

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

GUÍA DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE DEFORMACIÓN EN VIGAS

Contenido

1. RESUMEN.....	2
2. OBJETIVOS	3
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. Flexión de vigas en voladizo	3
3.2. Vigas simplemente apoyadas	4
3.3. Sistema estáticamente indeterminado	5
3.3.1. Principio de superposición	6
4. EQUIPO.....	7
5. PROCEDIMIENTO	8
5.1. Flexión de vigas en voladizo	8
5.2. Vigas simplemente apoyadas	9
5.3. Vigas estáticamente indeterminadas	11
6. Otros ensayos	12

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diferentes condiciones de apoyo para una viga. 1) viga simplemente apoyada, 2) Viga en voladizo, 3) viga simplemente apoyada con voladizo en su extremo, 4) viga doblemente apoyada con empotramiento en uno de sus extremos.	2
Ilustración 2. Equipo de deformación de vigas.	3
Ilustración 3. Viga en voladizo.....	4
Ilustración 4. Viga simplemente apoyada.	4
Ilustración 5. Deformada de una viga simplemente apoyada	4
Ilustración 6. Viga con empotramiento y apoyo fijo en sus extremos.	6
Ilustración 7. Principio de superposición.	7
Ilustración 8. Descripción del equipo.	7
6 x 20 x 1000 mm Ilustración 9. Tipos de barras.	8
Ilustración 10. Montaje viga en voladizo.	9
Ilustración 11. Montaje viga simplemente apoyada.	10
Ilustración 12. Montaje, viga estáticamente indeterminada.	11

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

1. RESUMEN

Las vigas son elementos estructurales, que trabajan fundamentalmente a flexión, en los que la dimensión longitudinal es mucho mayor que la sección transversal. El eje de cargas corta el eje longitudinal de la viga, provocando un momento flector contenido en el plano de la sección. Por sus dimensiones, las vigas se consideran como un modelo unidimensional.

El equipo permite disponer diferentes condiciones de apoyo para la viga, generando sistemas tanto estáticamente determinados como estáticamente indeterminados que se someten a carga con diferentes pesos. Los puntos de aplicación de la carga se pueden desplazar. Tres relojes de comparación permiten medir los desplazamientos resultantes. Por otro lado, tres apoyos articulados con dinamómetros integrados miden directamente las reacciones en los apoyos. Los apoyos articulados son de altura variable, lo que permite compensar la influencia del peso propio de la viga estudiada. Un cuarto apoyo sirve para empotrar la viga.

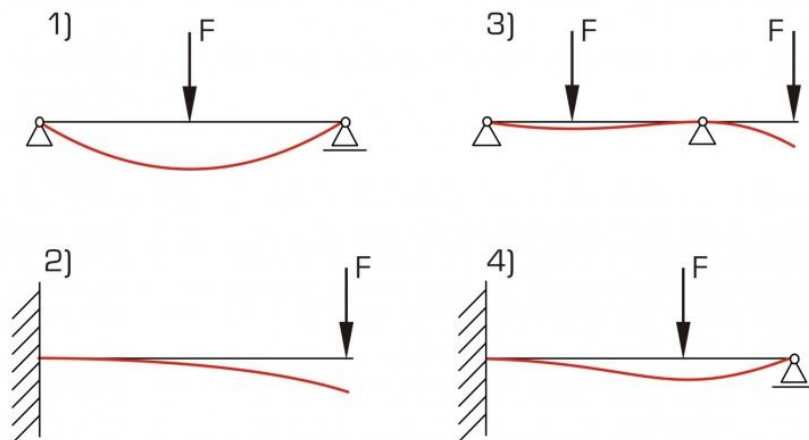


Ilustración 1. Diferentes condiciones de apoyo para una viga. 1) viga simplemente apoyada, 2) Viga en voladizo, 3) viga simplemente apoyada con voladizo en su extremo, 4) viga doblemente apoyada con empotramiento en uno de sus extremos.

Se tiene un conjunto de cinco vigas de diferentes dimensiones y diversos materiales que permiten mostrar la influencia de la geometría y del módulo de elasticidad en el comportamiento de la viga sometida a carga.

Así mismo, el ensayo permite estudiar y aplicar los diferentes métodos para el cálculo de deflexiones en vigas, tales como el de doble integración, momento-área, viga

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

conjugada, principio de superposición, trabajo virtual o el segundo teorema de Castigliano.



Ilustración 2. Equipo de deformación de vigas.

2. OBJETIVOS

- Adquirir nociones básicas sobre el entendimiento de las deformaciones en vigas bajo diferentes condiciones de apoyo y sistemas de carga.
- Calcular desplazamientos en vigas tanto isostáticas e hiperestáticas a partir de métodos clásicos.
- Comprender la influencia del tipo de material, mediante su módulo de elasticidad, y la sección transversal de la estructura, en su comportamiento elástico frente a la aplicación de cargas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Flexión de vigas en voladizo

En una viga en voladizo, uno de sus extremos está empotrado y el otro se encuentra libre. Se habla aquí de un apoyo que genera una triple restricción. Este transmite fuerza normal, fuerza transversal y momento. La viga se encuentra entonces apoyada de forma isostática.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

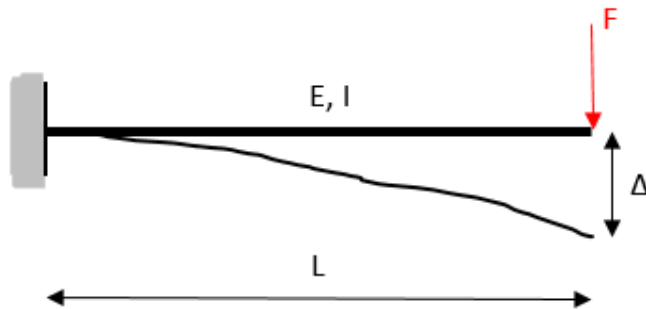


Ilustración 3. Viga en voladizo.

La ecuación para el cálculo de la deformación Δ de la viga en el punto de aplicación de la carga es:

$$\Delta = \frac{FL^3}{3EI}$$

3.2. Vigas simplemente apoyadas

Inicialmente se calculan las reacciones mediante las ecuaciones de equilibrio.

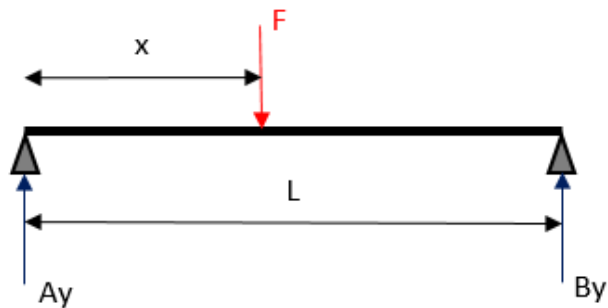


Ilustración 4. Viga simplemente apoyada.

La configuración deformada se muestra en la ilustración 5:

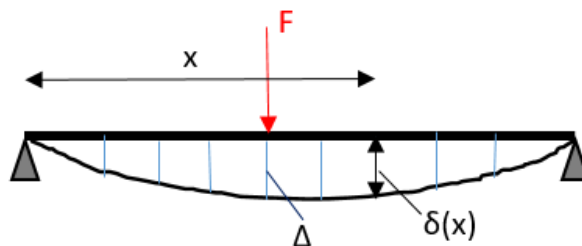


Ilustración 5. Deformada de una viga simplemente apoyada

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

La ecuación de la deflexión para una viga simplemente apoyada sometida a una carga puntual central para el segmento que se encuentra entre el apoyo izquierdo y la carga con $0 \leq x \leq L/2$, es:

$$\delta(x) = \frac{FL^3}{48EI} \left[3 \frac{x}{L} - 4 \frac{x^3}{L^3} \right]$$

El segmento entre la carga y el apoyo derecho es simétrico. La máxima deflexión en este caso se produce en la mitad de la luz con $x = L/2$, directamente bajo la carga:

$$\Delta = \frac{FL^3}{48EI}$$

También se pueden montar otras configuraciones como vigas simplemente apoyadas con voladizo, con una o dos cargas, por ejemplo.

3.3. Sistema estáticamente indeterminado

Se tiene un sistema estáticamente indeterminado o hiperestático cuando el número de reacciones es mayor que la cantidad de grados de libertad del sistema. Un sistema plano como el de las vigas, tiene tres grados de libertad:

- Desplazamiento horizontal
- Desplazamiento vertical
- Giro

Un apoyo móvil es monovalente; sólo impide movimiento vertical.

Un apoyo articulado o fijo, es bivalente; impide traslación vertical y horizontal.

Un apoyo empotrado es trivalente; impide tanto traslaciones como giro.

Si una viga se empotra por un extremo y por el otro tiene un apoyo libre, entonces la suma de todas las reacciones son 4, y es, por ende, mayor que la cantidad de grados de libertad del sistema. La viga es entonces estáticamente indeterminada.

En tal caso, las reacciones en los apoyos, desconocidas, ya no pueden calcularse a partir de las ecuaciones de equilibrio. Se debe recurrir a ecuaciones adicionales a partir de las propiedades de deformación de la viga.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

A continuación, se expone el principio de superposición el cual permite ser demostrado mediante el ensayo. Sin embargo, este permite obtener directamente el valor de reacción en los apoyos móviles mediante los dinamómetros. Otra alternativa es obtener directamente el valor de la reacción y mediante otros métodos para el cálculo de vigas estáticamente indeterminadas, obtener las reacciones correspondientes.

3.3.1. Principio de superposición

El principio de superposición estipula que la suma de todas las deformaciones, causadas por cargas aisladas, corresponden a la deformación provocada por una carga combinada de las cargas aisladas.

Por tanto, se carga el sistema progresivamente con las cargas aisladas, y a partir del cálculo sumatorio de los resultados parciales, se puede determinar la deformación total de una carga combinada y de actuación simultánea.

Considere una viga empotrada en su extremo y con apoyo fijo en el otro, tal como se muestra en la ilustración 6. Considerando como redundante la reacción en el apoyo fijo, para determinar la fuerza de reacción desconocida, la deformación total en ese punto debe ser igual a cero. De ello se sigue que la deformación provocada por la fuerza de reacción B_y tiene la misma magnitud que la provocada por la carga F , pero en dirección opuesta.

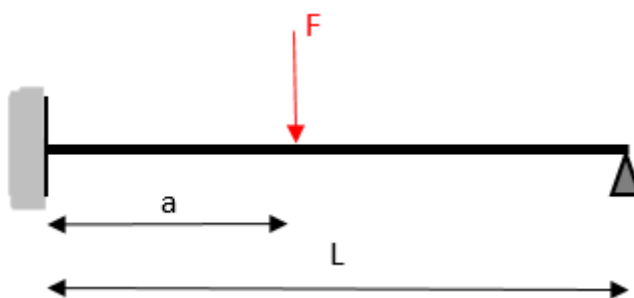


Ilustración 6. Viga con empotramiento y apoyo fijo en sus extremos.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

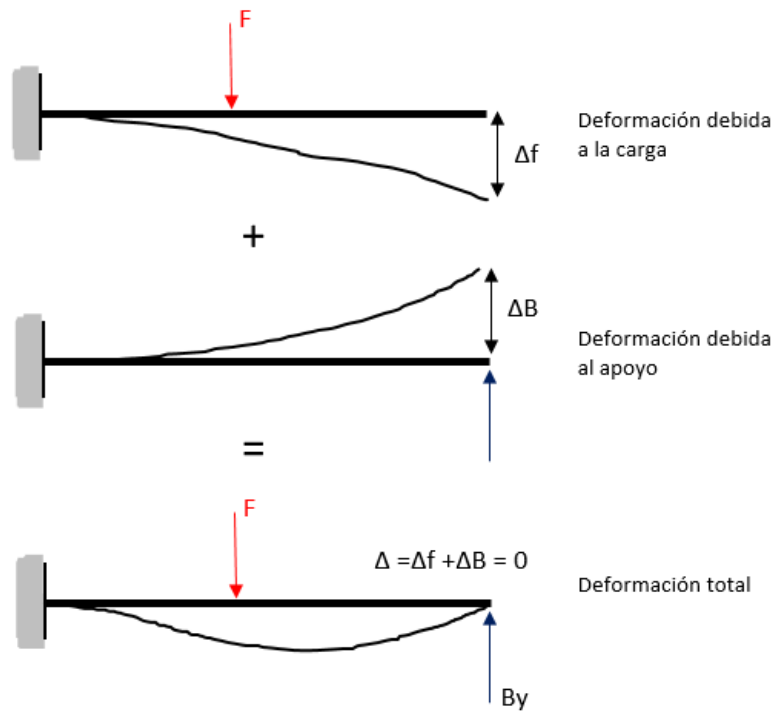


Ilustración 7. Principio de superposición.

4. EQUIPO

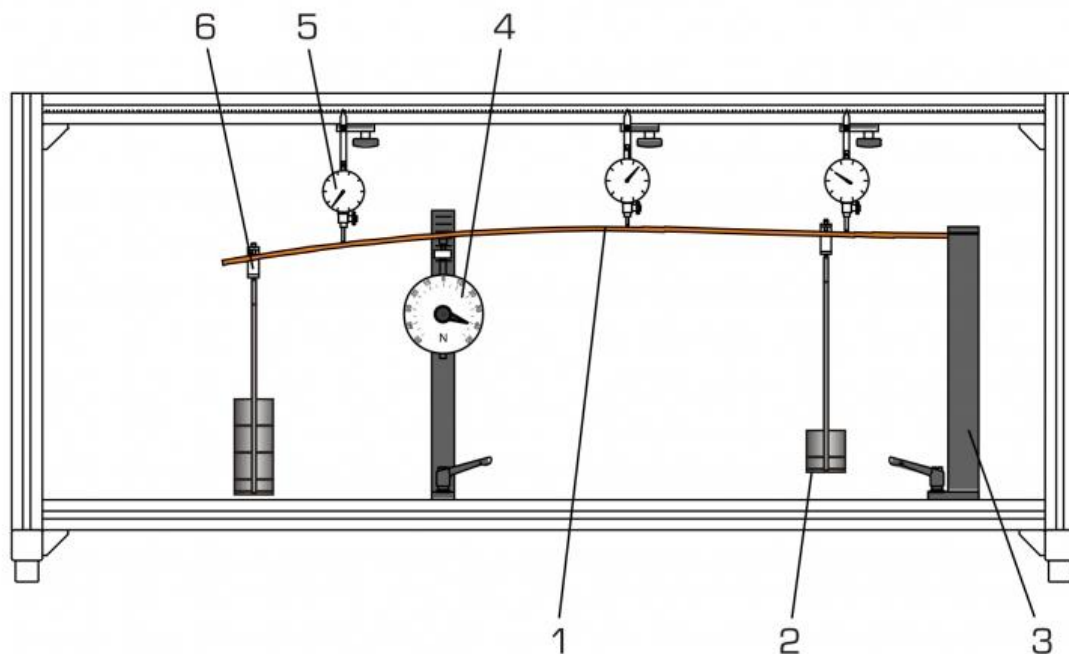


Ilustración 8. Descripción del equipo.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

- 1) Viga
- 2) Peso
- 3) Apoyo con sujeción (empotrado)
- 4) Apoyo con dinamómetro (apoyo móvil)
- 5) Reloj de comparación
- 6) Gancho desplazable

Cantidad de juegos de pesas: 4

Graduación de las pesas: 16x5 N y 4x2.5 N

Cantidad de apoyos: articulados 3

empotrados 1

Rango de medición, dinamómetros: 40 N

Rango de medición, relojes de comparación: 20 mm

Barras de prueba

Acero 90 MnCrV8

3 x 20 x 1000 mm

4 x 20 x 1000 mm

6 x 20 x 1000 mm

Latón CuZn39Pb3

6 x 20 x 1000 mm

Aluminio AlMgSi0.5F22

6 x 20 x 1000 mm



Acero



Aluminio



Latón

Ilustración 9. Tipos de barras.

Módulos de elasticidad:

Acero: $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

Aluminio: $E_{Al} = 71000 \text{ N/mm}^2$

Latón: $E_{lat} = 110000 \text{ N/mm}^2$

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Flexión de vigas en voladizo

El experimento se monta de acuerdo a la imagen:

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

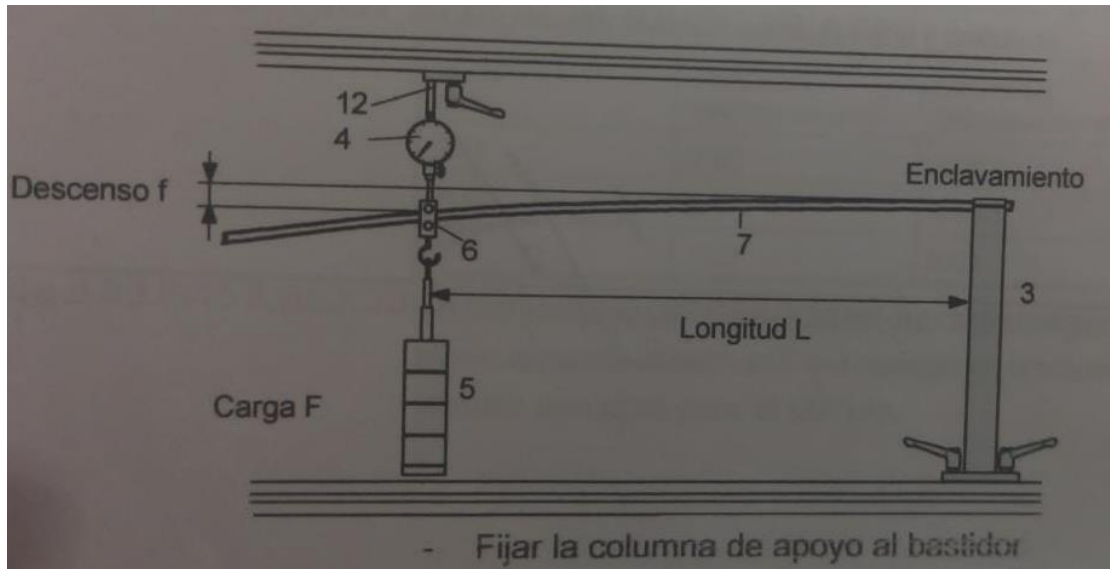


Ilustración 10. Montaje viga en voladizo.

Se necesitan:

- Barra de acero (7)
- Corredera de pesas (6)
- Suspensor de pesas (5)
- 3 Pesas de 5 N
- Reloj de medición con soporte (4, 12)
- Columna de apoyo con empotramiento (3)

Procedimiento:

- a) Empotrar la columna
- b) Colocar la corredera sobre la barra y fijarla en la posición deseada
- c) Fijar el reloj de medición, con el soporte, en el bastidor, de manera que el palpador tope el aplanamiento del perno de la corredera
- d) Ajustar a cero el reloj de medición con la barra libre de carga. Para ello, reajustar el soporte y girar la escala para el ajuste fino.
- e) Colgar las pesas de carga, leer el descenso en el reloj de medición y anotar el valor.

5.2. Vigas simplemente apoyadas

El experimento se monta de acuerdo con la ilustración 11. Se necesita:

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

- Barra de acero (4)
- Corredera para pesas (6)
- Suspensor de pesas (5)
- 3 pesas 5 N, 1 pesa de 2.5 N
- 2 apoyos articulados (2) con dinamómetro (7)
- 3 relojes de comparación con soporte (4, 8)

La carga permanece constante y actúa en la mitad, en $x = 500$ mm

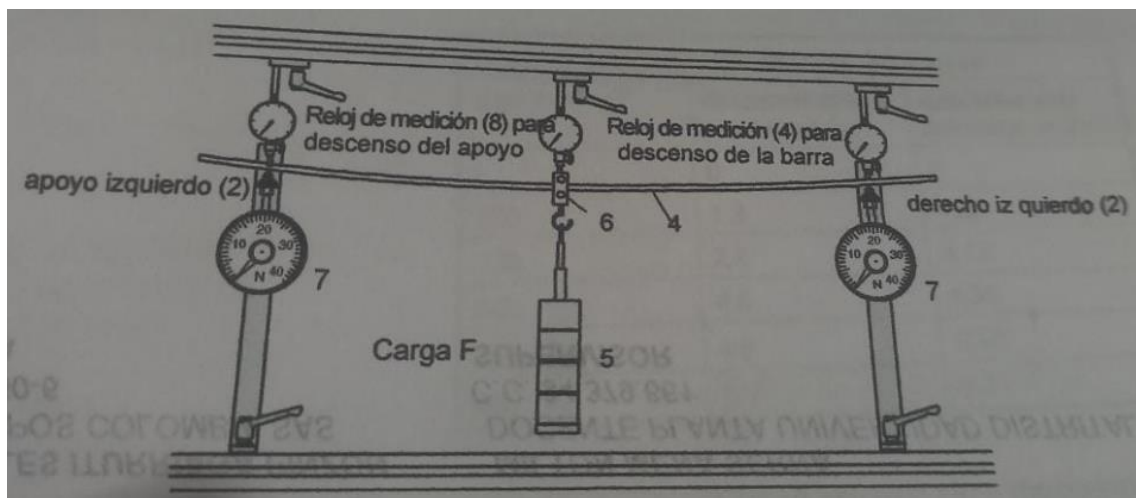


Ilustración 11. Montaje viga simplemente apoyada.

Con el reloj de medición (4) se mide el descenso de la barra.

- Descargar la barra.
- Colocar la corredera sobre la barra y fijarla en la posición deseada.
- Fijar el reloj de medición y ajustar a cero.
- Colgar las pesas de carga, leer el descenso en el reloj de medición y anotar el valor.

Este ensayo y el anterior, permite graficar la elástica de la viga para diferentes puntos; se recomienda tomar deltas de cada 100 mm y comparar la curva teórica con la curva experimental. También, para una misma condición de carga y configuración geométrica, se pueden comparar las deflexiones para diferentes materiales o para diferentes secciones transversales.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

5.3. Vigas estáticamente indeterminadas

El experimento se monta de acuerdo con la imagen. Se necesita:

- Barra de acero
- Corredera para pesas
- 2 pesas de 5 N, 1 pesa de 2.5 N
- Apoyo articulado con dinamómetro
- Columna de apoyo con empotramiento
- Reloj de medición con soporte

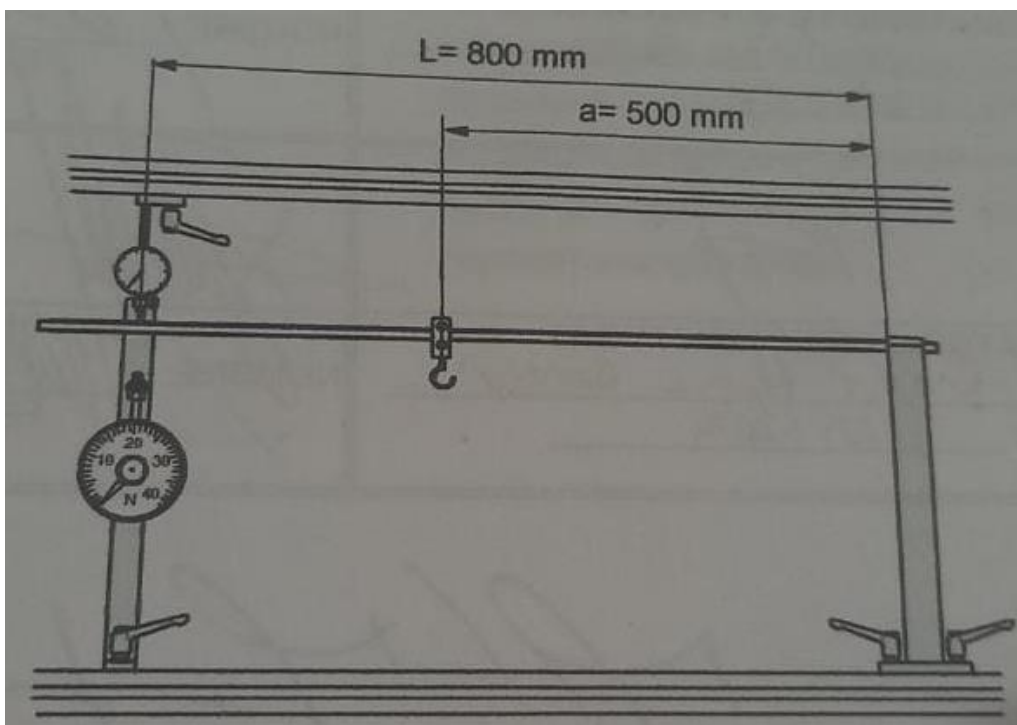


Ilustración 12. Montaje, viga estáticamente indeterminada.

La luz es de 800 mm, la distancia desde el empotramiento hacia la carga 500 mm.

Para aplicar el principio de superposición,

- El reloj de medición se emplaza sobre el apoyo articulado
- Girar el apoyo articulado hacia abajo. La distancia entre el extremo libre de carga y el apoyo debe tener un mínimo de 25 mm.
- En estado libre de carga, en el extremo de la barra, ajustar el reloj de medición a cero.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

- d) Cargar la barra con 15 N, o la carga deseada.
- e) Medir la deformación generada en el punto del apoyo articulado.
- f) Elevar por medio de giro el apoyo para compensar el descenso provocado por la carga. Volver a ajustar a cero el reloj de medición. El dinamómetro indica ahora la fuerza de reacción.

Para medir la deflexión en cualquier otro punto de la viga y medir de forma experimental la fuerza de reacción:

- a) Descargar la barra
- b) Fijar el reloj de medición en la posición deseada y ajustar a cero
- c) Colocar la carga en la posición deseada
- d) Medir la deformación ocasionada y la fuerza de reacción.
- e) Comparar con resultados teóricos.

6. Otros ensayos

- Medición de fuerzas de reacción en vigas simplemente apoyadas (asignatura de estática)
- Solución de sistemas estáticamente indeterminados con tres apoyos articulados (medición de fuerzas de reacción).
- Estimación de la elástica de vigas bajo diferentes configuraciones de apoyo, graficación de la curva y comparación con cálculos teóricos.