



# ASAMBLEA INAUGURAL DEL NAVAL ORDNANCE LABORATORY DE E. U.

Por GREGORIO MILLAN BARBANY  
Ingeniero Aeronáutico del I. N. T. A.

El Naval Ordnance Laboratory, de Estados Unidos, celebró recientemente la inauguración de sus laboratorios de Maryland con una Asamblea Técnica, a la que fueron invitados representantes de varios países y entre ellos un miembro del Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica, que en el presente artículo, extracto del correspondiente Informe Técnico al I. N. T. A., nos cuenta sus impresiones de la Asamblea.

## 1. — INTRODUCCIÓN.

Utilizando como elemento de partida los túneles supersónicos de *Kochel* capturados a los alemanes al finalizar la segunda guerra mundial (1), el *Bureau of Ordnance* del *Navy Department* creó recientemente el *Naval Ordnance Laboratory* que estableció en *Withe Oak*, Maryland, a una distancia aproximada de Washington de unos 20 Km. Inmediatamente se procedió a la construcción de una colección de magníficos edificios dotados de las mayores comodidades y de toda clase de facilidades para el estudio e investigación, y los laboratorios iniciaron un programa de trabajos sobre diversas cuestiones de investigación básica y aplicada, cuyos resultados no se hicieron esperar. Los túneles de *Kochel* fueron perfeccionados y completados, llegándose, en octubre de 1948, a alcanzar un número de MACH de 5,18, cifra no lograda por los alemanes, y se construyeron nuevos túneles supersónicos de funcionamiento continuo e intermitente, laboratorios para el estudio de la penetración de proyectiles en el agua, tubos de producción de ondas de choque en el aire, tubos balísticos de densidad variable, laboratorios de óptica y electrónica para el perfeccionamiento de los instrumentos de observación y medición a tan grandes ve-

locidades y, sin duda, multitud de otras instalaciones, cuyo conocimiento impide el secreto militar.

## 2. — INAUGURACIÓN.

Aun cuando los laboratorios llevaban ya algún tiempo en funcionamiento, la ceremonia inaugural se celebró el 27 de julio de 1949, bajo la presidencia del Almirante F. E. BEATTY, Jefe del N. O. L. (\*), y con asistencia de más de 600 invitados procedentes de varios países (entre ellos, un representante del Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica). En un sencillo acto, en el que hicieron sucesivamente uso de la palabra el Almirante NOBLE (2), Jefe del *Bureau of Ordnance*, el Dr. R. D. BENNETT (3), Director Técnico del N. O. L., el Dr. H. C. BYRD (4), Presidente de la Universidad de Maryland y el Dr. K. T. COMPTON (5), Presidente de la Oficina de Investigación y Desarrollo, se dieron a conocer el origen de los laboratorios y sus métodos de trabajo que simultanearán las investigaciones teóricas y experimentales como medio de obtener el máximo rendimiento; la estrecha conexión del N. O. L. con la Universidad de Maryland, que colabora con él en el desarrollo de sus

(\*) En lo sucesivo se usarán solamente las iniciales N. O. L. para designar el Naval Ordnance Laboratory.

programas (para lo que recientemente ha construído un túnel subsónico que costó 1.250.000 dólares) y en la preparación de técnicos e investigadores aptos para la utilización y desarrollo de las facilidades de los laboratorios, y finalmente las lecciones que cabe deducir de la pasada contienda, cuya característica más notable ha sido la aparición de nuevas armas, fruto de la investigación científica en su forma más genuina, de las cuales se deduce como condición previa de todo programa de defensa eficaz la triple necesidad de dotar al país de laboratorios adecuados, de fomentar el progreso tecnológico de la Industria y de crear un equipo de técnicos debidamente capacitados (\*).

### 3. — SESIONES TÉCNICAS.

A la ceremonia de inauguración siguieron cinco días de sesiones técnicas, con jornadas agotadoras, a razón de ocho a diez conferencias diarias con sus correspondientes discusiones, las cuales fueron organizadas por la División de Mecánica del Departamento de Investigación del N. O. L. (\*\*), a la que se unió en los dos últimos días la recientemente creada División de Dinámica de Flúidos de la *American Physical Society*. En estas sesiones se presentaron importantes trabajos teóricos y experimentales sobre cuestiones de Aeromecánica en general, y en especial de Aerobalística, Corrientes Compresibles, Aerotermodinámica, Ondas de Choque y Turbulencia. Las conferencias estuvieron a cargo de destacadas personalidades de la Ciencia Aeronáutica de varios países (\*\*\*), entre los que se contaban autoridades tan prestigiosas como H. L. DRYDEN (6), primero del *Bureau of Stan-*

(\*) En el discurso de clausura del Primer Centenario de la Academia de Ciencias de Madrid, pronunciado en abril de 1949 por el eminente Prof. E. TERRADAS, el conferenciante analizó la intervención de la Ciencia y de la Técnica en las guerras, particularmente en la última, y el trabajo realizado en las Universidades y Centros de Investigación, cuya colaboración fué decisiva para alcanzar la victoria.

(\*\*) Orgánicamente, el N. O. L. se divide en Departamentos, Divisiones, Subdivisiones y Secciones; así, al Departamento de Investigación corresponden las Divisiones de Mecánica, Acústica, Magnetismo y Explosivos. La organización del N. O. L., y particularmente del Departamento de Investigación, tiene una gran elasticidad, que facilita su tarea, al permitir que miembros de unas Divisiones trabajen en otras, según las necesidades del momento, utilicen laboratorios que no están directamente a su cargo, e incluso trabajen permanentemente en otros Centros de investigación para el N. O. L., aparte de los asesores técnicos con que cuenta por todo el país, etcétera, etc.

(\*\*\*) Ver al final la lista de Referencias, en donde se señalan con un asterisco las que corresponden a trabajos presentados en la Asamblea.

*dards*, donde le dieron fama sus trabajos sobre capas límites y las primeras investigaciones sobre efectos de compresibilidad realizadas en América, y actualmente Director de Investigaciones de N. A. C. A. y primer Presidente de la citada División de Dinámica de Flúidos de la Sociedad Americana de Física; Sir GEOFFREY I. TAYLOR, de Inglaterra, cuyos estudios decisivos sobre turbulencia, flúidos compresibles, plasticidad, etc., son bien conocidos; J. M. BURGERS (7), del Laboratorio de Aero e Hidrodinámica de la Escuela Tecnológica de Delft (Holanda) y Presidente de la Sociedad Internacional para el Progreso de las Ciencias; R. VON MISES, de la Universidad de Harvard; M. M. MUNK (8), discípulo de PRANDTL, quien trabajó durante muchos años en N. A. C. A., donde contribuyó fundamentalmente al desarrollo de la Aerodinámica clásica, teórica y experimental, inventor del túnel de densidad variable, que constituyó un paso decisivo en el perfeccionamiento de los métodos de ensayo, y actualmente miembro del N. O. L.; J. KAMPÉ DE FÉRIET (9), de la Universidad de Lille (Francia), que recientemente dió en España un ciclo de conferencias sobre sus descubrimientos fundamentales en el problema de la turbulencia, donde la adopción de un nuevo punto de vista le ha conducido a la obtención de resultados importantes y totalmente nuevos, mediante la introducción del tensor espectral; J. STACK (10), de Langley Field, N. A. C. A., inventor de nuevos métodos de experimentación transónica y propulsor entusiasta de la experimentación transónica pilotada, lo que le valió el trofeo *Colliers* de 1949 por la supervisión del proyecto del XS-1, el cual compartió con el piloto CH. YAEGER y con L. D. BELL; R. COURANT (11), del Instituto de Matemática y Mecánica de la Universidad de New York; F. N. FRANKIEL (12), del N. O. L., discípulo de KAMPÉ DE FÉRIET, que ha realizado importantes trabajos teóricos y experimentales sobre la difusión turbulenta utilizando variables lagrangianas, y que próximamente visitará España para dar un ciclo de conferencias sobre sus trabajos en el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica; G. B. BATCHELOR (13), de la Universidad de Cambridge (Inglaterra), que trabaja en turbulencia siguiendo la escuela de KOLMOGOROFF; H. W. LIÉPMANN (14), del GALCIT, que estudia experimentalmente el difícil fenómeno de interacción entre la capa límite y las ondas de choque; H. B. SQUIRE (15), del

R. A. E., Farnborough (Inglaterra), que trabaja en el estudio de capas límites turbulentas; W. BOL-LAY (16), de la *North American Aviation Inc.*, proyectista del túnel supersónico de succión de esta casa, similar al de Kochel (1); A. C. CHARTERS (17), de los Laboratorios Balísticos del *Aberdeen Proving Ground*; F. H. CLAUSER (18), de la Escuela de Ingenieros de la Universidad Johns Hopkins; R. LADENBURG (19), y L. LEES (20), de la Universidad de Princeton; C. C. LIN (21), del M. I. T.; J. H. McMILLEN (22), del N. O. L., etc., etcétera (\*).

Finalmente, en el último día se dió lectura de los cincuenta y siete trabajos presentados ante la División de Dinámica de Flúidos de la Sociedad Americana de Física, agrupados por materias en los siguientes grupos: I. Plasticidad, Matemáticas, Teoría de corrientes mixtas. — II. Teoría de corrientes supersónicas, Investigaciones sobre turbulencia. — III. Experimentación sobre corrientes supersónicas, Instrumentación. — IV. Ondas de choque, Explosiones, Corrientes supersónicas no estacionarias. — V. Corrientes hipersónicas. Teoría cinética. Adición de calor. La falta material de tiempo obligó a reducir el dedicado a cada orador a diez minutos para la exposición, más cinco de discusión, en sesiones que se celebraban simultáneamente en cinco aulas, correspondientes a los grupos citados.

#### 4. — VISITA A LOS LABORATORIOS.

Simultaneándolos con las sesiones técnicas mencionadas, se organizaron turnos de visitas a los laboratorios no sometidos a secreto militar, en las que fué posible contemplar, durante breves minutos, algunas de las magníficas instalaciones con que cuenta el N. O. L. para sus experimentos, y recibir las explicaciones elementales de alguno de sus miembros o presenciar alguna prueba. Se visitaron sucesivamente el laboratorio de electrónica, donde se estudian los problemas relativos a la medición de intervalos de tiempo inferiores al microsegundo; el laboratorio de medición de densidades pequeñas mediante la técnica de absorción de los rayos X, que permite obtener mediciones con error inferior al 1 por 100, cuando los métodos ópticos ya no son aplicables; el *tubo de choque*, instrumento económico y particularmente apto para

(\*) Véase Referencias, para la lista completa de los trabajos presentados.

el estudio de ondas de choque, en el que, mediante ruptura instantánea de un diafragma que separa dos cámaras de aire a presiones diferentes, se produce una onda de choque que se propaga a lo largo del tubo, permitiendo este sencillo método de generación de ondas de choque estudiar su propagación, reflexión, etc., si se cuenta con la posibilidad de producir rayos de luz de una millonésima de segundo; el tubo de choque del N. O. L. ofrece la particularidad notable de que el *schlieren* utilizado no es del tipo de cuchillos, sino de interceptor circular, lo que facilita el estudio cuantitativo del fenómeno; el laboratorio de hidrodinámica, donde se estudia fotográficamente (2.000 fotografías por segundo con exposición de un microsegundo), la penetración de proyectiles en el agua a velocidades pequeñas (15 m./s.) y supersónicas, analizando la cavidad formada y la influencia de variables como la presión exterior, la velocidad de penetración, el estado de la superficie del proyectil, etc.; actualmente se encuentra en construcción un tanque de grandes dimensiones que permita ensayar en condiciones de escala más próximas a las reales; el *tubo balístico* de presión variable, donde se estudia la balística exterior de proyectiles de pequeñas dimensiones, fotografiando el proyectil en estaciones sucesivas a lo largo de su trayectoria rectilínea y analizando problemas como la estabilidad, por ejemplo, del movimiento, y finalmente, los túneles supersónicos, de los que nos ocuparemos en el próximo apartado.

Cuenta además el N. O. L. con una sección de matemáticas, y en ella un laboratorio de cálculo mecánico provisto de máquinas I. B. M. capaces de realizar 400 multiplicaciones por minuto; la aplicación de estas máquinas a la resolución numérica de un problema determinado comprende tres etapas: de "reformulación", en la que las fórmulas son transformadas para hacerlas aptas al cálculo en máquinas de tipo *Punch Card*; de "programación", en que se esquematiza la cadena de operaciones a realizar por la máquina, y, finalmente, de "operación" de las mismas.

#### 5. — TÚNELES SUPERSÓNICOS.

El conjunto de túneles supersónicos constituye una agrupación única en el mundo (fig. 1). La instalación comprende siete túneles, cuyas características más importantes se indican en la tabla adjunta:

Túnel número	Dimensiones de la sección de ensayos en centímetros	Número de MACH	Utilización	OBSERVACIONES
1	40 × 40	De 1,2 a 5,2	Múltiple.	Tiempo máximo del experimento, 40 seg.
2	40 × 40	De 1,2 a 5,2	Múltiple.	Se proyecta hacerlo cerrado y de funcionamiento continuo.
3	18 × 18	De 1,2 a 5,2	Múltiple.	Provisto de interferómetro.
4	12 × 12	Mayor que 5,2	Hipersónico.	Vertical.
5	12 × 12	De 1,2 a 5,2	Aerodinámica interna.	Vertical.
6	12 × 12	De 1,2 a 5,2	Aerofísica.	Vertical.
7	12 × 12	De 1,2 a 5,2	Transmisión de calor.	Vertical.

Los túneles toman el aire de la atmósfera a través de secadores, precaución indispensable para prevenir la formación de ondas de condensación, ya que la temperatura de la sección de ensayos es inferior a la del punto de rocío (\*), y pasa a través de la sección de ensayos a la esfera de vacío, en donde es devuelto a la atmósfera mediante seis bombas de evacuación accionadas por tres motores de 360 CV., precisándose un máximo de diez minutos entre ensayos. La esfera de vacío es de aproximadamente 16 metros de diámetro y está construida de chapas de acero soldadas, de 2,7 cm. de espesor, con un peso total de 130 Tm. El control es completamente automático y se realiza desde un pupitre central, de modo que un hombre basta para la manipulación. La observación visual o fotográfica de la corriente se realiza mediante *schlieren*, pero el túnel núm. 3 está provisto de un interferómetro, sistema que, aunque más complicado, es preferible para el estudio cuantitativo de los fenómenos.

#### 6. — COMENTARIO A LAS SESIONES TÉCNICAS.

Debe mencionarse, ante todo, el alto nivel científico de las sesiones y la importante colaboración de las Universidades y Escuelas Tecnológicas, ya que de las treinta y siete conferencias incluidas en

(\*) Si la presión de entrada es de una atm., y la temperatura de 150° C., a un número de MACH  $M = 4$ , la temperatura en la sección de ensayos desciende a  $-204,5^{\circ}$  C., y la presión, a 0,0066 atm.

el programa, veintiuna estuvieron a cargo de miembros de dichos Centros, y principalmente del GALCIT, de la Universidad de Pinceton y del M. I. T. Este hecho es significativo y no representa un acontecimiento fortuito, sino que, por el contrario, refleja fielmente la atención concedida en los Centros de enseñanza americanos a la investigación de problemas de Mecánica Aplicada; la influencia de esta orientación en el progreso técnico del país es indiscutible, y resulta difícil extrapolar con la imaginación el grado de perfeccionamiento a que pueden llegar con ello en los próximos años. El programa desarrollado muestra la atención preferente concedida a la Aerodinámica de Grandes Velocidades, y dentro de ella a la Aerodinámica Supersónica, lo cual no debería sorprendernos, tratándose de unos laboratorios aerobalísticos, si no fuese porque también este hecho refleja la orientación general de la investigación en el país, como se comprueba al consultar la literatura técnica; la indudable sugestión ejercida por la Aerodinámica Supersónica al mismo tiempo que su mayor sencillez con respecto a la Subsónica, justifican en cierto modo la situación, que puede conducir a un abandono poco conveniente de otros campos de investigación, si no se pone remedio; tal ocurre actualmente, por ejemplo, con la Turbulencia, en que de las cinco conferencias pronunciadas tres estuvieron a cargo de extranjeros (9, 13 y 15), así como la presidencia, que ocupó el Profesor BURGERS; de las otras dos, la del Profesor FRANKIEL (12) se refieren a trabajos

iniciados en Europa, y la de CHANDRASEKHAR (23), a los de HEISENBERG (alemán), y además fué completamente intrascendente. A Corrientes Sub-sónicas se dedicaron tres conferencias (18, 24 y 8) de interés moderado; la primera se refirió al procedimiento de obtener obstáculos capaces de realizar distribuciones de presión prefijadas en corriente bidimensional estacionaria para gases con adiabática presión-volumen recta ( $\gamma = -1$ ), utilizando los resultados de KÁRMÁN-TSIEN (34) y aplicando un procedimiento similar al que se sigue para calcular perfiles en Aerodinámica Clásica, aunque con la natural complicación debida a la necesidad de pasar por seis planos (del obstáculo, hodógrafo, hodógrafo deformado, del potencial complejo, del obstáculo incompresible y hodógrafo incompresible); la segunda se refirió a la necesidad de llegar a la segunda aproximación en el análisis de ciertos problemas; en la tercera, el Profesor MUNK presentó una solución rigurosa a un problema, haciendo uso del plano hodógrafo. Dieciséis conferencias se dedicaron a Corrientes Supersónicas (11, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31

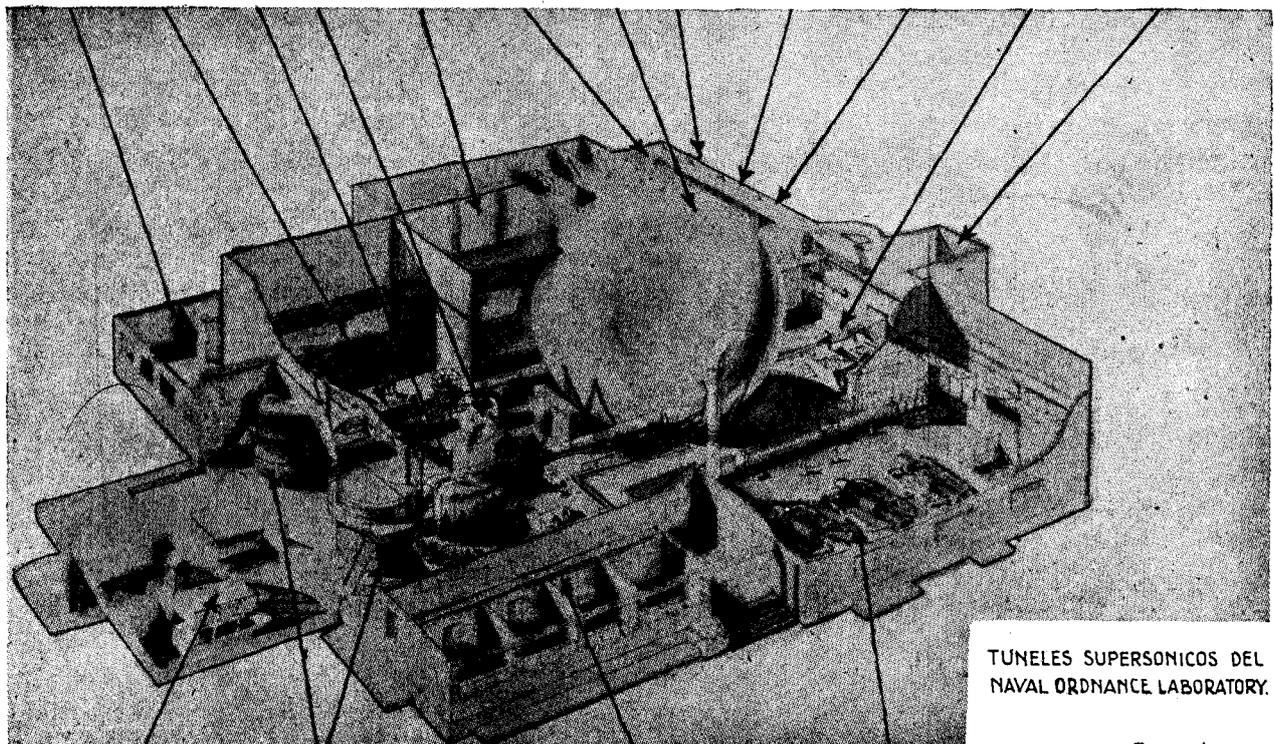
y 32) y dos más a Corrientes Transónicas (10 y 33). Las restantes se dedicaron a Teoría Cinética, además de las de Turbulencia ya mencionadas y otras de carácter general. Todas ellas se publicarán en los correspondientes *Proceedings*, si es que los buenos propósitos de los organizadores se llevan a cabo y algún día se puede disponer de ellos, acontecimiento en el que no debe ponerse excesiva confianza, ya que no sería la primera vez que ocurre lo contrario.

Ante la imposibilidad de desarrollar aquí con pormenor los temas tratados (\*), nos limitaremos a reseñar brevemente algunos de los trabajos y resultados más interesantes.

En las sesiones dominó la preocupación motivada por la reciente complicación del material de ensayo, el costo excesivo de los modernos túneles supersónicos y el dudoso conocimiento de los efectos de escala, que recomienda el empleo de túneles supersónicos de presión y de grandes dimensiones si se desea simultanear números de MACH y de

(\*) Una descripción más completa se encontrará en el correspondiente informe del I. N. T. A.

Cuarto de Tunel Instrumentos. Nº 2    Tunel Pupitre Nº 1. de Control.    Taller de Modelos. Nº 6    Tunel Estero de Vacio Nº 5    Tunel Nº 7    Tunel Nº 4    Tunel Nº 3.    Secador Continuo.



TUNELES SUPERSONICOS DEL NAVAL ORDNANCE LABORATORY.

Figura 1.

Secador Auxiliar    Secadores    Oficinas    Bombas de Vacio.



Fig. 2. — Modelo montado en la superficie convexa de un túnel de N. A. C. A. para experimentación transónica (*J. R. A. S.*, Julio 1949, pág. 645).

REYNOLDS, grandes; esta última exigencia está en oposición con la conveniencia de obtener una corriente uniforme en la sección de ensayos, para la que es recomendable un túnel de dimensiones pequeñas.

En el aspecto experimental también se concedió atención a los problemas derivados del efecto de bloqueo transónico que impide aplicar la técnica convencional de ensayos con  $M = 1$ . Desgraciadamente las dificultades matemáticas para el estudio teórico de esta cuestión son también muy grandes y derivan del cambio de carácter de la ecuación en derivadas parciales que rige el movimiento, aunque algo se ha logrado estudiando teóricamente el problema en movimiento no uniforme, sino acelerado, lo que ha permitido eliminar la resistencia infinita de la teoría lineal. Ante estas dificultades ha sido preciso crear nuevos métodos de experimentación. N. A. C. A. puso en práctica el ensayo mediante cuerpos lanzados desde gran altura (10.000 a 12.000 metros) y seguidos en su trayectoria por radar, al mismo tiempo que los modelos radiaban a tierra las magnitudes objeto de observación (presiones, resistencia, etc.). Más tarde inició el ensayo con cohetes, empleando una técnica similar. También ensayó con modelos pequeños montados sobre el extradós del ala de un avión rápido en picado hasta superar su velocidad crítica, pro-

cedimiento que se ha generalizado al ensayo en túneles subsónicos, montando el modelo sobre una superficie convexa adaptada a la pared del túnel. Recientemente ha puesto en funcionamiento un túnel transónico, en el que el modelo (muy pequeño) se monta sobre el borde de un anillo de 1,5 metros de diámetro, que gira hasta lograr una velocidad relativa transónica en la periferia, al mismo tiempo que una corriente axial elimina la estela del modelo y permite variar automáticamente el ángulo de ataque al cambiar su velocidad. Finalmente, el más fecundo y espectacular de los métodos de experimentación transónica, fruto de un programa conjunto de N. A. C. A., el Ejército y la Marina, es el ensayo con aviones pilotados, cuya utilización ha dado ya excelentes resultados y de la que se espera mucho más todavía.

El ensayo con cohetes derivados del V-2 alemán ha permitido alcanzar velocidades de varios miles de kilómetros por hora y alturas del orden de los 400 Km.; por otra parte, el vuelo a grandes velocidades supersónicas ( $M \approx 5$ , por ejemplo), se realizará preferentemente en las altas capas de la atmósfera. De aquí deriva la necesidad de estudio de dos nuevas ramas de la Aerodinámica que requieren métodos experimentales y teóricos propios; son la Aerodinámica Hipersónica, que corresponde a velocidades varias veces mayores que la del so-

nido, y la Superaerodinámica o Aerodinámica de gases enrarecidos, correspondiente a presiones inferiores a  $10^{-4}$  atm. El estudio aproximado de la primera se efectúa mediante una linearización que difiere de la habitual (25 y 35); es parámetro característico  $M \frac{t}{c}$  ( $M =$  núm. de MACH;  $t =$  espesor del obstáculo;  $c =$  longitud), cuyo valor debe ser próximo a la unidad para que la linearización sea aplicable. La segunda se estudia teóricamente considerando al gas como un medio discreto (teoría cinética), y si el camino libre de las moléculas es mayor que la dimensión característica del obstáculo, la solución se aproxima suponiendo que cada molécula se comporta con respecto al obstáculo (avión o proyectil) independientemente de las que le rodean (36). La técnica experimental en gases enrarecidos es complicada (37); la uniformidad de la corriente en la tobera de un túnel es difícil de realizar por los pronunciados efectos de la viscosidad (en gases enrarecidos el número de REYNOLDS, que es proporcional a la densidad, es también pequeño) que se traducen en capas límites de gran espesor, y la medición de la velocidad es difícil a causa de dichos efectos y por el espesor considerable de las ondas de choque; el número de MACH que se obtiene al aplicar a la medición con un Pitot la fórmula de RAYLEIGH es ficticio y se llama "número de MACH aparente"; la densidad no puede medirse con los cómodos métodos ópticos habituales (*shlieren*, interferómetro, sombras) y hay que echar mano de otros fenómenos, como son las bandas de absorción de algunos gases para determinadas radiaciones (el oxígeno, por ejemplo, tiene una muy intensa a los 1.470 Å), método llamado de absorción, o la radiación que persiste en algunos gases debidamente excitados después de cesar la excitación (por ejemplo, el nitrógeno), método llamado de *afterglow*; ambos métodos son ensayados con éxito por el Grupo BERKELEY de la Universidad de California, bajo contrato de la Marina (36), y por N. A. C. A. (39); FOLSOM, del primero, hizo una descripción de los trabajos realizados y resultados obtenidos (26), mostrando excelentes fotografías obtenidas por el segundo de los métodos citados; del primero, aunque se han hecho buenas observaciones, todavía no se han obtenido fotografías correctas; ya hemos citado antes el análisis mediante la absorción con rayos X, cuya aplicación estudia el N. O. L.

Aun cuando la Balística es muy anterior a la Aerodinámica Supersónica, su contribución al desarrollo de ésta ha sido prácticamente nula hasta hace poco; por el contrario, son los métodos de la Aerodinámica los que han prestado impulso a la Balística, que en los últimos años ha progresado considerablemente, al mismo tiempo que disminuía la distancia entre ambas ciencias. En los laboratorios aerobalísticos del *Aberdeen Proving Ground* se desarrolla desde hace algún tiempo un programa sistemático de investigación (40), utilizando una base de experimentación con más de 50 estaciones fotográficas, que permite estudiar las características del movimiento de proyectiles, su resistencia, estabilidad, velocidad, etc., y comparar los resultados teóricos con los procedentes de los ensayos. En la Asamblea se presentaron algunos resultados referentes al movimiento de rotación de un proyectil provisto de aletas estabilizadoras (17).

En el movimiento supersónico alrededor de un obstáculo surgen complicaciones motivadas por la existencia de una capa límite alrededor del obstáculo, en donde la velocidad es parcialmente subsónica, lo que permite que se propaguen en ella perturbaciones de presión, por ejemplo, en sentido opuesto al de la corriente, contrariamente a lo que ocurre en la región supersónica exterior. De aquí deriva un complicado fenómeno, llamado interacción, cuyo



Fig. 3. — Cohete de experimentación transónica de N. A. C. A.

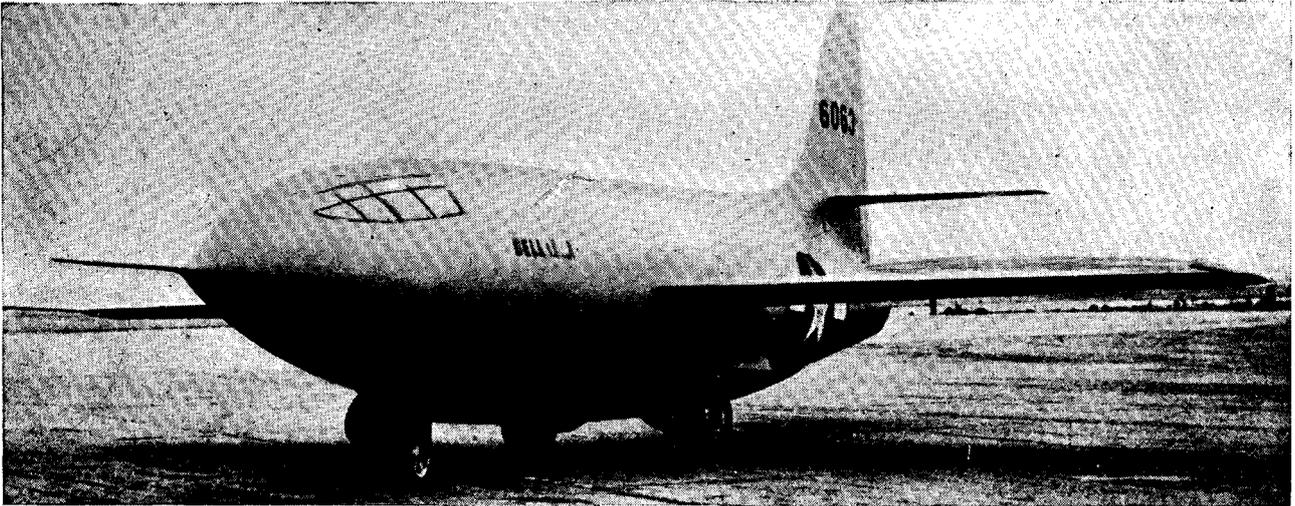


Fig. 4. — Avión X-1 de experimentación transónica de N. A. C. A., primer avión pilotado que atravesó la barrera sónica.

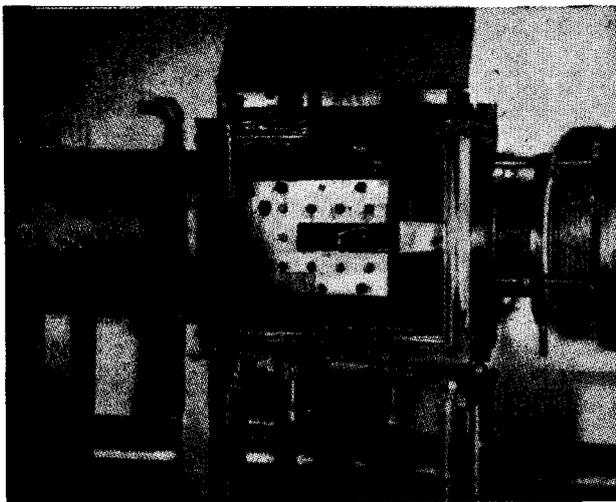


Fig. 5. — Túnel supersónico de baja densidad del Grupo Berkeley, de la Universidad de California. (*J. R. A. S.*, Octubre 1948, pág. 575.)

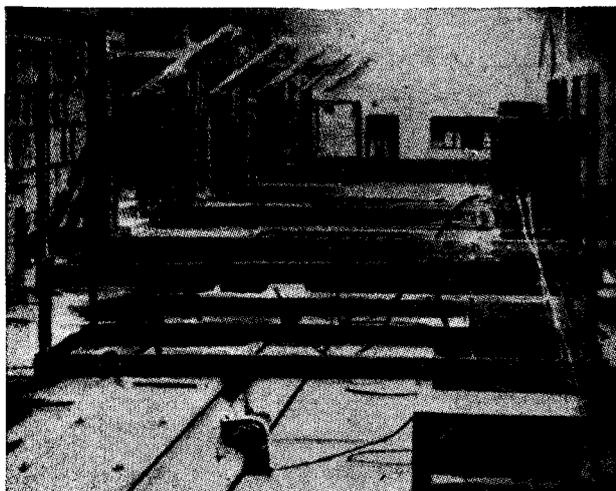


Fig. 6. — Base de experimentación balística del Aberdeen Proving Ground. (*J. R. A. S.*, Marzo 1947, pág. 156.)

estudio teórico es extremadamente difícil, y cuyo análisis experimental efectúa LIEPMANN en GALCIT (14), subvencionado por N. A. C. A.; en la Asamblea presentó algunos resultados, que confirman los obtenidos anteriormente por ACKERET en Suiza, mostrando la influencia del carácter laminar o turbulento de la capa límite sobre el sistema de ondas de choque formadas, lo que, sin embargo, no basta para caracterizar el fenómeno, ya que debe conocerse cómo reacciona la capa límite frente a los gradientes de presión, etc.

Otros trabajos se refirieron a ondas de choque. C. C. LIN discutió la corriente detrás de las ondas de choque (21), presentando un intento de cálculo, en el caso de una onda desprendida, en el espacio comprendido entre ésta y el obstáculo, mediante desarrollos en series de potencias, demostrando que con aproximación hasta de cuarto orden no influye la forma del obstáculo en la de la onda en la proximidad del punto de máxima intensidad y sí solo el número de MACH. Otros trabajos se refirieron a fenómenos de condensación (20), interacción (31), relajación (28), onda de choque en las estrellas, motivadas por explosiones (30), etc.

Finalmente, se dieron a conocer trabajos sobre problemas generales de la Mecánica de Flúidos, Teoría Cinética, etc.

#### 7. — CENA DE HONOR.

Terminó la Asamblea con una cena de honor en los locales del N. O. L., en la que hicieron uso de la palabra sucesivamente DRYDEN, para encomiar la magnífica labor del N. O. L. y el interés

de la Asamblea; BURGERS, para proclamar la conveniencia de la colaboración científica internacional, y G. I. TAYLOR, que accidentalmente se encontraba en Estados Unidos y pudo asistir a la Asamblea, divirtiendo a los asistentes a la cena con el relato de algunas graciosas anécdotas relativas a sus primeros pasos en el terreno de la investigación aeronáutica, en la primera guerra mundial.

### Referencias.

1. "Túneles Supersónicos de Succión". *Ing. Aer.*, número 2, pág. 81, abril-junio 1949.
2. \* A. G. NOBLE: *Presentation of the Aeroballistic Research Facilities.*
3. \* R. D. BENNETT: *Response.*
4. \* H. C. BYRD: *Fluid Dynamics and Applied Mathematics Institute at the University of Maryland.*
5. \* K. T. COMPTON: *Science and National Strength; Some Lessons from World War II.*
6. \* H. L. DRYDEN: *General Address on Aeromechanics Research.*
7. \* J. M. BURGERS: *General Address on Aeromechanics Research.*
8. \* MAX M. MUNK: *The Rankine Gas Flow in the Hodograph Plane.*
9. \* J. KAMPÉ DE FÉRIET: *Spectral Tensor of a Homogenous Turbulence.*
10. \* J. STACK: *Experimental Problems in Compressible Flow.*
11. \* R. COURANT: *Method of Characteristics for the Solution of Nonlinear Partial Differential Equations.*
12. \* F. N. FRENKIEL: *Some Remarks on Turbulent Diffusion.*
13. \* G. K. BATCHELOR: *The Nature of Turbulent Motion at Large Wabe-Numbers.*
14. \* H. W. LIEPMANN: *Boundary Layer Shock Wave Interaction.*
15. \* H. B. SQUIRE: *Investigation of the Turbulent Characteristics of an Experimental Low. Turbulence Wind Tunnel.*
16. \* W. BOLLAY: *Missile Aerodynamics.*
17. \* A. C. CHARTERS: *Free-Flight Roll of a Simple Arrow Projectile.*
18. \* F. H. CLAUSER: *Two-Dimensional Compressible Flows Having Arbitrarily Assigned Pressure Distributions for Gases with a Gamma Equal to Minus One.*
19. \* R. LADENBURG: *Laminar and Turbulent Boundary Layer in Supersonic Flow.*
20. \* L. LEES y S. M. BOGDONOFF: *Study of Condensation of Components of Air at High Mach Numbers.*
21. \* C. C. LIN: *The Flow Behind Stationary Shocks of Varying Strength.*
22. \* J. H. McMILLEN y R. L. KRAMER: *Impact Shock Waves in Water.*
23. \* S. CHANDRASEKHAR: *Development of Heisenberg's Theory of the Decay of Isotropic Turbulence.*
24. \* G. N. WARD: *The Bases and Scope of the Linearized Theory of Compressible Flow.*
25. \* R. SMELT: *Problems of Missiles at Extreme Speeds.*
26. \* R. G. FOLSOM: *Flow Visualization at Low Pressures.*
27. \* H. H. KURZWEIG: *A Few Aspects of Future Supersonic Wind Tunnel Design and Test Technique.*
28. \* K. F. HERZFELD: *The Effect of Relaxation on Shock Waves in Gases.*
29. \* P. S. EPSTEIN: *The Aerothermodynamics of Sound Waves.*
30. \* Z. KOPAL: *Shock Wave Phenomena in Astronomy.*
31. \* W. BLEAKNEY: *An Experimental Study of the Interaction of Shock Waves.*
32. \* A. WEINSTEIN: *Transonic Flow About a Wedge and Generalized Potential Theory.*
33. H. S. TSIEN: "Two-dimensional Subsonic Flow of Compressible Fluids". *J. A. S.*, agosto 1939, págs. 399-407.
34. R. D. LINNELL: "Two Dimensional Airfoils in Hypersonic Flows". *J. A. S.*, enero 1949, páginas 22-30.
35. H. S. TSIEN: "Superaerodynamics, Mechanics of Rarefied Gases". *J. A. S.*, diciembre 1946, páginas 653-664.
36. H. S. TSIEN: "Wind-Tunnel Testing in Superaerodynamics". *J. A. S.*, octubre 1948, págs. 573-580.
37. E. D. KANE y R. G. FOLSOM: "Problems and Progress in Low-Pressure Research". *J. A. S.*, enero 1949, págs. 46-54.
38. H. L. DRYDEN: "The Aeronautical Research Scene-Goals, Methods and Accomplishments". *J. R. A. S.*, julio 1949.
39. A. C. CHARTERS: "Some Ballistic Contributions to Aerodynamics". *J. A. S.*, mayo 1949.