presentación

Es innecesario presentar a uno de los matemáticos más brillantes de todos los tiempos, que cultivó muchos campos de la matemática, física e ingeniería de forma muy destacada. Las aplicaciones que obtuvo directamente o que se dedujeron de sus resultados han permitido avances científicos difíciles de imaginar hace cien años, cuando nació Von Neumann.

Esta presentación se ha dividido en cinco breves apartados. Los dos primeros se dedican a su etapa predoctoral y a su currículum posdoctoral. En los tres últimos apartados se hace referencia a tres contribuciones de Von Neumann, que quiere ser una muestra reducida, pero significativa de la profundidad e innovación que siempre acompañó su trabajo.

El núcleo de esta publicación está formado por los textos de las conferencias en conmemoración de su centenario dadas en la Real Academia de Ciencias de Madrid, durante las Sesiones Científicas de los días 5 y 6 de Marzo, que contaron con la intervención de los Profesores Ríos García, Maravall Casesnoves, Rodríguez-Salinas, Girón González–Torre y Díaz Díaz de la Real Academia de Ciencias de Madrid y del Profesor Ferrando Pérez de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Además, esta publicación también contiene un artículo sobre Von Neumann de carácter biográfico de John Horváth, Académico Correspondiente Extranjero de la Real Academia de Ciencias de Madrid y Full Professor de la Universidad de Maryland, que contiene algunas descripciones y detalles sobre Von Neumann vividos directamente por el Profesor Horváth o por alguno de sus colegas matemáticos.

Von Neumann: De precoz adolescente a doctor en matemáticas

La derrota del Imperio Austriaco en 1866 en su guerra con Prusia provocó su transformación en la Monarquía de Austria y Hungría, con dos gobiernos, dos parlamentos con sedes en Viena y Budapest y un soberano con los títulos de Emperador de Austria y Rey de Hungría. Hungría gozaba de una gran autonomía y en 1903, año del nacimiento *de Von Neumann, Budapest era una ciudad con lujo, dinamismo, con florecientes industria, comercio y banca.*

Uno de los ricos banqueros judíos húngaros era el padre de Von Neumann que en 1913 adquirió un título nobiliario, otorgado por Francisco José, emperador de Austria y rey de Hungría, equivalente al Von alemán que acompañaría, en vida y en historia, a su hijo John Neumann.

El padre de Von Neumann era practicante de la religión judía, pero prefirió para su hijo el excelente colegio luterano Gymnasium donde tuvo como profesor de Matemáticas a Lászlo Rátz, editor de la Revista Matemática Húngara para estudiantes de secundaria, y fue condiscípulo de Wigner, quien obtuvo el Nobel de Física en 1963. Al terminar sus estudios secundarios Von Neumann consiguió el premio nacional Eötvös, para lo que hacía falta ser un auténtico fuera de serie.

Lászlo Rátz se dio cuenta del talento de Von Neumann y aconsejó a su familia que le buscasen buenos tutores matemáticos. Kürschâk, Szegó y, sobre todo Fekete comenzaron a moldear la mente de Von Neumann. Con el último publicó Von Neumann su primer trabajo de investigación a los dieciocho años, en el que de unas propiedades geométricas de conjuntos convexos dedujeron pruebas sencillas de los teoremas de Gauss y de Jensen relativas a la acotación de ceros de las raíces de la derivada de un polinomio.

La elevada posición social de la familia Von Neumann les permitió tener amistad con los mejores artistas y científicos húngaros, algunos de los cuales, como los hermanos Riesz han dado testimonios variados de la sorprendente precocidad de Von Neumann, quien desde muy joven hablaba con términos de matemáticos profesional y leía libros de últimos cursos de licenciatura en Matemáticas.

Von Neumann, lo mismo que sus insignes compatriotas coetáneos[1] *Gabor, Wigner, Szilard y Teller quedaron marcados por el elevado nivel matemático húngaro y por la humillante paz de Trianon de 1920, que dejó deshecha a Hungría.*

Entre los responsables del elevado nivel matemático húngaro están Bolyai (1802–1860), uno de los creadores de la geometría hiperbólica, Fejer, quien ha dado su nombre a sus sumas en sentido en sentido de Cesàro asociadas a las series de Fourier, Frederic Riesz (1880–1956) introductor de los espacios L^p*, de las convergencias débil y fuerte y del operador adjunto, Polya (1887–1985) tan conocido por sus muy buenos libros de problemas y Haar (1885–1933), padre de la medida que lleva su nombre.*

La referida paz de Trianon de 1920 fue el desenlace de la guerra provocada por la rotura entre Austria y Hungría, que quedó humillada y maltrecha, pues tuvo que reconocerse responsable de la guerra, perder la mitad de su población y ceder las dos terceras partes de territorio, formadas por Croacia, Eslovenia, Eslovaquia, Transilvania y el Banato. Luego, con mucho terror, vino la república soviética de Béla Kun, derrocada seis meses después por los contrarrevolucionarios húngaros con la ayuda de tropas francesas y rumanas, que instalaron un régimen dictatorial antisemítico encabezado por el almirante Horthy, que más tarde se moderó y suavizó. Entonces, la familia Von Neumann, que como otras muchas había huido a Italia, regresó a Budapest, recuperó sus bienes, pero el joven Von Neumann quedó marcado por un sentimiento anticomunista, igual que Wigner, Szilard y Teller.

Los éxitos matemáticos iniciales de Von Neumann no impidieron que su rica familia se opusiese a que estudiara matemáticas en la Universidad de Budapest, pues deseaban estudios con más posibilidades lucrativas para John. Cuando a una de sus tías, muy rica, se le comentó que deseaba estudiar matemáticas por tener unas cualidades excepcionales preguntó si podría llegar a ser como Einstein. Finalmente se adoptó una solución de compromiso y se fue en 1921 a estudiar Química en Berlín, en 1923 pasó a Zurich donde se hizo ingeniero químico y durante los veranos se examinaba en la Universidad de Budapest de Matemáticas y Física.

En Berlín fue alumno de Haber, ya Nobel desde 1918, y condiscípulo de Wigner y Gabor. En Zurich fue alumno de Hermann Weyl y Polya. En 1926 obtuvo el doctorado en Matemáticas en Budapest con una Tesis sobre Teoría de Conjuntos con la calificación de summa cum laude.

Von Neumann: Currículum posdoctoral abreviado

En 1927 fue nombrado Privatdocent en la Universidad de Berlín. Continuó el trabajo sobre Teoría de Conjuntos y Lógica comenzado en su Tesis Doctoral con Ackermann y Bernays, discípulos de Hilbert. Con el primero publicó un trabajo sobre la no contradicción en Matemáticas. Con el segundo y con Gödel elaboró la Axiomática NBG (Neumann–Bernays–Gödel).

En 1928 publicó su primer trabajo sobre la Teoría de los Juegos, donde ya aparece el teorema del minimax, que será el germen del libro «Teoría de Juegos y comportamiento económico» *que publicó en*

1944 con Morgestern y que revolucionó la Economía. En 1953 Fréchet (1878-1973) escribió una nota en Econométrica valorando muy positivamente los trabajos de Borel sobre Teoría de Juegos, anteriores a los de Von Neumann, y considerando a Borel como el iniciador de la Teoría de los Juegos. En esa misma revista aparece una réplica de Von Neumann. Es claro que Von Neumann se apoyó en resultados conocidos sobre Teoría de Juegos, pero sus aportaciones desde 1928 hasta 1947, en que se publica la segunda edición del libro «Teoría de Juegos y comportamiento económico», *donde incorpora un apéndice con la formulación axiomática de la Teoría de la Utilidad, representan un salto cualitativo de gran magnitud que es la causa de que nadie dude que lo fundamental de los aspectos matemáticos de la teoría de juegos se debe a Von Neumann.*

El sexto de los problemas enunciados por Hilbert en su conferencia de 1900 se refería a la posibilidad de establecer axiomáticamente la Física. En 1927 Von Neumann, en colaboración con Hilbert y Nardheim, publicó un artículo «Sobre los fundamentos de la Mecánica Cuántica», *y centró parte de su trabajo en este tema, publicando en 1929 otros artículos y en 1932 su obra maestra* «Los fundamentos matemáticos de la Mecánica Cuántica», *texto abstracto, elegante, sin aplicaciones a problemas prácticos, donde formula la axiomática del espacio de Hilbert, emplea la teoría espectral de operadores y trata con profundidad el problema de la medida. Prueba la identidad entre los formalismos de Heisenberg y Schrödinger y evita la utilización de la delta de Dirac por considerarla poco rigurosa.*

La investigación en Mecánica Cuántica exigió a Von Neumann extender el famoso teorema espectral clásico de Hilbert para operadores hermíticos. Primero lo hizo para operadores normales acotados y, posteriormente (1929), para operadores normales no acotados definidos en espacios de Hilbert con objeto de poderlo aplicar a los operadores ligados a los observables de la Mecánica Cuántica [2].

El teorema espectral de Von Neumann fue acompañado del desarrollo de las álgebras de Banach. Un álgebra de Banach es un espacio de Banach complejo dotado de una multiplicación continua, asociativa, respecto a vectores y escalares, y distributiva, respecto a la suma de vectores. Si H es un espacio de Hilbert, se tiene que el espacio de Banach B(H) de los endomorfismos lineales acotados con la norma de la convergencia uniforme de operadores es un álgebra de Banach, con muy buenas propiedades (es una C-álgebra). Si se considera sobre B(H) la topología débil de operadores se dice que cualquier subálgebra* *involutiva N de B(H) que sea cerrada para la topología débil de operadores y que contenga al elemento unidad es un álgebra de Von Neumann. Desde un punto de vista abstracto un álgebra de Von Neumann es una C^*-álgebra que admite predual* [3].

Desde 1930 comienza Von Neumann a tener largas estancias en la Universidad de Princetown.

En 1933 se fundó el Instituto de Estudios Avanzados (IAS) de Princeton. Von Neumann es nombrado Profesor, se instaló definitivamente en Norteamérica, se nacionalizó poco después, llegó a desempeñar cargos públicos muy importantes y recibió numerosos honores y distinciones.

En 1936 publicó en colaboración con Birkhoff la «La lógica de la Mecánica Cuántica».

En 1937 recibió el premio Bôchner de la Sociedad Matemática Americana y pronunció las conferencias Gibbs, en las que habló sobre Mecánica Estadística y sobre su teorema ergódico. Estas conferencias se encargan periódicamente a un científico de muy primera fila.

En 1936-37 el IAS publicó sus «Lecciones sobre geometría continua», *que se reeditaron en 1960 y que ejercieron una gran influencia entre los especialistas de la Teoría de Retículos.*

Desde 1943 participó en el desarrollo de la bomba atómica en Los Álamos bajo la dirección de Oppenheimer.

En 1944 publica con Morgestern el libro que antes hemos mencionado sobre la teoría de los juegos de estrategia y su aplicación a la Economía. Este libro despertó un gran interés y ha tenido muchas aplicaciones, entre las que sobresalen las relativas al Análisis de la Decisión.

En 1945 fue nombrado Director del proyecto de construcción de un ordenador en el IAS, en el que permaneció hasta 1957.

En 1946 es nombrado Presidente del Comité de Computación de Alta Velocidad del Consejo de Investigación Nacional de Estados Unidos.

En 1948 fue nombrado asesor científico de la Army Air Force, con la que colaboró activamente desde 1948, llegando a presidir el denominado comité Von Neumann encargado de la evaluación de los misiles estratégicos e intercontinentales.

En 1950 la compañía IBM lo empleó como consultor para evaluar proyectos de tecnología avanzada.

Entre 1951 y 1953 fue presidente de la American Mathematical Society. En 1952 publicó «La teoría general y la lógica de los autómatas».

En 1952 fue nombrado miembro del Comité General de Expertos de la Comisión de Energía Atómica y presidió el Subcomité de armas desde 1953.

En 1954 el Comité de Energía Nuclear de los Estados Unidos creó el importante premio Fermi, cuya primera edición se concedió al propio Fermi, y la segunda a Von Neumann en 1956. Posteriormente lo recibirían Wigner, Bethe, Teller, Lawrence Seaborg y Oppenheimer.

Ese mismo año se celebró en Amsterdam el Congreso Internacional de Matemáticos de 1954 y Von Neumann pronunció la primera conferencia la tarde del jueves 2 de septiembre, con el título «On unsolved problems in mathematics». Casi la totalidad de los más de 1500 participantes en la conferencia pensaron que Von Neumann daría una charla similar a la de David Hilbert en el Congreso de Paris en 1900, titulada «Mathematische Probleme», que orientó gran parte de la investigación matemática de la primera mitad del siglo veinte. Von Neumann habló de operadores no acotados en un espacio de Hilbert y de aplicaciones a la mecánica y a la lógica cuántica. La conferencia fue muy interesante para los especialistas pero, en general, no respondió a las expectativas del gran público.

En 1955 Von Neumann fue nombrado por el Congreso de los Estados Unidos uno de los cinco miembros de la influyente Comisión de Energía Atómica, cargo en el que permaneció hasta su muerte.

En el verano de l956 John Von Neumann se estaba muriendo de cáncer en el Hospital Naval de Bethesda en los alrededores de Washington.

Y el 8 de febrero de 1957, a la edad de apenas cincuenta y tres años, se extinguió una de las mentes más brillantes que la humanidad haya jamás producido.

En 1958 aparece su obra póstuma: «El computador y el cerebro». *El número de mayo de 1958 del Bulletin de la American Mathematical Society está enteramente dedicado a la obra de Von Neumann y contiene un artículo biográfico escrito por Ulam. Edward Teller en su libro* Memoirs, a twentieth-century journey in science and politics, *considera que la mente de Von Neumann era casi superhumana.*

Es difícil aplicar a Von Neumann uno de los descriptores matemáticos usuales, pues se le puede considerar como matemático puro y aplicado, *físico matemático, economista, ingeniero matemático y meteorólogo* [4]. *Confirma esta afirmación el que nos ha dejado más de 150 trabajos, de los que son 60 de matemática pura (lógica, teoría de conjuntos, grupos topológicos, teoría de la medida, teoría ergódica, análisis funcional y anillos de operadores), 20 son de física, preferentemente mecánica cuántica, 60 de matemática aplicada (ecuaciones en derivadas parciales, mecánica de fluidos, meteorología, estadística, teoría de juegos y teoría de la computación) y unos pocos tratan temas especiales o ajenos a las matemáticas.*

Von Neumann impresionaba por su extraordinaria inteligencia, su rapidez y seguridad de comprensión, de razonamiento y de cálculo. Su modo de trabajar y su universalidad, que recordaba a Leibniz y a Hilbert, le llevó a formulaciones axiomáticas, a la simplificación de las pruebas de muchos teoremas y a concebir sus ideas sobre la teoría de autómatas.

Se le considera como el más «intuicionista» de los «matemáticos formalistas».

Sólo dirigió una única tesis doctoral [5].

Teoría de conjuntos

La Teoría de Conjuntos de Cantor creó un paraíso a los matemáticos, que las famosas paradojas le hicieron tambalearse. Para eliminar las paradojas Bertrand Russell y Alfred Whitehead elaboraron la teoría de los tipos en la segunda edición de su obra Principia Matematica [6], *alrededor de 1915.*

Esta teoría de tipos no era un sistema formal desde el punto de vista de Hilbert, que exigía la independencia de cualquier representación. La versión formal de la teoría de los tipos se debe a Gödel y Tarski, quienes reformularon los axiomas lógicos de Russel y Whitehead.

Otro sistema formal para eliminar las paradojas de la Teoría de Conjuntos había sido elaborado por Zermelo en 1908. El sistema de Zermelo pasó desapercibido hasta 1920 en que Fraenkel publicó una versión modificada, completada luego por Skolem, que se llama sistema axiomático de Zermelo–Fraenkel–Skolen, y es el preferido por la mayoría de los matemáticos.

Desde 1923 hasta 1929 Von Neumann publicó diversos artículos sobre la teoría de conjuntos. En un artículo de 1927, titulado Zur Hilbertschen Beweistheorie, *Von Neumann señalaba que:*

«el edificio de la matemática clásica es inseguro y está expuesto al asalto de los escépticos en dos puntos: en el concepto de todo *y en la noción de* conjunto *y, aunque las objeciones a* todo *hayan sido en cierto sentido refutadas en la década de los veinte, no puede decirse lo mismo del concepto de* conjunto».

Para superar estas deficiencias, Von Neumann desarrolló en este trabajo un sistema formal en seis grupos de axiomas. En los Grupos I, II y III presenta un sistema lógico que incluye la aritmética de Peano sin inducción, que aparece por vez primera en el Grupo IV de axiomas, dando lugar a las construcciones matemáticas transfinitas.

Al final de la década de los treinta, Paul Bernays y Kurt Gödel desarrollaron una versión simplificada del sistema de Von Neumann, llamado sistema de Neumann, Bernays y Gödel, que evita las paradojas lógicas distinguiendo entre conjuntos y clases. La noción de conjunto queda reservada para aquellas clases que son miembros de otras clases, existiendo clases que no son conjuntos.

Von Neumann dio también una representación del universo conjuntista considerando el conjunto de ordinales propios, donde por inducción transfinita se define una única función $\psi: \Omega \rightarrow \Omega$ *tal que:*

1. $\psi(0) = 0$

2. $\psi(\gamma+1) = 2^{\psi(\gamma)}$ para cada ordinal γ

3. $\psi(ç) = \cup \{\psi(\gamma): 0 \leq \gamma \leq ç\}$para cada ordinal límite ζ.

La función ψ *se denomina* función de Von Neumann. *La clase* $\{\gamma(\alpha): \alpha \in \Omega\}$ *es el universo conjuntista, estructurado jerárquica y acumulativamente de modo que:*

1. $\psi(\alpha)<\psi(\beta)$ *siempre que* $\alpha<\beta$.

2. cada conjunto es un elemento de algún universo $\psi(\alpha)$, *por consiguiente, de todos los universos superiores* $\psi(\beta)$, *cuando* $\alpha<\beta$.

Grupos Amenables [7]

Supongamos que B_n *es la familia de todos los subconjuntos acotados de* R^n. *Una aplicación* μ *definida en* B_n *y con valores en el cuerpo R de los números reales se dice que es una medida en sentido amplio sobre* B_n *si* μ *es una medida aditiva no trivial invariante para las isometrías. Esto significa que la medida de la unión de dos conjuntos* *disjuntos de B_n es la suma de las medidas de esos conjuntos y que $\mu(gB) = \mu(B)$ para cada isometría g y cada B de B_n.*

Hausdorff demostró en 1914 que si $n>2$ no existe sobre B_n una medida en sentido amplio. Obtuvo este resultado mediante una descomposición paradójica de la superficie esférica S^2 de radio 1 de R^3 obtenida así:

Consideró dos rotaciones σ y τ alrededor de los ejes OZ y OX de amplitud arccos(1/3) cada una. Con estas dos rotaciones, sus productos finitos y sus inversos generó un grupo libre de rotaciones G de rango 2.

Los ejes de las rotaciones de G cortan a S^2 en un conjunto infinito numerable D y mediante propiedades de G descompuso S^2 en cuatro subconjuntos A, B, C y D de manera que mediante ciertas rotaciones alrededor de ejes que pasan por el origen el subconjunto A se transforma en el subconjunto B, lo que se representa escribiendo A=B. También comprobó que B=C y que $A=B\cup C$.

Por tanto, si existiese una medida aditiva no trivial μ en S^2 en la que todos los subconjuntos de S^2 fuesen medibles y que fuese invariante para las rotaciones alrededor de ejes que pasan por el origen se obtendría que

$$\mu(A) = \mu(B) = \mu(C) = \frac{1}{3} \text{ y } \mu(D) = 0$$

y, por otra parte,

$$\mu(A) = \mu(B\cup C) = \mu(B) + \mu(C) = \frac{2}{3}$$

De esta contradicción dedujo Hausdorff la no existencia de medidas en sentido amplio en R^n, para $n\geq 3$.

En 1923 Banach publicó en Fundamenta Mathematica que para $n<3$ existe sobre B_n una medida en sentido amplio que en los conjuntos medibles Lebesgue coincide con la medida de Lebesgue. Con el teorema de extensión de Hahn–Banach consiguió extender la forma lineal definida en las funciones integrables por la integral de Lebesgue a las funciones f para las que existe una función integrable Lebesgue h tal que $|f(x)|\geq h(x)$ para cada x de R^n, con $n<3$. En la extensión utilizó un funcional p subaditivo y positivamente homogéneo, cuyo valor p(f) es el ínfimo de los números, $\int_{R^n} h(x)dx$, cuando h varía en las funciones integrables Lebesgue consideradas en el párrafo anterior que acotan puntualmente el módulo de f.

Con esta extensión obtuvo la deseada medida en sentido amplio en R^n, $n<3$, que extendía la de Lebesgue y era invariante frente a las isometrías.

Los resultados de Hausdorff y Banach llevaron a Von Neumann a preguntarse por la causa de no poder definir una medida en sentido amplio en R^n, para $n\geq 3$. Con esta pregunta Von Neumann investigó también la razón de la paradoja de Banach–Tarski, introdujo el concepto de grupo amenable y llegó al siguiente resultado que publicó en 1929 en Fundamenta Matemática:

Sea G un subgrupo del conjunto de las isometrías G_n de R^n. Existe en R^n una medida G–invariante, para la que todos los subconjuntos de R^n son medibles y que coincide con la medida de Lebesgue en los subconjuntos medibles Lebesgue si, y sólo si, G es amenable.

Recordemos que un grupo es amenable si se puede definir en él una probabilidad aditiva ν *invariante por la izquierda para la que todos los subconjuntos de G son medibles. Los grupos finitos, los abelianos y los solubles son grupos amenables, siendo trivial que un subconjunto de un grupo amenable es también un grupo amenable.*

En un grupo amenable G se puede definir de forma natural una integral en el espacio B(G) de todas las funciones reales acotadas definidas en G, pues si $f=\sum_{j=1}^{n} \alpha_j \chi_{A_j}$ *es una función simple, con* $\alpha_j \in R$ *y los subconjuntos* $A_j \subset G$ *son disjuntos dos a dos se puede definir* $\int_G f d\nu = \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \nu(A_j)$*, y si para una función real acotada f se considera una sucesión de* $\{f_n\}_{n=1}^{\infty}$ *funciones simples que converja uniformemente a f, se tiene que la igualdad* $\int_G f d\nu = \lim_{n\to\infty} \int_G f_n d\nu$ *define una integral, independiente de la sucesión elegida.*

Supongamos que para cada subconjunto B de R^n *se ha asociado un número real* $\mu(B)$ *y que G es un grupo amenable cuyos elementos son isometrías de* R^n*. Si g es un elemento de G se tiene, en general, que los números* $\mu(B)$ *y* $\mu(gB)$ *son diferentes, pero cuando el grupo G es amenable es muy sencillo obtener otra función m(B), definida en cada subconjunto B de G de manera que m(B) es invariante por la izquierda al aplicar a B los elementos de G, es decir, m(gB) = m(B) para cada elemento g de G.*

Esto se debe a que al ser el grupo G amenable podemos «promediar los valores μ(gB)», *cuando g varía en G, utilizando la probabilidad* ν *del grupo amenable G. Así obtenemos la función m definida en los subconjuntos de R^n por*

$$m(B) = \int_G \mu(gB)d\nu$$

que es una medida en sentido amplio en R^n invariante a la izquierda respecto a los elementos de G.

En esta introducción no comentamos el recíproco por su carácter más técnico.

Segunda Guerra Mundial, Cálculo Numérico y Computación.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Von Neumann —junto con Richard Feynman, Edward Teller, Enrico Fermi, Stanislaw Ulam, y Richard Hamming, entre otros científicos de renombre— formó parte del equipo coordinado científicamente por el físico Robert Oppenheimer y dirigido administrativamente por el general Leslie Groves que trabajó en el Laboratorio de Los Álamos (Nuevo México) en el Proyecto Manhatan, que, con la colaboración de diversos centros de las universidades de Columbia, California y Chicago, contó con la participación de unas 125.000 personas para diseñar y fabricar la primera bomba atómica basada en el mecanismo de fisión nuclear.

La gestación del proyecto estuvo en una carta de Albert Einstein y Leo Szilard de 2 de agosto de 1939 dirigida al Presidente Roosevelt en la que advertían del riesgo del uso militar de los descubrimientos de la fisión nuclear en manos de Adolf Hitler. La carta desencadenó el comienzo del Programa de Energía Atómica americano que llevó a la construcción en Chicago el año 1942 del primer reactor nuclear, llamado la «pila atómica», diseñada por Fermi [8]*, y, posteriormente, a la fabricación en el laboratorio de Los Álamos de la bomba atómica de Plutonio 239, que estalló en Alamogordo en el desierto de Nuevo México el 6 de junio de 1945.*

La ignición de la bomba se llevó a cabo mediante el mecanismo de implosión, concebido inicialmente por Neddermayer y cuya configuración se debió casi completamente a Von Neumann, que participó en el proyecto como experto en hidrodinámica. Este mecanismo consistía en reducir homogéneamente el volumen del núcleo de Plutonio mediante una onda de choque esférica provocada por una detonación. Así se *conseguía que el núcleo de Plutonio, de masa ligeramente inferior a la crítica, alcanzase una masa supercrítica.*

El desarrollo de este mecanismo de ignición llevó a Von Neumann, como miembro del equipo del Proyecto Manhatan, *a enfrentarse con un problema de Mecánica de Fluidos en el que se trataba de modelizar el flujo de un gas comprensible en un tubo de longitud semi-infnita descrito por una única coordenada generalizada x. Las leyes de conservación del momento lineal y de la masa le llevaron a un sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que no tenía solución por los métodos analíticos. Discretizó el tubo y aproximó el sistema de ecuaciones diferenciales por un sistema de ecuaciones en diferencias finitas cuya resolución exigía estudios de estabilidad de la solución obtenida, desarrollo de algoritmos eficientes de resolución, creación de un lenguaje de programación para implementar esos algoritmos y utilización de un ordenador capaz de ejecutar los algoritmos en el menor tiempo posible.*

Von Neumann desarrolló este programa de trabajo. Partiendo de los resultados de Courant, Friedrichs y Lewy obtuvo contribuciones notables para el estudio de la estabilidad numérica de los métodos de diferencias finitas, tras lo que concentró su interés en poder aplicar los incipientes ordenadores de su época a la resolución de sus problemas de análisis numérico.

Consideró la posibilidad de utilizar cuatro «ordenadores»: El Calculador ASCC de Howard Airen, el computador de relés electromecánicos de George Stibitz, las máquinas de cálculo del Watson Scientific Computing Laboratory de la Universidad de Columbia y el ordenador ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculador) [9]*, que había sido construido en secreto en la Escuela Moore de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Pensilvania por Presper Eckertt y John W. Mauchly a instancias del Departamento de Armamento del Ejército. Von Neumann se inclinó por este último «ordenador» que comenzó a utilizar desde 1943 con una máquina IBM de tarjetas perforadas.*

La capacidad de cálculo del ENIAC era aceptable para su tiempo, pues con sus 18000 válvulas podía hacer 5000 cálculos por segundo, cuando no estaba averiado, observación a tener en cuenta ya que el ENIAC estaba más tiempo averiado que en funcionamiento.

Otro problema del ENIAC era que su cableado debía ser adaptado a cada problema, lo que exigía su modificación cada vez que se variaba de problema.

Von Neumann consiguió alterar el diseño lógico del ENIAC y consiguió un cableado «universal» para abordar muchos problemas diferentes. En 1944 obtuvo por computación la descripción del comportamiento oscilatorio de la solución del problema hidrodinámico que estaba estudiando en el Proyecto Manhatan. *Este comportamiento oscilatorio ha sido confirmado posteriormente por Holian y Straub (1972) y, más recientemente, por Hou y Laz (1991)*

Después de la guerra, Von Neumann colaboró en el proyecto de diseño y fabricación del EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer), con el que corrigió los fallos estructurales del ENIAC, propuso un sistema automatizado de computación digital de alta velocidad y sentó las bases de la arquitectura de ordenadores que hoy lleva su nombre. Su informe técnico sobre el EDVAC estaba terminado en primavera de 1945.

Eckert y Mauchly también participaron en el proyecto inicial del EDVAC, pero lo abandonaron por una controversia con Von Neumann sobre derechos de patentes. Von Neumann dirigió un equipo de matemáticos e ingenieros que completaron la fabricación del nuevo ordenador en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. El EDVAC se inauguró oficialmente el 10 de junio de 1952.

Del EDVAC se realizaron varias copias. Una, llamada JOHNIAC, fue para la RAND Corporation, fundada por la Army Air Force en 1946, con la que Von Neumann colaboró activamente desde 1948 como asesor científico de la Fuerza Aérea. En la RAND Corporation se dio un gran impulso durante las décadas de los 50 y los 60 al desarrollo de la Teoría de Juegos, de la que surgieron nuevas disciplinas como la Investigación Operativa, la Teoría de la Decisión y la Programación Matemática.

Von Neumann observó que los métodos desarrollados de análisis numérico en el pasado no siempre eran los más adecuados para implementarlos en un ordenador programable. Como antes hizo con el cableado del ENIAC, modificó métodos clásicos de análisis numérico, desarrolló otros nuevos y escribió rutinas que desarrollaban los algoritmos para resolver ecuaciones, encontrar valores propios, invertir matrices, hallar extremos de funciones de varias variables, etc.

Somos muchos los que tenemos la convicción de que Von Neumann representa el ideal de un científico completo, y que las impresionantes aplicaciones que obtuvo tuvieron su raíz en su completa formación teórica, así como en sus investigaciones de carácter abstracto, que tanto *cultivó en diversos campos. Probablemente Von Neumann nos diría hoy que no descuidásemos ni los aspectos teóricos ni los aplicados, que la Ciencia tiene una unidad y que su lenguaje es el de la matemática formal.*

Notas

1 Gabor fue Nobel de Física en 1971; ya se ha indicado que Wigner fue Nobel de Física en 1963; Szilard, junto a Einstein, firmó el 2 de agosto de 1939 una carta dirigida al presidente Roosevelt advirtiéndole de la peligrosidad de que Hitler fuese el primero en disponer de la bomba atómica; y Teller también fue Nobel de Física y padre de la bomba de Hidrógeno.

2 En 1943 Guelfand extendería el resultado de Von Neumann a homomorfismos definidos en grupos abelianos localmente compactos.

3 Las álgebras de Von Neumann son un campo muy activo de investigación en matemática pura y aplicada, pues forman una parte sustancial del sustrato matemático de la Mecánica Cuántica y de la Teoría Cuántica de Campos en su versión topológica, que es un nuevo campo de investigación creado por A. Ocneanu en 1990 y conocido como Teoría Cuántica de Campos desde Subfactores.

4 Le debemos los primeros modelos de predicción del tiempo.

5 Según algunas fuentes es la de Paul Halmos.

6 Los dos tomos del Principia Matematica se publicaron en 1910 y 1913.

7 Se recoge en este apartado una parte de notas del Prof. M. Valdivia sobre grupos amenables, que muestran el ingenio de Von Neumann en el problema de la existencia de medidas en sentido amplio.

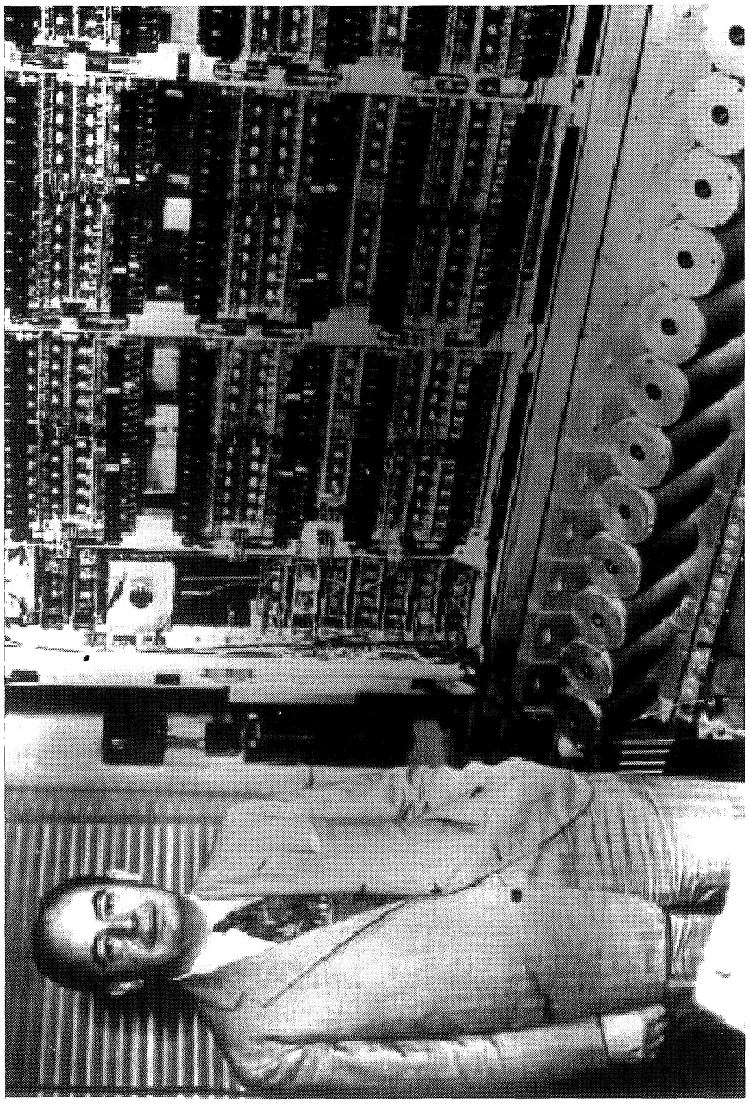
8 En su puesta en funcionamiento participó Eugene Wigner.

9 Se suele considera el ENIAC como el primer ordenador propiamente dicho, si bien es el COLOSSUS, diseñado por el matemático Max Newman y construido por Tom Flowes en diciembre de 1943 en el centro de investigación de la Oficina de Correos de Dollis Hill de Londres, quien merece ese nombre.

El Colossus creado para romper la cifra Lorentz, utilizada por los alemanes para cifrar las comunicaciones entre Hitler y sus generales.

Max Newman se había inspirado en las máquinas diseñadas por Alan Turing para romper la cifra generada en la máquina alemana ENIGMA que cifraba las comunicaciones durante la primera Guerra Mundial.

Manuel López Pellicer



Von Neumann con su ordenador EDVAC
Junio de 1952