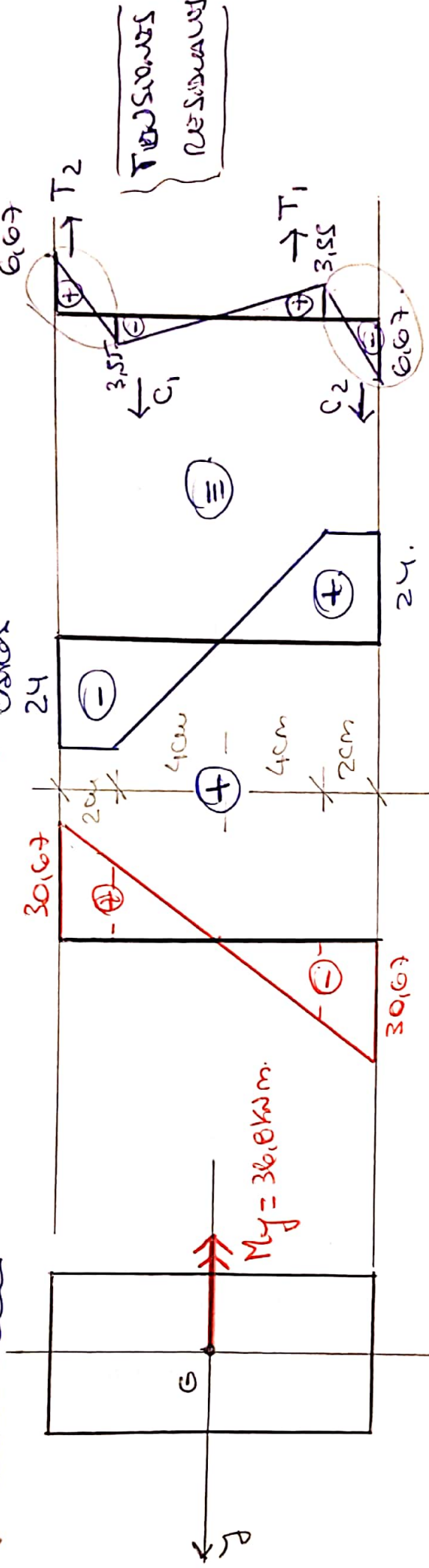


DESCARGA:

1/26

TENSIONES

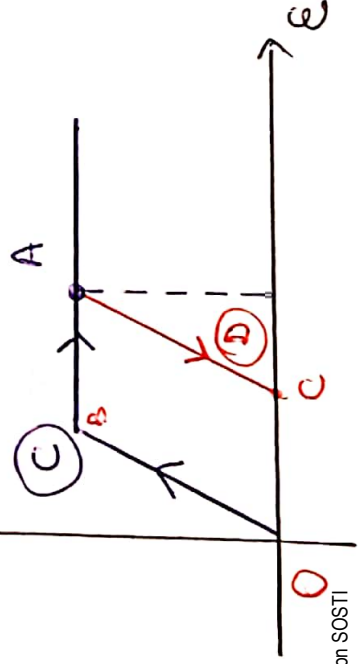
TENSIONES DE TRACCIÓN. CARGA



$$\sigma_{x, \text{max}} = \frac{M_y \cdot z}{I_y} \rightarrow \sigma_{x, \text{max}} = \frac{36.80 \text{ kNm} \cdot 6 \text{ cm}}{72 \text{ cm}^4} = 30.67$$



BAUSCHINGER
BAUSCHINGER
OC // AC



$$\frac{30,67}{6} = \frac{G_{x|2x}}{400}$$

$$G_{x|2x} = \frac{4 \cdot 30,67 \frac{kg}{m^2}}{6} = 20,45 \frac{kg}{m^2}$$

Verificación:

$$|T_1| = |C_1|$$

$$|T_2| = |C_2|$$

$$T_1 \cdot z_1 = C_1 \cdot z_1$$

$$T_2 \cdot z_2 = C_2 \cdot z_2$$



DEFORMACIONES

FILE: EI-84-03-2020-2C - 03.11-ARAN-02 - FS-02yFCm-01 - 2021-03-02

3/26

CARGA

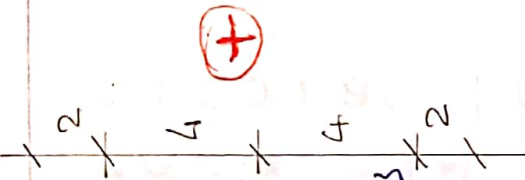
$\ominus$
 $E_{x, min}$

$E_{x, F}$

$E_{x, F} = 1,2 \cdot 10^{-3}$

$\oplus$
 $E_{x, max}$

$1,8 \cdot 10^{-3}$



$1,534 \cdot 10^{-3}$

$\oplus$
 $1,022 \cdot 10^{-3}$

DESPLAZA

$\ominus$

$1,534 \cdot 10^{-3}$

$$E_{x, max} = \frac{\sigma_{x, max}}{E}$$

$$E_{x, max} = \frac{30,00}{20000}$$

$$E_{x, max} = 1,534 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{E_{x, max}}{E} = \frac{E_{x, ze}}{4}$$

$$E_{x, ze} = 1,022 \cdot 10^{-3}$$

==

$1,78 \cdot 10^{-4}$

$\ominus$

$1,28 \cdot 10^{-4}$

$\oplus$

$2,66 \cdot 10^{-4}$

$$\frac{\sigma_{x, des, ze}}{E} = E_{x, des, ze}$$

$-ze \leq z \leq +ze$
Es máxima en muy bot
medios.

$$\frac{3,51}{20000} = 1,78 \cdot 10^{-4}$$

4/26

Caracas + Rios de Caracas

Caracas

$$\left\{ \begin{array}{l} x = 3 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{cm}} \\ \rho = 3333 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \end{array} \right.$$

Diseños

$$x_{\text{desc}} = \frac{E_{\text{rax, desc}}}{h} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{6 \text{ cm}} = 2,557 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{cm}}$$

$$f_{\text{desc}} = \frac{1}{x_{\text{desc}}} = 3911,34 \text{ cm}$$

$$x_{\text{desc}} = \frac{M_{y, \text{desc}}}{E I_y} = \frac{3680 \text{ kNm}}{20000 \cdot 720} = 2,556 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{cm}}$$

Diseños

$$x_{\text{ref}} = \frac{2,66 \cdot 10^{-4}}{6} = \frac{1,725 \cdot 10^{-4}}{4}$$

$$x_{\text{ref}} = 4,44 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{cm}}$$

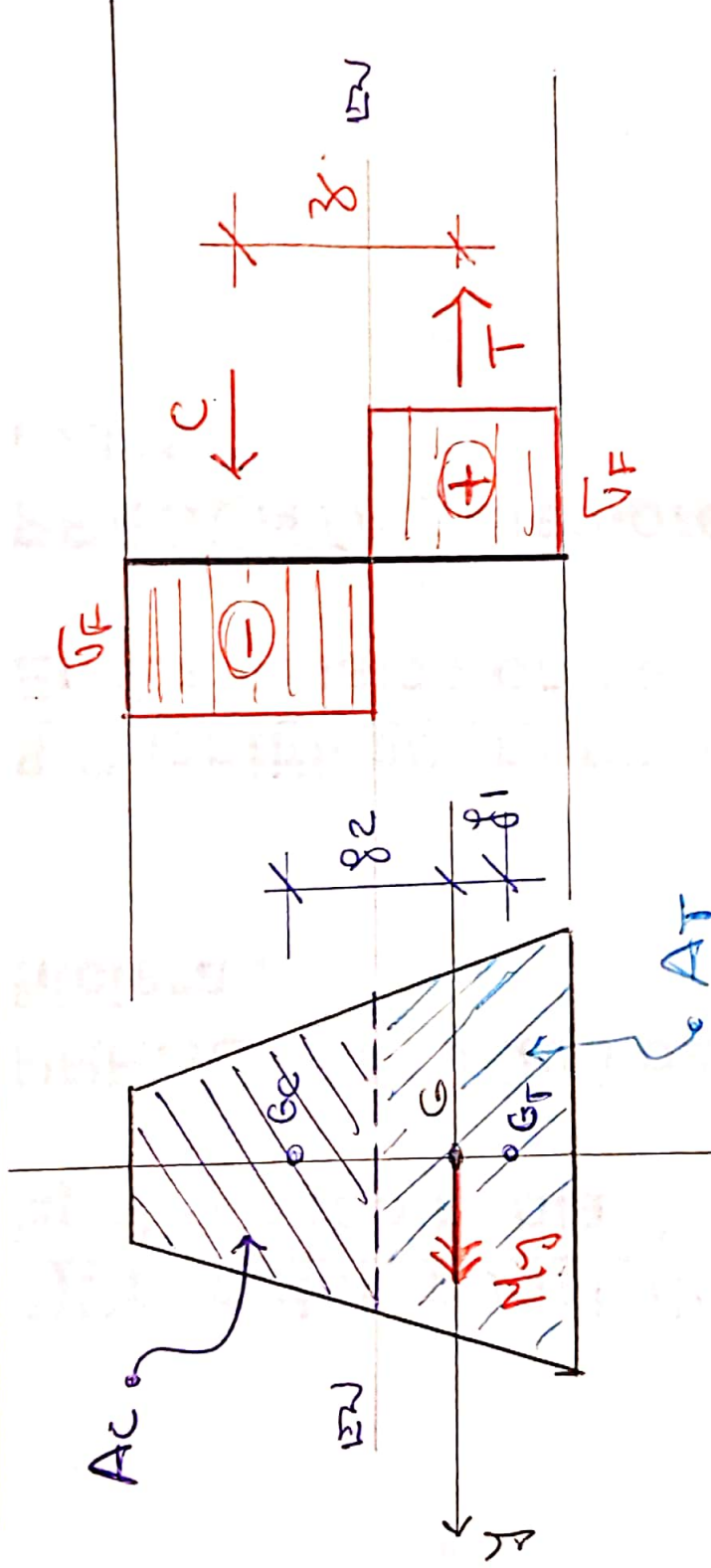
$$x_{\text{ref}} = x_{\text{caracas}} + x_{\text{diseños}}$$

$$x_{\text{ref}} = 3 \cdot 10^{-4} + (-2,557 \cdot 10^{-4})$$

$$x_{\text{ref}} = 4,44 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{cm}}$$

$$f_{\text{ref}} = 22771,90 \text{ cm}$$

Secciónes C) 1 LEE DE SIMONIA:



$T = C$

Si la sección está
simétrica respecto al eje

de: $\begin{matrix} \oplus \\ \tau \end{matrix} \cdot A_T = \begin{matrix} \ominus \\ \tau \end{matrix} \cdot A_C$

Si $\begin{matrix} \oplus \\ \tau \end{matrix} = \begin{matrix} \ominus \\ \tau \end{matrix}$

$A_T = A_C$

NOTA:

HASTA EL CORTEZADO DE LA
PUNTA DE LA SECCIÓN → EN LA
SECCIÓN EN LA QUE
LA SECCIÓN EN LA QUE
LA SECCIÓN EN LA QUE
LA SECCIÓN EN LA QUE

$$N = \int_A \sigma_x \cdot dA = 0 \rightarrow T = C = R$$

$$M_y = \int_A \sigma_x \cdot z \cdot dA \rightarrow \begin{cases} R_T = T \\ R_C = C \end{cases}$$

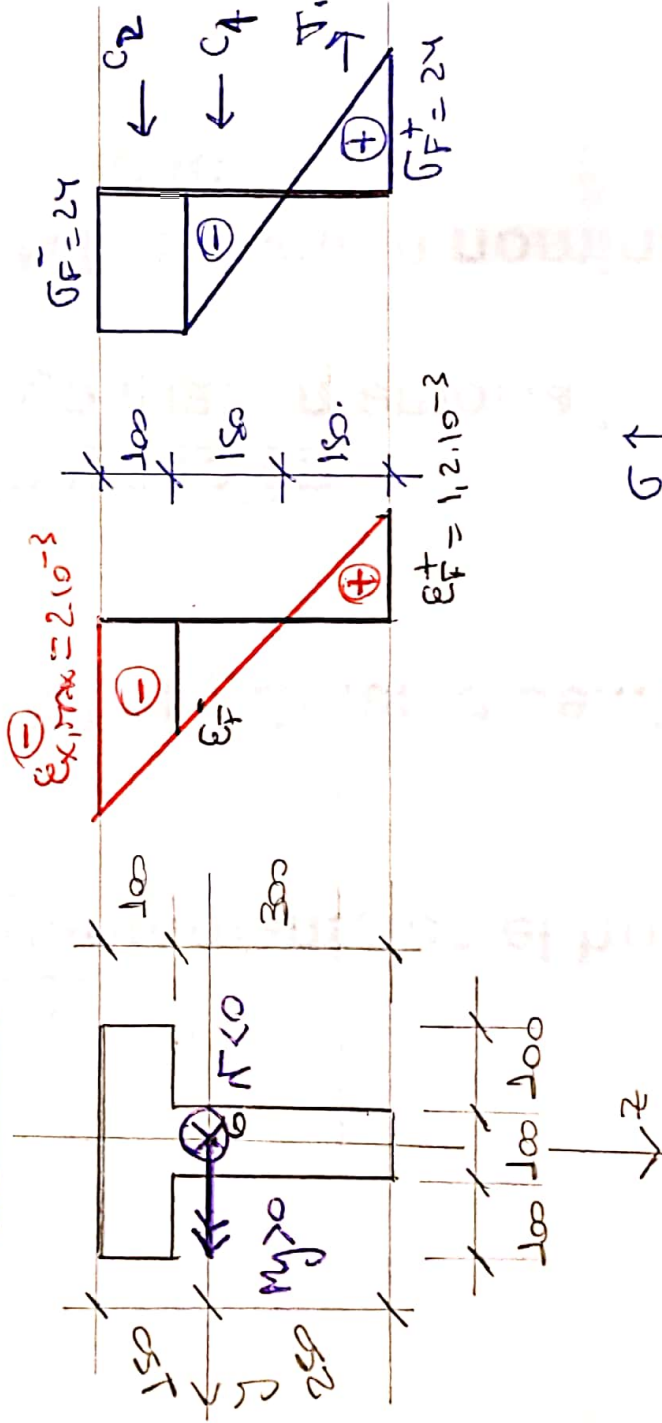
6/26

FLEXIÓN COMPUESTA

$$N = \int_A \sigma_x \cdot dA$$

$$M_y = \int_A \sigma_x \cdot z \cdot dA$$

CARGA

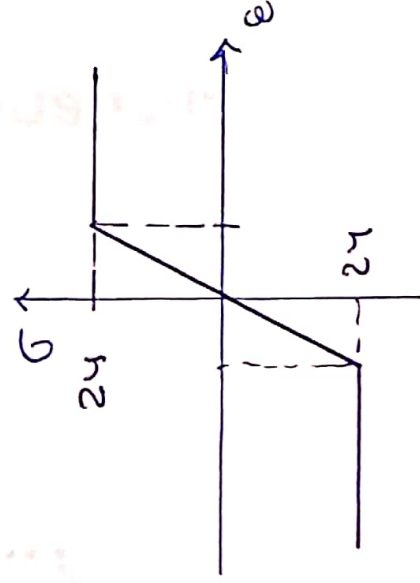


$$A = 6000 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 85000 \text{ cm}^4$$

$$W_{ys} = S_{ys} = 5666 \text{ cm}^3$$

$$W_{ys} = 3400 \text{ cm}^3$$



$$E = 200000 \text{ N/cm}^2$$

$$\epsilon_F = \frac{24}{20000} = 1.2 \cdot 10^{-3} = 1.2 \text{‰}$$

7/26

$$N = + \underbrace{24 \frac{kN}{cm^2} \cdot \frac{15 \cdot 10^2}{2}}_{T_1} - \underbrace{\frac{24 kN}{cm^2} \cdot \frac{15 \cdot 10^2}{2}}_{C_1} - \underbrace{\frac{24 kN}{cm^2} \cdot 30 \cdot 10^2}_{C_2} = \boxed{-7200 kN}$$

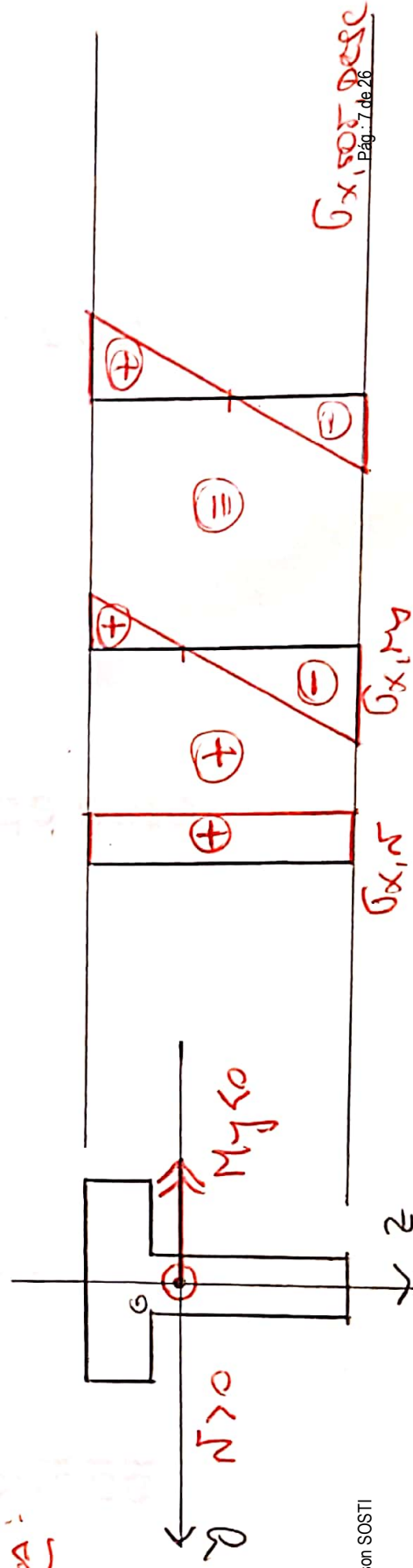
$$M_y = + \underbrace{24 \cdot \frac{15 \cdot 10}{2} \cdot (25-5)}_{T_1} + \underbrace{24 \cdot \frac{15 \cdot 10}{2} \cdot (15-15)}_{C_1} + \underbrace{24 \cdot 30 \cdot 10 \cdot (15-5)}_{C_2} =$$

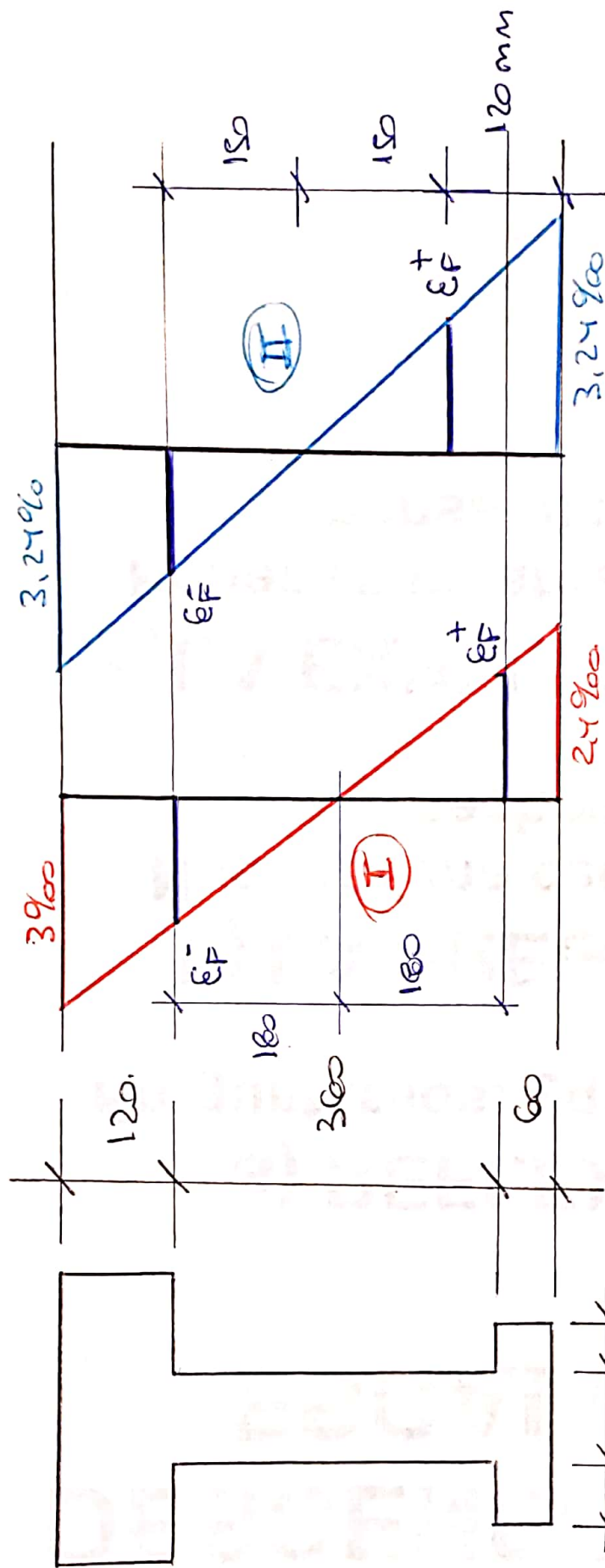
$$M_{y,T_1} \quad M_{y,C_1} \quad M_{y,C_2}$$

$$M_y = 36000 + 0 + 7200 \rightarrow \boxed{M_y = 108.000 kNm = 1080 kNm}$$

FLEXION COMPRESA RECTA

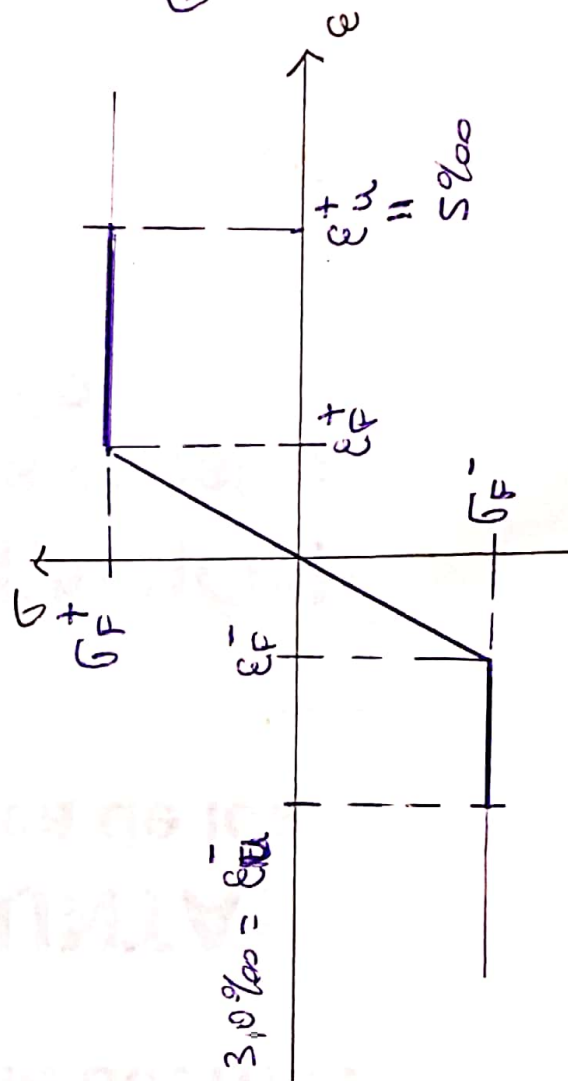
DESCARGA:





$$E = 20000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$G_F^+ = G_F^- = 36 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



EPI
EPR

9/26

~~Diagrama 1~~

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_F^+ &= \frac{\sigma_F^+}{E} = \frac{36}{20000} = 1,8 \cdot 10^{-3} = 1,8\text{‰} \end{aligned} \right\}$$

$$\epsilon_F^- = \frac{\sigma_F^-}{E} = \frac{36}{20000} = 1,8 \cdot 10^{-3} = 1,8\text{‰}$$

DIAGRAMA (1)

$$\frac{\epsilon_{\max}^-}{300} = \frac{\epsilon_F^-}{180} \rightarrow \epsilon_{\max}^- = 3\text{‰}$$

$$\frac{\epsilon_{\max}^+}{240} = \frac{\epsilon_F^+}{180} \rightarrow \epsilon_{\max}^+ = 2,4\text{‰}$$

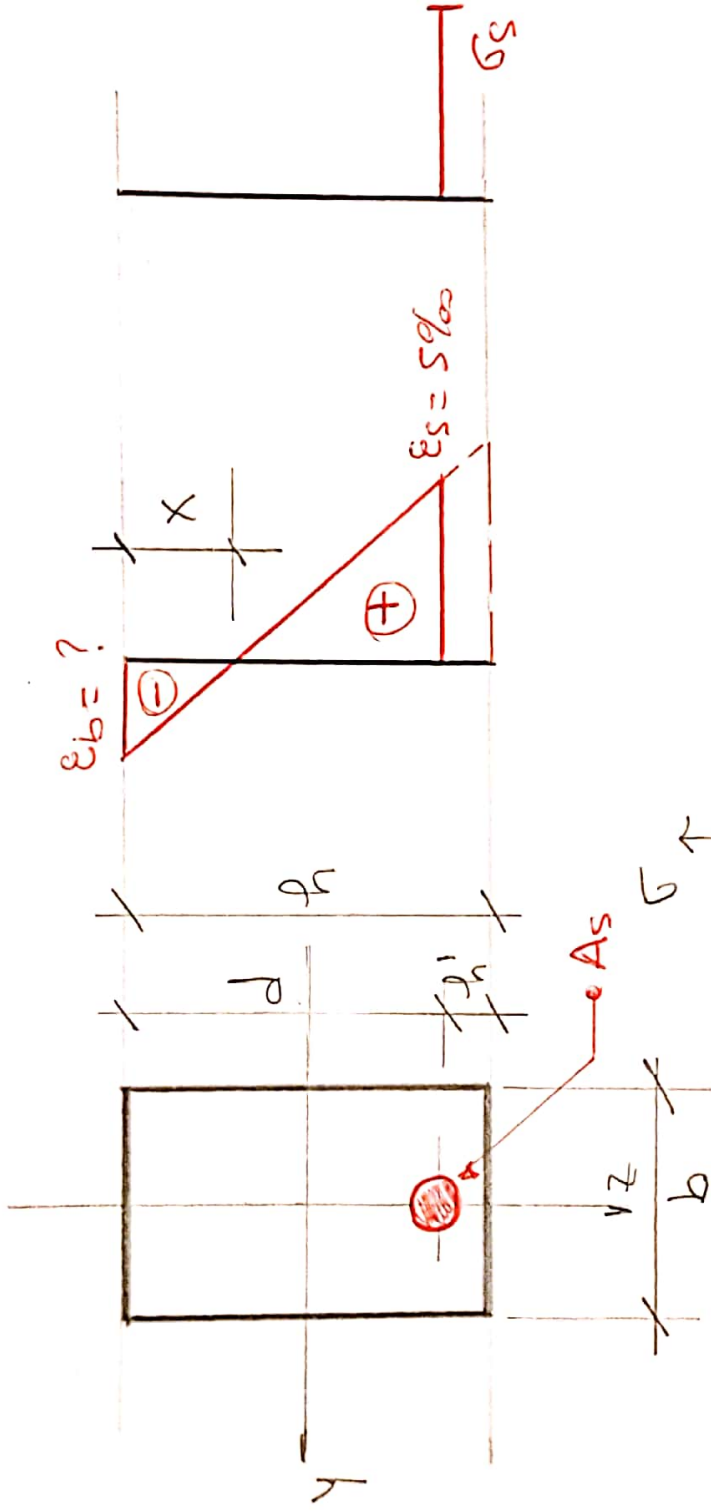
DIAGRAMA VÁLIDO $\rightarrow$ (I)

DIAGRAMA (2)

$$\frac{\epsilon_{\max}^-}{270} = \frac{\epsilon_F^-}{150} \rightarrow \epsilon_{\max}^- = 3,24\text{‰}$$

$$\frac{\epsilon_{\max}^+}{270} = \frac{\epsilon_F^+}{150} \rightarrow \epsilon_{\max}^+ = 3,24\text{‰}$$

11/26



$$b = 0,30 \text{ m}$$

$$h = 0,50 \text{ m}$$

$$h' = 0,10 \text{ m}$$

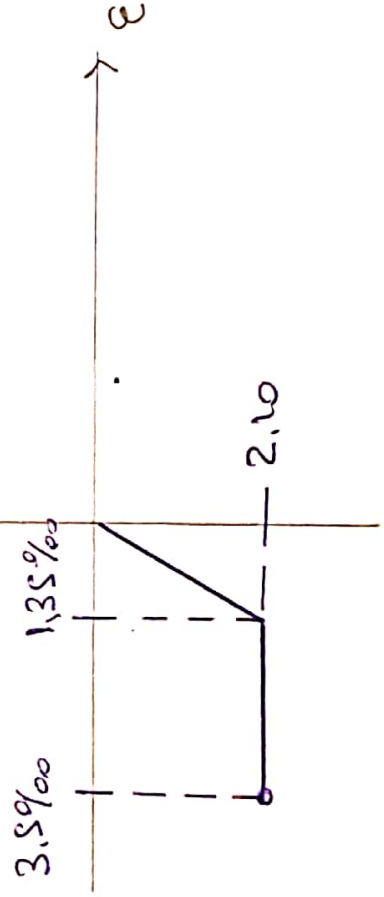
$$A_s = 4 \text{ cm}^2$$

$$M_j = +100 \text{ kNm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{F,H} = 2,10 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma_{F,S} = 170 \text{ kN/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{AC,U} = 5\text{‰}$$

$$\epsilon_s = \frac{M_u}{M} \geq 1,75$$



1) PUNTO DE DEFORMACIONES:

$$\frac{\epsilon_b}{x} = \frac{5\%}{40-x} \quad (1)$$

2) EC. DE EQUILIBRIO:

$$N = \int_A \sigma_x dA = 0$$

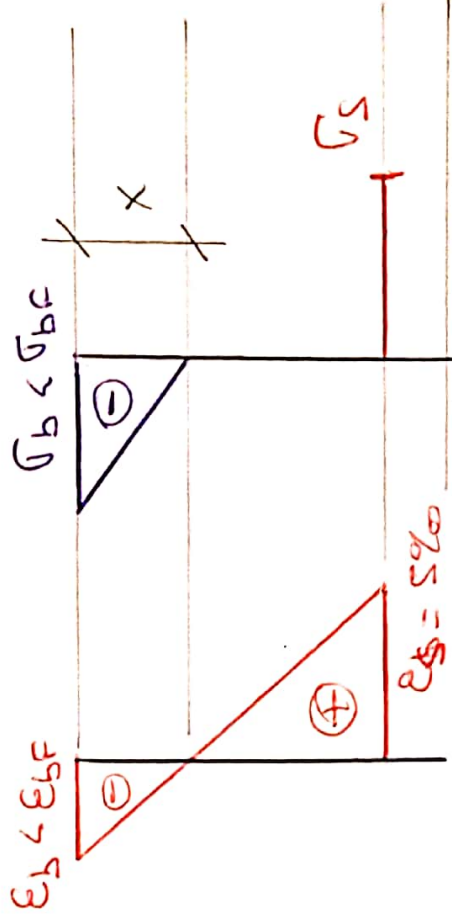
$$N = \int_A \sigma_x \cdot dA = \underbrace{\int_{AC} \sigma \cdot dA}_{\text{Para que sea el acero}} + \underbrace{\int_H \sigma \cdot dA}_{\text{Para que sea el Hº.}} = 0$$

(2)

Integrando

$$\epsilon_b \cdot x \cdot \sigma_b$$

1º caso } ACERO PASIVO.
Hº DEFORMADO ELÁSTICO



DE 1) $\epsilon_b = \frac{\sigma_b \cdot x}{40 - x}$

DE 2) $\sigma_s \cdot A_s - \sigma_b \cdot b \cdot \frac{x}{2} = 0$

$$\sigma_b = \epsilon_b \cdot E_b = E_b \cdot \frac{\sigma_b \cdot x}{40 - x}$$

$$\sigma_b = \epsilon_b \cdot E_b \Rightarrow \epsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b}$$

$$= \frac{2,10}{(1,35/1000)} = 1555,6 \text{ kg/cm}^2$$

De (2) $\sigma_s A_s = \sigma_b \cdot \frac{b \cdot x}{2} = \epsilon_b \epsilon_b \cdot \frac{b \cdot x}{2}$

$$\sigma_s A_s = \epsilon_b \frac{\epsilon_b \cdot b \cdot x}{40-x} \cdot \frac{b \cdot x}{2}$$

$$2 \cdot \sigma_s A_s (40-x) = \epsilon_b \cdot x^2$$

$$2 \sigma_s A_s (40-x) = 5 \cdot \frac{\epsilon_b}{\epsilon_{fb}} \cdot x^2$$

$$2 \sigma_s A_s (40-x) \epsilon_{fb} = 5 \sigma_{fb} \cdot x^2$$

reemplazo valores, obteniendo:

$$0,315 \frac{1}{\text{cm}} x^2 + 1,836 x - 73,44 \text{ cm} = 0$$

$$x_1 = 12,63 \text{ cm}$$

$$x_2 = -18,46 \text{ cm}$$

NO ES POSIBLE
NO NEGATIVO.

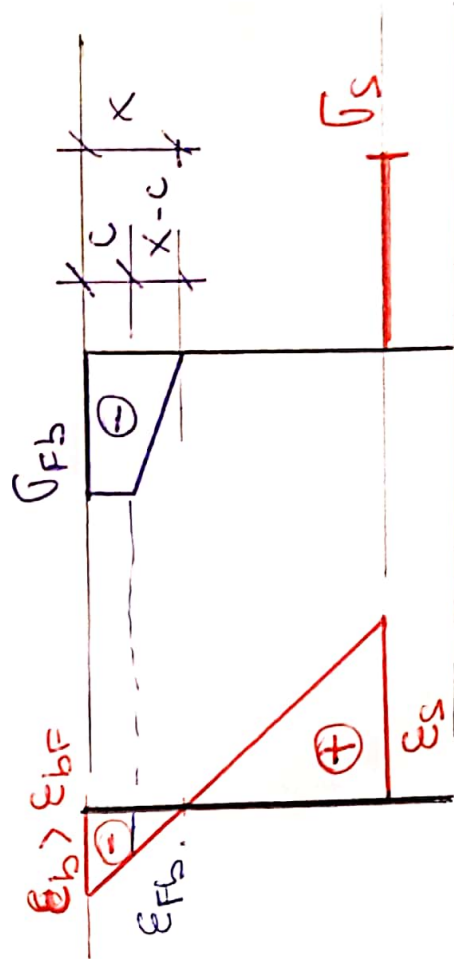
$$\sigma_b = \frac{\sigma_s \cdot A_s \cdot 2}{b \cdot x_1}$$

$$\sigma_b = \frac{170 \cdot 4 \cdot 2}{30 \cdot 12,63} = 3,59 \text{ kN/cm}^2$$

NO ES POSIBLE porque $\epsilon_s > \sigma_{bf}$

2º CASO:

ACERO PASIVADO
1º PARAMETRIZACIONE PASIVADO



$$\epsilon_b = \frac{\sigma_b}{40-x} \quad \text{De (1)}$$

de (2) $\sigma_b \cdot A_s = \sigma_{fb} \cdot c \cdot b + \frac{\sigma_{fb} \cdot (x-c) \cdot b}{2}$ (A)

$$\frac{\sigma_{fb}}{x-c} = \frac{s}{40-x} \rightarrow (40-x) \sigma_{fb} = s(x-c)$$

$$40 \sigma_{fb} - \sigma_{fb} x = s(x-c)$$

$$C = 1,27x - 10,80$$

reemplazo (B) en (A).

$$\begin{cases} x = 14,266 \text{ cm} \\ c = 7,32 \text{ cm} \end{cases}$$

(B)

cálculo de M_u :

, todo momento negativo ser G dar

así:

$$M_u = \sigma_{fb} \cdot c \cdot b \cdot \left(40 - \frac{c}{2}\right) + \frac{\sigma_{fb} \cdot (x-c) \cdot b}{2} \cdot \left[40 - c - \frac{1}{3}(x-c)\right]$$

reemplazo de:

$$M_u = 234,04 \text{ kNm}$$

verificación de CS mín.

$$\frac{M_u}{M} = \frac{234,04}{100} = 2,34 > 1,75$$

verifica

15/26

Diagrama de Interacción:

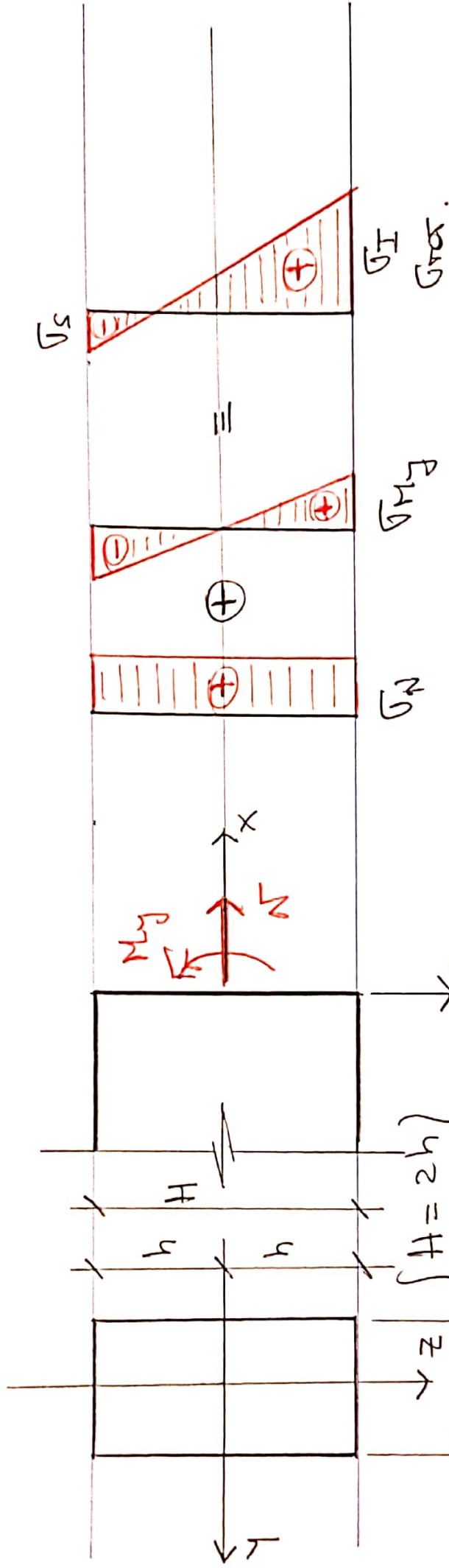
- Siendo el problema de F_{cm} similar al de F_{S} en cuanto a que el incremento de ΔF_{cm} ~~se produce~~ F_{S} produce los incrementos de las tensiones hasta sus máximos valores;
- Si el problema de problema es la F_{cm} es tal como se ve en los ejemplos o seales por producir las tensiones;
- Los diagramas de interacción vienen o se obtienen cuando se combinan los dos efectos que ~~se combinan~~ conducen a:

I) con los de la plastificación;

II) la plastificación total;

III) plastificación parcial con distintos niveles de plastificación plástica.

I conocimiento de la Resistencia:



$$\left. \begin{aligned} \sigma_N &= \frac{N}{A} \\ \sigma_{My}^{max} &= \pm \frac{M_z}{I_y} \left(\frac{H}{2} \right) \\ \sigma_T^{max} &= \frac{V}{A} + \frac{M_z}{I_y} \left(\frac{H}{2} \right) \end{aligned} \right\} \sigma_{TOT} = \sigma_N + \sigma_{My}$$

• Si $\sigma_{TOT} = \sigma_{max} = \sigma_F = \frac{N}{A} + \frac{M_z}{I_y} \left(\frac{H}{2} \right)$

17/26

$$1 = \frac{\sqrt{I_2}}{A \sqrt{F}} + \frac{M_2}{I_2 \sqrt{F}} \left(\frac{H}{2} \right) = \frac{\sqrt{I_2}}{A \sqrt{F}} + \frac{M_2}{I_2 \sqrt{F}} \left(\frac{H}{2} \right)$$

$\sqrt{F} = n \sqrt{E}$ $M_2 = n M_1$

$$\left[\frac{\sqrt{I_2}}{n \sqrt{F}} + \frac{M_2}{n \sqrt{F}} \right] = 1 \quad (1)$$

La (1) representa la condición de equilibrio de las fuerzas
combinadas de n y M por cada una de las
secciones de la estructura.

II) representación gráfica $\rightarrow$ ver $\rightarrow C=0$.

III) La (1) es la ec. de una recta.

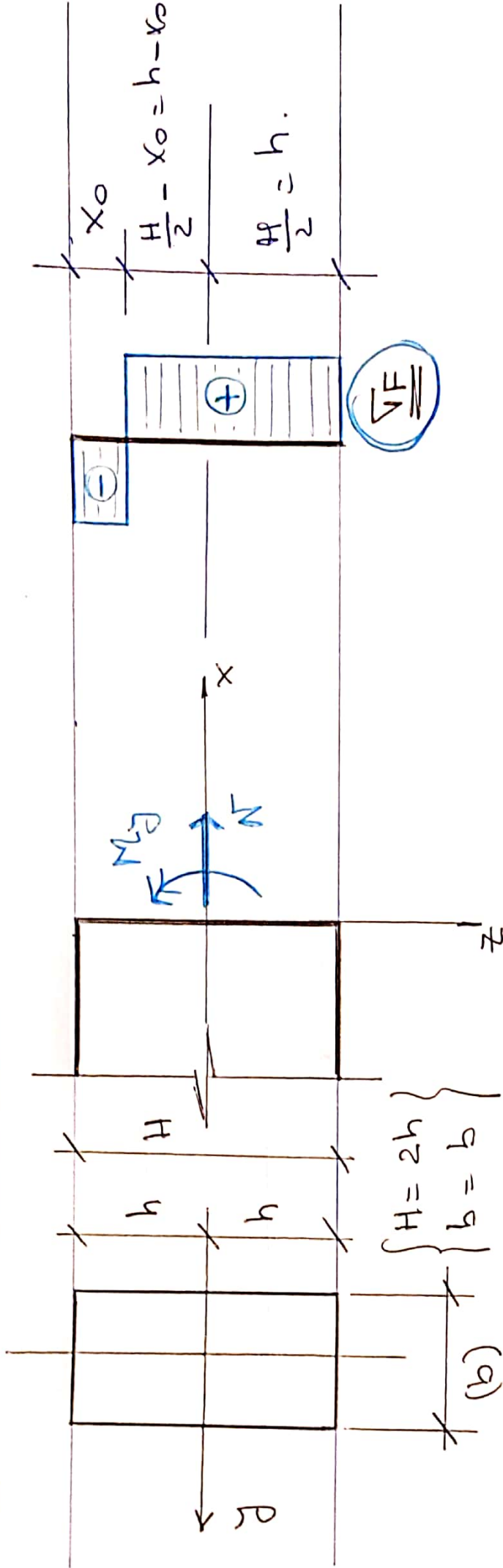
IV) condiciones extremas:

• si $\sqrt{I_2} \neq 0$ y $M_2 = 0 \rightarrow \frac{\sqrt{I_2}}{n \sqrt{F}} = 1 \rightarrow$ se obtiene el eje

• si $n=0$ y $M_2 \neq 0 \rightarrow \frac{M_2}{n \sqrt{F}} = 1 \rightarrow$ se obtiene el eje

II) se obtiene las secciones de la estructura la tensión de flexión

II) Plasticación total:



• La combinación de N y M es tal que las tensiones por torsión son σ_F en todos los puntos de la sección $\rightarrow$ la sección está totalmente plasticada.

• Si sólo $S_A \rightarrow M = 0 \rightarrow x_0 = 0 \quad \gamma \quad \underline{\underline{N_F = \sigma_F \cdot b \cdot H = \sigma_F \cdot b \cdot 2h}} \quad (20)$

• si sólo (SF) simple $\rightarrow N=0 \rightarrow x_0 = \frac{H}{2} = h \rightarrow M_P = GFbh^2 = \frac{GFbH^2}{4}$ (26)

• si $N \neq 0$ y $M \neq 0$ se usan la siguiente expresión:

$$\frac{M_y}{GF \cdot \frac{bH^2}{4}} + \frac{d^2}{GF^2 \cdot b^2 H^2} = 1 \quad (\text{ver transformación de Einar})$$

y si como $GF \cdot b \cdot H = dF \quad \wedge \quad GF \cdot \frac{bH^2}{4} = M_P = \frac{3}{2} M_E = \frac{3}{2} MF$

• Luego:

$$\frac{\frac{2}{3} \frac{M_y}{MF}}{\frac{2}{3} \frac{M_y}{MF} + \frac{d^2}{N_F^2}} = 1 \quad (3)$$

$\rightarrow$ curva característica por potencia para las corrientes de N_y
 M_y por ~~corriente~~ conductores a una potencia total de la
 sección.

DE 'N' Y 'M'

→ I) Proyección sobre el eje 'x':

$$-\int_{-h}^{-(h-x_0)} \frac{G_F d\sigma}{b dz} + \int_{-(h-x_0)}^{+h} \frac{G_F d\sigma}{b dz} = N.$$

$$-G_F b \cdot z \Big|_{-h}^{-(h-x_0)} + G_F b \cdot z \Big|_{-(h-x_0)}^{+h} = N$$

$$\cancel{G_F b h} - G_F b x_0 - \cancel{G_F b h} + G_F b h + G_F b h - G_F b x_0 = N$$

$$2 G_F b h - 2 G_F b x_0 = N.$$

$$\boxed{G_F b (2h - 2x_0) = G_F b (H - 2x_0) = N} \quad (4)$$

→ II) momentos respecto del eje 'y':

$$G_F b x_0 \cdot \left(h - x_0 + \frac{x_0}{2} \right) - G_F b (h - x_0) \cdot \left(\frac{h - x_0}{2} \right) + G_F b \cdot h \cdot \frac{h}{2} = M_y$$

$$G_F b \left[h x_0 - \frac{1}{2} x_0^2 - \left(\frac{1}{2} h^2 - h x_0 + \frac{1}{2} x_0^2 \right) + \frac{1}{2} h^2 \right] = M_y$$

$$G_F b \left[\cancel{h x_0} - \frac{1}{2} x_0^2 - \cancel{\frac{1}{2} h^2} + \cancel{h x_0} - \frac{1}{2} x_0^2 + \cancel{\frac{1}{2} h^2} \right] = M_y$$

$$G_F b \left[2h x_0 - x_0^2 \right] = M_y \rightarrow \boxed{\begin{aligned} M_y &= G_F b [2h x_0 - x_0^2] = \\ &= G_F b [H x_0 - x_0^2] \end{aligned}} \quad (5)$$

$$\rightarrow DE(4) \rightarrow \left[X_0 = \frac{F_{FB} \cdot h}{2 \sigma_F b} - \frac{\sigma_F b h^2}{2 \sigma_F b} \right] \quad (6)$$

→ Reemplazando en (5):

$$M_y = \sigma_F b \left[2h \cdot h - \frac{2h \sigma_F}{2 \sigma_F b} - \left(h - \frac{\sigma_F}{2 \sigma_F b} \right)^2 \right]$$

$$M_y = \sigma_F b h^2 - \frac{\sigma_F^2}{4 \sigma_F b} = \sigma_F b h^2 - \frac{\sigma_F^2}{4 \sigma_F b}$$

$$\boxed{\frac{M_y}{\sigma_F b h^2} + \frac{\sigma_F^2}{4 \sigma_F b} = 1} \quad (7)$$

→ para sección normal:

$$M_P = \sigma_F b h^2 = \sigma_F b \frac{h^2}{4} = \frac{3}{2} M_C = \frac{3}{2} M_F \quad (8)$$

$$N_C = N_F = \sigma_F b h = \sigma_F b 2h$$

$$N_F^2 = \sigma_F^2 b^2 h^2 = 4 \sigma_F^2 b^2 h^2 \quad (9)$$

$$\boxed{\frac{2}{3} \frac{M_y}{M_F} + \left(\frac{N}{N_F} \right)^2 = 1} \quad (10)$$

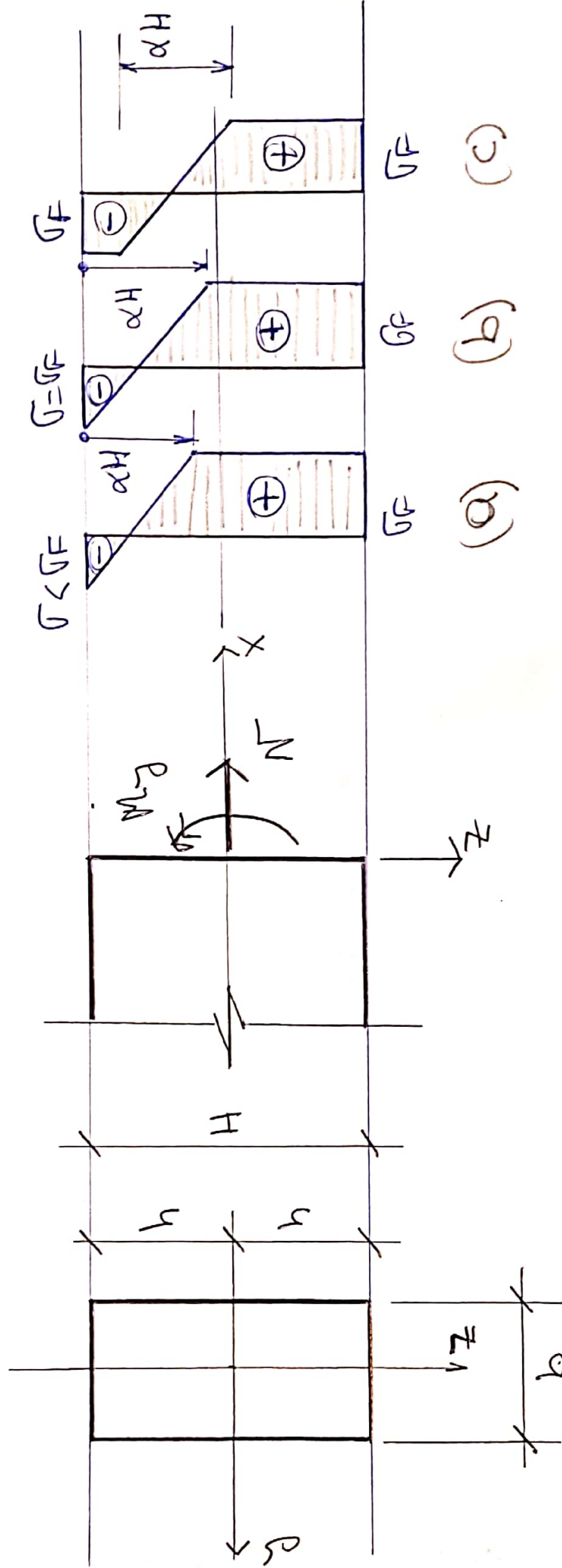
→ es una curva que da todas las combinaciones de

N y M p/ distribución tors. de la sección:

22/26

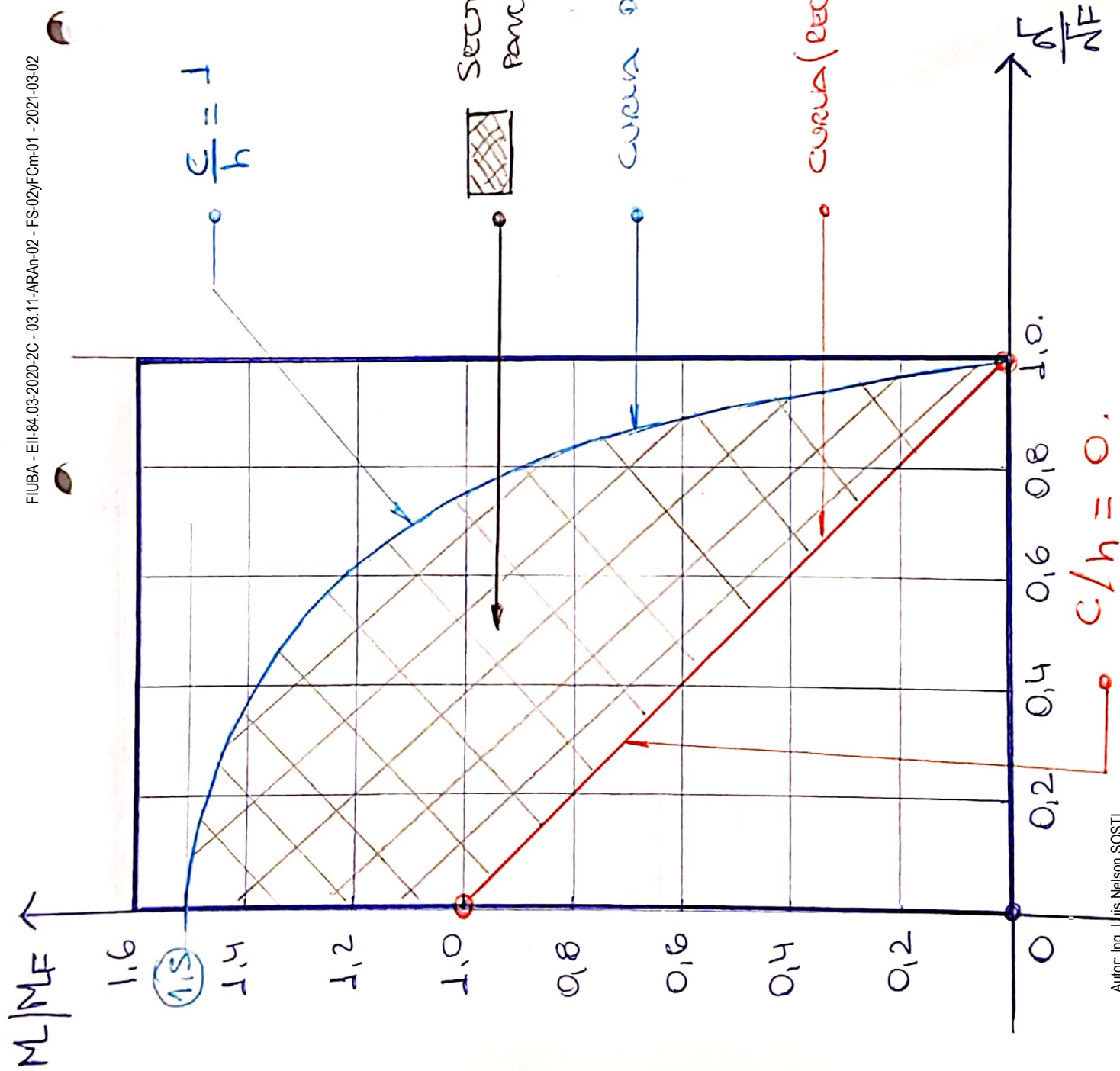
III Plasticación parcial:

- Se presentan 3 posibles casos p/son considerados para los casos so
requiere conocer las condiciones de contorno a las secciones.



23/26

C: POUERMACIÓN PLÁSTICA.



24/26

→ Para una sección rectangular y para flexión compuesta; se tiene:

$$\frac{M}{I} = e = cte. ; \quad \sigma_F = \sigma_F b H ; \quad M_F = \frac{\sigma_F \cdot I}{Z_{max}} = \frac{\sigma_F b H^3}{\frac{H}{2} \cdot \frac{1}{6}} = \frac{\sigma_F b H^2}{6}$$

$$\frac{M_F}{\sigma_F} = \frac{\sigma_F b^2 H^3}{6 \cdot \sigma_F b H} = \frac{H}{6} = cte \quad p/una \quad sección \quad rectangular.$$

$$\frac{M/N}{M_F/\sigma_F} = \frac{c \cdot e}{H} = cte. = k.$$

$$\frac{M}{M_F} : \frac{\sigma}{\sigma_F} = \frac{c \cdot e}{H} = k \quad \rightarrow \quad \text{FAMILIA DE CURVAS} \quad (11)$$

25/26

→ 3 PROBLEMAS:

1) sección rectangular para.

b_F definido.

e o dato

c o dato

→ cuál es n ?

- $k = \frac{6e}{H}$

- recta ' n ' intersección con curva de penetración plástica ' c ' → $\frac{\sigma}{\sigma_F} \rightarrow n$

2) sección rectangular

b_F

M y σ

→ cuál ' c '?

- $M/M_F \cdot \sigma/\sigma_F$

- con ~~LA~~ ABSCISA y LA ORDENADA se obtienen ' c ', ' k ' y ' e '!

3) sección rectangular

b_F

M y σ

→ cuál es el momento de tracción?

- M/M_F y σ/σ_F

- LA INTERSECCIÓN DARINO A LA BARRA, en punto, en curva darino

LA BARRA.

- DISTRIBUCIÓN

- DISTRIBUCIÓN PUNTO

- PLASTICIDAD

