

ALGO SOBRE MOTORES

En lo que sigue, vamos a intentar dar una visión lo más general y práctica sobre los motores para cohete que suelen emplearse en nuestro hobby. El tratado no pretende ser exhaustivo ni mucho menos, puesto que los practicantes avanzados ya conocen y tienen presente los conceptos que aquí se van a versar.

Introducción

Básicamente hay dos tipos de motores que se emplean mayoritariamente, son los llamados convencionales o de pólvora que cumplen perfectamente con las necesidades de los que se inician en el hobby y los "composite" cuyo combustible, a igualdad de cantidad o volumen, pueden duplicar o incluso triplicar la potencia total de los primeros.

En el primer caso, la marca más representativa es Estes y en el segundo Aerotech, aunque hay otras marcas tan importantes como Apogee, Quest, Cesaroni, Kosdon, etc.

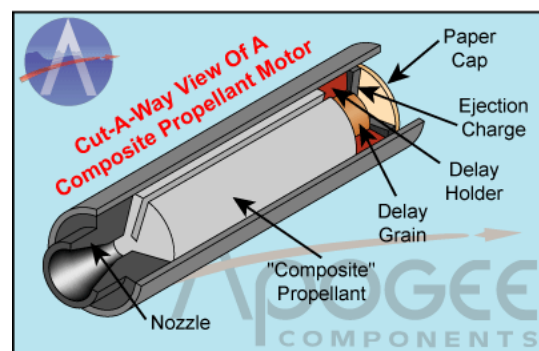
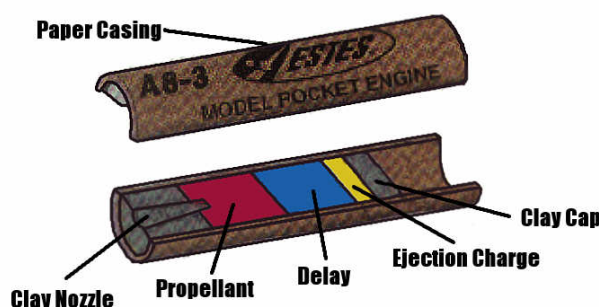
Hasta aquí, los consideramos de usar y tirar, pero los segundos, los composite tienen una opción de recarga (los recargables) que en el caso de Aerotech reciben el nombre de RMS.

Pero la tipología de motores no se detiene aquí, a medida que los "rocketeers" avanzan en su experiencia y exigencia de prestaciones, los precios de los motores que incrementan la potencia, aumentan en progresión geométrica y ello hace que se busquen otros sistemas alternativos de propulsión que puedan aportar alguna economía de ejercicio.

Esto dio paso hace algunos años a los motores "híbridos" que trabajan con depósitos de gas de Oxido de Nitrógeno. Estos a su vez se presentan en el mercado en tres alternativas distintas pero ese tronco común que hace la función de oxidante, implica un equipo en tierra un tanto engorroso de tanques a presión y un delicado sistema de conducciones y válvulas hasta el cohete cuya construcción debe obedecer a una estructura distinta y de acuerdo a poder trabajar con este tipo de motores.

Los nombres los habréis oído pronunciar, Hypertek, Ratt, Aerotech en su variante RMS Hybrid.

Mejor en imagenes

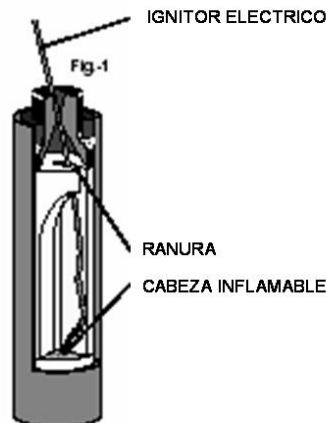


A la izquierda, un motor convencional de pólvora en donde podemos ver sus partes en el corte longitudinal: La tobera cerámica insertada en la carcasa de cartón prensado. En rojo el combustible, en azul el retardador, en amarillo la carga de expulsión y en gris el cierre frágil superior. A la derecha, un motor composite con su carcasa de material plástico, al igual que la tobera en plástico resistente a la temperatura y termoestable. En gris claro, el combustible que lleva una conducción longitudinal abierta. En color naranja, el retardador, encamisado en rojo, en gris la carga de expulsión y el cierre superior en este caso de papel.

La diferencia:

Los primeros se encienden por la tobera, los composite, por su cabeza interior

Por su construcción y principio de funcionamiento, los de pólvora se encienden por contacto con la cabeza del ignitor por el interior de la tobera y los composite por el extremo superior del combustible, introduciéndose el ignitor a través de la tobera y a lo largo de su ranura longitudinal.



En esta vista aparece un motor composite de usar y tirar, invertido, es decir la tobera está en la parte superior, para entendernos. Puede verse como el ignitor penetra por ella hasta situar su cabeza al final del combustible.

Dado que el combustible trabaja consumiéndose de forma progresiva, el tiempo que tarda en consumirse es lo que se llama tiempo de quemado.

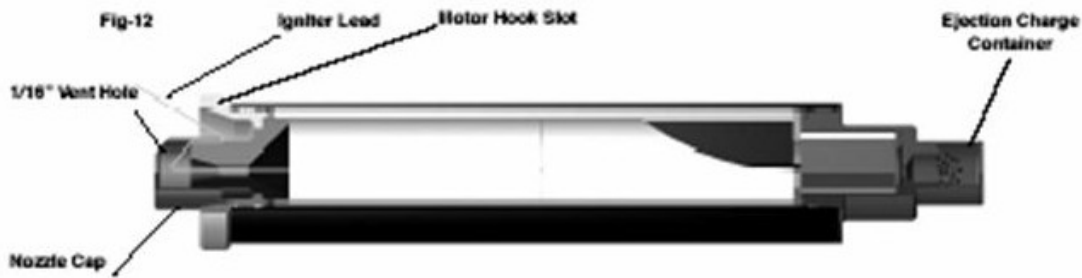
Con solo este concepto ya atendemos a una característica que los diferencia, mientras que para los de pólvora, los tiempos son similares, en los composite pueden variar muchísimo. Ya trataremos de ello mas adelante puesto que se dividen en varios tipos de combustible que se caracterizan, entre otras cosas, por el tiempo de quemado.

Es importante entender que el empezar a quemar por la cabeza, se hace igual en los motores de los cohetes profesionales y una de las finalidades es mantener el máximo de presión posible en la cámara de combustión cuyo volumen aumenta a medida que se consume el combustible. Sin embargo en los convencionales de pólvora se quema siempre cerca de la parte exterior, con lo cual este efecto de cámara a presión, no puede producirse.

También recargables

Una de las facilidades y amplia gama de tipos que ofrecen los motores composite es que además de los comunes de usar y tirar, se generaron los “recargables” y entonces hay que hacerse con las carcasas y cierres de motor que el fabricante ha creado, para poder utilizar las “recargas” que en los distintos catálogos se conocen con el sobrenombre de RMS.

Esto facilita y economiza la compra de un motor, a cambio de una inversión previa en las carcasas. Si se van a usar muchos motores, la inversión queda amortizada en un plazo asequible.



En este caso, las recargas, por motivos constructivos y estratégicos, no coinciden con los tipos comercializados como usar y tirar (Single Use). Pero a la vez, amplía como apuntábamos, el catálogo de motores disponibles.

Cuando se adquiere una recarga, todos los elementos a montar vienen con la misma y no se aprovecha nada de la anterior. Tobera, tóricas de estanqueidad, anillos de separación, retardo, carga de expulsión, ignitor, todo ello viene incluido y nuevo a estrenar. Nunca debe aprovecharse elemento alguno de la anterior recarga aunque en apariencia aparezca impecable en el desmontaje.

Las carcasas y cierre son además un elemento de seguridad, están fabricados en Aluminio de especificaciones utilizadas en aeronáutica y en el remoto caso de una sobre presión accidental, los cierres roscados son los primeros que ceden, limitando el escape de gases a su través, sin permitir que reviente la camisa o cilindro que sería lo peligroso en ese caso, de modo que actúan como válvulas de seguridad.

Los retardadores (delay) son también recambiables

Los retardadores normalmente se ofrecen en tres variantes de tiempo, corto, medio y largo, al igual que en los motores de usar y tirar y al igual que los de pólvora. Al adquirirlo hay que pensar que retardo nos interesa para nuestro modelo. El delay o retardo no es otra cosa que un pequeño cilindro de combustible especialmente mezclado con aditivos para su combustión lenta, cuya longitud varía de acuerdo con el tiempo que debe respetar. Para compensar sus distintas longitudes dentro del motor, vienen acompañados de unos anillos suplementarios de cartón.

En este sentido, al igual que con las recargas, pueden adquirirse retardos por separado de diferentes duraciones, con lo cual, llegado el momento de montarlo, preferiblemente siempre y por seguridad, antes del vuelo, se puede optar por uno u otro retardo, cuya dimensión variable se compensa dentro de la recarga mediante un anillo separador de cartón.

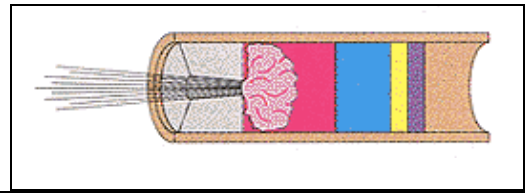
Mientras en los motores pequeños y de pólvora los retardos son de 3, 5 o 7 segundos, en los composite, mas potentes y grandes se suelen clasificar en *corto*, *medio* y *largo*, según:

S = unos 6 seg
M = unos 10 seg
L = unos 14 seg
X = unos 18 seg

El término unos, lo usamos para evidenciar que no es algo super exacto, depende de una combustión. El "X" o extra largo se aplica solo a motores especiales o muy potentes.

Como progresa la combustión

En la imagen se puede entender mejor.



Ya hemos dicho que los motores de pólvora empiezan a quemar por su parte inferior la más cercana a la tobera.

En cambio en los composite, la combustión se inicia en lo mas alto del combustible.

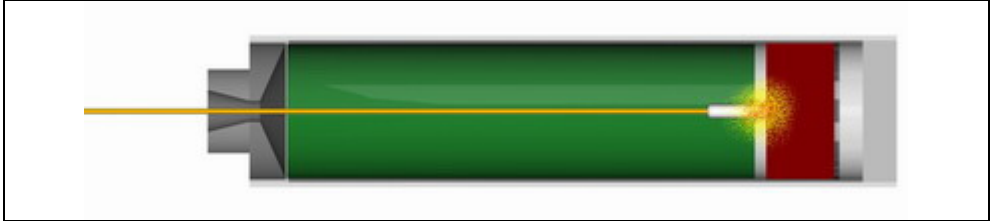
En las imágenes aquí a la derecha, puede verse la secuencia de combustión de una forma gráfica y que ayuda a interpretar lo que está pasando en centésimas de segundo en el interior del motor.

Ahora puede interpretarse el porque el usuario, una vez ha dado la orden eléctrica de ignición y el ignitor se ha quemado sin que se produzca la combustión del motor, hay que ser sumamente precavido al acercarse para reponer el ignitor y hay que esperar unos segundos para cerciorarse que el retardo no ha prendido, en cuyo caso se podría producir una expulsión en rampa.

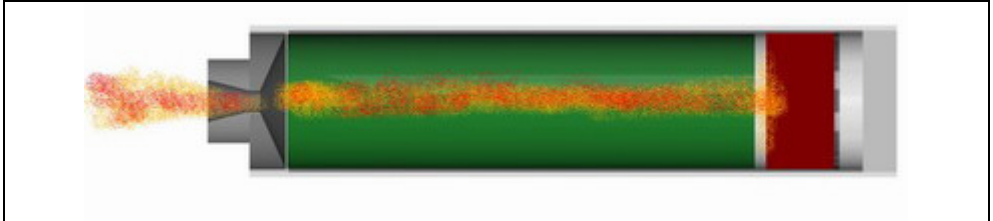
No obstante, si los composite son reacios a encenderse, el retardo todavía lo es más y en general, esperará que se produzca un estado volcánico dentro del motor para que inicie su propia combustión.



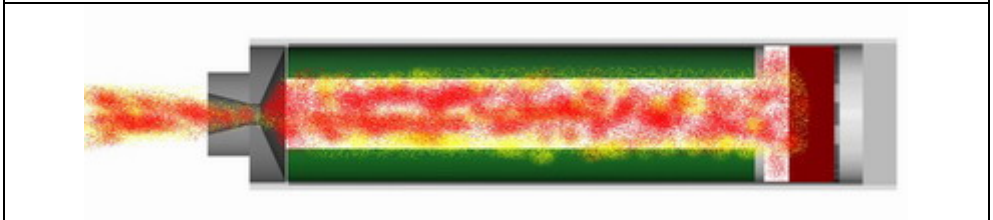
El ignitor se introduce por la tobera hasta alcanzar la cabeza y tocar el retardo.



El ignitor enciende el combustible e inmediatamente el retardo.



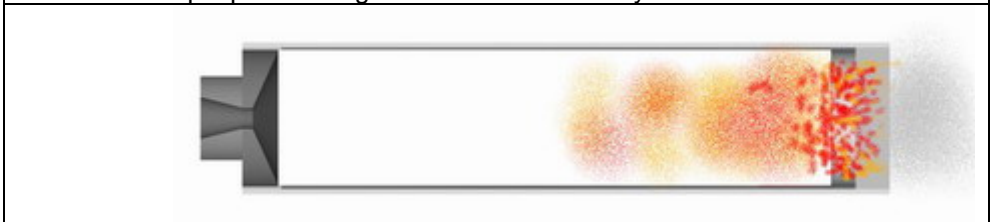
Se inicia la combustión de ambos.



Combustible y retardo, queman con velocidades distintas.



Cuando el combustible se termina, el retardo continúa quemando y haciendo humo blanco que permite seguir el modelo en su trayectoria



Cuando el retardo se consume, la combustión pasa a la carga de expulsión.

Como clasificamos a unos y a otros

Atendiendo a la potencia total del motor expresada en Newtons segundo, por letras.

Para hacerse una idea de lo que estamos barajando, digamos que un Kg son 9,81 Newtons. Son distintas unidades para una magnitud de "fuerza"

Es una forma de expresar el Impulso de una fuerza, en realidad podría haberse escogido otra magnitud y/u otra unidad.

$$I = F \times t$$

En la columna de la derecha está el entorno de la clasificación de motores por letras.

Atendiendo al diámetro, la clasificación se realiza como puede verse a la derecha.

BP = Pólvora negra

COMP = Composite

Es importante considerar que las longitudes de carcasa de motor (case) a partir de 29 mm, son distintas a tenor de tipo y potencia de motor. Mientras los de 29 mm las marcan por mm, los de 38 las clasifican por potencias. No ha habido una gran labor de unificación.

Atendiendo al tipo de combustible

Los de pólvora no tienen ninguna subdivisión establecida. Son los composite los que se subdividen por este concepto.

"White lighting":

Los motores de llama blanca son los mas extendidos. Podríamos decir que tienen un tiempo de combustión medio. Se distinguen por la W en la referencia del motor de la que ahora trataremos. Su consumo específico es aproximadamente de 1,9 Newtons por gramo de combustible.

"Blue Thunder":

El trueno azul casi no produce humo, son de combustión muy rápida, superior a 2 Newtons por gramo y su llama, si podemos verla es azulada. Podríamos decir que sueltan su potencia de golpe. se distingue en su nomenclatura, por la letra T.

Letra	Impulso total (Ns)
1/4A	da 0.312 a 0.625
1/2A	da 0.626 a 1.25
A	da 1.26 a 2.5
B	da 2.6 a 5
C	da 5.01 a 10
D	da 10.01 a 20
E	da 20.01 a 40
F	da 40.01 a 80
G	da 80.01 a 160
H	da 160.01 a 320
I	da 320.01 a 640
J	da 640.01 a 1280
K	da 1280.01 a 2560
L	da 2560.01 a 5120
M	da 5120.01 a 10240
N	da 10240.01 a 20480

Diam. mm	Long. mm	Clase motores	Tipo
13	45	1/4A, 1/2A, A	BP
18	70	1/2A, A, B, C	BP
18	70	D	COMP
24	70	C,D	BP
24	70	D, E, F	COMP
24	95	E	BP
29	variable	E, F, G, H, I	COMP
38	variable	G, H, I, J	COMP
54	variable	J, K	COMP
75	variable	K, L, M	COMP
98	variable	K,L, M, N	COMP

“Black Jack”:

Poca llama visible, abundante humo negro, combustión lenta, alrededor de 1,3 newtons por gramo. Se distingue en su nomenclatura por la letra J.

“Red Line”:

Son los mas recientes, están a caballo entre los W y los T, su llama es muy roja y espectacular resultando visible incluso a pleno sol. Se distinguen por la letra R en su denominación.

Las denominaciones citadas corresponden a la firma Aerotech. Otros fabricantes han realizado otros tipos de motores pero por su extensión comercial no ha sido nunca muy extensa y diría que a Europa nunca han llegado.

Interpretar la denominación y etiqueta

Normalmente la denominación de los motores aparece en su carcasa o en su tapón superior, así como en el envoltorio o blister que lo embala.

B6-4; F52T-M; G33J-S; H148R-L

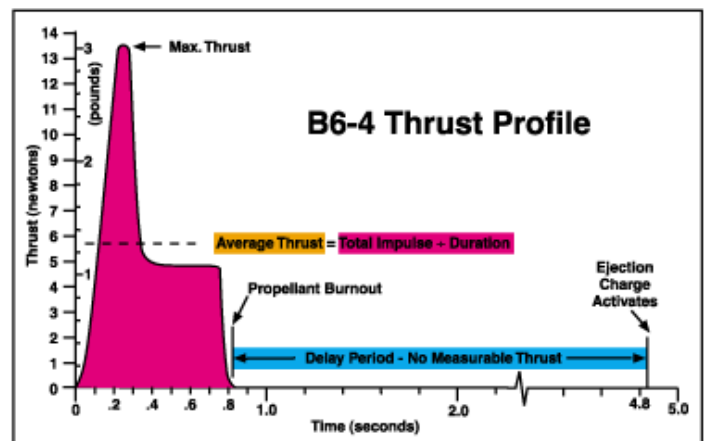
La primera letra identifica la potencia de clasificación. La cifra siguiente es la “potencia media”, la letra que sigue el tipo de combustible y la última letra/cifra el retardo según la tabla que hemos leído en el apartado: retardos. Pero operando con estos datos podemos saber o comprobar algo mas:

$$\text{Potencia total} = \text{Potencia media} \times \text{tiempo combustión}$$

De una forma aproximada puesto que para saberlo exacto deberíamos recurrir a la curva de potencia del motor en concreto o a los datos de la misma y sobre todo a los centesimales del tiempo. Todo ello se puede consultar en una página: <http://www.thrustcurve.org/> que os recomendamos, hay mas de 320 tipos catalogados con sus correspondientes hojas de especificaciones técnicas en archivos de tipo “pdf” que podéis ver y descargaros. El tiempo de combustión suele declararlo el fabricante en el propio envoltorio del motor.

La curva de potencia

Es la “radiografía” del motor B6-4 y que nos dice todo de él. En ordenadas empuje, en abscisas tiempo. Puede verse la potencia de punta (13,4 Newtons) que se obtiene a los 0,2 segundos de iniciado el encendido, la potencia media (Average thrust), unos 5,8 Newtons, tiempo de quemado: 0,8 segundos. A partir de ese momento, cuenta el tiempo de retardo, en este caso, 4 s., trozo azul. También vemos que quedan unos 5 Newtons constantes hasta el final de la combustión.



Los recargables

Es el sistema mas utilizado por economía, con los composite y con los HPR (alta potencia) que empiezan a partir de los 120 Newtons.

A la derecha el sistema de carcassas y cierres mas utilizados (Sistema Dr. Rocket) que se distinguen de los Aerotech por su color rojo metalizado y que se fabrican con licencia de este último.

En horizontal tenemos los cargadores de 24 y 29 mm válidos hasta 120 Newtons. Existe uno de 18mm.

De pié a la izquierda, dos de los dos cargadores largos de 29 mm. A la derecha los tres habituales de 38 mm.

Debajo los componentes típicos de una recarga, los elementos cilíndricos con el agujero en el centro, son los trozos de combustible, delante la camisa de cartón, tobera, retardo, camisa de retardo, juntas tóricas, separadores y la carga de expulsión en el pequeño cilindro rojo.

Todos los elementos son nuevos cada vez que se recarga el motor. Todo el interior del usado debe tirarse y no reutilizarlo bajo ningún concepto, por nuevas que parezcan las juntas tóricas o los separadores. Las toberas se ven a simple vista que quedan muy dañadas.



El juego de carcassas de recarga consisten en tres piezas, camisa y cierres roscados delantero y trasero. El resto viene en el kit de recarga.



Estos elementos deben mantenerse bien limpios y su proceso de limpieza debe seguirse inmediatamente después del uso ya que el alto poder oxidante de los componentes del combustible, hacen que se puedan dejar erosiones en el aluminio que luego sean irreversibles.

Para el montaje de la recarga hay que untar con grasa de Teflón o de Silicona, las juntas tóricas y las roscas del sistema. Esto se hace para que al cerrar en el montaje, las tóricas resbalen sobre los cierres roscados y no adquieran gestos o posturas falsas que puedan comprometer o falsear el ajuste con lo que los gases a presión puedan escapar o causar un peligroso mal funcionamiento.

El montaje

Conviene tener siempre a la vista y seguir las instrucciones incluidas en cada recarga porque se dan pequeñas variantes de componentes, de forma especial juntas y separadores. No obstante, el guión suele ser siempre este referido a los mas usuales, los RMS de Aerotech:

- Untar con grasa de Teflón o de Silicona, todas las tóricas y roscas, evitando que toque el combustible y retardo.
- Poner el retardo dentro de su camisa y añadir el separador de cartón si lo hay por el lado del combustible.
- Situar la arandela de goma (si la hay) en forma de arandela dentro del recinto del cierre superior.
- Situar sobre la anterior, la tórica del retardo.
- Introducir el conjunto camisa-retardo, hasta el fondo.
- Insertar los elementos/o de combustible en su camisa de cartón.
- Meter la camisa con el combustible en la carcasa cilíndrica de aluminio.
- Situar arandela de separación superior contra la camisa de cartón en la parte superior del conjunto.
- A continuación la junta tórica (Fijarse que sea la apropiada –delantera- por el tamaño de su sección).
- Roscar suavemente el cierre superior con la carcasa de aluminio, empujando hacia aquel, la camisa de cartón.
- Instalar en la parte trasera de la camisa de cartón, el separador (arandela negra) si la lleva.
- Apoyar sobre ésta última o el combustible, según el caso, la tobera.
- Insertar la otra junta tórica alrededor de la tobera en su contorno.
- Roscar la arandela de cierre inferior suavemente al principio y fijarla con firmeza*

(*) A mano en todos los casos, excepto en los recargables de 24 y 29/120, con la ayuda de la llave específica para ello (cierre de rosca con entalla).

- Abrir el receptáculo rojo de la carga de expulsión.
- Situar el motor montado vertical sobre un soporte o dentro de un vaso estrecho para que se mantenga.
- Verter la carga de expulsión sobre el recinto superior dentro del cierre superior, dándole unos golpecitos para que se introduzca bien la carga incluso por el pequeño agujero de comunicación con el retardo.
- Cerrar ese recinto, con el tapón rojo de plástico o en su caso con el disco de papel autoadhesivo.
- Anotar el tipo de motor sobre ese papel para no confundirnos.
- El ignitor se colocará cuando el modelo esté en la rampa de lanzamiento.
- Introducir el ignitor lentamente por el orificio de la tobera, hasta que deslice suavemente y hasta hacer tope.
- Situar el tapón rojo inferior agujereándolo previamente o haciendo unas entallas con el cutter para que salga la presión inicial, goma elástica o el sistema previsto por el fabricante.
- Conectar los terminales del cable de la consola de control de lanzamiento. LISTO PARA SER LANZADO.

Sistemas recargables disponibles en el mercado

Hay diversas marcas que producen motores, algunas en USA otras en Canadá. Además de la que mencionamos con más frecuencia, existen: Estes, Quest, Cesaroni (Pro38), Ellis Mountain, Kosdon, Dr.Rocket, si ponéis cualquiera de estas marcas en un buscador, Google por ejemplo, rápidamente iréis a la página de cada uno de ellos. Sin embargo, como fabricantes de recargables son Aerotech, Pro38 y Dr. Rocket son los más utilizados.

Tabulando un poco todo lo dicho y una vez más basándonos en la marca más extendida que es Aerotech, podemos clasificar los sistemas recargables así:

Motor	Diametro	Longitud	Peso
RMS 18/20	18 mm	70 mm	11,8 gr
RMS 24/40	24 mm	70 mm	19,7 gr
RMS 29/40-120	29 mm	124 mm	58 gr

El peso se refiere solo al motor sin la recarga.

Con estos recargables se pueden utilizar las siguientes recargas disponibles:

Motor RMS-18/20 (18 mm)			
Longitud	Tipo combustible		
	J	W	T
42 mm	-	D13W	D24T
Motor RMS-24/40 (24mm)			
Longitud	Tipo combustible		
	J	W	T
20 mm	-	D9W	D15T
44 mm	E11J	E18W	E28T
52mm	F12J	F24W	F39T
Motor RMS-29/40-120 (29 mm)			
Longitud	Tipo combustible		
	J	W	T
34 mm	-	E16W	E23T
68 mm	F22J	F40W	F52T
105 mm	G33J*	G64W	-

Todas estas recargas pueden ser utilizadas por los mayores de edad sin certificación.

Las fronteras de utilización según el nivel de certificación o no y la clasificación por potencias, las encontraréis en la home de esta web, en el capítulo "Tabla de clasificación de motores y certificaciones".

A continuación examinamos los tipos de recarga disponibles, sus potencias, sus retardos disponibles y con el peso de cada una de ellas, para que se pueda considerar el peso del cohete en el momento del lanzamiento. A este dato hay que sumar el peso de la carcasa correspondiente, para tener el peso total debido al motor.

Motor RMS-18/20 (18 mm)			
Recarga	Impulso Tot.	Peso cargado	Retardo disponible
D13W	20 Ns	33 gr	4, 7, 10 sec.
D24T	20 Ns	31gr	4, 7, 10 sec.
Motor RMS-24/40 (24 mm)			
Recarga	Impulso Tot.	Peso cargado	Retardo disponible
D9W	20 Ns	45 gr	4, 7 sec.
D15T	20 Ns	44 gr	4, 7 sec.
E11J	40 Ns	61 gr	3 sec.
E18W	40 Ns	57 gr	4, 7 sec.
E28T	40 Ns	55 gr	4, 7 sec.
F12J	43 Ns	67 gr	3, 5 sec.
F24W	50 Ns	62 gr	4, 7 sec.
F39T	50 Ns	59 gr	6, 9 sec.
Motor RMS-29/40-120 (29 mm)			
Recarga	Impulso Tot.	Peso cargado	Retardo disponible
E16W	40 Ns	107 gr	4, 7 sec.
E23T	40 Ns	104 gr	5, 8 sec.
F22J	65 Ns	133 gr	5, 7 sec.
F40W	80 Ns	126 gr	4, 7, 10 sec.
F52T	80 Ns	123 gr	5, 8, 11 sec.
G33J	100 Ns	159 gr	5, 7 sec.
G64W	120 Ns	151 gr	4, 7, 10 sec.

Los sistemas recargables para utilizar motores HPR (High Power Rocketry) excepto los dos primeros que aparecen, precisan longitudes diferentes y son los siguientes:

Motor	Diametro (mm)	Longitud (mm)	Peso (gr)
RMS-29/60	29	99,1	57,5
RMS-29/100	29	124,5	61,6
RMS-29/180	29	194,5	84,7
RMS-29/240	29	239,2	105,3
RMS-29/360	29	332,7	138
RMS-38/240	38	154,25	125,5
RMS-38/360	38	201,9	147,4
RMS-38/480	38	249,5	168,5
RMS-38/600	38	297,2	190,4
RMS-38/720	38	344,8	212,3
RMS-38/1080	38	487,7	278
RMS-54/852	54	241	278
RMS-54/1280	54	325,5	338,2
RMS-54/1706	54	410,1	398,6
RMS-54/2560	54	579,1	519
RMS-75/2560	75	395,7	956
RMS-75/3840	75	530,9	1182
RMS-75/5120	75	665,5	1408
RMS-75/6400	75	800,6	1684
RMS-98/2560	98	289	1140
RMS-98/5120	98	443,2	1530
RMS-98/7680	98	597	1926
RMS-98/10240	98	751	2367
RMS-98/15360	98	1059	3204

La longitud comprende los cierres

Las recargas disponibles y el número de bloques de combustible que la integran para estos sistemas y por tanto de uso restringido a los "Certificados", son las siguientes, como siempre exceptuando las dos primeras de la obligación de la certificación:

Motores de 29 mm		Tipo combustible			
Bloques	J	W	R	T	
1	-	F37W	-	F62T	
2	-	G54W	-	G104T	
3	G75J	H128W	H165R	H238T	
4	H97J	H180W	H210R	H220T	
6	-	I200W	H268R	-	

Motores de 38 mm		Tipo combustible			
Bloques	J	W	R	T	
1	-	G61W	-	-	
2	H73J	H123W	H148R	H242T	
3	H112J	I161W	I218R	I357T	
4	I154J	I211W	I285R	I300T	
5	I195J	I284W	I366R	I435T	
6	-	J350W	J420R	-	
9	-	J570W	-	-	

Motores de 54 mm		Tipo combustible			
Bloques	J	W	R	T	
2	-	J275W	J315R	J460T	
3	-	J415W	J540R	J800T	
4	-	K550W	K695R	K1100T	
6	-	K700W	K1275R	-	

Motores de 75 mm		Tipo combustible			
Bloques	J	W	R	T	
2	-	K560W	K780R	-	
3	-	L850W	L1150R	-	
4	-	L1120W	L1420R	-	
5	-	M1315W	-	-	

Motores de 98 mm		Tipo combustible			
Bloques	J	W	R	T	
1	-	K458W	K680R	K650T	
2	-	L952W	L1300R	L1500T	
3	-	M1419W	M1600R	M2400T	
4	-	M1939W	M2000R	M2500T	
6	-	N2000W	-	-	

Los bloques de combustible mas utilizados tanto en las recargas como en los motores de un solo uso, por donde debe introducirse el ignitor y por donde salen los gases de encendido e impulsión al quemar, pueden presentar la siguiente estructura en un corte o sección:



C-slot (Ranura)



Orificio central

Los motores híbridos

No terminaríamos nunca esta exposición pero tampoco la podemos cerrar aquí sin dar un repaso a otros tipos de motores. De entre diversos logros mas o menos afortunados de motores líquidos e incluso con gasolina, los motores híbridos son los únicos alternativos a los sólidos que presentan una viabilidad de futuro mas lógica.

Todos pensamos que se crearon para buscar una alternativa a las limitaciones de transporte de los motores sólidos y probablemente todavía esta idea no tan solo sea válida, sino que sea la alternativa real, pero con un importante handicap que se centra en el complejo sistema en tierra y el manejo de tanques de Oxido de Nitrógeno y de Oxígeno en algún caso.

La base es la misma prácticamente que se utiliza en los coches tipo "tuning" de motor y consiste en llevar un pequeño tanque de este gas que se inyecta en el momento apropiado y que actúa como un oxidante mucho mas poderoso que el Oxígeno del aire para multiplicar el poder de la combustión.

En el caso que nos ocupa el tanque se lleva parcialmente a bordo y se alimenta antes del lanzamiento, de uno en tierra que le suministra la cantidad máxima admisible hasta que una válvula deja escapar el excedente al exterior. Después de hecho esto, el gas está en contacto con un trozo cilíndrico de un polímero o una especie de tubo de plástico de bajo coste que hace las veces de combustible.

Ahora no falta nada mas que un sistema capaz de iniciar la combustión, plástico y N_2O harán el resto.

En algunos sistemas, la combustión se inicia con un pequeño trozo de combustible sólido convencional, accionado por un ignitor eléctrico.

A la derecha pueden verse algunas imágenes de motores con estos sistemas. Pueden consultarse las webs de los diversos fabricantes de este tipo de motores. Aerotech también tiene su híbrido.

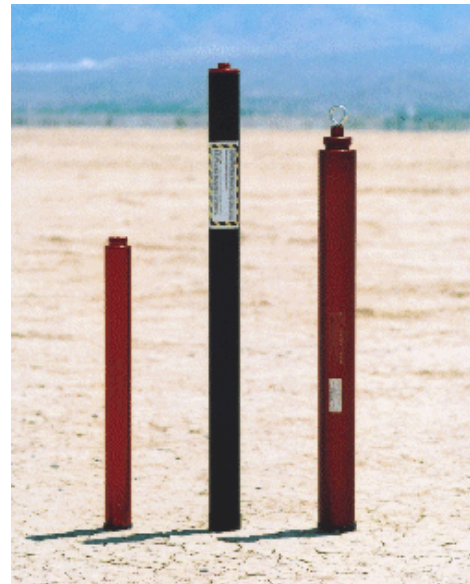
[Hypertek](#), [RATTWorks](#), [Propulsion Polymers](#), [SkyRipper](#), [WestCoastHybrids](#).



Motor Hypertek, debajo, equipo necesario en tierra sin los tanques de gas.



Debajo, tres tipos de la marca Ratt, de diámetros 29, 38 y 54 mm., uno de los sistemas menos engorrosos de manipular para lanzar.



Para la confección de este capítulo dedicado a los motores, hemos utilizado imágenes capturadas de Aerotech, Hypertek, Ratt, y algún otro fabricante que podemos involuntariamente omitir. También agradecemos la cesión de tablas e imágenes de Acme Italia a quien hemos pedido permiso para ello y gentilmente nos lo ha cedido.