Ejemplo V:

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	-3	-5	0	0	0	0	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4	
x_4	2	0	0	2	0	1	0	12	(1/2)
x_5	3	0	3	2	0	0	1	18	

Prueba de optimalidad: No todos los elementos de la primer fila son ≥ 0

Variable que entra: x_2

Prueba del cociente mínimo: $min\left\{\frac{12}{2},\frac{18}{2}\right\}=6$

Variable que sale: x_4

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	-3	-5	0	0	0	0	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4	
	2	0	0	1	0	1/2	0	6	(5)(-2)
x_5	3	0	3	2	0	0	1	18	

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	-3	0	0	5/2	0	30	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4	
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	6	
x_5	3	0	3	0	0	-1	1	6	(1/3)

Prueba de optimalidad: No todos los elementos de la primer fila son ≥ 0

Variable que entra: x_1

Prueba del cociente mínimo: $min\left\{\frac{4}{1},\frac{6}{3}\right\}=2$

Variable que sale: x_5

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	-3	0	0	5/2	0	30	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4	
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	6	
	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	2	(-1)(3)

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	0	0	0	3/2	1	36
x_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	2
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	6
x_1	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	2

Prueba de optimalidad: Todos los elementos de la primer fila son ≥ 0, es la solución óptima.

Por lo tanto, la solución óptima es:

$z^{¿}=36$

$x^{¿}=\begin{pmatrix}2\\6\end{pmatrix}$

Ejemplo VI:

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	$\overline{x_5}$	LD	
z	0	1	-3	-5	0	0	M	0	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4	
x_4	2	0	0	2	0	1	0	12	
	3	0	3	2	0	0	1	18	(-M)

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	$\overline{x_5}$	LD	
z	0	1	-3M-3	-2M-5	0	0	0	-18M	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4	(3M+3)(-3)
x_4	2	0	0	2	0	1	0	12	
$\overline{x_5}$	3	0	3	2	0	0	1	18	

Prueba de optimalidad: No todos los elementos de la primer fila son ≥ 0

Variable que entra: x_1

Variable que sale: x_3

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	$\overline{x_5}$	LD	
z	0	1	0	-2M-5	3M+3	0	0	-6M+12	
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4	
x_4	2	0	0	2	0	1	0	12	
$\overline{x_5}$	3	0	0	2	-3	0	1	6	(1/2)

Prueba de optimalidad: No todos los elementos de la primer fila son ≥ 0

Variable que entra: x_2

Variable que sale: $\overline{x_5}$

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	$\overline{x_5}$	LD	
z	0	1	0	-2M-5	3M+3	0	0	-6M+12	
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4	
x_4	2	0	0	2	0	1	0	12	
	3	0	0	1	-3/2	0	1/2	3	(-2)(2M+5)

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	$\overline{x_5}$	LD	
z	0	1	0	0	-9/2	0	M+5/2	27	
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4	
x_4	2	0	0	0	3	1	-1	6	(1/3)
x_2	3	0	0	1	-3/2	0	1/2	3	

Prueba de optimalidad: No todos los elementos de la primer fila son ≥ 0

Variable que entra: x_3

Variable que sale: x_4

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	$\overline{x_5}$	LD
z	0	1	0	0	-9/2	0	M+5/2	27
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4
	2	0	0	0	1	1/3	-1/3	2
x_2	3	0	0	1	-3/2	0	1/2	3

(-1)(9/2)(3/2)

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	$\overline{x_5}$	LD
z	0	1	0	0	0	3/2	M+1	36
x_1	1	0	1	0	0	-1/3	1/3	2
x_3	2	0	0	0	1	1/3	-1/3	2
x_2	3	0	0	1	0	1/2	0	6

Prueba de optimalidad: Todos los elementos de la primer fila son ≥ 0

Por lo tanto, la solución óptima es:

$$\boxed{\begin{array}{l} z^{¿}=36 \\ x^{¿}=\begin{pmatrix} 2 \\ 6 \end{pmatrix} \end{array}}$$

Ejemplo VII:

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	$\overline{x_4}$	x_5	$\overline{x_6}$	LD
z	0	1	3	5	0	M	0	M	0
x_3	1	0	1	0	1	0	0	0	4
	2	0	0	2	0	1	0	0	12
	3	0	3	2	0	0	-1	1	18

(-M)
(-M)

Podemos observar que no está completa la base, hay que darle la forma canónica.
La variable x_5 no puede está dentro de la base en esta iteración porque implica multiplicar la última fila por -1 y eso hace que tengamos un lado derecho negativo, lo cual no debe ser posible.

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	$\overline{x_4}$	x_5	$\overline{x_6}$	LD

z	0	1	-3M-3	-4M+5	0	0	M	0	-30M
x_3	1	0	1	0	1	0	0	0	4
$\overline{x}_4$	2	0	0	2	0	1	0	0	12
$\overline{x}_6$	3	0	3	2	0	0	-1	1	18

Ahora la base está completa, entonces se puede proceder con el método simplex.

Ejemplo XI:

VB	Ecu	w	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	LD	
w	0	1	-4	-12	-18	0	0	0	
y_4	1	0	-1	0	-3	1	0	-3	
y_5	2	0	0	-2	-2	0	1	-5	(-1/2)

Variable que sale: y_5

Prueba del cociente mínimo: $min\left\{\frac{12}{2},\frac{18}{2}\right\}=6$

Variable que entra: y_2

VB	Ecu	w	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	LD	
w	0	1	-4	-12	-18	0	0	0	
y_4	1	0	-1	0	-3	1	0	-3	
	2	0	0	1	1	0	-1/2	5/2	(12)

VB	Ecu	w	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	LD	
w	0	1	-4	0	-6	0	-6	30	
y_4	1	0	-1	0	-3	1	0	-3	(-1/3)
y_2	2	0	0	1	1	0	-1/2	5/2	

Variable que sale: y_4

Prueba del cociente mínimo: $min\left\{\frac{4}{1},\frac{6}{3}\right\}=2$

Variable que entra: y_3

VB	Ecu	w	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	LD	
w	0	1	-4	0	-6	0	-6	30	
	1	0	1/3	0	1	-1/3	0	1	(6)(-1)
y_2	2	0	0	1	1	0	-1/2	5/2	

VB	Ecu	w	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	LD
w	0	1	-2	0	0	-2	-6	36

y_3	1	0	1/3	0	1	-1/3	0	1
y_2	2	0	-1/3	1	0	1/3	-1/2	3/2

Prueba de optimalidad: Todos los LD>=0, entonces es la solución óptima.

La solución óptima es:

$w^{¿}=36$
$y^{¿}=\begin{pmatrix}0 & 3/2 & 1\end{pmatrix}$

Ejemplo XII:

El problema del entrenador es:

Variables de decisión:
x_1 : cantidad de kilogramos de la verdura 1
x_2 : cantidad de kilogramos de la verdura 2
x_3 : cantidad de kilogramos de la verdura 3
x_4 : cantidad de kilogramos de la verdura 4
x_5 : cantidad de kilogramos de la verdura 5

Modelo matemático:
min $z=100x_1+80x_2+95x_3+100x_4+110x_5$ (costo de la EV)
s.a: $2x_1+3x_3+4x_4+x_5\geq 10$ (unidades de vitamina A en la EV)
$x_1+2x_2+2x_3+x_4+3x_5\geq 25$ (unidades de vitamina C en la EV)
$x_1,x_2,x_3,x_4,x_5\geq 0$

El problema de la farmacéutica es:

Variables de decisión:
y_1: precio de cada pastilla de una unidad de vitamina A
y_2: precio de cada pastilla de una unidad de vitamina C

Modelo matemático:
Max $w=10y_1+25y_2$ (venta total)
s.a: $2y_1+y_2\leq 100$ (aporte vitamínico de la verdura 1)
$2y_2\leq 80$ (aporte vitamínico de la verdura 2)

$3\,y_1+2\,y_2\leq 95$ (aporte vitamínico de la verdura 3)
$4\,y_1+y_2\leq 100$ (aporte vitamínico de la verdura 4)
$y_1+3\,y_2\leq 110$ (aporte vitamínico de la verdura 5)
$y_1\geq 0$
$y_2\geq 0$

Ejemplo XIII:

El problema original:

$max\,z=3\,x_1+5\,x_2$

s.a $\quad x_1\leq 4$

$2\,x_2\leq 12$

$3\,x_1+2\,x_2\leq 18$

$x_1,x_2\geq 0$

Variables de holgura

La última tabla del método simplex es:

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	0	0	0	3/2	1	36
x_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	2
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	6
x_1	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	2

El problema bajo estudio es:

$max\,z=3\,x_1+5\,x_2$

s.a $\quad x_1\leq 4$

$2\,x_2\leq 24$

$3\,x_1+2\,x_2\leq 18$

$x_1,x_2\geq 0$

Lados derechos del modelo del problema original

Lados derechos del modelo del problema nuevo

Tenemos que:

$$S^{¿}=\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3} \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \quad y^{¿}=\begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{2} & 1 \end{pmatrix} \quad b=\begin{pmatrix} 4 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix} \quad \bar{b}=\begin{pmatrix} 4 \\ 24 \\ 18 \end{pmatrix} \quad b^{¿}_{anterior}=\begin{pmatrix} 2 \\ 6 \\ 2 \end{pmatrix} \quad z^{¿}_{anterior}=36$$

Actualizamos el valor de la función objetivo:

$$z^{¿}=y^{¿}\bar{b}=\begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{2} & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 24 \\ 18 \end{pmatrix}=54$$

Actualizamos el valor de los lados derechos:

$$b^{¿}=S^{¿}\bar{b}=\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3} \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 4 \\ 24 \\ 18 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 6 \\ 12 \\ -2 \end{pmatrix}$$

Como existe una componente en $b^{¿}$ que es negativa, i.e., -2<0, entonces la solución es infactible. Por lo tanto, hay que reoptimizar con el método simplex dual.

Actualizar los valores de la tabla:

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	0	0	0	3/2	1	54	
x_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	6	
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	12	
x_1	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	-2	(-3)

Variable que sale: x_1

Variable que entra: x_4

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	0	0	0	3/2	1	54	
x_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	6	
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	12	
	3	0	-3	0	0	1	-1	6	(-3/2)(-1/3)(-1/2)

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	45
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	9
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	6

Notamos que la base del problema cambió.
La solución óptima es:

$$z^{¿}=45$$
$$x^{¿}=\begin{pmatrix}0\\9\end{pmatrix}$$

Ejemplo XIV:

Empecemos calculando el intervalo permisible de b_1:

$$b^{¿}=b^{¿}_{anterior}+S^{¿}\Delta b$$

$$b^{¿}=\begin{pmatrix}2\\6\\2\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3}\\ 0 & \frac{1}{2} & 0\\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\Delta b_1\\0\\0\end{pmatrix}$$

$$b^{¿}=\begin{pmatrix}2+\Delta b_1\\6\\2\end{pmatrix}$$

Como $b^{¿}\geq 0$

$$\begin{pmatrix}2+\Delta b_1\\6\\2\end{pmatrix}\geq 0$$

Para el componente 1:
$2+\Delta b_1\geq 0$
$\Delta b_1\geq -2$

Para la componente 2:
$6\geq 0$
Para la componente 3:
$2\geq 0$
La intersección de los tres es:
$-2\leq \Delta b_1\leq \infty$
Para obtener el intervalo permisible, hay que considerar el valor del lado derecho del modelo original:

$4-2 \leq b_1 \leq \infty + 4$

El intervalo permisible b_1 es:

$2 \leq b_1 \leq \infty$

Ahora, calcular el intervalo permisible de b_2:

$b^{¿} = b^{¿}_{anterior} + S^{¿} \Delta b$

$$b^{¿} = \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3} \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ \Delta b_2 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$b^{¿} = \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \\ 2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{\Delta b_2}{3} \\ \frac{\Delta b_2}{2} \\ \frac{-\Delta b_2}{3} \end{pmatrix}$$

$$b^{¿} = \begin{pmatrix} 2 + \frac{\Delta b_2}{3} \\ 6 + \frac{\Delta b_2}{2} \\ 2 - \frac{\Delta b_2}{3} \end{pmatrix}$$

Como $b^{¿} \geq 0$

$$\begin{pmatrix} 2 + \frac{\Delta b_2}{3} \\ 6 + \frac{\Delta b_2}{2} \\ 2 - \frac{\Delta b_2}{3} \end{pmatrix} \geq 0$$

Para el componente 1:

$2 + \frac{\Delta b_2}{3} \geq 0$

$\frac{\Delta b_2}{3} \geq -2$

$\Delta b_2 \geq -6$

Para la componente 2:

$6+\frac{\Delta b_2}{2} \geq 0$

$\frac{\Delta b_2}{2} \geq -6$

$\Delta b_2 \geq -12$

Para la componente 3:

$2-\frac{\Delta b_2}{3} \geq 0$

$\frac{-\Delta b_2}{3} \geq -2$

$-\Delta b_2 \geq -6$

$\Delta b_2 \leq 6$

La intersección de los tres es:

$-6 \leq \Delta b_2 \leq 6$

Para obtener el intervalo permisible, hay que considerar el valor del lado derecho del modelo original:

$12-6 \leq b_2 \leq 6+12$

El intervalo permisible de b_2 es:

$$\boxed{6 \leq b_2 \leq 18}$$

Ahora, calcular el intervalo permisible de b_3:

$b^{¿}=b^{¿}_{anterior}+S^{¿}\Delta b$

$$b^{¿}=\begin{pmatrix}2\\6\\2\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3}\\ 0 & \frac{1}{2} & 0\\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}0\\0\\\Delta b_3\end{pmatrix}$$

$$b^{¿}=\begin{pmatrix}2\\6\\2\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\frac{-\Delta b_3}{3}\\0\\\frac{\Delta b_3}{3}\end{pmatrix}$$

$$b^{¿}=\begin{pmatrix}2-\frac{\Delta b_3}{3}\\6\\2+\frac{\Delta b_3}{3}\end{pmatrix}$$

Como $b^{¿} \geq 0$

$$\begin{pmatrix} 2-\frac{\Delta b_3}{3} \\ 6 \\ 2+\frac{\Delta b_3}{3} \end{pmatrix} \geq 0$$

Para el componente 1:

$2-\frac{\Delta b_3}{3} \geq 0$

$\frac{-\Delta b_3}{3} \geq -2$

$\frac{\Delta b_3}{3} \leq 2$

$\Delta b_3 \leq 6$

Para la componente 2:

$6 \geq 0$

Para la componente 3:

$2+\frac{\Delta b_3}{3} \geq 0$

$\frac{\Delta b_3}{3} \geq -2$

$\Delta b_3 \geq -6$

La intersección de los tres es:

$-6 \leq \Delta b_3 \leq 6$

Para obtener el intervalo permisible, hay que considerar el valor del lado derecho del modelo original:

$18-6 \leq b_3 \leq 6+18$

El intervalo permisible de b_3 es:

$12 \leq b_3 \leq 24$

Ejemplo XV:

$$\% \, incremento \ permisible = \frac{\bar{b}-b}{incremento \ permisible} * 100\,\%$$

Nota: Incremento permisible = unidades aumentadas permitidas, se encuentran en el intervalo permisible, del lado derecho de la desigualdad de Δb, es decir, $\Delta b_i \leq incremento \ permisible$

$$\% \, decremento\ permisible = \frac{b - \bar{b}}{decremento\ permisible} * 100\%$$

Nota: Decremento permisible = unidades disminuidas permitidas, se encuentran en el intervalo permisible, del lado izquierdo de la desigualdad de Δb, es decir, $decremento\ permisible \leq \Delta b_i$

$$b = \begin{pmatrix} 4 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix} \qquad \bar{b} = \begin{pmatrix} 4 \\ 15 \\ 15 \end{pmatrix}$$

Para b_2:

$$\% \, incremento\ permisible = \frac{15-12}{6} * 100\% = 50\%$$

Para b_3:

$$\% \, decremento\ permisible = \frac{18-15}{6} * 100\% = 50\%$$

Sumando los porcentajes tenemos que

$\% \, b_2 + \% \, b_3 = 50\% + 50\% = 100\%$

Como el porcentaje de cambio es igual a 100%, entonces la solución óptima es la misma.

Entonces, hay que actualizar los valores:

$$y^{¿} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{2} & 1 \end{pmatrix} \quad \bar{b} = \begin{pmatrix} 4 \\ 15 \\ 15 \end{pmatrix} \quad S^{¿} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3} \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix}$$

$$z^{¿} = y^{¿} \bar{b}$$

$$z^{¿} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 15 \\ 15 \end{pmatrix} = \frac{75}{2}$$

$$b^{¿} = S^{¿} \bar{b}$$

$$b^{¿} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3} \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 15 \\ 15 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ \frac{15}{2} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Vemos que todos los componentes son mayores o iguales que cero.

Hay que recordar la base del problema original:

$$x_B=\begin{pmatrix}x_3\\ x_2\\ x_1\end{pmatrix}$$

Por lo tanto la solución óptima es:

$$z^{¿}=\frac{72}{2}$$

$$x*¿\begin{pmatrix}0\\ \frac{15}{2}\end{pmatrix}$$

Nota: es una solución degenerada, ya que al menos una variable básica (en este caso x_1) es igual a cero

Ejemplo XV:

$$\%\,incremento\ permisible=\frac{\bar{b}-b}{incremento\ permisible}*100\,\%$$

Nota: Incremento permisible = unidades aumentadas permitidas, se encuentran en el intervalo permisible, del lado derecho de la desigualdad de Δb, es decir, $\Delta b_i \leq incremento\ permisible$

$$\%\,decremento\ permisible=\frac{b-\bar{b}}{decremento\ permisible}*100\,\%$$

Nota: Decremento permisible = unidades disminuidas permitidas, se encuentran en el intervalo permisible, del lado izquierdo de la desigualdad de Δb, es decir, $decremento\ permisible \leq \Delta b_i$

$$b=\begin{pmatrix}4\\ 12\\ 18\end{pmatrix} \qquad \bar{b}=\begin{pmatrix}4\\ 16\\ 14\end{pmatrix}$$

Para b_2:

$$\%\,incremento\ permisible=\frac{16-12}{6}*100\,\%=66.67\,\%$$

Para b_3:

$$\%\,decremento\ permisible=\frac{18-14}{6}*100\,\%=66.67\,\%$$

Sumando los porcentajes tenemos que

$\% b_2 + \% b_3 = 66.67\% + 66.67\% > 100\%$

Entonces, la solución óptima anterior ya no es válida.

Debemos actualizar $z^{¿}$ y $b^{¿}$

$z^{¿} = y^{¿}\bar{b}$

$$z^{¿} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 16 \\ 14 \end{pmatrix} = 38$$

$$b^{¿} = S^{¿}\bar{b}$$

$$b^{¿} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3} \\ 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 16 \\ 14 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{14}{3} \\ 8 \\ \frac{-2}{3} \end{pmatrix}$$

Como hay un lado derecho negativo es infactible, entonces hay que reoptimizar con el simplex dual.

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	0	0	0	3/2	1	38	
x_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	14/3	
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	8	
x_1	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	-2/3	(-3)

Variable que sale: x_1

Variable que entrar: x_4

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	0	0	0	3/2	1	38	
x_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	14/3	
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	8	
	3	0	-3	0	0	1	-1	2	(-1/2)(-1/3)(-3/2)

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	35
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	7
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	2

La nueva solución óptima es:

$$\boxed{\begin{array}{l} z^{¿} = 35 \\ x* ¿ \begin{pmatrix} 0 \\ 7 \end{pmatrix} \end{array}}$$

Ejemplo XVI:

$a ¿ c_1 = 4$ y $a_{31} = 2$
El problema original (ejemplo XIII) es:
$max\ z = 3x_1 + 5x_2$
s.a $\quad x_1 + 0x_2 \leq 4$
$\quad 0x_1 + 2x_2 \leq 24$
$\quad 3x_1 + 2x_2 \leq 18$
$\quad x_1, x_2 \geq 0$

El problema con los cambios es:
$max\ z = 4x_1 + 5x_2$
s.a $\quad x_1 + 0x_2 \leq 4$
$\quad 0x_1 + 2x_2 \leq 24$
$\quad 2x_1 + 2x_2 \leq 18$
$\quad x_1, x_2 \geq 0$

Analizar si la solución básica complementaria $y*$ en el problema dual todavía satisface la restricción dual que cambió.

La tabla óptima del problema XIII es:

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	45
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	9
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	6

De la tabla vemos que $y^{¿} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{5}{2} \end{pmatrix}$

Como el cambio se realizó en x_1, entonces encontramos la restricción dual asociada a esa columna donde se realizaron los cambios:
$y_1 + 2y_3 \geq 4$
Sustituyendo los valores:
$0 + 2\left(\frac{5}{2}\right) \geq 4$
$5 \geq 4$
Vemos que se satisface la restricción dual.

$\boxed{\text{Por lo tanto la solución óptima del modelo original sigue siendo válida en el modelo con cambio.}}$

$b¿c_1=8$

El problema original (XIII) es:

$max\, z=3x_1+5x_2$

s.a $\quad x_1+0x_2\leq 4$

$0x_1+2x_2\leq 24$

$3x_1+2x_2\leq 18$

$x_1,x_2\geq 0$

El problema con los cambios es:

$max\, z=8x_1+5x_2$

s.a $\quad x_1+0x_2\leq 4$

$0x_1+2x_2\leq 24$

$2x_1+2x_2\leq 18$

$x_1,x_2\geq 0$

Analizar si la solución básica complementaria $y*$ en el problema dual todavía satisface la restricción dual que cambió.

Como el cambio se realizó en x_1, entonces encontramos la restricción dual asociada a esa columna donde se realizaron los cambios:

$y_1+2y_3\geq 8$

$$y^{¿}=\begin{pmatrix}0 & 0 & \frac{5}{2}\end{pmatrix}$$

Sustituir:

$y_1+2y_3\geq 8$

$0+2\left(\frac{5}{2}\right)\geq 8$

$5\geq 8$

Como NO se cumple la desigualdad, entonces podemos decir que la solución óptima ya NO es válida.

Debemos encontrar la nueva solución, por lo tanto encontramos los siguientes valores.

$z_j^{¿}-\bar{c}_j=y^{¿}\bar{A}_j-\bar{c}_j$

$A_j^{¿}=S^{¿}\bar{A}_j$

Como los cambios se hicieron en x_1 entonces $j=1$

$z_1^{¿}-\bar{c}_1=y^{¿}\bar{A}_1-\bar{c}_1$

$$z_1^{¿}-\bar{c}_1=\begin{pmatrix}0 & 0 & \frac{5}{2}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1\\0\\2\end{pmatrix}-8=-3$$

$A_1^{¿}=S^{¿}\bar{A}_1$

$$A_1^{¿}=\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & \frac{1}{2}\\ 0 & 1 & -1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1\\0\\2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1\\1\\-2\end{pmatrix}$$

Sustituir los nuevos valores y reoptimizar con simplex

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	45
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	9
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	6

Realizamos el cambio en la columna:

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	-3	0	0	0	5/2	45
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	1	1	0	0	1/2	9
x_4	3	0	-2	0	0	1	-1	6

Vemos que con el cambio, la solución no es óptima ya que existe un negativo en la Ecu. 0

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	-3	0	0	0	5/2	45	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4	(3)(-1)(2)
x_2	2	0	1	1	0	0	1/2	9	
x_4	3	0	-2	0	0	1	-1	6	

Variable de entrada: x_1

Variable de salida: x_3

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	0	0	3	0	5/2	57
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	0	1	-1	0	½	5
x_4	3	0	0	0	2	1	-1	14

Solución:

$z^{¿}=57$

$x^{¿}=\begin{pmatrix}4\\5\end{pmatrix}$

Ejemplo XVIII:

Sabemos que:

$c_j \leq y^{¿} \overline{A}_j$

Como vamos a analizar a c_1 entonces $j=1$

$c_1 \leq y^{¿} \overline{A}_1$

$$c_1 \leq \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{5}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 3 \end{pmatrix} = \frac{15}{2}$$

Intervalo permisible es:

$$\boxed{c_1 \leq \frac{15}{2}}$$

Ejemplo XIX:

$$\% \, incremento \; permisible = \frac{\bar{c} - c}{incremento \; permisible} * 100\,\%$$

$$\% \, decremento \; permisible = \frac{c - \bar{c}}{decremento \; permisible} * 100\,\%$$

El problema original:

$max\, z = 3x_1 + 5x_2$

s.a $\quad x_1 \leq 4$

$2x_2 \leq 24$

$3x_1 + 2x_2 \leq 18$

$x_1, x_2 \geq 0$

El problema con cambios:

$max\, z = 6x_1 + 4x_2$

s.a $\quad x_1 \leq 4$

$2x_2 \leq 24$

$3x_1 + 2x_2 \leq 18$

$x_1, x_2 \geq 0$

$c = (3\,5)$

$\bar{c} = (6\,4)$

Para c_1:

$$\% \, incremento \; permisible = \frac{\bar{c} - c}{incremento \; permisible} * 100\%$$

$$\% \, c_1 = \frac{6-3}{4.5} * 100\%$$

$$\% \, c_1 = 66.66\%$$

Para c_2:

$$\% \, decremento \; permisible = \frac{c - \bar{c}}{decremento \; permisible} * 100\%$$

$$\% \, c_2 = \frac{5-4}{3} * 100\%$$

$$\% \, c_2 = 33.33\%$$

Nota: como x_2 es una variable básica, para encontrar el decremento es con otro procedimiento, ver el ejemplo XXII.

Sumando ambos porcentajes de cambios:

$$\% \, c_1 + \% \, c_2 = 100\%$$

Por lo tanto, la solución actual sigue siendo óptima, i.e., los precios sombra siguen siendo válidos.

Ejemplo XX:

El problema original:

$max \; z = 3x_1 + 5x_2$

s.a $\quad x_1 \leq 4$

$2x_2 \leq 12$

$3x_1 + 2x_2 \leq 18$

$x_1, x_2 \geq 0$

Los parámeros asociados a la nueva variable son:

$c_n = 0$

$$A_n = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

a) $\bar{c}_n = 4$ y $\bar{A}_n = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix}$

El problema con cambios:

$max\ z = 3x_1 + 5x_2 + 4x_n$

s.a $\quad x_1 + 2x_n \leq 4$

$\quad 2x_2 + 3x_n \leq 12$

$\quad 3x_1 + 2x_2 + x_n \leq 18$

$\quad x_1, x_2, x_n \geq 0$

La restricción dual asociada a x_n en el problema con los cambios es:

$$2y_1 + 3y_2 + y_3 \geq 4$$

La solución complementaria, es decir, la solución del problema dual del problema original es:

$$y^{¿} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{2} & 1 \end{pmatrix}$$

Verificar que la restricción dual asociada a x_n sea válida con solución dual:

$2y_1 + 3y_2 + y_3 \geq 4$

$2(0) + 3\left(\frac{3}{2}\right) + 1 \geq 4$

$\frac{11}{2} \geq 4$

Vemos que se cumple la desigualdad.

Por lo tanto, la solución actual sigue siendo válida a pesar de haber introducido una nueva variable en el modelo.

b) $\bar{c}_n = 6$ y $\bar{A}_n = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix}$

El problema con cambios:

$max\ z = 3x_1 + 5x_2 + 6x_n$

s.a $\quad x_1 + 2x_n \leq 4$

$\quad 2x_2 + 3x_n \leq 12$

$\quad 3x_1 + 2x_2 + x_n \leq 18$

$\quad x_1, x_2, x_n \geq 0$

La restricción dual asociada a x_n en el problema con los cambios es:

$$2y_1+3y_2+y_3\geq 6$$

La solución complementaria, es decir, la solución del problema dual del problema original es:

$$y^{¿}=\begin{pmatrix}0 & \frac{3}{2} & 1\end{pmatrix}$$

Verificar que la restricción dual asociada a x_n sea válida con solución dual:

$2y_1+3y_2+y_3\geq 6$

$2(0)+3(\frac{3}{2})+1\geq 6$

$\frac{11}{2}\geq 6$

Como la desigualdad NO se cumple, entonces la solución actual ya no es óptima.

Por lo tanto, hay que actualizar los valores en la tabla y después reoptimizar.

$z_j^{¿}-\bar{c}_j=y^{¿}\bar{A}_j-\bar{c}_j$

$A_j^{¿}=S^{¿}\bar{A}_j$

$z_n^{¿}-\bar{c}_n=y^{¿}\bar{A}_n-\bar{c}_n$

$z_n^{¿}-\bar{c}_n=\begin{pmatrix}0 & \frac{3}{2} & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}2\\3\\1\end{pmatrix}-6=\frac{-1}{2}$

$A_n^{¿}=S^{¿}\bar{A}_n$

$A_n^{¿}=\begin{pmatrix}1 & \frac{1}{3} & \frac{-1}{3}\\ 0 & \frac{1}{2} & 0\\ 0 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{3}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}2\\3\\1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{8}{3}\\ \frac{3}{2}\\ \frac{-2}{3}\end{pmatrix}$

Sustituir los nuevos valores y reoptimizar con simplex

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_n	LD
z	0	1	0	0	0	3/2	1	-1/2	36
x_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	8/3	2
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	3/2	6
x_1	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	-2/3	2

Vemos que la tabla non es la óptima ya que no todos los elementos en la ecuación 0 son mayores o iguales que 0. Entonces aplicamos el método Simplex

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_n	LD	
z	0	1	0	0	0	3/2	1	-1/2	36	
x_3	1	0	0	0	1	1/3	-1/3	8/3	2	(3/8)

x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	3/2	6
x_1	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	-2/3	2

Variable que entra: x_n

Variable que sale: x_3

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_n	LD
z	0	1	0	0	0	3/2	1	-1/2	36
	1	0	0	0	3/8	1/8	-1/8	1	3/4
x_2	2	0	0	1	0	1/2	0	3/2	6
x_1	3	0	1	0	0	-1/3	1/3	-2/3	2

(1/2)(-3/2)(2/3)

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_n	LD
z	0	1	0	0	3/16	25/16	15/16	0	291/8
x_n	1	0	0	0	3/8	1/8	-1/8	1	3/4
x_2	2	0	0	1	-9/16	5/16	3/8	0	39/8
x_1	3	0	1	0	1/4	-1/4	1/4	0	5/2

Solución:

$$z^{¿}=\frac{291}{8}$$

$$x^{¿}=\begin{pmatrix}\frac{5}{2}\\ \frac{39}{8}\\ 0\\ 0\\ 0\\ \frac{3}{4}\end{pmatrix}$$

Ejemplo XXI:

El problema origial (XIII) es:

$max\, z=3x_1+5x_2$

s.a $\quad x_1+0x_2\leq 4$

$0x_1+2x_2\leq 24$

$3x_1+2x_2\leq 18$

$x_1,x_2\geq 0$

El problema con cambios es:

$max\, z = 3x_1 + 3x_2$

s.a $\quad x_1 + 0x_2 \leq 4$

$0x_1 + 3x_2 \leq 24$

$3x_1 + 4x_2 \leq 18$

$x_1, x_2 \geq 0$

Podemos ver que los cambios se hicieron en los coeficientes asociados a x_2, que es VB.

$\bar{c}_2 = 3$ y $\bar{A}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$

Hay que actualizar los valores en la tabla y después los pasamos a la tabla óptima del problema original, y finalmente ver si es necesario reoptimizar.

$z_j^{¿} - \bar{c}_j = y^{¿} \bar{A}_j - \bar{c}_j$

$A_j^{¿} = S^{¿} \bar{A}_j$

$z_2^{¿} - \bar{c}_2 = y^{¿} \bar{A}_2 - \bar{c}_2$

$z_2^{¿} - \bar{c}_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{5}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} - 3 = 7$

$A_2^{¿} = S^{¿} \bar{A}_2$

$A_2^{¿} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix}$

En la tabla óptima del problema original, el XIII, teníamos:

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	45
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	9
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	6

Actualizando los valores:

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD	
z	0	1	9/2	7	0	0	5/2	45	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4	
x_2	2	0	3/2	2	0	0	1/2	9	(1/2)
x_4	3	0	-3	-1	0	1	-1	6	

Podemos ver fácilmente que x_2 está dentro de la base, pero no tiene forma canónica, por lo tanto hay que darle esa forma antes de aplicar la prueba de optimalidad

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	9/2	7	0	0	5/2	45
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	3/4	1	0	0	1/4	9/2
x_4	3	0	-3	-1	0	1	-1	6

(-7)(1)

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	-3/4	0	0	0	3/4	27/2
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	3/4	1	0	0	1/4	9/2
x_4	3	0	-9/4	0	0	1	-3/4	21/2

Vemos que no es la table óptima, hay que reoptimizar con simplex.

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	-3/4	0	0	0	3/4	27/2
x_3	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	3/4	1	0	0	1/4	9/2
x_4	3	0	-9/4	0	0	1	-3/4	21/2

(3/4)(-3/4)(9/4)

Variable que entra: x_1

Variable que sale: x_3

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	0	0	3/4	0	3/4	33/2
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	0	1	-3/4	0	1/4	3/2
x_4	3	0	0	0	9/4	1	-3/4	39/2

Solución:

$$z^{¿}=\frac{33}{2}$$

$$x^{¿}=\begin{pmatrix}4\\ \frac{3}{2}\end{pmatrix}$$

Ejemplo XXII:

De forma general

$z_j^{¿}-\bar{c}_j \geq 0$

Donde

$\bar{c}_j = c_j + \Delta c_j$

Entonces:

$z_j^{¿}-(c_j+\Delta c_j)\geq 0$

$z_j^{¿}-c_j-\Delta c_j \geq 0$

Como x_j es una variable básica, entonces el valor que tiene en la Ecu.0 es 0, ya que tiene forma canónica. Entonces:

$z_j^{¿}-c_j=0$

Entonces

$-\Delta c_j \geq 0$

Esta es la tabla óptima del problema original:

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	0	0	3/4	0	3/4	33/2
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	0	1	-3/4	0	1/4	3/2
x_4	3	0	0	0	9/4	1	-3/4	39/2

Entonces, para los rangos permisibles hay que sustituir en la Ecu. 0 el cambio para c_2, que es el coeficiente en la función objetivo de x_2

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	0	$-\Delta c_2$	3/4	0	3/4	33/2
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	0	1	-3/4	0	1/4	3/2
x_4	3	0	0	0	9/4	1	-3/4	39/2

(Δc_2)

Regresando a la forma canónica a x_2

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	LD
z	0	1	0	0	$\frac{-3}{4}\Delta c_2+\frac{3}{4}$	0	$\frac{1}{4}\Delta c_2+\frac{3}{4}$	$\frac{3}{2}\Delta c_2+\frac{33}{2}$
x_1	1	0	1	0	1	0	0	4
x_2	2	0	0	1	-3/4	0	1/4	3/2
x_4	3	0	0	0	9/4	1	-3/4	39/2

Entonces, para que la tabla sea óptima, $Ecu \geq 0$

$\frac{-3}{4}\Delta c_2+\frac{3}{4}\geq 0$ y $\frac{1}{4}\Delta c_2+\frac{3}{4}\geq 0$

$\frac{-3}{4}\Delta c_2 \geq -\frac{3}{4}$ $\frac{1}{4}\Delta c_2 \geq -\frac{3}{4}$

$\frac{3}{4}\Delta c_2 \leq \frac{3}{4}$ $\qquad\qquad$ $\Delta c_2 \geq -\frac{3}{4}(4)$

$\Delta c_2 \leq 1$ $\qquad\qquad$ $\Delta c_2 \geq -3$

Considerando ambas:
$-3 \leq \Delta c_2 \leq 1$
$3-3 \leq c_2 \leq 1+3$
Intervalo permisible de c_2 :
$0 \leq c_2 \leq 4$

Ejemplo XXIII:

Considere la nueva restricción $2x_1+3x_2 \leq 24$.

El problema original (XIII) es:
$max\, z=3x_1+5x_2$
s.a $\quad x_1+0x_2 \leq 4$
$\quad 0x_1+2x_2 \leq 24$
$\quad 3x_1+2x_2 \leq 18$
$\quad x_1, x_2 \geq 0$

Modelo con la nueva restricción es:
$max\, z=3x_1+5x_2$
s.a $\quad x_1+0x_2 \leq 4$
$\quad 0x_1+2x_2 \leq 24$
$\quad 3x_1+2x_2 \leq 18$
$\quad 2x_1+3x_2 \leq 24$
$\quad x_1, x_2 \geq 0$

La solución óptima del modelo original (XIII) es: $x^{¿}=(0\,9)$

Verificar si la solución óptima actual (problema XIII) satisface la nueva restricción:
$2(0)+3(9) \leq 24$
$27 \leq 24$
NO se satisface la restricción nueva, entonces, la solución actual ya no es válida. Entonces debemos encontrar la forma aumentada de esa nueva restricción:
$2x_1+3x_2 \leq 24$
$2x_1+3x_2+x_6=24$
Donde $x_6 \geq 0$

Por lo tanto, se debe introducir un renglón adicional a la tabla final del método simplex del problema XIII para introducir la nueva restricción, y también hay que agregar una nueva columna considerando la nueva variable de holgura (la que corresponde a la restricción nueva) como parte de la base.

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	LD	
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	0	45	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	0	4	
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	0	9	(-3)
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	0	6	
x_6	4	0	2	3	0	0	0	1	24	

Debemos asegurarnos que las variables básicas tengan forma canónica, en este caso hay que regresarle la forma canónica a x_2.

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	LD
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	0	45
x_3	1	0	1	0	1	0	0	0	4
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	0	9
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	0	6
x_6	4	0	-5/2	0	0	0	-3/2	1	-3

Si después de la actualización existe algún lado derecho sea negativo, debemos reoptimizar utilizando el método simplex dual.

VB	Ecu.	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	LD	
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	0	45	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	0	4	
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	0	9	
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	0	6	
x_6	4	0	-5/2	0	0	0	-3/2	1	-3	(-2/3)

Variable que sale: x_6

Variable que entra: x_5

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	LD	
z	0	1	9/2	0	0	0	5/2	0	45	
x_3	1	0	1	0	1	0	0	0	4	
x_2	2	0	3/2	1	0	0	1/2	0	9	
x_4	3	0	-3	0	0	1	-1	0	6	
	4	0	5/3	0	0	0	1	-2/3	2	(1)(-1/2)(-5/2)

VB	Ecu	z	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	LD
z	0	1	1/3	0	0	0	0	5/3	40

x_3	1	0	1	0	1	0	0	0	4
x_2	2	0	2/3	1	0	0	0	1/3	8
x_4	3	0	-4/3	0	0	1	0	-2/3	8
x_5	4	0	5/3	0	0	0	1	-2/3	2

Solución:

$z^{¿}=40$

$x^{¿}=\begin{pmatrix}0\\8\end{pmatrix}$