

MARCOS RIGIDOS

PROCESO DETALLADO DEL CALCULO DE LOS ESFUERZOS

TOMADO DE DESIGN WORK SHEETS (O. F. KENDLER), Y TRADUCIDO POR DANIEL NIETO GALLARDO. DEPTO. DE PROYECTOS, C. N. I.

De los dos métodos disponibles para calcular los esfuerzos en los marcos rígidos, o sean el teorema del trabajo mínimo y el método gráfico-analítico, el segundo es el más sencillo. Las ecuaciones fundamentales relativas a ambos se pueden encontrar, de requerirse, en textos avanzados, tales como la *Resistencia de Materiales*, de Timoshenko (D. Van Nostrand Co.), y otros semejantes. Para ilustrar el segundo método citado, a continuación se presenta un problema práctico, que se resolverá con todo detalle.

Para el caso se ha elegido un bastidor lateral de un "truck" de carro de ferrocarril; sin embargo, el que lo desee podrá comprobar que el método tiene idéntica aplicación a cualquier marco semejante.

Las ecuaciones básicas para este método gráfico-analítico se derivan del hecho de que la rotación angular de las extremidades de una viga, simplemente apoyada, es igual a las reacciones en los apoyos causadas por una carga imaginaria, dividida entre EI . La carga imaginaria es precisamente el diagrama de momentos flexionantes de la viga simplemente apoyada. La figura (1) nos ilustra lo anterior. Podemos observar que el diagrama del momento flexionante para una viga simplemente apoyada es un triángulo. El momento máximo se encuentra en el centro de la viga y es igual a $\frac{PL}{4}$. Ahora bien, la carga imaginaria es el área comprendida entre el diagrama de momentos flexionantes y la viga, encontrando que la carga (área) total es igual a $\frac{PL}{4} \times \frac{L}{2} =$

$\frac{PL^2}{8}$, de donde, la reacción en cada uno de los apoyos será igual a $\frac{PL^2}{8 \times 2}$ ó $\frac{PL^2}{16}$.

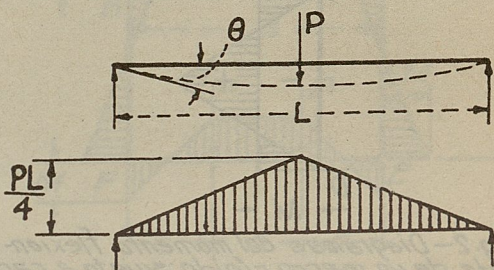


Fig. 1—El ángulo de rotación en los apoyos de una viga simple es igual a la reacción que se produciría dándole a la viga una carga imaginaria que pudiera representarse por el diagrama del momento flexionante dividido entre la rigidez EI de la viga.

En la *Resistencia de Materiales*, de Timoshenko, Parte I, se tiene en la página 159 (ecuación 123, haciendo a c igual con $\frac{L}{2}$), que la deflexión angular del extremo de la viga será: $\theta = \frac{PL^2}{16EI}$

Aplicando esta teoría para el caso del marco cargado, visto en la figura (2), tenemos la condición de que los ángulos de giro para cualquier nudo deben ser iguales para ambos miembros que concurren en dicho nudo; esto se debe a que las juntas son rígidas. Por tanto, en la figura (3) el ángulo de rotación del miembro AB , en B , debe ser igual al ángulo de rotación del miembro DB , en B . En consecuencia, para la solución del problema, podemos suponer que el marco o bastidor ha sido cortado en los nudos y que cada

uno de los miembros está sujeto a pares M , como los mostrados en la figura. Los

bro BD , a causa de la carga P , es: $\theta = \frac{Ph^2}{16EI}$

El par M , que hace girar al cuerpo en una dirección opuesta, reduce este ángulo en una cantidad igual a $\frac{Mh}{2EI}$

El ángulo producido por M en las extremidades del elemento AB , es igual a: $\frac{ML}{2EI}$

Ahora bien, debido a la rigidez de las esquinas del marco: $\frac{ML}{2EI} = \frac{Ph^2}{16EI} - \frac{Mh}{2EI}$; despejando a M : $M = \frac{Ph}{8} \left(\frac{1}{1 + \frac{LI}{hL_1}} \right)$

Esta última es la ecuación fundamental, por medio de la cual podemos calcular los momentos. La demostración de su uso se hará al aplicarla para el cálculo de los momentos flexionantes en un marco o bastidor lateral de "truck" de carro de ferrocarril. El procedimiento en general será el mismo, aun cuando el miembro por analizar sea algún marco rígido de aeroplano, cuerpo principal de los

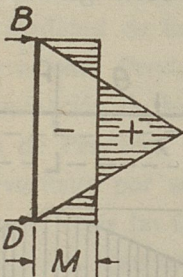
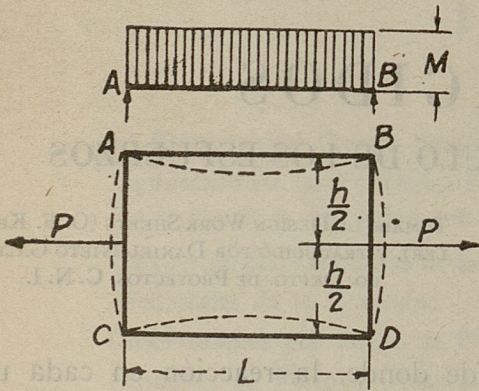


Fig. 2—Diagramas del momento flexionante de un marco rígido sujeto a cargas concentradas P que obran en los puntos medios de lados opuestas.

miembros AB y BD se comportan como vigas simplemente apoyadas.

De esto podemos deducir que el ángulo de rotación θ del extremo del miembro

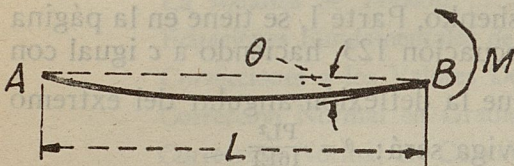


Fig. 3—Al cortar el marco en las esquinas y aplicar los pares M reducimos el problema; ya podemos considerarlo como la flexión de vigas simplemente apoyadas equivalentes.

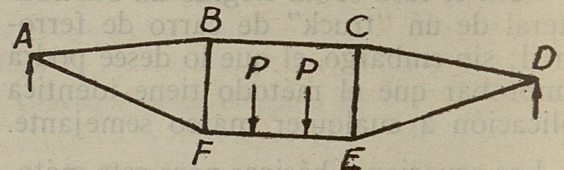
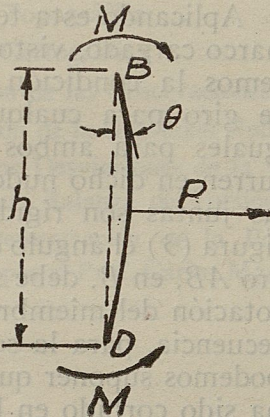


Fig. 4—Marco rígido sujeto a las cargas P y P y apoyado en sus extremidades.

"trucks" o cualquier armadura de máquina-herramienta.

La figura 4 nos muestra el dibujo esquemático del marco del "truck", en el cual se pueden observar las dos fuerzas verticales P y P . Cortando la armadura en los nudos $BCEF$ y aplicando los pares M y M_1 , figura 5, el problema queda reducido a la consideración de la flexión de los miembros FE , BF y BC . El efecto de rigidez de los miembros AB , AF y DC , DE , figura 4, sobre el marco $BCEF$, queda tomado en cuenta, aumentando el momento de inercia de BF , lo cual se logra

incrementándole (a BF) el momento de inercia medio de AB y AF , el cual habrá sido disminuído en una relación igual a la de la longitud que el tramo BF tiene con respecto a la longitud total del AB , más la longitud, de AF . Este método de hacer la corrección necesaria para el efecto de rigidez en los tramos AB y AF no es exacto; sin embargo, el error es tan pequeño que puede despreciarse. Expresando lo anterior en forma de ecuación podemos poner:

$$I \text{ de } BF = I_1 \frac{BF}{AB + AF} + I_2 \dots \dots \dots (1)$$

en la cual:

I = Momento de inercia incrementado de BF .

I_1 = Momento de inercia medio de AB y AF .

I_2 = El verdadero momento de inercia medio de BF .

Si tenemos que:

I_3 = Momento de inercia medio de BC , y que

I_4 = Momento de inercia medio de FE , podemos escribir las siguientes ecuaciones en las cuales a, b, c, d y e , son las dimensiones indicadas en la figura 5:

$$\frac{Pd}{2 I_4 E} (d + e) - \frac{Ma}{2 I_4 E} = \frac{Mb}{3 IE} - \frac{M_1 b}{6 IE} \dots \dots (2)$$

$$\frac{Mb}{6 IE} - \frac{M_1 b}{3 IE} = \frac{M_1 a}{2 I_3 E} \dots \dots \dots (3)$$

de las cuales ya podemos determinar M y M_1 .

Si consideramos una carga adicional P_1 , que actúe en el punto medio del tramo BF , figura 5, obtendremos las siguientes ecuaciones:

$$\frac{Pd}{2 I_4 E} (d + e) - \frac{Ma}{2 I_4 E} = \frac{Mb}{3 IE} - \frac{M_1 b}{6 IE} - \frac{P_1 b^2}{16 IE} \dots \dots (4a)$$

$$\frac{Mb}{6 IE} - \frac{M_1 b}{3 IE} - \frac{P_1 b^2}{16 IE} = \frac{M_1 a}{2 I_3 E} \dots \dots (4b)$$

Puesto que el módulo de elasticidad E se anula al despejar M y M_1 , es conveniente que desde un principio asignemos

a E el valor unitario, logrando con esto una resolución más rápida y sencilla. Las ecuaciones (2), (3), (4a) y (4b) son aplicables en los casos en que la carga es

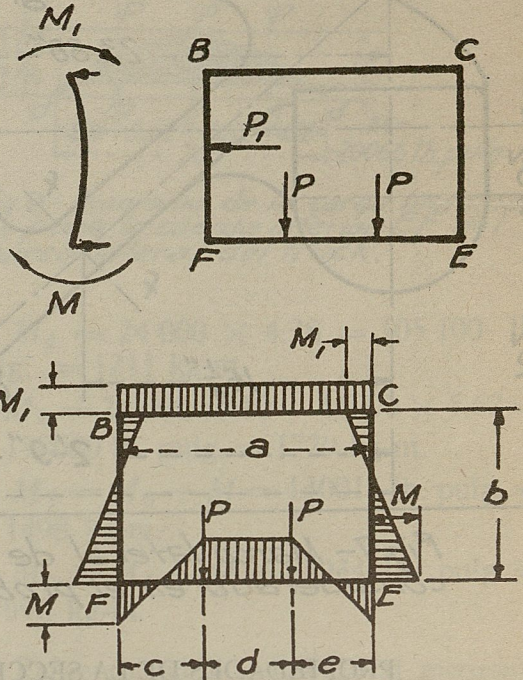


Fig. 5- Diagrama de las fuerzas imaginarias de la parte central del marco lateral del truck.

como la mostrada en la figura 4. Para carga diferente, el primer miembro de las ecuaciones sufrirá un cambio correspondiente. Los pares M_2 y M_3 , figura 6, que

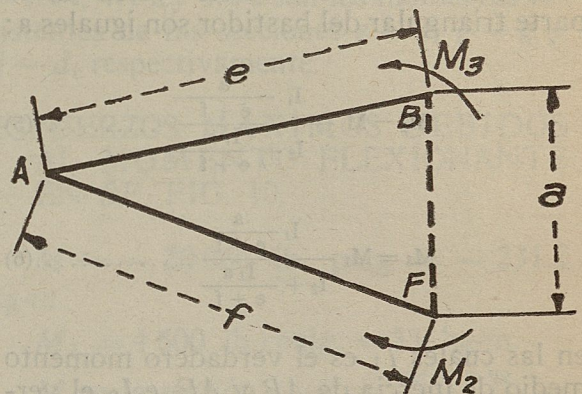


Fig. 6- Uno de los extremos del marco visto en la Fig. 4.

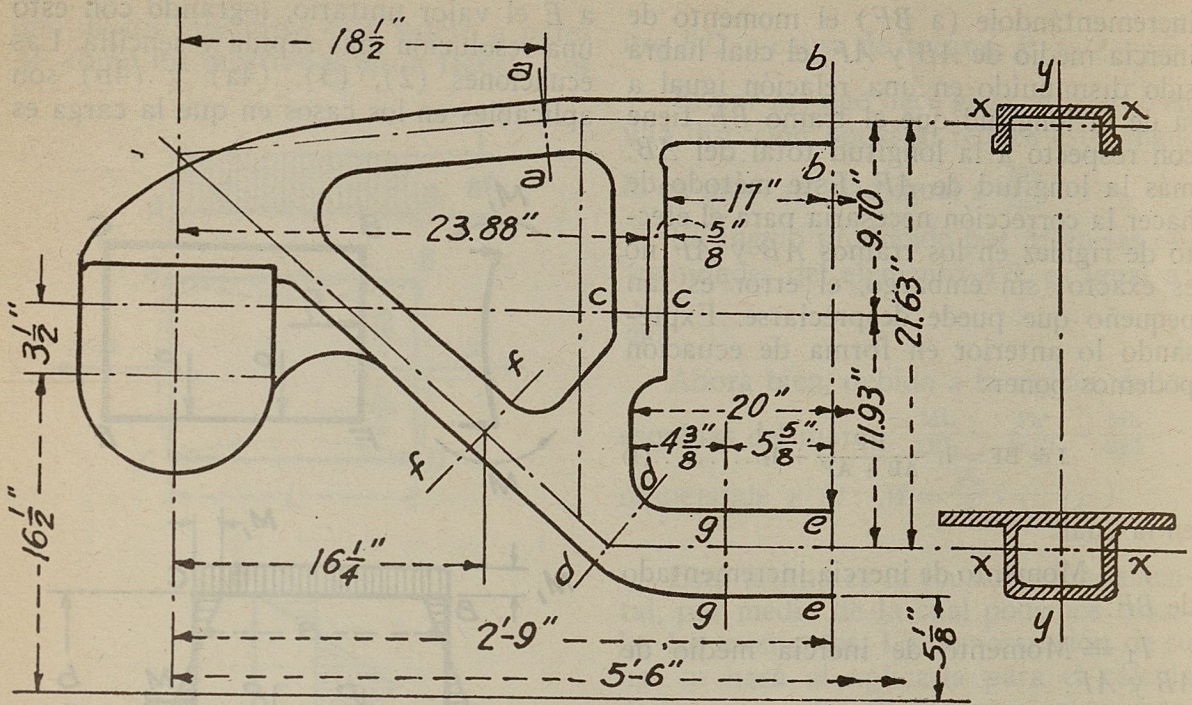


Fig. 7- Marco lateral de "truck" de carro de F.C. considerado en el problema.

PROPIEDADES DE LA SECCION DEL BASTIDOR EN LA FIG. 7

Sección	M I x-x	SM x-x	ML y-y	SM y-y	Area.
a — a	3.11	1.88	19.69	6.84	5.14
b — b	6.51	3.57	32.08	9.88	6.53
c — c	2.40	1.55	29.48	9.10	6.04
d — d	18.37	9.00	64.73	12.95	10.53
e — e	44.69	15.15	103.65	17.28	12.90
f — f	6.60	3.17	24.93	8.65	6.02
g — g	15.15

actúan en los miembros AF y AB de la parte triangular del bastidor son iguales a:

$$M_2 = M \frac{I_1 \frac{a}{e+f}}{I_2 + \frac{I_1 a}{e+f}} \dots\dots\dots(5)$$

$$M_3 = M_1 \frac{I_1 \frac{a}{e+f}}{I_2 + \frac{I_1 a}{e+f}} \dots\dots\dots(6)$$

en las cuales I_1 es el verdadero momento medio de inercia de AB y AF, e I_2 el verdadero momento medio de inercia de BF.

Se da un ejemplo numérico, teniéndose cuidado de detallar todos los pasos

dados, a fin de lograr la máxima comprensión por parte del lector.

La semi-suma de los momentos de inercia I de AB y AF es:

$$I_1 = \frac{3.11 + 6.60}{2} = 4.86 \text{ pul.}^4 = 202.29 \text{ cm}^4$$

El momento de inercia medio, incrementado, de BF, de acuerdo con la ecuación (1), es:

$$I = 2.40 + \frac{4.86 \times 20}{20.63 + 26.25} = 4.48 \text{ pulg.}^4 = 186.47 \text{ cm}^4$$

Transformando las ecuaciones (2) y (3) para el caso de tener 3 cargas P ,

y despejando a M y a M_1 obtenemos:

$$M_1 = \frac{\frac{Pd(d+c)}{2I_4} + \frac{Pa^2}{16I_4}}{\frac{a}{I_3} + \frac{b}{2I} + \frac{3Ia^2}{2I_3I_4b} + \frac{a}{I_4}} \dots\dots(7)$$

y

$$M = M_1 \left(\frac{3Ia}{I_3b} + 2 \right) \dots\dots(8)$$

en las cuales, y conforme a la figura 8, $P = 16\ 000\text{ lb.} = 7237\text{ kg.}$

$c = 4.375\text{ pulg.} = 11.112\text{ cm.}$

$d = 11.26\text{ pulg.} = 28.60\text{ cm.}$

$b = a = 20\text{ pulg.} = 50.80\text{ cm.}$

$I_4 = 31.53\text{ pulg.}^4 = 1312.38\text{ cm.}^4$

$I_3 = 6.51\text{ pulg.}^4 = 270.97\text{ cm.}^4$

$I = 4.48\text{ pulg.}^4 = 186.47\text{ cm.}^4$

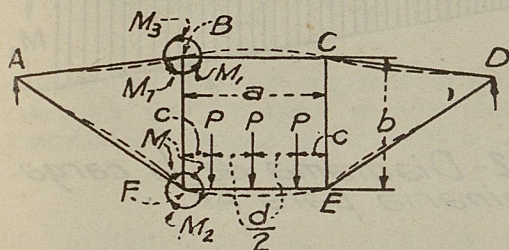


Fig. 8 - Esquema del mismo marco, sujeto a tres cargas iguales verticales.

Substituyendo estos valores en las ecuaciones (7) y (8), tenemos que:

$M_1 = + 4600\text{ lb. pulg.} = 53\text{ kg-m.}$

$M = - 20\ 066\text{ lb. pulg.} = - 231.19\text{ kg-m.}$

y, de las ecuaciones (5) y (6):

$M_2 = - 10\ 863\text{ lb. pulg.} = - 125.16\text{ kg-m.}$

$M_3 = + 1664\text{ lb. pulg.} = 19.17\text{ kg-m.}$

CALCULO DE LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL MOMENTO FLEXIONANTE DEBIDO A TRES CARGAS P.

ESFUERZOS POR MOMENTO FLEXIONANTE EN EF, FIG. 9

$P = 16\ 000\text{ lb.} = 7257.50\text{ kg.}$

$M = 20\ 066\text{ lb. pulg.} = 231.2\text{ kg-m.}$

Reacciones $E = F =$

$= \frac{16\ 000 \times 3}{2} = 24\ 000\text{ lbs} = 10886\text{ kgs.}$

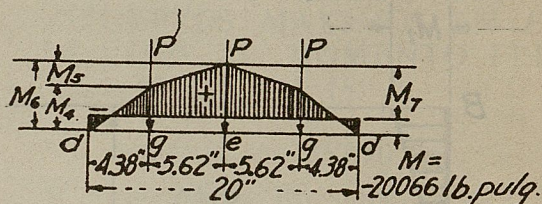


Fig. 9 - Diagrama de la carga imaginaria para la cuerda inferior EF del marco lateral del truck.

$M_4 = 24\ 000 \times 4.38 = 105\ 100\text{ lb. pulg.} = 1211\text{ kg-m.}$

$M_6 = 24\ 000 \times 10 - 16000 \times 5.62 = 150080\text{ lb. pulg.} = 1729\text{ kg-m.}$

$M_7 = M_6 - M = 130014\text{ lb. pulg.} = 1498\text{ kg-m.}$

$M_5 = M_4 - M = 85934\text{ lb. pulg.} = 990\text{ kg-m.}$

Esfuerzo máximo debido al momento flexionante:

Sección $d - d$: $\frac{M}{W_{d-d}} = \frac{20066}{9.00} = - 2230\text{ lb./pulg.}^2 = - 156.8\text{ kg./cm.}^2$

Sección $g - g$: $\frac{M_5}{W_{g-g}} = \frac{85034}{15.15} = 5\ 615\text{ lb./pulg.}^2 = 394.8\text{ kg./cm.}^2$

Sección $e - e$: $\frac{M^1}{W_{e-e}} = \frac{130\ 014}{15.15} = 8\ 600\text{ lb./pulg.}^2 = 604.7\text{ kg./cm.}^2$

W_{e-e} , W_{g-g} y W_{d-d} son los momentos resistentes de las secciones $e - e$, $g - g$ y $d - d$, respectivamente.

ESFUERZOS MAXIMOS DEBIDOS AL MOMENTO FLEXIONANTE EN BF, FIG. 10.

$M = - 20\ 066\text{ lb. pulg.} = - 231.2\text{ kg-m.}$

$M_1 = 4\ 600\text{ lb./pulg.} = 53\text{ kg-m.}$

M en la sección $c - c = \frac{M \times 7.88}{17.88} = \frac{M_1 \times 10}{17.88} = - 6\ 232\text{ lb. pulg.} = - 71.8\text{ kg-m.}$

Los esfuerzos máximos debidos al momento flexionante en la sección $c - c$ son:

$$\frac{M_7}{W_{c-c}} = \frac{6232}{1.57} = 4020 \text{ lb./pulg.}^2$$

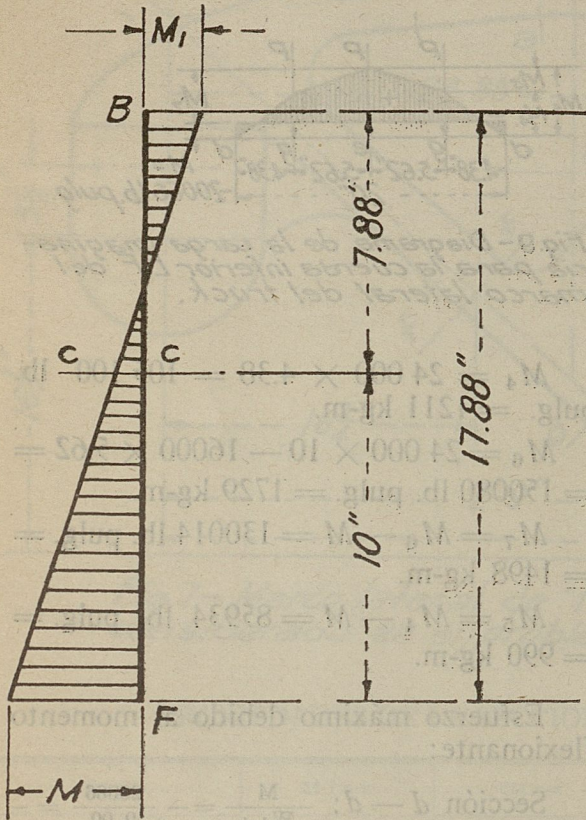


Fig.10-Diagrama de la carga imaginaria para BF.

ESFUERZOS MAXIMOS EN BC, DEBIDOS AL MOMENTO FLEXIONANTE, FIG. 11.

$$M_1 = 4660 \text{ lb. pulg.} = 53.7 \text{ kg-m.}$$

El esfuerzo máximo debido al momento flexionante en cualquier sección

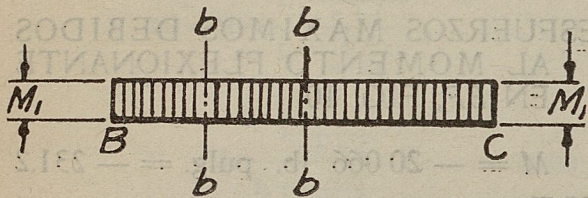


Fig.11-Diagrama de la carga imaginaria para BC.

$$b - b \text{ es: } \frac{M_1}{W_{b-b}} = \frac{4660}{3.57} = 1305 \text{ lb./pulg.}^2 = 91.75 \text{ kg./cm}^2$$

ESFUERZOS MAXIMOS EN AF, DEBIDOS AL MOMENTO FLEXIONANTE, FIG. 12.

$$M_2 = -10863 \text{ lb. pulg.} = -125.15 \text{ kg-m.}$$

$$M_{f-f} = -\frac{10863}{23} = -8127 \text{ lb. pulg.} = -93.65 \text{ kg-m.}$$

El esfuerzo en la sección $f - f$, debido al momento flexionante máximo es:

$$\frac{M_{f-f}}{W_{f-f}} = -\frac{8127}{3.17} = -2564 \text{ lb./pulg.}^2 = -180.27 \text{ kg./cm}^2$$

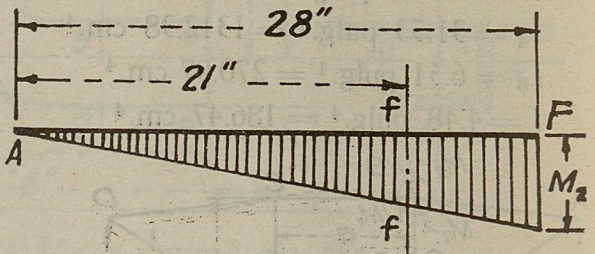


Fig.12-Diagrama de la carga imaginaria para AF.

ESFUERZO MAXIMO EN AB, DEBIDO AL MOMENTO FLEXIONANTE, FIG. 13.

$$M \frac{1}{3} = 1664 \text{ lb. pulg.} = 19.17 \text{ kg-m.}$$

$$M_{a-a} = \frac{1664 \times 19}{24} = 1320 \text{ lb. pulg.} = 15.21 \text{ kg-m.}$$

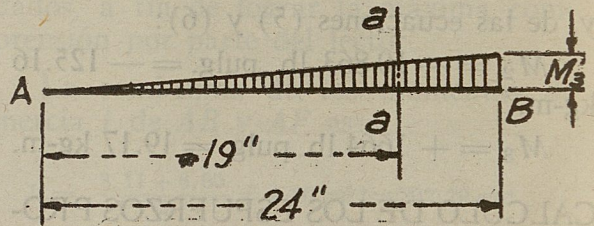


Fig.13-Diagrama de la carga imaginaria para AB.

En consecuencia, el esfuerzo debido al momento flexionante máximo en la sección $a - a$ es: $\frac{M_{a-a}}{W_{a-a}} = \frac{1320}{1.88} = 710 \text{ lb./pulg.}^2 = 49.92 \text{ kg./cm}^2$

CALCULO DE LOS MOMENTOS FLEXIONANTES DEBIDOS A TRES CARGAS VERTICALES Y UNA CARGA HORIZONTAL, P_1 , QUE ACTUA EN BF, O CE, FIG. 14.

$P = 16000 \text{ lb.} = 7257.50 \text{ kg.}$

$P_1 =$ a la reacción del miembro, conforme al manual A. R. A. (American Rail Association), $= 7750 \text{ lb.}$ (3515 kg.) para

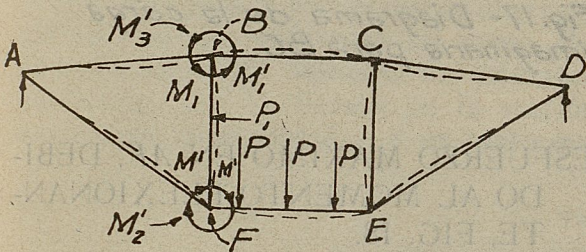


Fig. 14 - El marco sujeto a tres cargas verticales y una horizontal obrando sobre BF ó CE.

un bastidor lateral de "truck", de 40 toneladas (36285 kg.). Modificando las ecuaciones (4a) y (4b) para el caso de tener 3 cargas iguales a P , y despejando a M' y M'_1 obtenemos:

$$M'_1 = \frac{\frac{Pd}{2 I_4} (d + e) + \frac{3 P_1 ab}{16 I_4} + \frac{3 P_1 b^2}{16 I_4}}{\frac{a}{2 I_3} + \frac{b}{2 I_1} + \frac{3 a^2 I}{4 I_4 I_3 b} + \frac{a}{I_4}}$$

$$M' = M'_1 \left(\frac{3 a I}{2 I_3 b} + 2 \right) - \frac{3 P_1 b}{8}$$

La nomenclatura es la misma que para el caso del cálculo de los pares debidos a las tres cargas verticales.

En consecuencia:

$M'_1 = + 3340 \text{ lb. pulg.} = 38.50 \text{ kg-m.}$

$M' = - 37937 \text{ lb. pulg.} = - 437 \text{ kg-m.}$

De las ecuaciones (5) y (6):

El par $M'_2 = - 20487 \text{ lb. pulg.} = - 236 \text{ kg-m.}$ Y $M'_3 = + 1193 \text{ lb. pulg.} = 13.75 \text{ kg-m.}$

ESFUERZOS DEBIDOS AL MOMENTO FLEXIONANTE PRODUCIDOS POR 3 CARGAS P VERTICALES Y UNA CARGA HORIZONTAL P_1 . ESFUERZOS MAXIMOS EN EF, DEBIDOS AL MOMENTO FLEXIONANTE, FIG. 15.

$P = 16000 \text{ lb.} = 7257.50 \text{ kg.}$

$M = - 20066 \text{ lb. pulg.} = - 231.2 \text{ kg-m.}$

$M' = - 37937 \text{ lb. pulg.} = - 437 \text{ kg-m.}$

Reacciones debidas a las tres cargas P :

$E = F = \frac{16000 \times 3}{2} = 24000 \text{ lb.} = 10886 \text{ kilogramos.}$

$M_4 = 24000 \times 4.38 = 105100 \text{ lb. pulg.} = 1211 \text{ kg-m.}$

$M_5 = M_4 - M_8 = 105100 - (20066 + \frac{(37937 - 20066)15.62}{20}) = 71078 \text{ lb. pulg.} = 819 \text{ kg-m.}$

$M_6 = 24000 \times 10 - 16000 \times 5.62 = 150080 \text{ lb. pulg.} = 1729 \text{ kg-m.}$

$M = M_6 - M_9 = 150080 - (20066 + \frac{(37937 - 20066)10}{20}) = 120979 \text{ lb. pulg.} = 1394 \text{ kg-m.}$

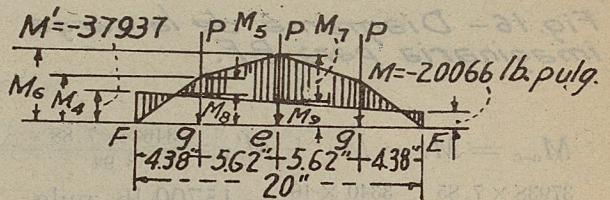


Fig. 15 - Diagrama de la carga imaginaria para el miembro EF sometido a tres cargas verticales.

Los esfuerzos debidos a la flexión máxima son:

Sección $d - d$:

$\frac{37937}{9.00} = - 4216 \text{ lb./pulg.}^2 = - 296.4 \text{ kg./cm.}^2$

Sección $g - g$:

$\frac{71987}{15.15} = 4730 \text{ lb./pulg.}^2 = 332.6 \text{ kg./cm.}^2$

Sección $c - c$:

$$\frac{120979}{15.15} = 7960 \text{ lb./pulg.}^2 = 559.7 \text{ kg./cm.}^2$$

ESFUERZO MAXIMO EN BF, DEBIDO AL MOMENTO FLEXIONANTE, FIG. 16.

$$M'_1 = + 3340 \text{ lb. pulg.} = 38.5 \text{ kg-m.}$$

$$M' = - 37938 \text{ lb. pulg.} = - 437.3 \text{ kg-m.}$$

$$P_1 = 7750 \text{ lb.} = 3515 \text{ kg.}$$

$$M_v = - \frac{7750}{2} \times 8.94 = 34634 \text{ lb. pulgada} = 399.2 \text{ kg-m.}$$

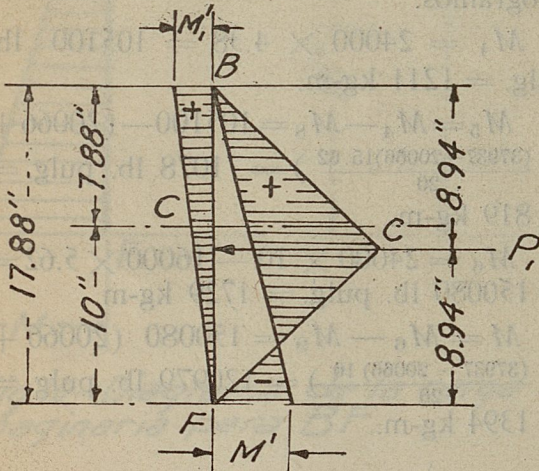


Fig. 16- Diagrama de la carga imaginaria para BF.

$$M_{c-c} = M_v - M_1 + M'_1 = \frac{34634 \times 7.88}{8.94} - \frac{37938 \times 7.85}{17.88} + \frac{3340 \times 10}{17.88} = 15700 \text{ lb. pulg.} = 181.0 \text{ kg-m.}$$

El esfuerzo debido a la flexión máxima en la sección $c - c$ es:

$$\frac{M_{c-c}}{W_{c-c}} = \frac{15700}{1.55} = 10120 \text{ lb./pulg.}^2 = 711.5 \text{ kg./cm.}^2$$

ESFUERZO MAXIMO EN BC, DEBIDO AL MOMENTO FLEXIONANTE, FIG. 17.

$$M' = 4660 \text{ lb. pulg.} = 53.7 \text{ kg-m.}$$

$$M'_1 = 3340 \text{ lb. pulg.} = 38.5 \text{ kg-m.}$$

Esfuerzo debido a la flexión máxima en la esquina C es:

$$\frac{M_1}{W_{c-c}} = \frac{4660}{3.57} = 1305 \text{ lb./pulg.}^2 = 91.75 \text{ kg./cm.}^2$$

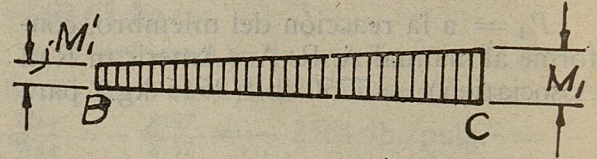


Fig. 17- Diagrama de la carga imaginaria para BC.

ESFUERZO MAXIMO EN AF, DEBIDO AL MOMENTO FLEXIONANTE, FIG. 18.

$$M'_2 = 20487 \text{ lb. pulg.} = 236.2 \text{ kg-m.}$$

$$\frac{M_{f-f}}{W_{f-f}} = \frac{15400}{3.17} = 4850 \text{ lb./pulg.}^2 = 341 \text{ kg./cm.}^2$$

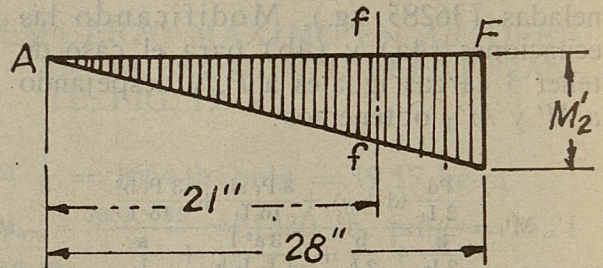


Fig. 18- Diagrama de la carga imaginaria para AF.

ESFUERZO MAXIMO EN AB, DEBIDO AL MOMENTO FLEXIONANTE, FIG. 19.

$$M'_3 = 1192 \text{ lb. pulg.} = 13.73 \text{ kg-m.}$$

$$M_{a-a} = \frac{1192 \times 19}{24} = 945 \text{ lb. pulg.} = 10.89 \text{ kg-m.}$$

El esfuerzo debido a la flexión máxima en la sección $a - a$ es:

$$\frac{M_{a-a}}{W_{a-a}} = \frac{945}{1.18} = 505 \text{ lb./pulg.}^2 = 35.50 \text{ kg./cm.}^2$$

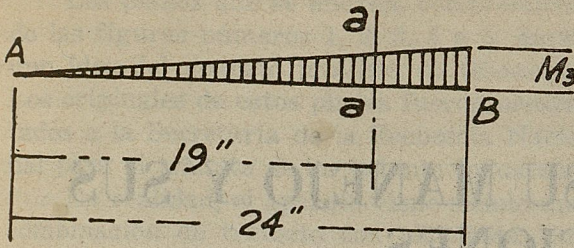


Fig.19- Diagrama de la carga imaginaria para AB.

En las Tablas I y II podemos observar que una carga horizontal tal como P_1 , obrando sobre BF aumenta los esfuerzos producidos por la flexión en la sección $c - c$ y en la sección $d - d$, en tanto que

en las secciones $a - a$, $e - e$ y $g - g$ el incremento en la carga horizontal, reduce los esfuerzos.

El mismo procedimiento general en la forma detallada arriba se aplica al análisis de esfuerzos de cualquier marco rígido sujeto a un número cualquiera de cargas verticales y horizontales. Es interesante hacer la observación que, un análisis semejante al anterior concordó, dentro del límite de un 10% de diferencia, con los resultados obtenidos por el método de pruebas. Esta ligera diferencia bien puede atribuirse a las irregularidades en espesor, presentadas por las secciones de la pieza considerada.

TABLA I.
ESFUERZOS MAXIMOS DE FLEXION DEBIDOS A CARGAS VERTICALES

SECCION	ESFUERZOS en Lb./Pulg. ² y Kg/cm ² .	
a — a	710	49.92
b — b	1305	91.75
c — c	-4020	-282.65
d — d	-2230	-156.80
e — e	8600	604.67
f — f	-2564	-180.27
g — g	5615	394.80

TABLA II.
ESFUERZOS MAXIMOS DE FLEXION DEBIDOS A CARGAS HORIZONTALES Y VERTICALES COMBINADAS

SECCION	ESFUERZOS en Lb./Pulg. ² y Kg/cm ² .	
a — a	505	35.50
b — b	1305	91.75
c — c	10120	711.54
d — d	-4216	-296.43
e — e	7960	559.67
f — f	-4850	-341.00
g — g	4730	332.57