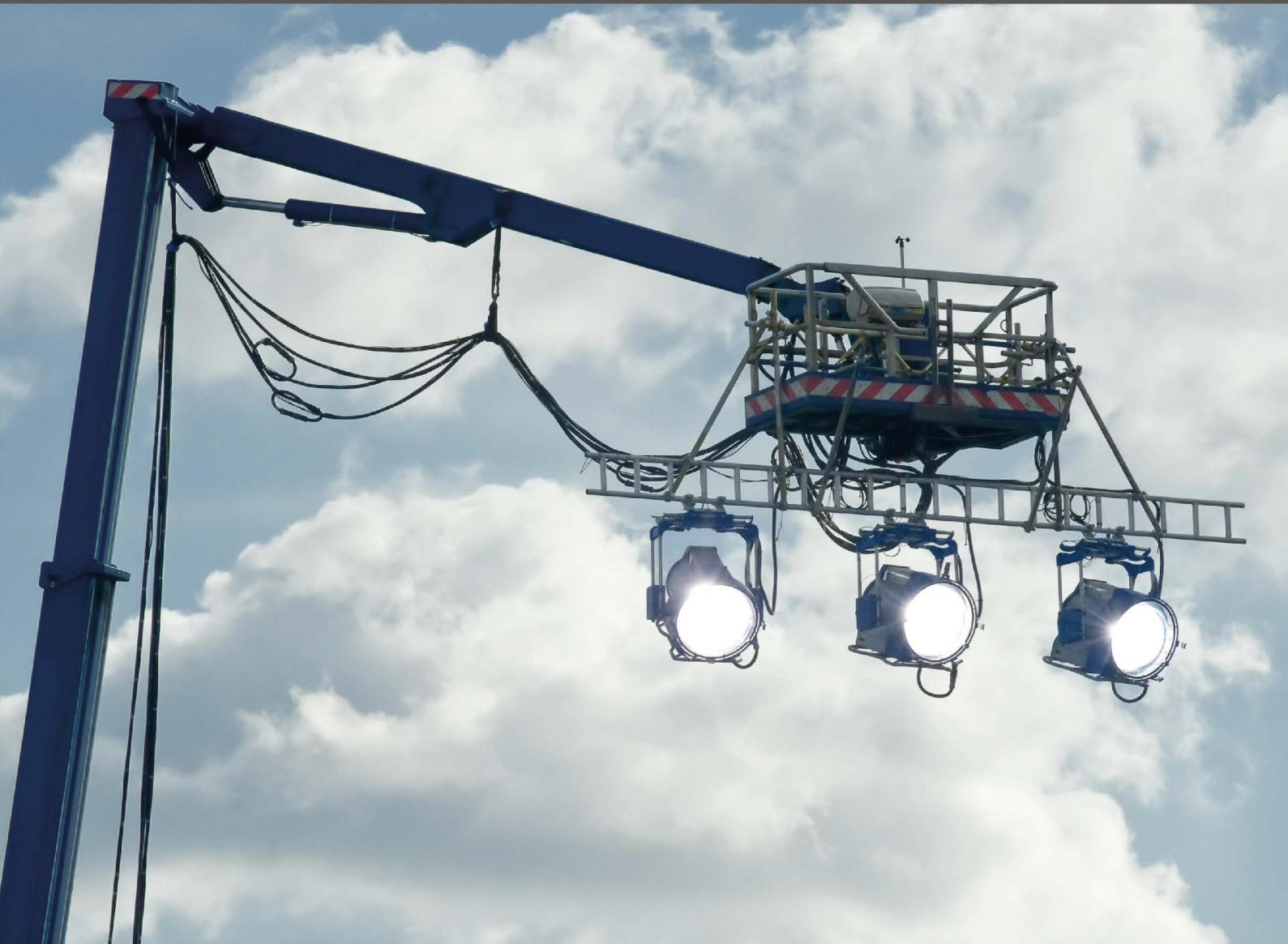




# **MATRIX** | STRUCTURES

## Deflection of Beams



**MATRIX**

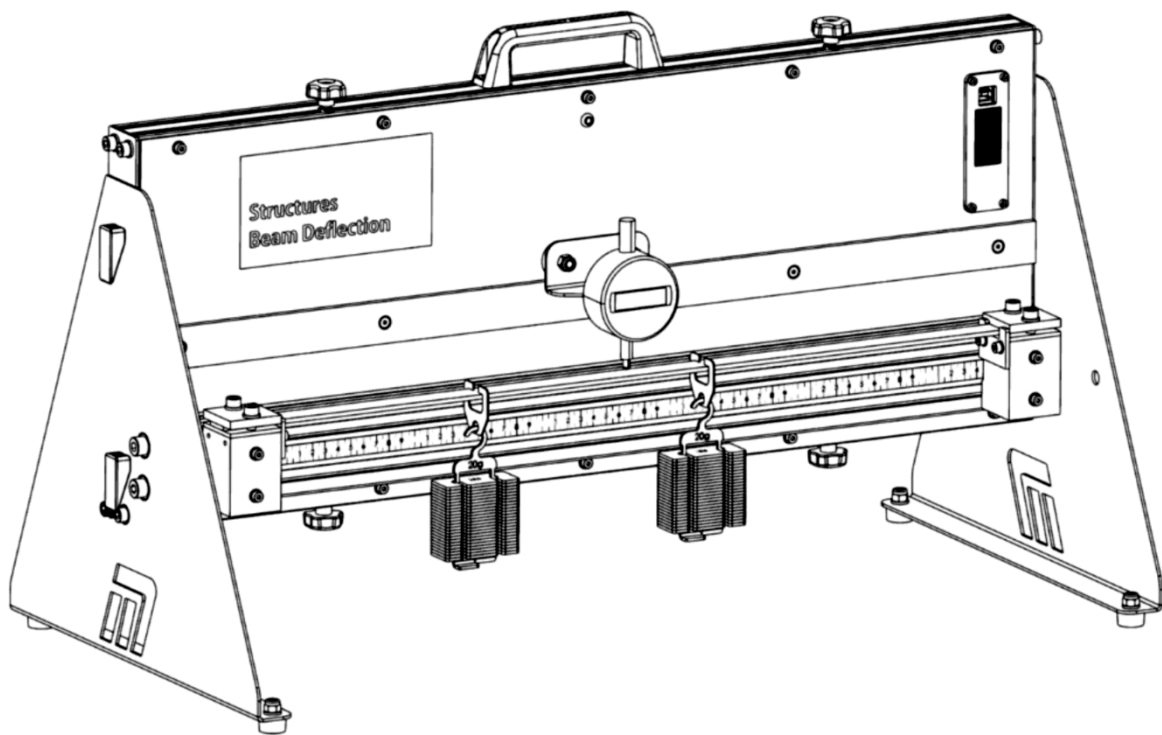
CP1879

[www.matrixtsl.com](http://www.matrixtsl.com)

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

## Desviación de una viga

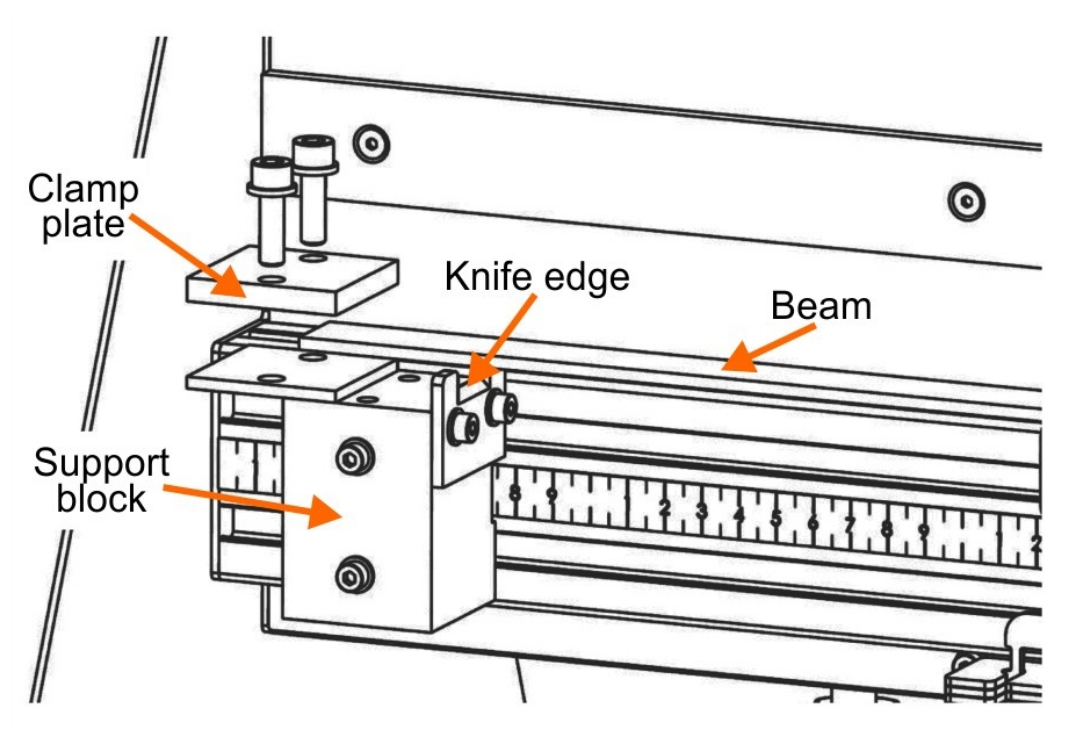
	Introducción	3
Ficha 1 -	Efecto de la carga	6
Ficha 2 -	Efecto del material	8
Ficha 3 -	Efecto del perfil	11
Ficha 4 -	Efecto de los soportes	12
Ficha 5 -	Efecto de la longitud	14
	Folleto para el alumno	15



## El aparato:

El aparato está diseñado para funcionar con una alimentación de 5v. Esto significa que un cable USB conectado a un ordenador o a un enchufe será suficiente. El software de adquisición de datos sólo funciona a través del ordenador, por lo que la configuración recomendada es tener el USB enchufado al ordenador que está ejecutando el software. Sin embargo, si desea realizar el experimento sin el software, tendrá que conseguir un enchufe USB para el estilo de enchufe local correcto.

Detalle del mecanismo de soporte de la viga



Afloje los pernos del bloque de soporte, para deslizar el soporte a izquierda y derecha para cambiar la distancia.

Retire las placas de sujeción para eliminar la opción de soporte fijo.

Deslice la placa del borde de la cuchilla hacia arriba y hacia abajo para añadir el soporte simple con los 2 pernos.

## Soportes sencillos:

- Establecer un soporte de filo de cuchillo por:
  - retirar los tornillos que sujetan la placa de sujeción al bloque de apoyo;
  - levantando la placa de sujeción;
  - aflojando los tornillos del lateral del bloque de soporte y deslizando hacia arriba el filo de la cuchilla soporte, hasta que el filo de la cuchilla sobresalga por encima del borde del bloque.
- Afloje ligeramente los pernos de la parte delantera del bloque de soporte y deslice el bloque hacia un lado hasta la posición deseada.

## Soportes fijos:

- Retire la placa del filo de la cuchilla retrayéndola completamente.
- Coloque la viga en posición sobre el bloque de apoyo.
- Vuelva a colocar el espaciador y la placa de sujeción y apriételes uniformemente a ambos lados de la viga.

## Reloj comparador:

- Sujeta el reloj comparador al soporte y fíjalo sobre el centro de la viga de forma que su punta inferior descansa ligeramente sobre ella.
- Los imanes del soporte del reloj comparador pueden desplazarse lateralmente para ajustar la posición del reloj comparador.

## Precauciones:

- Ponga a "cero" la lectura del reloj comparador utilizando los botones del instrumento para eliminar las masas de la viga y del colgador de masa vacía en los cálculos posteriores.
- Golpee suavemente el banco para reducir el efecto de la fricción en la desviación.

# Ficha 1

## Efecto de la carga

Esta investigación examina cuánto se dobla una viga cuando se somete a diferentes cargas.

Para el ingeniero, puede ser un aspecto vital del diseño: en puentes, edificios, maquinaria, etc.

La fotografía muestra parte de una viga utilizada en un puente.

Su forma curvada está pensada para que sea más rígido cuando se carga y para simplificar el modo en que se apoya en sus extremos.



### Te toca a ti:

- Coloca soportes sencillos en ambos extremos del aparato, separados por una distancia de 400 mm.
- Utiliza un calibre para medir las dimensiones de la viga de aluminio 1 y, a continuación, colócala en el centro de los soportes.
- Anota tus mediciones en el Student Handout.
- Sujete la viga en posición con las placas de sujeción.
- Suspende una percha de masa vacía debajo de la viga, a medio camino entre los bloques de apoyo, es decir, a 200 mm de cada uno.
- Poner a cero el reloj comparador.
- Añade una masa de 100 g al colgador de masas.
- Siguiendo las precauciones indicadas anteriormente, utilice el reloj comparador para medir la desviación de la viga.
- Conviértalo en metros, para cálculos posteriores, y anótelo en la tabla del Material para el alumno o utilice el enlace de datos USB para registrarlo en una hoja de cálculo Excel.
- Repita este proceso, aumentando la carga sobre la viga en pasos de 100 g hasta 500 g.
- Traza un gráfico de deflexión en función de la carga y mide su gradiente, siguiendo las instrucciones del Student Handout.
- El diagrama de cuerpo libre de esta disposición se muestra al lado:

# Ficha 1

## Efecto de la carga

### Y qué:

- Esta disposición simula una viga simplemente apoyada.
- La desviación teórica  $\delta$  viene dada por la ecuación:

$$\delta = \frac{F \cdot L^3}{48 E \cdot I}$$

donde **F** es el peso de la carga sobre la viga,  
**L** es la longitud de la viga,  
**E** es el módulo de Young del material de la viga,  
**I** es el momento de inercia del área de la viga.

- Para una barra de sección rectangular:

$$I = \frac{W \times D^3}{12}$$

Dado que **L**, **W**, **D** y **E** son constantes para esta viga,

$$\delta = \text{constante} \times F \quad \text{donde esta constante} = \frac{L^3}{48 \times E \times I}$$

Por lo tanto, un gráfico de deflexión  $\delta$  vs carga **F** debe ser lineal.

- Utiliza tus resultados, con la desviación medida en milímetros, para trazar este gráfico.
- Calcula el gradiente **m** de esta recta en  $\text{m} \cdot \text{N}^{-1}$  (para utilizarlo en hojas de trabajo posteriores.)

# Ficha 2

## Efecto del material

A la hora de diseñar estructuras, conocer las propiedades de los materiales es especialmente importante.

Pueden ser sus propiedades térmicas, como el punto de fusión y la conductividad, mecánicas, como la dureza, la densidad y la ductilidad, o químicas, como la inflamabilidad y la reactividad.



Esta investigación examina el efecto de algunas de las propiedades mecánicas sobre la deflexión producida por una carga dada, para muestras de diferentes metales con dimensiones similares y, a continuación, utiliza los resultados para estimar una de estas propiedades, el módulo de Young.

### Te toca a ti:

- Repite el procedimiento descrito en la ficha 1 para:
  1. la viga de latón;
  2. la viga de acero.
- Registra todos los resultados en las tablas del Student Handout o en una hoja de cálculo Excel, utilizando el enlace de datos USB para registrarlos.
- Utilice los resultados para trazar gráficos de líneas rectas de la deflexión  $\delta$  frente a la carga  $F$  para la viga de latón y la viga de acero.
- Mide sus gradientes y anota los valores en el Student Handout.

# Ficha 2

## Efecto del material

Y qué:

Hallar el módulo de Young

### Opción 1:

Para una viga cargada en su centro, que descansa sobre dos apoyos articulados, (uno de los cuales es efectivamente un soporte de rodillos también), la ecuación de la viga es:

$$\text{desviación } \delta = \text{constante} \times F \text{ donde esta constante} = \frac{L^3}{48 \times E \times I}$$

En otras palabras, un gráfico de deflexión  $\delta$  frente a carga  $F$  es lineal con un gradiente  $m = \frac{L^3}{48 \times E \times I}$

Por lo tanto, el módulo de Young  $E = \frac{L^3}{48 \times m \times I}$

- Utiliza los gradientes de los tres gráficos: aluminio (de la ficha 1), latón y acero, para calcular los valores del módulo de Young de los tres metales.
- Anota tus respuestas en el Student Handout.

### Opción 2:

Para una viga cargada en su centro: flecha  $d = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I}$  donde  $d$  es la flecha en m.

- En el Student Handout, reordena esta fórmula para mostrar que una gráfica de  $F$  vs  $(48 \times d \times I) / L^3$  es lineal con un gradiente igual al módulo de Young.

Para cada metal:

- utilizar las mediciones realizadas en las fichas 1 y 2, para el aluminio, el latón y el acero, para  
Completa la tabla de resultados en el Student Handout.
- trace un gráfico de  $F$  frente a  $(48 \times d \times I) / L^3$  para cada metal.
- Midiendo la pendiente de cada gráfico, obtenga los valores del módulo de Young para los tres metales.
- Anota tus respuestas en el Student Handout.

# Ficha 2

## Efecto del material

### Y por último:

Las vigas de latón y acero tienen dimensiones similares, **L**, **D** y **W**, a las de la viga de aluminio utilizada en la ficha 1.

Por lo tanto, todos tienen valores similares para **I**, el momento de inercia del área.

La fórmula de la página 7 muestra que la deflexión  $\delta$  para una fuerza dada **F** es proporcional a  $1 / E$ , donde **E** es el módulo de Young del material.

En otras palabras, **para una carga determinada**,

$$\delta \text{ (latón)} / \delta \text{ (aluminio)} = E \text{ (aluminio)} / E \text{ (latón)}$$

y

$$\delta \text{ (acero)} / \delta \text{ (aluminio)} = E \text{ (aluminio)} / E \text{ (acero)}$$

y

$$\delta \text{ (acero)} / \delta \text{ (latón)} = E \text{ (latón)} / E \text{ (acero)}$$

- Utilizando tus medidas, calcula las siguientes relaciones, **para una carga de 5N:**
  - deflexión de latón / deflexión de aluminio,
  - deformación del acero / deformación del aluminio,
  - deflexión del acero / deflexión del

latón. y escribe las respuestas en el Student

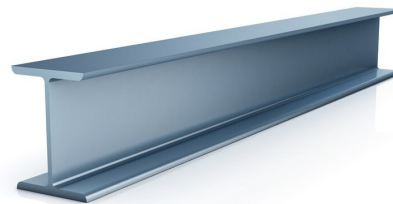
Handout.

- Compara estas relaciones con las relaciones de los módulos de Young de los metales que aparecen en el Student Handout.

# Ficha 3

## Efecto de las dimensiones

Al diseñar una estructura, hay que tener en cuenta el material que se utilizará en su construcción. El módulo de Young indica la rigidez a tracción y compresión del material, lo que permite comparar las resistencias relativas de los materiales.

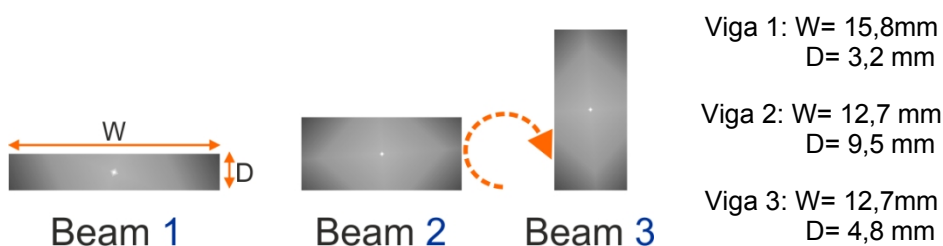


En este experimento, tres vigas del *mismo* material, aluminio, y *misma* longitud están sometidos a la *misma* carga mientras descansan sobre los *mismos* soportes.

La única diferencia radica en las dimensiones de las vigas. Esto da lugar a diferentes valores para sus momentos de inercia de área.

Las diferencias en las flexiones producidas deben ser el resultado de la modificación de este factor.

El diagrama muestra las tres vigas de aluminio del kit.



### Te toca a ti:

- Utiliza un calibre para medir las dimensiones, W y D, de las vigas y anótalas en las tablas del Student Handout o en una hoja de cálculo Excel.
- Calcula y anota el momento de inercia de área para cada viga, utilizando la fórmula:

$$I = W \cdot D^3 / 12$$

- Coloque cada uno por turno en el centro de los soportes.
- Suspende una masa de 200 g del centro de la viga.
- Mida y registre la desviación producida, observando las precauciones habituales.
- Traza un gráfico de la desviación frente a  $1/I$  y responde a la pregunta planteada en el Student Handout.

### Y qué:

- La profundidad de la viga tiene un efecto mayor sobre el valor de la deformación que su anchura debido al término  $D^3$ , lo que da a la viga 2 y a la viga 3 valores de I muy diferentes, aunque tengan la misma anchura.

# Ficha 4

## Efecto de los soportes

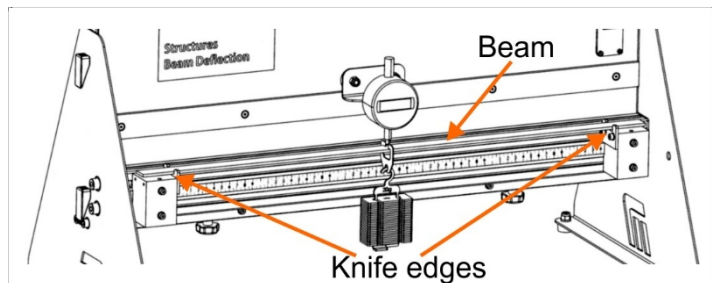
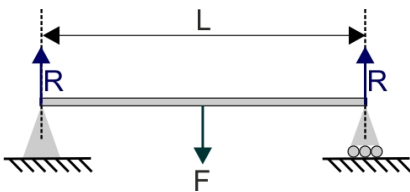
La forma en que se apoya la viga afecta a su curvatura (¡y a la ecuación de desviación de la viga!).

Las investigaciones, hasta ahora, sólo han utilizado apoyos simples, que proporcionan únicamente fuerzas de reacción verticales.

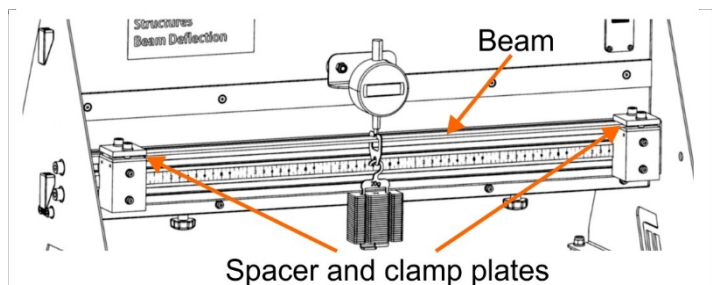
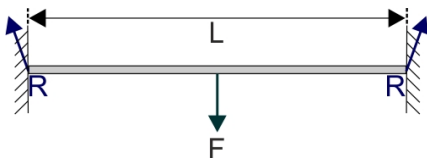
El objetivo de esta investigación es examinar también otros dos tipos de soporte, los soportes fijos y los soportes en voladizo apuntalados.



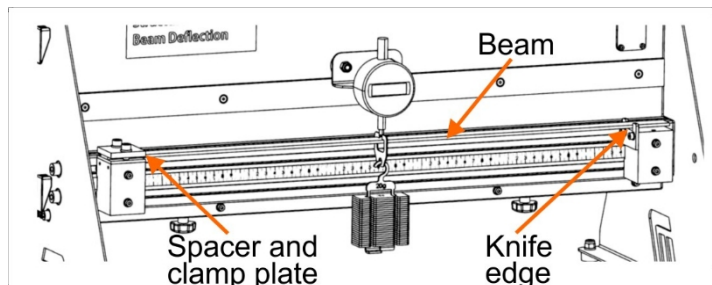
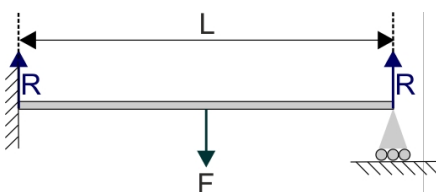
### Soportes sencillos:



### Soportes fijos:



### Soportes en voladizo apuntalados:



La viga en voladizo apuntalada es una viga horizontal con un soporte fijo en un extremo y un soporte rodante en el otro.

# Ficha 4

## Efecto de los soportes

**Te toca a ti:**

**Desafío:**

- A partir de la viga de aluminio 1, investigue el efecto de los tres tipos de apoyo sobre la flecha producida cuando la viga está sometida a carga y utilice los resultados para obtener el valor de **K**, la constante de la fórmula general de la flecha de una viga cargada en su centro, para cada tipo de apoyo.
- Considéralo:
  - qué parámetros mantener constantes a lo largo de la investigación y cuáles variar;
  - qué parámetros debe medir y en qué intervalo;
  - cuántas mediciones necesita para llegar a una conclusión firme;
  - cómo presentar los resultados para justificar una conclusión.
- Registra los resultados en las tablas del impreso para el alumno o en una hoja de cálculo de Excel.
- En el Student Handout:
  - enumere los resultados de sus consideraciones;
  - presentar los resultados de sus investigaciones;
  - indique la conclusión o conclusiones a las que ha llegado;
  - demuestre cómo sus resultados justifican estas conclusiones.

# Ficha 5

## Efecto de la longitud

En la ficha 3 se ha investigado el efecto de la anchura y la profundidad de una viga sobre su flexión bajo carga.

Ahora es el momento de considerar el efecto de la longitud. Obviamente, estos factores están relacionados. Una viga corta y gruesa se doblará menos bajo una tensión dada que una larga y delgada.

La fotografía muestra una situación en la que es importante saber cuánto puede extenderse el brazo de la grúa sin que se doble demasiado al levantar una carga pesada.

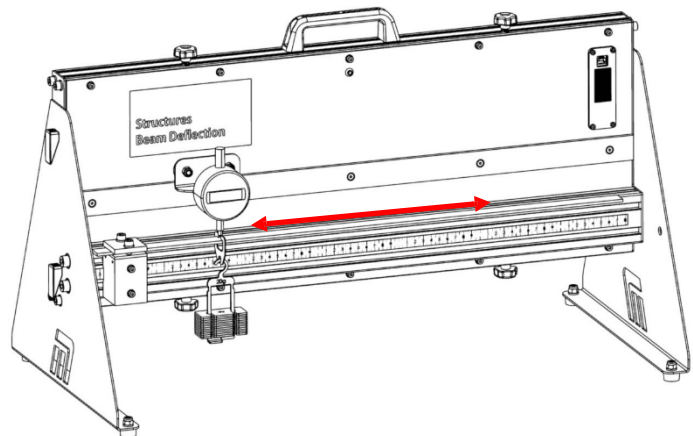


### Te toca a ti:

#### Desafío:

Coloca la viga de acero en voladizo sujetando un extremo y dejando el otro sin apoyo.

Desplaza una carga constante a lo largo de la viga e investiga la relación entre la distancia del extremo fijo a la carga y la deformación producida.



- **Considéralo:**
  - qué parámetros se mantienen constantes y cuáles varían;
  - qué parámetros debe medir y en qué intervalo;
  - cuántas mediciones necesita para llegar a una conclusión firme;
  - cómo presentar los resultados para justificar una conclusión.
- Utilizando las tablas del Material para el alumno o una hoja de cálculo de Excel, anota tus resultados.
- En el Student Handout:
  - enumere los resultados de sus consideraciones;
  - presentar los resultados de sus investigaciones;
  - indique la conclusión o conclusiones a las que ha llegado;
  - demuestre cómo sus resultados justifican estas conclusiones.

# Folleto para el alumno

# Folleto para el alumno

## Ficha 1 - Efecto de la carga

### Viga de aluminio 1:

Longitud **L** de la viga = .....mm = .....m

Anchura **W** de la viga = .....mm = .....m

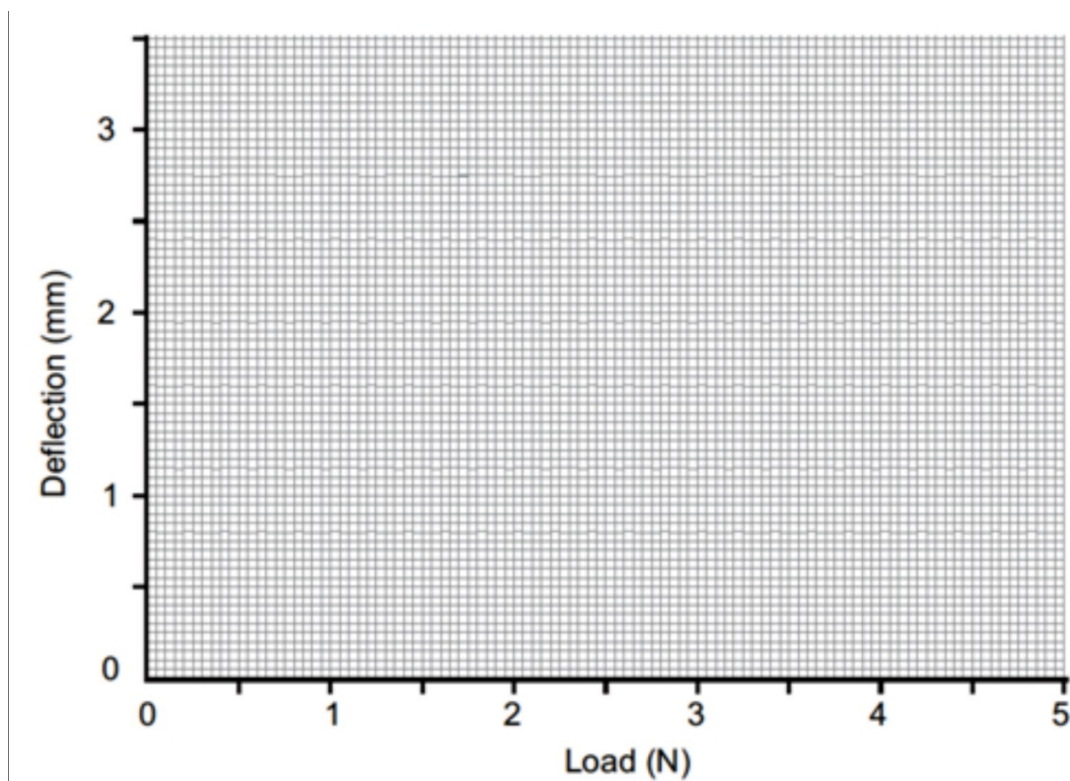
Profundidad **D** de la viga = .....mm = .....m

Masa en suspensión en g	Carga F en N	Desviación de haz $\delta$ en mm
0	0	0
100	1	
200	2	
300	3	
400	4	
500	5	

### Gráfico de deflexión en función de la carga:

Muestra tus medidas como pequeñas cruces.

Deben sugerir una relación rectilínea.



Gradiente **m** del gráfico = .....mm.N<sup>-1</sup> = .....m.N<sup>-1</sup>

# Folleto para el alumno

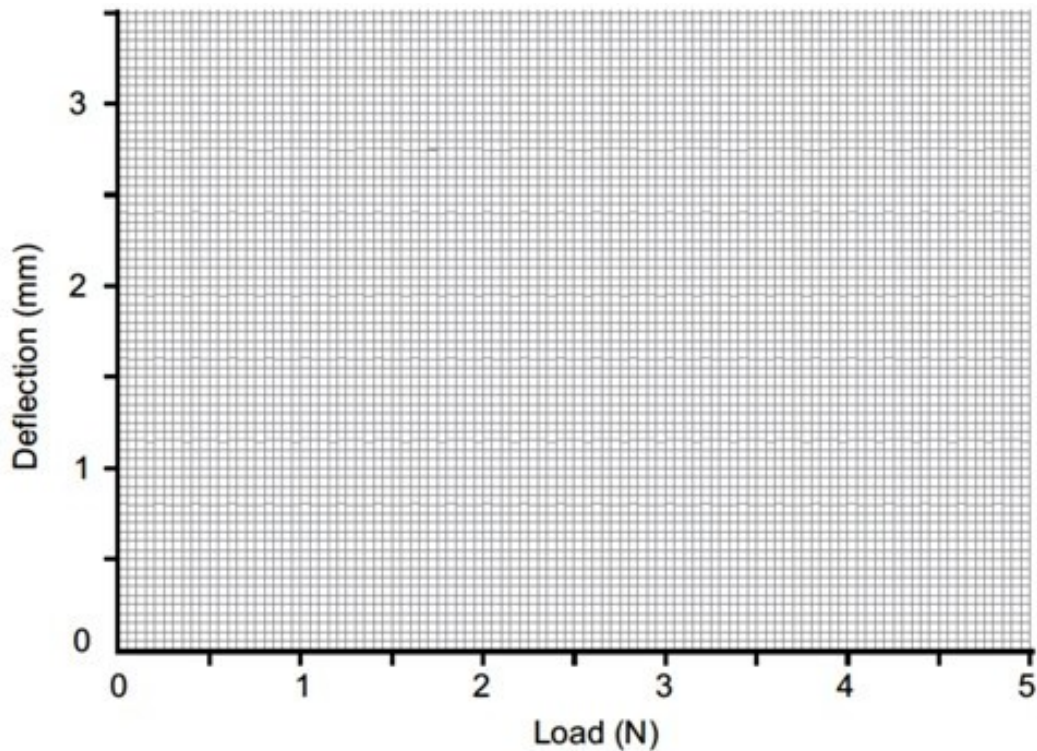
## Ficha 2 - Efecto del material

Viga de latón: Longitud **L** de la viga = .....mm = .....m  
Anchura **W** de la viga = .....mm = .....m  
Profundidad **D** de la viga = .....mm = .....m

Masa en suspensión en g	Carga F en N	Desviación de viga $\delta$ en mm
0	0	0
100	1	
200	2	
300	3	
400	4	
500	5	

### Gráfico de deflexión en función de la carga:

Muestra tus medidas como pequeñas cruces. Deben sugerir una relación rectilínea.



Gradiente **m** del gráfico = .....mm.N<sup>-1</sup> = .....m.N<sup>-1</sup>

# Folleto para el alumno

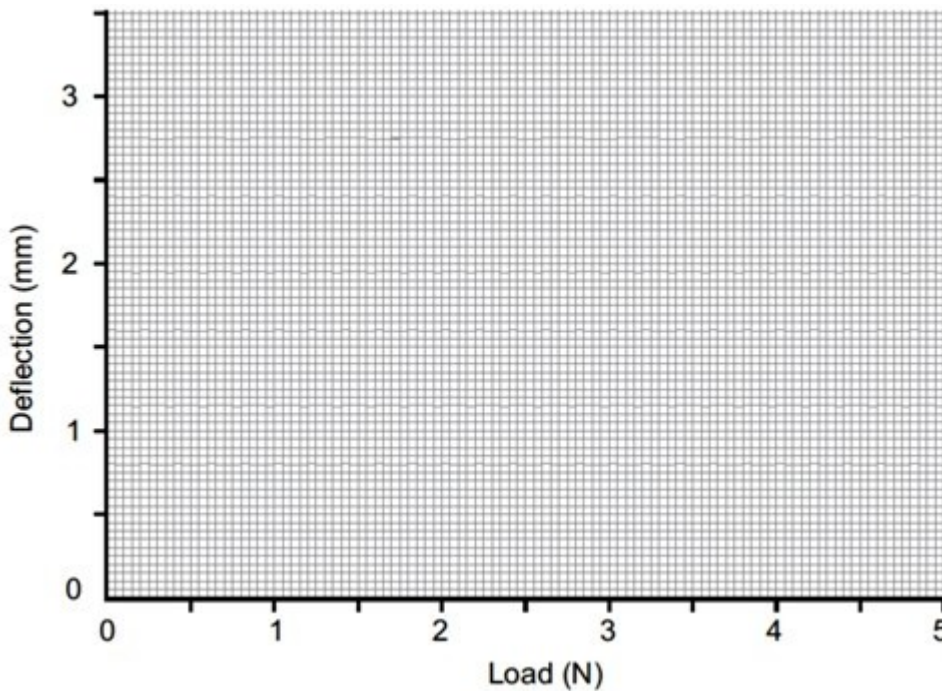
## Ficha 2 - Efecto del material

Viga de acero: Longitud **L** de la viga = .....mm = .....m  
Anchura **W** de la viga = .....mm = .....m  
Profundidad **D** de la viga = .....mm = .....m

Masa en suspensión en g	Carga F en N	Desviación de viga $\delta$ en mm
0	0	0
100	1	
200	2	
300	3	
400	4	
500	5	

### Gráfico de deflexión en función de la carga:

Muestra tus medidas como pequeñas cruces. Deben sugerir una relación rectilínea.



Gradiente **m** del gráfico .....mm.N<sup>-1</sup> = .....m.N<sup>-1</sup>

# Folleto para el alumno

## Ficha 2 - Efecto del material

### Opción 1:

#### Latón -

Área Momento de inercia de la sección transversal  $I = \frac{W \times D^3}{12} = \dots\dots\dots$

Módulo de Young para latón  $E = \frac{L^3}{48 \times m \times I} = \dots\dots\dots$

#### Acero -

Área Momento de inercia de la sección transversal  $I = \frac{W \times D^3}{12} = \dots\dots\dots$

Módulo de Young para el acero  $E = \frac{L^3}{48 \times m \times I} = \dots\dots\dots$

#### Aluminio -

Área Momento de inercia de la sección transversal  $I = \frac{W \times D^3}{12} = \dots\dots\dots$

Módulo de Young para aluminio  $E = \frac{L^3}{48 \times m \times I} = \dots\dots\dots$

### Opción 2:

Para una viga cargada en su centro: flecha  $d = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I}$  donde  $d$  es la flecha en m.

Reorganice esto para mostrar que un gráfico de  $F$  vs  $(48 \times d \times I) / L^3$  es lineal con un gradiente igual al módulo de Young.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

# Folleto para el alumno

## Ficha 2 - Efecto del material

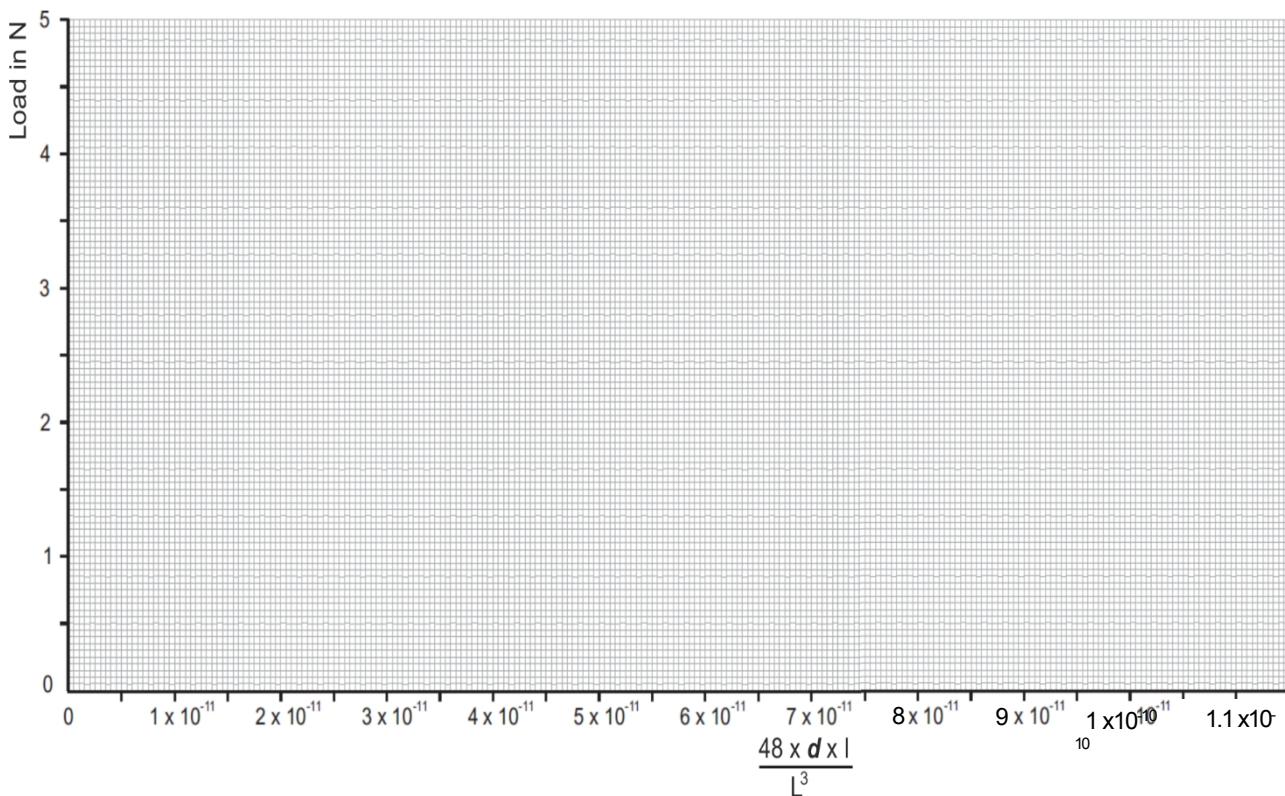
### Opción 2:

Metal .....

Masa en suspensión en g	Carga F en N	Desviación de viga $\delta$ en mm	Deflexión de la viga d en m	$48 \times d \times I$ $L^3$
0	0	0	0	
100	1			
200	2			
300	3			
400	4			
500	5			

### Gráfico de $(48 \times d \times I) / L^3$ en función de la carga:

Muestra tus medidas como pequeñas cruces.



Deberían sugerir una relación rectilínea.

# Folleto para el alumno

## Ficha 2 - Efecto del material

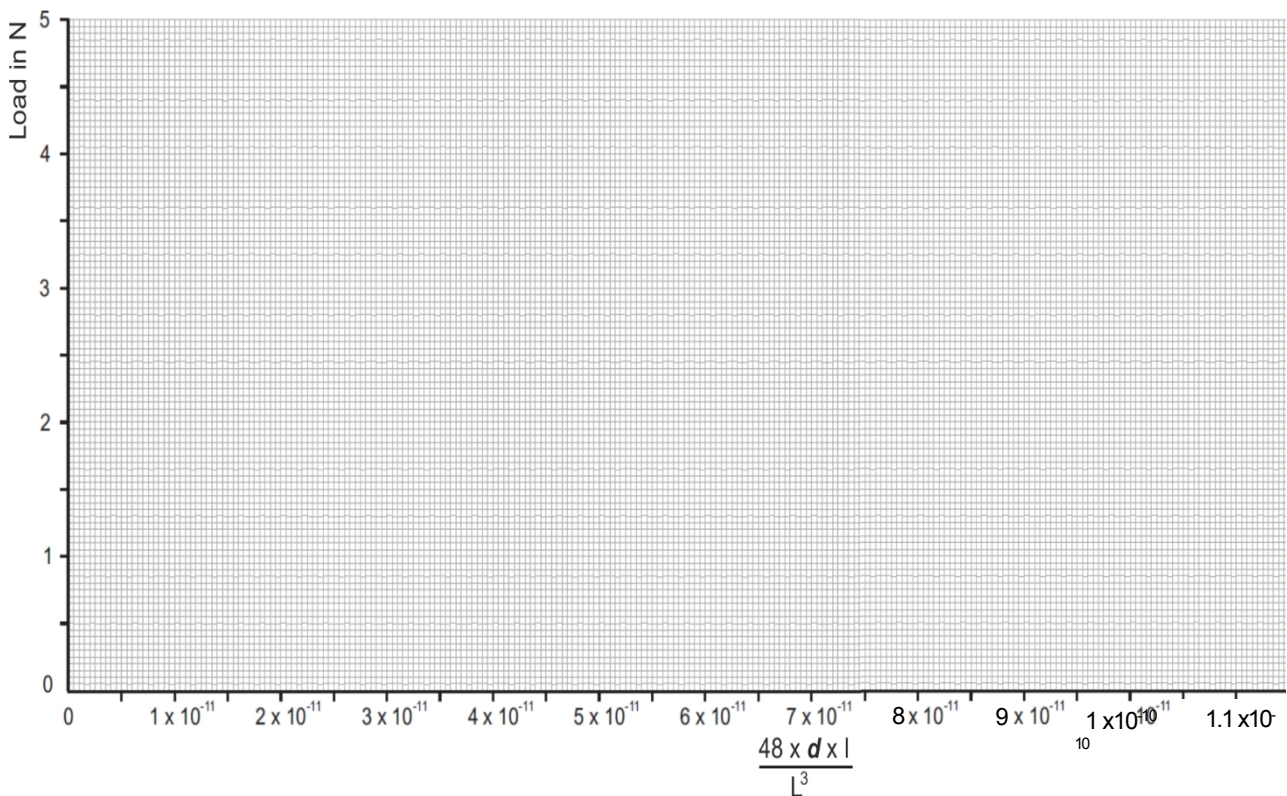
### Opción 2:

Metal .....

Masa en suspensión en g	Carga F en N	Desviación de haz $\delta$ en mm	Deflexión de la viga d en m	$48 \times d \times I$ $L^3$
0	0	0	0	
100	1			
200	2			
300	3			
400	4			
500	5			

### Gráfico de $(48 \times d \times I) / L^3$ en función de la carga:

Muestra tus medidas como pequeñas cruces.



Deberían sugerir una relación rectilínea.

# Folleto para el alumno

## Ficha 2 - Efecto del material

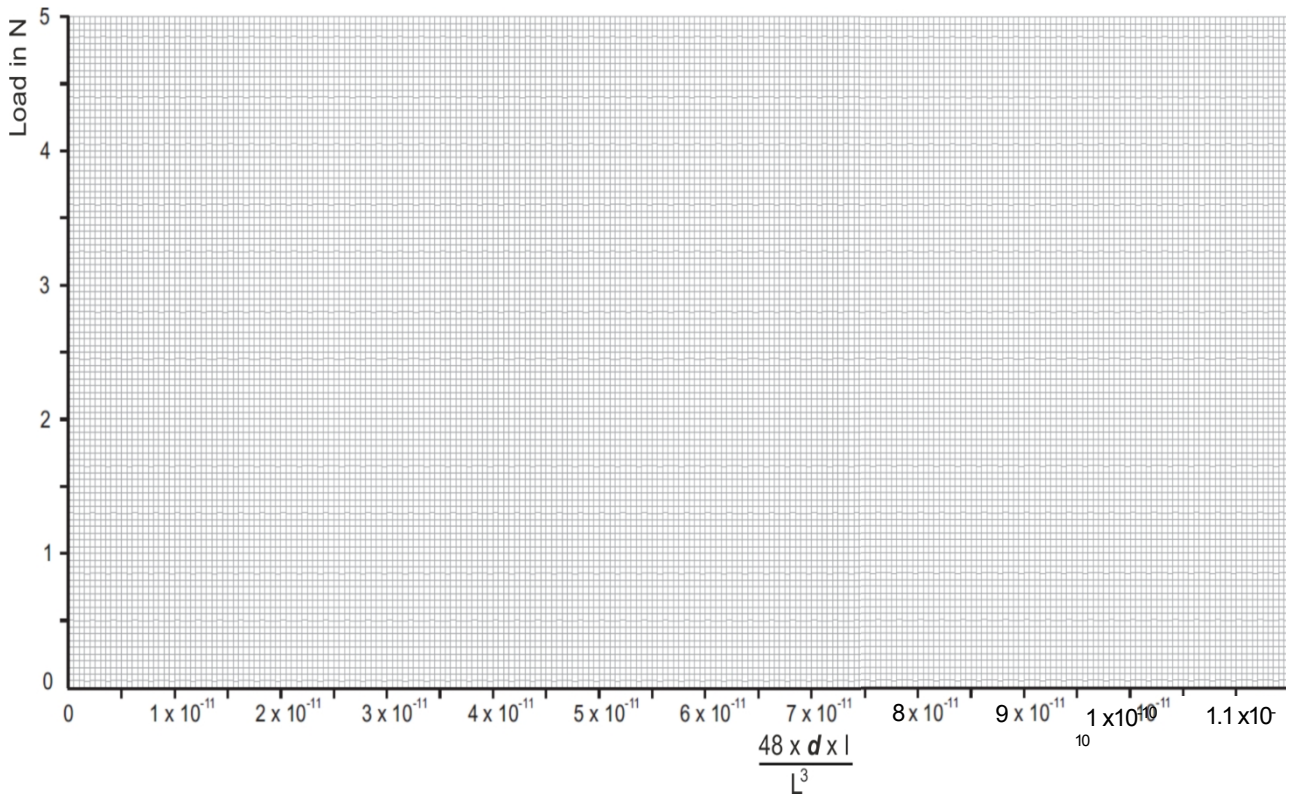
### Opción 2:

Metal .....

Masa en suspensión en g	Carga F en N	Desviación de haz $\delta$ en mm	Deflexión de la viga d en m	$48 \times d \times I$ $L^3$
0	0	0	0	
100	1			
200	2			
300	3			
400	4			
500	5			

### Gráfico de $(48 \times d \times I) / L^3$ en función de la carga:

Muestra tus medidas como pequeñas cruces.



Deberían sugerir una relación rectilínea.

# Folleto para el alumno

## Ficha 2 - Efecto del material

Y por último:

### Datos:

Para una carga de 5N:

deflexión del aluminio = ..... (tomado de los resultados de la hoja de trabajo 1.)

desviación de latón = ..... (tomado de los resultados de la hoja de cálculo 2.)

deformación del acero = ..... (tomado de los resultados de la hoja de cálculo 2.)

### Cálculos:

Usando estos:

$$\frac{\text{desviación del latón}}{\text{deflexión del aluminio}} = \dots\dots\dots$$

$$\frac{\text{deformación del acero}}{\text{deflexión del aluminio}} = \dots\dots\dots$$

$$\frac{\text{deformación del acero}}{\text{desviación de latón}} = \dots\dots\dots$$

Utilizando estos valores:

$$\frac{E(\text{aluminio})}{E(\text{latón})} = \dots\dots\dots \quad \frac{E(\text{aluminio})}{E(\text{acero})} = \dots\dots\dots \quad \frac{E(\text{latón})}{E(\text{acero})} = \dots\dots\dots$$

La tabla de al lado muestra los valores típicos del módulo de Young, **E**, para los tres metales.

Compárelos con las relaciones de deformación calculadas anteriormente y comente la comparación:

Metal	Modu- lus de Young E en GPa
Aluminio	69
Latón	105
Acero	200

.....

.....

.....

¿Cuál de las mediciones que has realizado puede provocar el mayor error en el cálculo del módulo de Young? Razona tu elección.

.....

.....

.....

.....

.....

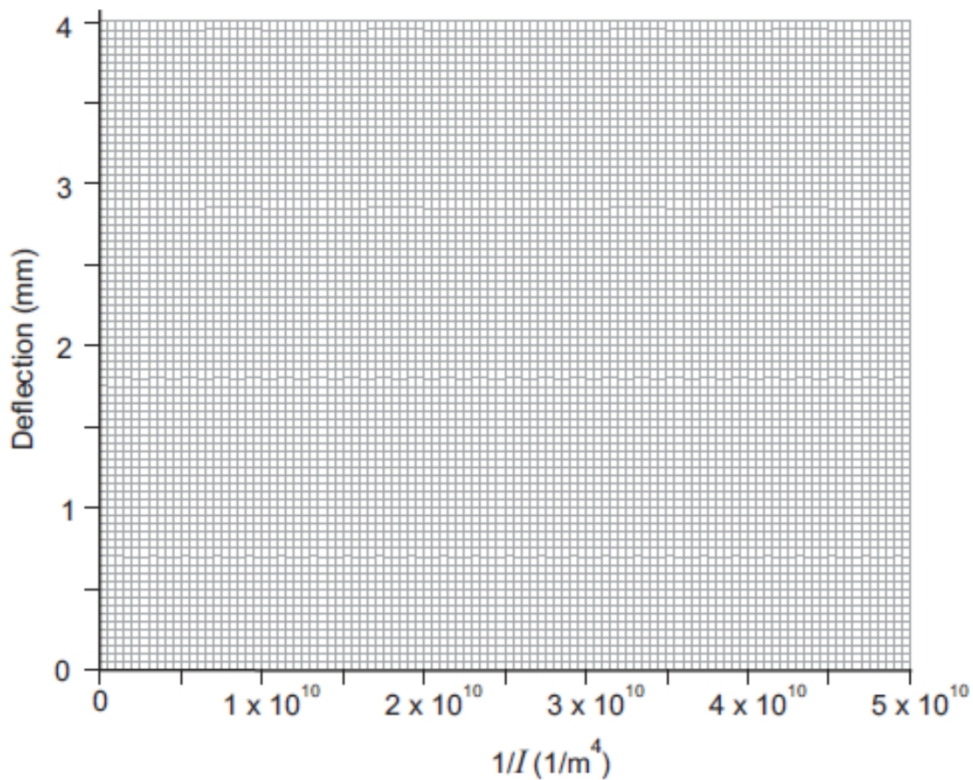
# Folleto para el alumno

## Ficha 3 - Efecto de las dimensiones

Muestra	Anchura W en m	Profundidad D en m	Momento de inercia del área en m <sup>4</sup>	Desviación $\delta$ en mm
1				
2				
3				

Para una carga de 2N:

Gráfico de la desviación  $\delta$  frente a  $1/I$ :



La teoría predice que la relación entre la deflexión y el momento de inercia del área debe ser lineal y pasar por el origen.

Proponga razones por las que podría no ser así en el caso de los valores medidos:

.....

.....

.....

.....

.....

# Folleto para el alumno

## Ficha 4 - Efecto de los apoyos

Si lo desea, utilice el espacio siguiente para dibujar tablas con sus resultados.



# Folleto para el alumno

## Ficha 5 - Efecto de la longitud

Si lo desea, utilice el espacio siguiente para dibujar tablas con sus resultados.

