

vista importantes: el trabajo del Maestro y el del niño. Corregir un trabajo de composición colectiva no ofrece dificultades; prácticamente la corrección en este caso es automática, ya que, a la vez que el Maestro y el alumno van componiendo, se va haciendo la corrección en forma que sobre el encerado quede siempre, a disposición de los alumnos, un modelo. Corregir varias veces por semana una larga serie de ejercicios es tarea agobiadora para el Maestro, agobiadora, aburrida y carente de interés desde todos los puntos de vista. Entre otras cosas, porque trabajo terminado es siempre trabajo muerto, con escasas resonancias didácticas.

Estamos, personalmente, entre aquellos que creen que la base de todo aprendizaje, aunque parezca paradójica, está precisamente en la equivocación. No hay otra forma de aprender, para el ser humano, que la equivocación, que el error, pero el error y la equivocación reconocidos como tales por el que los comete. El error reconocido, aprehendido, es siempre un paso hacia la verdad, hacia el conocimiento. Todo esto viene a decirnos que la corrección o es autocorrección

o no es casi nada. La corrección auténtica nace siempre de un impulso interior, aun cuando tenga que buscar ayuda en lo externo, y este impulso interior nace del *reconocimiento* de la falta. Este reconocimiento es ya el comienzo de la corrección. Cuando ésta viene impuesta desde fuera, casi siempre es depresiva, es decir, primordialmente nula o, al menos, muy desvirtuada. Si todo esto se acepta como valedero, fácilmente se llega a la idea fundamental de que, más que corregir, el Maestro debe siempre prevenir y, por otra parte, provocar en los alumnos el deseo de corregirse a sí mismos.

A modo de simple ejemplo, demos nuestro hacer personal. Terminado el trabajo en las clases individuales, el Maestro designa varios alumnos para que den lectura en voz alta a su trabajo personal. Los restantes alumnos escuchan, proponen correcciones mientras el Maestro aprueba o desaprueba. En conjunto se elige el mejor ejercicio y ese es el que se pasa al Diario de clase.

Inútil añadir, a pesar de todo lo expuesto, que el Maestro debe estar siempre abierto a toda consulta.

Horizonte

COHETES Y ASTRONAUTICA

Por R. BUSTELO,

Ingeniero Aeronáutico e Ingeniero Militar.

Mucho se ha escrito sobre cohetes en los últimos veinte años, más, seguramente, que lo que sobre el mismo tema se habrá escrito desde que, hace unos siete siglos y medio, los chinos inventaron el cohete y lo aplicaron como arma de guerra contra los mongoles, cuando éstos sitiaban Kai-fung-fu (hoy Pekín) en el año 1232, hasta la utilización por los alemanes del conocido cohete V-2 en la última guerra mundial, cohete éste que podemos considerar como el primero, verdaderamente logrado, de los modernos cohetes, y que, indudablemente, ha facilitado el desarrollo de los americanos y rusos, mediante las pruebas y experimentos que, tanto unos como otros, realizaron con los numerosos V-2 que recogieron en la ocupación de Alemania.

Es de lamentar, sin embargo, que gran parte de la literatura de divulgación siembre la confusión en lugar de aclarar las ideas en el profano en la materia, debido al gran número de errores que sobre ideas básicas contiene.

No se ha insistido bastante en la diferencia fundamental que hay entre la propulsión-cohete y los otros sistemas de propulsión de los vehículos que se mueven por el espacio, diferencia que precisamente hace que la propulsión-cohete sea la única, conocida hasta la fecha, que permita al hombre abandonar la Tierra y realizar, en un futuro inmediato, viajes interplanetarios. Esta diferencia radica en que la fuerza que hace avanzar al cohete se logra, en virtud del principio de igualdad de la acción y de la reacción, como reacción derivada de la acción de expulsar hacia

atrás, con gran velocidad, parte de su propia masa, razón por la que a este sistema de propulsión también se le denomina *propulsión autónoma* o *reacción pura*, mientras que el motor de los modernos aviones de reacción la logran por la reacción producida al aspirar por su parte anterior una *masa de aire atmosférico* y, acelerándola en su interior por procedimientos termodinámicos, la expulsan hacia atrás a gran velocidad, aunque mucho menor que la de la *masa propulsante* de los cohetes, denominándose este tipo de motores de *reacción directa*, mientras que los primitivos motores de aviación, dotados de hélice, consiguen el mismo efecto acelerando, en dirección contraria a su movimiento, el aire atmosférico por procedimiento mecánico mediante sus hélices, por lo que se denominan de *reacción indirecta*. Esta diferencia entre el motor-cohete y los otros motores de aviación la podemos resumir diciendo que el motor-cohete funciona a *pesar de la atmósfera*, pues ésta, con su resistencia, sólo le sirve de estorbo, mientras que los otros funcionan *gracias a la atmósfera*, pues sin ello su funcionamiento es imposible. Esto hace que el cohete esté, por ahora, indisolublemente unido a la Astronáutica, ya que esta última es la aplicación más importante y más noble del cohete.

Desgraciadamente, en esta misma diferencia del cohete con los otros motores está su punto débil, pues su *empuje* o fuerza que le hace avanzar lo logra consumiendo la masa que lleva en su interior, siendo este consumo de masa, para

igual empuje, tanto menor cuanto mayor sea la velocidad con que es expulsada, lo que hace que su consumo máxico, o sea, la cantidad de masa que consume por unidad de tiempo, por segundo, por ejemplo, sea muy grande comparada con la de los otros motores citados, para igual empuje y velocidad de expulsión, ya que éstos utilizan la masa de aire, que no tienen que transportar, utilizando el combustible que transportan únicamente para alimentar el sistema de aceleración de dicha masa de aire. Este inconveniente queda compensado parcialmente por las grandes velocidades de expulsión de masa que se logran en los cohetes, muy superiores, como ya indicamos antes, a las de los motores de reacción directa, y no digamos que los de hélice. Esto hace que en los cohetes los depósitos de propulsante y el peso de éste sean monstruosos en comparación con la carga útil a transportar. Para paliar este inconveniente se han realizado los cohetes de varias etapas, que, en esencia, consisten en ir desprendiendo los depósitos vacíos, y como al disminuir la masa del cohete como consecuencia del consumo de propulsante y de los depósitos vacíos y estructuras que se desprenden no se precisan motores tan potentes, también se lanza el motor utilizado en la etapa consumida, poniéndose en funcionamiento el de la etapa siguiente, de menor empuje.

Es verdaderamente impresionante la labor realizada por los técnicos en cohetes en estos últimos veinte años y, sobre todo, desde el 4 de octubre de 1957, fecha histórica para la Humanidad y principio de la vida real de la Astronáutica, al poner en órbita los rusos el primer satélite artificial, denominado *Sputnik I*. Como por mucho que se resumiese se saldría de la extensión posible de este artículo el intentar describir la evolución de los cohetes, desde el final de la última guerra mundial, con la gran variedad de cohetes construídos para fines militares y para la exploración de las altas capas de la atmósfera, nos vamos a concretar a los cohetes utilizados con fines astronáuticos, que son los más interesantes, dando unos cuantos datos que nos permitan compararlos con el ya citado cohete V-2, que, además de ser el mayor cohete logrado al final de la guerra mundial, se puede considerar también como el padre de los modernos cohetes. Además, este cohete V-2, utilizado por los americanos en febrero de 1949 como primera etapa de un cohete de dos etapas, en el que la segunda estaba formada por un cohete *WAC Corporal*, permitió a este último alcanzar una altura próxima a los 400 km., hecho éste que, desde el punto de vista de la Astronáutica, se compara con el primer vuelo realizado por los hermanos Wright, a principios de nuestro siglo, en relación con la Aeronáutica.

El V-2 era un cohete de unos 14 m. de largo, 1,65 m. de diámetro, 13 Tm. de peso al despegue, de las que una correspondía a la carga útil, nueve, de propulsante, y las tres restantes, a la estructura, motor, depósitos y grupo turbo-bombas de alimentación. Su motor desarrollaba un empuje al despegue de 25,5 Tm. El tiempo de combustión era de unos 65 segundos. Utilizaba como propulsante alcohol etílico y oxígeno líquido.

El cohete que actualmente utilizan más frecuentemente los americanos, como primera etapa, en sus lanzamientos de satélites es el *Thor*, que mide 18,9 m. de largo, 2,74 de diámetro, pesa 50 Tm. al despegue, da 75 de empuje en el mismo y tiene una duración de combustión de unos 165 segundos. Utiliza como propulsante queroseno y oxígeno líquido.

El cohete más potente utilizado por los americanos en sus lanzamientos ha sido el *Atlas*, utilizado como primera etapa en el lanzamiento del satélite *Midas II*, colocado en órbita el 24 de mayo de 1960, satélite este que, con su peso de 2.268 kg., es el más pesado lanzado por los americanos. El *Atlas* es un cohete de, aproximadamente, 23 m. de largo, tres de diámetro, 100 Tm. de peso al despegue, 163,5 de empuje en el mismo. Tiene un tiempo de combustión de varios minutos. Utiliza como propulsante el RP-1 (análogo al queroseno) y oxígeno líquido.

Actualmente los americanos están desarrollando un cohete, designado con el nombre de *Saturno*, cuya primera etapa tendrá una longitud aproximada de 25 m., un diámetro de 6,60 m. El peso al despegue no es conocido, pero llevará solamente de propulsante 340 Tm. y tendrá un empuje al despegue de 680. Utilizará los mismos propulsores que el *Atlas*.

De los cohetes utilizados por los rusos se carecen de datos, pero, dados los pesos de los satélites lanzados, se estima que, por ejemplo, la primera etapa del cohete que haya lanzado el satélite *Sputnik V*, que con un peso de 4.590 kg. fue puesto en órbita el 19 de agosto de 1960, debía tener un empuje al despegue del mismo orden que el *Saturno*, o sea, unas 700 Tm.

Por razones de brevedad nos hemos limitado a comparar los cohetes utilizados como primeras etapas en lanzamiento de satélites, pero creemos que la simple comparación de las cifras dadas permite formar una idea de la rápida evolución que vienen experimentando los cohetes desde el primitivo V-2. Las otras etapas las componen cohetes de menores dimensiones y empujes, pudiendo ser variable el número de etapas, según las necesidades, utilizadas con un mismo cohete de primera etapa. Por ejemplo, el proyecto *Saturno* se estudia para poder ser realizado con tres, cuatro o cinco etapas.

Quizá más interesante, pero mucho menos conocida del público en general, dado que no aparece en las fotografías de las revistas y diarios y no es fácil hacerla ver al profano en la materia, es la labor realizada en los sistemas de teleguiado o guiado de los cohetes, problema de gran complejidad, ya que el gran número de técnicas que en el mismo intervienen obliga, aún más que en la realización del cohete propiamente dicho, a una labor de equipo, en la que cada especialista en una técnica determinada tiene, sin embargo, que tener gran conocimiento de las otras para obtener la debida coordinación y equilibrio en el resultado del conjunto. Las técnicas principales son: aerodinámica, motores cohete, navegación, análisis de trayectorias, servomecanismos, instrumentación giroscópica, radio, radar, micro ondas, cibernética, calculadores digitales y analógicos, etc.