos, entre ellos Hahn, y por el afán de poder de Hitler. Pero, el programa alemán nunca fue amenazante. Hitler priorizaba armas de desarrollos más cortos, como las bombas V-1 y V-2, y no distrajo fondos para una bomba nuclear. Lograron reunir

pocos físicos, pues varios escaparon, y los que quedaron no se comprometieron. Al igual que los norteamericanos se perdieron en el diseño de la bomba, y no entendieron que una reacción con neutrones lentos no servía. Casi completaron un reactor equivalente al de Fermi, que fue desmantelado en 1944 por los aliados. Este pudo ser más eficiente y compacto, pues sería moderado con agua pesada.

El desarrollo japonés fue escaso, pese a que el ejército exigió una bomba en dos años. Japón tenía buenos físicos, el más destacado era Yoshio Nishina, y algunos aceleradores, donde pudieron haber generado algo de plutonio-238 (para lograr plutonio-239 se requerían reactores).

La Unión Soviética también decidió tener su bomba. Iniciaron un proyecto tempranamente, liderado por Igor Kurchatov, y asesorado por Fuchs,

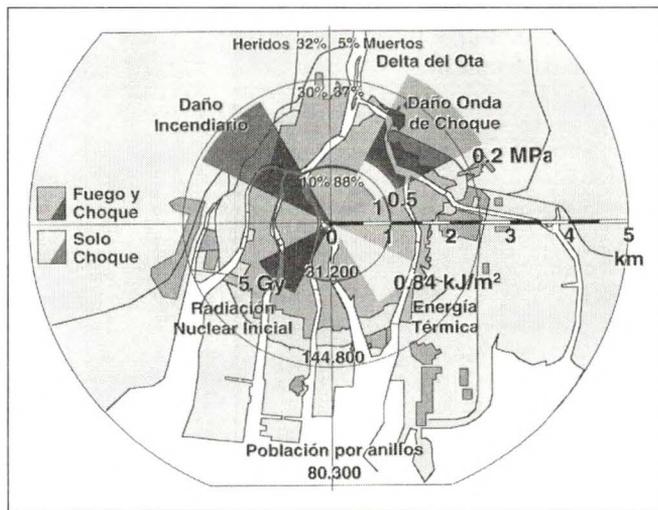


Figura 6. Resumen de efectos sobre la ciudad de Hiroshima.

un físico alemán, doctorado en Inglaterra, nacionalizado inglés en 1942, comprometido y acucioso. Comenzó espionando a Peierls en Birmingham. Desde 1943 trabajó en enriquecimiento en Estados Unidos, fue a Los Alamos, y sólo era aventajado por Oppenheimer en su dominio. Hizo 7 contactos, algunos desde Inglaterra, y el resto en 1945. Regresó en Harwell, y fue sentenciado desde 1950 a 1959, para luego nacionalizarse alemán occidental. Con esto, los rusos anticiparon en un año su primera bomba, que detonaron en 1949, lograda con mucho menos recursos.

Conclusiones.

Se ha relatado el desarrollo de la bomba desde su génesis hasta su culminación en el proyecto Manhattan, cuyo producto clausura la guerra. La historia no termina acá. Las consecuencias políticas fueron evidentes: se inició la guerra fría y una compleja carrera de armas nucleares, llena de desintelencias. Sólo se estabilizó recientemente, dado que no resistió el sistema económico y político soviético.

A los pocos años de concluido el proyecto se desarrolla otra arma: la superbomba o bomba-H, iniciada en el proyecto Manhattan por E. Teller, mucho más poderosa que la de fisión, y que de hecho incorpora una de esas para activarse.

A comienzos de 1947, el proyecto Manhattan se cierra. Las instalaciones se traspasan a la Comisión de Energía Atómica y se orientan a la energía nuclear, aún cumpliendo tareas de defensa, mientras los arsenales de las potencias seguían creciendo. Esto, sumado a la imagen de Hiroshima y Nagasaki, impide el beneficio pleno de muchas aplicaciones de la energía nuclear. Tal vez deberemos acostumbrarnos a la degradación medicambiental antes de entender su utilidad.

Veamos el destino de algunos personajes. Groves se hizo cargo de Remington. Oppenheimer regresó a la Universidad, pero le correspondió presidir un comité asesor de gobierno, donde se opuso a desarrollar la superbomba. Esto generó una acusación de espionaje, que lo desprestigió e invalidó sus credenciales de seguridad. En tanto, el padre de la bomba atómica, Leo Szilard, el futurólogo distraído, que siempre mantuvo dos maletas listas para arrancar, que presionó por hacer y luego por deshacer la bomba, se dedicó a otra especialidad: la biología.

Muchas son las preguntas que quedan pendientes. Veamos algunas:

¿Fue el desarrollo de la bomba inevitable? La física nuclear era una ciencia en pleno auge y la fisión se descubrió poco antes del inicio de la guerra. El conocimiento de la potencialidad energética y su posibilidad de uso como bomba era inevitable y no habría pasado mucho tiempo antes de lograr algo similar, aunque en otra duración e

intensidad.¹⁹ Este proyecto debía lograr urgentemente un dispositivo tecnológicamente muy complejo. También hubo programas más reducidos y con similares resultados en otros países. Según Winston Churchill: “los norteamericanos siempre hacen lo mejor del mundo en cualquier cosa, pero después de haber probado todo lo demás”.

Algunos analistas estiman que su existencia ha evitado otras guerras mundiales, pues de lo contrario no se conocerían sus efectos. La bomba no tuvo impacto en la situación militar, y su efecto fue comparable a un bombardeo incendiario. Algunos dicen que estas bombas no son diferentes a otras, siempre que no inicien una escalada de destrucción mutua. Por ello, estas bombas no se consideran instrumentos de guerra, sino que delicados instrumentos de disuasión política.

¿Cuál fue la posibilidad de haber dejado estas armas bajo control internacional? Después de V-E, Bohr, Szilard, a través de Einstein, y otros, buscaron evitar usar la bomba, cuya posibilidad se esfumó al morir Roosevelt. Al final, el problema era negociar con los rusos sin perder la posición, y dominar por un buen tiempo después. Oppenheimer sugirió informar a los rusos y Marskall sugirió invitarlos al ensayo de Alamogordo, lo que Byrnes negó. Por otro lado, Oppenheimer estimó que si se usaba la bomba, las Naciones Unidas, en proceso de creación, las prohibiría, pero si no se usaba, se usaría en otra guerra. De haberse creado en condiciones de paz, pudo haberse buscado algún modo de control internacional, como de hecho se intentó. El uso político de este explosivo también predominó sobre un posible uso pacífico.²⁰

¿Fue debidamente estudiada la decisión de usar la bomba? Truman, sin conocer el proyecto, era responsable de terminar la guerra, y la bomba era la herramienta faltante para precipitarla, y que difícilmente hubiese desechado. Muchos políticos desestimaron la utilidad de la bomba, incluyendo Stimson y Eisenhower. Asimismo, muchos de los científicos promotores alertaron sus consecuencias, pero después de V-E, ya que a éstos no les pertenecía la guerra en el Pacífico. El Jefe de Estado Mayor de

19 El Proyecto fue gatillado por desconfianza, secreto, y desinformación, principalmente por físicos alemanes, y otros, muchos perseguidos por una amenaza de Hitler.

20 Científicamente administrada, adecuando su poder (hoy pueden hacerse comparables a explosivos convencionales), se podría planificar terremotos y erupciones, extraer recursos minerales y energéticos profundos a bajo costo, desviar meteoros, etc.

Truman, Almirante Leahy, solicitó no usarla. La influencia de Byrnes, para disuadir a Stalin, fue el argumento más poderoso.

¿Cuán razonables fueron las condiciones de Potsdam, y cuán responsables fueron los japoneses? Los norteamericanos pocas veces han sido flexibles, y las condiciones del ultimátum eran ambiciosas, pero hay que analizar las guerras en su contexto. Se ha dicho que los japoneses fueron las víctimas de la guerra, y que estaban sometidos a un militarismo. Ellos fueron responsables de su propia derrota. Su historia previa estaba cargada de excesos brutales, que no atenúan su culpabilidad, y parecían dispuestos a todo. Después de Leyte, los japoneses no tenían más alternativas lógicas que una pronta rendición. Pese a ello, reforzaron Kyushu para enfrentar la invasión, y resistieron poderosos bombardeos aéreos. Su plan Tanaka, conquistar al mundo vía China y Estados Unidos, era insólito.

¿Fueron las bombas la causa de la derrota de Japón y del término de la guerra? Japón estaba militarmente vencido y sus ciudades

destruidas. Finalmente recibió esas bombas y perdió Manchuria. Para algunos analistas, las bombas fueron la causa y la excusa de los japoneses para terminar la guerra en condiciones aceptables para su orgullo. Mucho se ha especulado sobre otras opciones, con y sin el uso de esas bombas sobre Japón, tales como: precipitar la rendición japonesa invitando a una delegación a presenciar Trinity, hacer una demostración en la bahía de Tokio o destruir parte del volcán Fujiyama (Tokio fue rechazado tempranamente por mal clima). Todas estas eran conceptualmente buenas, desde la perspectiva actual, sin embargo no se sabía si la bomba causaría el efecto deseado, si funcionaría, o si impresionaría, además el combustible disponible era caro y escaso. El factor sorpresa primó pues habían muchos prisioneros de guerra, y se temía que fuesen usados como escudos humanos si se anticipaba la bomba. También se ha discutido sobre la necesidad de Fat Man. Se usaron ambas bombas para insinuar que el ataque sería ininterrompido, pues no habían otras listas.

BIBLIOGRAFIA

- Benedict M., PigFord T.H. Y Levi H.W.: "Nuclear Chemical Engineering, McGraw-Hill Series in Nuclear Engineering", New York, 1981.
- Bundy McG.: "Danger and Survival", Random House, 1988.
- Glasstone S. y Dolan P.: "The Effects of Nuclear Weapons", USDD-ERDA, 1977.
- Goodchild P., J.: "Robert Oppenheimer Shatterer of Worlds", Houghton, 1981.
- Gowing M.: "Britain and the Atomic Energy", University Press, 1964.
- Groves L.R.: "Now It Can Be Told", André Deutsch, 1963.
- Kurzman D.: "Day of the Bomb, Countdown to Hiroshima", McGraw-Hill, 1986.
- Rhodes R.: "The Making of the Atomic Bomb", Simon & Schuster, N. York, 1986.
- Schroerer, D.: "Science and Technology and the Nuclear Arms Race, Wiley", N. York, 1984.
- Serie bimensual: "The Bulletin of the Atomic Scientists".
- Sherwin M.J.: "A World Destroyed, Knopf", New York, 1975.
- Smyth H.D.: "Atomic Energy for Military Purposes", Princeton University Press, New Jersey, 1945.
- Sugimoto K.: "Albert Einstein: a photographic biography", Schocken, 1987.
- Thomas G. y Wits M.M.: "Enola Gay, Stein and Day", New York, 1977.
- "The Road from Alamogordo", The Economist, S&T, Jane 24th, 1995.
- Tsipis K.: "Third Generation Nuclear Weapons", Stockholm International Peace Research Institute, SIPRI Yearbook 1985.
- Turner. J.: "Atoms, Radiation, and Radiation Protection", Pergamon, 1986.
- York H.: "The Advisors", Stanford University Press, 1976.
- York H.: "Making Weapons Talking Peace", Basic Books, 1987.
- Wyden P.: "Day One: before Hiroshima and after", Simon & Schuster, New York, 1984.