

TRABAJO DE LA INERCIA Y SU MEDIDA. La inercia, según se dijo al principio, es la indiferencia de la materia para el reposo ó movimiento. Pero cuando un cuerpo está en reposo se necesita de una fuerza para ponerlo en movimiento, y si se halla en movimiento es preciso aplicar otra fuerza para reducirle al reposo; pues un cuerpo en movimiento ó en reposo tiende á permanecer constantemente en su estado hasta que una nueva fuerza le obliga á cambiarlo. De aquí resulta, que cuando se trata de imprimir el movimiento, impedirlo ó variarlo, el cuerpo opone una resistencia igual á la fuerza aplicada, porque es un axioma reconocido en mecánica de que *la acción es siempre igual y contraria á la reacción*. Esta fuerza que se opone al cambio de estado de la materia es una resistencia que también se llama *inercia*.

Esta fuerza es inherente á la materia y se nota por el esfuerzo que debe hacer un caballo en el primer instante, para poner en movimiento la carga, que después vence fácilmente: asimismo, si al hallarse en movimiento la carga el caballo quiere detenerse, no puede hacerlo instantáneamente, pues ha de aplicar otra fuerza para vencer la tendencia que tiene aquella á permanecer en el estado de moverse.

Se sabe que las fuerzas son entre sí como las velocidades que imprimen á los cuerpos en igual tiempo, y de aquí resulta que la fuerza que pone una masa en movimiento, esto es, la fuerza necesaria para vencer la inercia de una masa se mide por el producto de esta masa por la velocidad que se le ha imprimido al fin de un segundo.

El trabajo de la inercia crece como el cuadrado de la velocidad que se trata de imprimir á la carga, y está ex-

$$\text{presado en la fórmula: } I = \frac{P \times V^2}{2 \times g}, \quad \text{ó } I = \frac{P \times V^2}{19'6} \text{ en la cual}$$

$I$  representa el trabajo necesario para vencer la inercia;  $P$  el peso de la carga, y  $V$  la velocidad que se le ha de imprimir en el primer segundo. Esta fórmula nos da la siguiente regla general: *Para hallar el trabajo correspondiente á la inercia de una masa se multiplicará su peso por el cuadrado de la velocidad que se le ha de imprimir, y se dividirá el producto por 19'6.*

Ejemplos: Calcular el trabajo necesario para poner en movimiento un carro cargado, cuyo peso total es de 5000 kilogramos, comunicándole una velocidad de 2 metros por segundo.

$$\text{Por la fórmula tendremos: } I = \frac{5000 \times (2)^2}{19'6} = 1020'408 \text{ km.}$$

De modo, que será menester un trabajo de 1020 kilogramos con 408 milésimos para vencer la inercia en los primeros instantes. Pero como un caballo en su tirar ordinario hace 70 km. por segundo, se sigue, que serian menester 15 caballos para poner aquella masa en movimiento, y comunicarle desde luego la velocidad de dos metros, que corresponde al trote del animal.

Si se quisiese que los caballos marcharan al galope con una velocidad de 4 m. por segundo, el trabajo sería cuádruplo del que acabamos de hallar por ser la velocidad doble.

Averiguar cuál es el trabajo necesario para vencer la inercia de un fardo que, ya sea por medio de una máqui-

na ó directamente, se tiene que elevar con una velocidad de 0'3 m. por segundo, siendo su peso de 4000 kg.

$$\text{La fórmula dar\acute{a} : } I = \frac{4000 \times (0'3)^2}{19'6} = 18'37 \text{ kilogr\acute{a}m.}$$

Es decir, que para vencer simplemente la inercia ser\acute{a} menester un trabajo de 18 kilogr\acute{a}metros y 37 cent\acute{e}simos pr\acute{o}ximamente.

Hallar el trabajo que corresponde \acute{a} la inercia de una carga de 3000 kg. con una velocidad de 1 metro por segundo.

$$\text{Por la f\acute{o}rmula tendr\acute{e}mos : } I = \frac{3000 \times 1^2}{19'6} = 153'06 \text{ km.}$$

que \acute{a} 70 km. por caballo resultar\acute{a}  $153'06 \div 70 = 2'186$  c.

Por manera, que para poner la carga en movimiento con la velocidad de un metro seria menester uncir tres caballos al carro, pues el resultado obtenido excede de dos.

**FUERZA VIVA.** Ll\acute{a}mase fuerza viva de un cuerpo en movimiento al producto de su masa por el cuadrado de su velocidad. La fuerza viva es siempre el resultado de la accion de una fuerza motriz, y por esto solo conviene \acute{a} los cuerpos en movimiento.

La expresion general de la fuerza viva ser\acute{a}  $M \times V^2$  representando por M la masa y por V la velocidad del cuerpo que se mueve.

*La fuerza viva es el doble del trabajo desarrollado por la pesantez.* En efecto, si un cuerpo de un peso P cae de la altura a, su velocidad final ser\acute{a}  $v = \sqrt{2ga}$ , de donde sale  $a = v^2 \div 2g$ . Pero como el trabajo de la pesantez est\acute{a} expresado por el peso P multiplicado por la altura a de que ha

caido, se podr\acute{a} poner en vez de a su valor  $v^2 \div 2g$ , y tendr\acute{e}mos que la expresion del trabajo desarrollado ser\acute{a}  $P \times v^2 \div 2g$ . Sustituyendo ahora en lugar de P su valor Mg, y simplificando ó suprimiendo la g, ser\acute{a} : Trabajo de la pesantez  $= Mv^2 \div 2$  : es decir, la fuerza viva dividida por 2. Luego, *el trabajo desarrollado por la pesantez es la mitad de la fuerza viva.*

Debe observarse que la fuerza viva representada por el producto  $M \times V^2$  no es una fuerza propiamente dicha sino una expresion convencional para designar el efecto dinámico producido por una fuerza motriz ; pero segun lo demostrado antes debe considerarse como de la misma naturaleza que la que hemos llamado trabajo, pues equivale al doble del trabajo desarrollado por la fuerza motriz propuesta.

El producto de la masa por la velocidad es lo que se llama cantidad de movimiento, y como la fuerza viva viene expresada por la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad, se sigue que estas dos expresiones no representan una misma cosa, y la cantidad de movimiento que ha servido para medir una fuerza motriz ser\acute{a} muy diferente de la fuerza viva y del trabajo que hemos dado \acute{a} conocer.

**FUERZA MUERTA.** La fuerza muerta es la que obra tan solo por la presion, y se expresa su efecto en kil\acute{o}gramos. De esta definicion resulta que la fuerza muerta debe ser mirada como de distinta naturaleza que la fuerza viva, y por esto no son susceptibles dichas dos fuerzas de ser medidas con la misma unidad.

Las fuerzas muertas que solo obran por presion son infinitamente menores con relacion \acute{a} las fuerzas vivas en que la velocidad ejerce una influencia verdaderamente notable. En efecto, un golpe de martillo introduce f\acute{a}cilmen

te el clavo, mientras que un peso considerable privado de movimiento y obrando solo por su peso sobre la cabeza del clavo, no producirá efecto sensible para lograr su introduccion.

El golpe de martillo es una fuerza finita que se podrá valuar por el producto de la masa por su velocidad, y el peso destituido de movimiento es una fuerza infinitamente pequeña que equivale á una masa finita multiplicada por una velocidad nula ó infinitamente reducida.

Si se quiere determinar el peso necesario para hacer un hundimiento de una magnitud  $e$  y representamos por  $E$  el espacio ó altura de donde baja el martillo ó cuerpo chocante que debe producirlo, y por  $p$  el peso del mismo, tendrémos el trabajo  $p(E+e)$ , cuya expresion deberá ser igual al peso que se busca  $x$  multiplicado por la porcion hundida  $e$ , y será :

$$x \times e = p \times (E+e), \text{ que despejando } x, \text{ resulta: } x = \frac{p \times (E+e)}{e}$$

Ejemplo : Calcular el peso necesario para producir un hundimiento de 3 centímetros suponiendo que el peso de 240 kg. cayendo de la altura de 2 metros lo produjo.

$$\text{Segun la fórmula tendrémos: } x = \frac{240 \times (2+0.03)}{0.03} = 16,240 \text{ kilogramos.}$$

De modo, que para producir el mismo hundimiento sin ninguna velocidad serán menester 16,240 kg. esto es, un peso cerca de 68 veces mayor.

Es preciso observar que los motores solo obran por presiones cuya continuidad produce velocidades finitas, y aunque el tiempo que transcurre entre el primer acto de

una presion y aquel en que la máquina entra en acciones muy pequeño, no obstante debe considerarse como real y asignable. Si un hombre coge el manubrio para poner en movimiento una máquina, no le da el que debe conservar sino despues de haber pasado por todos los grados de velocidad empezando por cero : el esfuerzo es mayor cuando empieza, y va disminuyendo á medida que crece la velocidad hasta que el movimiento es uniforme bajo una presion y velocidad constante. El agua que mueve una rueda hidráulica determina el movimiento poco á poco, y le comunica cierta cantidad de fuerza viva. Del mismo modo, el émbolo de una bomba ó del cilindro en la máquina de vapor, y generalmente en todos los casos en que los cuerpos ceden á la presion ; esta es comparable á un peso, si es destruida; y es una fuerza viva cuando sobrepuja el obstáculo, porque cada presion parcial engendra una velocidad pequeña, y juntándose todas estas velocidades adquieren un valor determinado.

Siempre que un cuerpo está en movimiento y se le quiere hacer pasar de una velocidad á otra mayor ó menor es preciso emplear una cantidad de trabajo equivalente á la mitad de la fuerza viva adquirida ó destruida. De donde se deduce, que para la transmision del trabajo deberá tenerse presente el siguiente principio general : *El trabajo necesario para acelerar ó destruir en parte el movimiento de una máquina será siempre igual á la mitad de la fuerza viva adquirida ó destruida.*

Por este principio general, que llaman de las fuerzas vivas, se deja conocer que cuando una máquina ó un cuerpo marchan con movimiento uniforme, el trabajo de la potencia debe ser perfectamente igual al de las resistencias, porque, á no ser así, el exceso de trabajo en la potencia aceleraria el movimiento de la máquina, y si excedie-

se el de las resistencias, se iria retardando. Pero como, si el trabajo de la potencia es igual al de las resistencias, hay necesariamente equilibrio, cuando no ha empezado el movimiento, y no se continúa este en virtud de la inercia de las masas, se deduce, que cuando el movimiento de una máquina es uniforme la potencia y las resistencias tienen valores tales que producirian equilibrio si la máquina estuviese en reposo. Por esto se llama *equilibrio dinámico* al que corresponde á las máquinas en movimiento, y *equilibrio estático* al que produce el reposo absoluto.

La inercia sirve á veces para transformar el trabajo en fuerza viva y la fuerza viva en trabajo: en efecto, el trabajo de una fuerza para determinar el movimiento de una masa se acumula en esta y podrá á su tiempo comunicar movimiento á otros cuerpos y vencer otras resistencias. Por manera, que la inercia puede considerarse como un receptor de un trabajo que en seguida restituye.

En la industria se ofrecen muchas circunstancias en que estas transformaciones sucesivas tienen lugar por medio de los útiles y máquinas: en efecto, el vapor en la caldera representa una cantidad de acción ó de trabajo disponible que cambia en fuerza viva luego que se le facilita paso para el cilindro, en donde esta misma fuerza viva, en virtud de la elasticidad del vapor, se transforma en cierta cantidad de trabajo cuando obra contra el émbolo y este transmite su acción á las máquinas del taller ó fábrica.

### ROZAMIENTO.

El rozamiento es la fuerza necesaria para vencer la resistencia que oponen los cuerpos en contacto cuando ha de resbalar ó deslizar el uno sobre el otro.

Esta resistencia proviene de que al colocar un cuerpo

sobre otro, las partes salientes del primero engranan en las entrantes del segundo, y si se quiere que el uno resbale sobre el otro, es preciso desprender estas desigualdades ó romperlas: á este rompimiento resistirán mas ó menos segun tengan mayor ó menor cohesión ó coherencia las partes de un mismo cuerpo y segun penetren mas las partes salientes del uno en las entrantes del otro en razon de la naturaleza de las superficies y de la presión que ejerce la una sobre la otra.

El rozamiento ó fracción puede ser de dos maneras: 1.<sup>a</sup> cuando un cuerpo resbala sobre otro; y 2.<sup>a</sup> cuando una superficie rueda sobre otra: la primera se llama *rozamiento por fricción ó frotación*, y la segunda *rozamiento por rotación*, y se deja conocer que este será siempre mucho menor que aquel, porque el movimiento de rotación contribuye bastante á desprender las partes entrantes de las salientes.

El rozamiento debe considerarse como una *fuerza pasiva* por ser incapaz de producir el movimiento; pero cuando se trate en general del equilibrio y movimiento de los cuerpos debe atenderse á la resistencia que opone, en cuya virtud destruye en parte el efecto de otras fuerzas.

De todos los cálculos y experiencias que se han hecho para determinar en distintas circunstancias el rozamiento de dos cuerpos en contacto, se han deducido los siguientes principios generales:

1.<sup>o</sup> *El rozamiento que experimenta un cuerpo al resbalar sobre otro es independiente de la extensión de las superficies en contacto.* Porque, si la extensión de las superficies aumenta ó disminuye, sin que cambie la presión, la resistencia total será la misma; pues creciendo la superficie disminuirá la presión en cada molécula, por quedar