

# Investigacion Operativa

*C.C. Lauritto & Ing. Casanova*

## Guia 02: Solucion de PL

Fecha de Entrega: –

**Ravera P. & Rivera R.**

# Índice

<b>Ejercicios</b>	<b>3</b>
Punto 01 - Modelos Lineales . . . . .	3
Inciso A . . . . .	3
Inciso B . . . . .	4
Inciso C . . . . .	5
Inciso D . . . . .	6
Punto 02 - Simplex Modelos Lineales . . . . .	7
Inciso A . . . . .	7
Inciso B . . . . .	8
Inciso C . . . . .	10
Inciso D . . . . .	11
Punto 03 - Compañía . . . . .	11
Punto 04 - Granja Modelo . . . . .	13
Punto 05 - Almacén La Falda . . . . .	14
Punto 06 - Lotería . . . . .	16
Punto 07 - Turkeyco . . . . .	18
Punto 08 - Importador . . . . .	19
Punto 09 - Compañía de Seguros . . . . .	23
Punto 10 - Criador de Perros . . . . .	25
Punto 11 - Banco Gane . . . . .	27
Punto 12 - Papelera Moderna . . . . .	28
Punto 13 - Ciudad de Progreso . . . . .	31

## Ejercicios

### Punto 01 - Modelos Lineales

#### Inciso A

Funcion Objetivo

$$Max\ Z = 2X_1 + 4X_2$$

Restricciones

$$x + y - 4 = 0 \tag{1}$$

$$x + 2y - 5 = 0 \tag{2}$$

Por lo que los puntos son:

- A = (0, 0.25)
- B = (3,1)
- C = (4,0)

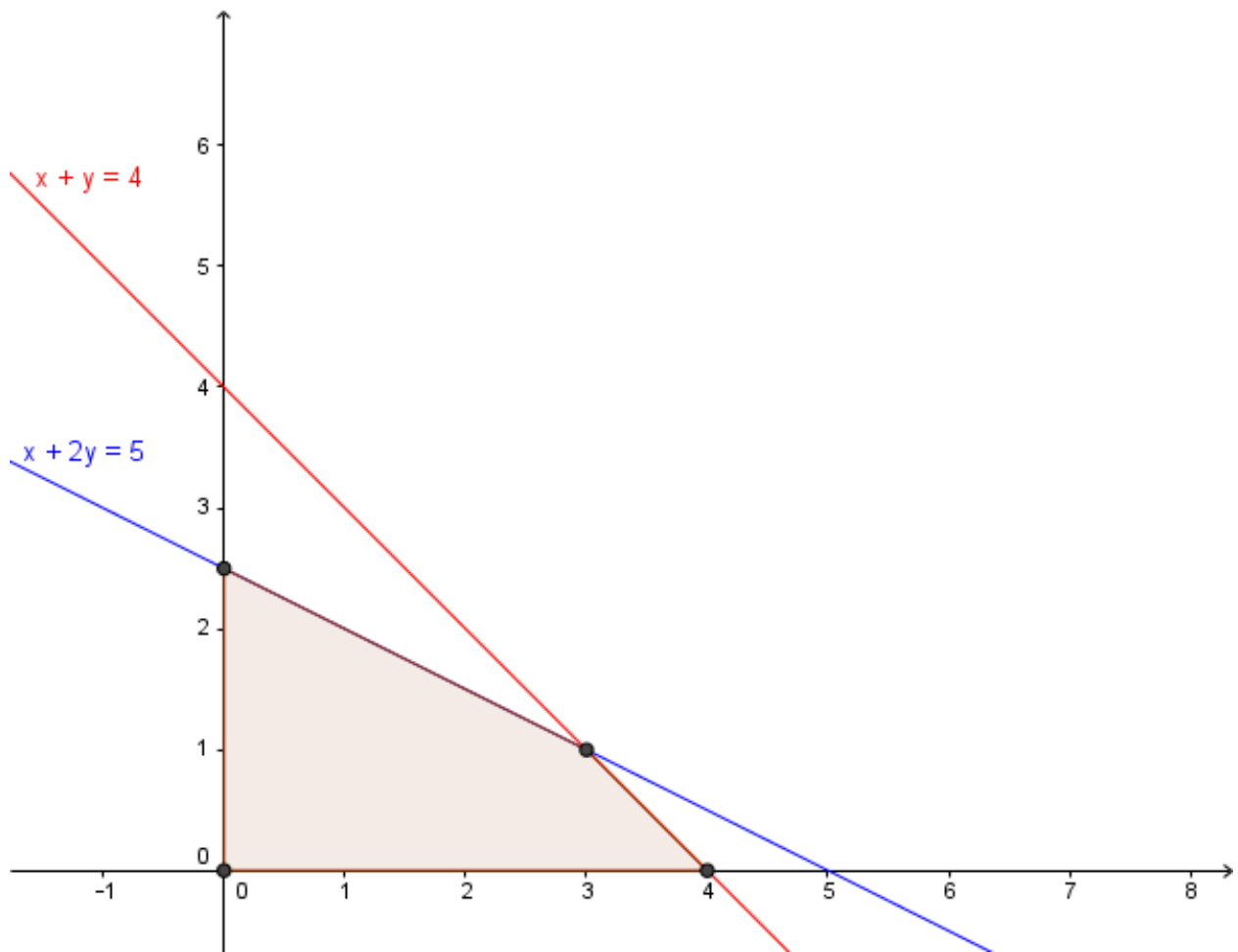
$$A \rightarrow 2(0) + 4(2.5) = 10$$

$$B \rightarrow 2(3) + 4(1) = 10$$

$$C \rightarrow 2(4) + 4(0) = 8$$

Por lo tanto, el problema cuenta con Soluciones Alternativas, siendo Deterministico - Lineal - Continuo.

Región factible:

**Inciso B**

Función Objetivo

$$\text{Max } Z = 2X_1 + 8X_2$$

Restricciones

$$2x - 5y = 0 \quad (3)$$

$$-x + 5y = 5 \quad (4)$$

$$x + 2y = 4 \quad (5)$$

Por lo que los puntos son:

$$\begin{cases} (??) \\ (??) \end{cases} \rightarrow A = \left( \frac{10}{7}, \frac{9}{7} \right)$$

$$\begin{cases} (??) \\ (??) \end{cases} \rightarrow B = (5, 2)$$

$$\begin{cases} (??) \\ (??) \end{cases} \rightarrow C = (2.22, 0.88)$$

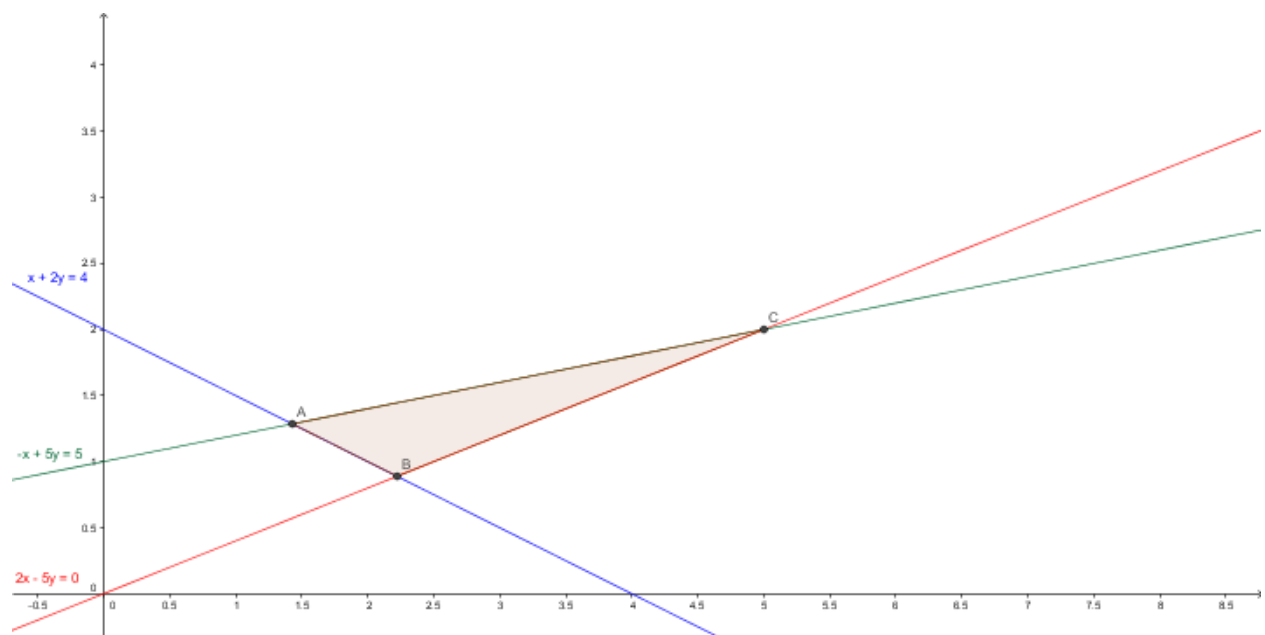
$$A \rightarrow 2\left(\frac{10}{7}\right) + 8\left(\frac{9}{7}\right) = 13.14$$

$$B \rightarrow 2(5) + 8(2) = 26$$

$$C \rightarrow 2(2.22) + 8(0.88) = 11.48$$

El máximo se halla en  $B$ . El problema es Determinístico - Lineal - Continuo.

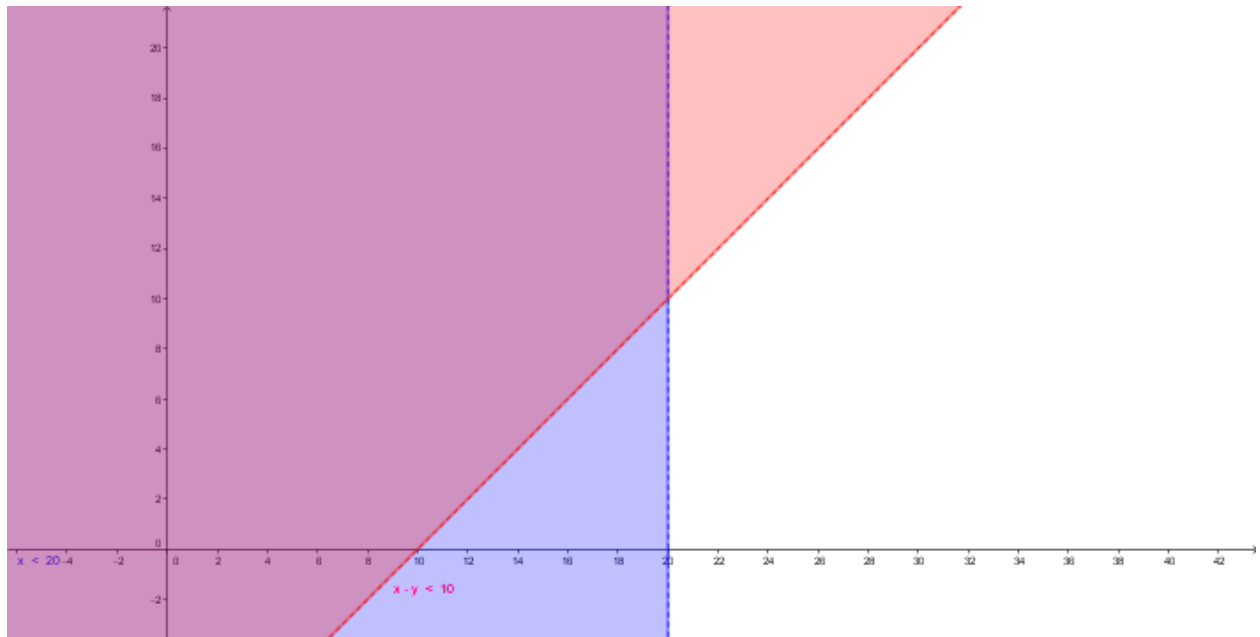
Región factible:



### Inciso C

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 2X_1 + X_2$$



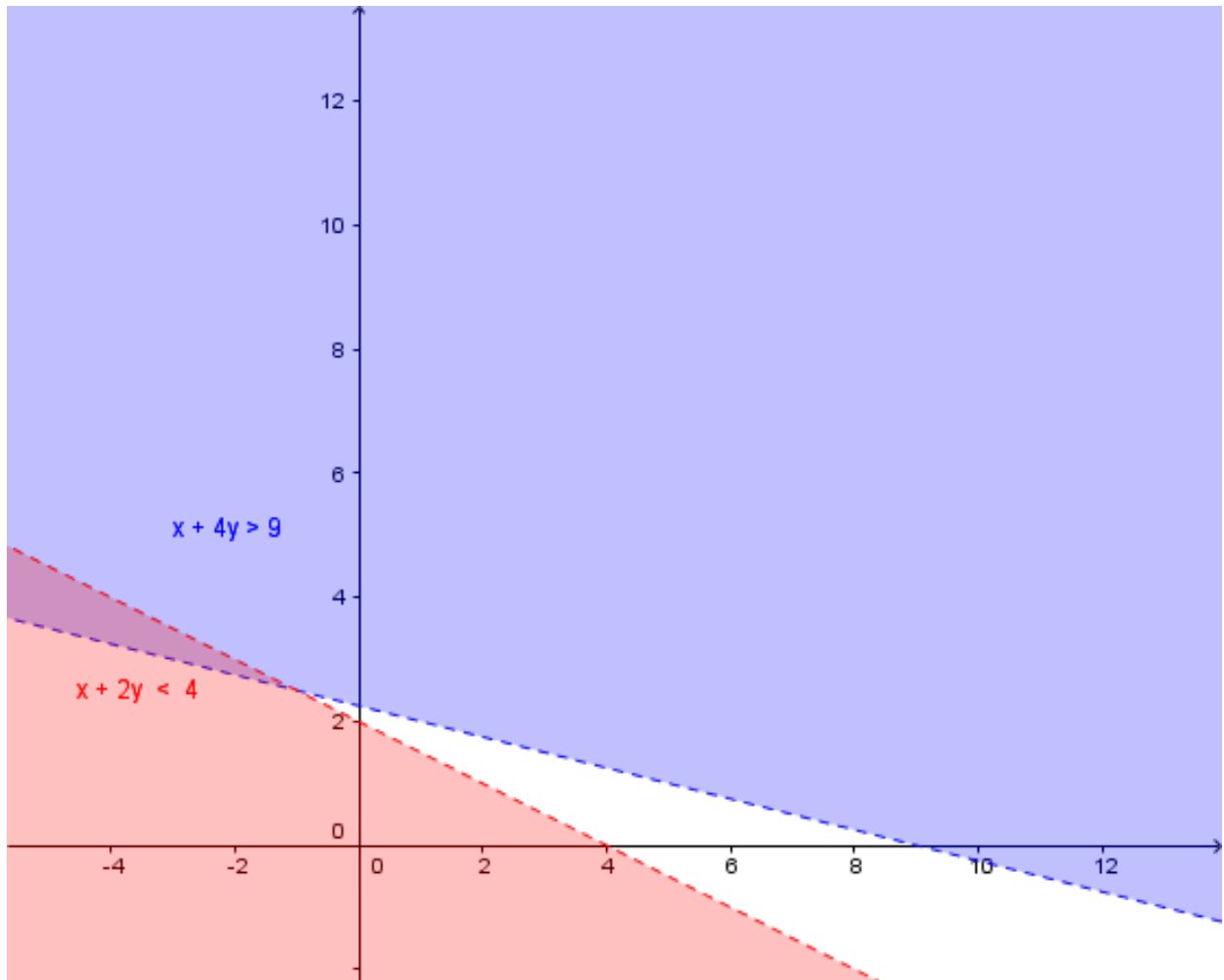
La región factible no está acotada, por lo que el valor de  $Z$  es  $\infty$ . La variable  $X_2$  puede crecer libremente.

El problema es Determinístico - Lineal - Continuo.

#### Inciso D

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 3X_1 + 9X_2$$



En este caso la solución es Infactible o Incompatible ya que la región factible es un conjunto vacío al ser no convexo.

El problema es Determinístico - Lineal - Continuo.

## Punto 02 - Simplex Modelos Lineales

### Inciso A

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + 4X_2 \\
 \text{s.a. : } &X_1 + 2X_2 \leq 5 \\
 &X_1 + X_2 \leq 4 \\
 &X_1, X_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + 4X_2 + 0X_3 + 0X_4 \\
 \text{s.a. : } \quad &X_1 + 2X_2 + X_3 = 5 \\
 &X_1 + X_2 + X_4 = 4 \\
 &X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0
 \end{aligned}$$

Este problema tiene soluciones alternativas, lo cual podemos detectar gracias a que existen dos conjuntos de variables básicas con el mismo valor de  $Z$ .

Cuadro 1: Tableau Simplex 02A

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	2	4	0	0	
				$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	0	<b><math>X_3</math></b>	5	1	<b>2</b>	1	0	<b><math>\theta_1 = 1.66</math></b>
	0	$X_4$	4	1	1	0	1	$\theta_2 = 4$
	$Z = 0$			-2	<b>-4</b>	0	0	
	↑							
	4	$X_2$	2,5	0,5	1	0,5	2,5	$\theta_1 = 5$
←	0	<b><math>X_4</math></b>	1,5	<b>0,5</b>	0	-0,5	1	<b><math>\theta_2 = 3</math></b>
	$Z = 10$			<b>0</b>	0	2	0	
	↑							
←	4	<b><math>X_2</math></b>	1	1	2	1	<b>0</b>	
	2	$X_1$	3	1	1	0	1	
	$Z = 10$			0	0	2	<b>0</b>	
	↑							

Inciso B

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + 8X_2 \\
 \text{s.a. : } \quad &2X_1 + 4X_2 \geq 8 \\
 &2X_1 - 5X_2 \leq 0 \\
 &-1X_1 + 5X_2 \leq 5 \\
 &X_1, X_2 \geq 0
 \end{aligned}$$



Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + 8X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 - M\mu_1 \\
 \text{s.a. : } \quad &2X_1 - 5X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 1\mu_1 = 8 \\
 &2X_1 - 5X_2 - 0X_3 + 1X_4 + 0X_5 + 0\mu_1 = 0 \\
 &-1X_1 + 5X_2 - 0X_3 + 0X_4 + 1X_5 + 0\mu_1 = 5 \\
 &X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \geq 0
 \end{aligned}$$

La Solución Básica Factible Optima es  $X_1 = 5$  y  $X_2 = 2$ .

Cuadro 2: Tableau Simplex 02.A

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	$-M$	$M_1$	8	2	4	-1	0	0	1	$\theta_1 = 2$
	0	$X_4$	0	2	-5	0	1	0	0	$\theta_2 = X$
←	0	$\textcolor{red}{X}_5$	5	-1	$\mathbf{5}$	0	0	1	0	$\boldsymbol{\theta}_3 = \mathbf{1}$
<hr/>										
	$Z = -8M$			$-2M$	$\textcolor{blue}{-4M}$	$M$	0	0	0	
<hr/>										
	↑									
<hr/>										
←	$-M$	$\textcolor{red}{M}_1$	4	$\mathbf{14/5}$	0	-1	0	$-4/5$	1	$\boldsymbol{\theta}_1 = \mathbf{10/7}$
	0	$X_4$	5	1	0	0	1	1	0	$\theta_2 = 5$
	8	$X_2$	1	$-1/5$	1	0	0	$1/5$	0	$\theta_3 = X$
<hr/>										
	#REF!	$Z = -4M + 8$		$\textcolor{blue}{-14/5}$	0	$M$	0	$4/5M$	0	
<hr/>										
	↑									

Cuadro 3: Tableau Simplex 02.B

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	2	$X_1$	$10/7$	1	0	$-5/14$	0	$-2/7$	$5/14$	$\theta_1 = -4X$
←	0	<b><math>X_4</math></b>	$25/7$	0	0	<b><math>5/14</math></b>	1	$9/7$	$-5/14$	<b><math>\theta_2 = 10</math></b>
	8	$X_2$	$9/7$	0	1	$-1/14$	0	$1/7$	$1/14$	$\theta_3 = -18X$
	$Z = 92/7$			0	0	<b><math>-9/7</math></b>	0	$4/7$	$9/7$	
	↑									
	2	$X_1$	5	1	0	0	1	1	0	
	0	$X_3$	10	0	0	1	$14/5$	$18/5$	-1	
	8	$X_2$	2	0	1	0	$1/5$	$2/5$	0	
	$Z = 26$			0	0	0	$18/5$	$26/5$	$M$	

### Inciso C

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + X_2 \\
 \text{s.a. : } \quad &1X_1 - 1X_2 \leq 10 \\
 &2X_1 \leq 40 \\
 &X_1, X_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= 2X_1 + X_2 + 0X_3 + 0X_4 \\
 \text{s.a. : } &1X_1 - 1X_2 + 1X_3 + 0X_4 = 10 \\
 &2X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 1X_4 = 40 \\
 &X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0
 \end{aligned}$$

Cuadro 4: Tableau Simplex 02.C

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	2 $A_1$	1 $A_2$	0 $A_3$	0 $A_4$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	0	<b><math>X_3</math></b>	10	<b>1</b>	-1	1	0	<b><math>\theta_1 = 10</math></b>
	0	$X_4$	40	2	0	0	1	$\theta_2 = 20$
		$Z = 0$		<b>-2</b>	-1	0	0	
				↑				
	2	$X_1$	10	1	-1	1	0	$\theta_1 = 10X$
←	0	<b><math>X_4</math></b>	20	0	<b>2</b>	-2	1	<b><math>\theta_2 = 10</math></b>
		$Z = 10$		0	<b>-2</b>	2	0	
					↑			
	2	$X_1$	20	1	0	0	1/2	$\theta_1 = 8X$
	1	$X_2$	10	0	1	-1	1/2	$\theta_2 = -10X$
		$Z = 50$		0	0	<b>-1</b>	3/2	
					↑			

Como podemos ver, en la ultima iteracion del Simplex no existe un  $\theta \geq 0$  por lo que la solución no esta acotada, osea,  $Z \rightarrow \infty$ .

## Inciso D

$$\text{Max } Z = 3X_1 + 9X_2$$

$$\text{s.a. : } 1X_1 + 4X_2 \geq 9$$

$$1X_1 + 2X_2 \leq 4$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Forma Estándar:

$$\text{Max } Z = 3X_1 + 9X_2 + 0X_3 + 0X_4 - M\mu_1$$

$$\text{s.a. : } 1X_1 + 4X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 1\mu_1 = 9$$

$$1X_1 + 2X_2 - 0X_3 + 1X_4 + 0\mu_1 = 4$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$$

Cuadro 5: Tableau Simplex 02.D

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	$-M$	$M_1$	9	1	4	-1	0	1	$\theta_1 = 9/4$
←	0	<b><math>X_4</math></b>	4	1	<b>2</b>	0	1	0	<b><math>\theta_2 = 2</math></b>
	$Z = -9M$			$-M - 3$	<b><math>-4M - 9</math></b>	$M$	0	0	
					↑				
	$-M$	$M_1$	1	-1	0	-1	-2	1	
	9	$X_2$	2	1/2	1	0	1/2	0	
	$Z = -M + 18$			$M + 3/2$	0	$M$	$2M + 9/2$	0	

En este caso, el problema es incompatible ya que la región de factibilidad es igual al conjunto vacío.

## Punto 03 - Compañía

Las variables de decisión son:

- $X_A$  la cantidad vendida del producto A
- $X_B$  la cantidad vendida del producto B

Función Objetivo:

$$\text{Max } Z = 70 \left[ \frac{\$}{Ua} \right] X_A [Ua] + 50 \left[ \frac{\$}{Ub} \right] X_B [Ub] \quad (6)$$

Restricciones:

$$\begin{aligned} 2 \left[ \frac{Hs}{Ua} \right] X_a [Ua] + 4 \left[ \frac{Hs}{Ub} \right] X_b [Ub] &\leq 100 [Hs] \\ 5 \left[ \frac{Hs}{Ua} \right] X_a [Ua] + 3 \left[ \frac{Hs}{Ub} \right] X_b [Ub] &\leq 110 [Hs] \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= 70X_1 + 50X_2 + 0X_3 + 0X_4 \\ \text{s.a. } : 2X_1 + 4X_2 + 1X_3 + 0X_4 &= 100 \\ 5X_1 + 3X_2 + 0X_3 + 1X_4 &= 110 \\ X_1, X_2, X_3, X_4 &\geq 0 \end{aligned}$$

Cuadro 6: Tableau Simplex 03

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
	0	$X_3$	100	2	4	1	0
←	0	<b><math>X_4</math></b>	110	<b>5</b>	3	0	1
	$Z = 0$			<b>-70</b>	-50	0	0
				↑			
←	0	<b><math>X_3</math></b>	56	0	<b>14/5</b>	1	-2/5
	70	$X_1$	22	1	3/5	0	1/5
	$Z = 1540$			0	<b>-8</b>	0	70/5
					↑		
	50	$X_2$	20	0	1	5/14	-1/7
	70	$X_1$	10	1	0	-3/14	10/35
	$Z = 1700$			0	0	20/7	90/7

De esta manera, para maximizar la utilidad deberíamos producir 20 y 10 unidades de los productos A y B respectivamente. De esa manera, nuestra ganancia ascendería a los \$1700. Los efectos de contar con mas recursos (una unidad mas) son los siguientes:

- Hora de la Maquina 1: Nuestra ganancia aumentaría en  $20/7$  [\$], podríamos producir  $5/4$  unidades mas del producto A, pero deberíamos producir  $3/4$  unidades menos del B.
- Hora de la Maquina 2: Nuestra ganancia aumentaría en  $90/7$  [\$], produciendo  $1/7$  menos unidades del producto A y  $10/35$  mas del producto B.

## Punto 04 - Granja Modelo

Las variables de decisión son:

- $X_1$  Cantidad de maíz utilizada en el alimento.
- $X_2$  Cantidad de soja utilizada en el alimento.

Función Objetivo:

$$\text{Min } Z = 0.30 \left[ \frac{\$}{Kg_M} \right] X_1 [Kg_M] + 0.09 \left[ \frac{\$}{Kg_S} \right] X_2 [Kg_S] \quad (7)$$

Restricciones:

$$\begin{aligned} 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_M} \right] X_1 [Kg_M] + 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_S} \right] X_2 [Kg_S] &\geq 800 [Kg] \\ 0.09 \left[ \frac{Kg}{Kg_M} \right] X_1 [Kg_M] + 0.6 \left[ \frac{Kg}{Kg_S} \right] X_2 [Kg_S] &\geq 0.3 (X_1 + X_2) [Kg] \\ 0.02 \left[ \frac{Kg}{Kg_M} \right] X_1 [Kg_M] + 0.06 \left[ \frac{Kg}{Kg_S} \right] X_2 [Kg_S] &\geq 0.05 (X_1 + X_2) [Kg] \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} Z &= 0.3X_1 + 0.9X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + M\mu_1 + M\mu_2 \\ \text{s.a. : } 1X_1 + 1X_2 - 1X_3 + 1\mu_1 &= 800 \\ -0.21X_1 + 0.3X_2 - 1X_4 + 1\mu_2 &= 0 \\ -0.08X_1 + 0.01X_2 + 1X_5 &= 0 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 &\geq 0 \end{aligned}$$

Se determino entonces que se deben utilizar 200 kg de Maíz y 600 de Soja para cumplir con las exigencias impuestas.

Cuadro 7: Tableau Simplex 04

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	$M$	$M_1$	800	1	1	-1	0	0	1	0	$\theta_1 = 800$
	$M$	<b><math>M_2</math></b>	0	-0,21	<b>0,03</b>	0	-1	0	0	1	<b><math>\theta_2 = 0</math></b>
	0	$X_5$	0	-0,03	0,01	0	0	1	0	0	$\theta_3 = 0$
←	$Z = 800M$			0,79M	<b>0,13M</b>	$-M$	$-M$	0	0	0	
	↑										
	$M$	$M_1$	800	1,7	0	-1	3,33	0	1	-3,33	$\theta_1 = 240$
	0,09	$X_2$	0	-0,7	1	0	-3,3	0	0	3,33	$\theta_2 = X$
←	0	<b><math>X_5</math></b>	0	-0,023	0	0	<b>0,03</b>	1	0	-0,03	<b><math>\theta_3 = 0</math></b>
	$Z = 800M$			0,17M	0	$-M$	<b>3,33M</b>	0	0	-4,33M	
	↑										
←	$M$	<b><math>M_1</math></b>	800	<b>4</b>	0	-1	0	-100	1	0	<b><math>\theta_1 = 200</math></b>
	0,09	$X_2$	0	-3	1	0	0	100	0	0	$\theta_2 = X$
	0	$X_4$	0	-0,69M	0	0	1	30	0	-1	$\theta_3 = X$
	$Z = 800M$			<b>41</b>	0	$-M$	0	-100M	0	$-M$	
	↑										
	0,3	$X_1$	200	1	0	-0,25	0	-25			
	0,09	$X_2$	600	0	1	-0,75	0	25			
	0	$X_4$	138	0	0	-0,69M	1	12,75			
	$Z = 114$			<b>0</b>	0	0,14	0	-5,25			

## Punto 05 - Almacén La Falda

Las variables de decisión son:

- $X_1$ : cantidad de cajas que se solicitan al deposito
- $X_2$ : cantidad de cajas que se solicitan al proveedor

La función objetivo es:

$$\text{Min } Z = 1 \left[ \frac{\$}{C_d} \right] X_1 [C_d] + 6 \left[ \frac{\$}{C_p} \right] X_2 [C_p] \quad (8)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned}
 1 \left[ \frac{Kg_A}{C_d} \right] X_1 [C_d] + 2 \left[ \frac{Kg_A}{C_p} \right] X_2 [C_p] &\geq 80 [Kg_A] \\
 5 \left[ \frac{Kg_Q}{C_p} \right] X_2 [C_p] &\geq 60 [Kg_Q] \\
 X_1 [C_d] &\leq 40 [C_d] \\
 X_2 [C_p] &\leq 30 [C_p] \\
 X_1, X_2 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned}
 1X_1 + 6X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + M\mu_1 + M\mu_2 \\
 1X_1 + 2X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0x_6 + 1\mu_1 + 0\mu_2 &= 80 \\
 0X_1 + 2X_2 + 0X_3 - 1X_4 + 0X_5 + 0x_6 + 0\mu_1 + 1\mu_2 &= 10 \\
 1X_1 + 0X_2 - 0X_3 - 0X_4 + 1X_5 + 0X_6 + 0\mu_1 + 0\mu_2 &= 40 \\
 0X_1 + 1X_2 - 0X_3 - 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0\mu_1 + 0\mu_2 &= 30 \\
 X_1, X_2 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Cuadro 8: Tableau Simplex 05

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	1	6	0	0	0	0	$M$	$M$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
				$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	
	$M$	$M_1$	80	1	2	-1	0	0	0	1	0	$\theta_1 = X$
←	$M$	$M_2$	10	0	1	0	-1	0	0	0	1	$\theta_2 = 10$
	0	$X_5$	40	1	0	0	0	1	0	0	0	$\theta_3 = X$
	0	$X_6$	30	0	1	0	0	0	1	0	0	$\theta_4 = 30$
$Z = 90M$				$M - 1$	$3M - 6$	$-M$	$-M$	0	0	0	0	
↑												
	$M$	$M_1$	60	1	0	-1	-2	0	0	1	-2	$\theta_1 = 30$
	6	$X_2$	10	0	1	0	-1	0	0	0	1	$\theta_2 = X$
	0	$X_5$	40	1	0	0	0	1	0	0	0	$\theta_3 = X$
←	0	$X_6$	20	0	0	0	1	0	1	0	-1	$\theta_4 = 20$
$Z = 60M + 60$				$M - 1$	0	$-M$	$2M - 6$	0	0	0	$-3M + 6$	
↑												
←	$M$	$M_1$	20	1	0	-1	0	0	-2	1	0	$\theta_1 = 20$
	6	$X_2$	30	0	1	0	0	0	1	0	0	$\theta_2 = X$
	0	$X_5$	40	1	0	0	0	1	0	0	0	$\theta_3 = 40$
	0	$X_4$	20	0	0	0	1	0	1	0	-1	$\theta_4 = X$
$Z = 180 + 20M$				$M - 1$	0	$-M$	0	0	$-2M + 6$	0	$-M$	
↑												
	1	$X_1$	20	1	0	-1	0	0	-2	1	0	$\theta_1 = X$
	6	$X_2$	30	0	1	0	0	0	1	0	0	$\theta_2 = 30$
←	0	$X_5$	20	0	0	1	0	1	2	-1	0	$\theta_3 = 10$
	0	$X_4$	20	0	0	0	1	0	1	0	-1	$\theta_4 = 20$
$Z = 200$				0	0	-1	0	0	4	$1 - M$	$-M$	
↑												
	1	$X_1$	40	1	0	0	0	1	0	0	0	
	6	$X_2$	20	0	1	$-1/2$	0	$-1/2$	0	$1/2$	0	
	0	$X_6$	10	0	0	$1/2$	0	$1/2$	1	$-1/2$	0	
	0	$X_4$	10	0	0	$-1/2$	1	$-1/2$	0	$1/2$	-1	
$Z = 160$				0	0	-3	0	-2	0	$3 - M$	$-M$	

De esta manera, podemos alcanzar el costo mínimo (de \$160) si traemos del deposito la totalidad de las cajas disponibles (40) y le compramos al proveedor el 66.67% de su stock disponible (osea 20 de 30 cajas).

## Punto 06 - Lotería

Las variables de decisión son:

- $X_1$ : Cantidad de acciones del tipo A invertidas (en millones).
- $X_2$ : Cantidad de acciones invertidas del tipo B (en millones).

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 0.10X_1 [\text{\$}] + 0.07X_2 [\text{\$}] \quad (9)$$



Sujeta a:

$$X_1 [\text{\$}] + X_2 [\text{\$}] = 10 [\text{\$}]$$

$$X_1 [\text{\$}] \leq 6 [\text{\$}]$$

$$X_2 [\text{\$}] \geq 2 [\text{\$}]$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Forma Estándar:

$$0.1X_1 + 0.07X_2 + 0X_3 + 0X_4 - M\mu_1 - M\mu_2$$

$$1X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 1\mu_1 - 0\mu_2 = 10$$

$$1X_1 + 0X_2 + 1X_3 + 0X_4 - 0\mu_1 - 0\mu_2 = 6$$

$$0X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 1X_4 - 0\mu_1 + 1\mu_2 = 2$$

Cuadro 9: Tableau Simplex 06

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	0,1 $A_1$	0,07 $A_2$	0 $A_3$	0 $A_4$	$-M$ $A_5$	$-M$ $A_6$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	$-M$	$M_1$	10	1	1	0	0	1	0	$\theta_1 = 10$
	0	$X_3$	6	1	0	1	0	0	0	$\theta_2 = X$
←	$-M$	<b><math>M_2</math></b>	20	0	<b>1</b>	0	-1	0	1	<b><math>\theta_3 = 2</math></b>
	$Z = -12M$			$-M$	<b><math>-2M</math></b>	0	$M$	0	0	
	↑									
	$-M$	$M_1$	8	1	0	0	1	1	-1	$\theta_1 = 8$
←	0	<b><math>X_3</math></b>	6	<b>1</b>	0	1	0	0	0	<b><math>\theta_2 = 6</math></b>
	0,07	$X_2$	2	0	1	0	-1	0	1	$\theta_3 = X$
	$Z = -8M$			<b><math>-M</math></b>	0	0	$-M$	0	$2M$	
	↑									
←	$-M$	<b><math>M_1</math></b>	2	0	0	-1	<b>1</b>	1	-1	<b><math>\theta_1 = 2</math></b>
	0,1	$X_1$	6	1	0	1	0	0	0	$\theta_2 = X$
	0,07	$X_2$	2	0	1	0	-1	0	1	$\theta_3 = X$
	$Z = -2M$			0	0	$M$	<b><math>-M</math></b>	0	$2M$	
	↑									
	0	$X_4$	2	0	0	-1	1	1	-1	
	0,1	$X_1$	6	1	0	1	0	0	0	
	0,07	$X_2$	4	0	1	-1	0	1	0	
	$Z = 8,8$			0	0	-0,07	0	$M$	$M$	

## Punto 07 - Turkeyco

Las variables de decisión son:

- $B_1$ : Cantidad de carne "blanca" utilizada en chuleta tipo 1.
- $N_1$ : Cantidad de carne "negra" utilizada en chuleta tipo 1.
- $B_2$ : Cantidad de carne "blanca" utilizada en chuleta tipo 2.
- $N_2$ : Cantidad de carne "negra" utilizada en chuleta tipo 2.
- $P_1$ : Cantidad de pavos del tipo 1 utilizados.
- $P_2$ : Cantidad de pavos del tipo 2 utilizados.

La función objetivo es:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = 4 \left[ \frac{\$}{Kg_{C1}} \right] (B_1 + N_1) [Kg_{C1}] + 3 \left[ \frac{\$}{Kg_{C2}} \right] (B_2 + N_2) [Kg_{C2}] - \\ 10 \left[ \frac{\$}{Kg_{P1}} \right] P_1 [Kg_{P1}] - 8 \left[ \frac{\$}{Kg_{P2}} \right] P_2 [Kg_{P2}] \quad (10) \end{aligned}$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} B_1 [Kg_{C1}] + N_1 [Kg_{C1}] &\leq 50 [Kg_{C1}] \\ B_2 [Kg_{C2}] + N_2 [Kg_{C2}] &\leq 30 [Kg_{C2}] \\ B_1 [Kg_{C1}] &\geq 0.7 (B_1 + N_1) [Kg_{C1}] \\ B_2 [Kg_{C2}] &\geq 0.6 (B_2 + N_2) [Kg_{C2}] \\ 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_{C1}} \right] B_1 [Kg_{C1}] + 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_{C2}} \right] B_2 [Kg_{C2}] &\leq 5 \left[ \frac{Kg}{Kg_{P1}} \right] P_1 [Kg_{P1}] + 3 \left[ \frac{Kg}{Kg_{P2}} \right] P_2 [Kg_{CP2}] \\ 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_{C1}} \right] N_1 [Kg_{C1}] + 1 \left[ \frac{Kg}{Kg_{C2}} \right] N_2 [Kg_{C2}] &\leq 2 \left[ \frac{Kg}{Kg_{P1}} \right] P_1 [Kg_{P1}] + 3 \left[ \frac{Kg}{Kg_{P2}} \right] P_2 [Kg_{CP2}] \\ B_1, B_2, N_1, N_2, P_1, P_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

## Solucion por Software 1: Ejercicio 07 - LINGO

```

Global optimal solution found.
Objective value:                177.5556
Infeasibilities:                0.000000
Total solver iterations:        4
Elapsed runtime seconds:        0.03

Model Class:                    LP

Total variables:                6
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              0

Total constraints:              13
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                28
Nonlinear nonzeros:            0

```

Variable	Value	Reduced Cost
B1	35.00000	0.000000
N1	15.00000	0.000000
B2	18.00000	0.000000
N2	12.00000	0.000000
P1	8.666667	0.000000
P2	3.222222	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	177.5556	1.000000
2	0.000000	2.577778
3	0.000000	1.622222
4	0.000000	-0.4444444
5	0.000000	-0.4444444
6	0.000000	1.555556
7	0.000000	1.111111
8	15.00000	0.000000
9	12.00000	0.000000
10	35.00000	0.000000
11	18.00000	0.000000
12	8.666667	0.000000
13	3.222222	0.000000

Podemos observar entonces que lo mas conveniente para la empresa es utilizar para la confección de la chuleta numero 1, 35Kg de carne blanca y 15Kg de carne oscura, mientras que para la chuleta numero 2 las cantidades son 18Kg y 12Kg respectivamente. Por otra parte es conveniente adquirir casi 9 pavos del tipo 1 y un poco mas de 3 del tipo 2.

## Punto 08 - Importador

Las variables de decisión son:

- $X_1$ : Cantidad de dinero (en millones) dispuesto para importar repuestos.

- $X_2$ : Cantidad de dinero (en millones) destinado a importar sustancias químicas.

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 0.02X_1 [\$] + 0.06X_2 [\$] \quad (11)$$

Sujeta a:

$$X_1 [\$] + X_2 [\$] \leq 20 [\$]$$

$$X_1 [\$] \leq 16 [\$]$$

$$X_2 [\$] \leq 8 [\$]$$

$$2X_2 [\$] - X_1 [\$] \geq 0$$

Forma Estándar:

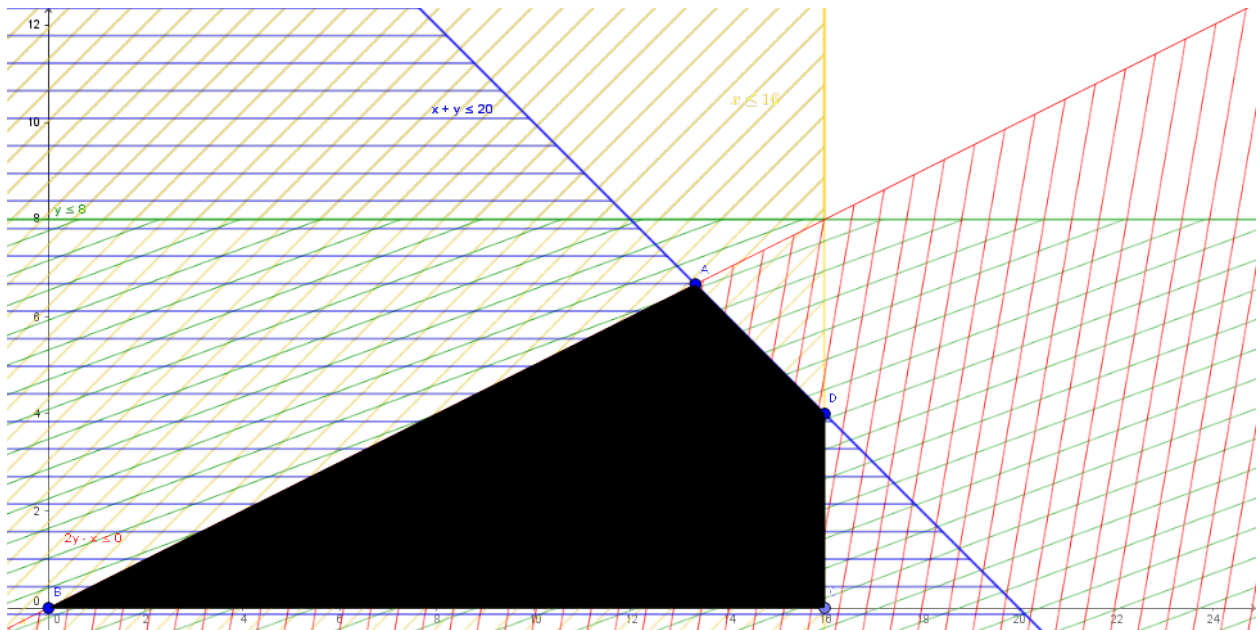
$$0.02X_1 + 0.06X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6$$

$$1X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 = 20$$

$$1X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 1X_4 + 1X_5 + 0X_6 = 16$$

$$0X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 1X_5 + 0X_6 = 8$$

$$-1X_1 + 2X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 1X_6 = 0$$



Cuadro 10: Tableau Simplex 08

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	0,02 $A_1$	0,06 $A_2$	0 $A_3$	0 $A_4$	0 $A_5$	0 $A_6$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	0	$X_3$	20	1	1	1	0	0	0	$\theta_1 = 20$
	0	$X_4$	16	1	0	0	1	0	0	$\theta_2 = X$
	0	$X_5$	8	0	1	0	0	1	0	$\theta_3 = 8$
←	0	<b><math>X_6</math></b>	0	-1	<b>2</b>	0	0	0	1	<b><math>\theta_4 = X</math></b>
	$Z = 0$			-0,02	<b>-0,06</b>	0	0	0	0	
	↑									
←	0	<b><math>X_3</math></b>	20	<b>3/2</b>	0	1	0	0	-1/2	<b><math>\theta_1 = 13,33</math></b>
	0	$X_4$	16	1	0	0	1	0	0	$\theta_2 = 16$
	0	$X_5$	8	1/2	0	0	0	1	-1/2	$\theta_3 = 16$
	0,06	$X_2$	0	-1/2	1	0	<b>0</b>	0	1/2	$\theta_4 = X$
	$Z = 0$			<b>-0,05</b>	0	0	<b>0</b>	0	0,03	
	↑									
	0,02	$X_1$	13,33	1	0	2/3	0	0	-1/3	
	0	$X_4$	2,66	0	0	-2/3	1	0	1/3	
	0	$X_5$	1,33	0	0	-1/3	0	1	-1/3	
	0,06	$X_2$	6,66	0	1	1/3	0	0	1/3	
	$Z = 0,66$			0	0	1/30	<b>0</b>	0	1/75	

Entonces, lo recomendable resulta la inversión de 13.33 millones aproximadamente en re-  
puestos para maquinarias agrícolas y 6.66 millones por otra parte en sustancias químicas.

## Punto 09 - Compañía de Seguros

Las variables de decisión son:

- $X_1$ : Unidades de Riesgos Especiales”vendidas.
- $X_2$ : Unidades de ”Hipotecas”vendidas.

La función objetivo es:

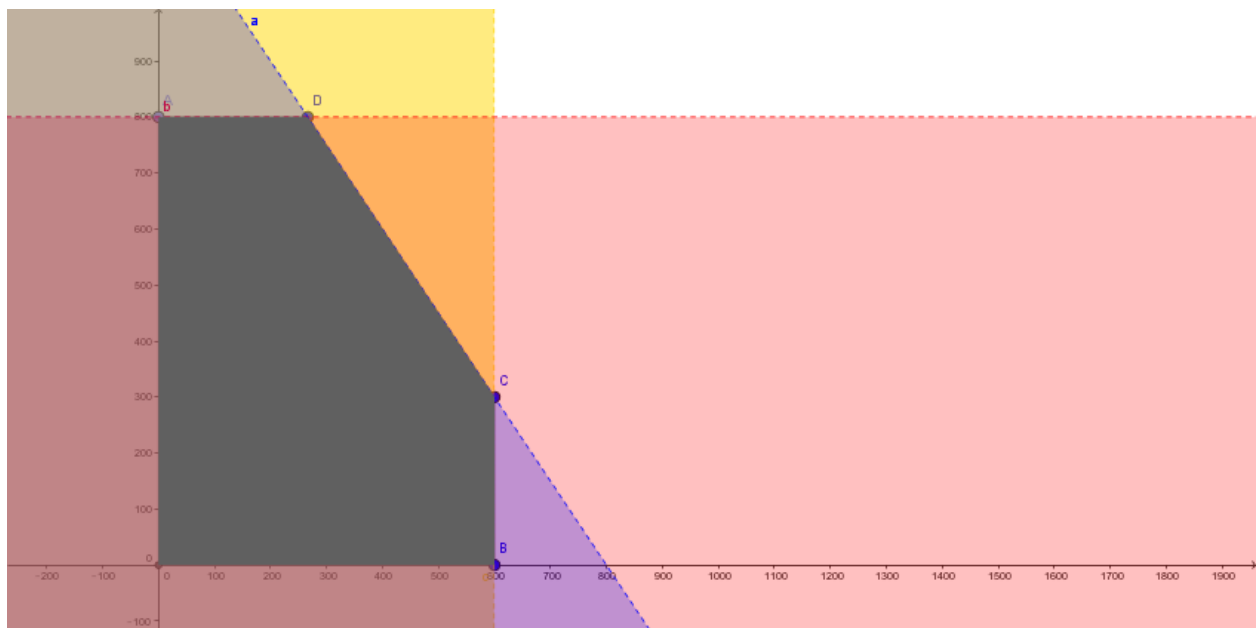
$$Max Z = 5 \left[ \frac{\$}{u1} \right] X_1 [u1] + 2 \left[ \frac{\$}{u2} \right] X_2 [u2] \quad (12)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} 3 \left[ \frac{Hs}{u1} \right] X_1 [u1] + 2 \left[ \frac{Hs}{u2} \right] X_2 [u2] &\leq 2400 [Hs] \\ 1 \left[ \frac{Hs}{u2} \right] X_2 [u2] &\leq 800 [Hs] \\ 2 \left[ \frac{Hs}{u1} \right] X_1 [u1] &\leq 1200 [Hs] \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} 5X_1 + 2X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 \\ 3X_1 + 2X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 &= 2400 \\ 0X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 1X_4 + 0X_5 &= 800 \\ 2X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 1X_5 &= 1200 \end{aligned}$$



Cuadro 11: Tableau Simplex 09

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	5 $A_1$	2 $A_2$	0 $A_3$	0 $A_4$	0 $A_5$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
	0	$X_3$	2400	3	2	1	0	0	$\theta_1 = 800$
	0	$X_4$	800	0	1	0	1	0	$\theta_2 = X$
←	0	<b><math>X_5</math></b>	1200	<b>2</b>	0	0	0	1	<b><math>\theta_3 = 600</math></b>
	$Z = 0$			<b>-5</b>	-2	0	0	0	
	↑								
←	0	<b><math>X_3</math></b>	600	0	<b>2</b>	1	0	-3/2	<b><math>\theta_1 = 300</math></b>
	0	$X_4$	800	0	1	0	1	0	$\theta_2 = 800$
	5	$X_1$	600	1	0	0	0	1/2	$\theta_3 = X$
	$Z = 3000$			0	<b>-2</b>	0	0	5/2	
	↑								
	2	$X_2$	300	0	1	1/2	0	-3/4	
	0	$X_4$	500	0	0	-1/2	1	3	
	5	$X_1$	600	1	0	0	0	1/2	
	$Z = 3600$			0	0	1	0	1	

Podemos observar que lo mas beneficioso seria la venta de 600 unidades del producto 1 (-iesgo Especial”) y 300 unidades del producto 2 (”Hipotecas”). Tambien cabe aclarar que las horas administrativas no se llegan a consumir en su totalidad, existiendo un sobrante de 500, que podrían ser utilizadas en otras actividades.

## Punto 10 - Criador de Perros

Las variables de decisión son:

- $X_1$ : Cantidad de alimento del tipo 1 utilizado.
- $X_2$ : Cantidad de alimento del tipo 2 utilizado.

La función objetivo es:

$$\text{Min } Z = 50 \left[ \frac{\$}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 25 \left[ \frac{\$}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] \quad (13)$$

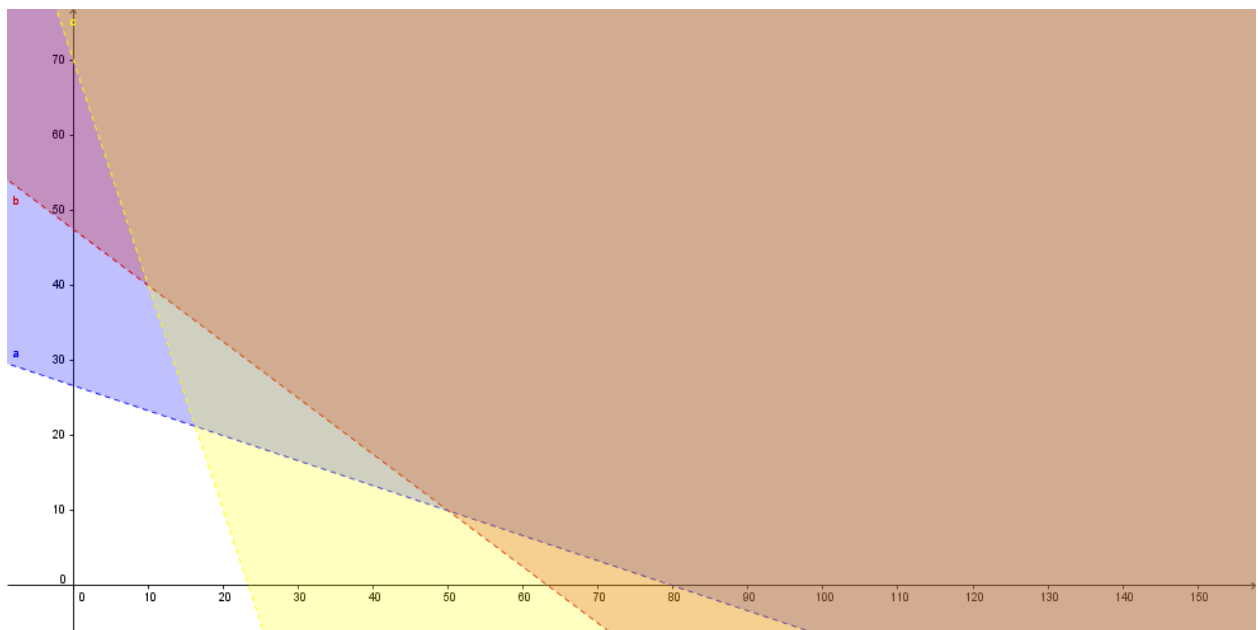


Sujeta a:

$$\begin{aligned} 0.1 \left[ \frac{Kg_G}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 0.3 \left[ \frac{Kg_G}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] &\geq 8 [Kg_G] \\ 0.3 \left[ \frac{Kg_C}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 0.4 \left[ \frac{Kg_C}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] &\geq 19 [Kg_C] \\ 0.3 \left[ \frac{Kg_{Ca}}{Kg_1} \right] X_1 [Kg_1] + 0.1 \left[ \frac{Kg_{Ca}}{Kg_2} \right] X_2 [Kg_2] &\geq 7 [Kg_{Ca}] \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Forma Estándar:

$$\begin{aligned} 50X_1 + 25X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + M\mu_1 + M\mu_2 + M\mu_3 \\ 0.1X_1 + 0.3X_2 - 1X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 1\mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 &= 8 \\ 0.3X_1 + 0.4X_2 + 0X_3 - 1X_4 + 0X_5 + 0\mu_1 + 1\mu_2 + 0\mu_3 &= 19 \\ 0.3X_1 + 0.1X_2 + 0X_3 + 0X_4 - 1X_5 + 1\mu_1 + 0\mu_2 + 1\mu_3 &= 7 \end{aligned}$$



Cuadro 12: Tableau Simplex 10

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	50 $A_1$	25 $A_2$	0 $A_3$	0 $A_4$	0 $A_5$	$M$ $A_6$	$M$ $A_7$	$M$ $A_8$	$\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	$M$	<b><math>M_1</math></b>	8	0,1	<b>0,3</b>	-1	0	0	1	0	0	<b><math>\theta_1 = 26,666</math></b>
	$M$	$M_2$	19	0,3	0,4	0	-1	0	0	1	0	$\theta_2 = 47,5$
	$M$	$M_3$	7	0,3	0,1	0	0	-1	0	0	1	$\theta_3 = 70$
	$Z = 34M$			0,7M	<b>0,8M</b>	$-M$	$-M$	$-M$	0	0	0	
	↑											
	25	$X_2$	26,66667	0,33	1	-3,33	0	0	3,33	0	0	$\theta_1 = X$
←	$M$	<b><math>M_2</math></b>	8,333333	0,16	0	<b>1,33</b>	-1	0	-1,33	1	0	<b><math>\theta_2 = 6,25</math></b>
	$M$	$M_3$	4,333333	0,27	0	0,33	0	-1	-0,33	0	1	$\theta_3 = 13$
	$Z = 12,67M$			0,43M	0	<b>1,66M</b>	$-M$	$-M$	2,67M	0	0	
	↑											
	25	$X_2$	47,5	0,75	1	0	-2,5	0	0	2,5	0	$\theta_1 = X$
	0	$X_3$	6,25	0,13	0	1	-0,75	0	-1	0,75	0	$\theta_2 = X$
←	$M$	<b><math>M_3</math></b>	2,25	0,23	0	0	<b>0,25</b>	-1	0	-0,25	1	<b><math>\theta_3 = 9</math></b>
	$Z = 2,25M$			0,23M	0	0	<b>0,25M</b>	$-M$	$-M$	-1,25M	0	
	↑											
	25	$X_2$	70	3	1	0	0	-10	$\theta_1 = 23,3$			
	0	$X_3$	13	0,8	0	1	0	-3	$\theta_2 = 41,56$			
←	0	<b><math>X_4</math></b>	9	<b>0,9</b>	0	0	1	-4	<b><math>\theta_3 = 10</math></b>			
	$Z = 1750$			<b>25</b>	0	0	0	-250				
	↑											
	25	$X_2$	40	0	1	0	-3,33	3,33				
	0	$X_3$	5	0	0	1	-2,66	0,55				
	50	$X_1$	10	1	0	0	1,11	-4,44				
	$Z = 1500$			0	0	0	-250/9	-1250/9				

En este caso, sugerimos al criador de perros el siguiente plan, con el cual podrá satisfacer las necesidades alimentarias de sus animales con el menor costo:

- Utilizar 10 unidades del alimento tipo 1
- Utilizar 40 unidades del alimento tipo 2
- La necesidad de grasas saturadas de los animales se encuentra satisfecha con un nivel por encima del requerido.

## Punto 11 - Banco Gane

Las variables de decisión son:

- $X_1$ : Dinero (en millones) que se destina a prestamos Personales.
- $X_2$ : Dinero (en millones) que se destina a prestamos Automovilísticos.
- $X_3$ : Dinero (en millones) que se destina a prestamos para el Hogar.

- $X_4$ : Dinero (en millones) que se destina a prestamos Agrícolas.
- $X_5$ : Dinero (en millones) que se destina a prestamos Comerciales.

La función objetivo es:

$$\text{Max } Z = 0.026X_1 [\$] + 0.051X_2 [\$] + 0.086X_3 [\$] + 0.069X_4 [\$] + 0.078X_5 [\$] \quad (14)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} X_4 [\$] + X_5 [\$] &\geq 0.4 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) [\$] \\ X_3 [\$] &\geq 0.5 (X_1 + X_2 + X_3) [\$] \\ (0.1X_1 + 0.07X_2 + 0.03X_3 + 0.05X_4 + 0.02X_5) [\$] &\leq 0.04 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) [\$] \\ (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) [\$] &\leq 12 [\$] \end{aligned}$$

Cuadro 13: Tableau Simplex 11

			2	4	0	0	
	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$ $\theta_i = b_i/a_{ij}$
←	0	<b><math>X_3</math></b>	5	1	<b>2</b>	1	0 <b><math>\theta_1 = 1.66</math></b>
	0	$X_4$	4	1	1	0	1 $\theta_2 = 4$
	$Z = 0$		-2	<b>-4</b>	0	0	
					↑		
	4	$X_2$	2,5	0,5	1	0,5	2,5 $\theta_1 = 5$
←	0	<b><math>X_4</math></b>	1,5	<b>0,5</b>	0	-0,5	1 <b><math>\theta_2 = 3</math></b>
	$Z = 10$		<b>0</b>	0	2	0	
				↑			
←	4	<b><math>X_2</math></b>	1	1	2	1	<b>0</b>
	2	$X_1$	3	1	1	0	1
	$Z = 10$		0	0	2	<b>0</b>	
						↑	

## Solucion por Software 2: Ejercicio 11 - LINGO

```

Global optimal solution found.
Objective value:                0.9936000
Infeasibilities:                0.0000000
Total solver iterations:        2
Elapsed runtime seconds:        0.07

Model Class:                    LP

Total variables:                6
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              0

Total constraints:              10
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                28
Nonlinear nonzeros:            0

```

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	0.6000000E
-01		
X2	0.000000	0.3500000E
-01		
X3	7.200000	0.000000
X4	0.000000	0.9000000E
-02		
X5	4.800000	0.000000
Z2	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.9936000	1.000000
2	0.000000	-0.8000000E
-02		
3	3.600000	0.000000
4	0.1680000	0.000000
5	0.000000	0.8280000E
-01		
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	7.200000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	4.800000	0.000000

La mejor política de prestamos para el Banco Gane es la siguiente:

- Destinar 7,2 millones a prestamos para casas.
- Destinar 4,8 millones a prestamos comerciales.

De esta manera, la ganancia del banco seria de \$993600.

**Punto 12 - Papelera Moderna**

Las variables de decisión son:

- $X_1$ : Cantidad de cortes en posición 7-9.
- $X_2$ : Cantidad de cortes en posición 5-5-7.
- $X_3$ : Cantidad de cortes en posición 5-5-9.
- $X_4$ : Cantidad de cortes en posición 5-5-5-5.
- $X_5$ : Cantidad de cortes en posición 9-9.
- $X_6$ : Cantidad de cortes en posición 7-7-5.

La función objetivo es:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 4 \left[ \frac{\text{pies}}{C} \right] X_1 [C] + 3 \left[ \frac{\text{pies}}{C} \right] X_2 [C] + 1 \left[ \frac{\text{pies}}{C} \right] X_3 [C] \\ & + 0 \left[ \frac{\text{pies}}{C} \right] X_4 [C] + 2 \left[ \frac{\text{pies}}{C} \right] X_5 [C] + 1 \left[ \frac{\text{pies}}{C} \right] X_6 [C] \end{aligned}$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} 2X_2 [C] + 2X_3 [C] + 4X_4 [C] + 1X_6 [C] &\geq 150 [C] \\ 1X_1 [C] + 1X_2 [C] + 2X_6 [C] &\geq 200 [C] \\ 1X_1 [C] + 1X_3 [C] + 2X_5 [C] &\geq 300 [C] \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Cuadro 14: Tableau Simplex 12

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_9$
←	0	<b><math>X_4</math></b>	25/2	-0,13	0,38	<b>1/2</b>	1	0	0	-1/4	0,13	0
	1	$X_6$	100	1/2	1/2	0	0	0	1	0	-1/2	0
	2	$X_5$	150	1/2	0	1/2	0	1	0	0	0	-1/2
	$Z = 400$			5/2	5/2	<b>0</b>	0	0	0	0	1/2	1
	↑											
	1	$X_3$	25	-1/4	3/4	1	2	0	0	-1/2	1/4	0
	1	$X_6$	100	1/2	1/2	0	0	0	1	0	-1/2	0
	2	$X_5$	137,5	0,63	-0,38	0	-1	1	0	1/4	-0,13	-1/2
	$Z = 400$			5/2	5/2	0	0	0	0	0	1/2	1

Podemos ver que existen múltiples soluciones:

- Solución 01:
  - Realizar 100 cortes con el esquema 6
  - Realizar 150 cortes con el esquema 5
- Solución 02:
  - Realizar 25 cortes con el esquema 3
  - Realizar 100 cortes con el esquema 6
  - Realizar 137,5 cortes con el esquema 5

Ambas estrategias nos permiten alcanzar un desperdicio de solo 400 pies

## Punto 13 - Ciudad de Progreso

Las variables de decisión son:

- $X_1$ : Cantidad de colectivos necesarios de 00 a 08 Hs.
- $X_2$ : Cantidad de colectivos necesarios de 04 a 23 Hs.
- $X_3$ : Cantidad de colectivos necesarios de 08 a 16 Hs.
- $X_4$ : Cantidad de colectivos necesarios de 12 a 20 Hs.
- $X_5$ : Cantidad de colectivos necesarios de 16 a 24 Hs.
- $X_6$ : Cantidad de colectivos necesarios de 20 a 04 Hs.

La función objetivo es:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^6 X_i [C] \quad (15)$$

Sujeta a:

$$\begin{aligned} X_1 [C] + X_6 [C] &\geq 4 [C] \\ X_1 [C] + X_2 [C] &\geq 8 [C] \\ X_2 [C] + X_3 [C] &\geq 10 [C] \\ X_3 [C] + X_4 [C] &\geq 7 [C] \\ X_4 [C] + X_5 [C] &\geq 12 [C] \\ X_5 [C] + X_6 [C] &\geq 4 [C] \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Cuadro 15: Tableau Simplex 13.A

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	1 $A_1$	1 $A_2$	1 $A_3$	1 $A_4$	1 $A_5$	1 $A_6$	0 $A_7$	0 $A_8$	0 $A_9$	0 $A_{10}$	0 $A_{11}$	0 $A_{12}$
	1	$X_1$	4	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
	1	$X_2$	10	0	1	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
←	0	<b><math>X_8</math></b>	6	0	0	<b>1</b>	0	0	1	-1	1	-1	0	0	0
	1	$X_4$	8	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	-1	1
	0	$X_{10}$	1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	0	1	-1	1
	1	$X_5$	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1
	$Z = 26$			0	0	<b>0</b>	0	0	0	-1	0	-1	0	-1	0
	↑														
	1	$X_1$	4	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
	1	$X_2$	4	0	1	0	0	0	-1	1	-1	0	0	0	0
	1	$X_3$	6	0	0	1	0	0	1	-1	1	-1	0	0	0
	1	$X_4$	8	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	-1	1
	0	$X_{10}$	7	0	0	0	0	0	0	-1	1	-1	1	-1	1
←	1	<b><math>X_5</math></b>	4	0	0	0	0	1	<b>1</b>	0	0	0	0	0	-1
	$Z = 26$			0	0	0	0	0	<b>0</b>	-1	0	-1	0	-1	0
	↑														

Cuadro 16: Tableau Simplex 13.B

	$C_k$	$X_k$	$B_k$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_9$	$A_{10}$	$A_{11}$	$A_{12}$
←	1	<b><math>X_1</math></b>	0	1	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	<b>1</b>
	1	$X_2$	8	0	1	0	0	1	0	1	-1	0	0	0	-1
	1	$X_3$	2	0	0	1	0	-1	0	-1	1	-1	0	0	1
	1	$X_4$	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1	0
	0	$X_{10}$	7	0	0	0	0	0	0	-1	1	-1	1	-1	1
	1	$X_6$	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1
	$Z = 26$			0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	-1	<b>0</b>
	↑														
	0	$X_{12}$	0	1	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	1
	1	$X_2$	8	1	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
	1	$X_3$	2	-1	0	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0
	1	$X_4$	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-1	0
	0	$X_{10}$	7	-1	0	0	0	1	0	0	1	-1	1	-1	0
	1	$X_6$	4	1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
	$Z = 26$			0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	-1	0