

## Cómo se llegó a la bomba atómica en los Estados Unidos de Norteamérica

*Este artículo constituye la segunda y última parte del que apareció bajo el mismo título en nuestro número anterior, y fué publicado por Luis Naranjo en la "Revista de la Fuerza Aérea de Chile".*

Las sorpresas que esperan al visitante de las varias instalaciones no se limitan a éstas como conjunto, a sus enormes dimensiones, a la novedad de su diseño, a su grandeza olímpica, a sus procedimientos únicos ni a sus pavorosos productos. En cada esquina esperan al visitante sorpresas particulares, que surgen ante la diversidad de componentes y aparatos de cada una de las plantas. No acaba de recobrase de una, y ya se ve frente a otra igualmente asombrosa, si no más. Y una vez que cree haber llegado al punto de saturación, no tarda en descubrir que apenas ha arañado la superficie.

Por ejemplo, supongamos que entra en una de las grandes construcciones donde se concentra U. 235 por el método electromagnético. Apenas cruza la puerta se encuentra frente a una estructura monumental que llena prácticamente todo el edificio. El solo aspecto de esta estructura interior es bastante impresionante, pero de repente se entera de un hecho increíble: prácticamente toda la monumental masa, que ocupa miles de metros cúbicos, constituye un electroimán gigantesco. Antes de la guerra se creía imposible nada aproximado a un imán de este tamaño.

Como si eso no fuese bastante, pronto se entera el visitante de que éste es sólo uno de muchos imanes por el estilo, desparrramados en otros edificios similares de esta única instalación, que se extiende sobre una superficie de algo más de 200 hectáreas. Luego encuentra que esos mastodontes magnéticos no forman sino una parte de un colosal aparato de separación de isótopos, descendiente del conocido con el nombre de espectrógrafo de masa, el cual, antes de la guerra, ocupaba un espacio pequeño en un laboratorio de Física.

El visitante entra después en el edificio principal de otra planta, situada a varios kilómetros de distancia, donde se concentra el U. 235 por el método de difusión gaseosa. Oye un rugido que viene de detrás de las macizas paredes y se le informa que es el sonido de las moléculas de un compuesto de uranio gaseoso que corren a través de una barrera que separa al U. 238. Se entera de que la barrera es un producto enteramente nuevo que nunca había existido. Contiene miríadas de orificios, cada uno de los cuales no mide más de un quinto de una millonésima de centímetro. Casualmente se le dice que esta barrera consiste en poco menos de 16.000 kilómetros de tuberías porosas, empotradas en más de 27.000 metros cúbicos de material, nada de lo cual existía prácticamente antes de la guerra.

Y luego averigua que todo el sistema de más de 27.000 metros cúbicos está funcionando en el vacío. Para encontrar algo que se aproxime a esto, hay que hacer un viaje al espacio intersidereal.

Naturalmente que para producir un vacío de tales dimensiones se necesita un gran número de poderosas bombas de aspiración. Tales bombas de aspiración para producir grandes vacíos son relativamente recién llegadas de la industria, y en 1940 se idearon nuevos tipos que fueron considerados revolucionarios. Comparadas con las de la planta en cuestión, estas bombas de aspiración de 1940, para grandes vacíos, son modelos toscos y anticuados.

Los imanes de la instalación electromagnética también actúan en un vacío similar. Aquí, además, con excepción de la planta de difusión gaseosa, el vacío abarca una superficie mayor que en cualquier otra par-

te de la Tierra. No sólo las bombas producen el vacío con un poder muchísimo mayor que el de cualquier operación de la industria, sino que su número, en comparación con el de otras industrias, es astronómico.

Como las instalaciones funcionan en el vacío, detrás de gruesas paredes, tenían que proyectarse sistemas sin precedentes de mandos automáticos. Aquí llegamos a lo último en maravillas tecnológicas, artificios sobre artificios, cada uno de los cuales ejecuta una tarea especial y registra sus hallazgos en un tablero especial. Ahí están los mecanismos para descubrir el menor escape que pueda presentarse en el vasto sistema. Otros impresionaron una cinta donde están todas las diversas fracciones del uranio gaseoso, y le dicen al operario que vigila qué pasa exactamente en cualquiera de los varios miles de metros cuadrados de la instalación en cualquier momento dado. Otros aún dicen cómo se están separando los isótopos del uranio en cualquiera de las mil etapas del complejo proceso. Si quisiera examinar los "cerebros" de las instalaciones, el visitante tendría que caminar 16 kilómetros para mirar todos los registros de mandos, que están en un solo piso.

Todo esto puede ayudar a esclarecer parte de la confusión en qué ha estado la opinión pública, en cuanto a si hay o no un "secreto" de la bomba atómica, y si lo hay, si podrá o no mantenerse. La respuesta es que hay no uno, sino cientos, posiblemente miles de secretos, cada uno de los cuales es un arduo problema de ingeniería muy difícil de resolver.

Los secretos comienzan en la misma producción de uranio y grafito puros. Una nación con menos conocimiento industrial puede emplear muchos años en resolver estos problemas. Todos los diversos artificios y procedimientos arriba mencionados vieron respaldado su desarrollo por la habilidad de ingeniería y métodos secretos de todas las grandes industrias, transmitidos de generación en generación y mejorados en cada una por espacio de más de ciento cincuenta años. Y éstos no serán fáciles de copiar.

Se produce material fisionable por tres métodos diferentes y principales. El número de secretos puede reducirse si una nación se decide a concentrarlos en uno sólo; pero cada método individual implica decenas de

procedimientos nuevos, tecnologías y nuevos proyectos, así como grandes adelantos en el empleo y diseño de métodos y aparatos más viejos.

Esto no significa, por supuesto, que se puedan conservar indefinidamente estos secretos, ni que a su debido tiempo no puedan encontrarse métodos más sencillos. Ni la cuestión de si hay o no un secreto tiene algo que ver con el problema de la fiscalización internacional de la energía atómica, porque es evidente para cualquiera, que, a menos que se tomen las medidas necesarias para tal fiscalización, estaremos sembrando las semillas de una guerra suicida con bombas atómicas. El problema es mucho más hondo que la trivial cuestión acerca de un secreto. Porque aunque se pudiera conservar el secreto durante siglos, seguiría siendo esencial, para el bien de nosotros y de la Humanidad, que existiera alguna forma de fiscalización internacional.

El final de 1942 se destacó por cuatro progresos notables en el proyecto de la bomba atómica. Uno de éstos, por supuesto, fué la espectacular obtención de la primera reacción en cadena, que se mantenía por sí sola y que llevó directamente al segundo: la autorización para proseguir con la construcción de las plantas de plutonio en Hanford. Al mismo tiempo se decidió experimentar con varios métodos diferentes, para disminuir así la posibilidad de terminar en un callejón sin salida. Por consiguiente, se dieron órdenes para proseguir con la construcción en Tennessee de las plantas de difusión electromagnética y gaseosa para concentrar U. 235.

El aparato creado para la separación electromagnética del U. 235 se conoce bajo el nombre de calutrón, nombre que representa una abreviación del ciclotrón de la Universidad de California (California University's Cyclotron). Es un descendiente gigantesco del espectrógrafo de masa de la preguerra, el aparato de laboratorio empleado principalmente para determinar la abundancia relativa de isótopos de los elementos, así como para descubrir la existencia de isótopos. Pero si bien básicamente el calutrón está diseñado según el principio del espectrómetro de masa, los dos difieren tanto como el moderno avión de transporte y el primer aeroplano de los hermanos Wright.

El calutrón consta de cuatro partes principales: una fuente para la producción y aceleración de iones de uranio (esto es, moléculas de uranio despojadas de un electrón, que por ello llevan una carga de electricidad positiva); un gran imán para hacer que los iones sigan una trayectoria curva de radios diferentes; colectores en que se depositan los iones separados, y un tubo, cámara o tanque a muy baja presión, en el cual los iones recorren sus diferentes trayectorias semicirculares de la fuente al colector. El tanque está colocado entre los polos del imán.

Primero se vaporizan los compuestos sólidos o líquidos que contienen los átomos a separar.

Los iones se producen en la fuente mediante un arco eléctrico que atraviesa el vapor. Después se los acelera por un sistema de alto voltaje y se los hace mover, a una velocidad constante, en trayectorias curvas que no salen del campo magnético. Al llegar a los colectores los iones son neutralizados; esto es, ceden su carga eléctrica y se deposita material sólido.

En el tanque donde se mueven los iones hay que mantener un gran vacío para reducir en lo posible el número de moléculas gaseosas presentes, pues éstas chocarían con los iones y los apartarían de sus trayectorias, lo cual traería aparejada la contaminación y disminución del U. 235 recogido.

El mérito de esta notable trasmutación de un instrumento de laboratorio en una gigantesca planta industrial, que en el curso de tres años aumentó en billones de veces la producción total del U. 235, corresponde principalmente al profesor Lawrence. El método electromagnético se había descartado a causa de tres principales limitaciones que se creían inseparables del procedimiento mismo, y por ello insuperables. Todos creían que estas limitaciones harían imposible la obtención de U. 235 en cantidades apreciables. Por tanto, se enfocó la atención en otros métodos.

El doctor Lawrence tenía a su disposición los imanes más grandes del mundo, incorporados a sus gigantescos ciclotrones, y es el tipo de hombre para quien la palabra "imposible" constituye un desafío. Así, en noviembre de 1941, sin ninguna ayuda financiera de ninguna rama del Gobierno, em-

pezó a reparar su primitivo ciclotrón y puso su imán de 85 toneladas en un gigantesco espectrómetro de masa, al lado del cual todos los otros aparatos de esa especie eran meros juguetes. En tres meses había producido una cantidad de U. 235 miles de veces mayor a la que jamás se había concentrado, y a una velocidad diez veces superior. Esta cantidad bastaba para poder determinar las propiedades del material y demostrar que el método de separación electromagnética aún tenía posibilidades de éxito final.

Después de la preparación de la primera muestra, los experimentos se sucedieron día y noche para aumentar el rendimiento del equipo. En marzo de 1942 las variaciones habían elevado la velocidad de producción, multiplicándola por 500.

El 26 de mayo de 1942, un imán de 184 pulgadas (4,67 m.), el mayor del mundo, fue empleado por primera vez para la concentración de U. 235. Unos meses antes se había postergado indefinidamente su terminación para el ciclotrón más grande del mundo, en favor de su transformación en un gigantesco espectrómetro de masa, el más grande hecho hasta la fecha.

Este gigante demostró, a mediados del verano de 1942, que el método electromagnético era práctico, y que una planta electromagnética suficientemente grande podría tener una influencia decisiva en la guerra y consecuencias incalculables para el futuro. En el otoño de 1942 se aprobaron los planes para construir una pequeña instalación en Berkeley (California). Pronto se hizo evidente, sin embargo, que el tiempo no habría de permitir la construcción de este intermedio convencional entre el laboratorio y la planta de producción. Por tanto, se abandonaron los planes para la planta pequeña, y todos los esfuerzos se orientaron hacia el solo fin de construir una gran planta industrial y ponerla en funcionamiento en el menor tiempo posible.

Como la instalación iba a necesitar una cantidad tremenda de energía eléctrica, se decidió situarla en el valle de Tennessee. Los principales proveedores del equipo fueron General Electric, Westinghouse y Allis-Chalmers.

La creación de la planta implicaba problemas de construcción y diseño que nunca se habían presentado, pues es la primera y

única de su tipo en el mundo, y no había tiempo ni para construir una planta pequeña que pudiera servir de modelo. Tiene 270 edificios permanentes. El personal ocupado en ellos totalizó un máximo de 24.000 hombres.

Como los átomos electrificados a separar tienen que moverse en un vacío muy grande, tenían que crear bombas de vacío de alta velocidad, como jamás existieran.

También tuvieron que superarse grandes dificultades en el diseño de equipos de mando extremadamente delicados, para corrientes de alto voltaje. Tenían que diseñarse rectificadores capaces de proporcionar un cierto amperaje a un voltaje muy elevado. Estos requerimientos son muy superiores a los de transmisión radiotelefónica y aplicaciones similares de energía de alto voltaje.

En el procedimiento empleado para separar los átomos de uranio, los requerimientos limitan aproximadamente al 0,04 por 100 del voltaje medio la máxima variación permisible en el valor del alto voltaje suministrado al aparato.

A causa de la gran escasez de cobre, se pidieron al Departamento del Tesoro 12.717 kilogramos de plata, cuyo valor ascendía a 400 millones de dólares, para usarlos como bobinas y barras colectoras de los numerosos imanes. Las bobinas de plata sólida tienen un largo total de 1.450 kilómetros. La plata es tan buena conductora de la electricidad como el cobre, y el paso de corriente no la afecta. La plata será devuelta al Tesoro cuando las circunstancias lo permitan. Mientras tanto, esta gran planta para producir el material para la bomba atómica es también, entre otras cosas, una dependencia del Tesoro.

Toda la investigación relativa al método electromagnético para concentrar U. 235 fué realizada, bajo contrato del Gobierno, en la Universidad de California, y asumió su dirección el profesor Lawrence. En la parte culminante de la investigación, en agosto de 1943, el doctor Lawrence contaba con un personal de 1.266 hombres, incluidos 465 empleados en el laboratorio y la investigación, y 365 ocupados en el manejo de la planta.

La planta de difusión gaseosa para sepa-

rar U. 235 tiene forma de U y cubre una superficie de 93.000 metros cuadrados. El método está basado en el principio que rige la difusión de los gases, conocido con el nombre de ley de Graham, tal como fué formulada por lord Rayleigh en 1896.

Cuando nuestros hombres de ciencia e ingenieros consideraron por primera vez la posibilidad de separar U. 235 de U. 238 por el método de difusión gaseosa, se vieron frente a una multitud de obstáculos, que al principio parecieron insuperables. La aplicación de nuestro ejemplo al caso del uranio ilustrará la magnitud del problema de la separación. Como el uranio en sí mismo no es un gas, tenía que emplearse algún compuesto gaseoso del uranio. El único compuesto del uranio conocido en aquel entonces que podía convertirse en un gas estable y adecuado era el hexafluoruro de uranio, que es una combinación de un átomo de uranio y seis átomos de fluor, que corroe prácticamente todo lo que toca. Y no sólo es este gas sumamente activo, sino que además es realmente un sólido a temperatura ambiente y presión atmosférica. Por estas razones se emprendió urgentemente un estudio de otros compuestos gaseosos del uranio. Como seguro contra el fracaso en esta búsqueda de otros gases, era necesario continuar trabajando con el hexafluoruro de uranio, ideando métodos especiales para producir y poner en circulación este gas.

Uno de los problemas principales a resolver, antes de que pudiera construirse la instalación, era la producción de un medio poroso adecuado o barrera, a través del cual tenía que difundirse la mezcla de gas de uranio de manera que permitiera pasar una mayor proporción de U. 235 que de U. 238.

Se había establecido que los poros de la barrera a través de la cual se difunde la mezcla gaseosa deben ser considerablemente más pequeños que la distancia media que recorre una molécula gaseosa antes de chocar con otra molécula gaseosa, distancia conocida bajo el nombre de "trayectoria libre media". A la presión atmosférica, la trayectoria libre media de una molécula se mide en diezmilésimas de milímetro, o décimas de micrón. Para asegurar una verdadera corriente difusiva del gas, el diámetro de los numerosísimos orificios de la barrera debe

ser menor que una décima de la trayectoria libre media; es decir, debe tener, aproximadamente, una centésima de micrón.

La barrera debe tener billones de orificios de este tamaño o más pequeños. Además, estos orificios no deben ni agrandarse ni taparse, debido a la corrosión directa o al polvo que proviniera de la corrosión en cualquiera otra parte del sistema. La barrera debía ser capaz de soportar la presión de una atmósfera. También tenía que ser de un tipo que pudiera fabricarse en grandes cantidades y con calidad uniforme. Igualmente se comprendió que se necesitarían millares de poderosas bombas, y que para ellas harían falta millares de kilovatios. Además, que todo el sistema circulante tendría que ser de vacío hermético y a prueba de escapes, requisitos que presentaban problemas de una magnitud jamás vista anteriormente. Tenía que desarrollarse una nueva industria para fabricar la barrera porosa. Para satisfacer las demandas de energía se construyó una enorme estación de energía, la mayor instalación individual inicial de su tipo jamás construida.

Las dos grandes plantas para concentrar U. 235, que cubren un total de 450 hectáreas, forman parte de una subdivisión del Distrito de Ingeniería de Manhattan, conocida con el nombre de Establecimiento de Ingeniería Clinton, situado en un territorio reservado del Gobierno, de una superficie de 24.000 hectáreas, a 29 kilómetros al noroeste de Knoxville, Tennessee. Además, el Establecimiento de Ingeniería Clinton diseñó y construyó una planta para concentrar U. 235 mediante el método de difusión térmica, que aprovecha la diferencia en las velocidades de difusión de la luz y de los átomos pesados en presencia de un aumento o disminución de la temperatura; una pila de plutonio experimental que sirvió de instalación modelo para las pilas más grandes y para el estudio de los productos de la fisión del uranio; una serie de laboratorios de investigación, y una de las estaciones de energía más grandes del mundo.

Las tres grandes pilas atómicas para producir plutonio, así como tres plantas químicas en donde se separa el plutonio de su padre el uranio y de otras impurezas, se conocen bajo la denominación de Establecimiento de Ingeniería Hanford. Están si-

tuadas en un gran terreno del Gobierno, que abarca más de 160.000 hectáreas, en un aislado semidesierto, a 24 kilómetros al noroeste de Pasco, Washington.

Un tercer establecimiento principal, en Los Alamos, Nuevo México, a 40 kilómetros al noroeste de Santa Fe, sirvió de centro de investigación y desarrollo, en el cual se daba forma a los productos de Clinton y Hanford para su objetivo final. Allí, alrededor de un núcleo de algunos edificios que habían sido utilizados por la escuela de Los Alamos, el doctor Oppenheimer organizó el laboratorio más grande del mundo, con una plana mayor compuesta por decenas de los físicos, químicos, matemáticos, metalúrgicos y "armeros" más notables del mundo, y figuras principales de otros campos afines. En este laboratorio, para el cual contribuyeron las principales Universidades con sus fundamentales aparatos de investigación, se llevó a cabo, no sólo el trabajo experimental, sino también el diseño y construcción de bombas atómicas operables. Esto incluía estudios teóricos fundamentales sobre la naturaleza del núcleo y la conducta de los neutrones, la purificación final de U. 235 y plutonio, y la fabricación del material auxiliar que entra en el conjunto de las piezas de la bomba.

Además de los tres lugares principales administrados directamente por el Distrito de Ingeniería de Manhattan, se erigieron decenas de nuevas plantas y se hicieron ampliaciones de plantas existentes, desde Nueva York hasta California, para efectuar la rápida fabricación de equipo especializado, el refinamiento del uranio y del grafito, y el desarrollo y producción de materiales nuevos y esenciales. Además de los tres grandes centros, en las Universidades de Columbia, Chicago y California, intervinieron en la investigación, bajo contrato con el Distrito, otras veintisiete Universidades, cuatro dependencias del Gobierno y tres fundaciones de investigación. El número total de hombres ocupados en la obra, incluyendo los empleados por contratistas para el proyecto, ascendía a mucho más de 300.000, de los cuales sólo unos pocos sabían la naturaleza y finalidad de lo que estaban haciendo.

Como razones de seguridad y defensa, las plantas tenían que esparcirse por regiones

aisladas del país; los planes debían incluir alojamientos para el gran número de obreros de la construcción y personal de servicio. Esto llevó a la construcción, en cuestión de meses, de cuatro ciudades ocultas, el acceso a las cuales era tan secreto como el que llevaba a Shangri-La. La más grande, oficialmente denominada Oak Ridge, pero conocida para sus habitantes con el nombre de Dogpatch, o simplemente Patch, está situada en el terreno reservado del Establecimiento Clinton. En menos de dos años se convirtió en la quinta ciudad de Tennessee, con una población total de 79.000 habitantes. La segunda en tamaño era Hanford, a orillas del río Columbia, en el estado de Washington. Edificada como campamento de construcción para las instalaciones de Hanford, llegó en el curso de un año a tener 60.000 habitantes, siendo así la cuarta del Estado, y en el curso de otro año disminuyó a cero, una vez terminado el trabajo de construcción. Río abajo, a varios kilómetros, se construyó la ciudad de Richlan, habitada por el personal que trabajaba en las plantas de Hanford y sus familias, con una población de 17.000 habitantes en el verano de 1945.

En Los Alamos se construyó una pequeña comunidad propiedad del Gobierno y administrada por él, con una población que llegó a los 5.800 habitantes. Incluía tantos hombres de ciencia de renombre mundial, que sin duda tenía el mayor coeficiente de inteligencia de cualquier ciudad en el mundo.

Oak Ridge era el centro administrativo de la empresa atómica, así como el sector residencial del Establecimiento de Ingeniería de Clinton. En muchos sentidos fue única en la Historia. Ha habido otras ciudades ocultas, pero jamás una de su tamaño que creciera con semejante rapidez. Tal vez lo más notable a su respecto, era el hecho de que los habitantes mismos, con excepción de unos pocos hombres esenciales, no sabían nada sobre la finalidad de la ciudad o lo que producían sus instalaciones gigantes. El trabajo estaba tan dividido en compartimientos, que cada obrero no sabía más que el trabajo que le correspondía, y no tenía el menor indicio de cómo encajaba su parte en el todo.

Sólo ciertos hombres de ciencia, ingenie-

ros y oficiales del Ejército de alto rango, tenían un conocimiento interno del proyecto; pero aun entre ellos había limitaciones. El jefe de una planta, por ejemplo, estaba totalmente aislado de otras plantas donde se empleaban procedimientos diferentes.

Y los obreros no sólo ignoraban lo que estaban produciendo en las instalaciones gigantes, que consumían tremendas cantidades de energía eléctrica, sino que la gran mayoría de ellos ni siquiera pudieron estar seguros de que realmente estaban produciendo algo. Como sólo hay seis kilos y medio de U. 235 por tonelada de metal de uranio, y por supuesto mucho menos en proporción por tonelada de compuesto de uranio, veían entrar en la planta enormes cantidades de materia prima, pero no veían salir nada.

Esto creaba una atmósfera de irrealidad, en la cual instalaciones gigantes funcionaban día y noche para no producir nada que alguien hubiera visto jamás, porque los productos se enviaban en pequeñas cantidades y por estafetas especiales en el mayor de los secretos.

El secreto llevó frecuentemente a situaciones tragicómicas. Se despachó a un correo por automóvil para que llevara una pequeña caja de material, cuya naturaleza jamás se le dijo, a cierta localidad situada a varios kilómetros de distancia. Se le advirtió de que al primer indicio de que algo raro pasara dentro de la caja, abandonara rápidamente el automóvil y corriera todo lo que le dieran las piernas.

Nuestro correo no preguntó nada y partió, lanzando en el camino frecuentes miradas a la extraña caja que iba detrás de él. Las cosas fueron bien hasta que llegó a la mitad de un largo puente. De repente, a espaldas suyas sonó un estampido aterrador. Se largó del automóvil como poseído, corriendo como nunca había corrido en su vida. Sin aliento, exhausto, se detuvo para examinarse y asegurarse de que estaba entero. Mientras tanto se había ido formando una larga hilera de coches detrás de su vehículo abandonado, y los fuertes bocinazos de conductores impacientes llenaban el aire.

Lentamente volvió a su automóvil, y descubrió, asombrado, que seguía donde lo había dejado. Atisbando cautelosamente su interior, su asombro aumentó al encontrar a

su preciosa caja en el mismo lugar que antes. Este correo estaba acostumbrado a las cosas raras; así que volvió a su puesto en el volanté, y estaba a punto de proseguir en su misión, cuando una vez más oyó un fuerte estampido detrás de él.

Una vez más salió corriendo para salvar su vida, sin atender a las airadas bocinas que a esta altura sonaban de una fila de más de un kilómetro de largo. Aunque exhausto por su carrera anterior, no dejó de arreglarse para poner una considerable distancia entre sí mismo y la misteriosa caja.

Finalmente volvió, para hallar a su coche y su caja en el mismo lugar en que los había dejado. Esta vez, sin embargo, se encontró además con un airado agente de tránsito. Pero no podía hacer nada más que mostrar al agente sus credenciales de empleado del Gobierno. Resultó, finalmente, que debajo del puente estaban efectuando unas voladuras.

\* \* \*

El 1 de marzo de 1941, los doctores Seaborg, Segre, Kennedy y Lawrence procedieron a bombardear con neutrones alrededor de un kilogramo de uranio. Era la cantidad mayor de cualquier sustancia que se hubiera jamás sometido al bombardeo por el ciclotrón. Este terrible bombardeo contra la ciudadela del núcleo uranio fué mantenido por espacio de seis días con sus respectivas noches. El 6 de marzo obtuvieron éxito. Lo mismo que en los experimentos de McMillan y Abelson, el uranio había sido transmutado en neptunio. Y, lo que era hermoso contemplar, encontraron que el neptunio, a su vez, por la emisión de un electrón, se había metamorfoseado en un nuevo elemento. El recién llegado anunció su presencia con una lluvia de partículas alfa, radiaciones indicadoras que la teoría había predicho como características del elemento 94, el plutonio.

Entonces prosiguieron vigorosamente los trabajos para producir mayores cantidades de plutonio, para lo cual se construyó una pila atómica en Hanford.

La principal tarea en Hanford consistía en mantener una reacción en cadena con neutrones lentos y ponerlos a trabajar transmutando U. 238 en plutonio. En Los Ala-

mos, la principal tarea era idear medios por los cuales neutrones veloces y sin trabas aniquilaran al plutonio, o U. 235, al liberar su energía a través de una explosión que lo consumiera en el más corto tiempo posible. El propósito era, en otras palabras, crear las condiciones en las cuales los indómitos neutrones libres pudieran trabajar del modo más eficaz imaginable.

No era ésa una tarea para físicos y expertos en explosivos únicamente. Requería la cooperación de los esfuerzos de metalúrgicos y químicos, matemáticos y astrofísicos, ingenieros y técnicos en balística, físicos y químicos nucleares, hombres de ciencia teórica, y experimentalistas, teóricos y prácticos.

De hecho, uno de los más significativos resultados del Proyecto de la Bomba Atómica, y particularmente de la rama de Los Alamos, fué conducir juntos en un solo equipo a los teóricos y a los prácticos, que en tiempo normal de paz suelen gruñirse mutuamente desde cierta distancia. Aprendían y se respetaban entre sí.

El experimento de Alamogordo culminó una serie de otros experimentos, de los que el mundo aún no tiene noticias, que fueron en su especie igualmente espectaculares y considerablemente más audaces. Tan pronto como cantidades suficientes de material activo para formar aquellos que los cálculos indicaban que constituiría la masa crítica fueron accesibles, los experimentos comenzaron a registrar la certeza de esos cálculos. A uno de ellos se incorporó una rara construcción conocida como guillotina y que consistía en una gran armazón de madera dividida por dos barras de acero verticales y paralelas. A cada una de esas barras se unió un gran trozo de material activo. Arriba, entre las barras, se suspendió un trozo más pequeño de masa crítica. A una señal dada, el ejecutante hizo descender el pequeño trozo hasta colocarlo en el espacio comprendido entre los dos grandes trozos, de manera que los tres quedaran juntos, formando así una masa crítica en una fracción de segundo. La guillotina estaba enganchada en una serie de contadores de neutrones que registraban la fisión del neutrón en el momento crítico.

En otra serie de experimentos se puso una pila que contenía uranio y un moderador.

El moderador, por supuesto, produjo una pila de reacción en cadena con neutrón lento. Luego, el moderador fué apartado poco a poco, de manera que gradualmente cambiara la reacción con neutrones lentos por una reacción con neutrones rápidos, aproximándose más y más a las condiciones predominantes en la bomba.

Ese modelo de bomba atómica fué colocado en una de las estructuras semisubterráneas de uno de los despeñaderos. Los hombres de ciencia idearon una serie de controles automáticos, extremadamente sensibles, que pararan la reacción en cuanto se presentara la menor señal de proximidad del momento crítico. Fuera, en el despeñadero iluminado por la luna, seis automóviles, con sus motores en marcha y sus conductores rígidos en el volante, estaban preparados para una rápida huida. Estaba a cargo de esos experimentos el doctor O. R. Frisch, el mismo doctor Frisch, que, con el doctor Meitner, fué el primero en demostrar la fisión del uranio.

Los controles funcionaron. El doctor Frisch y su pequeña comitiva regresaron a sus casas sobre la meseta al atardecer. Todos ellos estaban instalados en Alamogordo.

\* \* \*

La gran nube de fuego que se levantó a más de doce kilómetros en la estratosfera sobre el desierto de Nuevo México simbolizó la pira funeraria del Imperio japonés. Los pocos elegidos que presenciaron el espectáculo supieron con certidumbre en el instante de la explosión que la nueva arma demostraría su fuerza decisiva en relativamente poco tiempo. Ningún poder de la tierra podía oponerse a la fuerza elemental liberada en esas bombas.

Diez minutos después de la explosión tuvo lugar el siguiente diálogo entre los Generales Farrel y Groves:

General Farrel.—¡La guerra ha terminado!

General Groves.—¡Sí; la guerra terminará tan pronto como arrojemos una o dos bombas sobre el Japón!

Durante las semanas que precedieron al experimento, cuando los hombres de ciencia daban los últimos toques al aparato, fuimos testigos de las escenas más dramáticas de la historia de los empeños científicos.

La resolución de hacer el experimento había planteado una serie de problemas marginales. Tenía que encontrarse en un lugar lejano para situar la bomba. Debían tomarse medidas para prevenir el tremendo centelleo, que se esperaba se viera y oyera a centenares de kilómetros, lo que revelaría nuestro mayor secreto. Tenían que idearse aparatos y técnicos para estudiar, desde una distancia de varios kilómetros, con la ayuda de controles automáticos, un fenómeno que se produciría en menos de una millonésima de segundo. Ello incluía aparatos de medición que se colocaron dentro de la bomba atómica para el momento de la explosión, con el objeto de establecer el total y los tipos de energía liberada; el efecto, la intensidad y la extensión de la carga; las radiaciones posteriores a la explosión en la tierra y en el aire; las observaciones meteorológicas y un conjunto de otros fenómenos que llevarían cinco páginas escritas a máquina si quisiéramos enumerarlos.

Realizáronse estudios para determinar el proceso de la bomba antes, durante y después de la detonación. Con ese objeto se colocaron en construcciones de hormigón refugios subterráneos, en un radio de muchos kilómetros, los más delicados aparatos de cálculo, fotografía y registro, viejos y nuevos. Incluyéronse cámaras de gran velocidad de todos los tipos; numerosos aparatos electrónicos, detectores del supersónico; toda clase de instrumentos para experimentar dentro del mundo infinitesimal del núcleo atómico; aparatos para medir la intensidad del estallido, radiación, y sinnúmero de otros equipos especiales.

Fueron necesarios unos 800 kilómetros de alambre para conectar los diversos instrumentos, que operaban eléctricamente en los refugios a prueba de bomba colocados a kilómetros, con el lugar de la explosión. Se colocaron sismógrafos a varias distancias para medir los efectos subterráneos de la explosión atómica, y Superfortalezas "B-29", especialmente equipadas, estaban en lo alto para estudiar los efectos en la alta atmósfera. Más de trescientos hombres de ciencia, incluyendo varios ganadores del premio Nóbel, participaban del experimento.

Alrededor de doscientos cincuenta militares estaban a cargo de las medidas de seguridad y protección.

Un hecho significativo providencial, que se produjo pocos días antes del experimento, obligó a realizar cambios de último momento con el objeto de prevenir una posible catástrofe que no se había previsto. Una bomba que contenía explosivos ordinarios, pero que en otro sentido era un duplicado exacto de la bomba atómica, había sido colocada en la torre como un modelo práctico. Un rayo la alcanzó. Esto obligó a tomar medidas de protección contra la posibilidad de que un rayo pudiese ocasionar la primera explosión atómica mientras los hombres de ciencia estuviesen en sus cercanías.

La sección Noroeste de los 5.000 kilómetros cuadrados de la base aérea de Alamogordo fué elegida como lugar del experimento, por su lejanía de las grandes ciudades, su aislamiento, su inaccesibilidad y sus convenientes características meteorológicas. La localidad habitada más cerca es Carrioso, con una población de 1.500 habitantes, a unos 20 kilómetros en línea recta del sitio elegido para el experimento. Otras comunidades de la localidad son: Socorro, con 3.500 habitantes, a unos 20 kilómetros al Noroeste, y Alamogordo, a unos 25 kilómetros al Sureste. La gran ciudad más cercana es Albuquerque, a unos 200 kilómetros al Noroeste.

Todo lo relacionado con el aparato—el lugar donde estaba colocado sobre su torre, el momento fijado para la explosión, etc.—se mencionaba con la palabra Cero, palabra clave del experimento. Para todos los interesados, Cero se convirtió en el centro del Universo. El tiempo y el espacio comenzaban y terminaban en Cero. Toda la vida se concentraba en Cero. Todos pensaban solamente en Cero y en la hora Cero, o más bien en el microsegundo Cero.

El transporte del aparato a una distancia de más de 300 kilómetros desde Los Alamos a Cero, presentaba un problema serio, tanto de seguridad como de protección. El traslado de ese precioso material, que poseía un valor incalculable en términos de importancia mundial, estuvo a cargo del Servicio de Información Militar de Los Alamos, al mando del Capitán Thomas O. Jones, ex abogado de Chicago.

Varias unidades del complicado montaje dejaron Los Alamos el jueves 12 de julio

de 1945 por la mañana, y partieron en un convoy acompañados de guardias armados y varios hombres de ciencia, y llegaron a su destino esa misma tarde. Otro convoy abandonó los Alamos a las 12,01 del viernes 13 de julio por la mañana, y llegó a Cero nueve horas después. Los profesores Bacher y Kistiakowsky estuvieron a cargo del montaje de las principales unidades. Hicieron pruebas en serie para tener la certeza de que cada parte funcionaba bien. Una semana antes, un grupo de destacados radiólogos, bajo la dirección del Coronel Warren, comenzó a colocar una red de estaciones radiológicas a diferentes distancias para medir los efectos de las radiaciones de la explosión.

El montaje final de todo lo relacionado con la bomba comenzó la noche del 12 de julio, en un viejo rancho. Equipos especiales, compuestos de hombres cumbres en aspectos específicos de la ciencia, completamente engolfados en el montaje, tomaron a su cargo partes determinadas. En cada grupo se centralizaban meses y hasta años de esfuerzos canalizados. Como varios de los componentes de la reunión llegaban de distintos puntos, la tensión entre los hombres de ciencia llegó a un punto extremo. El fracaso posible constituía el motivo de una tensión siempre latente. Sabían, asimismo, que un falso movimiento podía arrojarlos a ellos y a todos sus esfuerzos a la eternidad. Y unos cuantos estaban obsesionados por el temor de un éxito demasiado grande.

El doctor Bacher era el hombre encargado de la parte vital. Pasáronse malos momentos cuando una importante sección, luego de colocada, pareció quedar bloqueada y no podía ir más lejos. El doctor Bacher no desmayó por eso, y aseguró al grupo que él tiempo resolvería el problema. Después de tres minutos, que parecieron una eternidad, toda la unidad, que se había comportado como la más delicada herramienta, incorporóse gradualmente a su lugar, y el montaje básico estuvo completo sin otro incidente.

El sábado 14 de julio, la unidad fué elevada a la cima de la torre de acero. Durante todo ese día y el siguiente se desarrolló el trabajo de preparación, entre resplandores de luz y el estrépito de los truenos. Además del aparato necesario para producir la

detonación, fué instalado en la torre un instrumento completo para determinar las "pulsaciones" y todas las reacciones de la bomba.

Los doctores Bainbridge y Kistiakowsky y el Teniente Howard C. Bush, que estaba al mando del Departamento de Policía Militar, fueron los últimos hombres que inspeccionaron la torre con su bomba cósmica. Los tres estuvieron arriba de la torre una hora antes de cero, y sus siluetas se iluminaban a intervalos por un relámpago de luz. No mostraban ninguna señal de estar preocupados por la bomba de prueba que había sido alcanzada por el rayo en la misma torre.

Del oscuro cielo se derramó la lluvia y los relámpagos estallaron hasta la hora cero. El estado atmosférico entorpeció las observaciones del experimento desde el aire. Muchos de los ayudantes del doctor Oppenheimer estaban perturbados por las condiciones y algunos instaban para que el experimento fijado para las cuatro fuera aplazado por esa noche. El General Groves y el doctor Oppenheimer permanecieron fuera de la casa de control, en la oscuridad, para contemplar el cielo, asegurándose constantemente entre sí que una o dos estrellas comenzaban a brillar.

A las cuatro la lluvia paró, pero el cielo estaba muy encapotado. Nuestra resolución se hizo firme cuando el momento llegó.

Fuera de Carrizoso, una larga caravana de camiones y personal del Ejército estaban esperando. Habiendo virado el viento rápidamente en dirección a esa pequeña ciudad hispanoamericana, amenazando así con arrastrar la nube radioactiva en esa dirección, los conductores de la caravana de autos estaban preparados para irrumpir en cada casa y llevarse a todos los habitantes dormidos, por la fuerza si era necesario, hacia un lugar seguro. Si el estampido no despertara a los dormidos ciudadanos de Carrizoso, nunca se hubieran imaginado la sorpresa que habrían tenido de haber cambiado el viento de dirección.

Como la hora cero de la explosión se acercaba, la tensión en la sala de control llegaba a un punto tremendo. Los diversos puntos de observación del área estaban conectados con la sala de control por medio

de la radio, y con veinte minutos de anticipación, el doctor Allison, de la Universidad de Chicago, director ayudante en Los Alamos, se sentó frente a la radio e hizo anuncios periódicos. La marcha del tiempo, "menos veinte minutos", "menos quince minutos", y así sucesivamente, acrecentó la tensión hasta el punto de ruptura. Los últimos segundos fueron descritos por el General Farrell como mucho peores que cualesquiera otros experimentados durante la hora cero en las trincheras del frente de la primera guerra mundial. El doctor Conant dijo que nunca imaginó que los segundos pudiesen ser tan largos.

Habíamos entrado en lo desconocido e ignorábamos qué podía acontecer. Puede afirmarse con seguridad que casi todos los presentes oraban y oraban más intensamente de lo que habían orado hasta entonces. Si el estallido tenía éxito, justificábanse muchos años de intenso esfuerzo de decenas de miles de personas: estadistas, hombres de ciencia, ingenieros, manufactureros, militares y muchos otros de diversas profesiones.

En ese brevísimo instante, en el remoto desierto de Nuevo Méjico, el tremendo esfuerzo de cerebros y músculos de toda esa gente llegó de golpe y espantosamente a la más completa complacencia. El doctor Oppenheimer, sobre el cual recayó una carga muy pesada, se puso tenso al llegar los últimos segundos. A duras penas respiraba. Apoyóse en un poste para sostenerse. Al llegar los segundos finales miró fijamente hacia adelante, y entonces, cuando el aviador gritó: "¡Ahora!" y se produjo ese tremendo relámpago seguido de cerca por el intenso rugido de la explosión, su rostro se distendió en una expresión de tremendo alivio. Varios de los observadores que estaban en el refugio comprobando los efectos de luz fueron golpeados de lleno por la explosión.

La tensión en la sala desapareció, y todos comenzaron a congratularse mutuamente. Todos sentían que "el asunto estaba hecho". No importaba lo que podía acontecer, ahora que la imposible tarea científica había sido cumplida. La fisión atómica no seguiría oculta en los claustros de los sueños de los físicos teóricos. Estaba casi completamente acabada al nacer. Era una gran fuerza nue-

va que sería empleada para bien o para mal. Dominaba en ese refugio la impresión, en lo que respecta a aquellos que dedicaron sus vidas a esa creación, que siempre la usarían para el bien y nunca para el mal.

Había comenzado a existir algo grande y nuevo, que demostraría ser incommensurablemente más importante que el descubrimiento de la electricidad o cualquier otro de los grandes descubrimientos que han afectado nuestra existencia.

Ningún fenómeno producido por el hombre, de tan tremendo poder, ha acontecido antes. No hay palabras para describir los efectos luminosos. Toda la comarca fué iluminada con una luz penetrante de una intensidad muchas veces superior a la del sol de mediodía. Era dorada, púrpura, violeta, gris y azul. Iluminaba cada cumbre, hendidura y colina de la cadena cercana con una claridad y una belleza que no puede describirse ni es para imaginar. Era la belleza que describen los grandes poetas, pero en forma pobre e inadecuada. Trece segundos antes de la explosión llegó, primero, una ráfaga de aire, que presionó intensamente sobre los hombres y las cosas, para ser seguida casi inmediatamente por un poderoso, sostenido y pavoroso rugido.

Para el doctor Thomas, de la Compañía Química Monsanto, la nube "semejaba un cerebro gigantesco en convulsión que cambiaba constantemente". Sólo el futuro diría si simbolizaba el cerebro colectivo que la había creado, o la última explosión de la mente colectiva del hombre.

La llamarada iluminó hasta el cielo en Albuquerque, y fué vista en Amarillo (Texas) a 720 kilómetros al Este de Cero. En El Paso, a 240 kilómetros al Sur, la gente vió la llamarada y oyó la explosión y dos ecos sucesivos. Residentes en Silver City (Nuevo México), a 320 kilómetros al Suroeste, y en Gallup (Nuevo México), a 380 kilómetros, informan que sus ventanas se conmovieron,

y los de Gallup dicen que también oyeron dos explosiones. Según otros informes de numerosas localidades, se oyó una explosión que semejaba un terremoto, un meteoro o la caída de un avión. El personal y los pasajeros que viajaban en el tren del ferrocarril de Santa Fe, cerca de Mountainair, a unos 112 kilómetros al Noroeste, recuerdan haber oído la explosión y visto el incendio de una bomba en el cielo.

Los únicos seres vivientes que osaron aventurarse cerca del lugar donde Cero desaparecía en una gran nube de fuego atómico, fueron los de un equipo de hombres de ciencia en dos tanques "Sherman", el interior de los cuales estaba forrado de plomo. En uno de ellos estaba el doctor Fermi. Tomaron muestras de la tierra por medio de palas especiales manejadas desde el interior e hicieron observaciones preliminares del lugar, el cual, después de un examen posterior, reveló una depresión en un radio de 366 metros, de una profundidad que variaba entre tres metros en la periferia y ocho en el centro.

Un examen posterior del suelo reveló que toda la vida, tanto vegetal como animal, fué destruída en un radio de alrededor de un kilómetro y medio. La arena se transformó, en un radio de 350 metros, en una sustancia transparente como el vidrio, de color verde jade.

Una torre de acero que pesaba 32 toneladas y estaba a una distancia de 730 metros, se convirtió en una masa retorcida de chatarra. La torre de Cero desapareció por completo. Un rebaño de antílopes que pastaba a varios kilómetros desapareció sin dejar rastros. Se cree que partieron en loca arremetida hasta terminar en los desiertos de México. Numerosas vacas que estaban a igual distancia se llenaron de manchas grisáceas.

Los efectos podían calificarse de sin precedentes, magníficos, hermosos, estupendos, terribles.