



MATRIX | STRUCTURES

Bending Moments



MATRIX

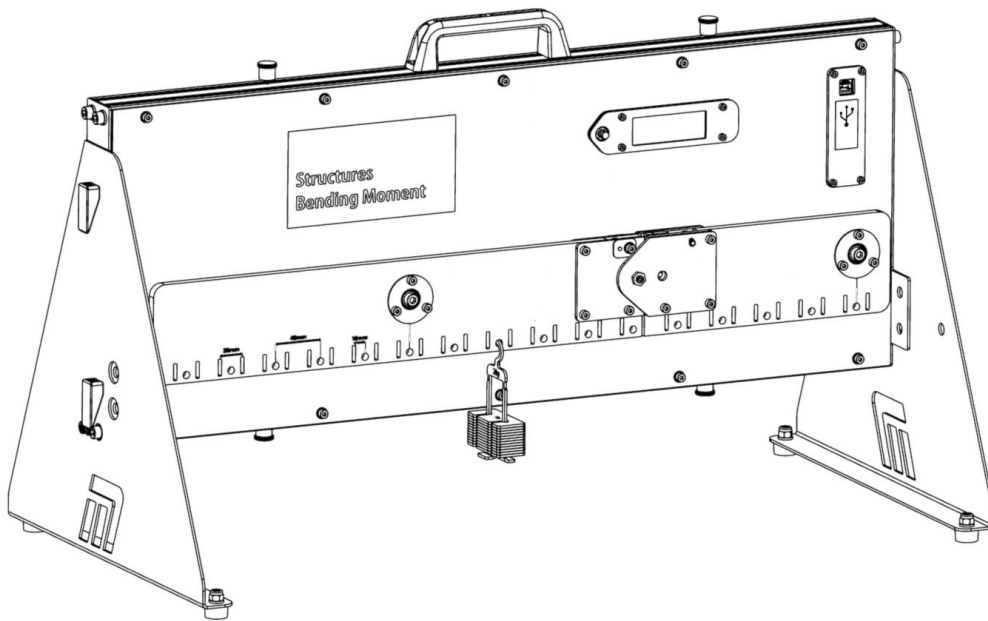
CP1843

www.matrixtsl.com

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

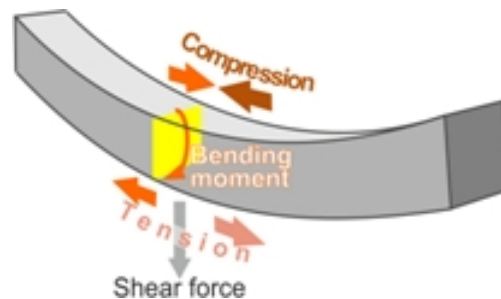
Momentos de flexión

Ficha 1 -	Cambiar la carga	7
Ficha 2 -	Desplazamiento de la carga	9
Ficha 3 -	Cargas múltiples	11
Ficha 4 -	Carga uniformemente distribuida	12
Folleto para el alumno		13
Notas para el instructor		23

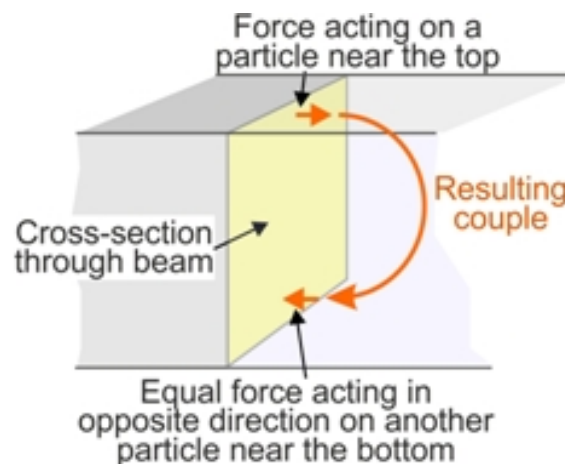


Antecedentes:

Cuando una fuerza, incluso su propio peso, actúa sobre una estructura como una viga, puede hacer que se doble. Entonces, las partículas que componen la viga se aplastan más cerca de la superficie superior y se estiran más cerca del borde inferior.



Internamente, las fuerzas de atracción entre estas partículas, vistas en una sección transversal cortada a través de ella, pueden considerarse como una combinación de una fuerza resultante y un par resultante. Este par resultante interno se denomina **momento flector**. La fuerza resultante interna se denomina **fuerza cortante**.



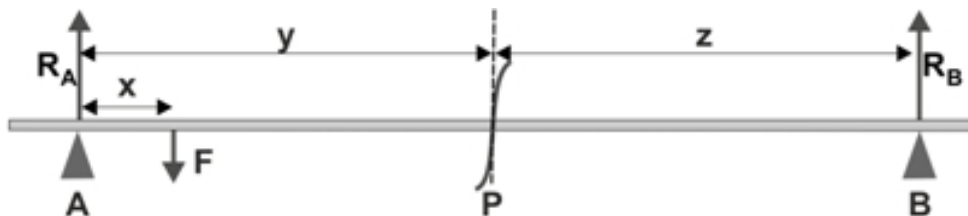
El segundo diagrama ilustra la idea de momento flector. Observando una sección transversal de la viga, la fuerza de compresión sobre una partícula situada cerca de la parte superior es la misma, pero opuesta, a la fuerza de tracción sobre una partícula situada cerca de la parte inferior. Juntas forman una pareja que intenta distorsionar la viga. La suma de los efectos de todas estas partículas da como resultado un momento de flexión.

Fondo

El diagrama siguiente ilustra las fuerzas que actúan sobre una viga apoyada en soportes simples, **A** y **B**, sobre la que actúa una carga puntual **F**. Los apoyos ejercen fuerzas de reacción **R_A** y **R_B**.

La sección etiquetada **AP** está en equilibrio y así:

- las fuerzas que actúan sobre él deben anularse;
- y los momentos que intentan girarlo deben anularse.



Visto en la rebanada **P**, entonces, la suma de los momentos horarios es:

$$R_A \times y - F \times (y-x)$$

Como **AP** está en equilibrio, debe haber un momento contrario igual en el sentido de las agujas del reloj en la rebanada. Este es el momento flector en **P**.

Por lo tanto, el momento flector en **P** = $(R_A \times y) - (F \times (y-x))$

El mismo argumento podría aplicarse desde el punto de vista del momento de la fuerza **R_B** en el apoyo **B**.

Daríamos la ecuación:

$$\text{Momento flector en } P = (R_B \times z)$$

El aparato:

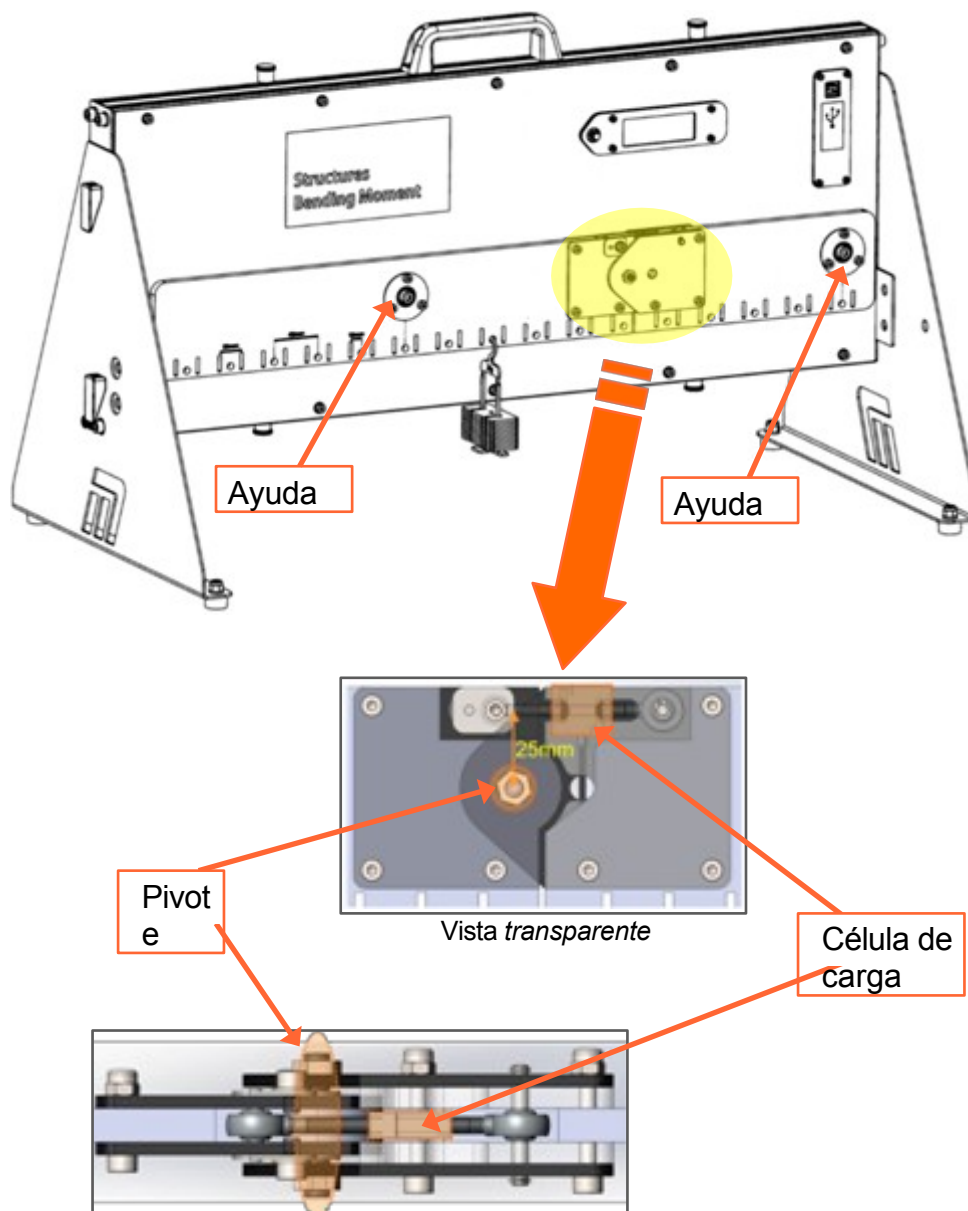
El aparato "Estructuras - Momento flector" permite investigar este momento flector. Consiste en una viga, apoyada en dos puntos, dividida en dos secciones unidas por un pivote.

Una célula de carga, que atraviesa el espacio entre las secciones, mide la fuerza que intenta doblar la viga. Esta fuerza se aplica a una distancia perpendicular de 25 mm del pivote.

A partir de ahí, se puede calcular el momento flector en ese corte.

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 montaje de la célula de carga:



Ficha 1

Cambiar la carga

El diseño de una estructura determina las cargas que es capaz de soportar. Puede ser peligroso superar la carga máxima.

En un puente de vigas simple, el punto más débil suele estar en el centro del vano.

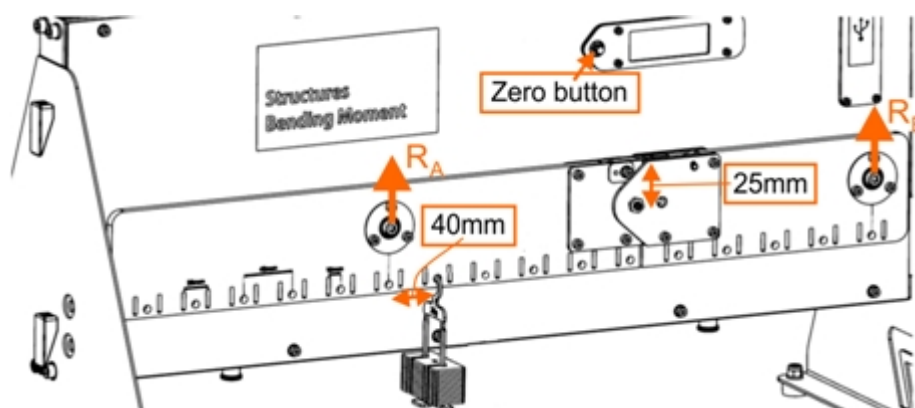
El ingeniero de estructuras debe ser capaz de predecir los efectos de las distintas cargas sobre la estructura.

Este experimento explora el efecto que tiene cambiar la carga en un viga tiene sobre el momento flector.



Te toca a ti:

- Asegúrese de que el aparato esté nivelado.
- Pulse el botón de la pantalla LCD para poner a cero el equipo. Esto elimina el peso de la viga y la célula de carga.
- Coloque una percha de masa vacía a 40 mm (un orificio) del soporte izquierdo, como se muestra en el siguiente diagrama.
- Registre la carga medida por la célula de carga, ya sea en una hoja de cálculo o en la tabla del Material para el alumno.
- Aumente la masa en la percha en pasos de 40 g, hasta un máximo de 300 g y registre la carga medida cada vez.



Ficha 1

Cambiar la carga

A su disposición

- Calcule los valores medidos y teóricos del momento flector, utilizando las fórmulas que figuran en el Student Handout.
- Utilice los ejes proporcionados para trazar gráficos del momento flector medido frente a la carga suspendida y del momento flector teórico frente a la carga suspendida.

Desafío:

Utilice la plantilla proporcionada en el Manual del alumno para completar el diagrama de fuerza cortante y el diagrama de momento flector para este montaje cuando la carga aplicada era máxima (2,94N).

¿Y qué?

Los momentos flectores teóricos y los medidos experimentalmente producen trazos muy similares en los gráficos, lo que demuestra que las ecuaciones teóricas para la flexión de vigas son robustas y pueden utilizarse para predecir el comportamiento de las vigas.

Ficha 2

Desplazamiento de la carga

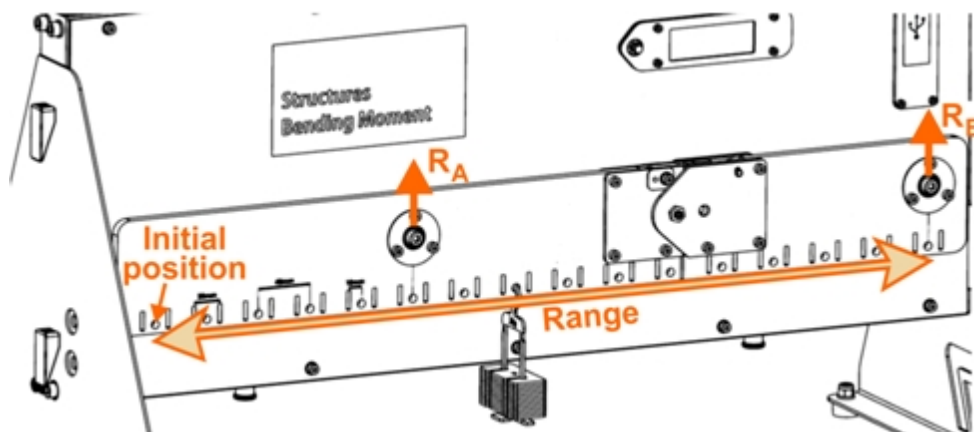
A medida que una carga pesada se desplaza por un puente, los efectos de su peso sobre el puente cambian. El ingeniero debe predecir estos efectos y diseñar la estructura en consecuencia.

Este experimento explora el efecto sobre el momento flector del desplazamiento de una carga fija a lo largo de la viga.



Te toca a ti:

- Asegúrese de que el aparato esté nivelado.
- Pulse el botón de la pantalla LCD para poner a cero el equipo y eliminar el peso de la viga y la célula de carga.
- El experimento utiliza una carga fija de 300 g (2,94 N). Coloca inicialmente un colgador de masa de 300g en el extremo izquierdo de la viga, como se muestra en el diagrama siguiente.
- Registra la carga medida por la célula de carga en una hoja de cálculo o en la tabla del Student Handout.
- Mueva el colgador de masa de 300 g hasta el siguiente orificio de la derecha (es decir, a 40 mm del orificio inicial posición,) y registre la nueva lectura de la célula de carga.



Ficha 2

Desplazamiento de la carga

Hasta la vista.....

- Continúe de esta manera, moviendo la carga de 300 g a lo largo de la viga, agujero por agujero y registrando las lecturas de la célula de carga.
- Utiliza estas lecturas para calcular la fuerza de reacción en el apoyo A para cada posición. A continuación, calcula los valores medidos y teóricos del momento flector, del mismo modo que en la investigación anterior.
- Represente gráficamente el momento flector medido en función de la distancia y el momento flector teórico en función de la distancia utilizando los ejes proporcionados.

¿Y qué?

El momento flector cambia a lo largo de la viga. En algunos lugares, su polaridad cambia.

Esto provoca los efectos conocidos como *hundimiento* y *acaparamiento*. El *ahuecamiento* describe una viga que se curva hacia arriba en el centro, y el *pandeo* describe una viga que se curva hacia abajo.



Estos efectos son importantes en ingeniería estructural. En los buques, por ejemplo, el hundimiento puede deberse al efecto de las olas cuando la sección central del casco se encuentra en la depresión o cresta entre dos olas, o a la distribución de la carga dentro del casco.

En casos extremos, pueden dañar el casco.

En la construcción de edificios, el pandeo de las vigas puede producirse en vigas apoyadas en ambos extremos. El pandeo puede producirse en estructuras en voladizo.

Ficha 3

Cargas múltiples

La primera investigación analizó el resultado de cambiar el tamaño de la carga.

En el segundo se estudió el desplazamiento de esa carga a través de la estructura.

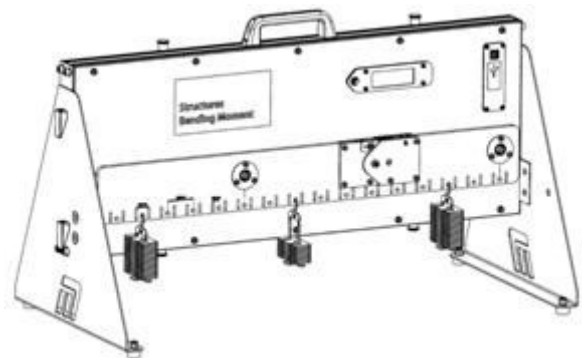
En la vida real, las estructuras tienen que soportar ambas cosas todo el tiempo.

Esta investigación explora esa situación.



Esquema:

Investiga el efecto global sobre el momento flector de colocar tres cargas diferentes en tres lugares distintos de la viga.



Te toca a ti:

Desafío:

- Coloca tres cargas diferentes en distintas posiciones de la viga.
- Registra sus pesos, sus posiciones y la lectura resultante de la célula de carga.
- Calcule el momento flector en el corte utilizando la fuerza medida por la célula de carga.
- En el Student Handout, dibuja el diagrama de cuerpo libre para este sistema.
- Aplique el principio de los momentos para deducir las fuerzas de reacción generadas por los apoyos.
- Calcule el momento flector teórico en el corte utilizando una de estas fuerzas de reacción.
- Comprueba este valor calculándolo de nuevo, utilizando la otra fuerza de reacción.
- Anota los resultados y tus cálculos en las tablas que aparecen en el Student Handout o en una hoja de cálculo.
- Repita el mismo proceso para tres disposiciones de carga diferentes.

Ficha 4

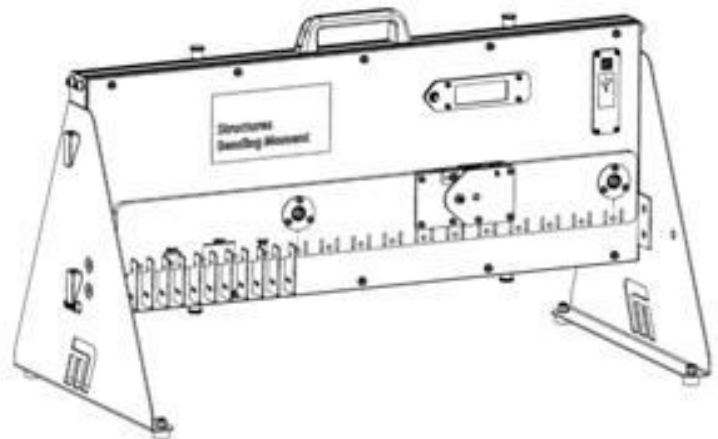
Carga uniformemente distribuida

Hasta ahora, sólo hemos considerado las cargas puntuales (también conocidas como cargas concentradas), que actúan únicamente en un punto específico de la estructura. En cambio, las cargas distribuidas tienen efectos que se extienden por toda una región. La mayoría de las cargas del mundo real están distribuidas, por ejemplo, el peso de los materiales de construcción, la fuerza del viento o del agua que empuja sobre una superficie o el peso de los libros en la estantería opuesta. Una carga uniformemente distribuida (UDL) tiene la misma magnitud en toda su región de influencia. Es como si todos los libros de la estantería tuvieran el mismo tamaño y peso.



Esquema:

Investigar el efecto sobre el momento flector de una carga uniformemente repartida situada en el extremo izquierdo de la viga.



Te toca a ti:

Desafío:

- Establece la carga uniformemente distribuida colocando once masas de 20 g en orificios adyacentes en el extremo izquierdo de la viga, como se muestra en el diagrama, creando una carga de 2,16 N.
- Registre la lectura resultante de la célula de carga.
- Calcule el momento flector en el corte utilizando esta fuerza medida por la célula de carga.
- En el Student Handout, dibuja el diagrama de cuerpo libre para este sistema.
- Utiliza el principio de momentos para deducir las fuerzas de reacción generadas por los apoyos.
- Por lo tanto, calcule el momento flector teórico en el corte .
- Comprueba este valor calculándolo de nuevo, utilizando la otra fuerza de reacción.
- Anota los resultados y tus cálculos en las tablas que aparecen en el Student Handout o en una hoja de cálculo.

Folleto para el alumno

Ficha 1 - Cambiar la carga

Masa en suspensión m en g	Carga F en N	Lectura de la célula de carga c en g	Lectura de la célula de carga L en N	Mo-mento de flexión medido en Nm	Mo-mento de flexión teórico en Nm
20					
60					
100					
140					
180					
220					
260					
300					

Completa la tabla utilizando las siguientes fórmulas:

Peso = masa x intensidad del campo

gravitatorio.

donde la fuerza del campo gravitatorio = $9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

(Nótese que todas las masas deben estar en kg).

Por lo tanto:

$$F = m / 1000 \times 9,81$$

$$L = c / 1000 \times 9,81$$

Momento flector **medido** = $L \times 0,025$

(Atención, todas las distancias deben estar en m.)

Aplicando el principio de momentos a las fuerzas **externas** que ejercen momentos

$$\text{sobre el apoyo B: } R_A \times 0,4 = F \times 0,36$$

Por lo tanto, calcule el valor de R_A para cada valor de fuerza F , y, utilizando la fórmula dada en p5, calcule:

$$\text{Momento flector teórico} = (R_A \times 0,2) - (F \times 0,16)$$

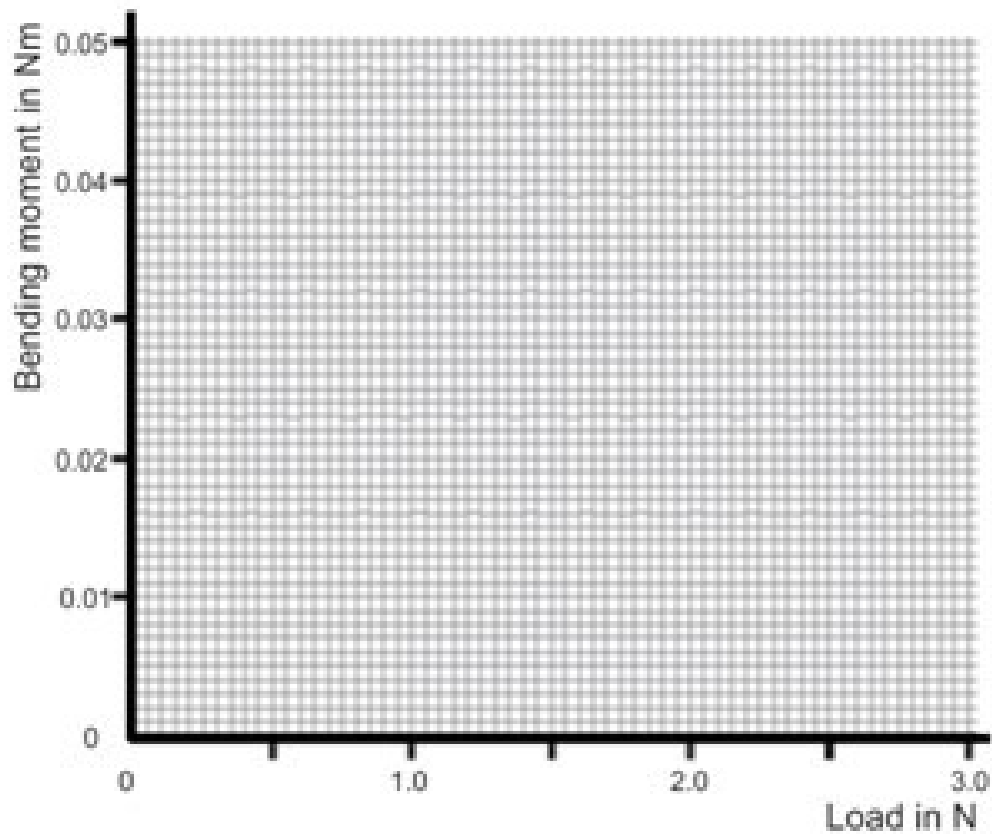
Ficha 1

En los mismos ejes, trace los gráficos del momento flector **medido** frente a la carga aplicada y el **teórico** momento flector vs carga aplicada.

Gráfico de deflexión en función de la carga:

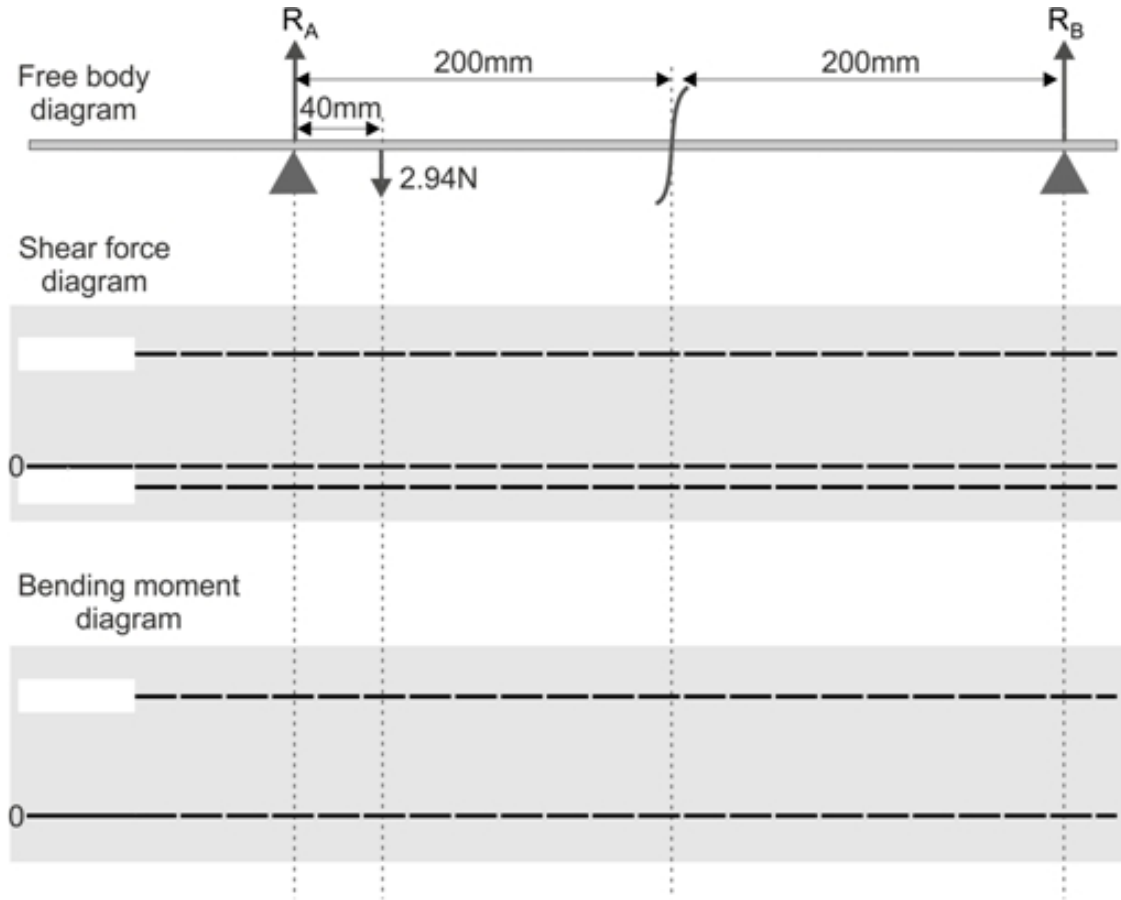
Muestra tus medidas como pequeñas cruces.

Utiliza colores diferentes para los dos trazos, de modo que puedas distinguirlos fácilmente.



Ficha 1

El diagrama muestra el diagrama de cuerpo libre para esta disposición cuando la carga es de 300 g. Complete los diagramas de fuerza cortante y de momento flector correspondientes. Marque los valores significativos del esfuerzo cortante y del momento flector.



Ficha 2 - Desplazamiento de la carga

Distancia x de la izquierda en m	Lectura de la célula de carga en g	Lectura de la célula de carga en N	Reacción R_A en el soporte en N	Mo- mento de flexión medido en Nm	Mo- mento de flexión teórico en Nm
0					
0.04					
0.08					
0.12					
0.16					
0.20					
0.24					
0.28					
0.32					
0.36					
0.40					
0.44					
0.48					
0.52					
0.56					
0.60					

Completa la tabla utilizando las fórmulas siguientes:

Peso = masa x fuerza del campo gravitatorio donde fuerza del campo gravitatorio = $9,8\text{N.kg}^{-1}$.

(Nótese que todas las masas deben estar en kg).

La carga suspendida de 300g pesa $0,3 \times 9,81 = 2,94\text{N}$

Momento flector **medido** = $L \times 0,025$

Para calcular la reacción R_A :

aplicar el principio de momentos a las fuerzas **externas** que ejercen momentos

sobre el apoyo **B**: $R_A \times 0,4 = 2,94 \times (0,6 - x)$

Entonces, utilizando la fórmula dada en la p5:

Momento flector **teórico** = $(R_A \times 0,2) - [2,94 \times (0,4 - x)]$.

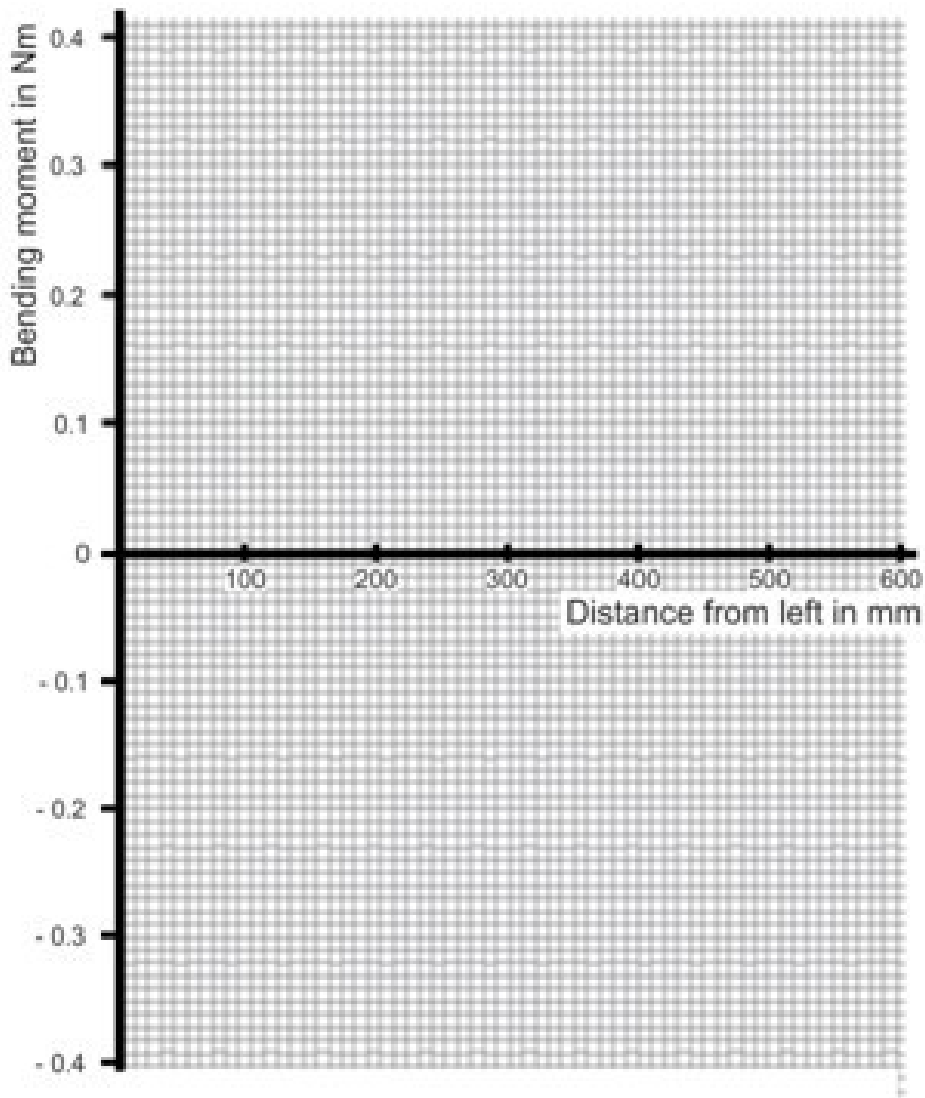
Ficha 2

En los mismos ejes, trace los gráficos del momento flector **medido** frente a la carga aplicada y el **teórico** momento flector vs carga aplicada.

Gráfico de deflexión en función de la carga:

Muestra tus medidas como pequeñas cruces.

Utiliza colores diferentes para los dos trazos, de modo que puedas distinguirlos fácilmente.



Ficha 3 - Cargas múltiples

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

Ficha 4 - Carga uniformemente distribuida

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

Notas para el Instructor

Sobre este curso

Introducción

El módulo "Estructuras - Momentos flectores" introduce a los estudiantes en los conceptos de momento flector y fuerza cortante, los resultados de aplicar una carga a una viga.

Utilizando el kit, los alumnos completan una serie de hojas de trabajo que se centran en una serie de temas que se encuentran en el BTEC Higher National y cursos equivalentes. Al principio, estas hojas de trabajo proporcionan todos los detalles de las investigaciones. Con el tiempo, ese "andamiaje" se reduce, animando a los alumnos a demostrar sus conocimientos y comprensión en situaciones nuevas.

Objetivo

El curso enseña a los estudiantes las relaciones entre las cargas aplicadas y la distorsión por flexión resultante.

Conocimientos previos

Se espera que los estudiantes hayan seguido un curso introductorio de ciencias que les permita tomar, registrar y analizar observaciones científicas. Se requiere cierta capacidad matemática: capacidad para tomar lecturas de una escala analógica, capacidad para comprender la transposición de fórmulas, capacidad para utilizar una calculadora para realizar cálculos y capacidad para trazar un gráfico.

Usando este curso:

Se espera que las hojas de trabajo y el Student Handout se impriman / fotocopien, preferiblemente en color, para uso de los alumnos.

El Student Handout es un registro de las medidas tomadas en cada hoja de trabajo y preguntas relacionadas con

para ellos. Los estudiantes no necesitan una copia permanente de las hojas de trabajo, pero sí necesitan su propia copia del Student Handout.

Este formato fomenta el autoaprendizaje y permite a los alumnos trabajar al ritmo que mejor se adapte a sus capacidades. Corresponde al profesor comprobar que los alumnos comprenden las fichas a medida que las van completando. Una forma de hacerlo es "firmar" cada hoja de trabajo, a medida que el alumno la completa, y en el proceso tener una breve charla para evaluar la comprensión del alumno de las ideas involucradas en los ejercicios que contiene.

Somos conscientes de que usted, como profesional de la materia, es el principal responsable de determinar cómo y qué aprenden los alumnos. Las hojas de trabajo no pretenden suplantar estos u otros conocimientos de apoyo que decida impartir.

Para los expertos en la materia, las "Notas para los instructores" se proporcionan simplemente para revelar el pensamiento que subyace al enfoque adoptado. Para el personal cuyo conocimiento básico de la materia no pertenezca al ámbito cubierto por el curso, estas notas pueden servir tanto de aclaración como de orientación.

La hora:

Los alumnos tardarán entre tres y cinco horas en completar las hojas de trabajo. Se necesitará un periodo de tiempo similar para apoyar el aprendizaje resultante.

Objetivos de aprendizaje

Al finalizar con éxito este curso, el alumno será capaz de:

- describir cómo las fuerzas de compresión y tracción en una viga cargada dan lugar a un momento flector;
- calcular el momento de una fuerza dada alrededor de un punto especificado;
- aplicar el principio de los momentos a una viga en equilibrio;
- utilizar datos sobre las fuerzas que actúan sobre una viga en equilibrio y sus posiciones para calcular la momento flector generado en un corte concreto de la viga;
- describir la función de una célula de carga;
- poner a cero una célula de carga;
- utilizar una célula de carga para obtener un valor medido del momento flector;
- dados los datos sobre las fuerzas que actúan sobre una viga y sus posiciones, dibuja:
 - un diagrama de cuerpo libre;
 - diagrama de fuerza cortante;
 - y diagrama de momento flector; para representar la disposición;
- investigar cómo cambia el momento flector producido por una fuerza puntual a medida que el punto en el que se aplica la fuerza se desplaza a lo largo de la viga;
- distinguir entre los términos "acaparamiento" y "pandeo" aplicados a la flexión de una viga;
- idear un experimento para investigar el principio de superposición de fuerzas en una viga sometida a varias fuerzas simultáneas;
- aplicar el principio de superposición de fuerzas para obtener el efecto global de múltiples fuerzas puntuales que actúan simultáneamente sobre una viga;
- idear un experimento para investigar el efecto de una carga uniformemente distribuida sobre el momento flector resultante en una viga.

Hoja de trabajo	Notas
<p>Introducción</p> <p>Calendario 15 - 20 minutos</p>	<p>Conceptos implicados:</p> <p>compresión fuerza de tracción fuerza cortante momento flector par célula de carga de equilibrio</p> <p>La introducción pretende mostrar cómo el proceso que provoca la flexión de una viga puede describirse como el resultado de un momento flector y una fuerza cortante. El instructor puede optar por desarrollar más las ideas aquí expuestas.</p> <p>En particular, en función de la experiencia previa de los alumnos, puede resultar ventajoso explorar las implicaciones del "equilibrio" para un cuerpo sometido a un sistema de fuerzas y momentos. De este modo, se pueden justificar las fórmulas del momento de flexión que figuran en la página 5.</p>
<p>1</p> <p>Cambiar la carga</p> <p>Cronometraje 30 - 45 minutos</p>	<p>Conceptos implicados:</p> <p>masa peso intensidad de campo gravitatorio diagramas de cuerpo libre diagrama de fuerza cortante diagrama de momento flector</p> <p>Como es la primera vez que los alumnos utilizan este equipo, es posible que algunos necesiten que se les tranquilice con su uso.</p> <p>En función de su capacidad y experiencia matemáticas, los alumnos pueden necesitar ayuda para comprender el argumento de la página 5, que conduce a una fórmula para el valor teórico del momento flector.</p> <p>Las mediciones se utilizan para trazar gráficos que deben justificar la validez de las fórmulas utilizadas para calcular el valor teórico del momento flector.</p> <p>Si los alumnos no están familiarizados con el procedimiento para dibujar diagramas de cuerpo libre, esfuerzo cortante y momento flector, el profesor tendrá que ayudarles con una serie de ejercicios antes de que aborden este reto.</p>
<p>2</p> <p>Desplazamiento de la carga</p> <p>Cronometraje 30 - 45 minutos</p>	<p>No hay conceptos nuevos.</p> <p>Las técnicas utilizadas en este caso son idénticas a las de la investigación anterior. Entonces, se aplicó una carga variable en un lugar fijo. Esta vez, una carga constante se desplaza a diversos lugares. Los alumnos deben ser conscientes de esta comparación para que les sirva de ayuda en posteriores diseños de investigación.</p> <p>Las mediciones se procesan del mismo modo que antes.</p> <p>Se explica el significado del signo utilizado para el momento flector y se introducen los términos "pandeo" y "acaparamiento".</p>

Notas para el instructor

Hoja de trabajo	Notas
<p>3 Cargas múltiples</p> <p>Cronometraje 40 - 60 minutos</p>	<p>No hay conceptos nuevos.</p> <p>Los alumnos diseñan su propia investigación sobre el efecto de las cargas múltiples en el momento flector. Puede ser necesario un debate inicial sobre los factores que deben tenerse en cuenta para diseñar un experimento "justo". Se les puede pedir que justifiquen su planteamiento ante otros grupos en un debate en clase.</p> <p>Las técnicas que requieren son las practicadas en las investigaciones anteriores.</p>
<p>4 Carga uniforme distribuida</p> <p>Cronometraje 40 - 60 minutos</p>	<p>Conceptos: carga uniformemente distribuida</p> <p>Una vez más, los alumnos diseñan su propia investigación. Esta vez, investigan el efecto de una carga uniformemente distribuida sobre el momento flector.</p> <p>El instructor podría dar una visión general de los tipos de carga distribuida para evitar la idea errónea de que todas las cargas distribuidas están uniformemente distribuidas. Los alumnos podrían explorar los efectos de otras formas de distribución de la carga.</p> <p>Los resultados de las investigaciones podrían compartirse mediante presentaciones en grupo.</p>