



EJERCICIOS DE ESTÁTICA

Jaime Martínez Martínez
Lorenzo O. Miranda Cordero
Lanzier E. Torres Ortiz
Jorge Solar González

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

2002





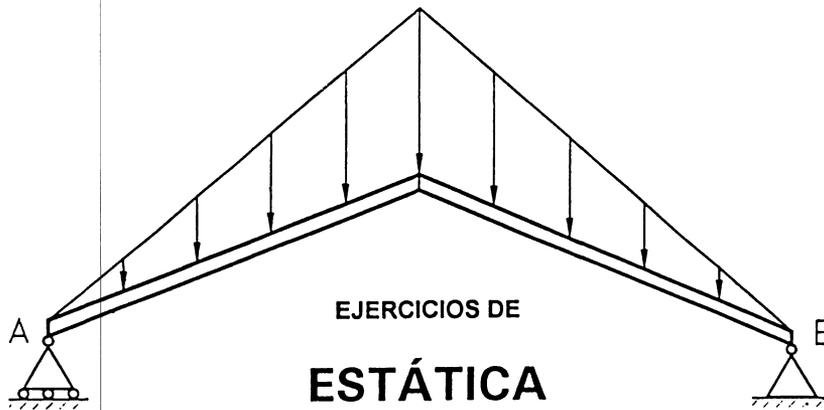
UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**EJERCICIOS DE
ESTÁTICA**

A LOS USUARIOS DE ESTOS EJERCICIOS, CUYA PRIMERA ADAPTACIÓN Y REIMPRESIÓN SE LES PRESENTA AHORA :

LOS PROBLEMAS QUE INCLUYE ESTE CONJUNTO DE EJERCICIOS SON ORIGINALES Y HAN SIDO DISEÑADOS, RESUELTOS, ESCRITOS, ELABORADOS EN SU VERSIÓN ORIGINAL Y REVISADOS, EN UN TRABAJO, DONDE INTERVINIERON LOS SIGUIENTES PROFESORES DEL DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS, DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM, EN UN INTENTO DE COADYUVAR AL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS DE ESTÁTICA, QUE CONFORMAN LOS CONTENIDOS DEL PROGRAMA VIGENTE DE ESTA ASIGNATURA.

AGRADECEMOS EN TODO LO QUE VALEN LAS SUGERENCIAS QUE NOS HAN HECHO LLEGAR, AL CITADO DEPARTAMENTO, CON RELACIÓN A ESTE MATERIAL, ASÍ COMO TODAS LAS QUE DE HOY EN ADELANTE SE NOS HAGAN.

ATENTAMENTE

CIUDAD UNIVERSITARIA D.F., AGOSTO DE 1997

JAIME MARTÍNEZ MARTÍNEZ
LORENZO O. MIRANDA CORDERO
LANZIER E. TORRES ORTIZ
JORGE SOLAR GONZÁLEZ

INTRODUCCIÓN

Al inicio de los setentas, la entonces Coordinación de Materias Propedéuticas, actualmente la División de Ciencias Básicas, editó en manuscrito las primeras notas de las asignaturas que se impartían y se las ofreció a su alumnado con la finalidad de ayudarlo.

En su devenir, este material didáctico se ha venido adecuando conforme a los cambios que han sufrido los Planes de Estudio y las asignaturas que de ellos se derivan; y, en algunos casos, transformando hasta alcanzar la calidad de libros de texto de reconocimiento nacional.

A raíz de la última revisión y aprobación de los Planes, que dió origen a los conocidos Planes de Estudio 1994, y en concordancia con el Plan de Desarrollo 1995-2000 de la Facultad de Ingeniería, esta División, a través de su personal académico y con el auxilio de la tecnología de computación, ha intensificado la tarea de actualizar los apuntes, manuales de prácticas, series de ejercicios y demás material didáctico escrito; con la misma finalidad y pretensión originales.

Tal es el caso del **Cuaderno de Ejercicios de ESTÁTICA**, resultado de la actividad académica de Jaime Martínez, Lorenzo Miranda, Lanzier Torres y Jorge Solar; quienes lo ofrecen generosamente a los alumnos y profesores con objeto de contribuir al mejoramiento de la actividad académica de nuestra División.

Como la División se ha empeñado en revitalizar la vida académica de todas las Coordinaciones, juzgo que para ello esta obra constituye otro medio mas sometiéndola a la crítica en el Claustro académico de la Coordinación de Estática para que; con la participación de todos, se perfeccione y logre constituirse en un libro de ejercicios de alcance nacional e internacional.

Para tal efecto, agradeceré a los profesores que están impartiendo la asignatura de Estática y a los alumnos darle uso a esta obra, anotar las observaciones de todo tipo que juzguen pertinentes; y hacerlas llegar a los autores.

Convencido que a todos nos interesa ofrecerles a nuestros alumnos lo mejor de nosotros mismos, les reitero mi agradecimiento a los autores y como siempre aprovecho para desearles salud.

A T E N T A M E N T E

Ciudad Universitaria D. F.; Agosto de 1997

"Por mi Raza Hablará el Espíritu"

El Jefe de la División


Bernardo Frontana de la Cruz

SERIES DE EJERCICIOS DE ESTÁTICA

INDICE

TEMA	PAGINA
0 SISTEMAS DE UNIDADES.	1
1 FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA CLÁSICA.	3
2 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA ESTÁTICA.	6
3 ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE FUERZAS.	13
4 DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE.	24
5 FRICCIÓN.	29
6 PRIMEROS MOMENTOS Y CENTROIDES DE SUPERFICIES PLANAS.	33
7 EQUILIBRIO DE SISTEMAS DE FUERZAS Y DE CUERPOS.	36
RESULTADOS.	43

SERIE O. SISTEMAS DE UNIDADES.

- 0.1 Defina unidad fundamental y unidad derivada.
- 0.2 Indique cuáles son las unidades fundamentales de los sistemas MKS, CGS y FPS, absolutos y gravitatorios.
- 0.3 ¿Cuáles son los nombres de las unidades de base y de las suplementarias del SI?
- 0.4 Calcule los valores equivalentes que tienen, en el SI, las siguientes cantidades:
- | | | |
|--|---------------------------------------|------------|
| a) 60 mi/h | d) 45 kg _f /m ² | g) 37 °C |
| b) 12 lb _f /ft ² | e) 30° | h) 120 UTM |
| c) 20,000 ft ³ /h | f) 130 rps | i) 456 hp |
- 0.5 Efectúe las siguientes conversiones:
- | | | |
|--|---------------------|------------------------------|
| a) 16 Pa a Kg _f /m ² | d) 0.6 rad | a grados, minutos y segundos |
| b) 26 N a lb _f | e) 150 revoluciones | a radianes |
| c) 37 J a kg _f •m | f) 7 060 W | a hp |
- 0.6 Un trozo de madera puede ser torneado a un diámetro de 5/8 de pulgada. Expresa dicho diámetro en forma decimal para: a) pulgadas, b) centímetros y, c) metros.
- 0.7 En un proceso industrial se emplean, uniformemente, 500 toneladas de mineral de hierro cada 24 horas. ¿Cuántas libras se utilizan: a) por día y, b) cuántas por minuto?
- 0.8 Una prensa hidráulica ejerce presión de 20 lb_f/in²; determine la magnitud de dicha presión en N/m².
- 0.9 La rapidez máxima adquirida por un auto de carreras es de 324 km/h. Obtenga dicha rapidez en: a) mi/min y b) m/s.

0.10 El área de la superficie de contacto entre los zapatos y las plantas de los pies, de un individuo de 80 kg_f de peso, es 500 cm². Calcule la presión ejercida en lb_f/in², por dicho individuo, sobre las suelas de sus zapatos.

0.11 El caudal o gasto de un arroyo es de 25,000 lt/s. Obtenga dicho gasto en: a) ft³/min y b) m³/h

0.12 Una de las fórmulas empíricas que se usan frecuentemente para dimensionar alcantarillas de concreto, indica que:

$$d_s = 0.2 + 0.022R$$

siendo d_s el espesor de la clave de la alcantarilla, en metros, y R el radio de la alcantarilla, también en metros.

Determine la expresión equivalente, para utilizar esa fórmula, en el sistema FPS.

0.13 La fórmula empírica que se emplea para calcular la rapidez del agua, en un canal artificial, indica que:

$$v = kR^{2/3}p^{1/2}$$

siendo v la rapidez de la corriente de agua, en m/s,

k un coeficiente adimensional que depende del material del cauce,

R el radio hidráulico en metros, y,

p la pendiente del canal (adimensional).

Halle la expresión equivalente, para utilizar esa fórmula, en el sistema FPS.

0.14 Una de las fórmulas empíricas, usadas para calcular el gasto que fluye por una presa de vertedor de cresta libre, indica que:

$$Q = \frac{\sqrt{81}}{3} \mu b h^{3/2} g^{1/2}$$

siendo Q el gasto en m³/s,

μ un coeficiente adimensional que depende de la forma de la cresta y de las paredes de la presa,

b el ancho de la cresta en metros,

h el tirante en metros, y,

g una constante escalar igual a 9.8 m/s².

Demuestre que la expresión de esa fórmula no cambia, cuando se usa en el sistema FPS. Considere $g = 32.2 \text{ ft/s}^2$.

SERIE 1. FUNDAMENTOS DE LA MECANICA CLASICA.

- 1.1 Defina a la física e indique las ramas en las que ésta se divide para su desarrollo.
- 1.2 ¿Cuál es el ámbito de estudio de cada una de las siguientes disciplinas?
 - a) Mecánica newtoniana,
 - b) Mecánica cuántica, y,
 - c) Mecánica relativista.
- 1.3 Enuncie y explique brevemente los estados en que se manifiesta la materia en la naturaleza.
- 1.4 Establezca una posible clasificación de las ramas en las que se divide la mecánica newtoniana y ubique, en dicha clasificación, la parte que usted estudia en su curso.
- 1.5 Defina la estática, la cinemática y la dinámica, enfatizando las características que las diferencian y aludiendo a algunos ejemplos.
- 1.6 Explique qué se define como modelo en el contexto de la física.
¿Por qué es necesario el uso de modelos en la mecánica newtoniana?
- 1.7 Defina las cantidades físicas escalares y las vectoriales, dando cinco ejemplos de cada caso.
- 1.8 ¿Cuáles son las características fundamentales de los vectores libres, de los deslizantes y de los fijos, mediante los cuales se expresan ciertas cantidades físicas en el ámbito de la mecánica?
- 1.9 Enuncie las tres leyes de Newton así como su ley de la gravitación universal; escriba, según corresponda, la expresión matemática y explique cada uno de sus términos.

1.10 Defina los siguientes conceptos:

- a) peso local de un cuerpo, y,
- b) peso estándar de un cuerpo.

1.11 Cierta comerciante, el cual nada sabe de mecánica, le venderá una gran cantidad de oro bajo las condiciones de medida y lugar que usted proponga. ¿ Con cuál instrumento cuantificaría el oro y en qué lugar de la Tierra realizaría la compra, con el fin de lograr la máxima ventaja ? . Por otro lado, suponiendo que usted va a vender el oro, dé respuesta a la pregunta formulada.

1.12 Si el radio medio lunar es 1 736 km, determine la intensidad del campo gravitatorio lunar, en la superficie del satélite señalado, considerando que la constante de la gravitación universal es igual a $6.673 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ gr}^{-1} \text{ s}^{-2}$, y que la masa de la Luna es de $7.38 \times 10^{22} \text{ kg}$.

1.13 Considerando que la masa de Tierra es aproximadamente de $5.974 \times 10^{24} \text{ kg}$, determine en kg_f la magnitud de la fuerza con que es atraído por la Tierra un satélite artificial de 200 kg de masa, colocado en una órbita circular situada a 7 000 km de la superficie terrestre.

1.14 Si un atleta es capaz de saltar en la superficie terrestre hasta una altura de 2.20 m, determine la altura máxima que el mismo atleta alcanzaría saltando, con el mismo impulso, en la superficie lunar.

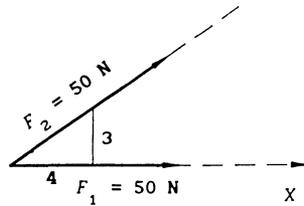
Considere, para la Tierra, $M_T = 5.974 \times 10^{24} \text{ kg}$ y $R_T = 6\,370 \text{ km}$, y, para la Luna; $M_L = 7.38 \times 10^{22} \text{ kg}$ y $R_L = 1\,736 \text{ km}$.

1.15 Considerando la ley de la gravitación universal de Newton, determine la altura a la que se debe colocar un cuerpo sobre la superficie terrestre, para que su peso se reduzca en un 20 por ciento.

1.16 Suponga un sistema aislado formado por dos partículas A y B respectivamente; la primera con el doble de masa de la segunda y separadas una distancia l . ¿Cuál es la relación que existe entre las magnitudes de las aceleraciones que experimentan las partículas debidas a la atracción entre ellas?

SERIE 2.- CONCEPTOS BASICOS DE LA ESTATICA.

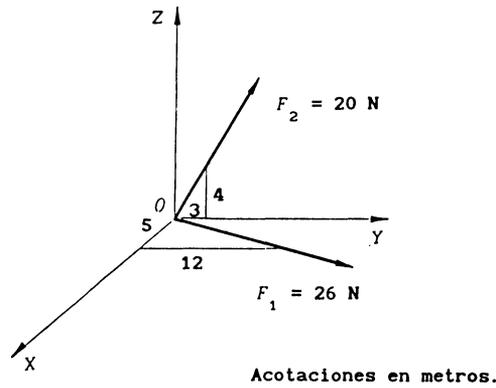
- 2.1 Sobre una partícula actúan las fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 de la siguiente figura, cuyas magnitudes y direcciones se indican. Aplicando la regla del triángulo para la suma de fuerzas, determine la magnitud de la resultante de dichas fuerzas, así como el ángulo θ_x que forma esa resultante con el eje X.



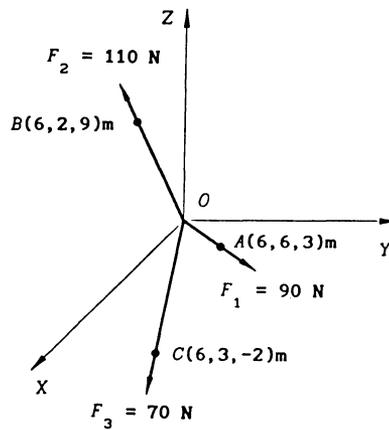
Acotaciones en metros.

- 2.2 Para cada una de las fuerzas correspondientes al problema 2.1, así como para su resultante, obtenga la expresión vectorial cartesiana correspondiente, comprobando las respuestas de dicho problema.
- 2.3 Una fuerza de 110 N de magnitud tiene por línea de acción la recta que une el origen $O(0,0,0)$ m con el punto $A(6,2,9)$ m, así como el sentido del segmento dirigido \vec{OA} . Halle la expresión vectorial cartesiana de la fuerza, así como sus ángulos directores.

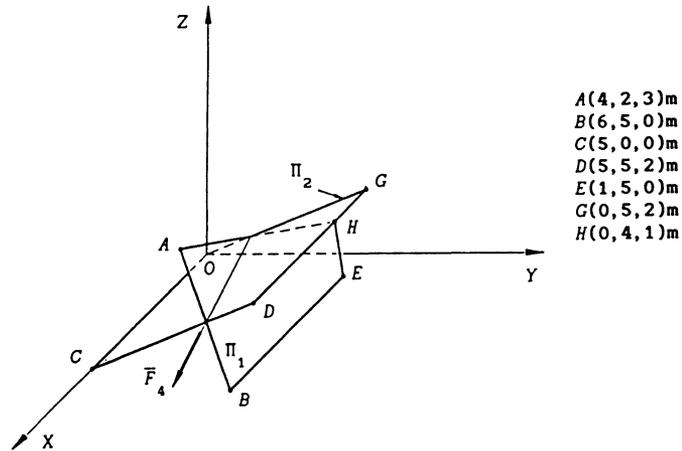
- 2.4 Obtenga la expresión vectorial cartesiana de la resultante de las dos fuerzas concurrentes indicadas en la siguiente figura y determine la magnitud de dicha resultante. La fuerza de módulo F_1 se encuentra en el plano XY , en tanto que la fuerza de magnitud F_2 está ubicada en el plano YZ .



- 2.5 Tres fuerzas concurrentes en el origen tienen por magnitud y dirección las indicadas en la figura adjunta. Determine la expresión vectorial cartesiana de su resultante, así como la magnitud de ésta.

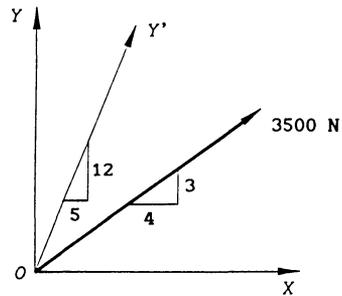


- 2.6 Halle el vector representativo de la fuerza que tiene dirección y sentido iguales a los del segmento dirigido \overrightarrow{AB} , de la figura anexa, y cuya magnitud es igual a 100 N .



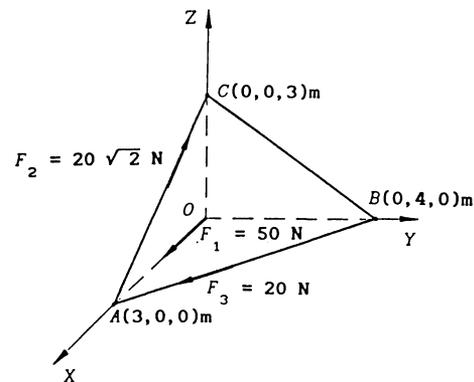
- 2.7 Para las condiciones geométricas indicadas en la figura del problema 2.6, obtenga los vectores representativos de fuerzas de magnitudes 100 N cuyas direcciones sean normales a los planos Π_1 y Π_2 , respectivamente. Para la primera de estas fuerzas considere que $\gamma < 90^\circ$ y para la segunda que $\beta < 90^\circ$.
- 2.8 En relación con la figura del problema 2.6, determine el vector representativo de la fuerza \vec{F}_4 cuya magnitud es de 200 N, considerando que su línea de acción es la recta de intersección de los planos Π_1 y Π_2 , y que tiene el sentido mostrado.

- 2.9 Descomponga la fuerza de 3500 N mostrada en la siguiente figura, en dos componentes que actúan:
- a lo largo de los ejes X, Y respectivamente, y,
 - a lo largo de los ejes X, Y' respectivamente.
- Considere que todos los elementos de la figura se encuentran en un mismo plano, y que las medidas indicadas están en metros.

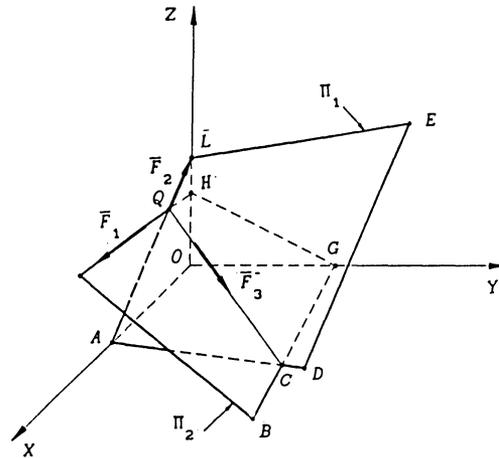


Acotaciones en metros.

- 2.10 Encuentre la expresión vectorial cartesiana de la resultante de las tres fuerzas indicadas en la siguiente figura, cuyas líneas de acción pasan por el punto A , además de pasar por O, C , o B según sea el caso.



- 2.11 Encuentre la resultante de las tres fuerzas concurrentes indicadas. Considere que el plano Π_1 pasa por los puntos A , D , E y L , que Π_2 pasa por los puntos H , G y B , que \vec{F}_1 pasa por los puntos H y Q , que \vec{F}_2 pasa por los puntos A , Q y L , y que \vec{F}_3 está contenida en la intersección de los planos Π_1 y Π_2 recta a la que pertenecen Q y C .



Puntos que pertenecen al plano Π_1

$A(3,0,0)\text{m}$
 $D(4,6,0)\text{m}$
 $E(0,6,4)\text{m}$
 $L(0,0,3)\text{m}$

$F_1 = 100\text{ N}$

$F_2 = 80\text{ N}$

$F_3 = 50\text{ N}$

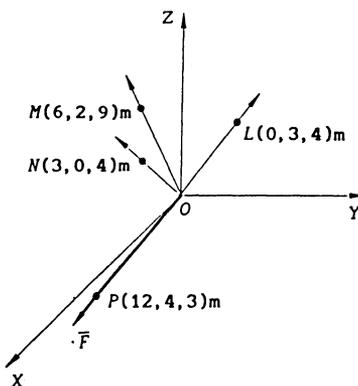
Puntos que pertenecen al plano Π_2

$B(6,6,0)\text{m}$

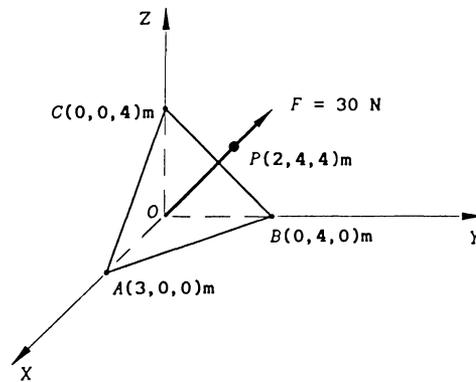
$G(0,4,0)\text{m}$

$H(0,0,2)\text{m}$

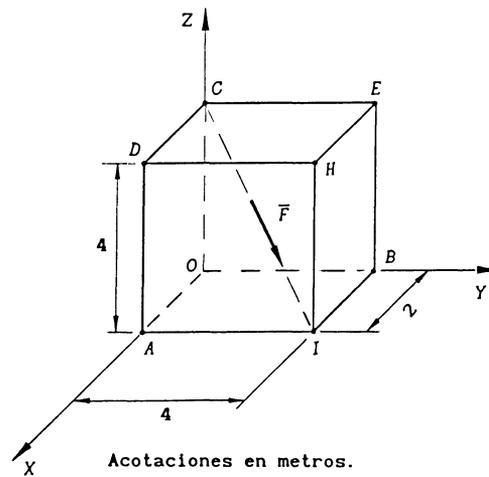
- 2.12 La fuerza \vec{F} de la figura, cuya magnitud es 130 N, tiene por línea de acción la recta \overline{OP} . Para tal condición halle las componentes de dicha fuerza en las direcciones y con los sentidos correspondientes a los segmentos dirigidos \overline{OL} , \overline{OM} y \overline{ON} .



- 2.13 Descomponga la fuerza \vec{F} de la figura, cuya magnitud es de 30 N y cuya línea de acción es la recta \overline{OP} , en las direcciones definidas por los segmentos dirigidos \overline{AC} , \overline{AB} y por la normal al plano (de componentes positivas) que pasa por los puntos A , B y C .



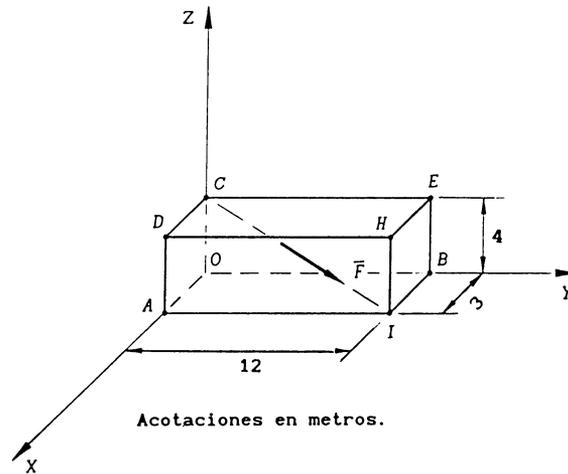
- 2.14 La fuerza \vec{F} de la figura tiene magnitud igual a 30 N y como línea de acción a la recta \overline{CI} . Obtenga el momento de dicha fuerza con respecto al origen y con respecto al punto $A(2, 0, 0)$ m.



2.15 Para la fuerza \vec{F} del problema 2.14 , determine su momento con respecto a los ejes \vec{OD} y \vec{AB} .

2.16 La fuerza \vec{F} de 130 N de magnitud, señalada en la siguiente figura, tiene como línea de acción la recta \vec{CI} . Obtenga el momento de dicha fuerza con respecto al:

- origen,
- punto B , y ,
- eje \vec{BH} .



2.17 Una fuerza \vec{F} cuya magnitud es de 500 N actúa a lo largo de la recta \vec{AB} y con el sentido del segmento dirigido \vec{AB} , siendo $A(9,0,-7)$ m y $B(0,20,5)$ m . Para tal condición, halle:

- el momento de la fuerza con respecto al origen, y ,
- el momento de la fuerza con respecto a un eje \vec{OQ} que forma ángulos agudos iguales con cada uno de los ejes coordenados.

SERIE 3.- ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE FUERZAS.

3.1 Una fuerza \vec{F} actúa en el punto $G(2,9,0)$ m de modo que, su momento respecto al punto $A(2,0,0)$ m es $\vec{M}_A = 54 \vec{i} + 18 \vec{k}$ [N·m], y su momento con respecto al punto $H(2,9,6)$ m es

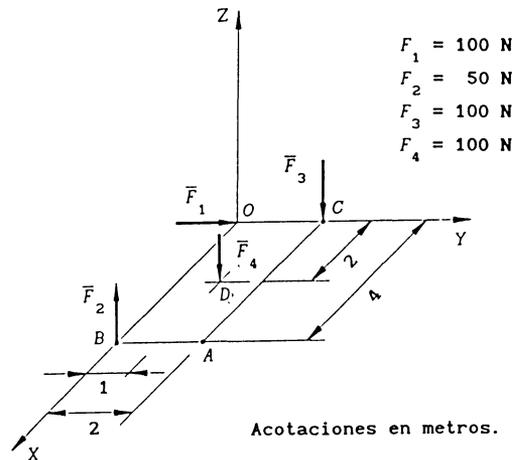
$\vec{M}_H = -54 \vec{i} + 12 \vec{j}$ [N·m]. Para tales condiciones determine:

- las coordenadas vectoriales canónicas de la fuerza, y,
- el momento de la fuerza con respecto al eje orientado \vec{HE} definido por los puntos H (ya dado) y $E(0,9,6)$ m.

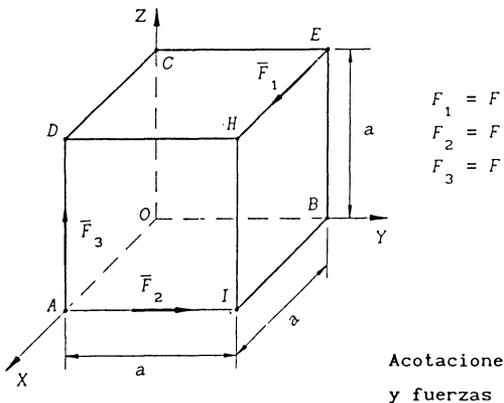
3.2 Si las coordenadas vectoriales (\vec{F}, \vec{M}_O) de una fuerza son $(-500\vec{i} + 1000\vec{j} + 1000\vec{k}, -5000\vec{i} - 2000\vec{j} - 500\vec{k})$ [N, N·m], determine el momento de dicha fuerza con respecto a un segmento dirigido que va de $A(-4,2,-1)$ m a $B(5,8,1)$ m.

3.3 Con los mismos datos del problema 3.2, determine el momento de la fuerza con respecto al eje orientado que va del punto $G(-0.25,-0.5,4.5)$ m al punto $H(0.75,-2.5,2.5)$ m, e interprete el resultado obtenido.

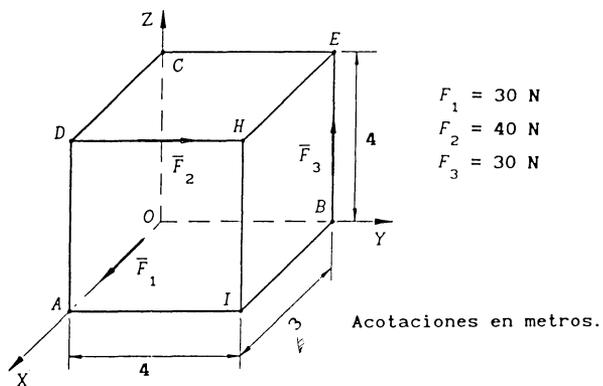
3.4 Obtenga el momento del sistema constituido por las cuatro fuerzas indicadas, con respecto al punto A , considerando que las cotas de A , B , C y D son nulas.



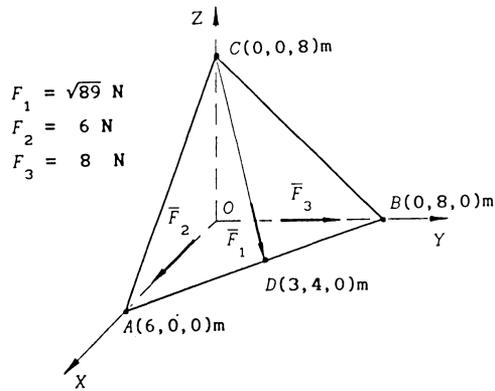
- 3.5 Determine la expresión vectorial cartesiana de la resultante del sistema formado por las fuerzas de la siguiente figura y demuestre que dicho sistema se reduce a una fuerza que pasa por el origen.



- 3.6 Halle las coordenadas vectoriales canónicas del sistema de fuerzas mostrado, compruebe que se trata de un sistema fuerza-par no coplanares y obtenga las coordenadas del punto Q de su eje central, situado a mínima distancia del origen.

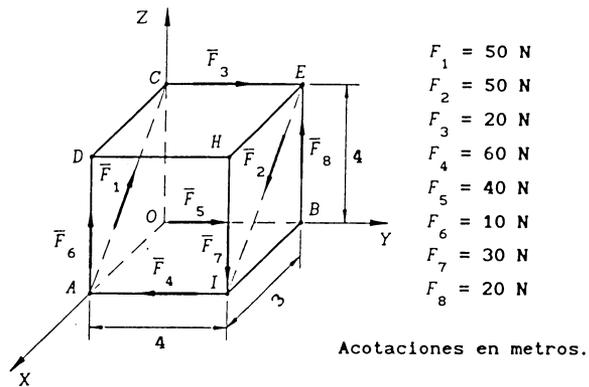


- 3.7 Determine las coordenadas vectoriales canónicas del sistema de fuerzas indicado. Compruebe que se trata de una fuerza que no pasa por el origen y obtenga las coordenadas del punto Q de su línea de acción situado a mínima distancia del origen.

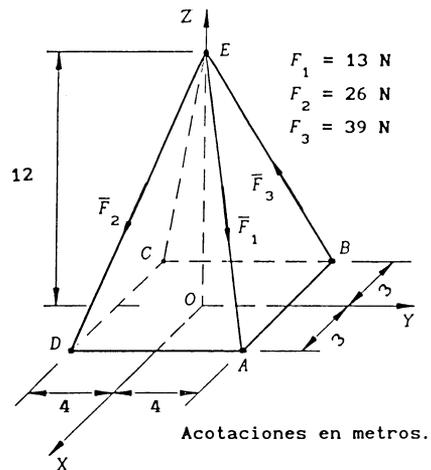


- 3.8 Un sistema de fuerzas tiene por coordenadas vectoriales canónicas:
 $\bar{R} = 9i - 6j + 2k \text{ [N]}$ y $\bar{M}_0 = -2i - 3j \text{ [N m]}$.
- Compruebe que el sistema resultante general es una fuerza que no pasa por el origen, y,
 - halle las coordenadas del punto Q situado sobre su eje central, a mínima distancia del origen.
- 3.9 Para un sistema de fuerzas que tiene por coordenadas vectoriales canónicas $\bar{R} = 3i - 4j + 12k \text{ [N]}$ y $\bar{M}_0 = 30i - 100j + 100k \text{ [N m]}$:
- Compruebe que el sistema resultante general es un sistema fuerza-par no coplanares, y,
 - calcule el paso del motor, el vector par \bar{m}_T (par de transporte), y el vector par \bar{m}_p (momento paralelo a la fuerza).

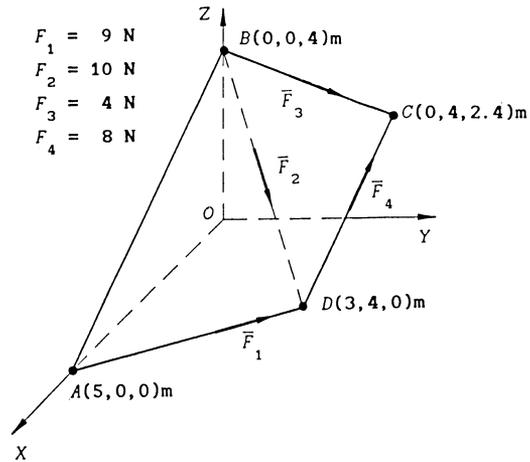
- 3.10 Determine las coordenadas vectoriales canónicas del sistema de fuerzas mostrado. Compruebe que el sistema resultante general es un par de fuerzas, y calcule la magnitud del momento de dicho par.



- 3.11 Halle las coordenadas vectoriales canónicas del sistema de fuerzas indicado, compruebe que el sistema resultante general es una fuerza que no pasa por el origen y calcule, además, las coordenadas del punto Q situado sobre su eje central, a mínima distancia del origen.

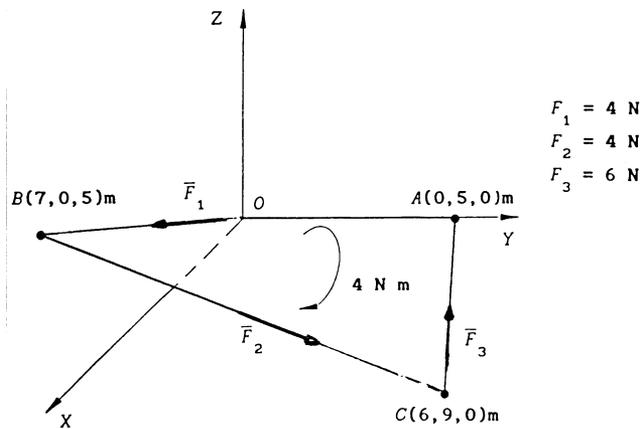


3.12 Efectúe la reducción canónica del sistema de fuerzas que se indica y obtenga las coordenadas del punto Q situado sobre el eje central, a mínima distancia del origen.

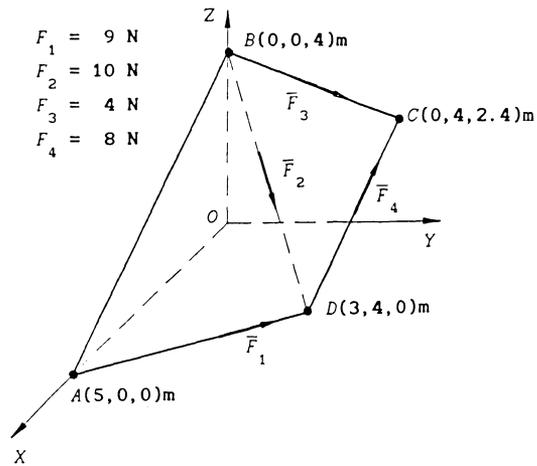


3.13 Para el sistema de fuerzas mostrado, considerando que el par de 4 N m , actúa en plano ABC :

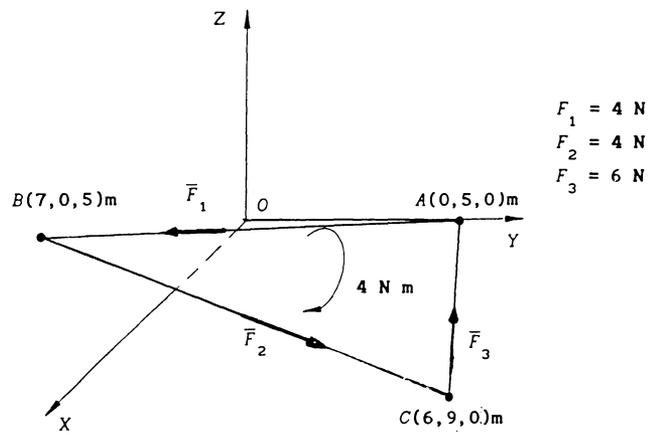
- efectúe la reducción canónica,
- compruebe que se trata de una fuerza que no pasa por el origen, y,
- determine las coordenadas del punto Q situado sobre su eje central, a mínima distancia del origen.



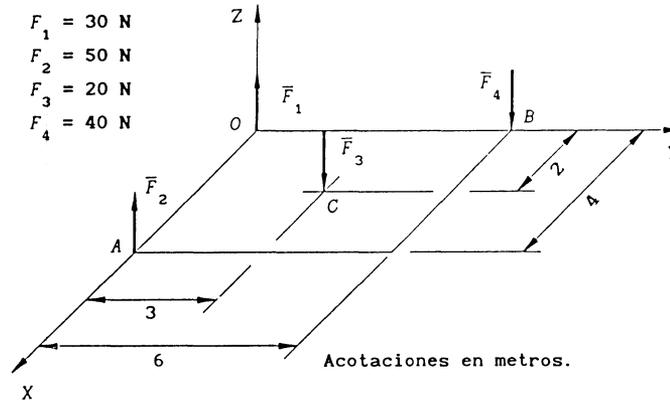
- 3.12 Efectúe la reducción canónica del sistema de fuerzas que se indica y obtenga las coordenadas del punto Q situado sobre el eje central, a mínima distancia del origen.



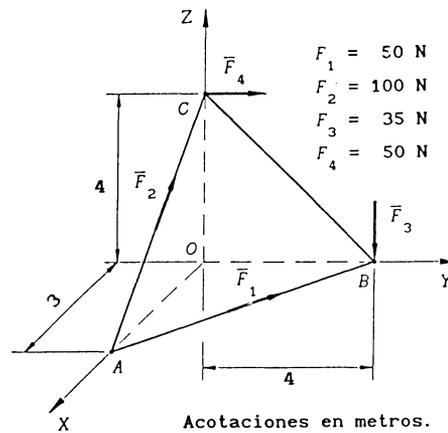
- 3.13 Para el sistema de fuerzas mostrado, considerando que el par de 4 N m , actúa en plano ABC :
- efectúe la reducción canónica,
 - compruebe que se trata de una fuerza que no pasa por el origen, y,
 - determine las coordenadas del punto Q situado sobre su eje central, a mínima distancia del origen.



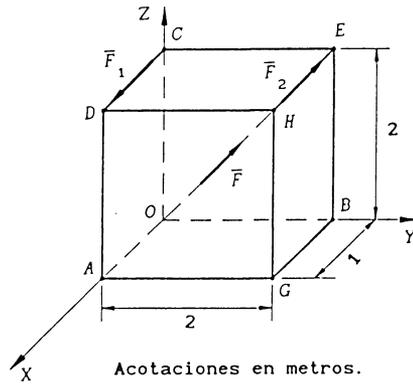
- 3.14 Efectúe la reducción canónica del sistema de fuerzas indicado, considerando que las cuatro fuerzas indicadas tienen la dirección del eje z . Compruebe que el sistema resultante general es una fuerza que no pasa por el origen y obtenga las coordenadas, del punto Q situado sobre su eje central, a mínima distancia del origen.



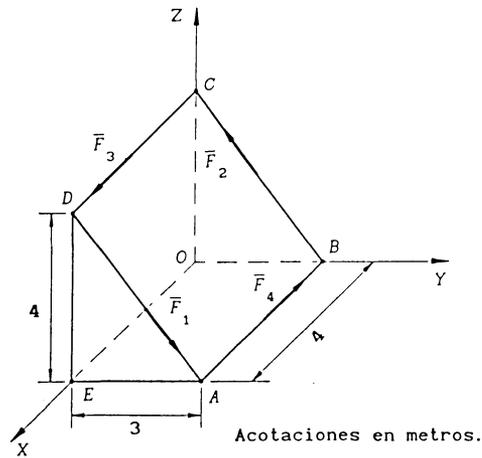
- 3.15 Efectúe la reducción canónica del sistema de fuerzas mostrado, compruebe que el sistema resultante general es un sistema fuerza-par no coplanares, y obtenga las coordenadas del punto Q situado sobre su eje central, a mínima distancia del origen.



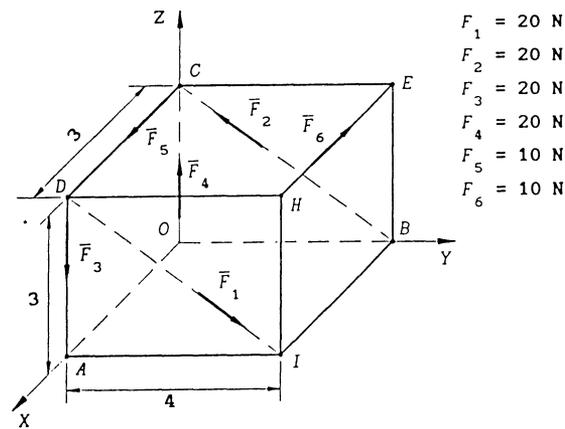
- 3.16 En el sistema de fuerzas indicado, $F = 3 \text{ N}$, $F_1 = F_2 = 9 \text{ N}$; considerando que \vec{F} , \vec{F}_1 y \vec{F}_2 pasan, respectivamente, por O y H , C y D , H y E :
- obtenga las coordenadas vectoriales canónicas del sistema,
 - compruebe que se trata de un sistema fuerza-par no coplanares, y,
 - determine las coordenadas del punto Q localizado sobre su eje central, a mínima distancia del origen.



- 3.17 El sistema de fuerzas que se muestra está formado por dos pares de fuerzas; el par \vec{p}_1 constituido por dos fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 , de 50 N de magnitud cada una, y el par \vec{p}_2 constituido por las fuerzas \vec{F}_3 y \vec{F}_4 , de 60 N de magnitud cada una. Obtenga el momento del par equivalente a los pares \vec{p}_1 y \vec{p}_2 ; así como su magnitud.

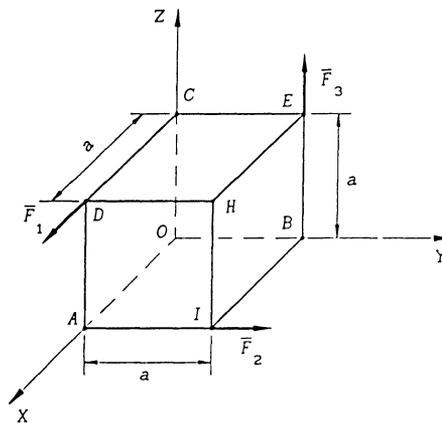


- 3.18 Sustituya los tres pares de fuerzas indicados en la siguiente figura, por un solo par equivalente, obteniendo la expresión vectorial cartesiana de su momento, así como su magnitud.



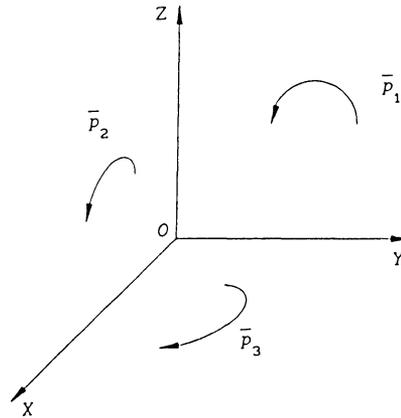
- 3.19 El cubo de la figura, cuyos lados miden a metros, está sujeto a la acción de las tres fuerzas indicadas, cuyo módulo es P para cada una, medido en newtons. Considerando que cada una de esas fuerzas es colineal con una de las aristas del cubo, según puede apreciarse, determine:

- las coordenadas vectoriales canónicas del sistema de fuerzas y
- las coordenadas del punto L de intersección del eje central del sistema con el plano horizontal que contiene los puntos D , C , E y H .

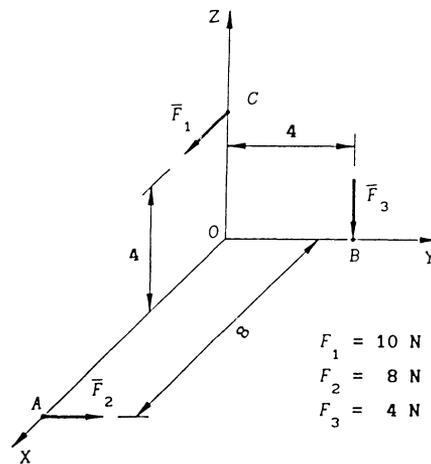


3.20 El sistema de fuerzas de la figura está conformado por tres pares de fuerzas, cada uno de los cuales está alojado en un plano coordenado. El par \bar{p}_1 está alojado en el plano YZ y su momento tiene una magnitud de $20 \text{ N}\cdot\text{m}$; el par \bar{p}_2 está alojado en el plano XZ y su momento tiene una magnitud de $20 \text{ N}\cdot\text{m}$, en tanto que el par \bar{p}_3 está alojado en el plano XY y su momento tiene una magnitud de $10 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Obtenga el momento del par equivalente al sistema mencionado, así como su magnitud.

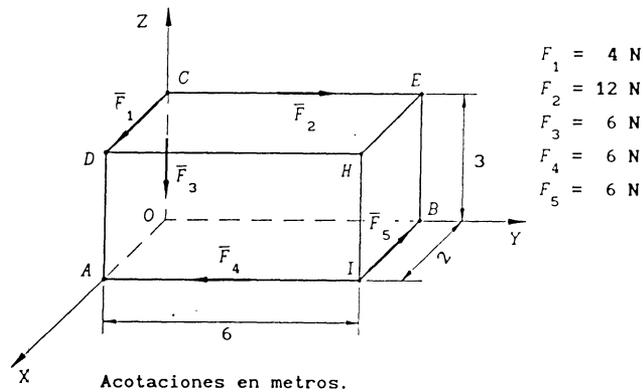


3.21 Efectúe la reducción canónica del sistema de fuerzas mostrado y obtenga las coordenadas del punto de intersección del eje central con el plano XZ , considerando que \bar{F}_1 , \bar{F}_2 , y \bar{F}_3 son paralelas, respectivamente, a los ejes X , Y y Z .



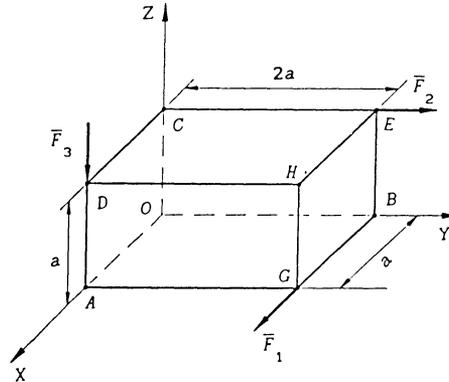
Acotaciones en metros.

- 3.22 Haga la reducción canónica del sistema de fuerzas indicado y compruebe que el sistema resultante general es una fuerza que no pasa por el origen. Además, obtenga las coordenadas del punto Q situado sobre su eje central, a mínima distancia del origen.



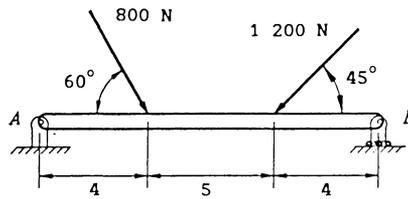
- 3.23 Tres fuerzas actúan sobre el paralelepípedo rectangular indicado, siendo cada una de ellas colineal con una de las aristas de dicho cuerpo. Para tal condición obtenga:

- la magnitud de \vec{F}_3 , sabiendo que $F_1 = F_2 = P$, y que el sistema resultante general es una sola fuerza, y,
- la magnitud de dicha fuerza, así como las coordenadas del punto I , de intersección de la línea de acción de esa fuerza con el plano XY .



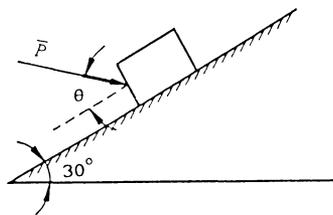
SERIE 4.- DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE.

- 4.1 Si el peso de la viga doblemente apoyada de la figura es despreciable, dibuje el correspondiente diagrama de cuerpo libre.

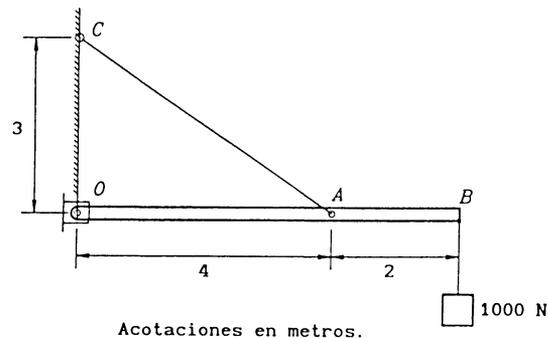


Acotaciones en metros.

- 4.2 Dibuje diagramas de cuerpo libre del bloque de peso W , mostrado, considerando primeramente que las superficies en contacto son lisas y luego que son rugosas.

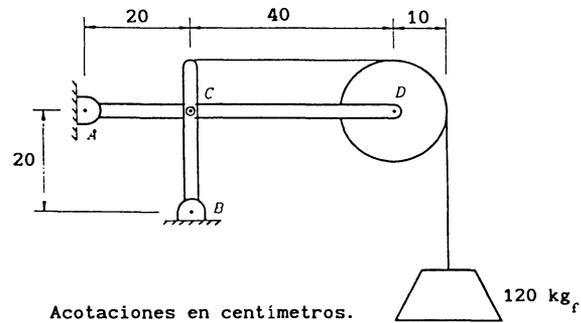


- 4.3 La barra OB tiene peso despreciable, está articulada en O y se mantiene en posición horizontal por medio del cable AC . Para tales condiciones, dibuje el diagrama de cuerpo libre correspondiente a dicha barra.

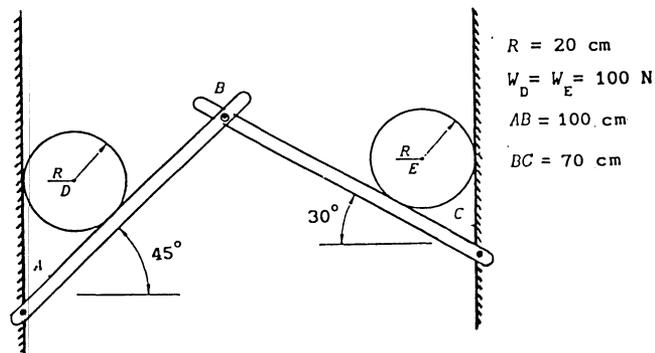


Acotaciones en metros.

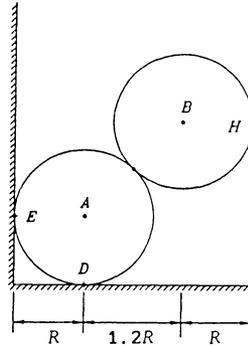
- 4.7 El marco que se ilustra en la figura soporta un bloque cuyo peso es 120 kg_f . Considerando a la polea sin fricción y despreciables los pesos propios de las barras, del cable y de la polea, para las condiciones indicadas dibuje los diagramas de cuerpo libre de cada una de las barras y el de la polea.



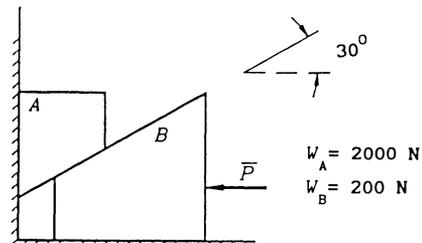
- 4.8 Las barras AB y BC sostienen a dos cilindros de peso W , como se indica. Considerando que los pesos de las barras son despreciables y que las superficies en contacto son lisas, dibuje el diagrama de cuerpo libre para cada barra y para cada cilindro.



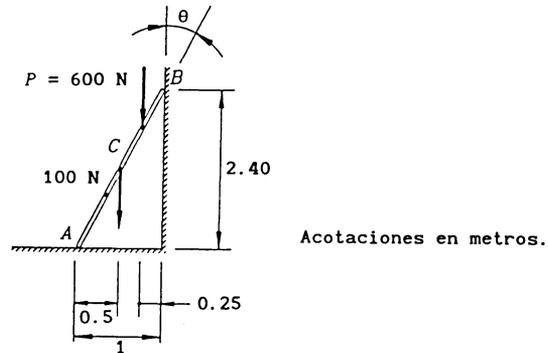
- 4.4 Dos cilindros iguales, A y B , tienen cada uno un peso W y están colocados dentro de una caja de paredes y fondo lisos. Si la superficie exterior de los cilindros también es lisa, dibuje el diagrama de cuerpo libre de cada uno de éstos.



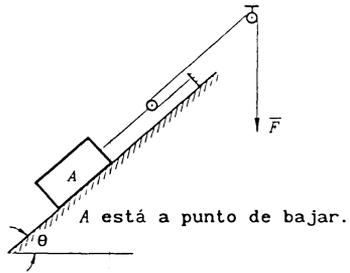
- 4.5 Considerando que no existe movimiento alguno y que las superficies en contacto son rugosas, dibuje los diagramas de cuerpo libre, tanto del bloque A como del bloque B .



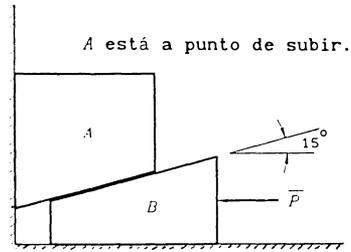
- 4.6 La escalera AB tiene su centro de gravedad en C , pesa 100 N y se encuentra sujeta a la fuerza \bar{P} mostrada, de magnitud 600 N . Considerando que si los extremos A y B y los respectivos planos de apoyo son rugosos, dibuje el diagrama de cuerpo libre correspondiente.



4.9 Dibuje los diagramas de cuerpo libre para los bloques, barras y poleas que intervienen en cada uno de los sistemas mecánicos mostrados enseguida, considerando que las cuerdas y las superficies en contacto son: a) lisas, y, b) rugosas.

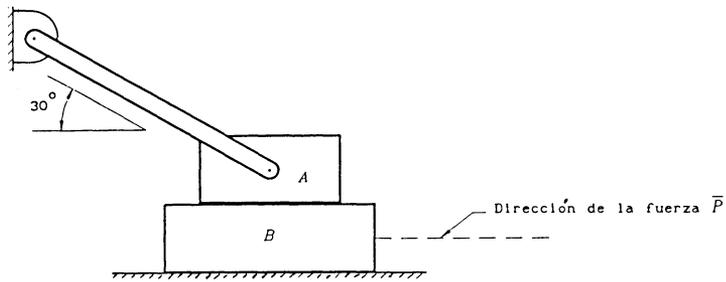


4.9.1

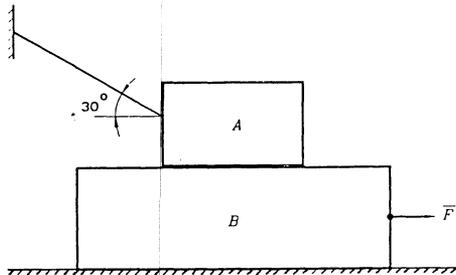


4.9.2

Sobre B se aplica una fuerza horizontal y hacia la izquierda, \bar{P} , que está a punto de moverlo.

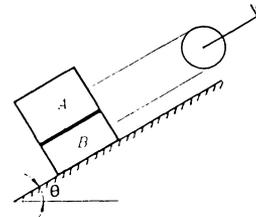


4.9.3



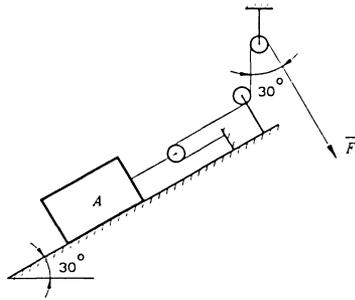
4.9.4

A está a punto de bajar.



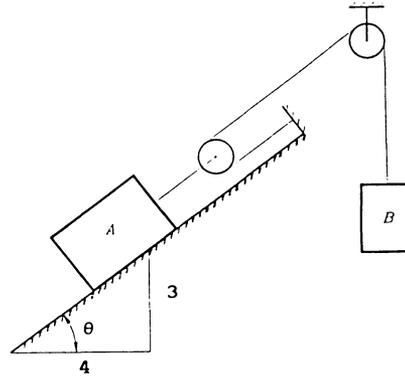
4.9.5

A está a punto de subir.



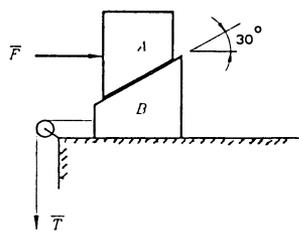
4.9.6

A está a punto de bajar.



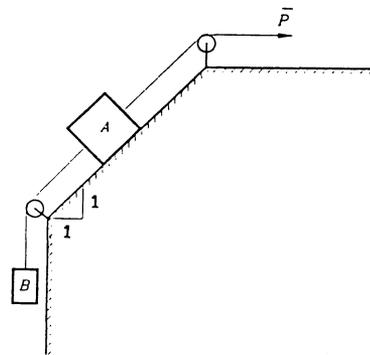
4.9.7

B está a punto de moverse hacia la izquierda.



4.9.8

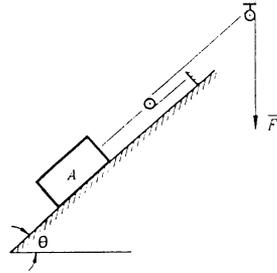
B está a punto de subir.



4.9.9

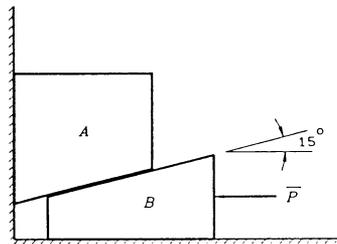
SERIE 5.- FRICCIÓN.

- 5.1 Considerando que la cuerda involucrada en el sistema mostrado en seguida, es lisa, flexible y de peso despreciable determine:
- el tiempo para el cual el bloque A está apunto de moverse, cuando se le aplica la fuerza \bar{F} ,
 - la magnitud de la fuerza de fricción cuando $t = 2 \text{ s}$, y,
 - la magnitud de la fuerza de fricción cuando $t = 7 \text{ s}$.



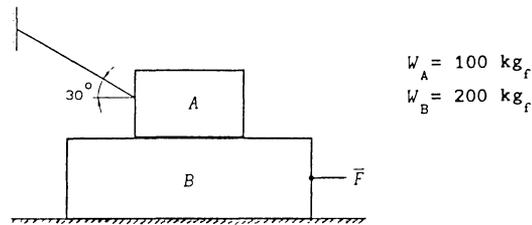
$$\begin{aligned}
 m_A &= 30 \text{ kg} \\
 \theta &= 41.81^\circ \\
 \mu_E &= 0.20 \\
 \mu_D &= 0.15 \\
 F &= 4.47t + 100 \\
 g &\doteq 10 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

- 5.2 Para el sistema de dos bloques mostrados en la figura, obtenga el módulo mínimo de la fuerza \bar{P} que ocasionará el movimiento del bloque A.
- Considere que el coeficiente de fricción estática, para todas las superficies en contacto, es $\mu_E = 0.2$.

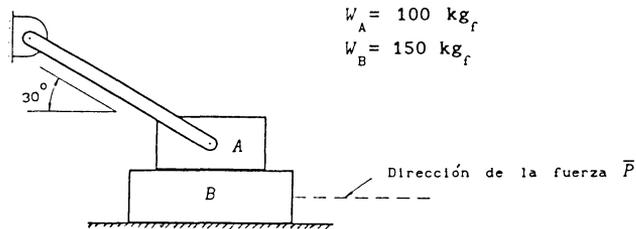


$$\begin{aligned}
 W_A &= 200 \text{ N} \\
 W_B &= 100 \text{ N}
 \end{aligned}$$

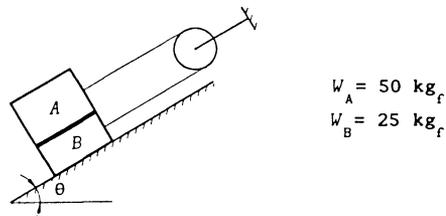
- 5.3 Considerando que el coeficiente de fricción estática entre todas las superficies en contacto vale 0.35, determine la magnitud de la fuerza \bar{F} necesaria para comenzar a mover hacia la derecha el bloque B , que es parte del sistema que se muestra en la figura.



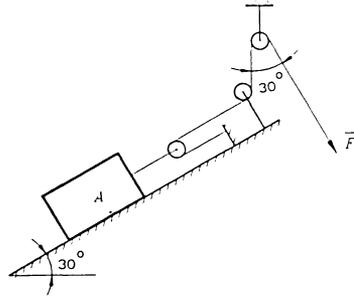
- 5.4 Para el sistema mostrado en la figura, determine el intervalo de valores que puede tomar la magnitud de una fuerza horizontal \bar{P} , que aplicada al bloque B esté a punto de desplazarlo, considerando que los coeficientes de fricción estáticas son 0.25 entre A y B , y 0.35 entre B y el piso.



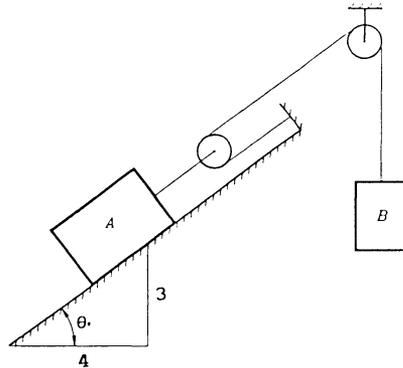
- 5.5 Los pesos de los bloques A y B de la figura son 50 kg_f y 25 kg_f respectivamente. Si se sabe que el coeficiente de fricción estática entre todas las superficies en contacto es $\mu_E = 0.15$, determine el menor valor del ángulo θ para el cual está a punto de producirse el movimiento de ambos cuerpos. Considere a la polea sin fricción y al cable como flexible, inextensible y de masa despreciable.



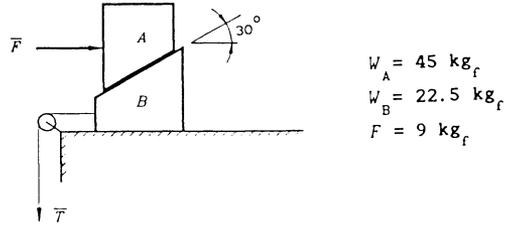
- 5.6 El bloque A, de peso igual a 30 N, está sobre un plano inclinado, tal como se muestra en la siguiente figura. Si el coeficiente de fricción entre dicho plano y el bloque es 0.3, determine el intervalo de valores correspondiente al módulo de la fuerza \bar{F} , para que el bloque no deslice sobre el plano, considerando que las poleas son lisas, sus pesos despreciables y conservan las posiciones indicadas; así como al cable flexible, inextensible y de peso despreciable.



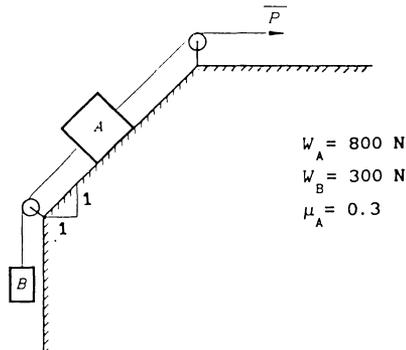
- 5.7 Determine el intervalo de valores correspondientes al peso de B, para el cual el bloque A, de peso igual a 980 N, estará en equilibrio sobre el plano inclinado, si el coeficiente de fricción estática en las superficies en contacto es $\mu_E = 0.5$. Considere al cable como flexible, inextensible y de masa despreciable; a las poleas sin fricción y de masa despreciable.



- 5.8 Calcule los valores mínimo y máximo del módulo de la fuerza \bar{T} para que el sistema mostrado en la figura permanezca en reposo, si todas las superficies en contacto son rugosas, la polea sin fricción, y el cable como flexible, inextensible y de masa despreciable. Considere que los coeficientes de fricción estática son 0.35 entre A y B , y de 0.10 entre B y el piso.

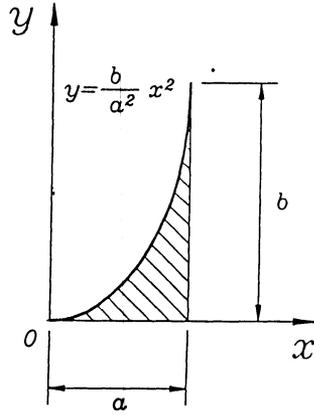


- 5.9 Obtenga los valores mínimo y máximo del módulo de la fuerza \bar{P} , para que el dispositivo de la figura permanezca en reposo, considerando que todas las superficies en contacto son rugosas, y que los cables son flexibles, inextensibles y de masas despreciables.

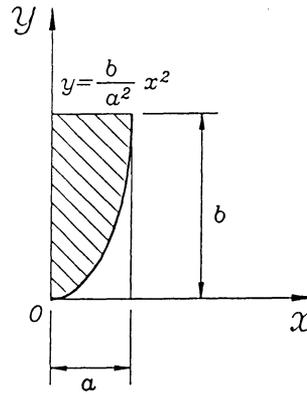


SERIE 6. PRIMEROS MOMENTOS Y CENTROIDES DE SUPERFICIES PLANAS.

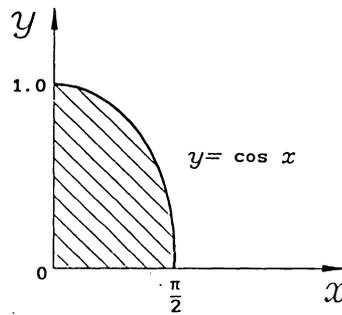
6.1 Obtenga por integración, para cada una de las superficies sombreadas que se muestran a continuación, las coordenadas del centroide con respecto al sistema referencial indicado. En cada caso se proporcionan las ecuaciones de las curvas que delimitan dichas superficies, así como acotaciones necesarias.



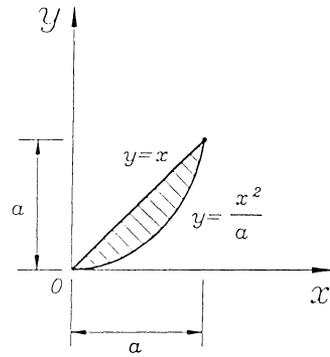
6.1.1



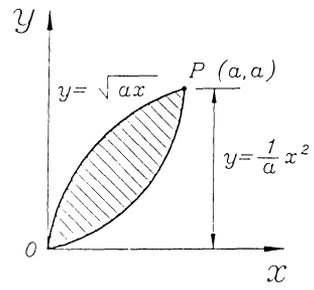
6.1.2



6.1.3

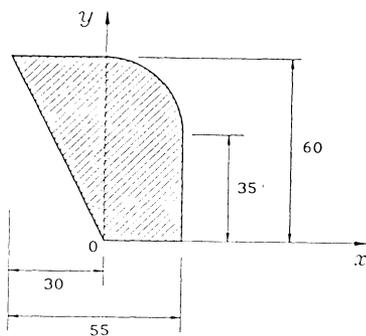


6.1.4

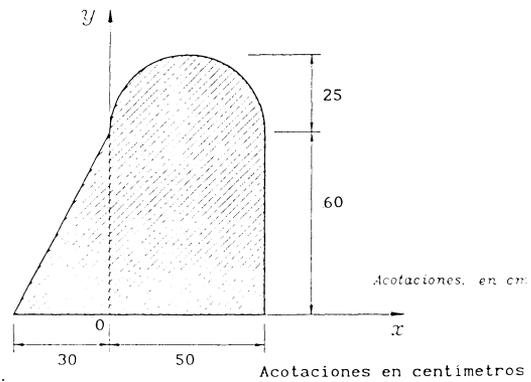


6.1.5

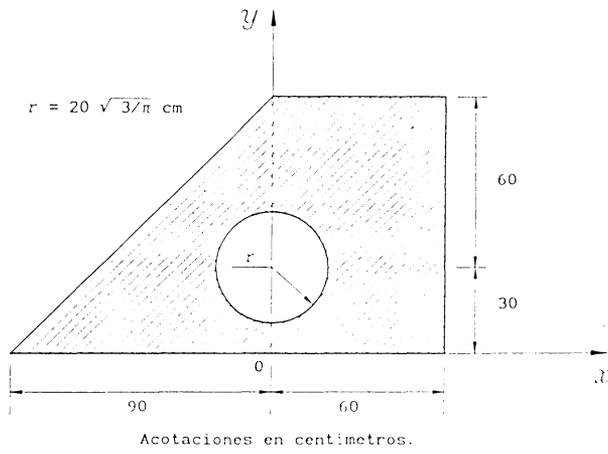
6.2 Para cada una de las superficies compuestas que se muestran a continuación, obtenga las coordenadas del centroide con respecto al sistema referencial indicado.



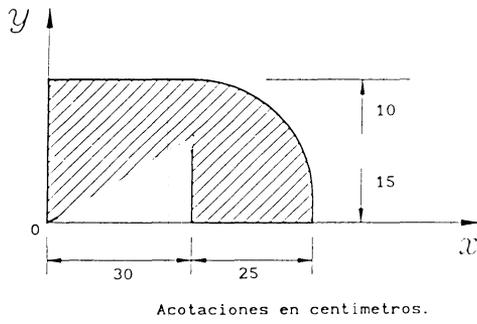
6.2.1



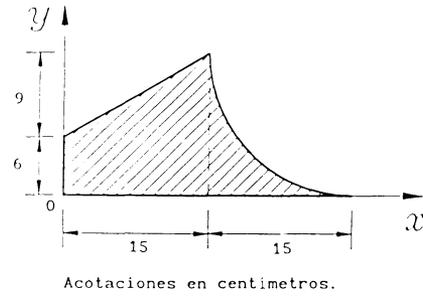
6.2.2



6.2.3

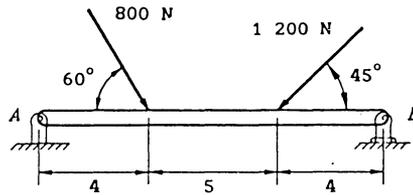


6.2.4



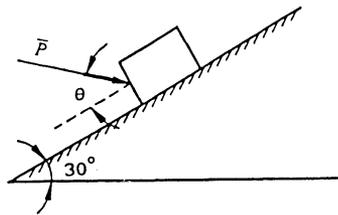
6.2.5

- 7.1 Considere que la viga indicada está en equilibrio y determine las reacciones de sus apoyos A y B . Para el cálculo, desprecie el peso de la viga.

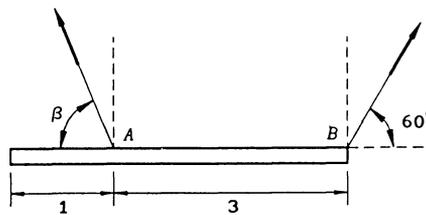


Acotaciones en metros.

- 7.2 La caja mostrada en la figura, cuyo peso es de 150 N, está mantenida en reposo sobre el plano inclinado liso, mediante la fuerza de magnitud P que forma un ángulo θ con el plano inclinado, tal como se indica. Considerando ello, determine:
- para $\theta = 45^\circ$, el valor de P , y,
 - para $P = 90$ N, el valor de θ .

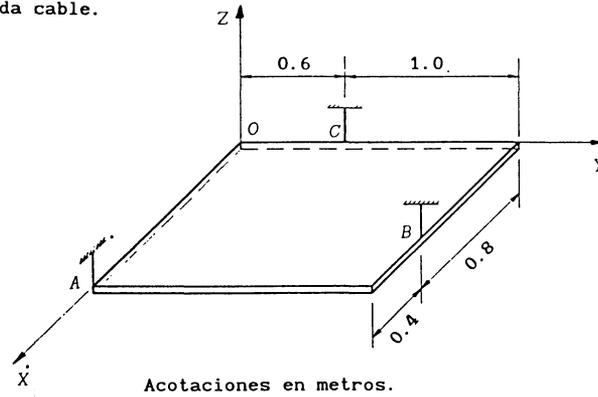


- 7.3 La vigueta homogénea mostrada pesa 3000 N y está colgada de dos cables coplanarios tal como se indica en la siguiente figura. Si se ha de mantener la vigueta en posición horizontal, obtenga el ángulo β que forma el cable unido en A con la horizontal, así como el módulo de la tensión en cada cable.

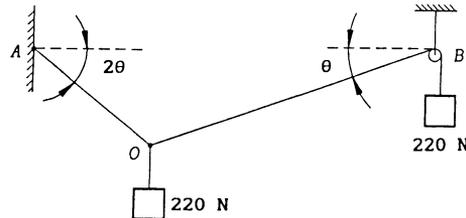


Acotaciones en metros.

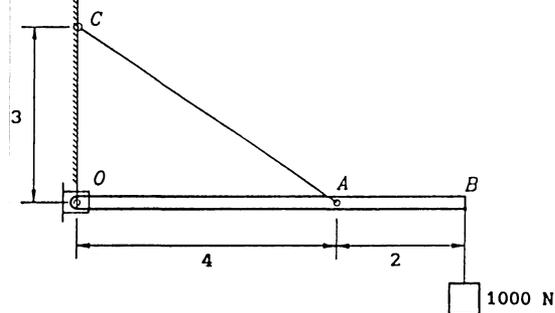
- 7.4 La placa homogénea de acero de la figura tiene un peso igual a 480 kg_f y está soportada por tres cables, tal como se indica. Si se requiere que la placa se mantenga horizontal, con los cables en posición vertical, determine el módulo de la fuerza de tensión en cada cable.



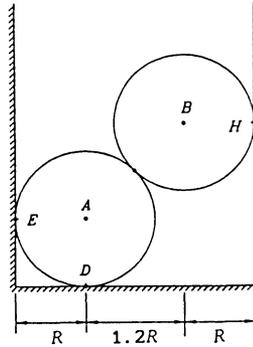
- 7.5 Determine la magnitud de la tensión en el cable OA y el valor del ángulo θ del dispositivo mostrado, considerando que está en equilibrio, y que la polea sobre la cual corre dicho cable es lisa y cuelga de una barra vertical fija, como se indica.



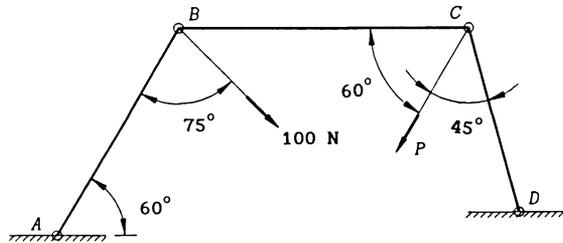
- 7.6 La barra OB de la figura tiene peso despreciable, está articulada en O y se tiene en posición horizontal por medio del cable AC . Obtenga el módulo de la tensión en dicho cable y las componentes cartesianas de la reacción en O , debido a la acción del peso de 1000 N colgado en B .



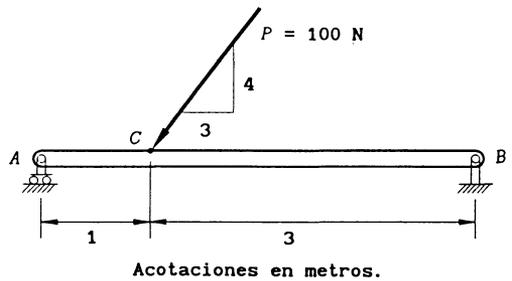
- 7.7 Dos cilindros iguales, A y B , tienen cada uno un peso de 200 N y están colocados dentro de una caja de paredes y fondo lisos. Si la superficie exterior de los cilindros también es lisa, halle la magnitud de las fuerzas ejercidas por el fondo y las paredes de la caja sobre los cilindros, en los puntos D , E y H .



- 7.8 El mecanismo de cuatro articulaciones indicado está sujeto a la acción de las dos fuerzas mostradas. Determine la magnitud de la fuerza P que impida el movimiento, despreciando el peso de las barras.

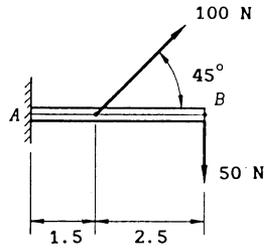


- 7.9 La viga homogénea AB pesa 50 N , está libremente apoyada en su extremo A , articulada en B y se encuentra sujeta a una carga que actúa en C , como se indica. Obtenga las reacciones de los apoyos, en A y B , sobre la barra.



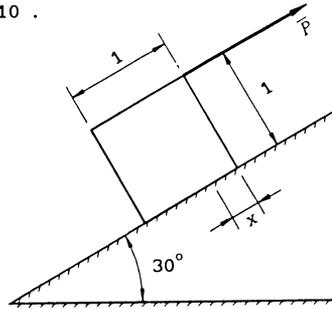
- 7.10 Calcule los elementos reactivos en el empotramiento de la viga cantiliver indicada, despreciando para ello el peso propio de la misma.

39



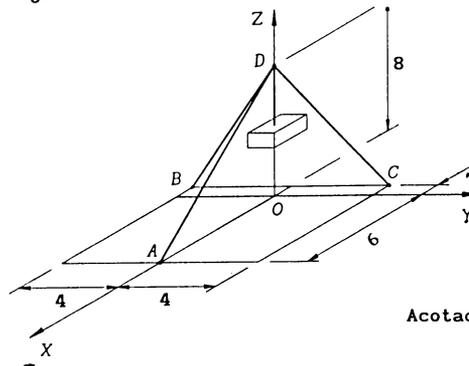
Acotaciones en metros.

- 7.11 Obtenga la magnitud de la fuerza \bar{P} , cuando el cubo de la figura esté a punto de deslizar hacia arriba del plano inclinado, y también la distancia x que localiza el punto donde se ejerce la reacción del plano sobre el cubo, el cual pesa 100 N. El coeficiente de fricción-estática entre el cubo y el plano inclinado es $\mu_E = 0.10$.



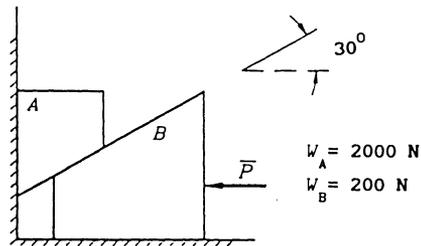
Acotaciones en metros.

- 7.12 Determine las magnitudes de las fuerzas de compresión que se ejercen en las barras AD , BD y CD del dispositivo indicado, el cual sostiene un cuerpo que pesa 5600 N, mediante un cable, como se indica. Considere que en el punto D se encuentra una articulación esférica y que en los puntos A , B y C se tienen articulaciones fijas

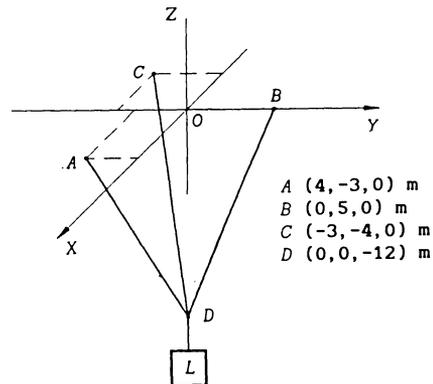


Acotaciones en metros.

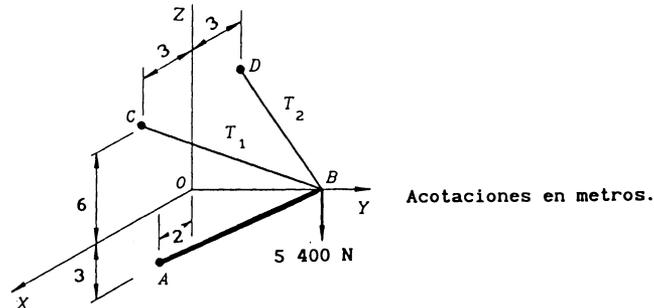
- 7.13 Obtenga el intervalo de valores para la magnitud de la fuerza \bar{P} , dentro del cual se mantiene en equilibrio el sistema indicado. Considere que el coeficiente de fricción estática μ_E es de 0.10 entre todas las superficies en contacto.



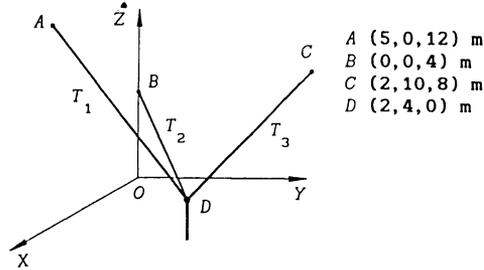
- 7.14 Un bloque L cuyo peso es de 188 N está soportado por tres cables, como se indica. Determine la magnitud de las tensiones a que se encuentran sujetos dichos cables, que cuelgan de articulaciones fijas localizadas en A , B y C .



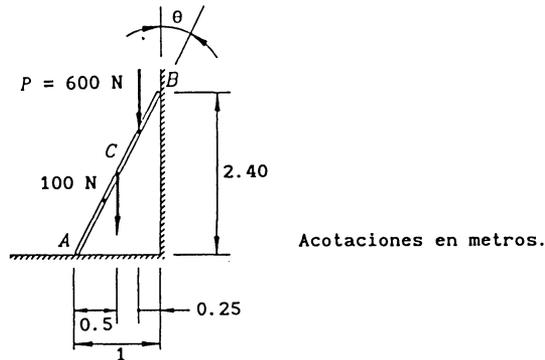
- 7.15 La barra AB de peso despreciable de la figura está sostenida por medio de una articulación esférica en A , y los cables BC y BD . Halle la tensión en cada cable y la compresión en la barra, considerando que A , C y D son articulaciones, ubicadas en el plano XZ , en tanto que se tiene $B (0, 6, 0) \text{ m}$.



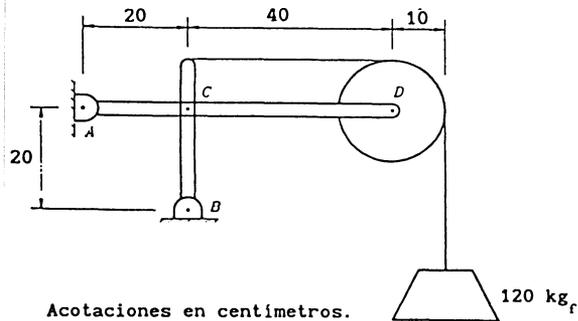
7.16 Calcule los módulos de las tensiones (T_1 , T_2 y T_3) en los cables que sostienen el cuerpo de peso W igual a 1880 N, que cuelga de un cable vertical que sale de D .



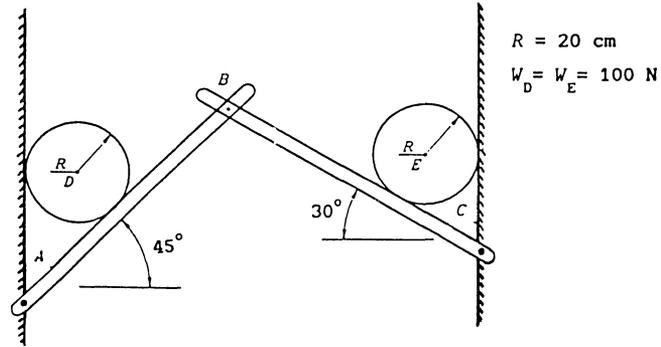
7.17 La escalera AB tiene su centro de gravedad en C y pesa 100 N. Determine el valor mínimo del coeficiente de fricción μ que debe existir entre los extremos A y B , y los respectivos planos de apoyo de la escalera, para que ésta no se mueva, sujeta a la acción de la carga vertical de magnitud 600 N, en la posición indicada.



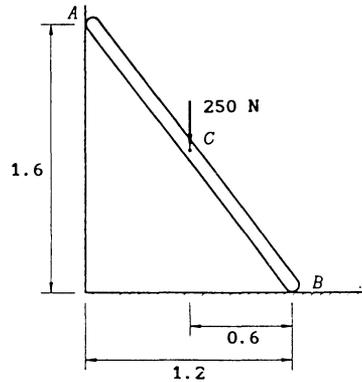
7.18 El marco que se ilustra según la figura, soporta una carga de 120 kg_f . Para tal condición, determine la magnitud de cada una de las componentes cartesianas de las reacciones en las articulaciones A , B y C . Considere a la polea sin fricción y desprece los pesos propios de las barras, del cable y de la polea.



- 7.19 Determine las reacciones en los apoyos A y C del arreglo mostrado en la figura anexa. Las barras AB y BC son de pesos y espesores despreciables, su longitud es de 100 y 70 centímetros, respectivamente, en tanto que cada cilindro pesa 100 N y tienen radio de 20 centímetros. Considere que las superficies en contacto no presentan fricción.



- 7.20 Una barra de peso despreciable soporta una carga de 250 N, sin moverse, tal como se indica en la siguiente figura. Si no existe fricción alguna sobre la pared vertical, determine los módulos de las fuerzas ejercidas sobre la barra en los puntos A y B .



Acotaciones en metros.

RESPUESTAS SERIE 0 .

- 0.1 Unidad fundamental es aquella que se elige en forma arbitraria.
Unidad derivada es aquella que ya no se elige arbitrariamente, sino que se deduce de las fundamentales según leyes conocidas.
- | 0.2 | SISTEMA | DIMENSION | MKS | CGS | FPS |
|--------------|---------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Absoluto | | masa | kg | gr | lb |
| | | longitud | m | cm | ft |
| | | tiempo | s | s | s |
| Gravitatorio | | fuerza | kg _f | gr _f | lb _f |
| | | longitud | m | cm | ft |
| | | tiempo | s | s | s |
- 0.3 De base: metro, kilogramo, segundo, ampere, kelvin, candela y mol.
Suplementarias: radián y esterradián.
- 0.4 a) 26.817 m/s
b) 574.788 N/m²
c) 0.157 m³/s
d) 441.450 N/m²
e) $\pi/6$ rad
f) 260π rad/s
g) 310.150 K
h) 1 177.200 kg
i) 340 039.2 W
- 0.5 a) 1.63 kg_f/m²
b) 5.842 lb_f
c) 3.772 kg_f•m
d) 34° 22' 39"
e) 300π rad
f) 9.468 hp
- 0.6 a) 0.625 in
b) 1.588 cm
c) 0.016 m
- 0.7 a) $1\ 102.29 \times 10^3$ lb_f/min
b) 765.5 lb_f/min
- 0.8 137 944.572 N/m²
- 0.9 a) 3.356 mi/min
b) 90 m/s

- 0.10 $2.276 \text{ lb}_f/\text{in}^2$
- 0.11 a) $52\,972 \text{ ft}^3/\text{min}$
b) $90\,000 \text{ m}^3/\text{h}$
- 0.12 $d_s = 0.6562 + 0.022R$
- 0.13 $v = 1.4859 kR^{2/3} p^{1/2}$
- 0.14 La fórmula no cambia.

RESPUESTAS SERIE 1 .

- 1.1 Entre las definiciones de física, se encuentra la que dice: la física es la ciencia de la materia y la energía.

Atendiendo a la función de las propiedades y de las acciones que estudia la física, una división puede ser la siguiente:

- Mecánica.
- Movimiento vibratorio y sonido.
- Luz.
- Termodinámica.
- Electricidad y magnetismo.
- Óptica.

- 1.2 Mecánica newtoniana. Los cuerpos de dimensiones macroscópicas, que se mueven a velocidades muy inferiores comparadas con la velocidad de la luz.

Mecánica cuántica. El movimiento de las partículas que tienen gran velocidad y de las radiaciones entendidas en forma discontinua o granular.

Mecánica relativista. Los cuerpos materiales que se mueven con velocidades de traslación semejantes a la de la luz. El tiempo y el espacio no son absolutos y cada sistema referencial tiene su tiempo local.

- 1.3 Sólido. Estado de la materia en donde las moléculas que forman al cuerpo están inmóviles, unidas por grandes fuerzas de cohesión. Esta manifestación de la materia es deformable y compresible.

Líquido. Estado de la materia en el cual las moléculas se mueven libremente y tienen escasa cohesión, por lo que adoptan la forma del recipiente que los contiene, además de siempre ponerse a nivel. Esta manifestación de la materia es indeformable e incompresible.

Gaseoso. Estado de la materia en el cual no se tienen forma ni volumen definidos. Esta manifestación de la materia es indeformable y compresible.

Plasma. Estado de la materia en donde sus átomos se encuentran disociados (ión y electrón).

- 1.4 Mecánica newtoniana $\left\{ \begin{array}{l} \text{Mecánica de sólidos} \\ \text{Mecánica de fluidos} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Rígidos} \\ \text{Deformables} \end{array} \right.$
- 1.5 **Estática.** Es la parte de la mecánica que estudia los cuerpos que se encuentran bajo la acción de las fuerzas que tienen la característica de estar en equilibrio. Se refiere al estudio de los sistemas de fuerzas considerando el caso particular del reposo y las condiciones para establecer el equilibrio de los sistemas de fuerzas.
- Cinemática.** Es la parte de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos, independientemente de las causas que lo producen. Trata el movimiento desde el punto de vista de sus características externas, sin considerar las causas que lo producen o lo modifican. Específicamente establece las condiciones y relaciones entre los conceptos de trayectoria, desplazamiento, velocidad y aceleración; por lo que también se le conoce como una geometría del movimiento, que incluye el concepto de tiempo.
- Dinámica.** Es la parte de la mecánica que estudia tanto las relaciones que existen entre las características propias del movimiento de los cuerpos, como las que corresponden a las causas que lo producen o modifican.
- 1.6 Es la representación matemática y/o física de un fenómeno físico. Debido a que la naturaleza es demasiado compleja para que se puedan comprender y manejar todos los aspectos de un fenómeno físico, es necesario realizar abstracciones y singularizaciones de determinadas variables para estudiar el fenómeno. En consecuencia lo que se crea es un modelo. La Mecánica en general se auxilia de dos tipos de modelos, los teóricos y los materiales.
- 1.7 Las cantidades escalares son aquellas que sólo requieren de un escalar para quedar perfectamente determinadas.
Ejemplos: masa, trabajo, temperatura, volumen y área.
- Las cantidades vectoriales son aquellas que para quedar definidas completamente requieren además de su magnitud, la dirección en que actúan; a su vez, la dirección implica considerar la línea de acción y sentido. Ejemplos: fuerza, velocidad, aceleración, impulso y momento.
- 1.8 **Vector libre.** Este representa a una cantidad de la que no interesa conocer su ubicación en el espacio y en consecuencia sólo se expresa en términos de la magnitud, dirección y sentido de dicha cantidad.
- Vector deslizante.** Identifica magnitudes de las que se requiere precisar el lugar geométrico en que se ubican (línea de acción).
- Vector fijo.** Este simboliza una cantidad que, para definirse, además de magnitud, dirección y sentido, debe indicar el punto en que se aplica. En consecuencia, a estos vectores debe asociarseles un punto definido del espacio.

- 1.9 Ley de la inercia (ley uno). Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, si no hay una fuerza que altere dicho estado.

Se dice que esta ley es cualitativa, porque enuncia la cualidad que tienen todos los cuerpos de no poder, por sí solos, alterar su estado de reposo o de movimiento, siendo esta cualidad la llamada inercia.

Ley del movimiento (ley dos). Si a un cuerpo sin restricciones al movimiento se le aplica una fuerza, éste adquiere una aceleración en dirección y con el sentido de la fuerza.

La magnitud de la aceleración es directamente proporcional al módulo de la fuerza e inversamente proporcional a la masa del cuerpo.

A esta ley se le considera cuantitativa, ya que cuantifica el efecto que una fuerza produce al actuar sobre un cuerpo.

$\vec{F} = m\vec{a}$; donde \vec{F} es la fuerza, m es la masa y \vec{a} la aceleración.

Ley de la acción y la reacción (ley tres). A toda acción corresponde una reacción de igual magnitud, colineal y de sentido contrario.

El enunciado de esta ley incluye el caso de que la acción de un cuerpo sobre otro, se manifiesta por una pareja de fuerzas; debido a esto, se dice que esta ley es explicativa.

Ley de la gravitación universal. Dos cuerpos cualesquiera se atraen mutuamente con fuerzas colineales de igual módulo, proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre sus centros de masa.

$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \vec{e}_f$; donde \vec{F} es la fuerza de atracción, G es la constante de la gravitación universal, m_1 y m_2 son las masas de los cuerpos, d es la distancia entre los centros de masa y \vec{e}_f es el vector unitario asociado a la línea de acción de la fuerza correspondiente.

- 1.10 a) Se define como peso local de un cuerpo, a la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre el cuerpo, cuando éste está en cualquier posición sobre la superficie terrestre. Este peso toma en cuenta el valor local de la aceleración gravitatoria terrestre.
- b) Se define como peso estándar de un cuerpo, a la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre el cuerpo, cuando éste se encuentra a nivel del mar a 45° de Latitud Norte. Fue necesario establecer este concepto, debido a la variabilidad, tanto del radio de la Tierra, como de fenómenos producidos por la rotación de ésta.
- 1.11 Con un dinamómetro. Para tomar ventaja al comprar lo haría en el paralelo ecuatorial y en la montaña más alta; con un dinamómetro y para tomar ventaja la venta la haría en uno de los polos y en la cueva más profunda.
- 1.12 $g_L = 1.6341 \text{ m/s}^2$

- 1.13 45.40
 1.14 13.22 m
 1.15 751.876 km
 1.16 $a_B = 2 a_A$

RESPUESTAS SERIE 2 .

- 2.1 De la resolución gráfica: $R = 95 \text{ N}$ y $\theta_x = 18^\circ 30'$
 De la resolución analítica: $R = 94.868 \text{ N}$ y $\theta_x = 18^\circ 26' 5.82''$
- 2.2 $\bar{F}_1 = 50i \text{ [N]}$, $\bar{F}_2 = 40i + 30j \text{ [N]}$, $\bar{R} = 90i + 30j \text{ [N]}$,
 $R = 94.868 \text{ N}$ y $\theta = 18^\circ 26' 5.82''$
- 2.3 $\bar{F}_{110} = 60i + 20j + 90k \text{ [N]}$, $\alpha = 56.944^\circ$, $\beta = 79.524^\circ$ y $\gamma = 35.097^\circ$
- 2.4 $\bar{R} = 10i + 36j + 16k \text{ [N]}$ y $R = 40.645 \text{ N}$
- 2.5 $\bar{R} = 180i + 110j + 100k \text{ [N]}$ y $R = 233.452 \text{ N}$
- 2.6 $\bar{F}_{AB} = 42.64i + 63.96j - 63.96k \text{ [N]}$
- 2.7 $\bar{F}_{N_1} = 70.71j + 70.71k \text{ [N]}$ y $\bar{F}_{N_2} = 37.14j - 92.85k \text{ [N]}$
- 2.8 $\bar{F}_{200} = 200i \text{ [N]}$
- 2.9 a) $\bar{F}_x = 2800i \text{ [N]}$ y $\bar{F}_y = 2100j \text{ [N]}$
 b) $\bar{F}_x = 1925i \text{ [N]}$ y $\bar{F}_y = 857i + 2100j \text{ [N]}$
- 2.10 $\bar{R} = 42i - 16j + 20k \text{ [N]}$
- 2.11 $\bar{R} = 65.47i + 40.96j + 56.44k \text{ [N]}$
- 2.12 En dirección \vec{OL} : $\bar{F}_1 = -180j - 240k \text{ [N]}$
 En dirección \vec{OM} : $\bar{F}_2 = 660i + 200j + 990k \text{ [N]}$
 En dirección \vec{ON} : $\bar{F}_3 = -540j - 720k \text{ [N]}$

- 2.13 En dirección \overrightarrow{AB} : $\vec{F}_1 = -4.412i + 5.882j$ [N]
 En dirección \overrightarrow{AC} : $\vec{F}_2 = -4.412i + 5.882k$ [N]
 En dirección de la normal indicada:
 $\vec{F}_3 = 18.822i + 14.117j + 14.117k$ [N]
- 2.14 $\vec{M}_O = -80i + 40j$ [N·m] y $\vec{M}_A = -80i - 40k$ [N·m]
- 2.15 $\vec{M}_{OD} = -16i - 32k$ [N·m] y $\vec{M}_{AB} = -16i + 32k$ [N·m]
- 2.16 $\vec{M}_O = -480i + 120j$ [N·m] , $\vec{M}_B = 120j + 360k$ [N·m] y
 $\vec{M}_{BH} = 172.8i + 230.4k$ [N·m]
- 2.17 $\vec{M}_O = 2800i - 900j + 3600k$ [N·m] y $\vec{M}_{OQ} = 1833.33(i + j + k)$ [N·m]

RESPUESTAS SERIE 3 .

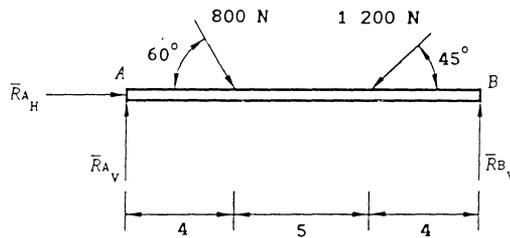
- 3.1 $(-2i - 9j + 6k, 54i - 12j + 0k)$ [N, N·m] y $\vec{M}_{HE} = -54i$ [N·m]
- 3.2 $\vec{M}_{AB} = \frac{1}{121} (-900\,000i - 600\,000j - 200\,000k)$ [N·m]
- 3.3 No tiene momento con respecto al eje \overline{GH} ya que \vec{F} y \overline{GH} son proporcionales, debido a lo cual $\vec{F} \times \overline{GH} = \vec{0}$.
- 3.4 $\vec{M}_O = -600j - 400k$ [N·m]
- 3.5 $\vec{R} = Fi + Fj + Fk$ [N] ; $\vec{M}_O = \vec{0}$ [N·m] y $\vec{R} \cdot \vec{M} = \vec{0}$, por lo que el sistema de fuerzas se reduce a una fuerza que pasa por el origen del sistema de referencia.
- 3.6 $(30i + 40j + 40k, 0i + 0j + 120k)$ [N, N·m] ; como $\vec{R} = \vec{0}$ [N], $\vec{M}_O = \vec{0}$ [N·m] y $\vec{R} \cdot \vec{M} = \vec{0}$, el sistema dado se reduce a una fuerza y un par de fuerzas no coplanares. $Q(1.17, -1.87, 0)$ m .
- 3.7 $(9i + 12j - 8k, -32i + 24j + 0k)$ [N, N·m] ; como $\vec{R} = \vec{0}$ [N], $\vec{M}_O = \vec{0}$ [N·m] y $\vec{R} \cdot \vec{M} = \vec{0}$, el sistema dado se reduce a una fuerza que no pasa por el origen del sistema de referencia.
 $Q(0.664, 0.886, 2.076)$ m .

- 3.8 a) $\bar{R} \cdot \bar{M}_0 = 0$; por lo que se reduce a una fuerza que no pasa por el origen del sistema de referencia.
 b) $Q (0.0496, -0.0331, -0.3233) \text{ m}$.
- 3.9 a) $\bar{R} \cdot \bar{M}_0 = 1690$; por lo que se reduce a una fuerza y un par de fuerzas no coplanares.
 b) $\bar{r}_m = (4.734, 0.355, -1.065) \text{ [m]}$, $\bar{m}_T = -60j - 20k \text{ [N}\cdot\text{m]}$,
 $\bar{m}_P = 30i - 40j + 120k \text{ [N}\cdot\text{m]}$,
- 3.10 $\bar{R} = \bar{0} \text{ [N]}$ y $\bar{M}_0 = -280i + 60j - 300k \text{ [N}\cdot\text{m]}$; por lo que se reduce a un par de fuerzas. $M_0 = 414.7288 \text{ [N}\cdot\text{m]}$.
- 3.11 $\bar{R} = 18i - 16j \text{ [N]}$ y $\bar{M}_0 = 192i + 216j \text{ [N}\cdot\text{m]}$. $\bar{R} \cdot \bar{M}_0 = 0$, por lo que se reduce a una fuerza que no pasa por el origen del sistema de referencia. $Q (0, 0, 12) \text{ m}$.
- 3.12 $\bar{R} = -5.587i + 18.0117j - 2.735k \text{ [N]}$ y
 $\bar{M}_0 = -19.853i + 3.748j + 65.237 \text{ [N}\cdot\text{m]}$.
 $\bar{R} \cdot \bar{M}_0 = 0$, por lo que se reduce a una fuerza que no pasa por el origen del sistema de referencia. $Q (3.264, 1.153, 0.927) \text{ m}$.
- 3.13 a) $\bar{R} = -2.565i - 1.858j + 0.077k \text{ [N]}$ y
 $\bar{M}_0 = -6.192i + 9.845j + 31.857k \text{ [N}\cdot\text{m]}$.
 b) $\bar{R} \cdot \bar{M}_0 = 0$, por lo que se reduce a una fuerza que no pasa por el origen del sistema de referencia.
 c) $Q (-5.972, 8.094, -3.662) \text{ m}$.
- 3.14 $\bar{R} = 20k \text{ [N]}$ y $\bar{M}_0 = -300i - 160j \text{ [N}\cdot\text{m]}$.
 $\bar{R} \cdot \bar{M}_0 = 0$, por lo que se reduce a una fuerza que no pasa por el origen del sistema de referencia. $Q (8, -15, 0) \text{ m}$.
- 3.15 $\bar{R} = -90i + 90j + 45k \text{ [N]}$ y
 $\bar{M}_0 = -340i - 240j + 120k \text{ [N}\cdot\text{m]}$.
 $\bar{R} \cdot \bar{M}_0 = 14400$; por lo que se reduce a una fuerza y un par de fuerzas no coplanares. $Q (1.185, -0.247, 2.864) \text{ m}$.

- 3.16 a) $\bar{R} = i + 2j + 2k$ [N] y $\bar{M}_O = 18k$ [N·m] .
 b) $\bar{R} \cdot \bar{M}_O = 36$; por lo que se reduce a una fuerza y un par de fuerzas no coplanares.
 c) $Q (4, -2, 0)$ m .
- 3.17 $\bar{M}_O = 400j + 300k$ [N·m] y $M_O = 500$ [N·m] .
- 3.18 $\bar{M}_O = 96j + 88k$ [N·m] y $M_O = 130.23$ [N·m] .
- 3.19 a) $\bar{R} = P(i + j + k)$ [N] y $\bar{M}_O = aP(i + j + k)$ [N·m] .
 b) $L(a, a, a)$ m .
- 3.20 $\bar{M}_O = 20i + 20j - 10k$ [N·m] y $M_O = 30$ [N·m] .
- 3.21 $\bar{R} = 10i + 8j - 4k$ [N] y $\bar{M}_O = -16i + 40j + 64k$ [N·m] .
 $P(7.733, 0, 1.333)$ m .
- 3.22 $\bar{R} = -2i + 6j - 6k$ [N] y $\bar{M}_O = -36i + 12j + 24k$ [N·m] .
 $\bar{R} \cdot \bar{M}_O = 0$, por lo se reduce a una fuerza que no pasa por el origen del sistema de referencia. $Q(2.842, 3.474, 2.526)$ m .
- 3.23 a) $\bar{F}_3 = -\frac{P}{3}k$ [N] .
 b) $R = \frac{P}{3}\sqrt{19}$ e $I(a, 3a, 0)$ m .

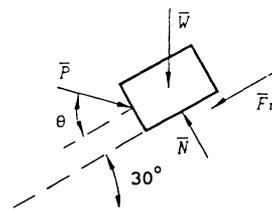
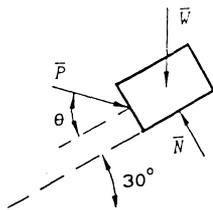
RESPUESTAS SERIE 4.

4.1 Diagrama de cuerpo libre de la viga AB.

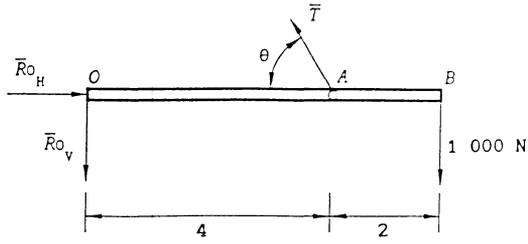


Acotaciones en metros.

- 4.2 (a) Diagrama de cuerpo libre, considerando nula la fricción entre el bloque y el plano inclinado. (b) Diagrama de cuerpo libre, considerando que existe fricción entre el bloque y el plano inclinado.



4.3 Diagrama de cuerpo libre de la barra OAB.



Acotaciones en metros.

4.4 Diagrama de cuerpo libre del cilindro A.

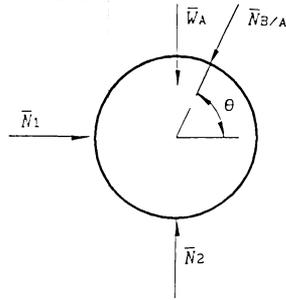
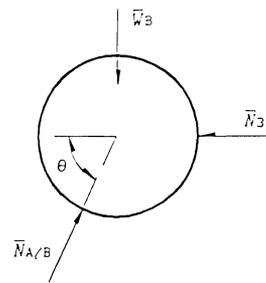
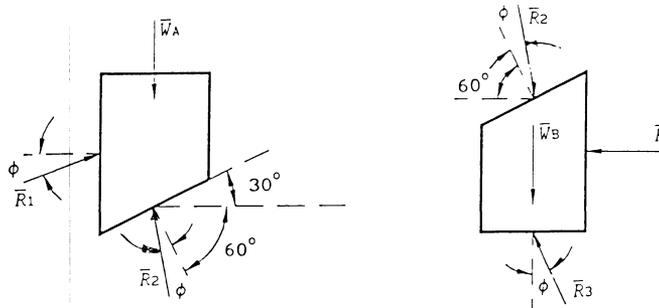


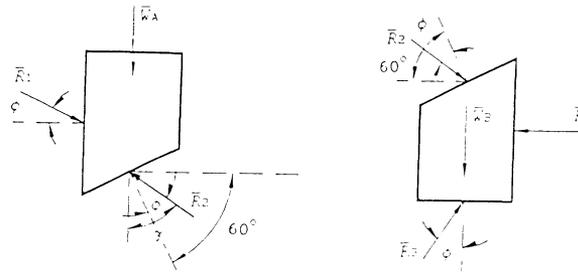
Diagrama de cuerpo libre del cilindro B.



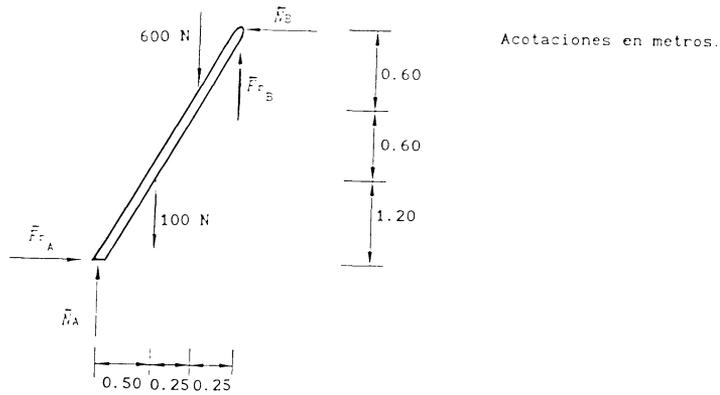
4.5 Considerando que A está a punto de bajar y B está a punto de moverse hacia la derecha.



Considerando que A está a punto de subir y E está a punto de moverse hacia la izquierda.



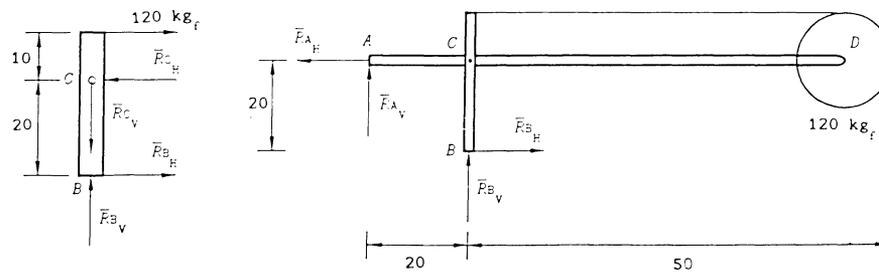
4.6 Diagrama de cuerpo libre de la escalera AB.



4.7 Diagrama de cuerpo libre del marco ABCD.

D.C.L. de la barra BC.

D.C.L. de todo el marco.



4.8 Diagrama de cuerpo libre de todo el arreglo.

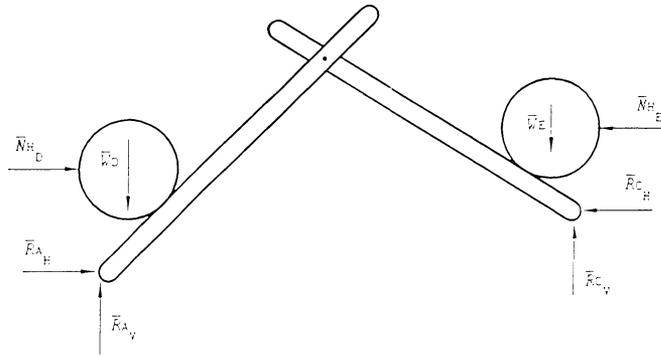


Diagrama de cuerpo libre del cilindro D.

Diagrama de cuerpo libre del cilindro E.

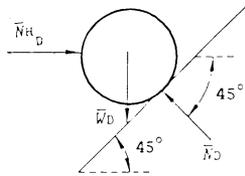


Diagrama de cuerpo libre de la barra AB.

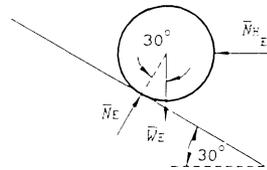
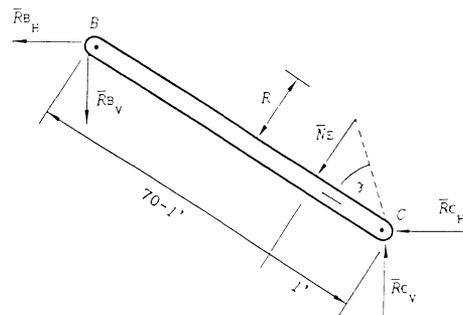
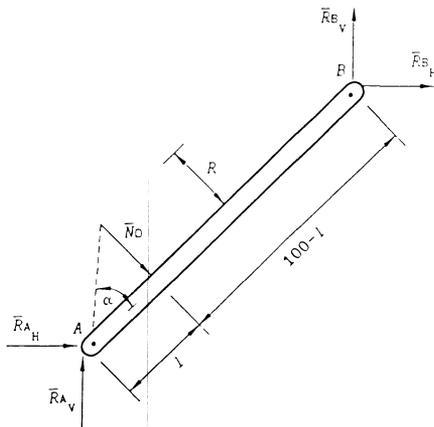
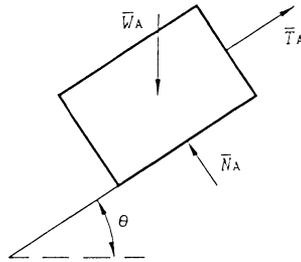


Diagrama de cuerpo libre de la barra EC.

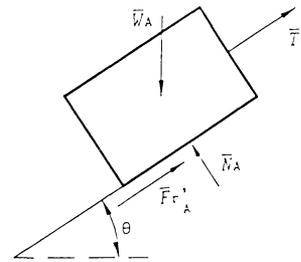


4.9.1 No se indican los análisis de las poleas.

(a) Diagrama de cuerpo libre del bloque, considerando las superficies en contacto lisas.



(b) Diagrama de cuerpo libre del bloque, considerando las superficies en contacto rugosas.



4.9.2 Diagrama de cuerpo libre de cada bloque.

(a) Diagrama de cuerpo libre del bloque A, considerando las superficies en contacto lisas.

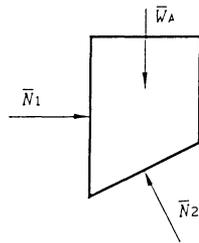
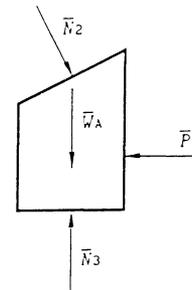


Diagrama de cuerpo libre del bloque B, considerando las superficies en contacto lisas.



(b) Diagrama de cuerpo libre del bloque A, considerando las superficies en contacto rugosas.

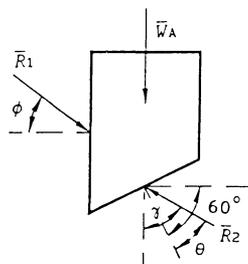
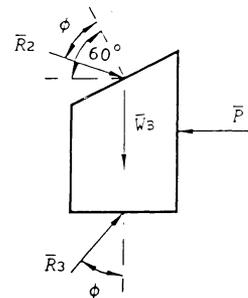


Diagrama de cuerpo libre del bloque B, considerando las superficies en contacto rugosas.



4.9.3 Diagrama de cuerpo libre de cada bloque.

(a) Diagrama de cuerpo libre del bloque *A*, considerando las superficies en contacto lisas.

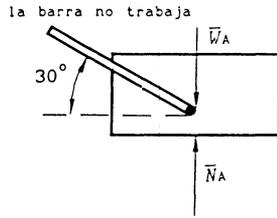
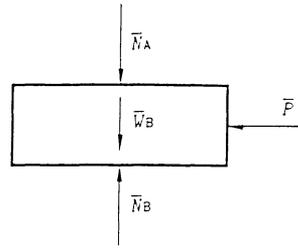


Diagrama de cuerpo libre del bloque *B*, considerando las superficies en contacto lisas.



(b) Diagrama de cuerpo libre del bloque *A*, considerando las superficies en contacto rugosas.

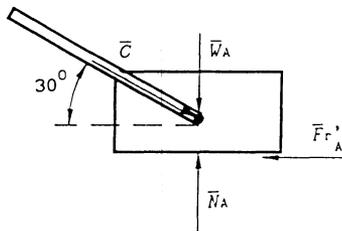
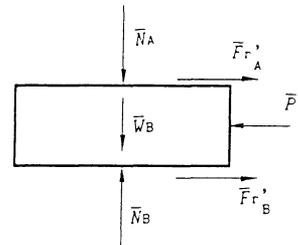


Diagrama de cuerpo libre del bloque *B*, considerando las superficies en contacto rugosas.



4.9.4 No se indica el análisis cuando se consideran las superficies en contacto son lisas.

Diagrama de cuerpo libre del bloque *A*, considerando las superficies en contacto rugosas.

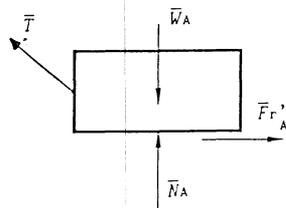
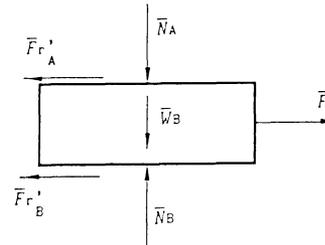


Diagrama de cuerpo libre del bloque *B*, considerando las superficies en contacto rugosas.



4.9.5 No se indica el análisis de la polea.

(a) Diagrama de cuerpo libre del bloque A , considerando las superficies en contacto lisas.

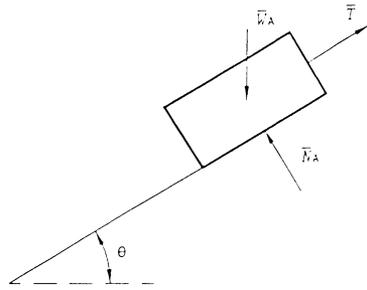
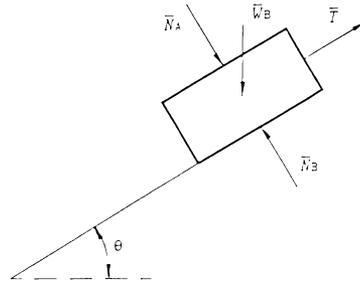


Diagrama de cuerpo libre del bloque B , considerando las superficies en contacto lisas.



(b) Diagrama de cuerpo libre del bloque A , considerando las superficies en contacto rugosas.

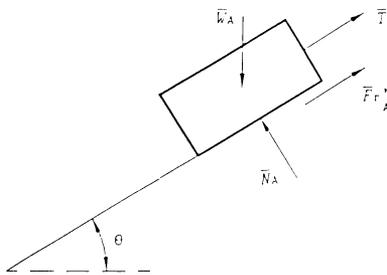
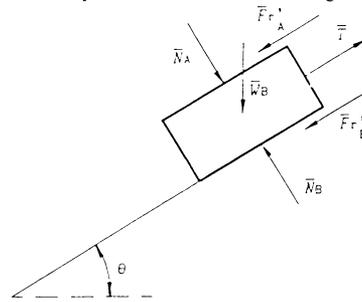
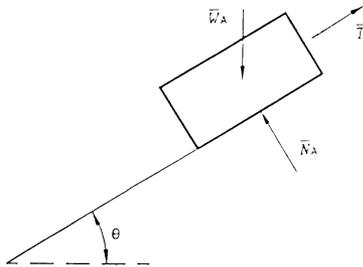


Diagrama de cuerpo libre del bloque B , considerando las superficies en contacto rugosas.

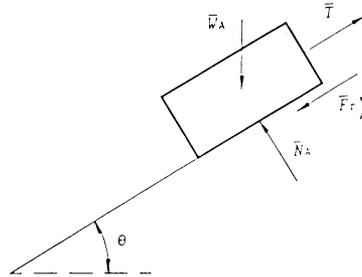


4.9.6 No se indican los análisis de las poleas.

(a) Diagrama de cuerpo libre del bloque, considerando las superficies en contacto lisas.



(b) Diagrama de cuerpo libre del bloque, considerando las superficies en contacto rugosas.



4.9.7 No se indican los análisis de las poleas.

(a) Diagrama de cuerpo libre del bloque A, considerando las superficies en contacto lisas.

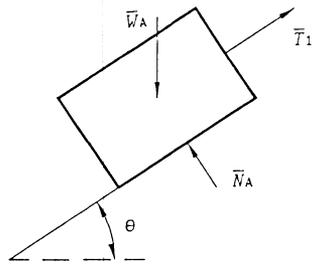
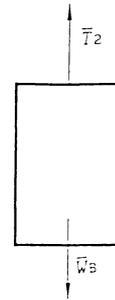


Diagrama de cuerpo libre del bloque B.



(b) Diagrama de cuerpo libre del bloque A, considerando las superficies en contacto rugosas.

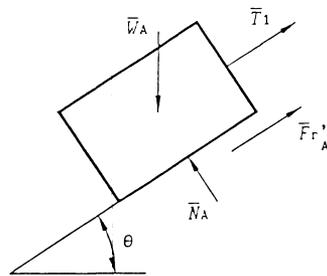
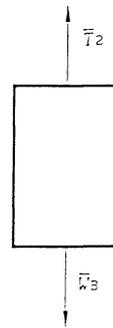


Diagrama de cuerpo libre del bloque B.



4.9.8 No se indica el análisis de la polea.

(a) Diagrama de cuerpo libre del bloque A, considerando las superficies en contacto lisas.

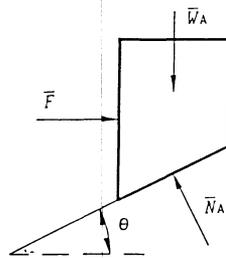
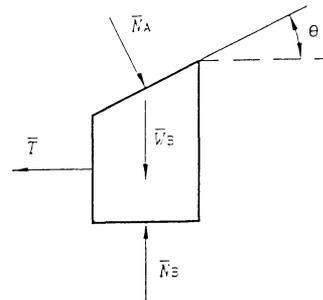


Diagrama de cuerpo libre del bloque B, considerando las superficies en contacto lisas.



(b) Diagrama de cuerpo libre del bloque A, considerando las superficies en contacto rugosas.

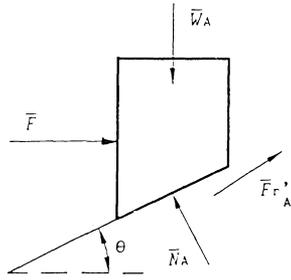
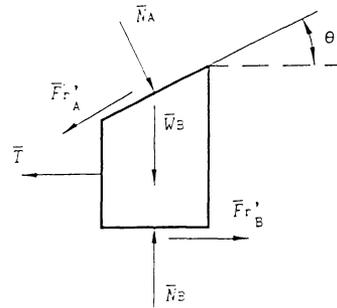


Diagrama de cuerpo libre del bloque B, considerando las superficies en contacto rugosas.



4.9.9 No se indican los análisis de las poleas.

(a) Diagrama de cuerpo libre del bloque A, considerando las superficies en contacto lisas.

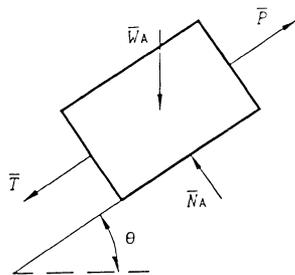
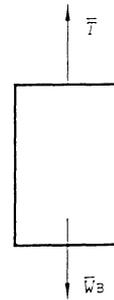


Diagrama de cuerpo libre del bloque B.



(b) Diagrama de cuerpo libre del bloque A, considerando las superficies en contacto rugosas.

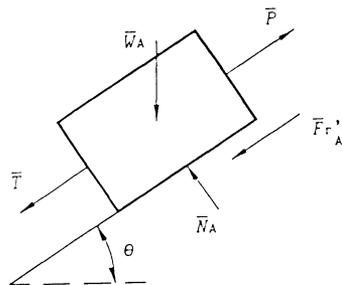
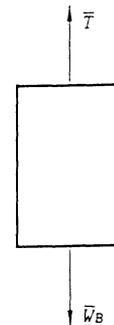


Diagrama de cuerpo libre del bloque B.



RESPUESTAS SERIE 5 .

- 5.1 a) 5 s
 b) 217.88 N
 c) 33.54 N
- 5.2 174.168 N
- 5.3 128.232 kg_f
- 5.4 1029.381 P 1202.913 [N]
- 5.5 41 59 14
- 5.6 11.4 F 3.6 [N]
- 5.7 98 W_B 490 [N]
- 5.8 Sólo existe una valor $T = 13.5 \text{ kg}_f$ y es el obtenido para cuando el bloque B está a punto de moverse hacia la izquierda.
- 5.9 695.979 P 1035.390 [N]

RESPUESTAS SERIE 6 .

- 6.1.1 $\bar{X}_c = \frac{3a}{4}$ y $\bar{Y}_c = \frac{3b}{10}$
- 6.1.2 $\bar{X}_c = \frac{3a}{8}$ y $\bar{Y}_c = \frac{3b}{5}$
- 6.1.3 $\bar{X}_c = 0.570766$ y $\bar{Y}_c = 0.392699$
- 6.1.4 $\bar{X}_c = \frac{a}{2}$ y $\bar{Y}_c = \frac{2a}{5}$
- 6.1.5 Por simetría: $\bar{X}_c = \bar{Y}_c = \frac{24a^{7/2} - 15a^4}{40a^{5/7} - 20a^3}$
- 6.2.1 $\bar{X}_c = 3.154 \text{ cm}$ y $\bar{Y}_c = 32.527 \text{ cm}$
- 6.2.2 $\bar{X}_c = 18.547 \text{ cm}$ y $\bar{Y}_c = 36.323 \text{ cm}$
- 6.2.3 $\bar{X}_c = 4.90 \text{ cm}$ y $\bar{Y}_c = 36.82 \text{ cm}$
- 6.2.4 $\bar{X}_c = 26.2676 \text{ cm}$ y $\bar{Y}_c = 13.248 \text{ cm}$
- 6.2.5 $\bar{X}_c = 10.866 \text{ cm}$ y $\bar{Y}_c = 5.0503 \text{ cm}$

RESPUESTAS SERIE 7 .

- 7.1 $R_{A_H} = 448.53 \text{ N}$, $R_{A_V} = 740.73 \text{ N}$ y $R_{B_V} = 800.62 \text{ N}$
- 7.2 a) 106.07 N
b) 33 33 26
- 7.3 $\beta = 73 \ 53 \ 52$ y $T = 2081.666 \text{ N}$
- 7.4 $T_A = 125.7143 \text{ kg}_f$, $T_B = 171.4285 \text{ kg}_f$ y $T_C = 182.8571 \text{ kg}_f$
- 7.5 $T_{OA} = 242.8198 \text{ N}$ y $\theta = 19 \ 32 \ 34$
- 7.6 $T_{AC} = 2500 \text{ N}$, $R_{OH} = 2000 \text{ N}$ y $R_{OV} = 500 \text{ N}$
- 7.7 $N_D = 400 \text{ N}$, $N_E = 150 \text{ N}$ y $N_H = 150 \text{ N}$
- 7.8 $P = 152.20 \text{ N}$
- 7.9 $R_{A_V} = 85 \text{ N}$, $R_{B_H} = 60 \text{ N}$ y $R_{B_V} = 45 \text{ N}$
- 7.10 $R_{A_H} = 70.71 \text{ N}$, $R_{A_V} = 20.71 \text{ N}$ y $M_A = 93.73 \text{ N}\cdot\text{m}$
- 7.11 $P = 58.66 \text{ N}$ y $x = 0.11 \text{ m}$
- 7.12 $F_{AD} = 982.14 \text{ N}$, $F_{BC} = 2651.78 \text{ N}$ y $F_{CD} = 2651.78 \text{ N}$
- 7.13 652.251 P 1784.552 [N]
- 7.14 $T_{DA} = 50.92 \text{ N}$, $T_{DB} = 84.86 \text{ N}$ y $T_{DC} = 67.89 \text{ N}$
- 7.15 $T_1 = 4500 \text{ N}$, $T_2 = 900 \text{ N}$ y $F_{AB} = 4200 \text{ N}$
- 7.16 $T_1 = 780 \text{ N}$, $T_2 = 540 \text{ N}$ y $T_3 = 1000 \text{ N}$
- 7.17 $\mu = 0.2877$
- 7.18 $R_{A_H} = 60 \text{ kg}_f$, $R_{A_V} = 240 \text{ kg}_f$, $R_{B_H} = 60 \text{ kg}_f$, $R_{B_V} = 360 \text{ kg}_f$,
 $R_{C_H} = 180 \text{ kg}_f$ y $R_{C_V} = 360 \text{ kg}_f$
- 7.19 $R_{A_H} = 3.074 \text{ N}$, $R_{A_V} = 100.357 \text{ N}$, $R_{C_H} = 45.34 \text{ N}$ y $R_{C_V} = 99.643 \text{ N}$
- 7.20 $R_A = 93.75 \text{ N}$ y $R_B = 267.1875 \text{ N}$

Esta obra se terminó de imprimir
en noviembre de 2002
en el taller de imprenta del
Departamento de Publicaciones
de la Facultad de Ingeniería,
Ciudad Universitaria, México, D.F.
C.P. 04510

Secretaría de Servicios Académicos

El tiraje consta de 1000 ejemplares
más sobrantes de reposición.