

Medición del módulo de elasticidad de una barra de acero

Horacio Patera y Camilo Pérez

hpatera@fra.utn.edu.ar

*Escuela de Educación Técnica N° 3
Florencio Varela, Buenos Aires, Argentina*

En este trabajo nos proponemos medir el módulo de elasticidad de una barra de metal. El dispositivo experimental es muy simple y de muy bajo costo. Para el experimento empleamos una planchuela de acero sujeta por uno de sus extremos a una mesa, mientras que el otro queda libre. Medimos el descenso vertical del extremo libre (flecha) en función de las cargas que se cuelgan del extremo libre.

Introducción

Si a un elemento metálico homogéneo y de sección regular conocida, el cual se halla en voladizo (un extremo fijo y el otro libre), le colgamos cargas conocidas sobre el extremo libre, se observarán distintos descensos del extremo, los cuales responden a:^[1, 2]

$$f = \frac{L^3}{3 \cdot J \cdot E} \cdot P \quad (1)$$

donde:

- f : flecha o desplazamiento vertical del extremo libre.
- P : carga aplicada (peso).
- L : luz del voladizo (longitud libre o longitud de la barra que sobresale).
- J : momento de inercia areal respecto del eje horizontal del elemento. Se mide en m^4 .
- E : módulo de elasticidad o módulo de Young (valor que depende del tipo de material y no de sus dimensiones). La unidad del módulo es N / m^2 .

En la Figura 1 se muestra la definición de las dimensiones de la barra y la expresión para calcular el momento areal J .

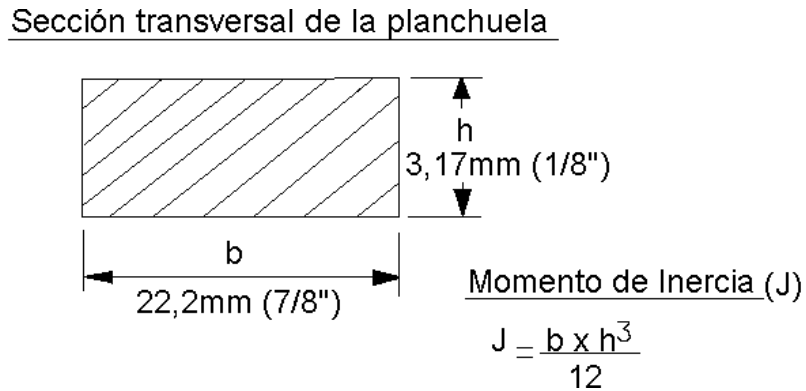


Figura 1. Momento areal de una barra de sección rectangular. Aquí b es el ancho de la barra y h su espesor.

Método experimental

Con una balanza determinamos las masas m que se cuelgan de la barra. El valor de cada carga se determina como $P = mg$ ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$). Utilizando una regla común, de apreciación 1 mm, determinamos la luz L del voladizo, las dimensiones de la sección transversal de la planchuela b y h , y los descensos del extremo libre f .

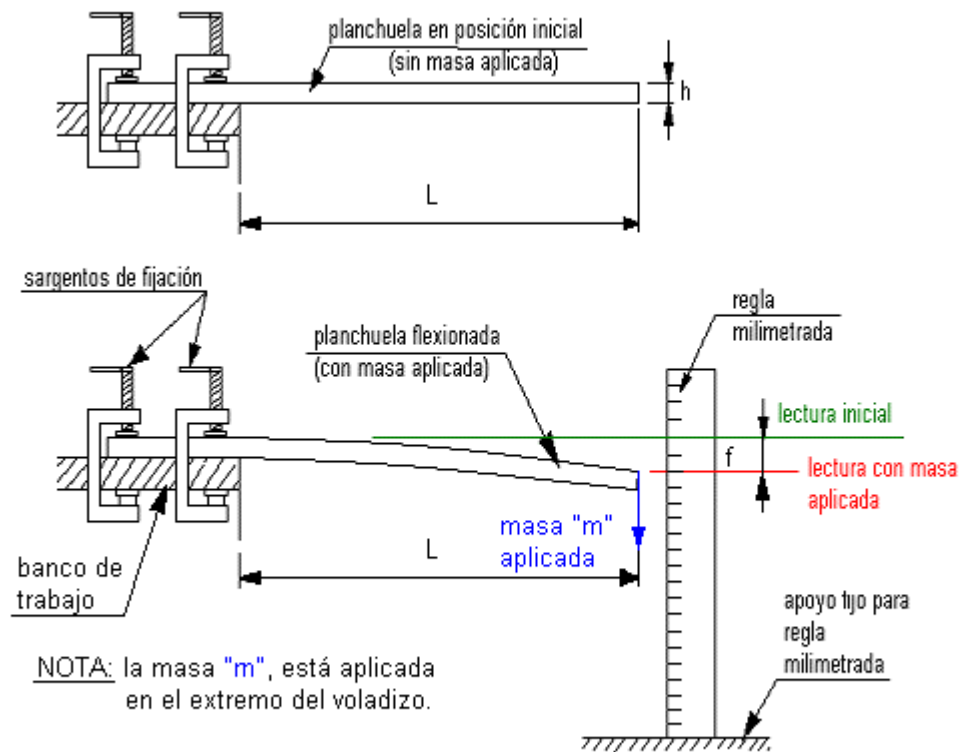


Figura 2. Dispositivo experimental para medir el módulo de elasticidad de una barra. La regla vertical nos permite medir la flecha o desplazamiento vertical de la barra, para los distintos pesos que se cuelgan del extremo libre.

La expresión (1) en términos de la masa que se cuelga es:

$$f = \frac{L^3}{3 \cdot J \cdot E} \cdot g \cdot m \quad (2)$$

Para una dada configuración de la barra, es decir para un dado valor de L , la expresión (2) se puede escribir como:

$$f = C \cdot m \quad (3)$$

donde

$$C = \frac{L^3}{3 \cdot J \cdot E} \cdot g \quad (4)$$

La expresión (3) es la ecuación de una recta que pasa por el origen con pendiente igual a C ; la variable independiente es la masa m y la variable dependiente es la flecha f .

El valor de E que se obtiene por este método es válido únicamente si lo determinamos dentro del rango de proporcionalidad del material considerado. Una forma operacional de saber si estamos en la región de proporcionalidad del material consiste en aplicar una carga al extremo libre y observar que, cuando se quita la carga, el material recupera su posición original, o sea no registra una deformación permanente. En esta situación estamos dentro del rango de validez de las expresiones (1), (2) y (3). En el caso en que las cargas produzcan una deformación permanente, no podemos usar el método propuesto para determinar el módulo de elasticidad.

Vale la pena notar que el apoyo del anclaje debe terminar en cantos vivos (bordes no redondeados para la mesa en que apoyamos la barra), para que la luz L del voladizo quede bien definida.

Resultados

La Tabla 1 contiene los datos del experimento.

Luz (L)	0,55 m
Base (b)	0,022 m
Altura (h)	0,0032 m
Carga mayor (P)	4,9 N
Flecha mayor (f)	0,021 m

Tabla 1. Datos del experimento.

Usando la técnica descrita determinamos los valores de las flechas f para una dada longitud de la luz L , usando varios pesos en cada caso. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Masa (kg)	Carga (N)	Flecha (mm)
0,00	0,000	0,0
0,05	0,490	2,5
0,10	0,981	4,5
0,20	1,962	9,0
0,30	2,943	13,0
0,40	3,924	17,0
0,50	4,905	21,0

Tabla 2. Resultados experimentales para una barra de luz $L = 0.55$ m

La Figura 3 muestra la dependencia de la flecha con la carga aplicada en el extremo libre.

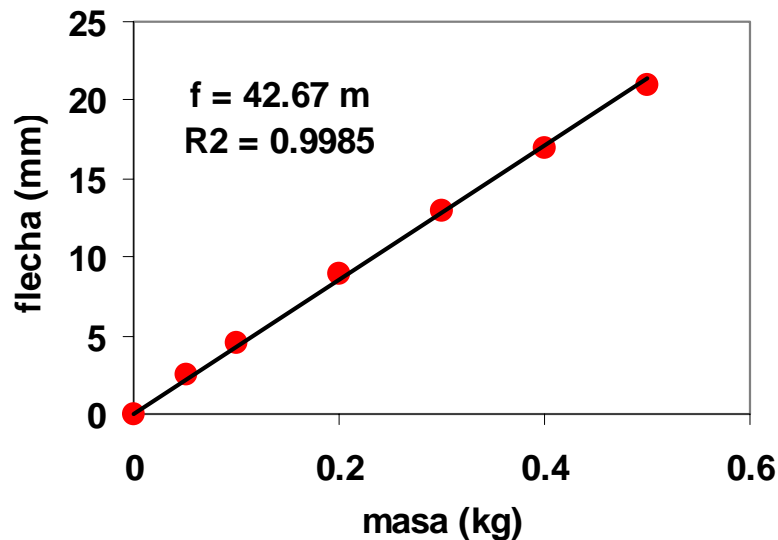


Figura 3. Resultados de la medición de la flecha f en función de la masa m que se cuelga. Vemos que la relación es lineal de acuerdo con la expresión (1). La pendiente representa el valor de $L^3 g/(3 J E)$, según la ecuación (2).

Para la sección rectangular el momento areal de inercia J es:

$$J = 0,00594 \text{ cm}^4 = 5.94 \times 10^{-11} \text{ m}^4$$

Usando la ecuación (4), los datos de la Tabla 1 y $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, el módulo de elasticidad E del material estudiado resulta:

$$E = 21,5 \times 10^{10} \text{ N / m}^2$$

Conclusiones

Del análisis del gráfico de resultados (figura 3) podemos comprobar que la experiencia realizada cumple con las hipótesis del experimento, es decir, la relación entre la flecha y el peso es lineal. El valor de E encontrado es muy similar al esperado para los aceros utilizados en la construcción, $E = 21,0 \times 10^{10} \text{ N / m}^2$, como el que se usó para este experimento.^[3]

De la ecuación (1) se puede observar que para un mismo elemento a ensayar, si tomamos distintas longitudes e idénticas situaciones de carga en cada caso, los valores de la flecha f serán mayores cuanto mayor sea el valor de la luz L . Consecuentemente con las variaciones de longitud, si tomamos valores reducidos, las flechas serán pequeñas, por lo tanto el error cometido en la medición ocular será mayor y por ende tendremos una mayor dispersión de valores.

Referencias

- [1] J. Fernández y E. Galloni, Física Elemental I, Nigar, Buenos Aires, 1981.
- [2] W. Sears y W. Zemansky, Física, Aguilar S.A., Madrid, 1978.
- [3] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/alargamiento/alargamiento.htm

En este sitio pueden verse datos del módulo de Young para distintos metales.