Mecánica I

Guía práctica

Universidad Simón
Bolívar CEIQ 2010-2011
Elaborada por José A. Briceño

REDUCCION DE UN SISTEMA DE FUERZAS

¿Cómo resolver los problemas de reducción?

-Para reducir un sistema de fuerzas, es necesario que se cumplan (2) condiciones:

Condición 1.- SUMATORIA DE FUERZAS → Fuerza resultante (Fr)

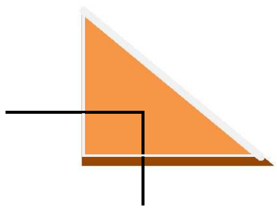
Fr=   , es decir sumar todas las fuerzas del sistema.

Condición 2.- SUMATORIA DE MOMENTOS (M) con respecto a un punto "o" → M_o

M_o= M_K +   , es decir suma de todos los momentos del sistema con respecto al punto o

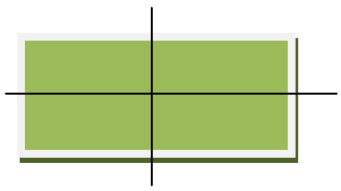
OJO: Es importante conocer donde está aplicada específicamente una fuerza distribuida sobre un sistema material, es por ello que se hace uso del centroide de las figuras para conocer dicho punto. Los más conocidos son:

Triángulo



A 1/3 del ángulo recto con respecto a la base.

Rectángulo



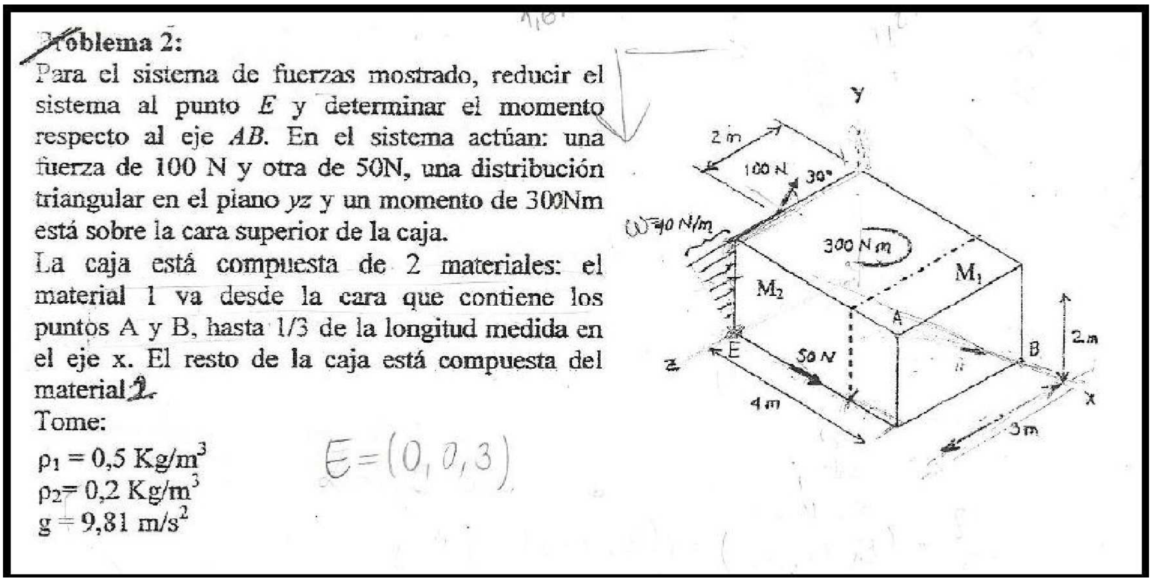
A 1/2 con respecto a la base.

Elaborado por: José Briceño

REDUCCION

Ejercicios resueltos:

1.- Caja con dos materiales distintos



Problema 2:

Para el sistema de fuerzas mostrado, reducir el sistema al punto E y determinar el momento respecto al eje AB. En el sistema actúan: una fuerza de 100 N y otra de 50N, una distribución triangular en el piano yz y un momento de 300Nm está sobre la cara superior de la caja.

La caja está compuesta de 2 materiales: el material 1 va desde la cara que contiene los puntos A y B, hasta 1/3 de la longitud medida en el eje x. El resto de la caja está compuesta del material 2.

Tome:

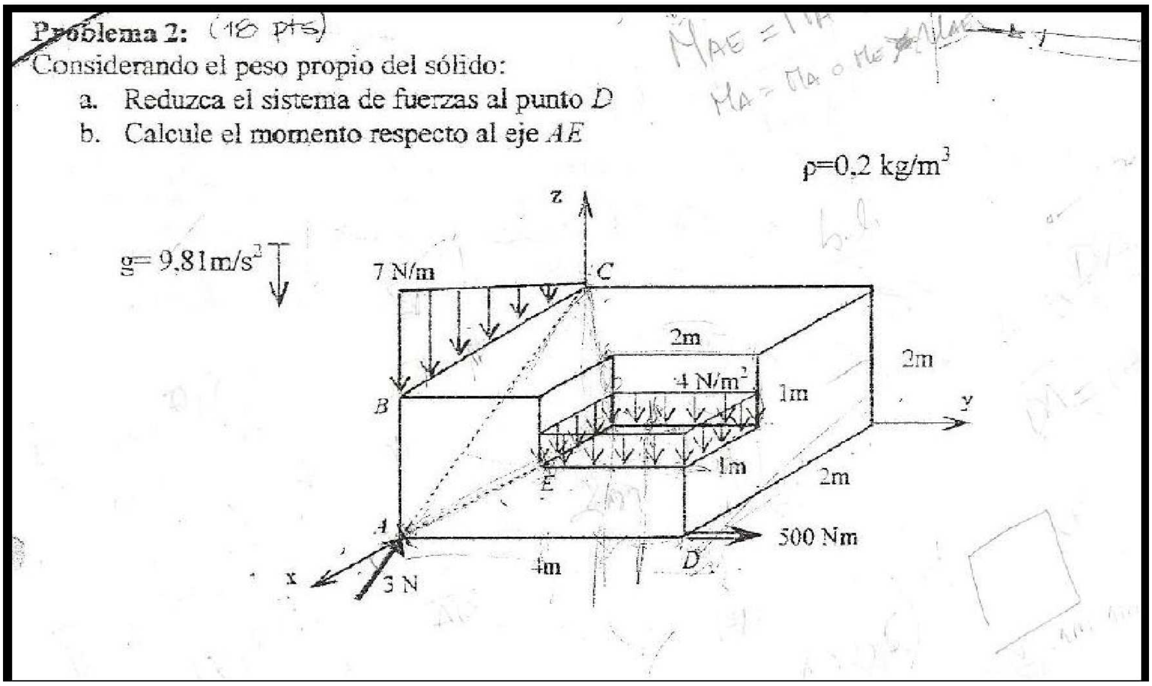
$\rho_1 = 0{,}5\ Kg/m^3$

$\rho_2 = 0{,}2\ Kg/m^3$

$g = 9{,}81\ m/s^2$

$E=(0,0,3)$

2.- Cubo incompleto



Problema 2: (18 pts)

Considerando el peso propio del sólido:

a. Reduzca el sistema de fuerzas al punto D

b. Calcule el momento respecto al eje AE

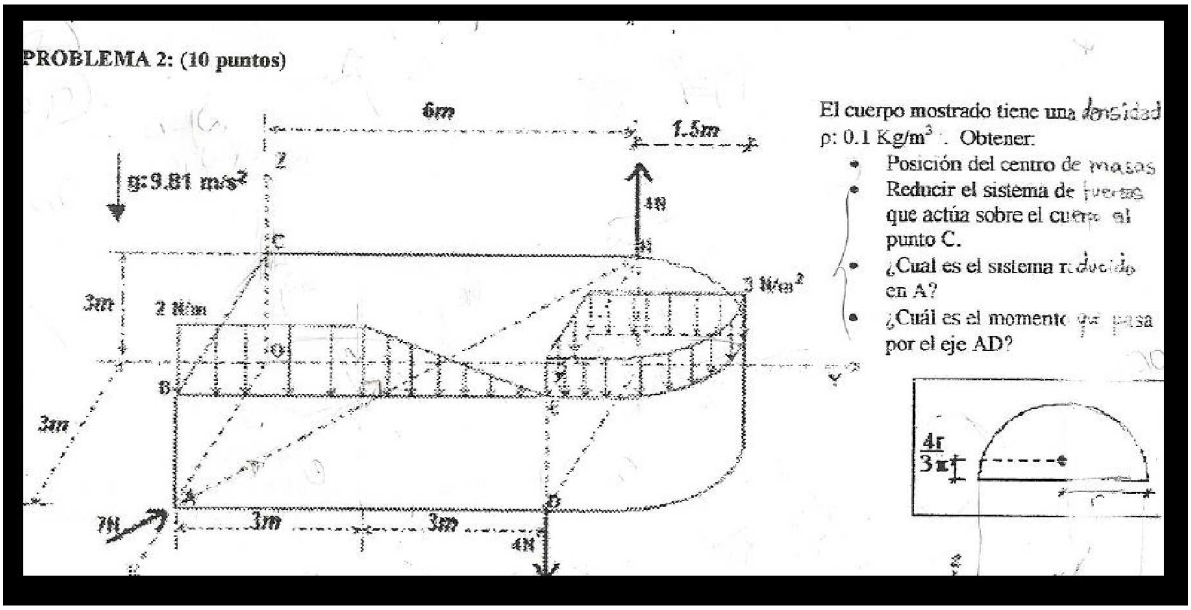
$\rho = 0{,}2\ kg/m^3$

$g = 9{,}81 m/s^2$

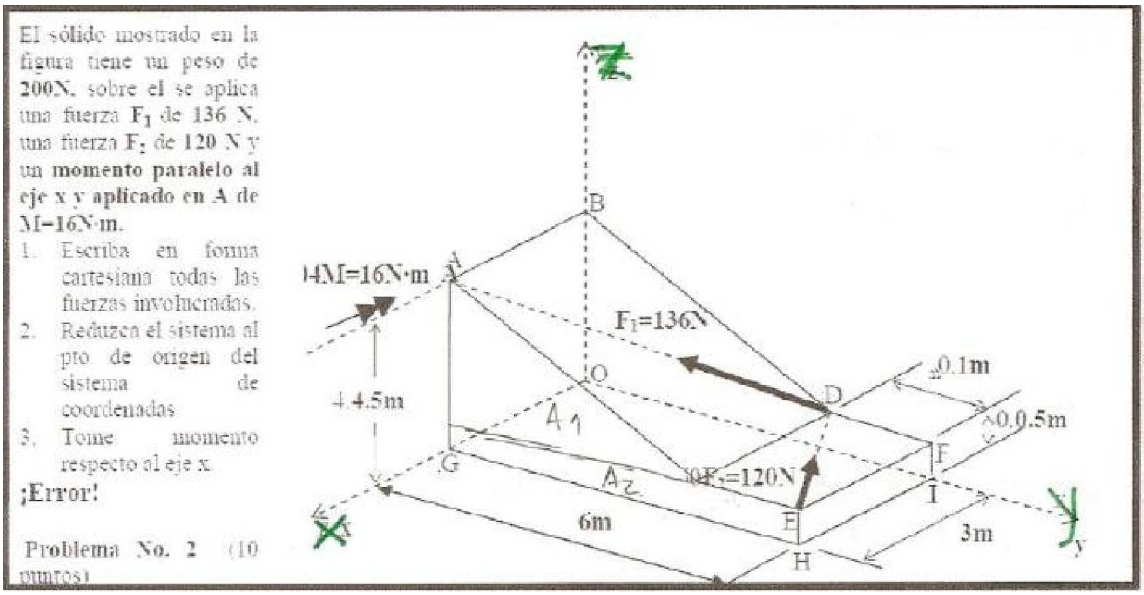
Elaborado por: José Briceño

REDUCCION DE UN SISTEMA DE FUERZAS

3.- Figura Compuesta (cilindro y rectángulo)



4.-Figura compuesta (triángulo-rectángulo)



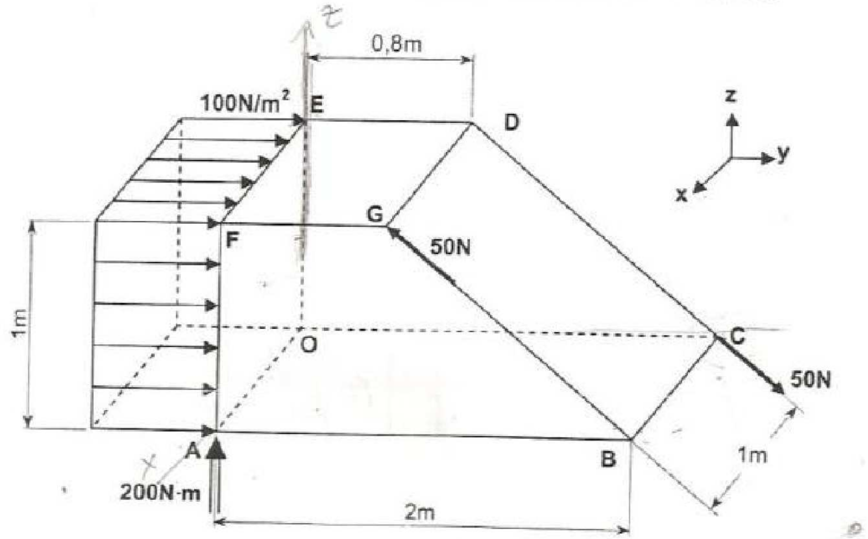
Elaborado por: José Briceño

REDUCCION

5.- Figura compuesta

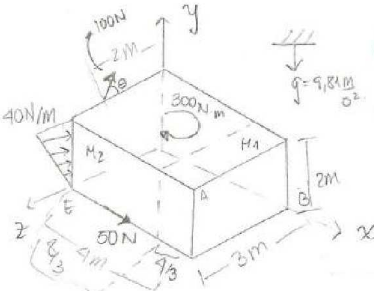
PREGUNTA 1 (13%): El sólido homogéneo OABCDEFG pesa 500N. Sobre él actúan: su peso; una fuerza concentrada en G y paralela al eje BG; una fuerza concentrada en C y paralela al eje DC; un momento de pareja en A y en dirección ($\hat{k}$); y una presión sobre la cara OAFE.

a) Reducir el sistema de fuerzas al punto A.
b) Calcular el momento de todo el sistema respecto al eje BG.
c) ¿Es posible reducir el sistema de fuerzas a una fuerza resultante única?



Soluciones:

1.- Caja con dos materiales distintos



a) REDUCIR AL PUNTO E

b) CALCULE MOMENTO RESPECTO AL EJE AB

NOTA: la caja está compuesta por 2 materiales M_1 y M_2, la parte de M_1 va desde la cara que contiene los puntos A y B, hasta 1/3 de la longitud de x

$$\begin{cases} \rho_1 = 0{,}5\ Kg/m^3 \\ \rho_2 = 0{,}2\ Kg/m^3 \end{cases}$$

$E = (0, 0, 3)$

$\Rightarrow$ la Reducción de un sistema de fuerzas implica $\begin{cases} (\bar{F}_R)_{S_1} = (\bar{F}_R)_{S_2} & (1) \\ \bar{M}_{S_1} = \bar{M}_{S_2} & (2) \end{cases}$

Condición (1)

$$\vec{F}_R = \sum_{i=1}^{N} F_i \quad \begin{cases} \text{Puntuales}: & 50\hat{i} + 100\cos\theta(-\hat{k}) + 100\,\text{seno}\,\theta\,(\hat{j}) \\ \text{Distribuidas}: & 40\frac{N}{m}\cdot\frac{2m}{2} = 40N(-\hat{k}) \\ \text{Pesos}: & W_1,\ W_2 \end{cases}$$

Sabiendo que: $\boxed{\rho = \frac{m}{V}}$ EC(1)

$V_1 = \frac{4}{3}\cdot 3\cdot 2 = 8m^3$

$V_2 = \frac{8}{3}\cdot 3\cdot 2 = 16m^3$

usando EC(1)

$$m_1 = 0{,}5\frac{Kg}{m^3}\cdot 8m^3 = 4Kg\cdot 9{,}81\frac{m}{s^2} = 39{,}24\ N$$

$$m_2 = 0{,}2\frac{Kg}{m^3}\cdot 16m^3 = 3{,}2Kg\cdot 9{,}81\frac{m}{s^2} = 31{,}39\ N$$

$$\vec{F}_R = 50\hat{i} - 86{,}6\hat{k} + 50\hat{j} - 40\hat{k} - 39{,}24\hat{j} - 31{,}39\hat{j}$$

$$\vec{F}_R = 50\hat{i} - 20{,}63\hat{j} - 126{,}6\hat{k}\ [N]$$

Condición (2)

$$\bar{M} = M_K + \sum_{i=1}^{N} M_i \quad \Big\{ M_E = -300\hat{j} + \underbrace{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 1{,}33 & 0 \\ 0 & 0 & -40 \end{vmatrix}}_{\text{(DISTRIBUIDA)}} + \underbrace{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 2 & -1 \\ 0 & 50 & -86{,}6 \end{vmatrix}}_{\text{(FUERZA DE 100N)}}$$

$\vec{EW_1} = (3{,}33, 1, 1{,}5) - (0,0,3)$

$\vec{EW_2} = (1{,}33, 1, 1{,}5) - (0,0,3)$

$\vec{EP_2} = (0, 2, 2) - (0,0,3)$

$\vec{EP_1} = (0, 1{,}33, 3) - (0,0,3)$

$$+ \underbrace{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1{,}33 & 1 & -1{,}5 \\ 0 & -31{,}39 & 0 \end{vmatrix}}_{\text{(PESO 2)}} + \underbrace{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3{,}33 & 1 & -1{,}5 \\ 0 & -39{,}24 & 0 \end{vmatrix}}_{\text{(PESO 1)}} = -53{,}2 \quad -300\hat{j}$$

$-123{,}2\hat{i}$

$-47{,}085\hat{i} \qquad -41{,}749\hat{k}$

$-58{,}6\hat{i} \qquad -130{,}66\hat{k}$

$-282{,}08\hat{i} - 300\hat{j} - 172{,}409.$

REDUCCION

1.- Caja con dos materiales distintos

Ahora para la parte 2

Calcular momento con RESPECTO AL EJE AB

Calcularemos $\hat{e}_{AB}$

Calcularemos $\hat{e}_{AB}$

$$\hat{e}_{AB} = \frac{(4,0,0)-(4,2,3)}{\sqrt{0^2+2^2+3^2}} = \frac{-2\hat{j}-3\hat{k}}{3,6055}$$

$$\boxed{\hat{e}_{AB} = -0,5547\hat{j} - 0,832\hat{k}}$$

$E=(0,0,3)$

$A(4,2,3)$

luego

$$M_{AB} = (M_A \cdot \hat{e}_{AB})\hat{e}_{AB} \quad y \quad M_A = M_E + \overline{AE} \times \overline{F_R}$$

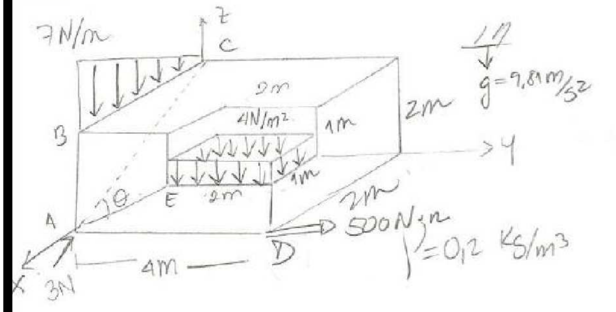
$$A_E \times F_R = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -4 & -2 & 0 \\ 50 & -20,63 & -126,6 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} M_A = & -282,08\hat{i} - 300\hat{j} - 172,409\hat{k} \\ & 253,2\hat{i} - 506,4\hat{j} + 182,52\hat{k} \\ \hline & -28,88\hat{i} - 806,4\hat{j} + 10,111\hat{k} \end{aligned}$$

$$M_{AB} = 447,31 + (-8,412) = 438,89 \cdot (-0,5547\hat{j} - 0,832\hat{k})$$

$$M_{AB} \; \boxed{-243,45\hat{j} - 365,16\hat{k}} \; [N \cdot m]$$

2.- Cubo Incompleto



Considerando el peso del sólido,

(1) Reduzca el sistema de fuerzas al punto D

(2) Calcule momento respecto al eje AE

Reducción de un sistema implica:

(1) $(\bar{F}_R)_{S1} = (\bar{F}_R)_{S2}$

(2) $\bar{M}_{S1} = \bar{M}_{S2}$

$V_{TOTAL} = V_1 - V_2$

$V_1 = 16\ m^3$

$V_2 = 2m^3$

Fuerzas puntuales: $\left[9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}2 \frac{Kg}{m^3} \cdot 14 m^3 = 27{,}468 (-k)\ [N] \right]$

$-3 \cos\theta\, \hat{i} + 3 \operatorname{sen}\theta\, \hat{k}$

Centroide

$X_G = \dfrac{1m \cdot 16m^3 - 1{,}5 \cdot 2m^3}{14m^3} = 0{,}92857 m$

$Y_G = \dfrac{2m \cdot 16m^3 - 3m \cdot 2m^3}{14m^3} = 1{,}857 m$

$Z_G = \dfrac{1m \cdot 16m^3 - 1{,}5m\, 2m^3}{14m^3} = 0{,}92857 m$

Fuerzas distribuidas: $7\frac{N}{m} \cdot \frac{2m}{2} = 7N(-k)$

$4\frac{N}{m^2} \cdot 2m^2 = 8N(-\hat{k})$

(1)

$\boxed{\bar{F}_R = -2{,}12\, \hat{i} - 40{,}33\, \hat{k}}\ [N]$

(2) $M_D = 500\hat{j} + \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -1{,}0714 & -2{,}143 & 0{,}92857 \\ 0 & 0 & -27{,}46 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -0{,}67 & -4 & 2 \\ 0 & 0 & -7 \end{vmatrix}$

(PESO) (Fd₁)

DN=

$+ \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -0{,}5 & -1 & 1{,}5 \\ 0 & 0 & 8 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & -4 & 0 \\ -2{,}12 & 0 & 2{,}12 \end{vmatrix}$

(Fd₂) (fuerza 3N)

$= 58{,}84\hat{i} - 29{,}42\hat{j}$

$28\hat{i} - 4{,}69\hat{j}$

$8\hat{i} - 4\hat{j}$

$-8{,}48\hat{i}$ $8{,}48k$

$500\hat{j}$

[N m] $86\hat{i} + 461{,}89\hat{j} + 8{,}48k$

REDUCCION

2.-Cubo Incompleto

Momento Respecto Al eje AE

$$\hat{e}_{AE} = \frac{(2-2)\hat{i}+(2-0)\hat{j}+(1-0)\hat{k}}{\sqrt{2^2+1}} = 0{,}894\hat{j} + 0{,}447\hat{k}$$

$$M_A = M_D + \overline{AD} \times \overline{F}$$

$$\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 4 & 0 \\ -2{,}12 & 0 & -40{,}33 \end{vmatrix} = -161{,}32\hat{i} \cancel{+8{,}48k}$$

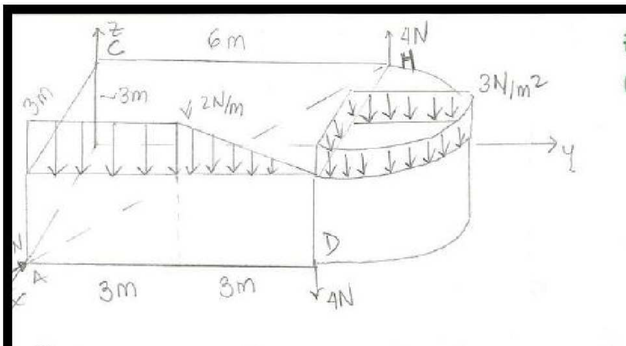
$$86\hat{i} \cancel{-8{,}48k} + 461{,}89\hat{j}$$

$$-75{,}32\hat{i} + 461{,}89\hat{j}$$

$$M_{AE} = 412{,}92\,(0{,}894\hat{j} + 0{,}447\hat{k})$$

REDUCCION DE UN SISTEMA DE FUERZAS

3.- Figura Compuesta (cilindro y rectángulo)



El cuerpo tiene una $\rho = 0{,}1\ Kg/m^3$

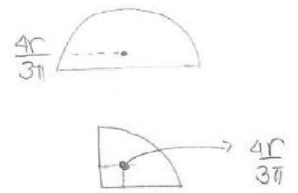
Obtenga

A) Centro de masas

B) Reduzca sistema de fuerzas al punto C

C) Momento en A

D) Momento en eje AD



$\rho \cdot V = m = 0{,}1\ \frac{Kg}{m^3} \cdot 64{,}60 m^3 = 63{,}3726\ N$

$\Rightarrow V_{TOTAL} = V_{\square} + V_{\ominus} = 64{,}60 m^3$

$V_{\square} = 6m \cdot 3m 3m = 54 m^3$

$V_{\ominus} = \frac{\pi r^2 h}{2} = 10{,}60 m^3$

A) Centro de masas

$X_G = \frac{x \cdot V_1 + x \cdot V_2}{V_{TOTAL}}$ = eje de simetría $\Rightarrow$ 1,5m

$Y_G = \frac{3m \cdot 54m^3 + \left[\left(6 + \frac{4r}{3\pi}\right) \cdot 10{,}60 m^3\right]}{64{,}60 m^3} = 3{,}597 m$

Z_G = eje de simetría = 1,5m

$G = (1{,}5\ ;\ 3{,}597\ ;\ 1{,}5)$

B) Reducción al punto C

(1) $(F_R)_{S1} = (F_R)_{S2}$

(2) $M_{S1} = M_{S2}$

Fuerzas puntuales: $-63{,}37\ \hat{k}$ (peso)

Fuerzas distribuidas: $2\frac{N}{m} \cdot 3m = 6N\ (-\hat{k})$

$2\frac{N}{m} \cdot \frac{3m}{2} = 3N\ (-\hat{k})$

$\frac{3N}{m^2} \cdot \frac{\pi r^2}{4} = 5{,}298\ (-\hat{k})$

p7. $\frac{(0-3;\ 6-0;\ 3-0)}{\sqrt{3^2+6^2+3^2}} = -2{,}8577\hat{i} + 5{,}715\hat{j} + 2{,}857\hat{k}$

$\overline{F_R} = -2{,}857\hat{i} + 5{,}715\hat{j} - 74{,}81\ [N]$

Elaborado por: José Briceño

$$M_C = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1{,}5 & 3{,}597 & -1{,}5 \\ 0 & 0 & -63{,}37 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 1{,}5 & 0 \\ 0 & 0 & -6 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & -3 \end{vmatrix}$$

$C = (0,0,3)$

(PESO) (Fd$_1$) (Fd$_2$)

$$+ \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2{,}136 & 6{,}63 & 0 \\ 0 & 0 & -5{,}298 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 0 & -3 \\ -2{,}857 & 5{,}715 & 2{,}857 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{vmatrix}$$

(Fd$_3$) (FUERZA DE 7N) (PAR)

$$+ \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 6 & -3 \\ 0 & 0 & -4 \end{vmatrix} = -227{,}94\hat{i} + 95{,}055\hat{j} - 9\hat{i} + 18\hat{j} - 12\hat{i} + 9\hat{j}$$

(PAR)

$$-35{,}12\hat{i} + 11{,}31\hat{j}$$
$$17{,}14\hat{i} + 17{,}14\hat{k}$$
$$24\hat{i} + 12\hat{j}$$
$$-24\hat{i}$$

$$M_C = -266{,}95\,\hat{i} + 145{,}365\,\hat{j} + 17{,}14\,\hat{k} \quad [N\cdot m]$$

c) MOMENTO EN A

$$M_A = M_C + \overline{AC} \times \overline{F_R}$$

$$\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -3 & 0 & 3 \\ -2{,}857 & 5{,}715 & -14{,}81 \end{vmatrix} = -17{,}145\,\hat{i} - 233{,}001\,\hat{j} - \cancel{17{,}145\,\hat{k}}$$
$$-266{,}95\,\hat{i} + 145{,}365\,\hat{j} + \cancel{17{,}14\,\hat{k}}$$
$$\overline{}$$
$$-284{,}095\,\hat{i} - 87{,}636\,\hat{j}$$

D) MOMENTO EN AD

$$(3,6,0) - (3,0,0) = (0,6,0) \qquad \hat{e}_{AD} = \frac{6\hat{j}}{\sqrt{36}} = \hat{j}$$

$$\boxed{M_{AD} = -87{,}636\,\hat{j}} \quad [N\cdot m]$$

4.- Figura compuesta (Triangulo-Rectángulo)

1) $F_1 \cdot \frac{DA}{|DA|}$, $F_2 \cdot \frac{ED}{|ED|}$

$$136N \cdot \frac{(3-0)\hat{i} + (0-5,9)\hat{j} + (4,45-0,05)\hat{k}}{\sqrt{3^2+5,9^2+4,4^2}} \quad ; \quad 120N \cdot \frac{(3)\hat{i} + (0,1)\hat{j} + 0\hat{k}}{\sqrt{9+0,1^2}}$$

$$51,33\hat{i} - 100,9\hat{j} + 75,28\hat{k} \qquad 120\hat{i} + 4\hat{j}$$

2) Reducción implica 2 condiciones $\begin{cases} (1) & (\bar{F_R})_{S1} = (\bar{F_R})_{S2} \\ (2) & \bar{M}_{S1} = \bar{M}_{S2} \end{cases}$

Condición (1)

PESO $= -200\hat{k}$

F_1 y F_2

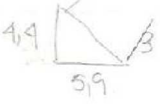
$$\vec{F_R} = 171,33\hat{i} - 96,9\hat{j} - 124,72\hat{k} \quad [N]$$

hallemos el centroide para saber donde se ubica el peso!

$V_{TOTAL} = V_1 + V_2$ $\qquad$ V_1 = Volumen triángulo

V_2 = Volumen paralelepípedo

$$V_{TOTAL}\ 78{,}78\,m^3 \left\langle \begin{cases} V_1 = (4{,}4 \cdot 5{,}9 \cdot 3)\,m^3 \\ V_1 = 77{,}88\,m^3 \end{cases} \quad \begin{cases} V_2 = (6 \cdot 3 \cdot 0{,}05)\,m^3 \\ V_2 = 0{,}9\,m^3 \end{cases} \right.$$



Centroide

$x \Rightarrow$ EJE DE SIMETRÍA $= 1{,}5\,m$

$$y_G = \frac{(1{,}967m \cdot 77{,}88m^3) + (3m \cdot 0{,}9m^3)}{78{,}78\,m^3} = 1{,}978\,m$$

$$z_G = \frac{(1{,}467m \cdot 77{,}88m^3) + (0{,}025m \cdot 0{,}9m^3)}{78{,}78\,m^3} = 1{,}450\,m.$$

Condición (2)

$$M_O = -16\hat{i} + \underset{\text{(PESO)}}{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1{,}5 & 1{,}978 & 1{,}450 \\ 0 & 0 & -200 \end{vmatrix}} + \underset{\text{(FUERZA 1)}}{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 0 & 4{,}45 \\ 51{,}33 & -100{,}9 & 75{,}28 \end{vmatrix}} + \underset{\text{(FUERZA 2)}}{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 3 & 6 & 0{,}05 \\ 120 & 4 & 0 \end{vmatrix}}$$

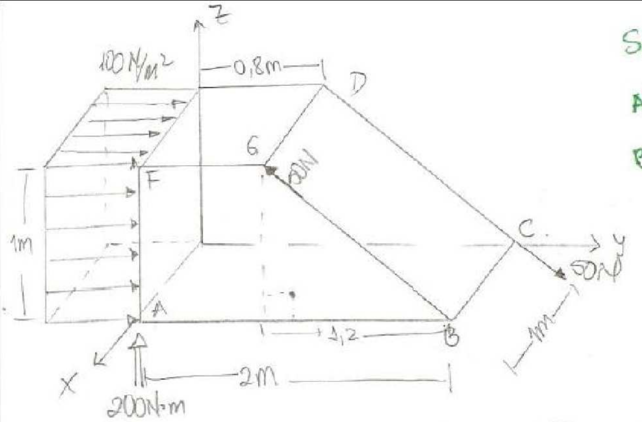
$$M_O = -16\hat{i} - 395{,}6\hat{i} + 300\hat{j} + 449{,}005\hat{i} + 2{,}578\hat{j} - 302{,}7\hat{k} - 0{,}2\hat{i} + 6\hat{j} + 708\hat{k}$$

$$M_O = 37{,}205\hat{i} + 308{,}578\hat{j} + 405{,}3$$

Momento respecto a x

$$M_x = M_O \cdot \hat{e}_x \Rightarrow \boxed{M_x = 37{,}205\hat{i}}$$

5.-Figura compuesta



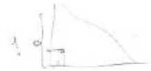
Sólido homogéneo pesa 600 N

A) Reduzca fuerzas al punto A

B) Calcule momento respecto a $\overline{BG}$

CENTROIDE

$X =$



$A = (1,0,0)$

$B = (1,2,0)$

Reducción de fuerzas $\Rightarrow \begin{cases} (1)\ (\overline{Fe})_{S_1} = (\overline{Fe})_{S_2} \\ (2)\ \overline{M}_{S_1} = \overline{M}_{S_2} \end{cases}$

Condición (1)

* Fuerza distribuida:

$\frac{100\,N}{m^2} \cdot 1m^2 = 100N$

$\overrightarrow{F_R} = -500\hat{k} + 100\hat{j}$ [N]

hallemos centroide para luego conocer brazo del peso.

$V_{TOTAL} = V_1 + V_2 \Rightarrow V_1 = 0,8\,m^3$

$V_2 = \frac{1,2\cdot}{2} = 0,6\,m^3$ $\Big\rangle\ V_{TOTAL} = 1,4\,m^3$

$$y_G = \frac{(0,4m \cdot 0,8m^3) + (1,2m \cdot 0,6m^3)}{1,4m^3} = 0,7428\,m$$

$$z_G = \frac{(0,5m \cdot 0,8m^3) + (0,33m \cdot 0,6m^3)}{1,4m^3} = 0,4271\,m$$

$X_G = 0,5$

$G = (0,5 ; 0,7428 ; 0,4271)$

REDUCCION

4.-Figura compuesta (triángulo-rectángulo)

Condición (2)

$A = (1,0,0)$ $P_1 = (0{,}5;0;0{,}5)$

$$M_A = 200\hat{k} + \underset{\text{(FUERZA DISTRIBUIDA)}}{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -0{,}5 & 0 & 0{,}5 \\ 0 & 100 & 0 \end{vmatrix}} + \underset{\text{(PESO)}}{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -0{,}5 & 0{,}7428 & 0{,}4271 \\ 0 & 0 & -500 \end{vmatrix}} + \underset{\text{(PAR)}}{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ -1 & 2 & 0 \\ 0 & 38{,}41 & -32{,}009 \end{vmatrix}}$$

$$+ \underset{\text{(PAR)}}{\begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -38{,}41 & 32{,}009 \end{vmatrix}} = 200\hat{k} - 50\hat{i} + 50\hat{k} - 37{,}14\hat{i} - 250\hat{j} - 64{,}048\hat{i} - 32{,}009\hat{j} - 38{,}41\hat{k} + 64{,}018\hat{i}$$

* (PAR)

$$50 \cdot \frac{DC}{|DC|} = 50 \cdot \frac{(0-0)\hat{i} + (2-0{,}8)\hat{j} + (0-1)\hat{k}}{\sqrt{1{,}2^2 + 1^2}} = \frac{50}{\sqrt{2{,}44}} \cdot (1{,}2\hat{j} - \hat{k}) = 38{,}41\hat{j} - 32{,}009\hat{k}$$

$$M_A = -421{,}4\hat{i} - 282{,}009\hat{j} + 211{,}59\hat{k}$$

2) Momento respecto a $\overline{BG}$

$$\hat{e}_{BG} = \frac{0\hat{i} + (0{,}8-2)\hat{j} + (1-0)\hat{k}}{\sqrt{1{,}2^2 + 1^2}} = \frac{-1{,}2\hat{j} + \hat{k}}{\sqrt{2{,}44}}$$

$$M_B = M_A + \overline{BA} \times \overline{Fe}$$

$$M_{BG} = (M_B \cdot \hat{u}_{BG})\, \hat{u}_{BG}$$

Conoce las páginas del centro de estudiantes de Ingeniería Química

1.- http://principiosusb.tk/

2.- http://termodinamicausb.tk/

3.- http://fenomenosusb.tk/

Errores de transcripción o resultados favor enviar correo a jobri1990@gmail.com

Elaborado por: José Briceño