

Richard Nakka's *Experimental Rocketry* Web Site

Determinación del Impulso Total e Impulso Específico a partir de los datos de una prueba estática

Traducido por José L. Sánchez

Es bastante sencillo determinar el Impulso Total y el Impulso Específico del propulsor de un motor de cohete desde una curva de tiempo y empuje obtenida en pruebas estáticas. Una curva típica puede parecerse a la mostrada en la Fig. 1.

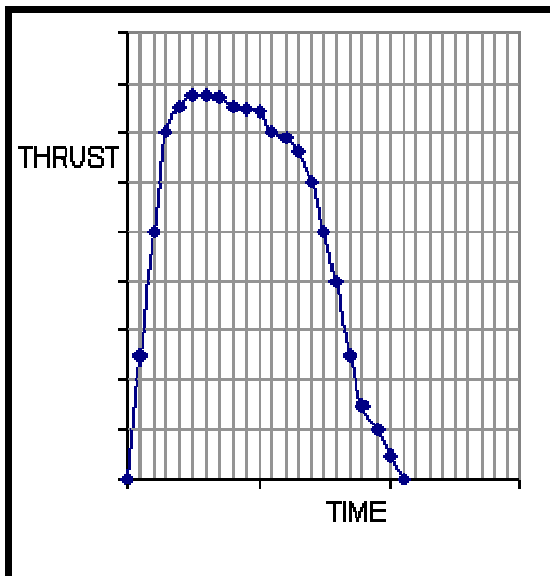
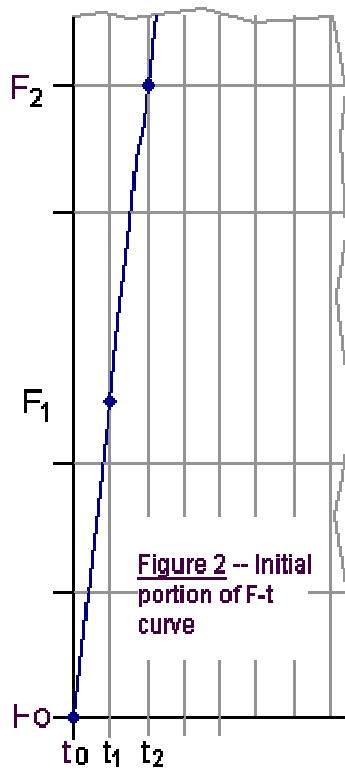


Figura 1 – Típica curva Empuje - Tiempo (F-t). Las puntas de diamante representan los puntos de medida obtenidos del test del motor.

El impulso total (I_t) se define como la integral del empuje (F) sobre la duración de operaciones (t) del motor:

$$I_t = \int_0^t F dt$$

Esta integral está representada por el área interna de la curva F-t



El área interna de la curva puede ser calculada proxímadamente sumando las áreas individuales de cada una de las celdas de anchura Δt de altura correspondientes al empuje medio. En forma de ecuación, da esto:

$$I_t = \frac{F_0 + F_1}{2} (t_1 - t_0) + \frac{F_1 + F_2}{2} (t_2 - t_1) + \dots$$

como se muestra en la Fig. 2. Puesto que $(t_1 - t_0) = (t_2 - t_1) = \Delta t$ (los incrementos de tiempo son iguales), la ecuación se puede simplificar:

$$I_t = \Delta t (F_1 + F_2 + F_3 + \dots)$$

donde el valor de empuje inicial (F_0) y el valor de empuje final es el cero.

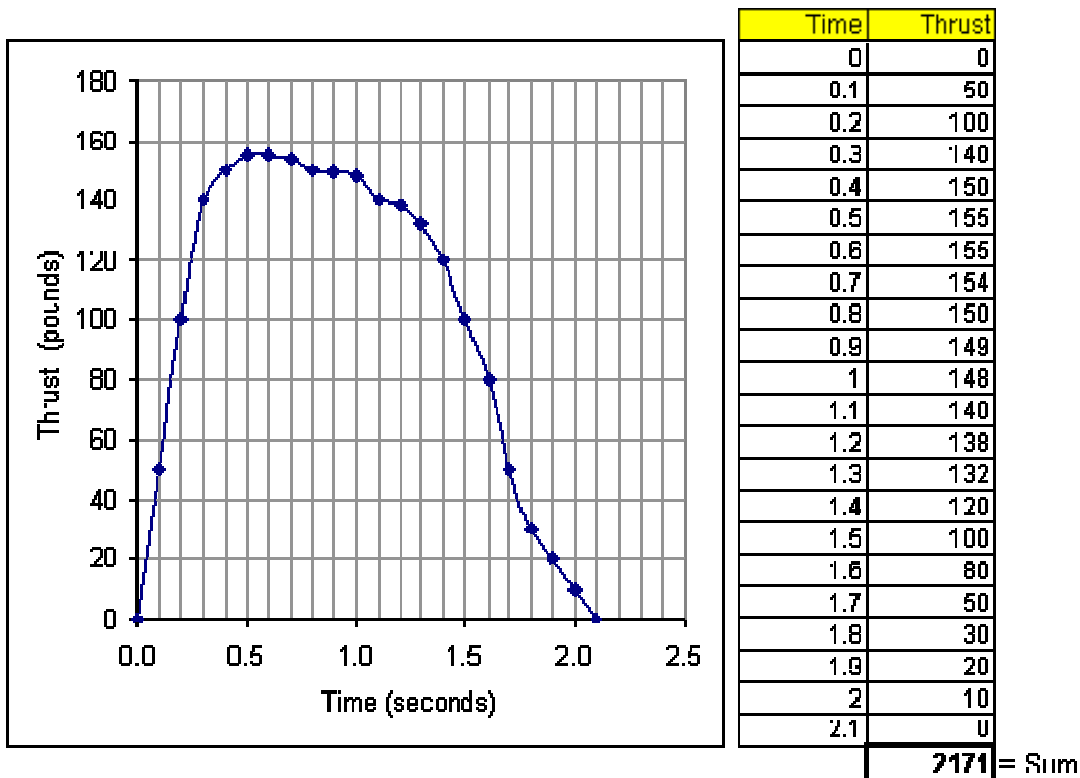
Por lo tanto, para determinar el impulso total, es simplemente cuestión de sumar todos los valores de las medidas de empujes y multiplicar la suma por los incrementos de tiempo. Note que cuanto más pequeño es el incremento de tiempo, más exacto será el resultado final.

Dado que el Impulso Total se obtiene multiplicando *el empuje* por *el tiempo*, las unidades son **Libras-segundo (lb-sec.)**, cuando se usan unidades inglesas, o **Newton-segundo (Ns)** cuando las unidades usadas son decimales.

El Impulso Específico (I_{sp}) entregado por el propulsor es simplemente el Impulso Total dividido por el peso de propulsor o la masa. Así, las unidades para el Impulso Específico son **segundos- libra por libra (lb-sec./lb)**, o simplemente "**segundos**". En el sistema métrico, las unidades son **Newton-Segundo por kilogramo (N-sec/kg)**. Dividiendo este valor por el gravitacional constante, *la g*, donde $g=9.81 \text{ m/sec}^2$, da las unidades convencionales de "**segundos**".

Ejemplo:

Considere un motor de cohete que ha generado la siguiente curva de tiempo y empuje en un test estático.



El propelente fue pesado antes del disparo y era de 1.61 libras, o $1.61 \times 0.454 = 0.731$ kilogramos.

¿Cuál es el **Impulso Total**, el **Impulso Específico** y el **Empuje Medio** entregado por el propelente del motor?

El Impulso Total se ha obtenido sumando todos los valores de empuje medidos y multiplicando estos por el incremento de tiempo. La suma de los valores de empuje es de 2171 libras. El incremento de tiempo es 0.1 segundo.

Por lo tanto, $I_t = 2171 \times 0.1 = \underline{217 \text{ lb-sec}}$.

La conversión a Ns da $I_t = 217 \times 4.448 = \underline{966 \text{ Ns}}$. El motor tiene un funcionamiento de - clase "J" medio.

El Impulso Específico entregado se obtiene simplemente dividiendo el Impulso Total por el peso de propulsor o la masa. $I_{sp} = 217 / 1.61 = 135 \text{ lb-sec/lb}$. El Impulso Específico también puede ser expresado como 135 seg.

En sistema métrico, $I_{sp} = 966 / 0.731 = \underline{1321 \text{ N-kg/seg}}$. Se puede convertir esto a unidades más convencionales dividiendo el resultado por el gravitacional constante, *la g*, dando el mismo resultado hayado antes: $I_{sp} = 1321 / 9.81 = \underline{135 \text{ seg.s}}$.

Finalmente, el Impulso Medio se obtiene dividiendo el Impulso Total por el tiempo de impulso:

$$F_{avg} = 217 / 2.1 = 103 \text{ lbs., o}$$

$$F_{avg} = 966 / 2.1 = 460 \text{ N.}$$