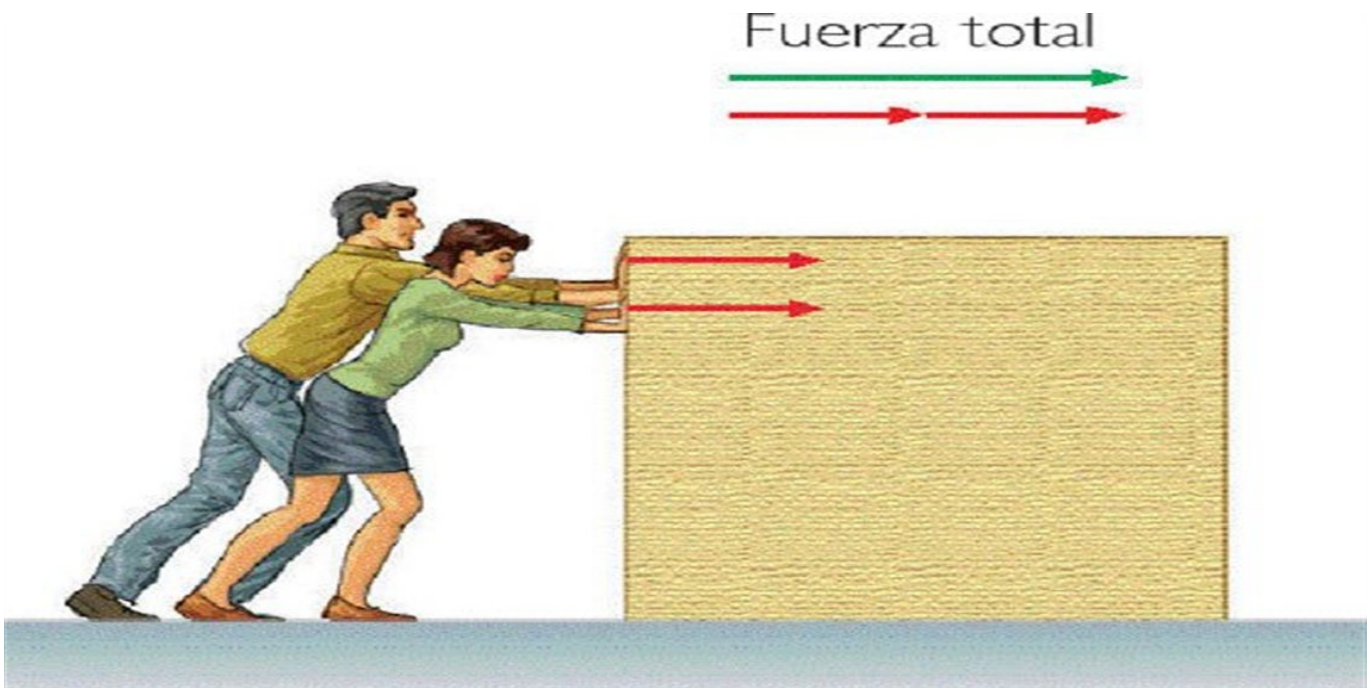


El trabajo, energía y potencia: elementos de física en el trabajo mecánico

En el campo de la Física no se habla de trabajo simplemente, sino de Trabajo Mecánico y se dice que una fuerza realiza trabajo cuando desplaza su punto de aplicación en su misma dirección. Todos habitualmente utilizamos palabras como trabajo, potencia o energía. Este trabajo tiene como finalidad explicar y precisar el significado de la energía, trabajo y potencia en el ámbito de las ciencias físicas, valoraremos la necesidad de tal precisión para abordar muchos hechos cotidianos; investigar nuevas aplicaciones; comprobaremos que el cálculo de un trabajo (W), de una potencia (P) desarrollada por una máquina o el control de la energía (E) consumida o almacenada, resultan muy útiles para el mantenimiento y desarrollo de la sociedad en que vivimos.

Intentaremos proveer una lectura breve, explicativa y clara sobre los conceptos y su forma de aplicación en la asignatura de física.



1. Introducción al trabajo mecánico

El trabajo mecánico es una magnitud escalar que depende del módulo de una fuerza aplicada sobre un punto material y el desplazamiento que esta le produce.

El trabajo que realiza una fuerza sobre un cuerpo equivale a la energía necesaria para desplazar este cuerpo. El trabajo es una magnitud física escalar que se representa con la letra

W

(del inglés Work) y se expresa en unidades de energía, esto es en julios o joules (J) en el

Sistema Internacional de Unidades.

Ya que por definición el trabajo es un tránsito de energía, nunca se refiere a él como incremento de trabajo, ni se simboliza como ΔW . Se expresa como:

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} = F d \cos \alpha$$

Donde F es el módulo de la fuerza, d es el desplazamiento y α es el ángulo que forman entre sí el vector fuerza y el vector desplazamiento. Cuando el vector fuerza es perpendicular al vector desplazamiento del cuerpo sobre el que se aplica, dicha fuerza no realiza trabajo alguno. Asimismo, si no hay desplazamiento, el trabajo también será nulo.

2. Energía

El concepto de energía es uno de los más importantes en Física y en general en casi cualquier ciencia experimental. Aunque estamos muy acostumbrados a emplearlo y forma parte de nuestro vocabulario habitual, es un concepto muy difícil de definir con precisión. Se puede definir informalmente la energía que posee un cuerpo como “una medida de su capacidad para realizar trabajo”.

La energía es una magnitud abstracta que está ligada al estado dinámico de un sistema cerrado y que permanece invariable con el tiempo. Se trata de una abstracción que se le asigna al estado de un sistema físico. Debido a diversas propiedades (composición química, masa, temperatura, etc.), todos los cuerpos poseen energía.



1. Energía cinética

Es la energía que un objeto tiene debido a su movimiento. La energía cinética depende de la masa y la velocidad del objeto según la ecuación:

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

Donde m es la masa del objeto y v^2 la velocidad del mismo elevada al cuadrado. El valor de E también puede derivarse de la ecuación $E = (m \cdot a) \cdot d$ donde a es la aceleración de la masa m y d es la distancia a lo largo de la cual se acelera.

Las relaciones entre la energía cinética y la energía potencial, pueden ilustrarse elevando un objeto y dejándolo caer.



Cuando el objeto se levanta desde una superficie se le aplica una fuerza vertical. Al actuar esa fuerza a lo largo de una distancia, se transfiere energía al objeto. La energía asociada a un objeto situado a determinada altura sobre una superficie se denomina energía potencial. Si se deja caer el objeto, como hemos visto en el dibujo anterior, la energía potencial se convierte en energía cinética.

De esta expresión para la energía se deduce que:

1. La energía cinética es siempre mayor o igual que cero. No existen energías cinéticas negativas.
2. Para una velocidad dada, la energía cinética es directamente proporcional a la masa del cuerpo (doble masa, doble energía cinética.....) y para una masa dada es directamente proporcional al cuadrado del módulo de su velocidad (doble velocidad, cuatro veces

más energía cinética,...). Se ve que la influencia de la velocidad es superior a la de la masa.

3. La energía cinética de un cuerpo depende del módulo de su velocidad, pero no de la dirección o sentido de esta. Todos los objetos de la misma masa que se mueven con la misma rapidez tienen la misma energía cinética.
4. La energía cinética de un cuerpo depende del sistema de referencia desde el que se estudia (porque su velocidad depende de ese sistema de referencia)

Existe un importante teorema relacionado con la energía cinética, el llamado teorema de la energía cinética o de las fuerzas vivas: *El trabajo total realizado sobre un cuerpo es igual a su variación de energía cinética*

$$W_{\text{total}} = \Delta E_c$$

En consecuencia, si no ha cambiado la rapidez con que se mueve un cuerpo, el trabajo total realizado sobre él es nulo.

2. Energía potencial gravitatoria

La energía potencial gravitatoria es la energía asociada con la fuerza gravitatoria. Esta dependerá de la altura relativa de un objeto a algún punto de referencia, la masa, y la fuerza de la gravedad. Por ejemplo, si un libro apoyado en una mesa es elevado, una fuerza externa estará actuando en contra de la fuerza gravitacional. Si el libro cae, el mismo trabajo que el empleado para levantarlo, será efectuado por la fuerza gravitacional. Por esto, un libro a un metro del piso tiene menos energía potencial que otro a dos metros, o un libro de mayor masa a la misma altura.

Si bien la fuerza gravitacional varía junto a la altura, la diferencia es muy pequeña como para ser considerada, por lo que se considera a la aceleración de la gravedad como una constante. En la tierra por ejemplo, la aceleración de la gravedad es considerada de $9,8 \text{ m/s}^2$ en cualquier parte. En cambio en la luna, cuya gravedad es muy inferior, se generaliza el valor de $1,66 \text{ m/s}^2$

Para estos casos en los que la variación de la gravedad es insignificante, se aplica la fórmula:

$$U = mgh$$

Donde

U

es la energía potencial,

m

la masa,

g

la aceleración de la gravedad, y

h

la altura. Sin embargo, si la variación de la aceleración de la gravedad es considerable, se debe aplicar la fórmula general:

$$U = -\frac{GMm}{r}$$

Donde

U

es la energía potencial,

r

es la distancia entre la partícula material y el centro de la Tierra,

G

la constante universal de la gravitación y

M

la masa de la Tierra. Esta última es la fórmula que necesitamos emplear, por ejemplo, para estudiar el movimiento de satélites y misiles balísticos:

Cuando la distancia recorrida por un móvil h es pequeña, lo que sucede en la mayoría de las aplicaciones usuales (tiro parabólico, saltos de agua, etc.), podemos usar el desarrollo de Taylor a la anterior ecuación. Así si llamamos r a la distancia al centro de la tierra, R al radio de la Tierra y h a la altura sobre la superficie de la Tierra tenemos:

$$V_G(r) = -\frac{GMm}{(R+h)} \approx -\frac{GMm}{R} + \frac{GM}{R^2}mh = -\frac{GMm}{R} + mgh$$

Donde hemos introducido la aceleración sobre la superficie:

$$g = \frac{GM}{R^2} \approx 9,80665 \frac{m}{s^2}$$

Por tanto la variación de la energía potencial gravitatoria al desplazarse un cuerpo de masa m desde una altura h_1 hasta una altura h_2 es:

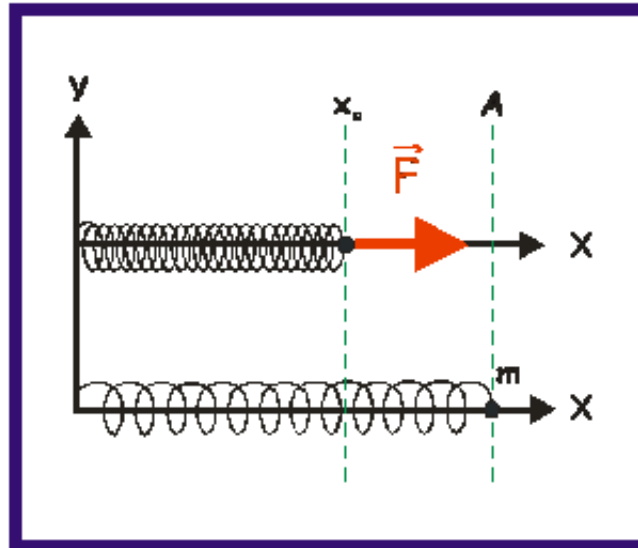
$$\Delta V_G \approx mg(h_2 - h_1)$$

Dado que la energía potencial se anula cuando la distancia es infinita, frecuentemente se asigna energía potencial cero a la altura correspondiente a la del suelo, ya que lo que es de

interés no es el valor absoluto de V , sino su variación durante el movimiento. Así, si la altura del suelo es $h_1 = 0$, entonces la energía potencial a una altura $h_2 = h$ será simplemente $V_G = mgh$.

3. Energía potencial del resorte

Se tiene un resorte en su posición de equilibrio x_0 con un extremo fijo y en el otro se encuentra adosada una masa m . Deformamos el resorte alargándolo una distancia A mediante una fuerza aplicada a m , como se indica en la figura.



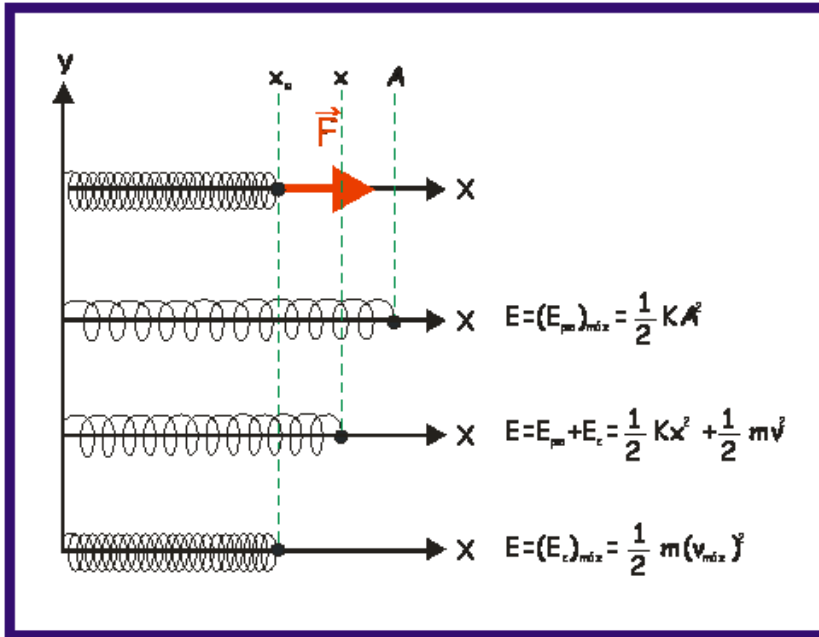
La fuerza utilizada para deformar el resorte no es constante en todo el proceso. Como el resorte es un cuerpo elástico, la fuerza aplicada en cada instante dependerá de la distancia a la posición de equilibrio ($F = Kx$; siendo K la constante elástica del resorte y x cualquier posición entre x_0 y A). De esta manera, la magnitud de la fuerza variará entre la fuerza inicial ($F_i = 0$) y la fuerza final máxima ($F_f = KA$). Así, la fuerza promedio aplicada durante el proceso de deformación será:

$$\bar{F} = \frac{F_i + F_f}{2} = \frac{0 + KA}{2} = \frac{1}{2}KA$$

El trabajo total realizado por esta fuerza será:

$$W = \bar{F} \cdot A = \frac{1}{2}KA^2 = \Delta E_{pe}$$

y se invertirá en variar la energía potencial elástica del resorte (E_{pe}).



En la distancia A de la posición de equilibrio, la energía mecánica total del resorte (E) es igual a la energía potencial elástica:

$$E = E_{pe} = \frac{1}{2}KA^2$$

Cuando se suelta el resorte, la energía potencial elástica se convierte en energía cinética (E_c), permaneciendo constante la energía mecánica total durante todo el recorrido. Esto significa que en un instante cualquiera del movimiento del resorte, cuando éste está regresando a su posición inicial de equilibrio, se debe cumplir:

$$E = \frac{1}{2}KA^2 = \frac{1}{2}Kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$$

donde x es una posición intermedia entre x_0 y A; v es la velocidad con la que la masa m pasa por la posición x.

Cuando el resorte regresa a la posición inicial x_0 , la masa se mueve con una velocidad máxima $v_{máx}$, de manera que la energía mecánica total es igual a la energía cinética máxima:

$$E = \frac{1}{2}KA^2 = \frac{1}{2}mv_{máx}^2$$

Como vemos, se ha producido un intercambio de energía potencial elástica a energía cinética,

manteniéndose constante la energía mecánica total durante todo el proceso. Si existe fricción dentro del propio resorte o con alguna estructura externa, la energía mecánica se disiparía y ya no permanecería constante.

4. Conservación de la energía mecánica

Los cuerpos poseen energía y esa energía puede transformarse de un tipo en otro. Igualmente los cuerpos pueden transferirse energía de unos a otros. Sin embargo, la energía total del universo (y de cualquier sistema que permanezca aislado y no intercambie energía con su entorno) permanece constante: no se conoce ningún proceso que cree o destruya energía.

Este principio se conoce como principio de conservación de la energía, y es uno de los pilares fundamentales de la Física.

El principio de la conservación de la energía mecánica describe que la suma de la energía cinética y potencial de un objeto en caída libre permanece constante en cualquier instante.

Existen dos formas en las que los cuerpos pueden intercambiar energía:

1. Mediante la aplicación de una fuerza que realiza un trabajo. Cuando calculamos el trabajo realizado por una fuerza estamos calculando la energía que el cuerpo que realiza la fuerza da (si el trabajo es positivo) o quita (si el trabajo es negativo) al cuerpo que sufre la fuerza. Como la cantidad de energía total ha de permanecer constante, si un cuerpo realiza un trabajo positivo sobre otro y por tanto le comunica una cierta cantidad de energía, él ha de perder una cantidad equivalente de energía. De la misma forma si le quita energía (trabajo negativo) él ha de ganar esa misma cantidad de energía.
2. La segunda forma de transmitir energía de un cuerpo a otro es colocando en contacto dos cuerpos que se encuentran a diferente temperatura. En ese caso pasa energía del cuerpo más caliente al más frío hasta que las temperaturas de ambos se igualan. Se trata aquí de un flujo de energía térmica y se da el nombre de calor a la energía intercambiada por los dos cuerpos.

3. Potencia

La potencia es una magnitud eminentemente práctica. La potencia es trabajo mecánico que incorpora en su valor el parámetro tiempo. Es decir, la potencia se expresa con un número que cuantifica el trabajo efectuado durante un lapso de tiempo. Mientras más rápido se realiza el trabajo la potencia que se desarrolla es mayor. Se define la potencia media como el cociente entre el trabajo realizado, W , y el tiempo tardado en realizarlo, Δt :

$$P_m = \frac{W}{\Delta t}$$

Su unidad en el S.I. es el vatio (W). $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$, es decir, una potencia de un vatio indica que se realiza un trabajo de un julio cada segundo. Se utilizan también mucho el kilovatio (kw) y, sobre todo en ingeniería, el caballo de vapor (C.V.).

$$1\text{ C.V.} = 735\text{ W}$$



Al multiplicar potencia por tiempo nos da trabajo o energía. El kW.h (kilovatio por hora) es una unidad de energía (no se emplea para trabajo) que equivale a la energía producida o consumida por un dispositivo con una potencia de 1 kW al funcionar durante una hora. Su equivalencia con el julio es:

$$1\text{ kW.h} = 3.600.000\text{ J}$$

La potencia en términos generales, expresa la capacidad para ejecutar un trabajo en el menor tiempo posible. La expresión nos da la potencia media durante un cierto intervalo de tiempo. La potencia instantánea, P , se obtiene al tomar el límite de la potencia media cuando el intervalo de tiempo tiende a 0, es decir, es la derivada del trabajo realizado respecto al tiempo:

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt}$$

Se puede demostrar, a partir de la anterior definición, que la potencia instantánea desarrollada por una fuerza determinada es igual al producto de la fuerza por la velocidad del punto donde se aplica por el coseno del ángulo que forman fuerza y velocidad:

$$P = F \cdot v \cdot \cos \alpha$$

Otro concepto muy importante en la práctica es el de rendimiento, r . Se puede aplicar tanto al trabajo (o energía) como a la potencia y se define como el cociente (multiplicado por 100 si queremos darlo en tanto por ciento) entre el trabajo/potencia útil (a veces lo llaman práctico, real, etc) o energía obtenida y el trabajo que teóricamente esperaríamos obtener del dispositivo

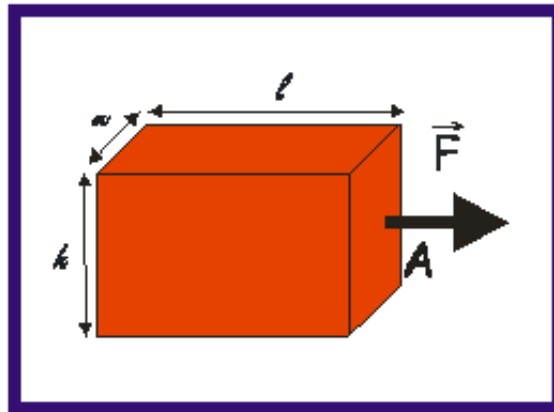
(trabajo/potencia teórica, esperada, etc) o la energía/potencia consumida en realidad por el dispositivo.

$$r = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{teórica}}} \cdot 100$$

4. Ley de Hooke

La Ley de Hooke describe fenómenos elásticos como los que exhiben los resortes. Esta ley afirma que la deformación elástica que sufre un cuerpo es proporcional a la fuerza que produce tal deformación, siempre y cuando no se sobrepase el límite de elasticidad.

Supongamos un paralelepípedo de material sólido cuyas dimensiones son $l \times h \times w$



Le aplicamos una fuerza de tensión a lo largo de su dimensión l . En esa dimensión el cuerpo se habrá alargado (deformado) una longitud Δl . Si suponemos que esta deformación es pequeña en comparación a la dimensión inicial ($\Delta l \ll l$)

$$P_2$$

-

$$P_1$$

= m.(

$$V_2$$

-

$$V_1$$

) luego

$$\Delta$$

$$\vec{p}$$

$$= m \cdot \vec{v}$$

$$\Delta$$

$$\vec{v}$$

Estas ideas son congruentes con la segunda ley de Newton,

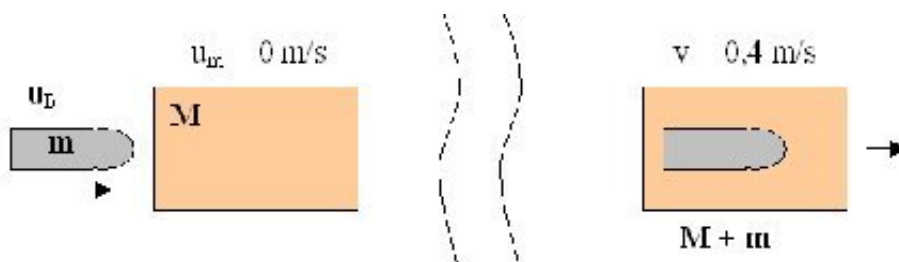
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

La segunda ley de Newton, en términos de la cantidad de movimiento, establece que la fuerza sobre un objeto es igual a la rapidez de cambio de la cantidad de movimiento del objeto. Es decir:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Una bala se acelera cuando se ejerce una fuerza sobre ella. Cuán rápido se mueva al final, no obstante, depende de algo además de su masa y la fuerza impartida. La velocidad final depende del tiempo. Una fuerza sostenida por un tiempo largo empuja la bala a una velocidad mayor que la misma fuerza aplicada brevemente.

Se puede expresar la segunda ley de Newton de otra forma, haciendo más evidente el factor tiempo, sustituyendo el término para la aceleración por su definición (el cambio en velocidad por tiempo).



CONCLUSIÓN

Por medio de la realización de este trabajo hemos podido reconocer la importancia de la energía en nuestra vida, gracias a ella, podemos realizar trabajos, mover objetos, inclusive mover nuestro cuerpo. Pero así como nuestras vidas están relacionadas de movimiento, energía y trabajos, existen otros elementos que nos rodean, como potencia, impulso y cantidad de movimiento que fueron estudiadas por muchos físicos que intentaron dedicar sus vidas para

proponer fórmulas y explicaciones lógicas sobre el comportamiento y la forma de medirlos.

BIBLIOGRAFÍA

_____. Trabajo. Wikipedia. http://es.wikipedia.org/wiki/Trabajo_%28f%C3%ADsica%29

_____. Trabajo mecánico y energía. <http://www.hiru.com/fisica/trabajo-mecanico-y-energia>

_____. Energía Potencial. Wikipedia.
http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_potencial

_____. Esfuerzo y deformación.
http://fcm.ens.uabc.mx/~fisica/FISICA_II/APUNTES/ENERGIA.htm

ALVARENGA, B. y MÁXIMO, A. Física General con experimentos sencillos. Tercera Edición. Harla, S.A. de C.V., México. 1981. 976 pp.

TIPPENS, P. Física: Concepto y aplicaciones. quinta edición. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México. 1996. 981 pp.

CARDIELLO, N. Elementos de Física y de Química Editorial Kapeluz

MAUTINO, J. Física 4; Aula Taller. Editorial Stella