



MATRIX | STRUCTURES

Pin Jointed Frameworks



MATRIX

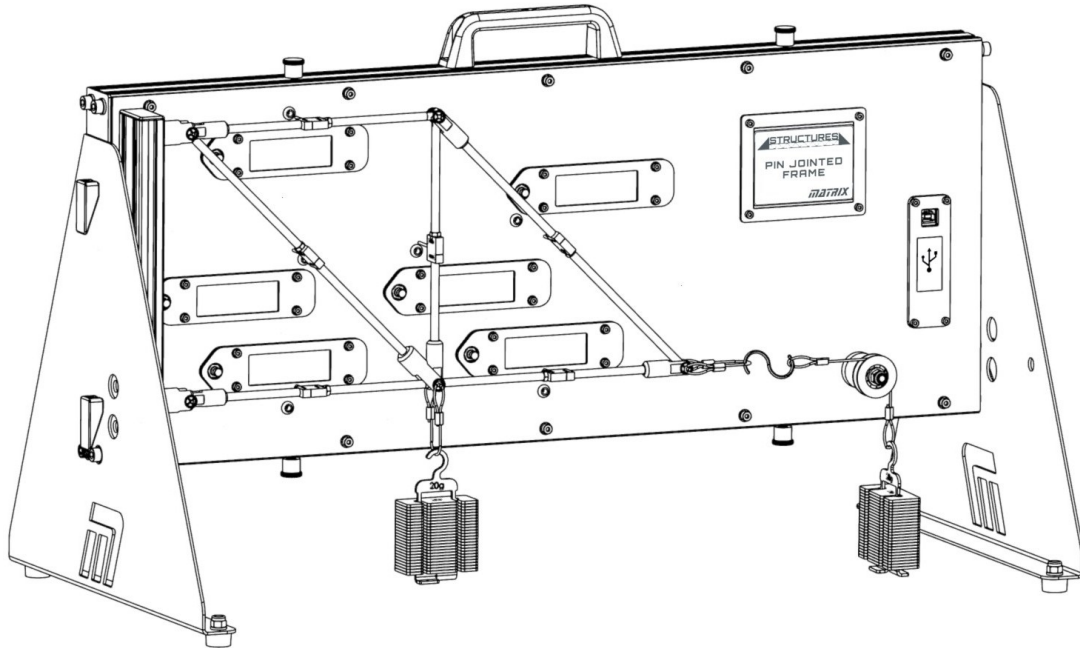
CP8026

www.matrixtsl.com

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

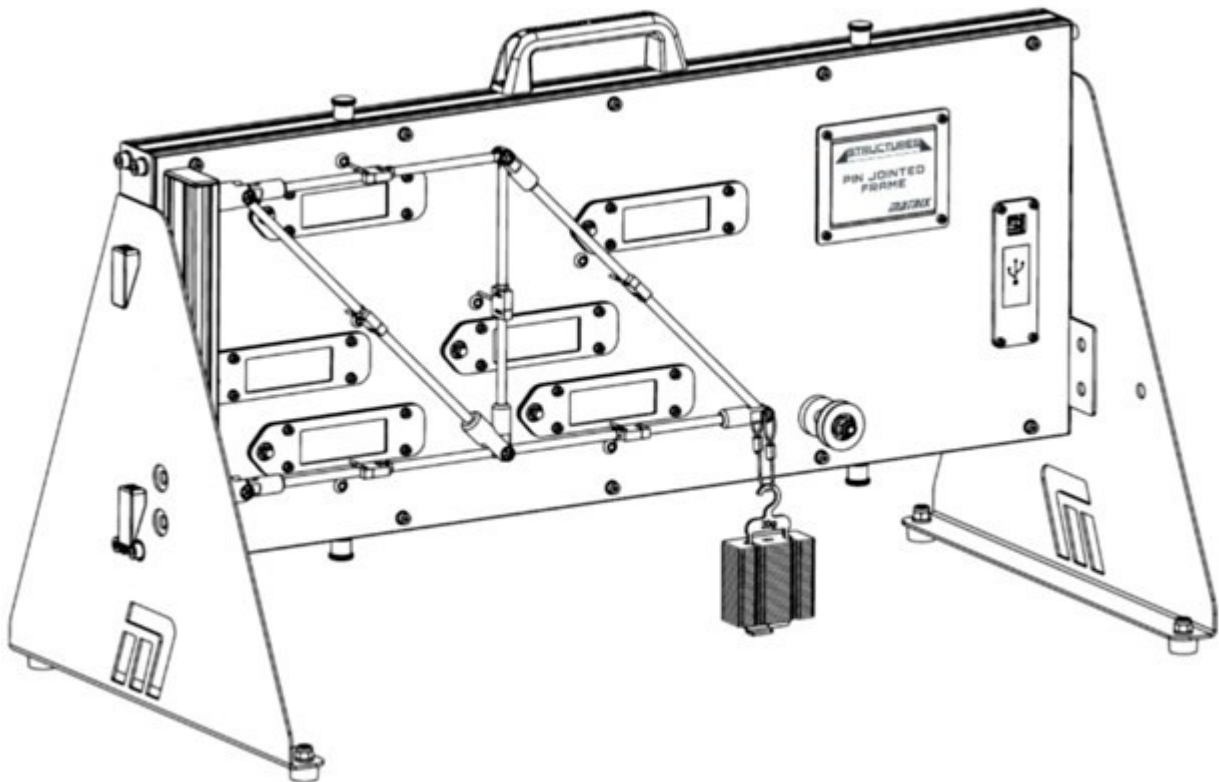
Bastidor articulado

Introducción	7
Hoja de trabajo - Comprobar la carga	6
Investigación A - Carga aplicada a la junta P	7
Cálculo de las fuerzas - método de las articulaciones	8
Cálculo de las fuerzas - método de las secciones	11
Investigación B - Carga aplicada a la junta R	13
Investigación C - Cargas múltiples	14
Resumen	15
Folleto para el alumno	16
Notas para el instructor	21



Estas investigaciones examinan la distribución de la carga dentro de un marco estructural, formado por seis miembros unidos por juntas de pasador.

Una articulación de pasador puede resistir fuerzas verticales y horizontales, pero no un momento. Sólo tiene un grado de libertad, lo que permite la rotación sobre un único eje, pero no el movimiento de traslación.



La estructura está fijada en el extremo izquierdo a una viga de aluminio que simula un muro de reacción. Cada elemento de acero inoxidable tiene en su punto medio una célula de carga conectada a una pantalla LCD. Estas pantallas miden la fuerza de tensión / compresión dentro de cada miembro. Una lectura negativa en la célula de carga indica una fuerza de tracción en el elemento.

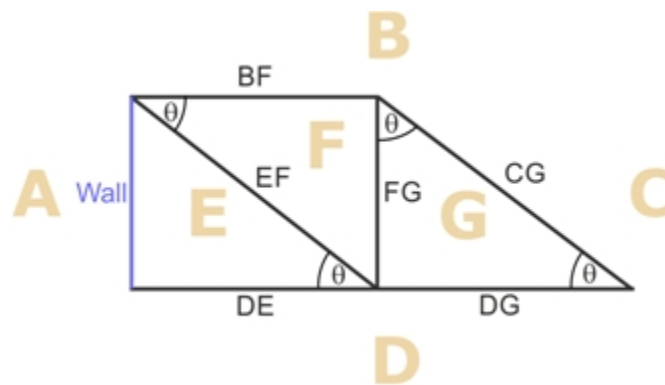
En este módulo, se utiliza para que el alumno compruebe las fuerzas calculadas a partir de la teoría con los valores medidos.

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.

La notación de Bow, una convención de etiquetado, se utiliza para etiquetar los diagramas de cuerpo libre.

Los espacios alrededor de los miembros están etiquetados de **A** a **G**. Los miembros, y las fuerzas dentro de ellos, tienen etiquetas que indican los espacios que separan.

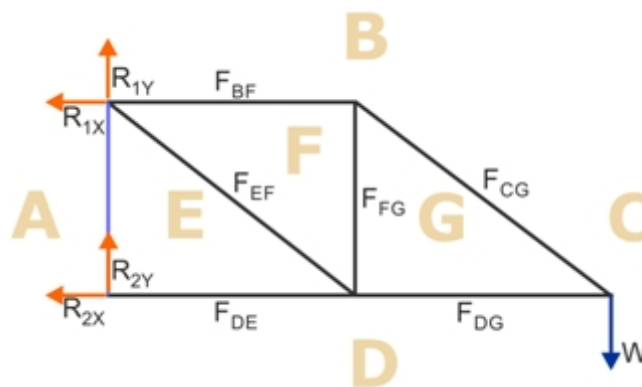
El primer diagrama muestra el etiquetado de los seis miembros, utilizando esta convención.



El segundo diagrama identifica las fuerzas que actúan dentro de esos

miembros. Además, muestra las fuerzas externas:

- carga añadida **W**;
- fuerzas de reacción **R₁** y **R₂** generadas en la pared de reacción. Estas se muestran resueltas en componentes horizontales y verticales, por ejemplo, **R_{1X}** y **R_{1Y}**.



Hoja de trabajo

¡Comprueba la carga!

El ingeniero que diseña una estructura de armazón debe analizar la carga de cada uno de sus miembros en toda la gama de cargas previstas.



Algunos miembros estarán en compresión mientras que otros estarán en tensión. Algunos son miembros de fuerza cero, sin fuerzas internas en absoluto, utilizados para aumentar la estabilidad y rigidez de la estructura.

Los distintos materiales tienen propiedades diferentes. Algunos funcionan mejor a compresión, mientras que otros lo hacen mejor a tracción. Este análisis ayuda a seleccionar los materiales adecuados y a determinar las dimensiones apropiadas.

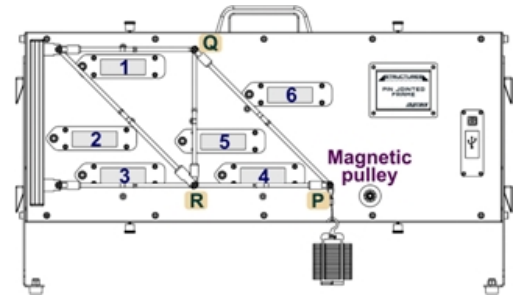
Los experimentos de este módulo permiten comparar los valores calculados de los esfuerzos en las vigas y los pilares con los valores medidos. El objetivo es validar las técnicas utilizadas en los cálculos.

Investigación A

Carga aplicada a la junta P

En cada investigación:

- Asegúrese de que el aparato esté nivelado.
- El diagrama numera cada una de las seis pantallas LCD para que pueda registrar sus lecturas en el Student Handout.
- Antes de empezar, pulse el botón de la pantalla LCD para poner a cero las células de carga. Las pantallas se volverán verdes cuando lo hayan hecho.
Esto elimina el peso del marco de las lecturas posteriores.
- Las lecturas pueden tomarse manualmente o mediante la transferencia de datos a través del puerto USB directamente a una hoja de cálculo.
- Las indicaciones muestran las cargas en gramos. Para obtener la carga como fuerza, en newtons:
 - divide la lectura por 1000 para convertirla en kilogramos;
 - multiplica el resultado por 9,81, la intensidad del campo gravitatorio.Ahora tienes la carga expresada como fuerza.



Investigación A

Cambio para usted:

- Como se muestra en el diagrama de la página anterior, suspenda una percha de masa vacía de la articulación **P** en el marco, utilizando un lazo de cuerda. La percha vacía tiene una masa de 20 g.
- Toma cada lectura de la célula de carga y conviértela en la fuerza dentro de ese miembro, como se ha descrito anteriormente. Anótalo en la tabla de la Guía del alumno. La tabla identifica el miembro del bastidor correspondiente a cada célula de carga.
- Aumenta la carga añadiendo una masa de 40 g al colgador de masa y registra las nuevas lecturas.
- Continúe de esta manera hasta que la percha de masa lleve un total de 300 g.
- Luego, mida el ángulo θ entre los miembros del marco en la unión **P**, y las longitudes X e Y de los miembros DG y FG.
- Anótelos en el Student Handout para utilizarlos en cálculos posteriores.
- Calcule los esfuerzos en cada elemento, utilizando uno de los métodos descritos en las páginas siguientes.
- Anota tus resultados en la segunda tabla del Student Handout.

Cálculo de fuerzas

1. Método de conexión

Cálculo de las fuerzas

Existen dos enfoques para hallar los valores teóricos de los esfuerzos en los elementos:

- el método de las secciones;
- el método de las articulaciones.

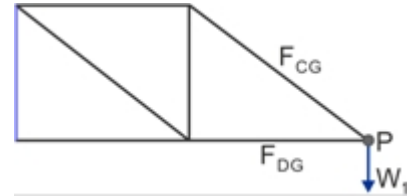
Ambos se basan en la misma física básica: en un cuerpo que está en equilibrio:

1. la fuerza horizontal total es cero;
2. la fuerza vertical total es cero;
3. la suma de los momentos de fuerzas alrededor de cualquier punto es cero.

Método de juntas:

Examina las fuerzas que actúan sobre una articulación determinada.

Por ejemplo, en primer lugar, concéntrese en las fuerzas que actúan sobre la articulación etiquetada como **P**.

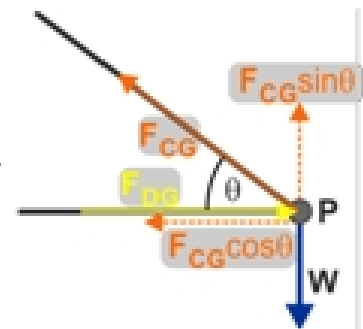


El segundo diagrama hace suponer que:

- La fuerza F_{CG} es una fuerza de tracción;
- La fuerza F_{DG} comprime la junta **P**.

Estas suposiciones no son significativas, ya que las matemáticas identifican las direcciones verdaderas añadiendo un signo "+" o "-".

El diagrama también muestra la fuerza F_{CG} resuelta en componentes horizontal y vertical.



El análisis

1. Suma de fuerzas verticales = 0:

$$F_{CG} \sin \theta - W = 0$$

$$F_{CG} = W / \sin \theta$$

2. Suma de fuerzas horizontales = 0:

$$F_{DG} - F_{CG} \cos \theta = 0$$

por lo que $F_{DG} = F_{CG} \cos \theta$

3. La suma de los momentos de fuerzas es cero:

No se obtendrá ninguna ecuación útil tomando momentos alrededor del punto **P** ya que tanto F_{CG} y F_{DG} , pasan por ese punto y por tanto no ejercen ningún momento sobre él.

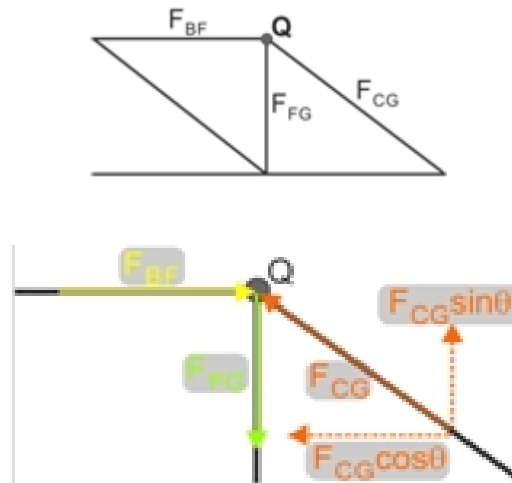
Conociendo la carga **W** y el ángulo θ , se pueden determinar las dos fuerzas F_{CG} y F_{DG} .

Cálculo de fuerzas

1. Método de conexión

Junta Q:

A continuación, observa las fuerzas que actúan sobre la articulación **Q**.



La fuerza F_{CG} se resuelve de nuevo en componentes horizontales y verticales.

El análisis

1. **Suma de fuerzas verticales = 0:**

$$F_{CG} \text{ sen } \theta - F_{FG} = 0$$
$$F_{FG} = F_{CG} \text{ sen } \theta$$

2. **Suma de fuerzas horizontales = 0:**

$$F_{BF} - F_{CG} \text{ cos } \theta = 0$$
$$F_{BF} = F_{CG} \text{ cos } \theta$$

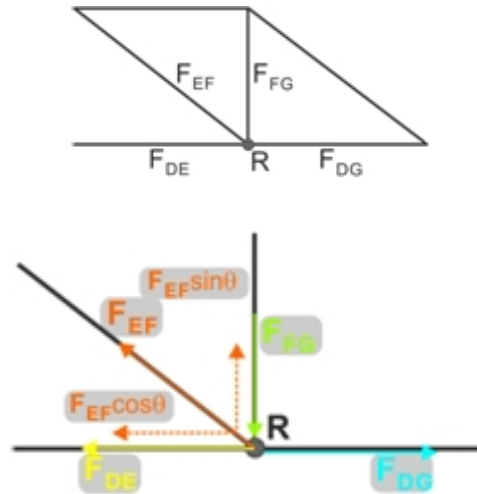
3. **La suma de los momentos de fuerzas es cero:**

Una vez más, como las tres fuerzas pasan por el punto **Q**, no se obtiene ninguna ecuación útil tomando momentos alrededor del punto **Q**.

Conociendo la fuerza F_{CG} y el ángulo θ , se pueden hallar las dos fuerzas F_{FG} y F_{BF} .

1. Método de conexión

Joint R:



Esta vez, la fuerza F_{EF} se resuelve en componentes horizontal y vertical.

El análisis

1. **Suma de fuerzas verticales = 0:**

$$F_{EF} \sin \theta - F_{FG} = 0$$
$$F_{EF} = F_{FG} / \sin \theta$$

2. **Suma de fuerzas horizontales = 0:**

$$F_{DG} - F_{EF} \cos \theta - F_{DE} = 0$$
$$F_{DE} = F_{DG} - F_{EF} \cos \theta$$

3. **La suma de los momentos de fuerzas es cero:**

De nuevo, todas las fuerzas pasan por el punto **R**, por lo que no se obtiene ninguna ecuación útil tomando momentos alrededor del punto **R**.

Conociendo las fuerzas F_{FG} y F_{DG} y el ángulo θ , se pueden hallar las dos fuerzas F_{EF} y F_{DE} .

Resumen

Analizando las situaciones en las articulaciones, **P**, **Q** y **R**, se han calculado las seis fuerzas. Obsérvese que en cada articulación el análisis sólo arroja dos ecuaciones, ya que tomar momentos no tenía sentido. Como resultado, el análisis de cada articulación funcionó porque sólo había dos fuerzas desconocidas implicadas cada vez.

Este método no es apropiado cuando más de dos fuerzas desconocidas actúan sobre la articulación.

2. Método de las secciones

Método de secciones:

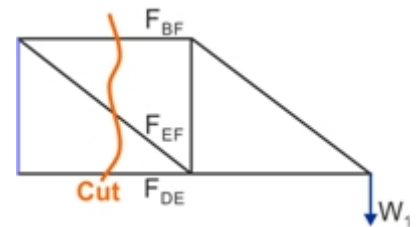
Este enfoque examina las fuerzas que actúan sobre una sección concreta de la estructura. Un corte en la estructura crea esa sección. Como toda la estructura, la sección está en equilibrio y así en esa sección:

- la suma de las fuerzas verticales es cero;
- la suma de las fuerzas horizontales es cero
- y la suma de los momentos de las fuerzas alrededor de cualquier punto es cero.

Esta vez, cada uno de estos aspectos generará una ecuación útil, lo que significa que podemos hacer frente a **tres** fuerzas desconocidas dentro de la sección que elijamos. Un corte teórico sólo puede atravesar 3 miembros desconocidos.

Por ejemplo, fíjese en la sección creada cortando las barras **BF**, **EF** y **DE**, como se muestra al lado.

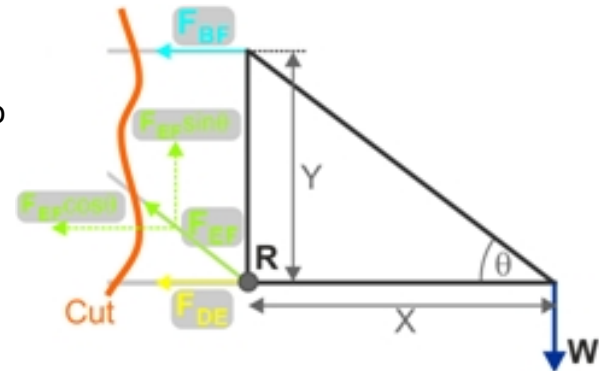
Esto nos permitirá determinar las fuerzas F_{BF} , F_{EF} y F_{DE} .



Paso 1 - dibujar el diagrama de cuerpo libre para el sección:

Todas las fuerzas han sido trazadas en tensión, pero de nuevo las matemáticas resolverán si esto es cierto o no.

La fuerza F_{EF} se muestra resuelta en sus componentes horizontal y vertical.



Paso 2 - Aplicar los criterios de equilibrio:

Observando las fuerzas verticales: $F_{EF} \sin \theta - W = 0$

y así $F_{EF} = W / \sin \theta$

Tomando momentos sobre la articulación **R**: $(F_{BF} \cdot Y) - (W \cdot X) = 0$

y así $F_{BF} = W \cdot X / Y$

Observando las fuerzas horizontales - $F_{DE} - F_{BF} - F_{EF} \cos \theta = 0$

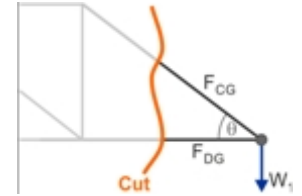
y así $F_{DE} = - F_{BF} - F_{EF} \cos \theta$

Conociendo W , θ y las longitudes X e Y podemos calcular las tres fuerzas.

Cálculo de fuerzas

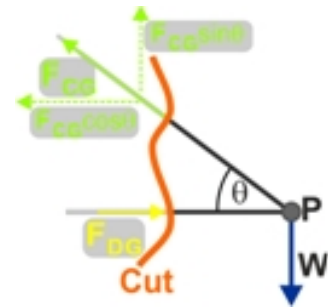
2. Método de las secciones

A continuación, observe la sección creada al cortar los miembros **CG** y **DG**. Esto nos permite determinar las fuerzas F_{CG} y F_{DG} .



Paso 1 - Dibujar el diagrama de cuerpo libre de la sección:

La fuerza F_{CG} se muestra resuelta en sus componentes horizontal y vertical.



Paso 2 - Aplicar los criterios de equilibrio:

Observando las fuerzas verticales: $F_{CG} \sin \theta - W = 0$
y así

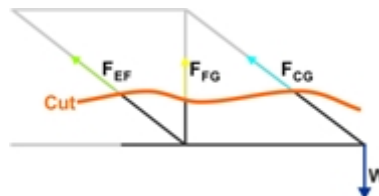
$$F_{CG} = W / \sin \theta$$

Observando las fuerzas horizontales $F_{DG} - F_{CG} \cos \theta = 0$
y así

$$F_{DG} = F_{CG} \cos \theta$$

No hay necesidad de una tercera ecuación ya que sólo hay dos fuerzas desconocidas. Conociendo W y θ , se pueden determinar estas fuerzas.

Esto deja una sola fuerza desconocida, F_{FG} . Esta se puede obtener utilizando el método de las articulaciones, mirando a la articulación **Q** o **R**, o aplicando otro corte como se muestra a continuación:



Aunque esto muestra que hay tres fuerzas implicadas, dos, F_{EF} y F_{CG} , ya se conocen. La restante, F_{FG} , puede determinarse observando las fuerzas verticales.

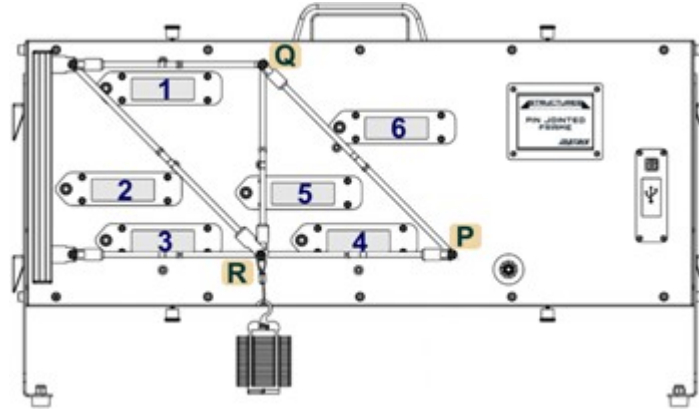
Resumen

El método de las secciones genera un máximo de **tres** ecuaciones, por lo que no puede utilizarse para un corte que implique más de **tres** fuerzas desconocidas.

Investigación B

Carga aplicada a la junta R

Investigación B



Te toca a ti:

- Desplace el gancho de masa de la articulación **P** a la articulación **R** del bastidor.
- Con el colgador de masa vacío, (es decir, masa 20g,) tome cada lectura de la célula de carga y conviértala en la fuerza equivalente.
Anótalo en la tabla del Student Handout.
- Como antes, aumente la carga en pasos de 40 g hasta que la masa total de la carga sea de 300 g, registrando cada vez las lecturas de la célula de carga como fuerzas.

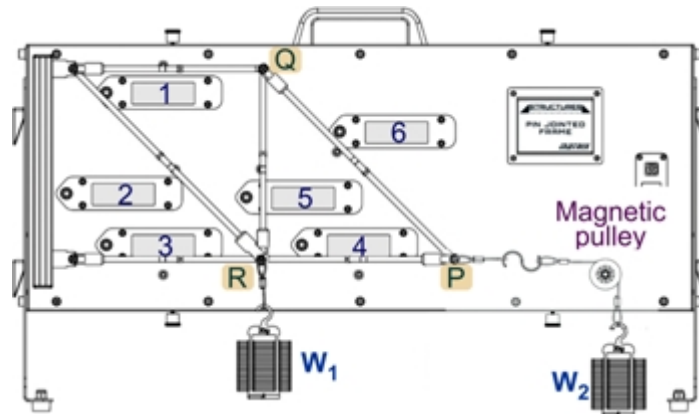
Desafío:

- Utiliza el método de análisis de uniones de las páginas 8 a 10 para obtener las ecuaciones de las fuerzas en las seis barras de la estructura con la carga en la unión **R**.
- Haz tu análisis en el espacio previsto para ello en el Student Handout.
- Por lo tanto, calcule las fuerzas en cada miembro.
(Pista: descubrirás que hay algunos miembros de fuerza cero).
- Anota tus resultados en la segunda tabla del Student Handout.

Investigación C

Cargas múltiples

Investigación C



Te toca a ti:

- Con una percha de masa todavía unida a la articulación **R**, añade una segunda a la articulación **P** pero utilizando la polea magnética para aplicar la carga en ángulo, como se muestra arriba.
- La tabla del Student Handout sugiere valores para **W₁** y **W₂** y el ángulo θ en el que **W₂** se aplica.

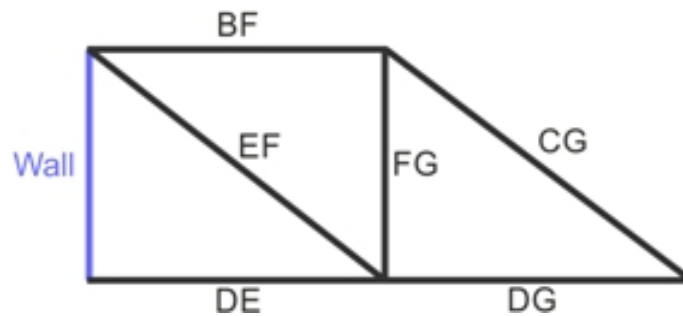
Cargue las perchas de masa con los valores elegidos de pesos y mueva la polea magnética para fijar el ángulo deseado.

- Cada vez, toma la lectura de cada célula de carga y conviértela en la fuerza equivalente. Anótala en la tabla del Student Handout.

Desafío:

- Utilizando uno de los métodos descritos anteriormente, dibuja diagramas de cuerpo libre y utilízalos para obtener ecuaciones para las fuerzas en los seis miembros del marco cuando se carga de esta manera.
- Presenta tus diagramas y análisis en el espacio previsto para ello en el Student Handout.
- Por lo tanto, calcule las fuerzas en cada miembro.
- Anota tus resultados en la segunda tabla del Student Handout.

Y qué:



- Las estructuras trianguladas de este tipo se utilizan a menudo en estructuras como puentes y soportes de tejados. Su análisis y diseño pueden simplificarse enormemente tratando las uniones como uniones de pasador.
- Las posiciones y tamaños de las fuerzas externas, como las cargas y las fuerzas de reacción, determinan el patrón de carga de una estructura. Un análisis como el que se muestra aquí puede optimizar las señales de- e identificar los elementos estructurales de fuerza nula.
- La optimización topológica es la técnica matemática utilizada para refinar el diseño de una estructura dentro de unas condiciones de contorno especificadas. En este tipo de análisis podría utilizarse la estructura articulada con pasadores anterior para reducir el número de elementos de viga en función de las condiciones de carga.
- El patrón de carga puede tener un gran efecto en la fuerza dentro de un elemento estructural. El ángulo de aplicación de la carga puede determinar si un elemento está en tensión o en compresión. Esto puede influir en la elección del material del elemento. Por ejemplo, la madera es un 30% más resistente a la compresión que a la tracción.

Folleto para el alumno

Folleto para el alumno

Investigación A - Carga aplicada a la junta P

Masa de la carga en g	Peso W de la carga en N	Fuerza medida, en N, en el miembro:					
		FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
		Célula de carga 1 en N	Célula de carga 2 en N	Célula de carga 3 en N	Célula de carga 4 en N	Célula de carga 5 en N	Célula de carga 6 en N
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.20						
60	0.59						
100	0.98						
140	1.37						
180	1.77						
220	2.16						
260	2.55						
300	2.94						

Ángulo θ entre los largueros del bastidor en la junta P =

Longitud del miembro DG, X =

Longitud del miembro FG, Y =

Masa de la carga en g	Peso W de la carga en N	Fuerza calculada, en N, en el miembro:					
		FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
		Célula de carga 1 en N	Célula de carga 2 en N	Célula de carga 3 en N	Célula de carga 4 en N	Célula de carga 5 en N	Célula de carga 6 en N
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.20						
60	0.59						
100	0.98						
140	1.37						
180	1.77						
220	2.16						
260	2.55						
300	2.94						

Folleto para el alumno

Investigación B - Carga aplicada a la junta R

Masa de la carga en g	Peso W de la carga en N	Fuerza medida, en N, en el miembro:					
		FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
		Célula de carga 1 en N	Célula de carga 2 en N	Célula de carga 3 en N	Célula de carga 4 en N	Célula de carga 5 en N	Célula de carga 6 en N
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.20						
60	0.59						
100	0.98						
140	1.37						
180	1.77						
220	2.16						
260	2.55						
300	2.94						

Desafío:

Utilice los diagramas de cuerpo libre y el método de las articulaciones para obtener las ecuaciones de las fuerzas en las seis barras.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

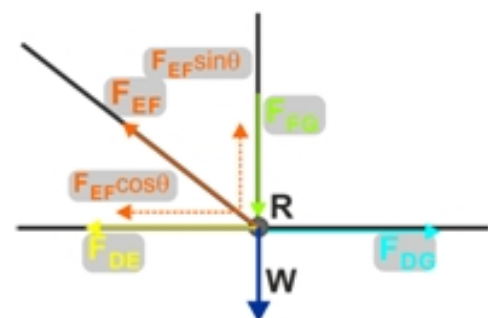
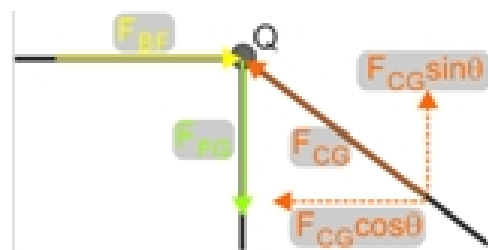
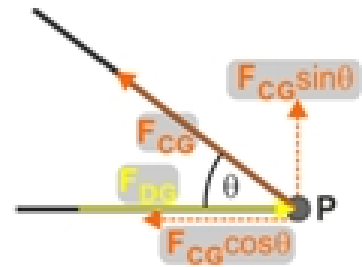
.....

.....

.....

.....

.....



Folleto para el alumno

Investigación B - Carga aplicada a la junta R

Masa de la carga en g	Peso W de la carga en N	Fuerza calculada, en N, en el miembro:					
		FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.20						
60	0.59						
100	0.98						
140	1.37						
180	1.77						
220	2.16						
260	2.55						
300	2.94						

Investigación C - Cargas múltiples

Masa de la carga 1 en g	Peso W1 de la carga 1 en N	Masa de la carga 2 en g	Peso W2 de la carga 2 en N	Carga 2 ángulo θ'	Fuerza medida, en N, en el miembro:					
					FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
					Célula de carga 1 en N	Célula de carga 2 en N	Célula de carga 3 en N	Célula de carga 4 en N	Célula de carga 5 en N	Célula de carga 6 en N
100	0.98	300	2.94	90						
100	0.98	300	2.94	45						
300	2.94	100	0.98	90						
300	2.94	100	0.98	45						

Masa de la carga 1 en g	Peso W1 de la carga 1 en N	Masa de la carga 2 en g	Peso W2 de la carga 2 en N	Carga 2 ángulo θ'	Fuerza calculada, en N, en el miembro:					
					FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
100	0.98	300	2.94	90						
100	0.98	300	2.94	45						
300	2.94	100	0.98	90						
300	2.94	100	0.98	45						

Notas para el Instructor

Sobre este curso

Introducción

El módulo "Estructuras - Armazón articulado" introduce a los estudiantes en las técnicas de análisis de la arga de s miembros de una estructura de armazón.

Con el kit, los alumnos realizan una serie de tareas sobre temas de los cursos BTEC Higher National y equivalentes. Al principio, los alumnos reciben todos los detalles de la investigación. Con el tiempo, ese "andamiaje" se reduce, animando a los estudiantes a aplicar y ampliar sus conocimientos a nuevas situaciones.

Objetivo

El curso enseña a los estudiantes las relaciones entre las cargas aplicadas y las fuerzas de tracción y compresión resultantes dentro de los miembros de una estructura de armazón.

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 quien determina 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.

Hora:

Los alumnos tardarán entre tres y cuatro horas en completar las fichas.

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:

- describa el significado del término "articulación de pasador";
- utilizar la notación de Bow para identificar los elementos de una estructura;
- explicar qué se entiende por "miembro de fuerza cero";
- poner a cero una célula de carga;
- convertir la lectura de una célula de carga en gramos en una fuerza en newtons;
- Dados los datos sobre las fuerzas que actúan sobre los elementos, dibujar e interpretar un diagrama de cuerpo libre para la estructura;
- resolver una fuerza en componentes perpendiculares;
- establecen que, para un cuerpo en equilibrio, la fuerza total y el momento total alrededor de cualquier punto son cero;
- calcular el momento de una fuerza dada alrededor de un punto dado;
- aplicar el método de las uniones para calcular las fuerzas en los elementos de una estructura;
- aplicar el método de las secciones para calcular los esfuerzos en los elementos de una estructura;
- Indique las limitaciones de cada método en cuanto al número de fuerzas desconocidas que se pueden determinar.

Notas para el instructor

Hoja de trabajo	Notas
<p>Introducción</p> <p>Calendario 15 - 20 minutos</p>	<p>Conceptos implicados: célula de cargajunta de pivotenotación de Bowresolución de fuerzas</p> <p>La introducción ofrece una visión general del equipo. A continuación se describe la notación de Bow y se aplica a la estructura articulada. La discusión incluye una referencia a los componentes de las fuerzas de reacción.</p> <p>En los casos en que los alumnos no hayan conocido esta idea con anterioridad, el instructor puede ampliar los detalles dados con ejemplos adicionales.</p>
<p>¡Comprueba la carga!</p> <p>Cronometraje 10 - 15 minutos</p>	<p>Conceptos implicados: tensión compresiónmiembro de fuerza cero</p> <p>El objetivo es explicar la importancia de calcular los esfuerzos en los elementos de una estructura. Una de las consecuencias es la posibilidad de seleccionar los materiales y dimensiones adecuados para los elementos.</p>
<p>A Carga aplicada a la junta P</p> <p>Cronometraje 20 - 35 minutos</p>	<p>Conceptos implicados (opcional): masa pesointensidad del campo gravitatorio</p> <p>Como es la primera vez que los alumnos utilizan este equipo, algunos pueden necesitar orientación. En particular, el instructor debe comprobar que las lecturas se registran en el lugar correcto de la tabla de la Guía del alumno.</p> <p>Dependiendo de su capacidad matemática y experiencia, algunos pueden necesitar ayuda para convertir la lectura de la célula de carga en gramos en una fuerza en newtons.</p> <p>El debate puede ampliarse para incluir los conceptos de masa, peso e intensidad del campo gravitatorio.</p>
<p>Calcular las fuerzas: 1 Método de unión</p> <p>Cronometraje 20 - 30 minutos</p>	<p>Esta sección comienza con ideas importantes sobre las consecuencias del equilibrio. A menos que los alumnos las comprendan, ¡no seguirán la explicación del método de las articulaciones!</p> <p>Si los alumnos no están familiarizados con los diagramas de cuerpo libre, el profesor deberá ayudarles con una serie de ejemplos.</p> <p>Puede que no resulte obvio que nuestras decisiones iniciales sobre las direcciones de acción de las fuerzas (tensión o compresión) no sean significativas, ya que las matemáticas nos indicarán dónde nos equivocamos. Algunos necesitarán más orientación.</p>

Notas para el instructor

Hoja de trabajo	Notas
<p>Cálculo de las fuerzas: 2 Método de secciones</p> <p>Cronometraje 20 - 30 minutos</p>	<p>El éxito de este método depende de la decisión sobre dónde hacer el corte. Otros ejemplos pueden mejorar la confianza de los alumnos a la hora de tomar las decisiones adecuadas.</p> <p>Es posible que el instructor tenga que dedicar tiempo a repasar ejemplos para ilustrar la idea de que no puede haber más de tres fuerzas desconocidas en el corte.</p>
<p>B Carga aplicada a la junta R</p> <p>Cronometraje 20 - 35 minutos</p>	<p>Los alumnos repiten el experimento anterior con la carga en una posición diferente sobre el bastidor. Como resultado, las ecuaciones utilizadas anteriormente no se aplican.</p> <p>Las técnicas que necesitan son las practicadas en las investigaciones anteriores, pero ahora se encontrarán con miembros de fuerza nula. Es posible que el instructor tenga que dedicar tiempo a convencer a algunos de que, aunque la fuerza en su interior sea nula, estos miembros siguen siendo una parte importante del armazón. Éste podría ser un buen tema para un ejercicio de investigación y una presentación por parte de los alumnos más capaces.</p> <p>Los alumnos repasan el método de las uniones, utilizando los diagramas de cuerpo libre que se proporcionan en el Material para el alumno, para generar ecuaciones para la nueva situación y, a continuación, las utilizan para calcular los valores teóricos de las fuerzas en las barras. Esta es una buena prueba de lo bien que entienden el método de las uniones. Algunos seguramente necesitarán ayuda del instructor.</p>
<p>C Cargas múltiples</p> <p>Cronometraje 20 - 35 minutos</p>	<p>Ahora, los alumnos añaden una segunda carga a la estructura y miden las fuerzas resultantes en los elementos. Una vez más, las ecuaciones anteriores ya no son válidas.</p> <p>Esta vez, los alumnos crean sus propios diagramas de cuerpo libre y los analizan para producir las ecuaciones necesarias para calcular los tamaños y las direcciones de las fuerzas de las memorias.</p> <p>Las instrucciones sugieren varios conjuntos de pesos y direcciones aplicadas. El profesor puede distribuirlos entre los grupos de alumnos y aumentar el número de conjuntos. Los resultados de todas las actividades pueden comunicarse a la clase mediante presentaciones de los alumnos.</p>