EQUILIBRIO ESTÁTICO
(Problemas resueltos)

ÍNDICE

Problemas resueltos. 40

Análisis de estructuras. 86

Definición de Armadura. 94

Método de los nodos. 95

Mètodo de las secciones. 111

CAPÍTULO II

PROBLEMAS RESUELTOS DE EQUILIBRIO ESTÁTICO ("paso a paso")

PROBLEMA P.2.1:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.1 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

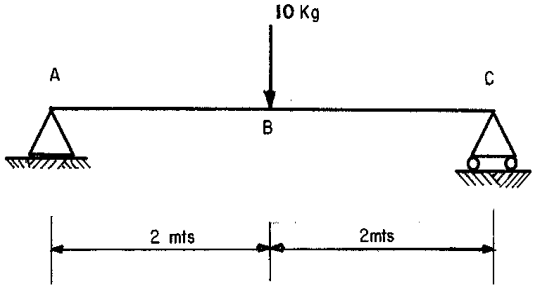


FIGURA P.2.1

Solución:

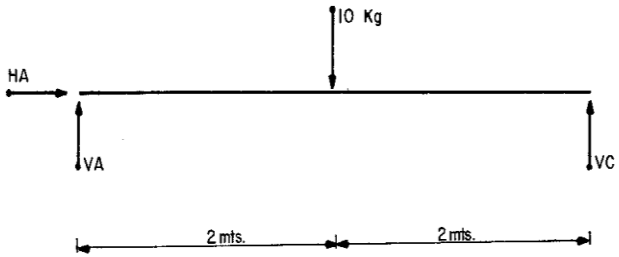
Primero estudio el cuerpo de acuerdo a los movimientos o grados de libertad que restringen los vínculos.

* Vínculo doble en A restringe 2 grados de libertad (movimiento vertical y horizontal).

* Vínculo simple (rodillo) en C restringe el movimiento vertical.

Como están restringidos los tres grados de libertad de la viga (en el plano) se dice que el cuerpo es "Isostático" y podemos hacer su estudio a través de la Estática.

Segundo: Elaboración del Diagrama de Cuerpo libre



D.C.L

Ahora fijo "mi" Sistema de Referencia de Signos:

* Fuerza Vertical hacia arriba: **positiva.**
* Fuerza Vertical hacia abajo: **negativa.**
* Fuerza Horizontal hacia la derecha: **positiva.**
* Fuerza Horizontal hacia la izquierda: **negativa.**
* Momento en sentido horario: **positivo.**
* Momento en sentido anti-horario: **negativo.**

Si tomo "A" como primer punto de referencia para el estudio de las condiciones de equilibrio puedo decir que la $\sum MA = 0$ (sumatoria de momentos en A es igual a cero); en consecuencia, observo todas las fuerzas que producen efecto de giro en la viga con respecto al punto A.

$$MA = + (10\ kg)\ (2\ mts) - (Vc)\ (4\ mts) = 0$$

- La reacción "VA" pasa por el punto "A", por lo tanto no hay brazo ni efecto de giro.

- La reacción "HA" pasa por el punto "A", por lo tanto no hay brazo ni efecto de giro.

- La fuerza de 10 kg. es perpendicular a la viga y su brazo es de 2 mts. y su efecto de giro es en sentido horario con respecto al punto "A" .

$$< + (10\ kg)*(2\ mts) >$$

- La reacción "Vc" es perpendicular a la viga y su brazo es de 4 mts. y su efecto de giro es en sentido anti-horario con respecto al punto "A".

$$< - (Vc)*(4\ mts) >$$

$$MA = 20\ kgmts - Vc\ 4\ mts = 0$$

$$20\ kgmts = Vc\ 4\ mts$$

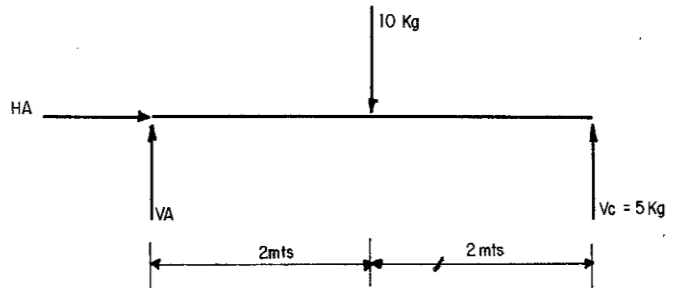
$$Vc = (20\ kgmts)\ /\ (4\ mts)$$

$$\boxed{Vc = 5\ kg\ (\uparrow)}$$

Como asumimos que "Vc" era vertical en sentido hacia arriba, y el resultado nos dió con signo positivo, esto nos indica que dicha consideración es cierta; si el resultado de "Vc" nos hubiera dado negativo, esto lo único que

representaba era que su sentido era hacia abajo y no hacia arriba como habíamos asumido.

Después de obtener la magnitud de "Vc", hacemos un gráfico auxiliar para facilitar la continuación de la resolución del problema:



Ahora aplicamos las condiciones de equilibrio en el eje "X":

$$\sum Fx = 0$$

Como solo tenemos una Fuerza que actúa en dirección del eje "X" (HA):

$$\boxed{HA = 0 \text{ kg}}$$

Condiciones de equilibrio en el eje "Y":

$$\sum Fy = 0$$

$$+ VA - 10 \text{ kg} + 5 \text{ kg} = 0$$

(Los signos colocados van en función del sentido de las fuerzas verticales y atendiendo al cuarto principio de la Estática Gráfica).

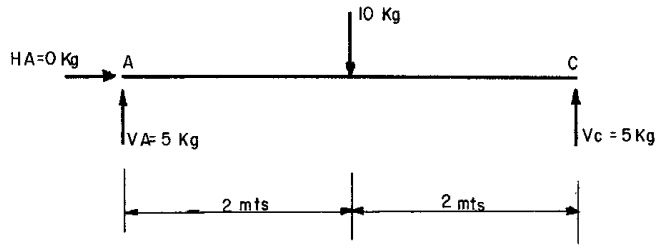
$$+ VA - 5 \text{ kg} = 0$$

$$\boxed{VA = 5 \text{ kg } (\uparrow)}$$

El resultado fué con signo positivo, lo que quiere decir que el sentido que escogimos fué el correcto.

Con los datos calculados anteriormente concluímos que las condiciones de equilibrio están dadas para los valores que indicaremos a continuación:

Respuesta:



NOTA: Aún cuando el resultado de algunas reacciones sean iguales a cero, las mismas deben indicarse en los resultados.

$$\boxed{HA = 0 \text{ kg}}, \quad \boxed{VA = 5 \text{ kg } (\uparrow)}, \quad \boxed{Vc = 5 \text{ kg } (\uparrow)}$$

PROBLEMA P.2.2:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.2 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

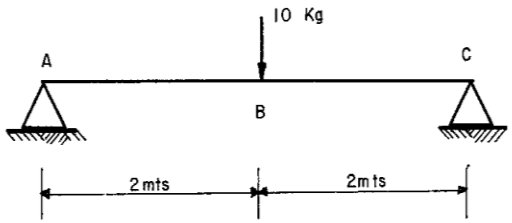


FIGURA P.2.2

Solución:

Al estudiar los movimientos o grados de libertad que restringen las 2 articulaciones fijas (A y C) me doy cuenta que:

* Vínculo doble en "A", restringe dos grados de libertad.

* Vínculo doble en "C", restringe dos grados de libertad.

Grados de libertad impedidos = 2 + 2 = 4

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 4 = -1

GL = -1 < 0 : Cuerpo "Hiperestático"

No es posible calcular el equilibrio estático a través de las "herramientas" de la Estática por que el cuerpo no es "Isostático" (en este ejercicio el cuerpo es "Hiperestático, es decir estaticamente indeterminado).

PROBLEMA P.2.3:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.3 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

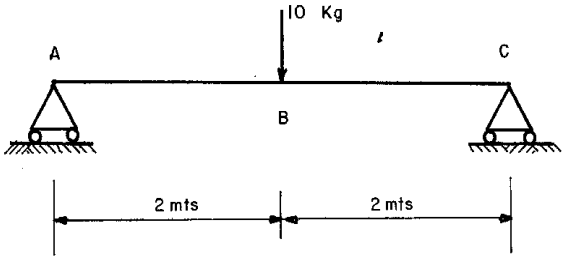


FIGURA P.2.3

Solución:

Al estudiar los movimientos que restringen los dos apoyos tipo rodillo (A y C), me doy cuenta que:

Grados de libertad impedidos = 1 en A + 1 en C = 2

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 2 = 1

GL = 1 > 0 : Cuerpo "Hipostático"

Aunque bajo condiciones especiales de carga es "estaticamente posible" resolver este problema, notaremos que tiene equilibrio inestable ya que ninguno de los vínculos restringe su movimiento en dirección horizontal (hacia la derecha o hacia la izquierda) y con la aplicación de una fuerza en sentido horizontal, por pequeña que sea, el cuerpo entraría en movimiento.

PROBLEMA P.2.4:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.4 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

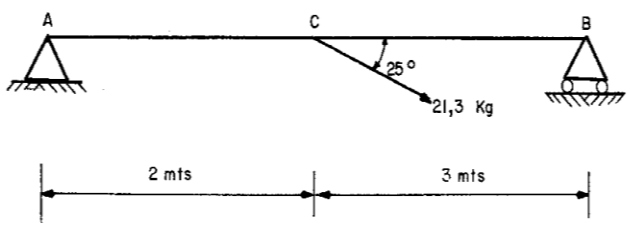
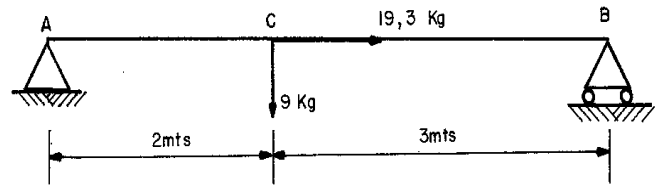


FIGURA P.2.4

Solución:

En el ejemplo 3 (Fig. E.3) calculamos las componentes de esta fuerza, y un equivalente del problema P.2.4 sería entonces el siguiente: (Ver páginas del 18 al 20)

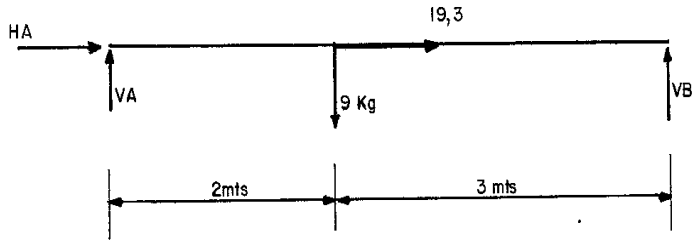


Grados de libertad impedidos = 2 en A y 1 en B = 3

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 3 = 0 : Cuerpo "Isostático"

Diagrama de Cuerpo Libre:



$$\sum MA = + (9\ kg)\ (2\ mts) - (VB)\ (5\ mts) = 0$$

Nota: La linea de acción de la fuerza de 19,3 kg. pasa por el punto A, entonces no produce efecto de giro.

$$+ 18\ kg - 5\ VB\ mts = 0$$

$$18\ kg = 5\ VB\ mts$$

$$VB = (18\ kgmts)\ /\ (5\ mts)$$

$$\boxed{VB = 3{,}6\ kg\ (\uparrow)}$$

Fuerzas Verticales: $\sum Fy = 0$

$$+ VA - 9\ kg + 3{,}6\ kg = 0$$

$$\boxed{VA = 5{,}4\ kg\ (\uparrow)}$$

Fuerzas Horizontales: $\sum Fx = 0$

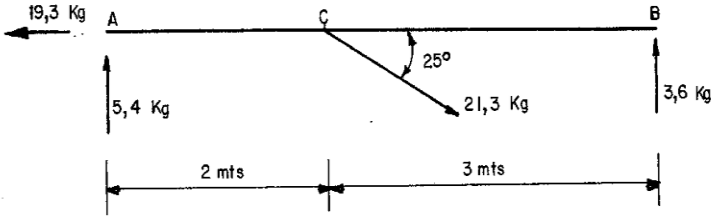
$$+ HA + 19{,}3\ kg = 0$$

$$HA = - 19{,}3\ kg$$

Como el resultado de "HA" me dió con signo negativo, esto significa que el sentido que escogimos no es el verdadero sino el inverso, en conclusión HA = 19,3 kg pero con sentido hacia la izquierda:

$$\boxed{HA = 19{,}3\ kg\ (\leftarrow)}$$

Respuesta



PROBLEMA P.2.5:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.5 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

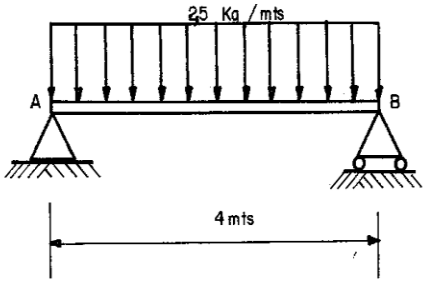


FIGURA P.2.5

Solución:

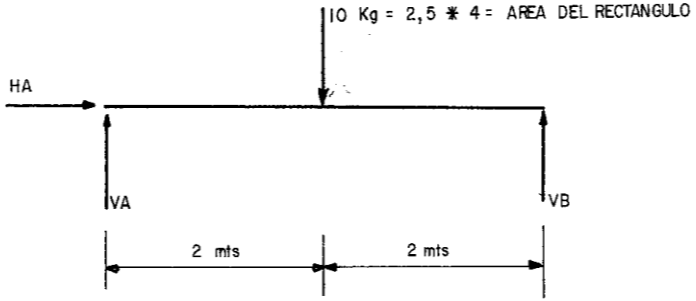
Grados de libertad impedidos = 2 en A y 1 en B = 3

Grados de libertad que posee la viga en el plano = 3

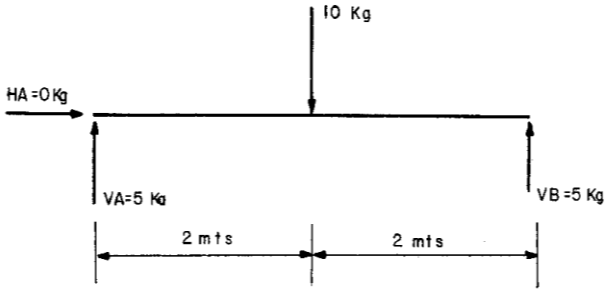
GL = 3 - 3 : Cuerpo Isostático

En el capitulo anterior mencionamos que la resultante de las fuerzas distribuidas que actúan sobre un cuerpo rígido pasará por el centro de gravedad de la figura que forman y su intensidad o magnitud la conformará el valor absoluto del área de dicha figura.

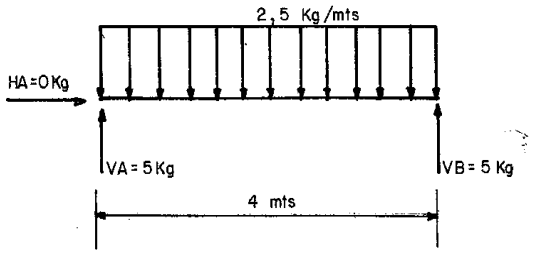
En consecuencia el Diagrama de Cuerpo Libre para el cálculo de las reacciones será el siguiente:



Este problema es equivalente al explicado en el Problema P.2.1. (página 40 al 44), cuya respuesta es:



La Respuesta definitiva de este problema (P.2.5) será entonces:



PROBLEMA P.2.6:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.6 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

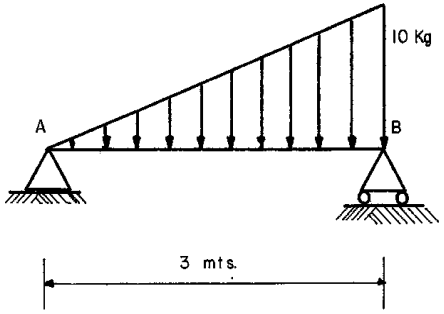
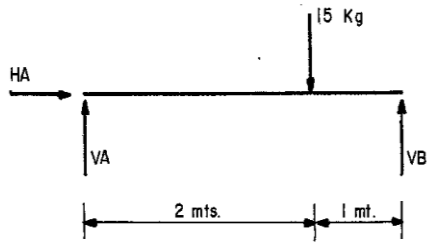


FIGURA P.2.6

Solución:

GL = 3 - 3 : Isostático.

El Diagrama de Cuerpo Libre es el indicado en el Ejemlo E.4.3 (página 33) :



$$\sum MA = + (15\ kg)(2\ mts) - VB\ (3\ mts) = 0$$

Realizado el despeje correspondiente:

$$\boxed{VB = 10\ kg\ (\uparrow)}$$

$$\sum Fy = 0$$

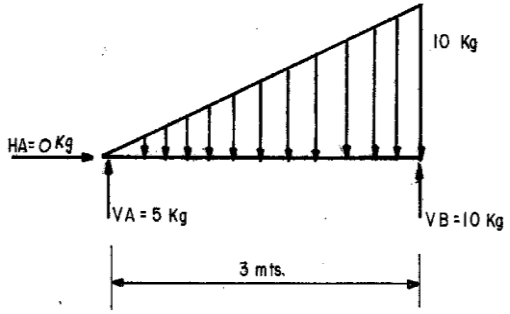
$$+ VA - 15\ kg + 10\ kg = 0$$

$$\boxed{VA = 5\ kg\ (\uparrow)}$$

$$\sum Fx = 0$$

$$\boxed{HA = 0\ kg}$$

Respuesta:



PROBLEMA P.2.7:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.7 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

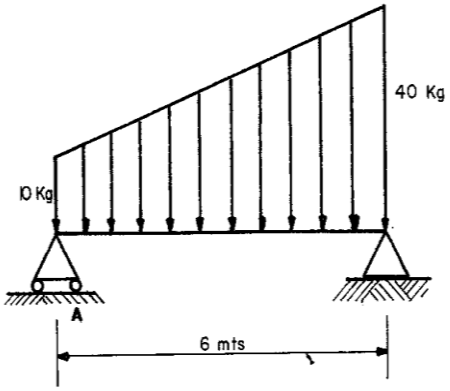
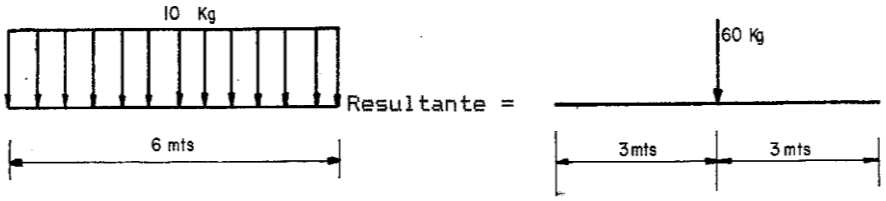


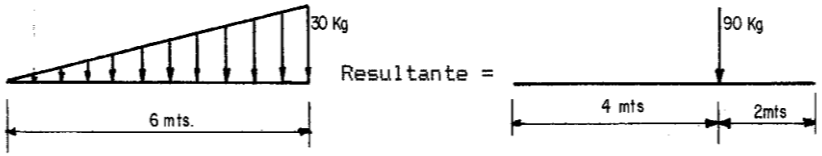
FIGURA P.2.7

Solución:

GL = 3 - 3 = 0 : Isostático.

Ahora analizo las fuerzas externas actuantes (distribuídas) y observo que puedo descomponer en dos tipos de fuerzas distribuídas:





El gráfico auxiliar para el cálculo de las reacciones será el siguiente:

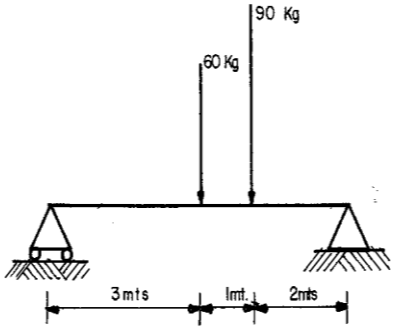
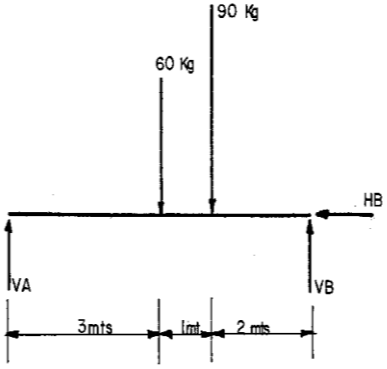
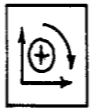


Diagrama de cuerpo libre:





$$\sum M_A = +(60\ kg)(3\ mts) + (90\ kg)(4\ mts) - (V_B)(6\ mts) = 0$$

$$+ 180\ kg.mts + 360\ kg.mts = V_B\ 6\ mts$$

$$V_B = (540\ kg.mts) / (6\ mts)$$

$$\boxed{V_B = 90\ kg\ (\uparrow)}$$

$$\sum F_x = 0$$

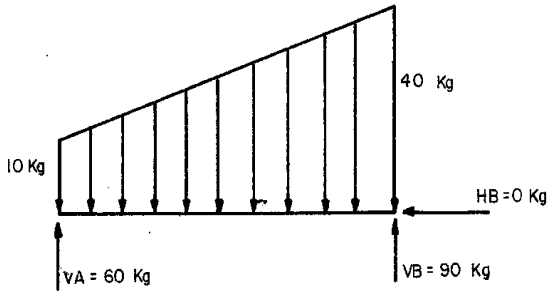
$$\boxed{H_B = 0\ kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$+ V_A - 60\ kg - 90\ kg + 90\ kg = 0$$

$$\boxed{V_A = 60\ kg\ (\uparrow)}$$

Respuesta:



PROBLEMA P.2.8:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.8 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

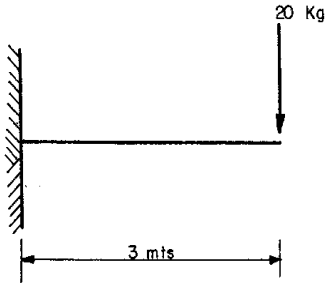


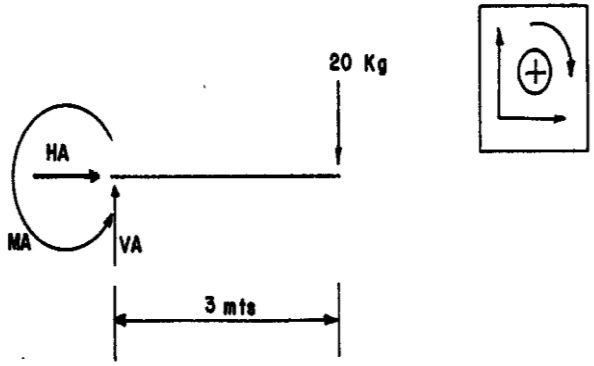
FIGURA P.2.8

Solución:

Grados de libertad que restringe el empotramiento en A = 3

GL = 3 - 3 = 0 : Isostático

Diagrama de cuerpo libre:



$\sum Fx = 0$

$$\boxed{HA = 0 \text{ kg}}$$

$\sum Fy = 0$

$$+ VA - 20 \text{ kg} = 0$$

$$\boxed{VA = 20 \text{ kg } (\uparrow)}$$

$\sum MA = 0$

$$- MA + (20 \text{ kg})(3 \text{ mts}) = 0$$

$$\boxed{MA = 60 \text{ kg.mts } (\circlearrowleft)}$$

PROBLEMA P.2.9:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.9 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

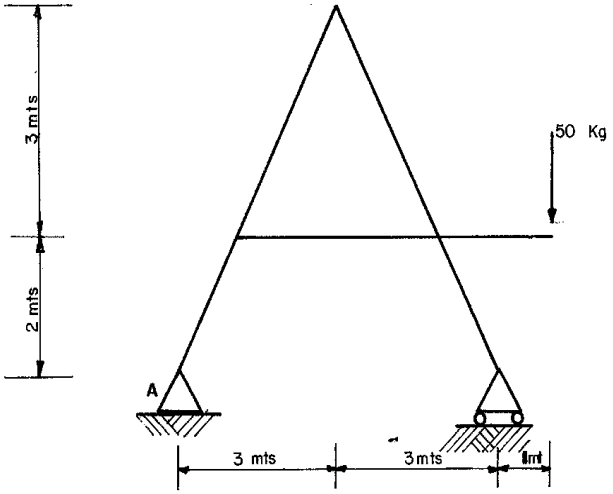
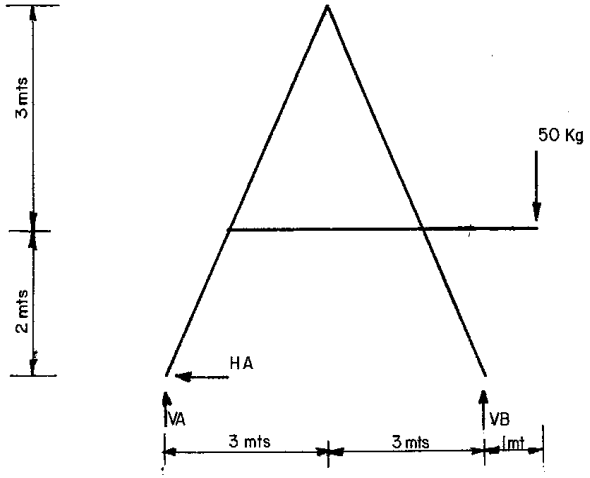


FIGURA P.2.9

NOTA: La figura representa un solo cuerpo, en realidad pueden ser tres vigas soldadas entre si, pero su estudio estático se realiza considerándolo como una sola.

GL = 3 - 3 = 0 : Isostático

Diagrama de Cuerpo Libre:



$\sum MA = 0$

$$- (VB)(6\ mts) + (50\ kg)(7\ mts) = 0$$

$$\boxed{VB = 58{,}33\ kg\ (\downarrow)}$$

$\sum Fx = 0$

$$\boxed{HA = 0\ kg}$$

$\sum Fy = 0$

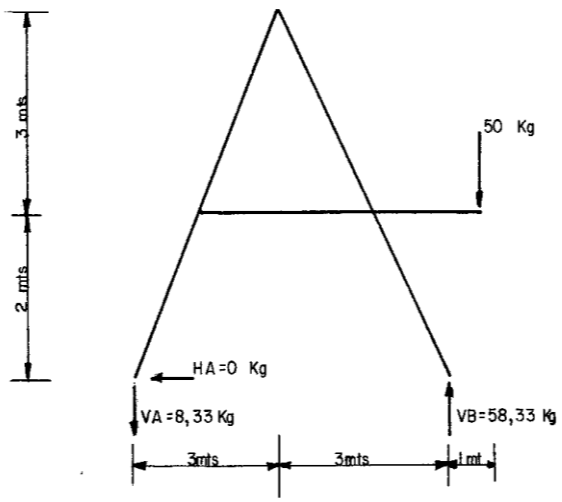
$$+ VA + 58{,}33\ kg - 50\ kg = 0$$

$$VA = - 8{,}33\ kg$$

Como el resultado de "VA" dió con **SIGNO** negativo indica que el sentido escogido no es el verdadero sino el inverso:

$$\boxed{VA = 8{,}33\ kg\ (\downarrow)}$$

Respuesta:



PROBLEMA P.2.10:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.10 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

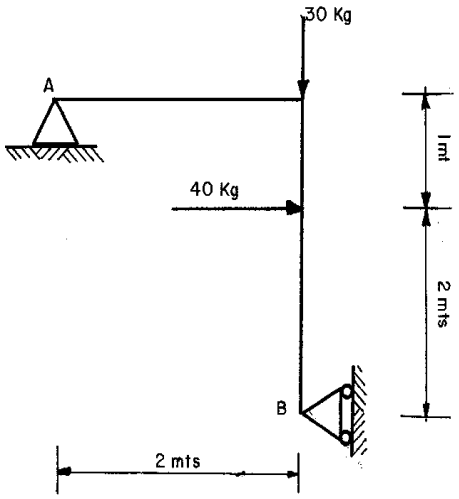
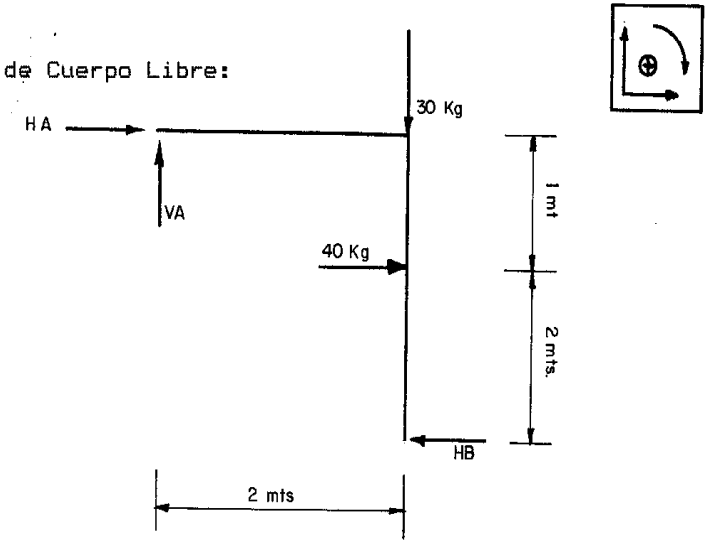


FIGURA P.2.10

NOTA: Son dos vigas soldadas entre si, pero su comportamiento estático es el de un solo cuerpo

$$GL = 3 - 3 = 0 \quad : \quad \text{Isostático}$$

Diagrama de Cuerpo Libre:



$\sum MA = 0$

$$+ (30\ kg)(2\ mts) - (40\ kg)(1\ mts) + (HB)(3\ mts) = 0$$

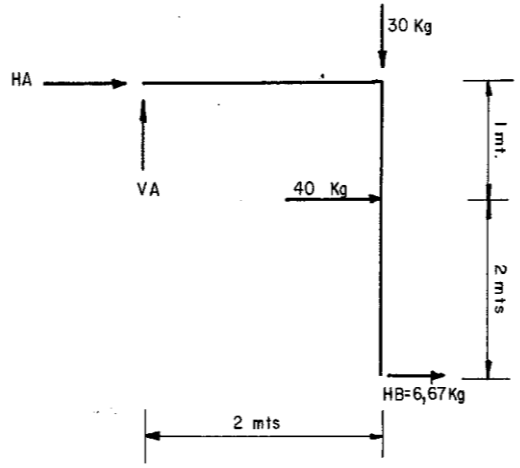
$$+ 20\ kg.mts + HB\ 3\ mts = 0$$

$$HB = -\ 6{,}67\ kg$$

Como el resultado dió con signo negativo quiere decir que el sentido escogido no es el verdadero sino el inverso:

$$\boxed{HB = 6{,}67\ kg\ (\rightarrow)}$$

Diagrama de Cuerpo Libre "auxiliar":



$\sum Fx = 0$

$$+ HA + 40\ kg + 6{,}67 = 0$$

$$HA = -\ 46{,}67\ kg$$

Como el resultado dió con signo negativo quiere decir que el sentido escogido no es el verdadero sino el inverso.

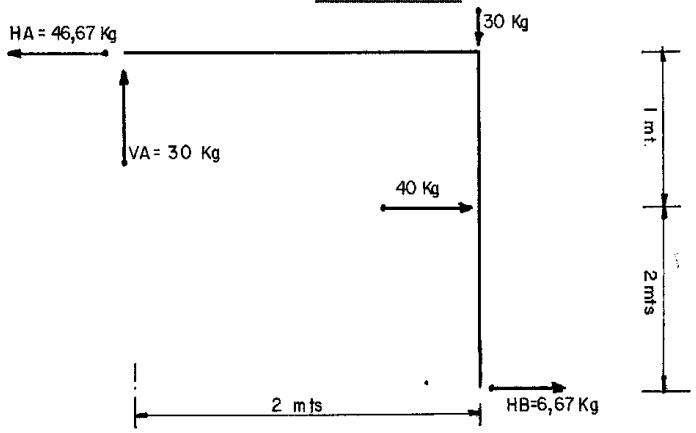
$$\boxed{HA = 46{,}67\ kg\ (\leftarrow)}$$

$\sum Fy = 0$

$$+ VA - 30\ kg = 0$$

$$\boxed{VA = 30\ kg\ (\uparrow)}$$

Respuesta:



PROBLEMA P.2.11:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.11 (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

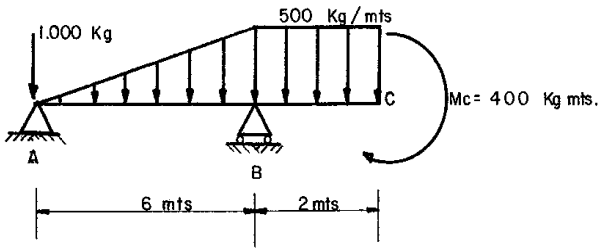


FIGURA P.2.11

Solución:

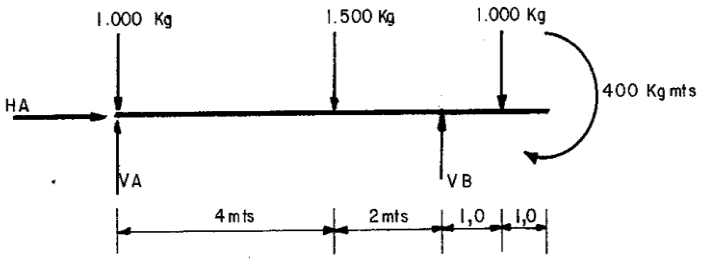
Grados de libertad impedidos: 2 en A y 1 en B = 3

Grados de libertad que posee la viga en el plano = 3

GL = 3 - 3 = 0 : Isostático.

D.C.L :

Para elaborar el diagrama de cuerpo libre es recomendable leer de nuevo la página 31 de este texto o revisar de nuevo los ejemplos E.4.4 y E.4.5 que se encuentran en la página 33.



$\sum Fx = 0$

$$\boxed{HA = 0 \text{ kg}}$$

$\sum MA = 0$

+(1500 kg)(4 mts)-(VB)(6 mts)+(1000 kg)(7 mts)+400 kg.mts=0

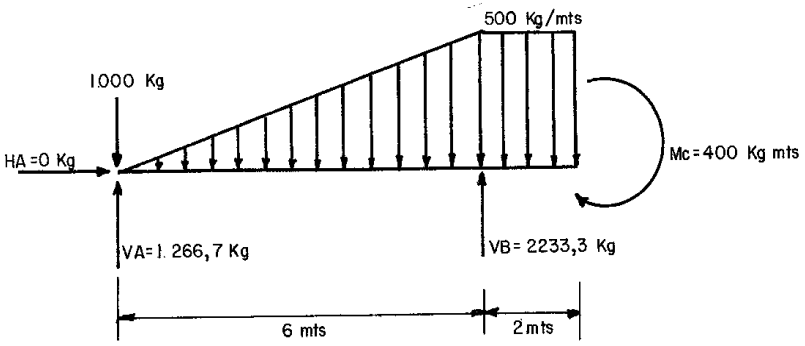
$$\boxed{VB = 2233{,}33 \text{ kg } (\uparrow)}$$

$\sum Fy = 0$

+VA -1000 kg -1500 kg +2233,3 kg -1000 kg = 0

$$\boxed{VA = 1266{,}7 \text{ kg } (\uparrow)}$$

Respuesta



PROBLEMA P.2.12:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.12. (Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

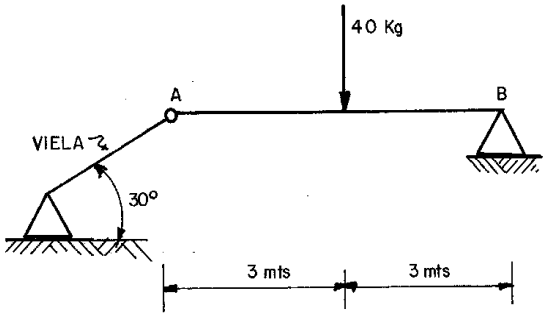


FIGURA P.2.12

Solución:

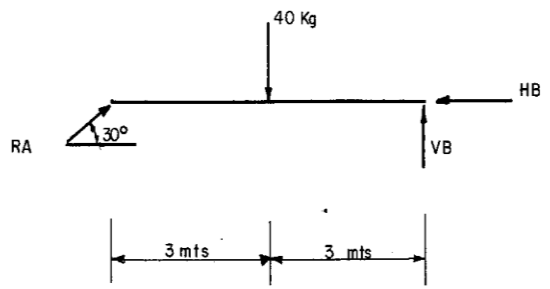
Grados de libertad impedidos: 1 en A y 2 en B = 3

El vínculo en A (tipo viela) impide un solo movimiento en la dirección de la viela (30°).

Grados de libertad que posee la viga en el plano = 3

GL = 3 - 3 = 0 : Isostático.

D.C.L:



$\sum MA = 0$

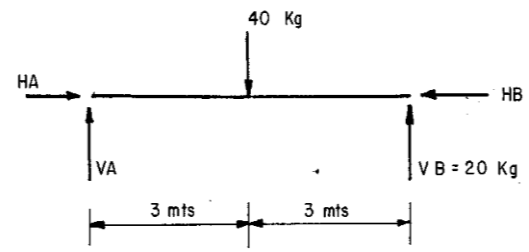
+(40 kg)(3 mts) - (VB)(6 mts) = 0

$$\boxed{VB = 20 \text{ kg } (\uparrow)}$$

De acuerdo a lo estudiado por nosotros en "componentes de una fuerza" sabemos que "RA" puede ser reemplazada por dos fuerzas que al actuar juntas producen el mismo efecto que ella; y como sabemos de antemano la "dirección" de "RA", podemos reemplazarla por sus dos componenetes sin temor a equivocarnos en la escogencia de sus elementos característicos. La única complicación que podría surgir sería escoger su "sentido", pero la misma se ve

recompenzada al imponer nuestro sistema "particular" de referencia, es decir, si los componentes resultan con valor negativo el sentido es el inverso.

Partiendo de esta premisa podemos hacer un diagrama de cuerpo libre auxiliar:



tomando en consideración que:

HA = RA COS @ ; HA = RA COS 30

VA = RA SEN @ ; VA = RA SEN 30

$\sum Fy = 0$

+ VA - 40 kg + 20 kg = 0

$$\boxed{VA = 20 \text{ kg } (\uparrow)}$$

Si VA = 0,5 RA ; 20 kg = 0,5 RA

$$\boxed{RA = 40 \text{ kg } (\angle 30°)}$$

Si RA = 40 kg ; HA = (0.866)(40 kg)

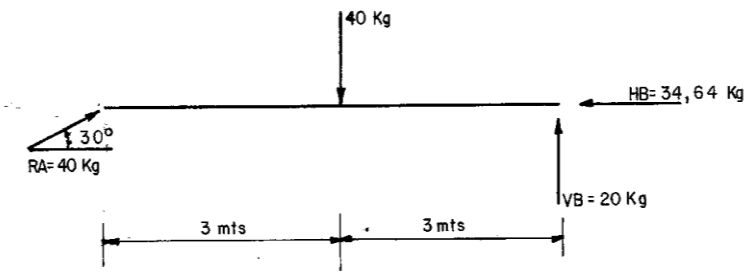
$$\boxed{HA = 34{,}64 \text{ kg } (\longrightarrow)}$$

$\sum Fx = 0$

$+ HA - HB = 0 \quad ; \quad 34{,}64 - HB = 0$

$$\boxed{HB = 34{,}64 \text{ kg } (\longleftarrow)}$$

Respuesta:



PROBLEMA P.2.13:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.13.
(Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

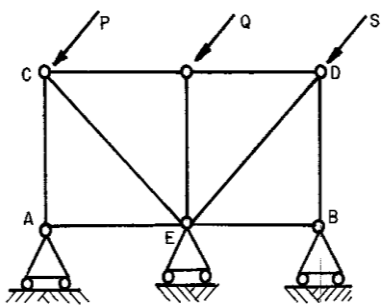
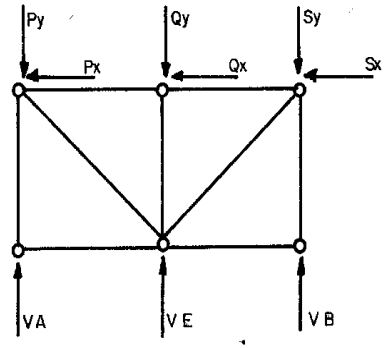


FIGURA P.2.13

Solución:

Al considerar la armadura de la figura P.2.13, que se haya sostenida por patines (apoyo ideal de rodillo o vínculo bilateral), notamos que aunque hay tres reacciones desconocidas (VA, VB, VE)



la ecuación $\sum Fx = 0$ no se satisface a menos que la suma de los **componentes horizontales** de las fuerzas aplicadas sea cero. Existe un número suficiente de Restricciones, pero no son las apropiadas y la armadura se puede mover libremente en la dirección horizontal. Decimos que la armadura está restringida inapropiadamente. Como solo quedan dos "ecuaciones de equilibrio" para determinar tres "incognitas", las recciones serán **estaticamente indeterminadas.** Así que las "restricciones impropias" también producen "indeterminación estática".

Aún cuando habíamos apuntado que en estática es posible estudiar unicamente los cuerpos clasificados como

Isostáticos (3 GL restringidos) también es cierto que hicimos mención de "apoyos ideales" y que la introducción de estos apoyos ideales era un hipótesis que exigía comprobación.

Aqui hemos notado: que aunque de nuestro "análisis superficial" se le restringen 3 grados de libertad y que del diagrama de cuerpo libre se deriven 3 reacciones o incognitas; NO han sido restringido "verdaderamente" los grados de libertad que un cuerpo rígido posee en el plano (movimiento horizontal, movimiento vertical y efecto de giro).

En otras palabras hay que verificar siempre que las 3 ecuaciones de la Estática o ecuaciones de equilibrio se cumplan:

$$\sum Fx = 0$$
$$\sum Fy = 0$$
$$\sum Mo = 0$$

Como en este caso en particular el cuerpo no es restringido de su movimiento horizontal, se dice que la estructura está restringida inapropiadamente y que el cálculo de su equilibrio es "Estaticamente imposible".

PROBLEMA P.2.14:
****

Determinar el Equilibrio Estático en la Figura P.2.14.
(Despreciese el peso del Cuerpo Rígido):

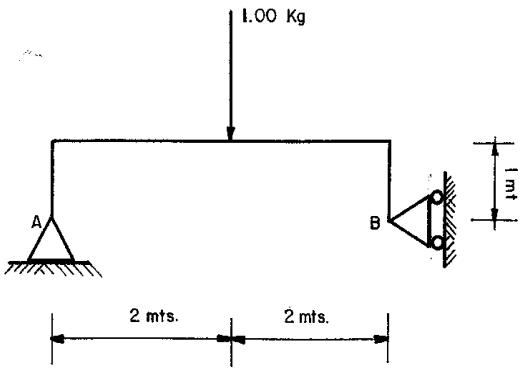


FIGURA P.2.14

Solución:

Al estudiar los movimientos que restringen los vínculos, notaremos que :

- Vínculo doble en A restringe 2 GL.
- Vínculo tipo rodillo en B restringe 1 GL.

Grados de libertad impedidos = 3

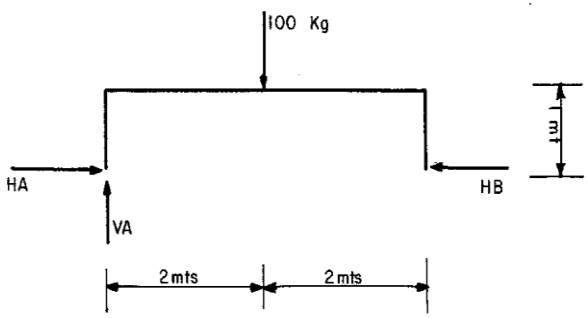
Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 3 : Isostático ???

Aunque generalmente este era el "análisis superficial" que hacíamos en los ejercicios anteriores, con los nuevos conocimientos adquiridos, debemos tener presente aquellos vínculos que esten distribuidos de tal forma que las reacciones que generen sean concurrentes sobre una misma recta de acción. *(Ver página 38 y siguiente)*

Si observamos el diagrama de cuerpo libre del problema en estudio:

D.C.L:



Notaremos que las reacciones "HA" y "HB" tienen la misma linea de acción (son concurrentes) y esto nos puede indicar que el cuerpo rígido se haya restringido inapropiadamente.

(Ver página 38 y siguiente)

Si no tenemos la "ventaja" de observar que bajo las condiciones dadas el cuerpo puede girar alrededor del punto "A", y procedemos a comprobar las condiciones de equilibrio, de una u otra forma concluiremos que el cuerpo no está en equilibrio.

POR QUE ???

Si estudiamos la condición de equilibrio $\sum Fy = 0$, podríamos decir (equivocadamente) que:

$$\sum Fy = VA - 100 \text{ kg} = 0 \text{ , donde } \quad VA = 100 \text{ kg } (\uparrow)$$

Pero si estudiamos $\sum MB = 0$, nos encontraremos (equivocadamente) con otro valor de VA.

$$\sum MB = + (VA)(4 \text{ mts}) - (100 \text{ kg})(2 \text{ mts}) = 0$$

$$\text{donde } \quad VA = 50 \text{ kg } (\uparrow)$$

O si en otro caso estudiamos momento con respecto al punto "A", nos encontraremos con una ecuación que nos demuestra que el cuerpo está restringido inapropiadamente:

$$\sum MA = 0 \quad ; \quad +(100 \text{ kg})(2 \text{ mts}) = 0$$

$$200 \text{ kg.mts} \neq 0$$

En conclusión, si no hacemos un análisis lógico y cientificamente fundamentado de la distribución "ideal" de los vínculos (sobre todo aquellos que generan reacciones concurrentes) podemos llegar a conclusiones erroneas.

La respuesta a este problema (P.2.14) es la siguiente: "El cuerpo rígido representado en la fig. P.2.14. no está en equilibrio estático, ya que se haya restringido inapropiadamente, porque, aunque los vínculos proporcionan un número suficiente de reacciones, estos están distribuídos en tal forma que las reacciones "HA" y "HB" son concurrentes sobre una misma recta de acción".

PROBLEMA P.2.15:
****

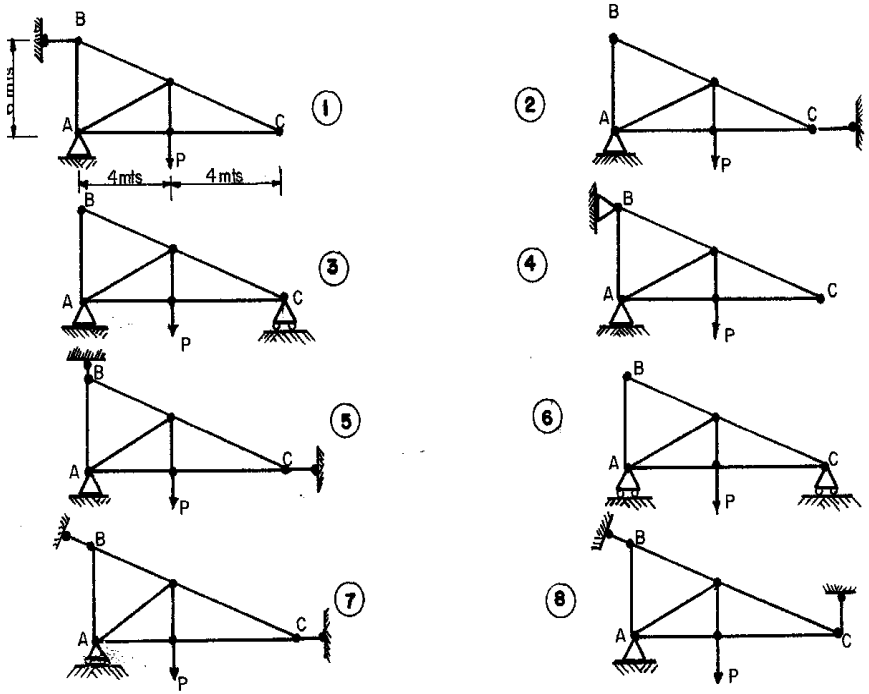
A continuación se muestran ocho apoyos diferentes de una pequeña armadura. Todas las conexiones consisten en pernos, rodamientos y vástagos cortos. Determinese en cada caso si:

a) La armadura está restringida completa, parcial o inapropiadamente,

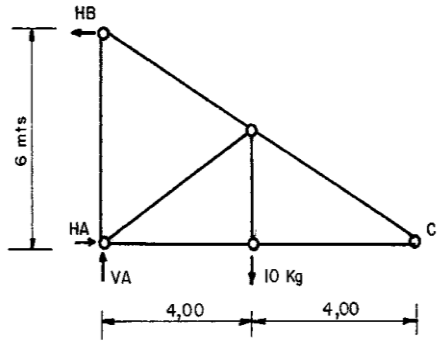
b) Las reacciones son estáticamente determinadas o indeterminadas,

c) Se mantiene el equilibrio de la armadura en la posición mostrada.

En donde sea posible, calcúlese también las reacciones, suponiendo que la magnitud de la fuerza "P" es 10 kg.



P.2.15....Caso (1):



Grados de libertad impedidos : 2 en A y 1 en B = 3

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 3 = 0 ; Isostático

Existe un número suficiente de restricciones (HA, HB y VA) y ninguna de las reacciones son concurrentes sobre una misma recta de acción.

a) La armadura está completamente restringida.

b) Las reacciones son estaticamente determinadas.

c) Se mantiene el equilibrio.

d) Cálculo de las reacciones:

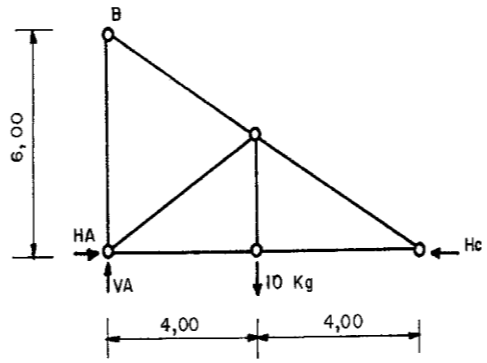
$\sum Fy = VA - 10\ kg = 0$; $\boxed{VA = 10\ kg\ (\uparrow)}$

$\sum MA = 0$; $-(HB)(6\ mts) + (10\ kg)(4\ mts) = 0$

$\boxed{HB = 6{,}67\ kg\ (\leftarrow)}$

$\sum Fx = 0$; $-6{,}67\ kg + HA = 0$; $\boxed{HA = 6{,}67\ kg\ (\rightarrow)}$

P.2.15....Caso (2):



Grados de libertad impedidos : 2 en A y 1 en C = 3

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 3 = 0 ; Isostático

Existe un número suficiente de restricciones (HA, HC y VA), pero las reacciones "HA" y "HC" son concurrentes sobre una misma recta de acción.

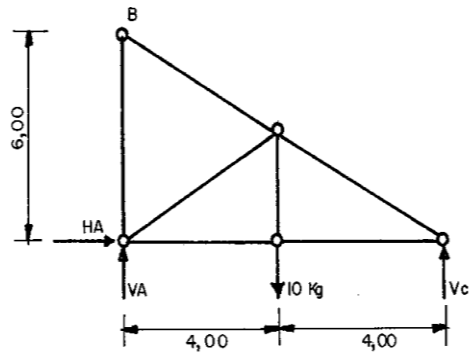
a) La armadura está inapropiadamente restringida.

b) Las reacciones son estaticamente indeterminadas.

c) No hay equilibrio.

<u>NOTA:</u> Si observamos detenidamente la armadura notaremos que tenderá a girar en sentido horario con respecto al punto "A".

P.2.15....Caso (3):



Grados de libertad impedidos : 2 en A y 1 en B = 3

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 3 = 0 ; Isostático

Existe un número suficiente de restricciones (HA, VA y VC) y ninguna de las reacciones son concurrentes sobre una misma recta de acción.

a) La armadura está completamente restringida.

b) Las reacciones son estaticamente determinadas.

c) Se mantiene el equilibrio.

d) Cálculo de las reacciones:

$$\sum Fx = 0 \quad ; \quad \boxed{HA = 0 \text{ kg}}$$

$$\sum MA = 0 \quad ; \quad (10 \text{ kg})(4 \text{ mts}) - (Vc)(8 \text{ mts}) = 0$$

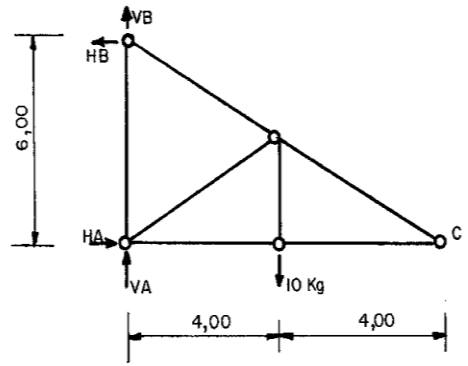
$$\boxed{Vc = 5 \text{ kg } (\uparrow)}$$

$$\sum Fy = 0 \quad ; \quad VA - 10 \text{ kg} + 5 \text{ kg} = 0$$

$$\boxed{VA = 5 \text{ kg } (\uparrow)}$$

P.2.15....Caso (4):

(D.C.L.)



Grados de libertad impedidos : 2 en A y 2 en B = 4

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 4 = -1 ; Hiperestático

Existe un número mayor de restricciones que las necesarias para impedir que la armadura se mueva con las cargas dadas.

Hay tres (3) ecuaciones de equilibrio y las reacciones correspondientes a esta armadura involucran cuatro (4) incognitas.

a) La armadura está completamente restringida.

b) Las reacciones son estaticamente indeterminadas.

c) Se mantiene el equilibrio.

d) Cálculo de las reacciones:

En el contenido de este texto hemos hecho mención, muchas veces, de reacciones concurrentes sobre una misma recta de acción.

En este problema nos encontramos, que aunque la armadura está completamente restringida, las reacciones son estáticamente indeterminadas (4 incognitas para 3 ecuaciones de equilibrio). Pero podemos observar que "VA" y "VB" son concurrentes sobre una misma recta de acción; situación esta que nos permite utilizar un "artififcio" para calcular los valores de "HA", "HB" y "VA + VB".

como ???

Como "regla" de dicho artificio se debe estudiar el efecto de giro o momento en un punto que esté ubicado sobre la recta de acción de las dos fuerzas concurrentes. Esto lo hacemos tomando en cuenta el "cuarto principio de la estática gráfica", al saber que por dicho punto pasará una **fuerza resultante** cuya intensidad será la suma algebraica de dichas dos fuerzas concurrentes sobre esa recta de acción.

$\sum MA = 0$

$$(10\ kg)(4\ mts) - (HB)(6\ mts) = 0$$

$$\boxed{HB = 6{,}67\ kg\ (\leftarrow)}$$

$\sum Fx = 0$

$$HA - 6{,}67\ kg = 0$$

$$\boxed{HA = 6{,}67\ kg\ (\rightarrow)}$$

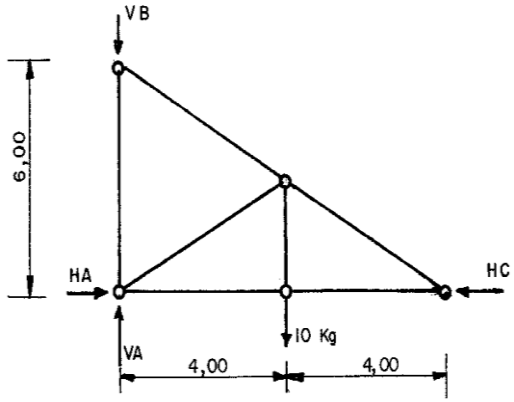
$\sum Fy = 0$

$$VA + VB - 10\ kg = 0$$

$$\boxed{VA + VB = 10\ kg}$$

P.2.15....Caso (5):

(D.C.L)



Grados de libertad impedidos : 2 en A, 1 en B, 1 en C = 4

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 4 = -1 ; Hiperestático

Existe un número mayor de restricciones que las necesarias para impedir que la armadura se mueva con las cargas dadas.

Hay 3 ecuaciones de equilibrio y las reacciones correspondientes a esta armadura involucran 4 incognitas.

a) La armadura está inapropiadamente restringida.

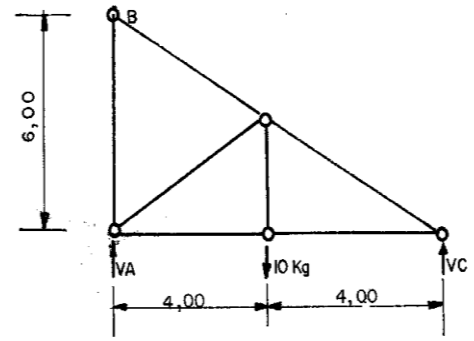
Las reacciones "HA" y "HC" son concurrentes sobre una misma recta de acción. Igualmente "VA" y "VB".

b) Las reacciones son estaticamente indeterminadas.

c) No se mantiene el equilibrio.

P.2.15....Caso (6):

(D.C.L)



Grados de libertad impedidos : 1 en A, 1 en B = 2

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 2 = 1 ; Hipostático

Existe un número menor de restricciones que las necesarias para impedir que la armadura se mueva con las cargas dadas.

Hay 3 ecuaciones de equilibrio y las reacciones correspondientes a esta armadura involucran 2 incognitas.

a) La armadura está parcialmente restringida.

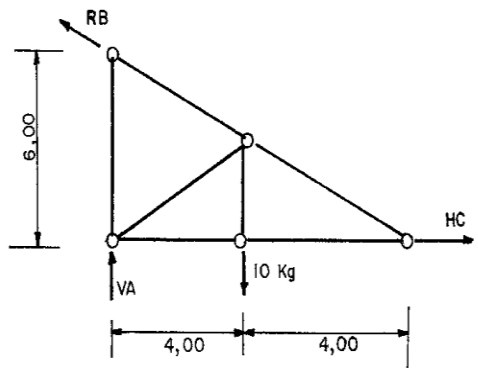
b) Las reacciones son estaticamente determinadas.

c) Bajo estas "condiciones especiales" de carga se mantiene el equilibrio, pero cualquier fuerza (por muy pequeña que sea) que se aplique horizontalmente hará que la armadura se traslade hacia la izquierda o hacia la derecha según el sentido que tenga la Fuerza aplicada.

d) VA = Vc = 5 kg (↑).

P.2.15....Caso (7):

(D.C.L)



Grados de libertad impedidos : 1 en A, 1 en B, 1 en C = 3

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 3 = 0 ; Isostático

Existe un número suficiente de restricciones (VA, RB y Hc) y ninguna de las reacciones son concurrentes sobre una misma recta de acción.

a) La armadura está completamente restringida.

b) Las reacciones son estaticamente determinadas.

c) Se mantiene el equilibrio.

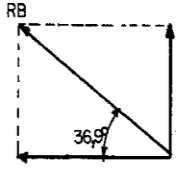
d) Cálculo de las reacciones:

$\sum MB = 0$

(10 kg)(4 mts) - (Hc)(6 mts) = 0

Hc = 6,67 kg (→)

Si descomponemos a "RB" en sus componentes horizontales y verticales



$\sum Fx = 0$

- (RB)(Cos 36,9) + 6,67 kg = 0

RB = (6,67 kg)/(Cos 36,9)

RB = 8,33 kg (36,9°)

$\sum Fy = 0$

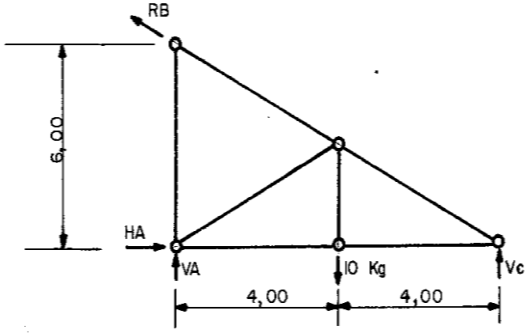
(RB)(Sen 36,9) - 10 kg + VA = 0

(8,33 kg)(Sen 36,9) - 10 kg + VA = 0

5 kg - 10 kg + VA = 0

VA = 5 kg (↑)

P.2.15....Caso (8):



Grados de libertad impedidos : 2 en A, 1 en B, 1 en C = 4

Grados de libertad que posee un cuerpo en el plano = 3

GL = 3 - 4 = -1 ; Hiperestático

Existe un número mayor de restricciones que las necesarias para impedir que la armadura se mueva.

Hay 3 ecuaciones de equilibrio y las reacciones correspondientes a esta armadura involucran 4 incognitas.

a) La armadura está completamente restringida.

b) Las reacciones son estaticamente indeterminadas.

c) Se mantiene el equilibrio.

PROBLEMA P.2.16:
****

Una viga de hierro de 12 metros de longitud y 80 kilogramos de peso está sostenida por un perno en "A" y por el cable "BC". Encuéntrense la reacción en A y la tensión en el cable.

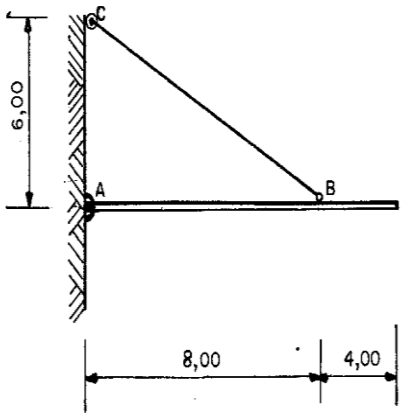
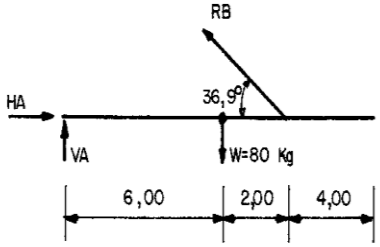


FIGURA P.2.16

Solución:

Primero elaboramos el diagrama de cuerpo libre (ojo con el peso propio de la viga y su punto de acción)

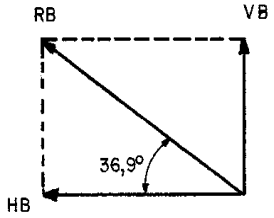
D.C.L.



$\sum MB = 0$

$$(VA)(8\ mts) - (80\ kg)(2\ mts) = 0$$

$$\boxed{VA = 20\ kg\ (\uparrow)}$$



$\sum Fy = 0$

$$VA - 80\ kg + VB = 20\ kg - 80\ kg + VB = 0$$

$$\boxed{VB = 60\ kg\ (\uparrow)}$$

$$VB = (RB)(Sen\ 36,9) \quad ; \quad 60\ kg = (RB)(Sen\ 36,9)$$

$$\boxed{RB = 100\ kg\ (36,9°)}$$

$$HB = (RB)(Cos\ 36,9) \quad ; \quad HB = (100\ kg)(Cos\ 36,9)$$

$$\boxed{HB = 80\ kg\ (\leftarrow)}$$

$\sum Fx = 0$

$$HA - (RB)(Cos\ 36,9) = 0 \quad ; \quad HA - HB = 0 \quad ; \quad HA - 80\ kg = 0$$

$$\boxed{HA = 80\ kg\ (\rightarrow)}$$

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS

Los problemas considerados en los dos capítulos anteriores estaban relacionados con el equilibrio de un solo cuerpo rígido y todas las fuerzas que actuaban eran externas a él. Ahora vamos a examinar algunos casos relacionados con estructuras formadas por varios cuerpos unidos y su equilibrio. En estos problemas no solo hay que determinar las fuerzas externas que actúan sobre la estructura, sino también las que mantienen unidas sus partes. Desde el punto de vista de la estructura como un todo, son **fuerzas internas.**

Hemos considerado necesario, incluir al inicio de este capítulo, el estudio y análisis de un tipo de articulación (articulación intermedia) que sirve para conectar los elementos rectos de una armadura.

Esta articulación intermedia conforma los nodos de conexión en las armaduras y es sobre ellos donde deben aplicarse las cargas en este tipo de estructuras (fig. 3.1).

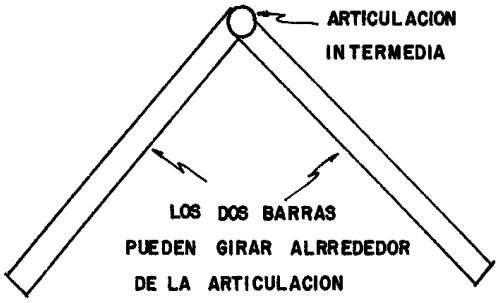


FIGURA 3.1

Los grados de libertad restringidos por esta articulación podemos calcularlos con la aplicacción de la formula: **g.l = 2 (m-1);** donde "m" representa el número de barras que concurren a dicha articulación o nodo.

Si observamos la figura 3.2. notaremos que existen dos barras unidas a través de una articulación intermedia en el punto "B" y fijadas al suelo a través de articulaciones fijas en los puntos "A" y "C".

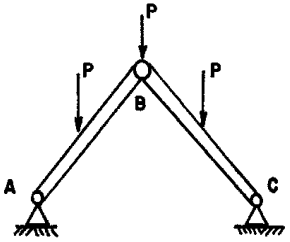


FIGURA 3.2

Observamos dos (2) barras, cada una posee tres (3) grados de libertad en el plano, por lo tanto la figura tiene seis (6) grados de libertad.

Al estudiar los grados de libertad que son restringidos por los vínculos notamos que:

* El vínculo en "A" restringe 2 grados de libertad.
* El vínculo en "C" restringe 2 grados de libertad.
* La articulación intermedia en "B" restringe 2 grados de libertad. < 2 (m-1) = 2 (2-1) = 2 >.

Grados de libertad que posee esta figura en el espacio = 6

Grados de libertad restringido por los vínculos = 6

GL = 6 - 6 : Isostático.

Con esta información puedo construir el diagrama de cuerpo libre respectivo (fig. 3.3):

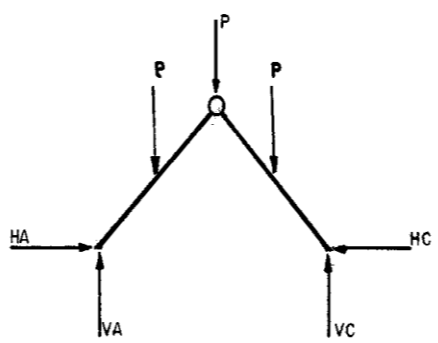


FIGURA 3.3

Como el cuerpo es estáticamente determinado y veo que hay 4 incógnitas ("HA","Hc","VA","Vc"), tienen que haber cuatro Ecuaciones Independientes para que el sistema sea compatible. Es aquí cuando son utilizadas las llamadas **ecuaciones auxiliares de la estática".**

En que consisten o como obtenemos esas ecuaciones auxiliares ??.

En los nodos o articulaciones intermedias la sumatoria de los momentos es igual a cero; en tal sentido el método para obtener la ecuación auxiliar consiste en "colocarnos" en un nodo y estudiar la sumatoria de los momentos en ese punto bién a la derecha o bién a la izquierda (independientemente una de la otra).

Para fijar la idea de las consideraciones hechas anteriormente, procederemos a explicar las mismas a través de un ejemplo ilustrativo:

EJEMPLO E.3.1: **********

Determinar el equilibrio estático en la figura E.3.1. (despreciese peso de la viga):

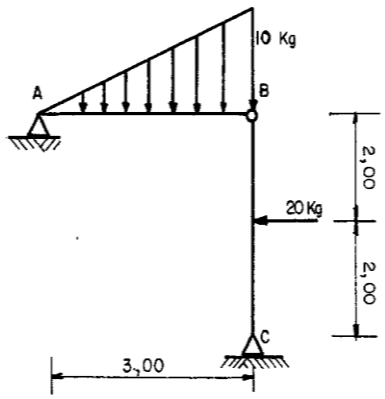


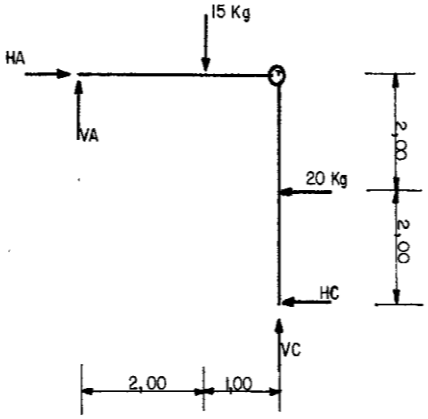
FIGURA E.3.1

Grados de libertad que poseen dos barras en el plano = 6

Grados de libertad impedididos : 2 en A, 2 en B, 2 en C = 6

GL = 6 - 6 = 0 : Isostático.

Diagama de cuerpo libre:



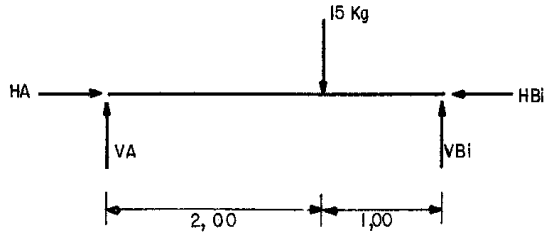
Cuando analizamos este diagrama de cuerpo libre notamos que en cada uno de sus dos extremos hay dos (2) incognitas y esto nos dificulta el uso de las ecuaciones de

la estática, como lo veníamos haciendo en los capítulos anteriores.

Es aquí cuando podemos facilitar el cálculo de las reacciones, realizando el "despiece" o separación de las barras en donde se encuentra la articulación intermedia.

Por qué ??.

Al realizar el despiece escojo una de las dos secciones (en este caso la sección izquierda) y elaboro un diagrama de cuerpo libre de la misma:



Como en la articulación intermedia no se producen momentos, surgen dos (2) nuevas incognitas (una reacción interna vertical y una horizontal).

En este caso puedo hacer $\sum M=0$ en la articulación intermedia y calculo la reacción perpendicular a la barra en su otro extremo.

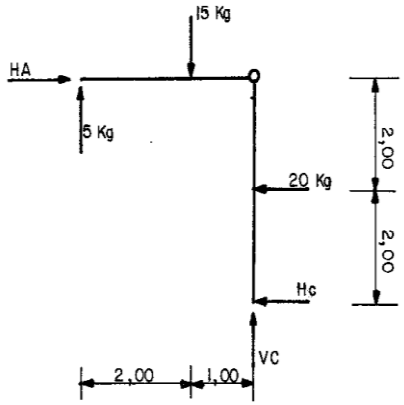
$\sum M_B = 0$

$$(3\ mts)(VA) - (15\ kg)(1\ mts) = 0$$

$$VA = 15/3 = 5$$

$$\boxed{VA = 5\ kg\ (\uparrow)}$$

Al obtener el valor de esa incognita y trasladandolo al diagrama de cuerpo libre inicial, tendré solamente tres incognitas y podré utilizar las ecuaciones de equilibrio de la manera como lo hicimos en los capitulos anteriores.



$\sum Fy = 0$

$$5\ kg - 15\ kg + Vc = 0$$

$$\boxed{Vc = 10\ kg\ (\uparrow)}$$

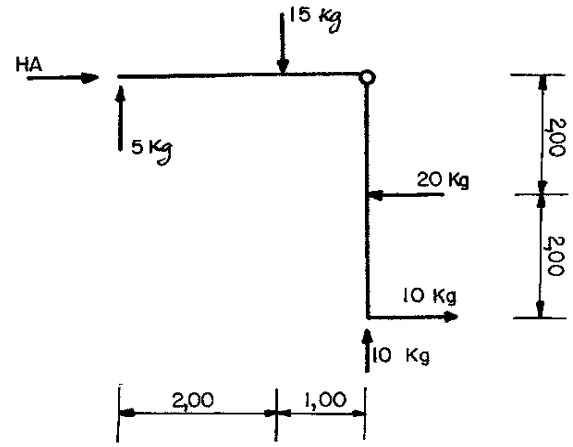
$\sum MA = 0$

$$(15\ kg)(2\ mts) + (20\ kg)(2\ mts) + (Hc)(4\ mts) - (Vc)(3\ mts) = 0$$

$$Hc = -10\ kg$$

el signo negativo indica que el sentido escogido no es el verdadero sino el inverso.

$$\boxed{Hc = 10\ kg\ (\longrightarrow)}$$

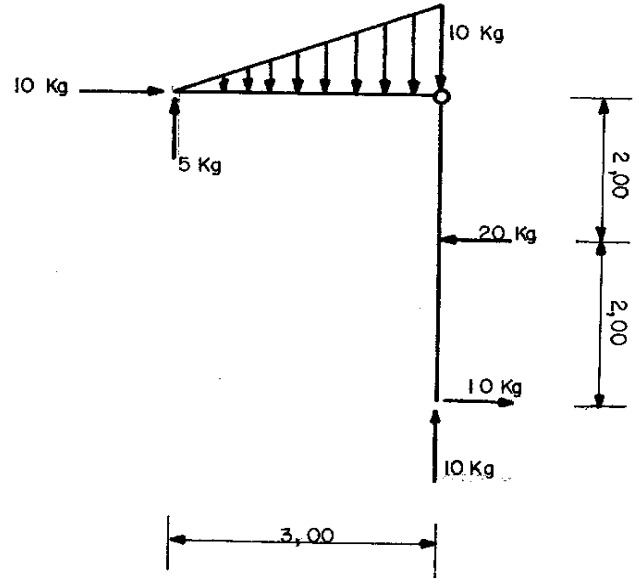


$\sum Fx = 0$

$$HA - 20\ kg + 10\ kg = 0$$

$$\boxed{HA = 10\ kg\ (\longrightarrow)}$$

Solución:



ANÁLISIS DE ESTRUCTURA

Se diseña una estructura para desempeñar una función específica. A fín de cumplir correctamente con su finalidad, la estructura debe tener consistencia y estabilidad suficientes. Con el objeto de determinar si la estructura, como un todo o una parte de ella, tienen suficiente resistencia para soportar las cargas aplicadas, éstas deben ser conocidas; esto es, deben saberse las cargas que actúan, su magnitud y su posición.

Una vez que se han calculado o estimado las cargas aplicadas, se puede analizar la estructura para determinar su consistencia y estabilidad. Estas dos cualidades son de suma importancia y cada una debe ser considerada. Se sugiere que el análisis se inicie con la estabilidad de la estructura.

La consideración de la estabilidad de estructuras, a menudo puede realizarse siguiendo la siguiente secuencia: Se supone que la estructura es rígida. Se sustituyen los efectos de los apoyos por fuerzas convenientes indeterminadas (diagrama de cuerpo libre). Si las reacciones son tales que se encuentra oposición al movimiento inmediatamente después de aplicarse la carga, se dice que la estructura es exteriormente estable con respecto a la carga considerada; si tal cosa no ocurre, la estructura es exteriormente inestable con respecto a la carga considerada; es decir, la estructura

no está adecuadamente apoyada para resistir las cargas aplicadas. Si se puede encontrar una solución única de las ecuaciones de estática aplicadas a toda la estructura considerada como un cuerpo libre y rígido y sujeto a las cargas y reacciones, se dice que la estructura es estable y estáticamente determinada. Los métodos explicados en el capítulo anterior se aplican directamente para clasificar estructuras con relación a su estabilidad y determinación externas.

DEFINICION DE UNA ARMADURA: La armadura es un tipo de estructura de mayor importancia en Ingeniería. Proporciona soluciones tanto prácticas como económicas a muchos problemas principalmente en el diseño de puentes y edificios. Se diseñan las armaduras para soportar grandes cargas o para alcanzar mayores distancias que un miembro individual. Una armadura se puede definir como un sistema de barras conectadas en sus extremos para formar una armazón estable. Una armazón es estable si se disponen sus elementos de manera que se conserve la forma geométrica original, cuando se le aplica una carga.

Si todos los miembros de una armadura están en el mismo plano, la estructura recibe el nombre de armadura plana. Las armaduras planas solamente pueden resistir aquellas fuerzas que están en su plano.

En este texto estudiaremos unicamente armaduras planas.

Una armadura consta de elementos rectos conectados en los nodos. Los miembros de una armadura se unen solamente en sus extremos; es decir, un miembro no puede ser continuo a través de un nodo. Por lo general, los miembros de una armadura son delgados y pueden soportar poca carga lateral; por lo tanto, las cargas deben aplicarse sobre los nodos y no directamente sobre los miembros.

METODO DE ANALISIS (ARMADURA PLANA): En el diseño de una estructura, independiente de la función que vaya a desempeñar, se deben conocer las fuerzas que actúan en cada miembro de la estructura antes de elegir un material y una forma estructural para sostenerlas. Existen dos métodos muy comunes para determinar analiticamente las fuerzas en las barras de una armadura : **El método de los nodos y el método de las secciones.**

METODO DE LOS NODOS (ARMADURA PLANA): A fin de fijar las ideas contenidas en el uso del método de los nodos, utilizaremos un ejemplo ilustrativo con miras a facilitar la explicación de dicho método que es el más eficaz cuando hay que determinar las fuerzas en todos los miembros de la armadura.

EJEMPLO ILUSTRATIVO:

Dada la armadura de la figura 3.4, calculense las fuerzas internas en todos los miembros de la misma.

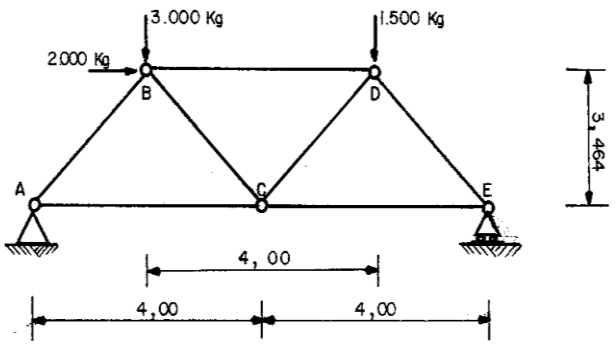


FIGURA 3.4

Primero suponemos que la estructura es rígida y la consideramos como un solo cuerpo.

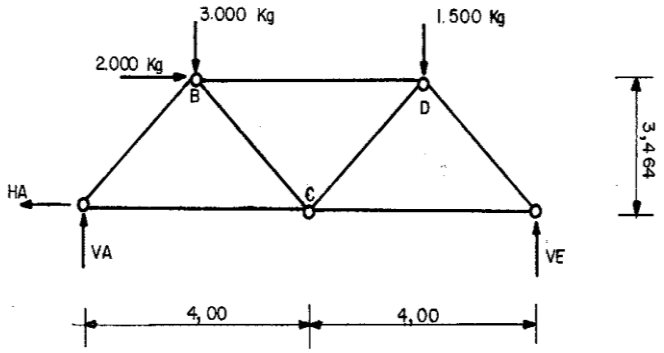
Grados de libertad impedidos : 2 en A y 1 en E = 3

Grados de libertad que posee un cuerpo rígido en el plano = 3

GL = 3 - 3 = 0 : Isostático.

La estructura es estable y estáticamente determinada.

Diagrama de cuerpo libre:



$\sum MA = 0$

$+(2000kg)(3,464\ m)+(3000\ kg)(2\ m)+(1500\ kg)(6\ m)-(VE)(8m)=0$

$VE = (6928\ kgmts + 6000\ kgmts + 9000\ kgmts) / (8\ mts)$

$$\boxed{VE = 2740\ kg\ (\uparrow)}$$

$\sum Fx = 0$

$+ 2000\ kg - HA = 0$

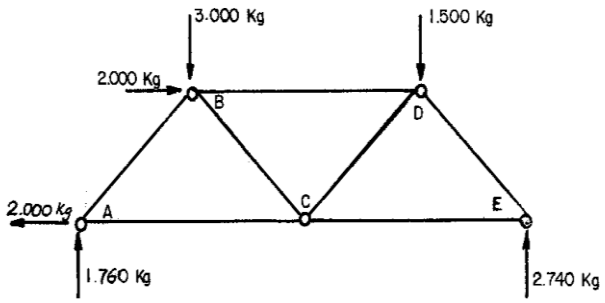
$$\boxed{HA = 2000\ kg\ (\leftarrow)}$$

$\sum Fy = 0$

$- 3000\ kg - 1500\ kg + VE + VA = 0$

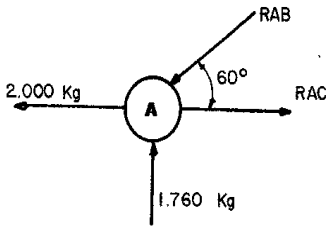
$- 3000\ kg - 1500\ kg + 2740\ kg + VA = 0$

$$\boxed{VA = 1760\ kg\ (\uparrow)}$$



A continuación procederemos a analizar nodo por nodo, para lo cual elaboramos el diagrama de cuerpo libre de cada uno de ellos (debemos tener presente que en los nodos no se producen momentos y que las reacciones mantienen la dirección de las barras que estan unidas a él).

NODO "A":



$\sum Fy = 0$

$+ 1760\ kg - (RAB)(Sen\ 60) = 0$

$RAB = (1760\ kg) / (Sen\ 60)$

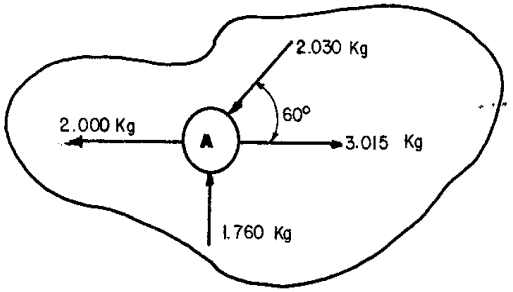
$$\boxed{RAB = 2030\ kg\ (\swarrow 60°)}$$

$\sum Fx = 0$

$- (2000\ kg) + (RAC) - (RAB)(Cos\ 60) = 0$

$- 2000\ kg + RAC - (2030\ kg)(0,5) = 0$

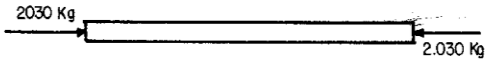
$$\boxed{RAC = 3015\ kg\ (\rightarrow)}$$



A continuación y para ilustrar como se encuentran en equilibrio los nodos con las barras que se conectan a él, indicaremos el caso del Nodo "A" con la barra "AC".

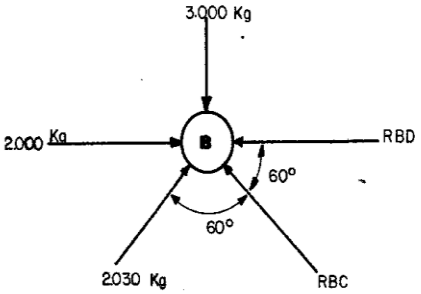
En conclusión: al calcular las reacciones en cada nodo conoceremos inmediatamente las fuerzas internas que actúan sobre cada barra conectada a él, y también la fuerza interna que actúa en el otro nodo que está conectado a éste a través de dicha barra.

Barra "AC" : 3015 kg (Tracción)

Barra "AB": 

(Compresión)

NODO "B":



Como "artificio" para facilitar la aplicación de éste método es recomendable "trabajar" con el ángulo @ que forma cada fuerza con la horizontal. De esa forma cuando estudiemos las fuerzas en "X" utilizamos "Cos @" y cuando estudiemos las fuerzas en "Y" utilizamos "Sen @".

$\sum Fy = 0$

$$-(3000\ kg) + (2030\ kg)(Sen\ 60) + (RBC)(Sen\ 60) = 0$$

$$RBC = (3000\ kg - 1760\ kg) / (Sen\ 60)$$

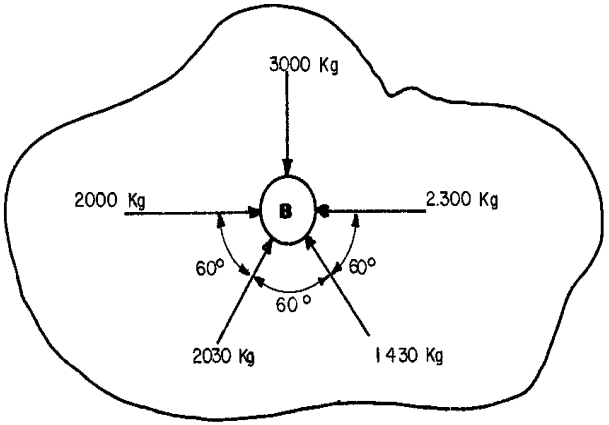
$$\boxed{RBC = 1430\ kg \quad (60^\circ \swarrow)}$$

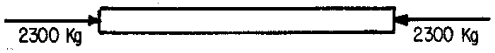
$\sum Fx = 0$

$$+(2000\ kg) + (2030\ kg)(Cos\ 60) - RBD - (RBC)(Cos\ 60) = 0$$

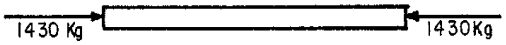
$$2000\ kg + 1015\ kg - RBD - 715\ kg = 0$$

$$\boxed{RBD = 2300\ kg \quad (\longleftarrow)}$$



Barra "BD": 

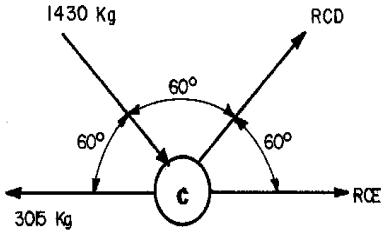
(Compresión)

Barra "BC": 

(Compresión)

Nótese que las fuerzas en los extremos de la barra son iguales y opuestas a las calculadas en los nodos.(en el punto donde se unen barra y nodo).

NODO "C":



$\sum Fy = 0$

$$- (1430\ kg)(Sen\ 60) + (RCD)(Sen\ 60) = 0$$

$$- 1430\ kg + RCD = 0$$

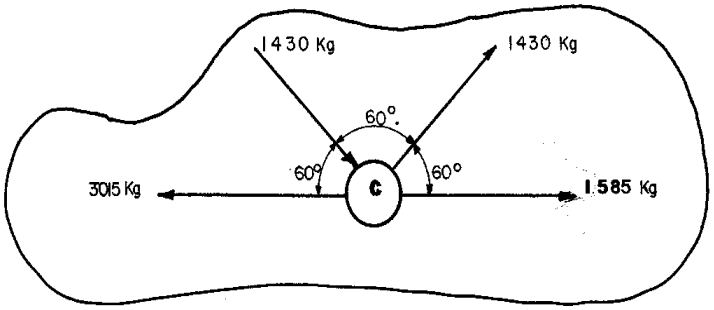
$$\boxed{RCD = 1430\ kg \quad (\nearrow 60^\circ)}$$

$\sum Fx = 0$

$$- (3015\ kg) + (1430\ kg)(Cos\ 60) + (RCD)(Cos\ 60) + RCE = 0$$

$$- 3015\ kg + 715\ kg + 715\ kg + RCE = 0$$

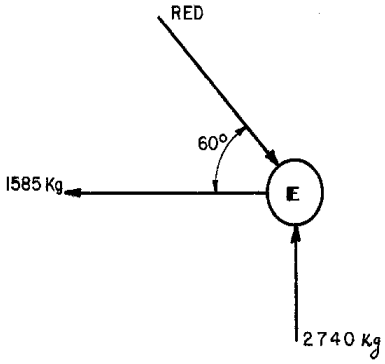
$$\boxed{RCE = 1585\ kg \quad (\longrightarrow)}$$



Barra "CD": 1.430 Kg ← ▭ → 1.430 Kg (Tracción)

Barra "CE": 1585 Kg ← ▭ → 1585 Kg (Tracción)

NODO "E":

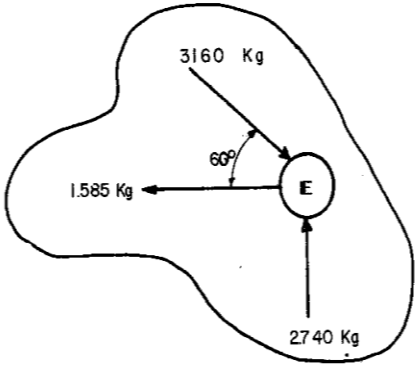


$\sum Fy = 0$

$$- (RED)(Sen\ 60) + 2740\ kg = 0$$

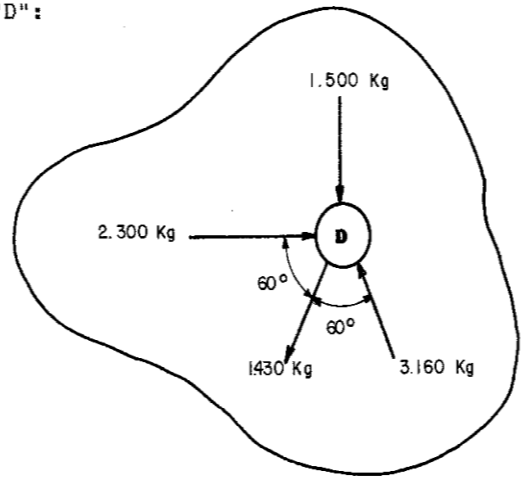
$$RED = (2740\ kg) / (Sen\ 60) = 3160\ kg$$

$$\boxed{RED = 3160\ kg \quad (60^\circ \searrow)}$$



Barra "DE": → 3160 Kg ▭ 3.160 Kg ← (Compresión)

Con todos los datos anteriores y tomando en cuenta la tercera ley de Newton podemos indicar el equilibrio en el Nodo "D":



RESPUESTA

BARRA	Fuerza Interna: T = Tracción. C = Compresión.
"AC"	3015 kg (T)
"AB"	2030 kg (C)
"BC"	1430 kg (C)
"BD"	2300 kg (C)
"CD"	1430 kg (T)
"CE"	1585 kg (T)
"DE"	3160 kg (C)

EJEMPLO ILUSTRATIVO E.3.2 :

Usando el método de los nodos, determine la fuerza en cada miembro de la armadura de la figura E.3.5.

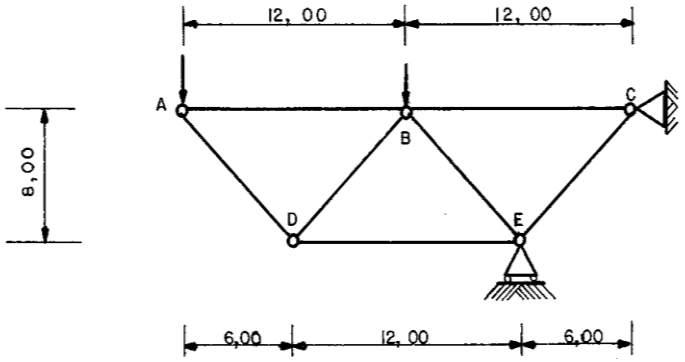
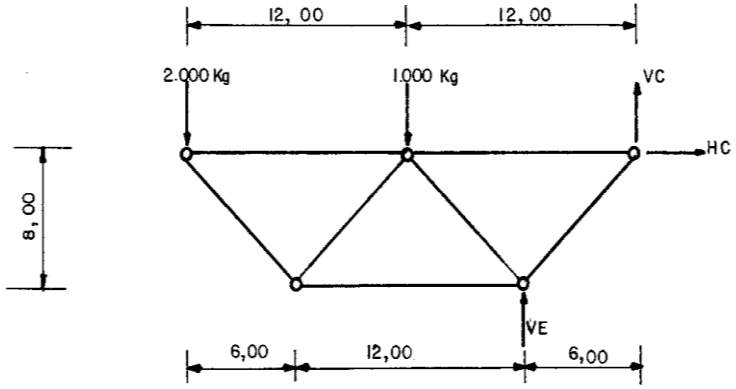


FIGURA E.3.5.

Diagrama de cuerpo libre:



$\sum Mc = 0$

$- (2000\ kg)(24\ mts) - (1000\ kg)(12\ mts) + (VE)(6\ mts) = 0$

$$\boxed{VE = 10.000\ kg\ (\uparrow)}$$

$\sum Fy = 0$

$$-2000\ kg - 1000\ kg + 10000\ kg + Vc = 0$$

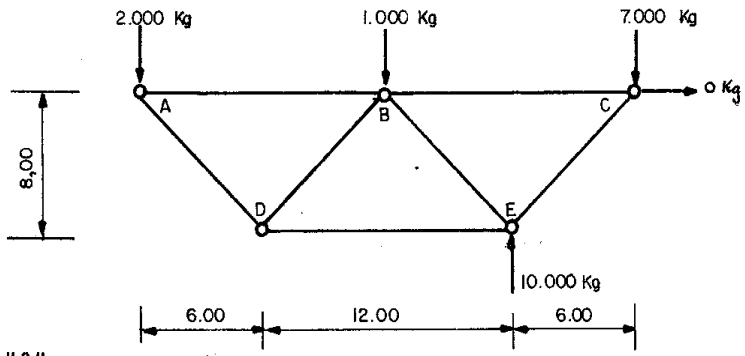
$$Vc = -7000\ kg$$

El sentido escogido no fué el correcto:

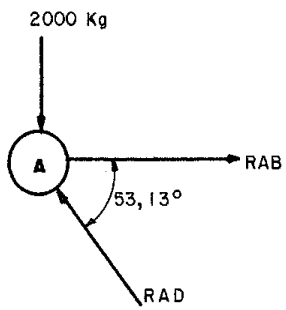
$$\boxed{Vc = 7.000\ kg\ (\downarrow)}$$

$\sum FX = 0$

$$\boxed{HC = 0\ Kg}$$



NODO "A":



$\sum Fy = 0$

$$-2000\ kg + (RAD)(Sen\ 53{,}13) = 0$$

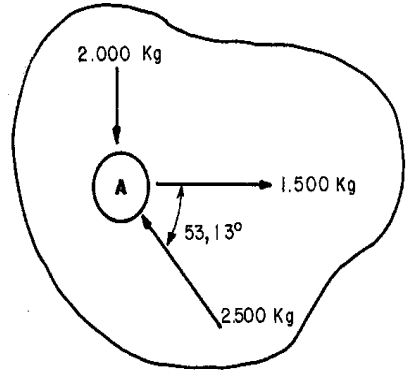
$$\boxed{RAD = 2500\ kg\ (53{,}13°)}$$

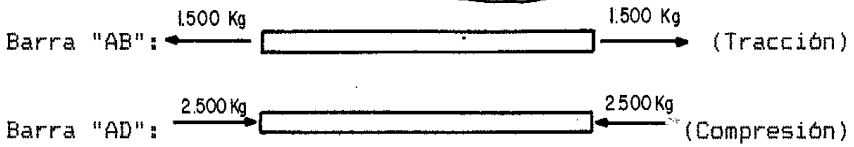
$\sum Fx = 0$

$$-(RAD)(Cos\ 53{,}13) + RAB = 0$$

$$RAB = (2500\ kg)(Cos\ 53{,}13)$$

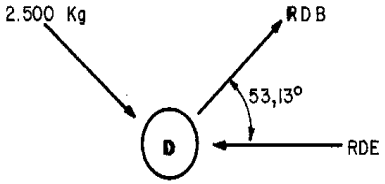
$$\boxed{RAB = 1500\ kg\ (\longrightarrow)}$$





Generalmente se simplifican los calculos cuando vamos analizando los nodos que nos ofrescan menos incognitas o fuerzas aún no calculadas.

NODO "D":



$\sum Fy = 0$

$$-(2500\ kg)(Sen\ 53{,}13) + (RDB)(Sen\ 53{,}13) = 0$$

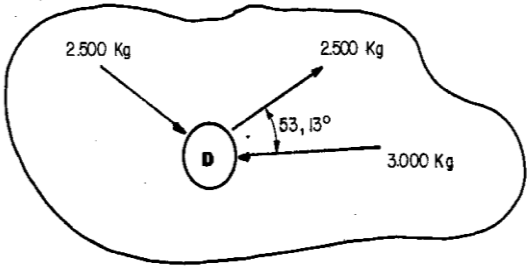
$$\boxed{RDB = 2500\ kg \quad (53{,}13^{o})}$$

$\sum Fx = 0$

$$+(2500\ kg)(Cos\ 53{,}13) + (RDB)(Cos\ 53{,}13) - RDE = 0$$

$$1500\ kg + 1500\ kg - RDE = 0$$

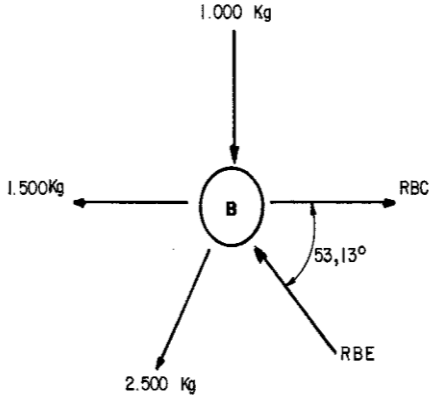
$$\boxed{RDE = 3000\ kg\ (\longleftarrow)}$$



Barra "DB": 2.500Kg ⟵ ▭ ⟶ 2.500 Kg (Tracción)

Barra "DE": 3000Kg ⟶ ▭ ⟵ 3000 Kg (Compresión)

NODO "B":



$\sum FY = 0$

$$-(1000\ kg) - (2500\ kg)(Sen\ 53{,}13) + (RBE)(Sen\ 53{,}13) = 0$$

$$RBE = (3000\ kg)\ /\ (Sen\ 53{,}13) = 3750\ kg$$

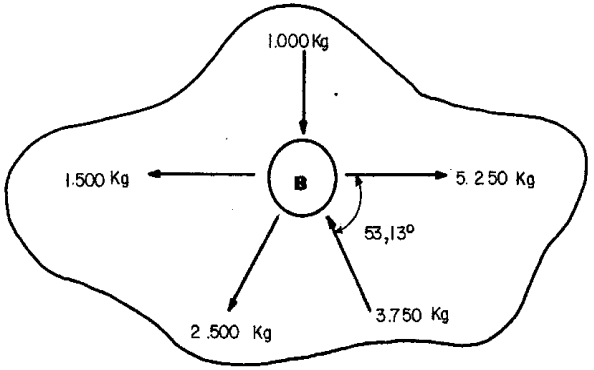
$$\boxed{RBE = 3750\ kg \quad (53{,}13^{o}\ \ )}$$

$\sum Fx = 0$

$$-(1500\ kg) - (2500\ kg)(Cos\ 53{,}13) - (RBE)(Cos\ 53{,}13) + RBC = 0$$

$$-1500\ kg - 1500\ kg - 2250\ kg + RBC = 0$$

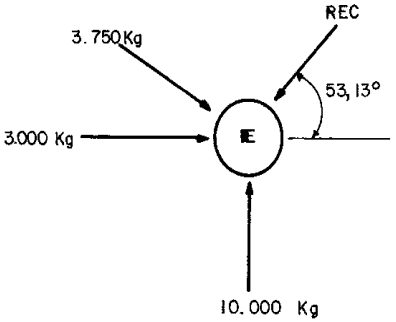
$$\boxed{RBC = 5250\ kg \quad (\longrightarrow)}$$



Barra "BC": 5.250 Kg ⟵ ▭ ⟶ 5.250 Kg (Tracción)

Barra "BE": 3.750 Kg ⟶ ▭ ⟵ 3.750 Kg (Compresión)

NODO (E):

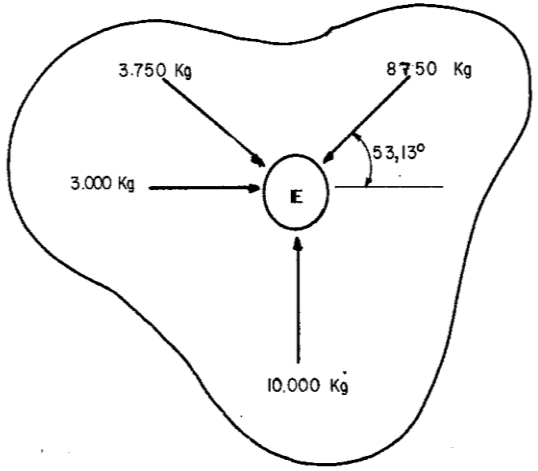


$\sum Fy = 0$

+(10000 kg) -(3750 kg)(Sen 53,13) -(REC)(Sen 53,13) = 0

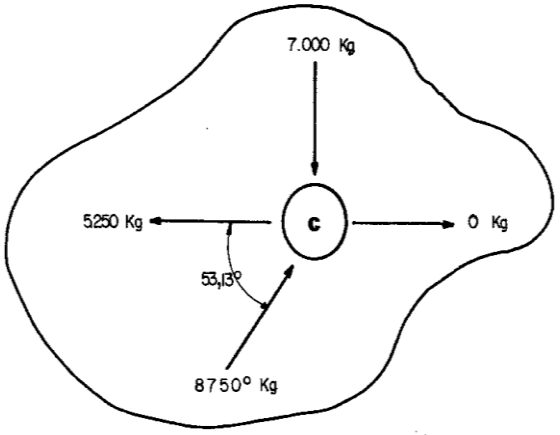
REC = (7000 kg) / (Sen 53,13) = 8750 kg

REC = 8750 kg (53,13°)



Barra "EC": 8.750 Kg 8.750 Kg (Compresión)

Con los resultados anteriores puedo indicar las fuerzas actuantes en el Nodo "C":



Respuesta:

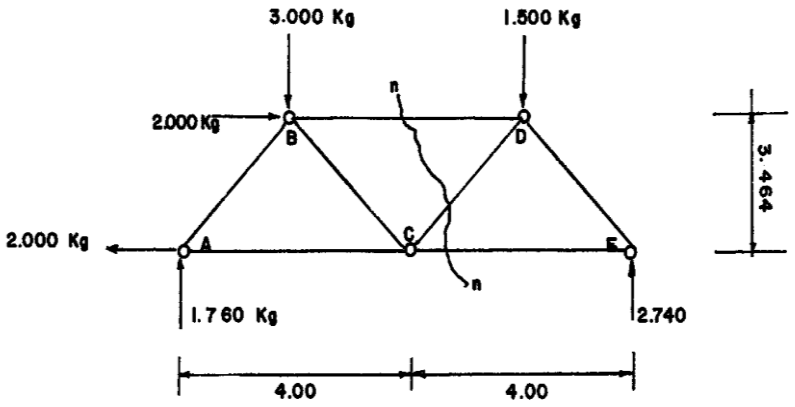
Barra	Fuerza interna C = Compresión. T = Tracción.
"AB"	1.500 kg (T)
"AD"	2.500 kg (C)
"BC"	5.250 kg (T)
"BD"	2.500 kg (T)
"BE"	3.750 kg (C)
"CE"	8.750 kg (C)
"DE"	3.000 kg (C)

METODO DE LAS SECCIONES (ARMADURA PLANA):

El método de los nodos es más eficaz cuando hay que determinar las fuerzas en todos los miembros de la armadura. Pero si solamente queremos determina una o unas cuantas fuerzas, resulta más ventajoso usar el método de las secciones.

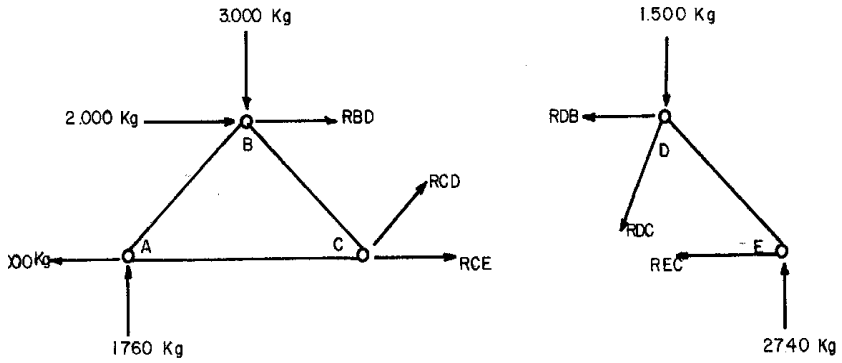
Nuevamente analizaremos una armadura plana ideal en equilibrrio. Consideremos la armadura que se muestra en la Figura 3.4 (pag.96) y supongamos que se nos manda a determinar la fuerza en el miembro o barra "BD".

El método de las secciones consiste en hacer un corte a través de los miembros de la armadura que son desconocidos y van a ser calculados. En este ejemplo la incognita es "BD"; por lo tanto,se puede tomar la sección n-n



Cada una de las dos secciones debe estar en equilibrio. A fin de que cada una de las secciones esté en

equilibrio, las fuerzas ejercidas por la sección de la derecha sobre la de la izquierda se deben mostrar en un diagrama de cuerpo libre de la sección de la izquierda. Lo mismo sucede con la sección de la derecha.



Estudiando la sección de la izquierda, notamos que las reacciones "RBD","RCD" y "RCE" son necesarias para mantenerla en equilibrio.

En vista de que ambas secciones deben estar en equilibrio, pueden aplicarse las ecuaciones de equilibrio independientemente a cualquiera de las secciones para calcular la incógnita.

En nuestro caso (Sección de la izquierda) podemos notar que surgen tres incógnitas, y que una forma de simplificar el problema es la de aplicar la ecuación de momento igual a cero en el Nodo "C"; ya que como las lineas de acción de "RCD" y "RCE" pasan por este nodo, me quedará una ecuación con una sola incógnita ("RBD").

$Mc = 0$

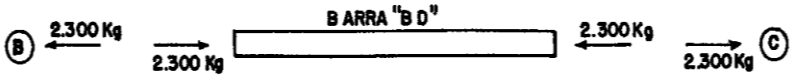
$(RBD)(3.46\ m)+(2000\ k)(3,46\ m)-(3000\ k)(2\ m)+(1760\ k)(4\ m)=0$

$RBD = -(7968\ kgmts)\ /\ 3,464\ mts = -2300\ kg$

Como el resultado me dió con signo negativo, el sentido de la fuerza es el inverso del escogido.

$$\boxed{RBD = 2.300\ kg\ (\longleftarrow)}$$

La barra "BD" está unida al nodo "B" y al nodo "D" de la forma siguiente:



Barra "BD" : Sometida a 2.300 kg a Compresión

<u>EJEMPLO</u> <u>E.3.6:</u> Determinar la fuerza en la barra "DE" de la armadura que se muestra en la figura E.3.6.

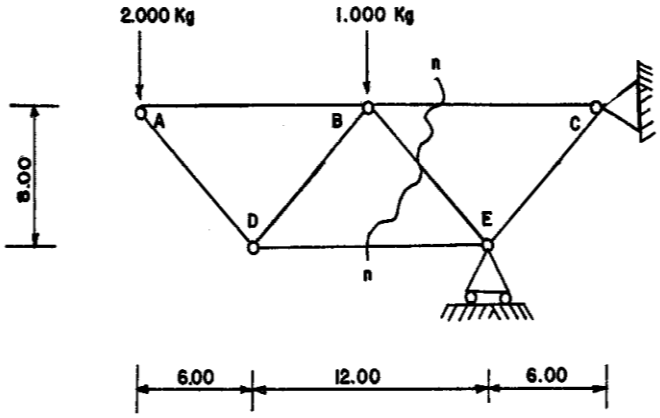
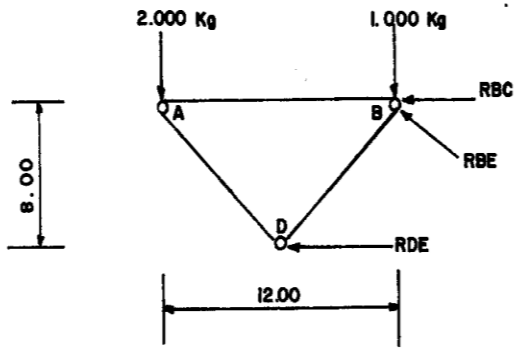


FIGURA E.3.6

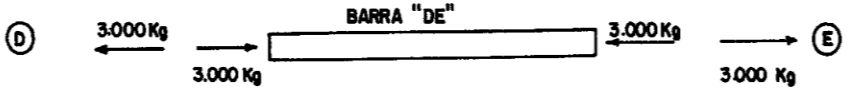
<u>D.C.L</u>



$\sum MB = 0$

$- (2000\ kg)(12\ mts) + (RDE)(8\ mts) = 0$

$$\boxed{RDE = 3000\ kg\ (\longleftarrow)}$$



Barra "DE" sometida a 3.000 kg a Compresión

<u>Nota:</u> Es recomendable, antes de utilizar el método de las secciones, verificar la estabilidad de la armadura y calcular sus reacciones externas, utilizando los conocimientos adquiridos y puestos en práctica en el Capitulo II.