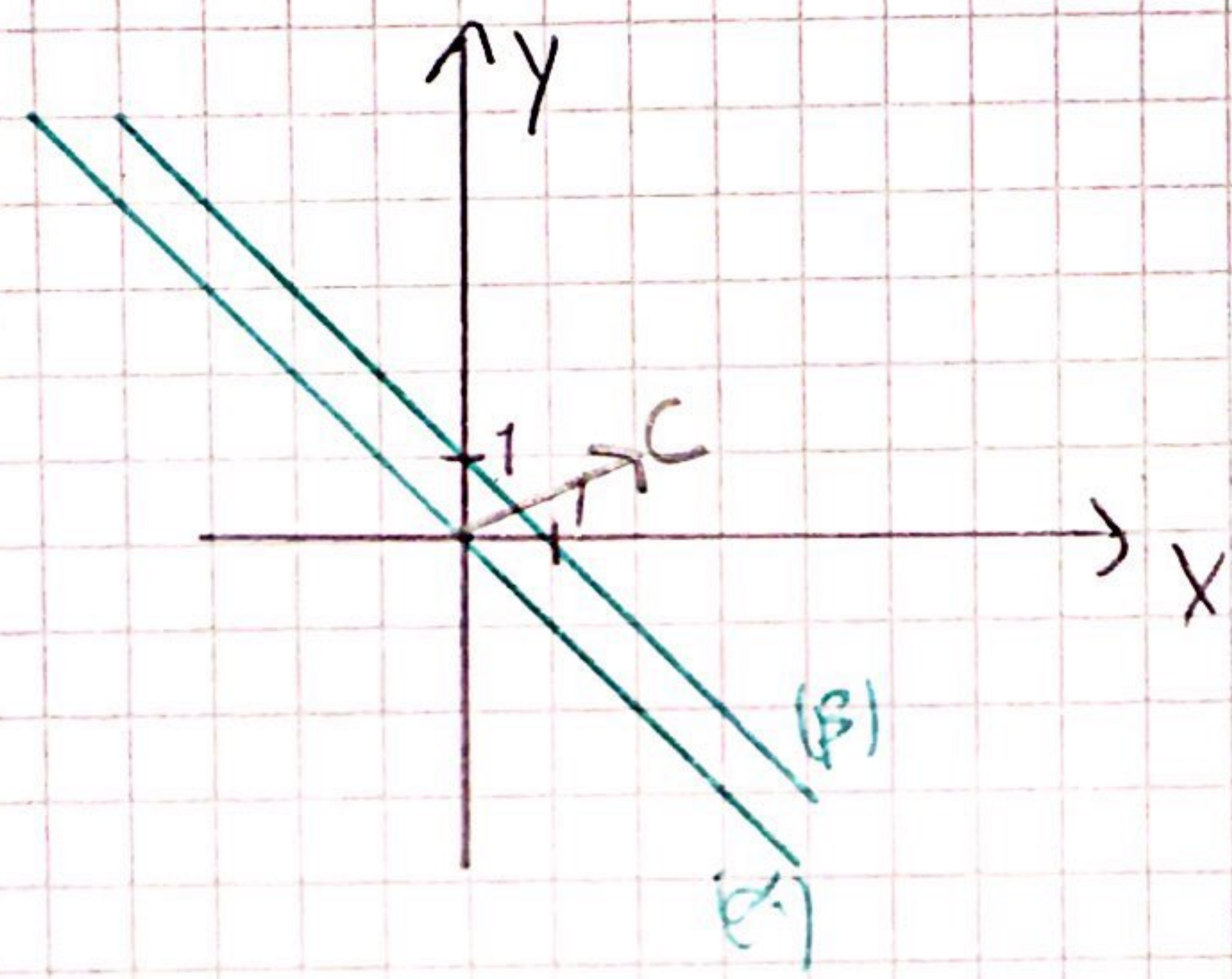
PRACTICO 7

1

a) $\nabla f(x,y)=(2,1)=C$

(α) $f(x,y)=0=2x+y$

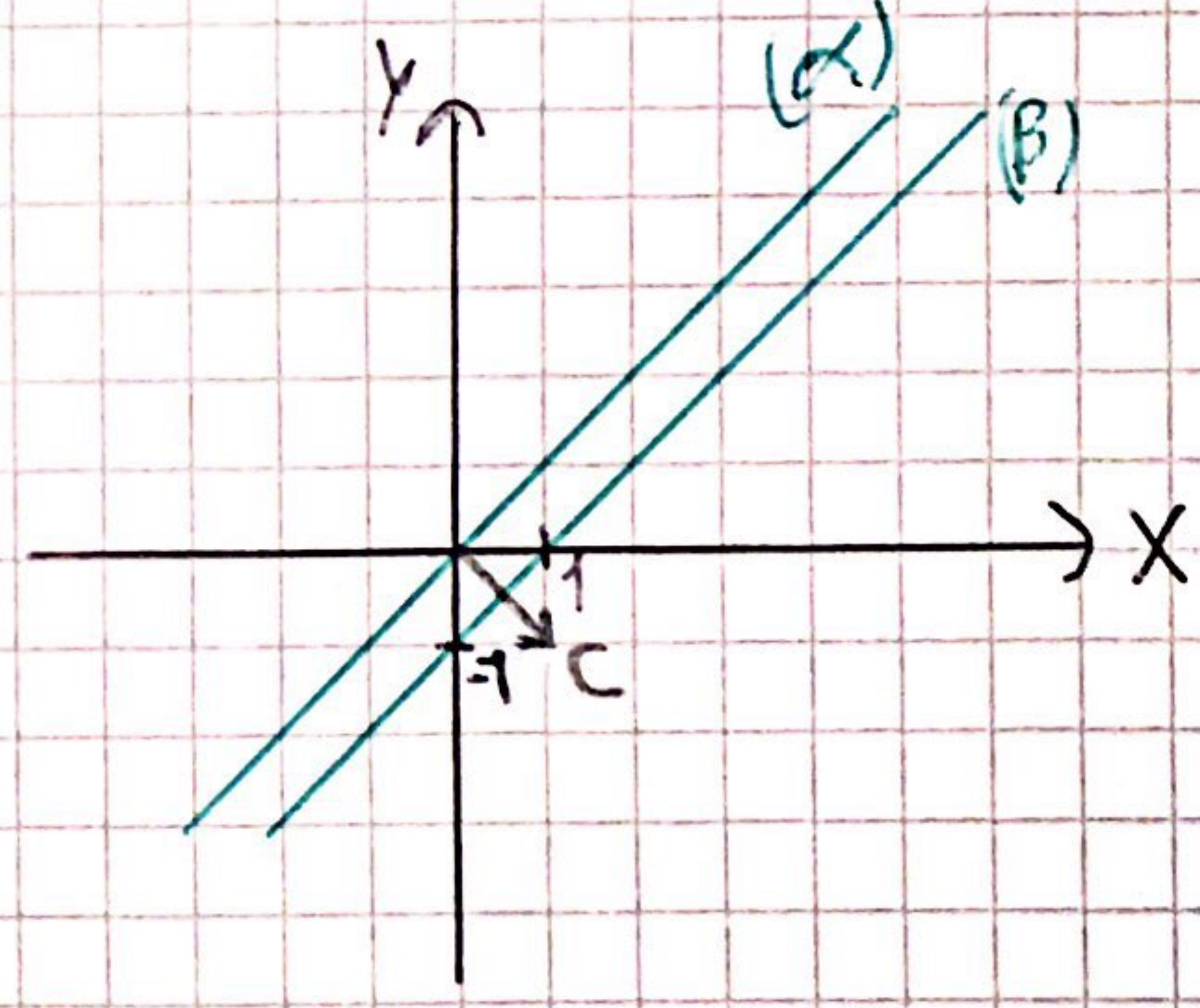
(β) $f(x,y)=1=2x+y$



b) $\nabla g(x,y)=(1,-1)$

(α) $g(x,y)=0=x-y$

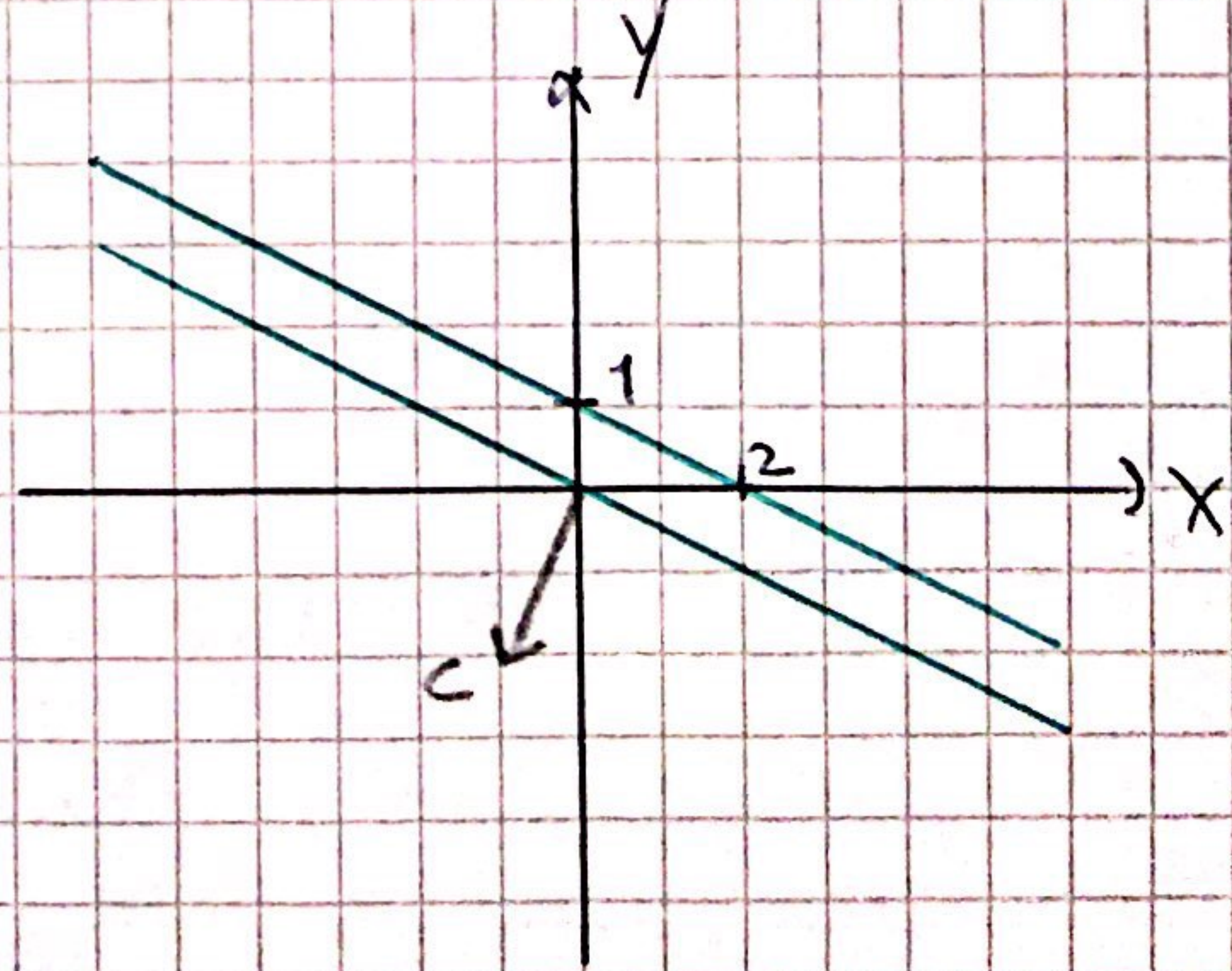
(β) $g(x,y)=1=x-y$



c) $\nabla h(x,y)=(-1,-2)$

(α) $h(x,y)=0=-x-2y$

(β) $h(x,y)=1=-x-2y$



2

a)

Función

maximizar → minimizar

función de costo: $f(x) = -3x_1 - 5x_2 + 4x_3$

Variables

$\bar{x}_1 = x_1 - 1 \geq 0$

$\bar{x}_2 = 7 - x_2 \geq 0$

Luego: $z = -3x_1 - 5x_2 + 4x_3 = -3(\bar{x}_1 + 1) - 5(7 - \bar{x}_2) + 4x_3 = -3\bar{x}_1 + 5\bar{x}_2 + 4x_3 - 38$

$$\begin{cases} 7(\bar{x}_1 + 1) - 2(7 - \bar{x}_2) - 3x_3 \geq 4 \\ -2(\bar{x}_1 + 1) + 4(7 - \bar{x}_2) + 8x_3 = -3 \\ 5(\bar{x}_1 + 1) - 3(7 - \bar{x}_2) - 2x_3 \leq 9 \\ \bar{x}_1, \bar{x}_2, x_3 \geq 0 \end{cases}$$

Restricciones

I) $7\bar{x}_1 + 2\bar{x}_2 - 3x_3 + 7 - 14 \geq 4$

$7\bar{x}_1 + 2\bar{x}_2 - 3x_3 \geq 11$

$7\bar{x}_1 + 2\bar{x}_2 - 3x_3 - s_1 = 11$ con $s_1 \geq 0$

II) $5\bar{x}_1 + 3\bar{x}_2 - 2x_3 + 5 - 21 \leq 9$

$5\bar{x}_1 + 3\bar{x}_2 - 2x_3 \leq 25$

$5\bar{x}_1 + 3\bar{x}_2 - 2x_3 + s_2 = 25$ con $s_2 \geq 0$

Finalmente:

$$\min: \hat{z} = -3\bar{x}_1 + 5\bar{x}_2 + 4x_3 - 38$$

s.a: $7\bar{x}_1 + 2\bar{x}_2 - 3x_3 - s_1 = 11$

$-2\bar{x}_1 - 4\bar{x}_2 + 8x_3 = -29$

$5\bar{x}_1 + 3\bar{x}_2 - 2x_3 + s_2 = 25$

$\bar{x}_1, \bar{x}_2, x_3, s_1, s_2 \geq 0$

b)

Variables

$\bar{x}_1 = x_1 - 2 \geq 0$

$x_3 = \bar{x}_3 - \hat{x}_3$ con $\bar{x}_3, \hat{x}_3 \geq 0$

Luego:

$$\hat{z} = x_1 - 5x_2 - 7x_3 = (\bar{x}_1 + 2) - 5x_2 - 7(\bar{x}_3 - \hat{x}_3) = \bar{x}_1 - 5x_2 - 7\bar{x}_3 + 7\hat{x}_3 + 2$$

$$\begin{cases} 5(\bar{x}_1 + 2) - 2x_2 + 6(\bar{x}_3 - \hat{x}_3) \geq 5 \\ 3(\bar{x}_1 + 2) + 4x_2 - 9(\bar{x}_3 - \hat{x}_3) = 3 \\ 7(\bar{x}_1 + 2) + 3x_2 + 5(\bar{x}_3 - \hat{x}_3) \leq 9 \\ \bar{x}_1, \bar{x}_3, \hat{x}_3, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Restricciones

I) $5\bar{x}_1 - 2x_2 + 6\bar{x}_3 - 6\hat{x}_3 + 10 \geq 5$

$5\bar{x}_1 - 2x_2 + 6\bar{x}_3 - 6\hat{x}_3 \geq -5$

$5\bar{x}_1 - 2x_2 + 6\bar{x}_3 - 6\hat{x}_3 - s_1 = -5$ con $s_1 \geq 0$

4)

$$7\bar{X}_1+3X_2+5\bar{X}_3-5\hat{X}_3+14\leq 9$$

$$7\bar{X}_1+3X_2+5\bar{X}_3-5\hat{X}_3\leq -5$$

$$7\bar{X}_1+3X_2+5\bar{X}_3-5\hat{X}_3+S_2=-5 \qquad \text{Con } S_2\geq 0$$

Finalmente:

$$\text{min: } \hat{z}=\bar{X}_1-5X_2-7\bar{X}_3+7\hat{X}_3+2$$

$$\text{s.a: } 5\bar{X}_1-2X_2+6\bar{X}_3-6\hat{X}_3-S_1=-5,$$

$$3\bar{X}_1+4X_2-9\bar{X}_3-9\hat{X}_3=-3$$

$$7\bar{X}_1+3X_2+5\bar{X}_3-5\hat{X}_3+S_2=-5$$

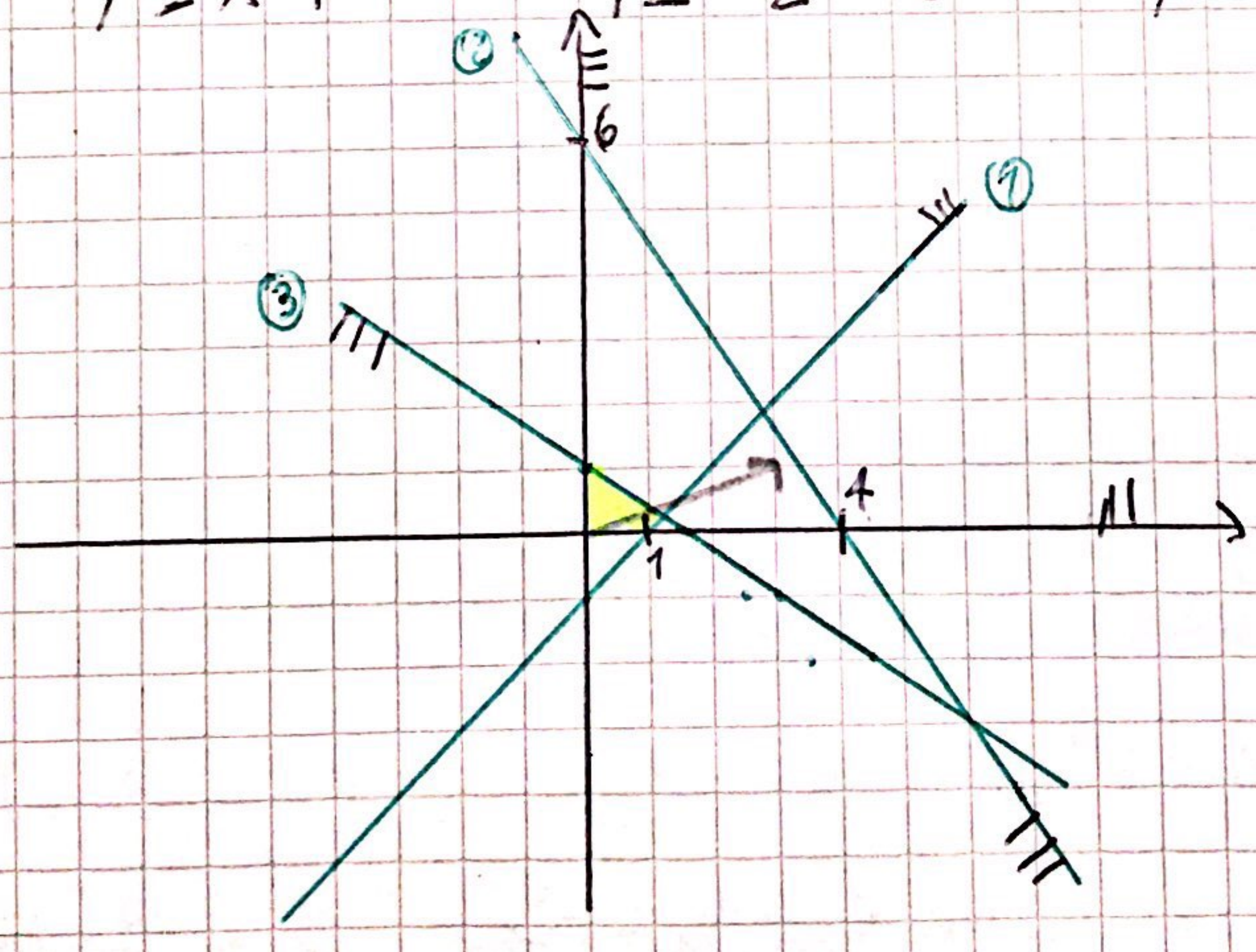
$$\bar{X}_1, X_2, \bar{X}_3, \hat{X}_3, S_1, S_2\geq 0$$

3

a) $C=\nabla f=(3,1)$

① $x-y\leq 1$ ② $3x+2y\leq 12$ ③ $2x+3y\leq 3$

$y\geq x-1$ $y\leq -\frac{3}{2}x+6$ $y\leq -\frac{2}{3}x+1$



minimo: (0,0)

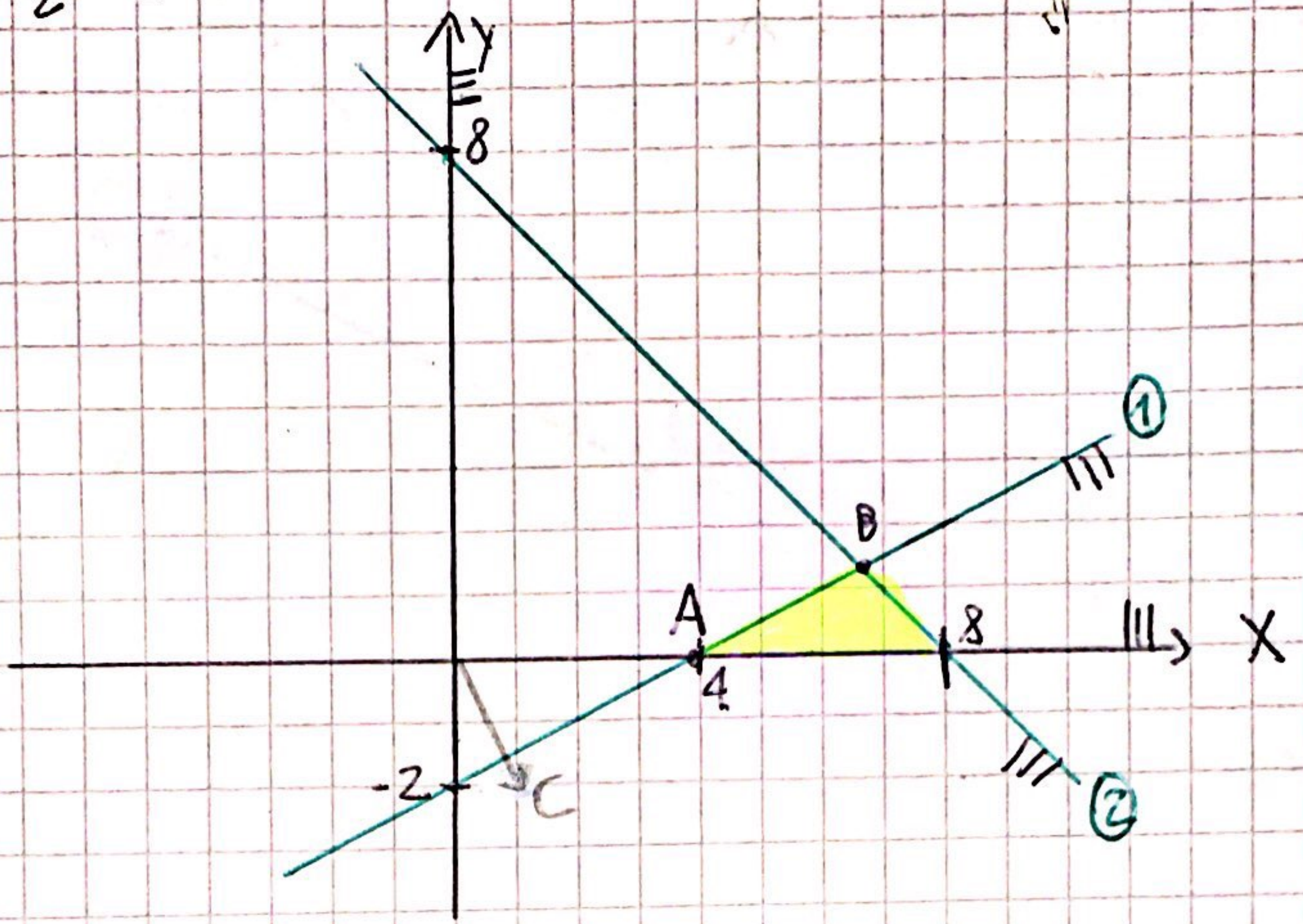
b) $C = \nabla f = (1,-2)$

① $x-2y \geq 4$

$y \leq \frac{x}{2} - 2$

② $x+y \leq 8$

$y \leq -x+8$



Dado que $C \perp$ ①:

mínimo: segmento $\overline{AB}$

c) $\nabla f = (1,2)$

① $2x+y \geq 12$

$y \geq -2x+12$

② $x+y \geq 5$

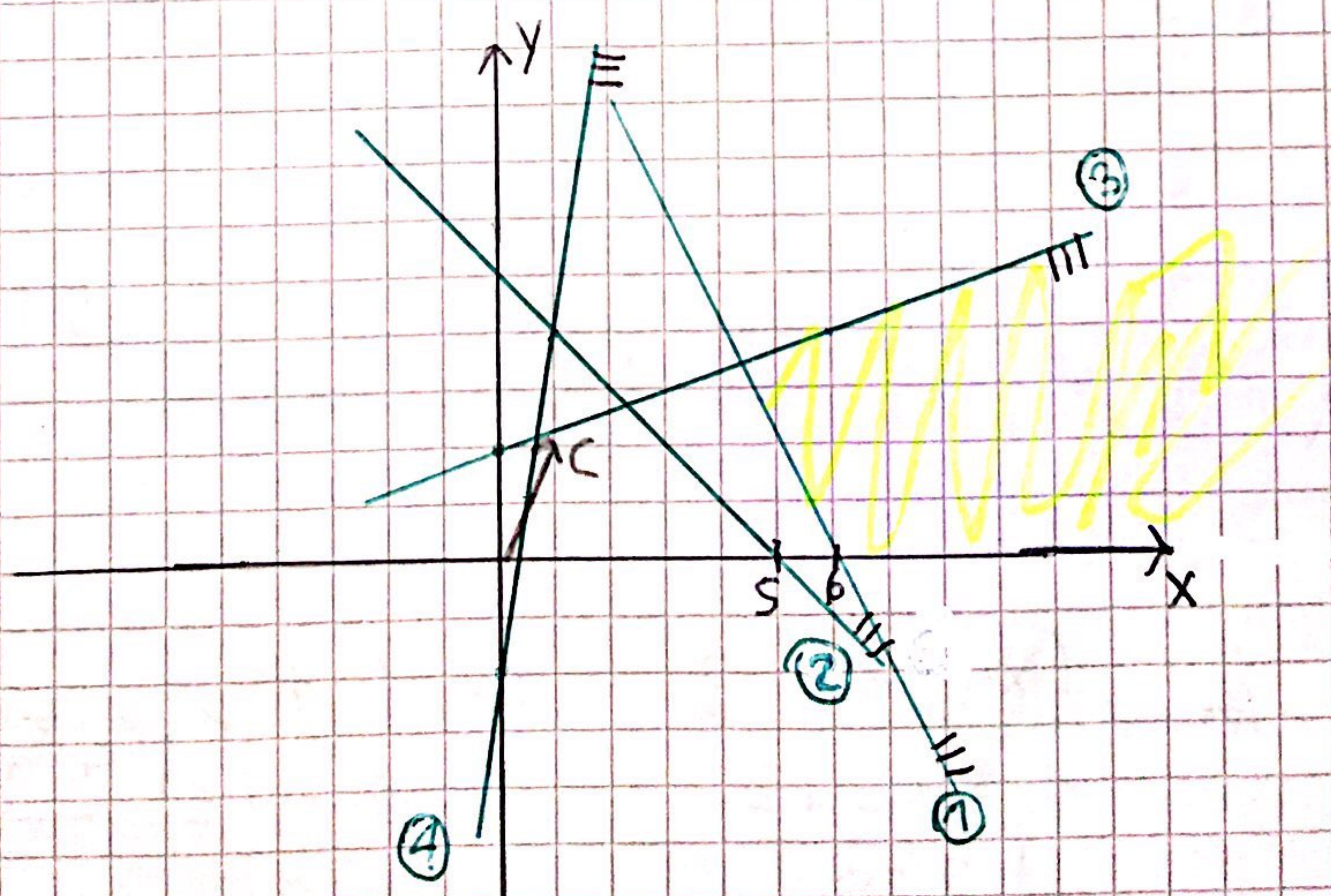
$y \geq -x+5$

③ $-x+3y \leq 3$

$y \leq \frac{x}{3}+1$

④ $6x- \quad \geq 2$

$y \leq 6x-2$

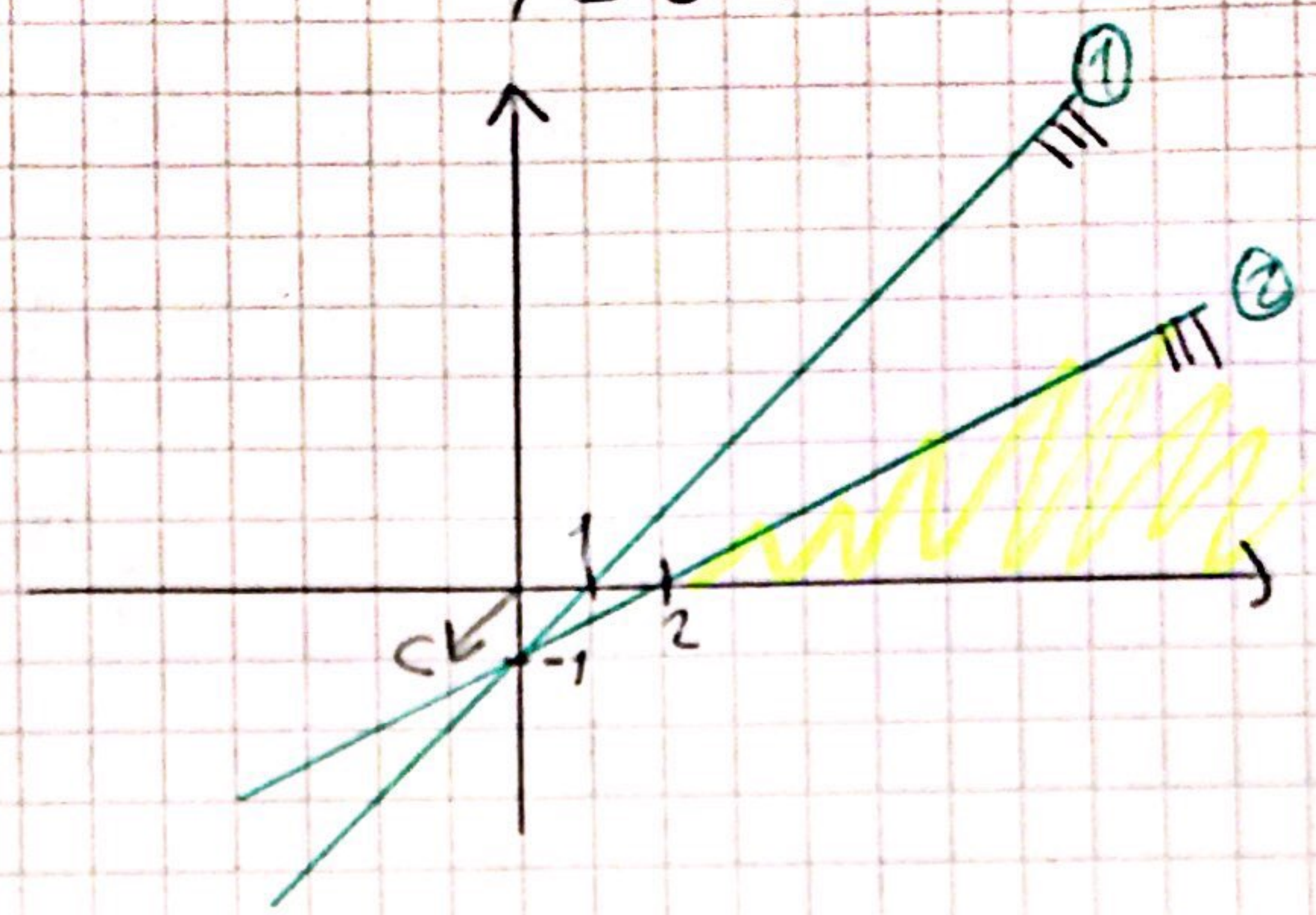


∴ No tiene max

d) $\nabla f = (-1,-1)$

① $x - y \geq 1$ ② $x - 2y \geq 2$

$y \leq x - 1$ $y \leq \frac{x}{2} - 1$



$\therefore$ No tiene minimo

4

A $\begin{cases} x+y+z=3 \\ y-z=2 \\ x-2y=1 \end{cases}$ $\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & -1 & 2 \\ 1 & -2 & 0 & 1 \end{array}\right) \xrightarrow{F_3 - F_1}$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & -1 & 2 \\ 0 & -3 & -1 & -2 \end{array}\right) \xrightarrow[F_3+3F_2]{F_1-F_2} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 2 \\ 0 & 0 & -4 & 4 \end{array}\right) \xrightarrow{-\frac{F_3}{4}}$$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{array}\right) \xrightarrow[F_2+F_3]{F_1-2F_3} \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{array}\right) \quad P_1: (3,1,-1)$$

B $\begin{cases} x+y+z=3 \\ y-z=2 \\ x=0 \end{cases}$ $\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & -1 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{F_1-F_3}$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 1 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & -1 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{F_1-F_2} \left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{2F_2} \left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & -2 & 4 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{F_2+F_1}$$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 5 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \qquad P_2: \left(0, \frac{5}{2}, \frac{1}{2}\right)$$

C $\begin{cases} y-z=2 \\ x-2y=1 \\ x=0 \end{cases}$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 1 & -1 & 2 \\ 1 & -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{F_2-F_1} \left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 1 & -1 & 2 \\ 0 & -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{2F_1}$$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 2 & -2 & 4 \\ 0 & -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{F_1+F_2} \left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & -2 & 5 \\ 0 & -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \qquad P_3: \left(0, -\frac{1}{2}, -\frac{5}{2}\right)$$

D $\begin{cases} x+y+z=3 \\ x-2y=1 \\ x=0 \end{cases}$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 1 & 3 \\ 1 & -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow[F_2-F_3]{F_1-F_3} \left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 1 & 1 & 3 \\ 0 & -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{2F_1}$$

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 2 & 2 & 6 \\ 0 & -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \xrightarrow{F_1+F_2} \left(\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & 2 & 7 \\ 0 & -2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \qquad P_4: \left(0, -\frac{1}{2}, \frac{7}{2}\right)$$

Veamos si P_1, P_2, P_3, P_4 cumplen con todas las restricciones.

P_1

$x=3 \geq 0$ ✓

P_2

$0-2\cdot\frac{5}{2}=-5\leq 1$ ✓

$\underline{P_3}$

$-\frac{1}{2}-\frac{5}{2}=-3\leq 3$ ✓

$\underline{P_4}$

$-\frac{1}{2}-\frac{7}{2}=-4\leq 3$ ✓

7

a)

Lo llevo a forma estándar:

$2X_1+X_2\leq 100 \rightsquigarrow 2X_1+X_2+X_3=100$ con $X_3\geq 0$

$X_1+X_2\leq 80 \rightsquigarrow X_1+X_2+X_4=80$ con $X_4\geq 0$

$X_1\leq 40 \rightsquigarrow X_1+X_5=40$ con $X_5\geq 0$

Entonces:

$$\begin{cases} 2X_1+X_2+X_3=100 \\ X_1+X_2+X_4=80 \\ X_1+X_5=40 \\ X_1,X_2,X_3,X_4,X_5\geq 0 \end{cases}$$

Luego:

$$A=\begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{3\times 5}$$

$$b=\begin{pmatrix} 100 \\ 80 \\ 40 \end{pmatrix}$$

hay: $\binom{5}{3}=\frac{5!}{3!\,2!}=10$ casos

Caso 1

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad X_B = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} \Longrightarrow X_B = B^{-1}.b = (40, 40, -20)$$

Luego:

$$N = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} , \quad X_N = \begin{pmatrix} X_4 \\ X_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Por lo tanto la solución asociada a esta base:

$$(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (40, 40, -20, 0, 0)$$

la cual es infactible pues $X_3 < 0$

Caso 2

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} , \quad X_B = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

Luego:

$$N = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} , \quad X_N = \begin{pmatrix} X_3 \\ X_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$X_B = B^{-1}.b = (40, 20, 20)$$

Solucion asociada a esta base: $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (40, 20, 0, 20, 0)$

Cumple con las restricciones $\leadsto$ es factible

y corresponde al vértice $(40, 20)$

Caso 3

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad X_B = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_5 \end{pmatrix}$$

Luego:

$$N = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad X_N = \begin{pmatrix} X_3 \\ X_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$X_B = B^{-1} \cdot b = (20, 60, 20)$$

Solución asociada a esta base: $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (20, 60, 0, 0, 20)$

cumple con las restricciones no es factible

y corresponde al vértice $(20, 60)$

Caso 4

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad X_B = \begin{pmatrix} X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad X_N = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

B no es invertible $\Rightarrow$ $B \cdot X_B = b$ no corresponde a una sol. básica

Caso 5

$$B=\begin{pmatrix}1&1&0\\1&0&0\\0&0&1\end{pmatrix}, \quad X_B=\begin{pmatrix}X_2\\X_3\\X_5\end{pmatrix}$$

$$N=\begin{pmatrix}2&0\\1&1\\1&0\end{pmatrix}, \quad X_N=\begin{pmatrix}X_1\\X_4\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\0\end{pmatrix}$$

$X_B = B^{-1}b = (80, 20, 40)$

La sol básica asociada a B: $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (0, 80, 20, 0, 40)$

no cumple con las restricciones no es factible

y corresponde al vértice $(0,80)$

Caso 6

$$B=\begin{pmatrix}1&0&0\\1&1&0\\0&0&1\end{pmatrix}, \quad X_B=\begin{pmatrix}X_2\\X_4\\X_5\end{pmatrix}$$

Luego:

$$N=\begin{pmatrix}2&1\\1&0\\1&0\end{pmatrix}, \quad X_N=\begin{pmatrix}X_1\\X_3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\0\end{pmatrix}$$

$X_B = B^{-1}b = (100, -20, 40)$

Sol básica asociada a B: $(0, 100, 0, -20, 40)$

No es factible pues $X_4 < 0$

Caso 7

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad X_B = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad X_N = \begin{pmatrix} X_2 \\ X_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$X_B = B^{-1} b = (40, 20, 40)$

Sol básica asociada a B: $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (40, 0, 20, 40, 0)$

$\rightarrow$ cumple con las restricciones $\rightsquigarrow$ es factible

y está asociada al vértice $(40,0)$

Caso 8

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad X_B = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_3 \\ X_5 \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad X_N = \begin{pmatrix} X_2 \\ X_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$X_B = B^{-1} b = (80, -60, -40)$

Sol básica asociada a B: $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (80, 0, -60, 0, -40)$

No es factible pues $X_3, X_5 < 0$

Caso 9

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad X_B = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_4 \\ X_5 \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad X_N = \begin{pmatrix} X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$X_B = B^{-1}b = (50, 30, -10)$

Sol básica asociada a B: $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (50, 0, 0, 30, -10)$

No es factible pues $X_5 < 0$

Caso 10

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad X_B = \begin{pmatrix} X_3 \\ X_4 \\ X_5 \end{pmatrix}$$

$$N = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad X_N = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix}$$

$X_B = B^{-1}b = (100, 80, 40)$

Sol básica asociada a B: $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (0, 0, 100, 80, 40)$

no cumple las restricciones no es factible.

y está asociada al $(0,0)$.

b) Todas las sol. bas. factibles vienen asociadas a un vértice, estos son:

(40,20), (20,60), (0,80), (40,0), (0,0)

8

a)

Lo llevo a la forma estandar:

$X_1+X_2 \leq 12 \rightsquigarrow X_1+X_2+X_3=12$ con $X_3 \geq 0$

$2X_1+X_2 \leq 12 \rightsquigarrow 2X_1+X_2+X_4=12$ con $X_4 \geq 0$

Entonces:

$$\begin{array}{ll} \min & Z = 40X_1+30X_2 \\ \text{s.a} & X_1+X_2+X_3=12 \\ & 2X_1+X_2+X_4=12 \\ & X_i \geq 0 \quad \forall i \end{array}$$

$A \in \mathbb{R}^{2\times4} \Rightarrow B \in \mathbb{R}^{2\times2} \Rightarrow X_B \in \mathbb{R}^2$

Luego:

	X_1	X_2	X_3	X_4	LD
$-Z$	40	30	0	0	0
X_3	1	1	1	0	12
X_4	2	1	0	1	12

$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

Test de optimalidad: no hay ningún $\hat{c}_r < 0$ y por lo tanto esta es la sol. básica factible óptima.

$\rightsquigarrow (0,0,12,12)$

minimizador: $(0,0)$

Valor óptimo: $f(0,0)=0$

9

frágil: $5T_r + 3T_n \rightsquigarrow \frac{250}{T}$

Poco frágil: $3T_r + 5T_n \rightsquigarrow \frac{300}{T}$

resistente: $5T_r + 5T_n \rightsquigarrow \frac{400}{T}$

entonces:

$$f(x) = x_1 \cdot 250 + x_2\, 300 + x_3\, 400$$

restricciones: $5x_1 + 3x_2 + 5x_3 \leq 100$ $\rightsquigarrow$ total de rojo

$3x_1 + 5x_2 + 5x_3 \leq 800$ $\rightsquigarrow$ total de negro

En forma estándar:

min: $z = -250x_1 - 300x_2 - 400x_3$

s.a: $5x_1 + 3x_2 + 5x_3 + x_4 = 100$

$3x_1 + 5x_2 + 5x_3 + x_5 = 80$

$x_i \geq 0$

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LD
$-Z$	-250	-300	-400	0	0	0
X_4	5	3	5	1	0	100
X_5	3	5	5	0	1	80

$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

test de optimalidad: existe $\hat{c}_j < 0$. Elijo X_3 para entrar a la base, pues $\hat{c}_3 < 0$ y además es el menor de todos.

test del cociente minimo:

$$\min\left\{\underbrace{\frac{100}{5}}_{X_4}, \underbrace{\frac{80}{5}}_{X_5}\right\} = \min\{20, 16\} = 16$$

$\Rightarrow X_5$ sale de la base.

$\xrightarrow{F_2 - F_3,\ F_1 + 80F_3}$

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LD
$-Z$	-10	100	0	0	80	6400
X_4	2	-2	0	1	-1	20
X_5	3	5	5	0	1	80

$\xrightarrow{\frac{F_3}{5}}$

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LD
$-Z$	-10	100	0	0	80	6400
X_4	2	-2	0	1	-1	20
X_3	$\frac{3}{5}$	1	1	0	$\frac{1}{5}$	16

test de optimalidad: existe $c_j < 0$, X_1 entra a la base.

Test del cociente mínimo:

$$\min\left\{\frac{20}{2}, \frac{16}{\frac{8}{5}}\right\} = \min\{10, 26\ldots\} = 10$$

$\frac{20}{2} \to X_4$, $\frac{16}{\frac{8}{5}} \to X_3$

$\Rightarrow X_4$ sale de la base.

$F_1 + 5F_2$

$F_3 - \frac{3}{10}F_2 \longrightarrow$

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LD
$-Z$	0	90	0	5	75	6500
X_4	2	-2	0	1	-1	20
X_3	0	$\frac{8}{5}$	1	$-\frac{3}{10}$	$\frac{1}{2}$	10

$\xrightarrow{\frac{F_2}{2}}$

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	LD
$-Z$	0	90	0	5	75	6500
X_1	1	-1	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	10
X_3	0	$\frac{8}{5}$	1	$-\frac{3}{10}$	$\frac{1}{2}$	10

Test de optimalidad: no hay ningún $c_j < 0$

$\therefore$ Terminó el algoritmo

Solución básica: $(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) = (10, 0, 10, 0, 0)$

$\downarrow$

solución óptima

$\therefore$ Deberían hacer 10 toneladas de frágil, 10 toneladas de resistentes y ninguna de poco frágil.