

Guía Ejercicios Certamen 3 – 2023

1. Una firma tiene un contrato para enviar por barco 400 unidades del producto A y 500 vehículos del modelo B. El modelo A ocupa un volumen equivalente a 12m³ y el modelo B un volumen de 15m³. Se dispone de espacio en tres buques que llegarán al destino requerido a principios de junio, mediados de Julio y finales de agosto, respectivamente. El primer barco solo puede embarcar hasta 200 unidades del modelo A únicamente, a un costo de USD 450 por automóvil. En el segundo embarque se dispone de 4500m³ a un costo de USD35 por m³. El tercer embarque se dispone de 6000m³ a un costo de USD40 por m³. La firma tiene en su contrato que debe cumplir además con una demanda de al menos 250 vehículos del modelo A y al menos 200 vehículos del modelo B a mediados de Julio y el resto para fines de agosto con el último embarque.

RESPUESTA:

a) Definición de Variables:

A_i = Unidades del vehículo A enviadas en el barco i

Siendo i : 1,2, 3;

B_i = Unidades del vehículo B enviadas en el barco i

Siendo i : 2, 3;

b) Definición de la Función Objetivo:

Minimizar $\{450A_1 + 35*12*A_2 + 35*15*B_2 + 40*12*A_3 + 40*15*B_3\}$

c) Restricciones del Problema:

- Limite de unidades enviadas en el primer barco:

$$A_1 \leq 200$$

- Limite de m³ enviados en el Segundo barco

$$A_2*12 + B_2*15 \leq 4500$$

- Limite de m³ enviados en el Tercer barco

$$A_3*12 + B_3*15 \leq 6000$$

- Demanda a satisfacer para mediados de Julio:

$$A_1 + A_2 \geq 250$$

$$B_2 \geq 200$$

- Cantidades por Contrato:

$$A_1 + A_2 + A_3 = 400$$

$$B_2 + B_3 = 500$$

- No Negatividad:

$$A_i \geq 0, B_i \geq 0$$

2. Supongamos que un banco dispone de \$250 millones para destinar a 4 tipo de créditos ofrecidos, los cuales tienen las siguientes, tasas de crédito:

- Primer crédito corriente: 12%
- Segundo crédito corriente: 16%
- Crédito para el hogar: 16%
- Crédito personal: 10%

La asignación de estos créditos debe satisfacer la siguiente política utilizada por la institución:

El monto asignado a los PCC debe ser al menos, el 55% del monto asignado a los créditos corrientes, y al menos un 25% del total del dinero prestado.

El SCC, no puede exceder el 30% del total del dinero prestado, por políticas tributarias el interés recibido por el banco no debe exceder a un retorno del 14% sobre el capital prestado.

¿Cuánto asignar a cada tipo de crédito, de la manera más eficiente, respetando la política del banco?

RESPUESTA:

Variables de decisión:

x₁ : Monto asignado al PCC.

x₂ : Monto asignado SCC.

x₃ : Monto asignado al crédito para el hogar.

x₄ : Monto asignado al crédito personal.

FO: Max **0.12 x₁ + 0.16 x₂ + 0.16 x₃ + 0.10 x₄**

Restricciones

$$x_1 \geq 0.55 (x_1 + x_2)$$

$$x_1 \geq 0.25 (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$$

$$x_2 \leq 0.30 (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$$

$$(0.12x_1 + 0.16x_2 + 0.16x_3 + 0.10x_4) \leq 0.14 (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 250.000.000$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

3. Una empresa fabrica 3 productos (A, B y C) y desea planificar la producción semanal de cada uno de estos productos. Para ello dispone de 200 horas semanales en el departamento de corte, 350 horas semanales en el departamento de ensamblaje y 250 horas semanales en el departamento de terminado. Cada producto utiliza una determinada cantidad de horas en estos departamentos según lo muestran los parámetros en el lado izquierdo de las respectivas restricciones. Adicionalmente la empresa ha adquirido contratos con clientes que compran el producto B y C para producir al menos 50 y 30 unidades semanales, respectivamente. Finalmente, según el departamento de ventas se ha estimado que la demanda máxima semanal para los productos A, B y C son 60, 120 y 80 unidades respectivamente.

Un modelo de Programación Lineal para la

Maximizar $9A + 8B + 7C$
 Sujeto a
 Corte: $A + 3B + C \leq 200$
 Ensamblaje: $3A + 2B + 4C \leq 350$
 Terminado: $2A + 2B + C \leq 250$
 Contrato B: $B \geq 50$
 Contrato C: $C \geq 30$
 Demanda A: $A \leq 60$
 Demanda B: $B \leq 120$
 Demanda C: $C \leq 80$
 No Negatividad: $A, B, C \geq 0$

4. Un agricultor que dispone de una superficie de 80 hectáreas desea programar sus actividades para el próximo semestre. Los estudios realizados indican que los cultivos técnica y económicamente posibles son trigo, maíz, alfalfa y arroz.

Dependiendo del tipo de cultivo a que está dedicada, cada hectárea tiene un rendimiento y requerimientos de capital, mano de obra y agua de riego. El capital considera las semillas, fertilizantes, etc. La mano de obra está constituida por el agricultor y sus 2 hijos que trabajan 25 días por mes, en promedio. Durante el primer trimestre, la jornada de trabajo es de hasta 8 horas por día y el segundo trimestre hasta 12 horas diarias. Los rendimientos en quintales métricos (qq) por hectárea y requerimientos por cultivo, así como el precio de venta se indican en la siguiente tabla. La mano de obra está en horas hombres (hh) por día y por hectáreas.

Cultivo	Rendimiento (qq/ha)	Precio de Venta (\$/qq)	Capital (\$/ha)	Agua 1° Trim. (m³/ha)	Agua 2° Trim. (m³/ha)	Mano Obra 1°Trim (hh/ha)	Mano Obra 2°Trim (hh/ha)
Trigo	25	10.000	1.500	600	800	1,5	2,5
Maíz	30	7.000	1.200	800	1.000	1,0	2,0
Alfalfa	20	8.000	1.000	700	800	1,5	2,0
Arroz	30	12.000	1.500	900	1.300	2,0	3,0

Formule un modelo de Programación Lineal que permita al agricultor decidir qué cantidad de hectáreas dedicar a cada cultivo de modo que el beneficio sea máximo, si dispone de un capital total de \$3.000.000, 90.000 m³ de agua de riego para el primer trimestre y 120.000 m³ para el segundo, y la hora hombre se valoriza a \$200

RESPUESTA:

Conjuntos

i= Cultivo

t= trimestre

Variables de Decisión

Xit: Hectáreas dedicadas para el cultivo i en el trimestre t (i=1,2,3,4) (t=1,2)

Función Objetivo

Maximizar

$$10.000*25(X_{11}+X_{12})+7.000*30(X_{21}+X_{22})+8.000*20(X_{31}+X_{32})+12.000*30(X_{41}+X_{42})-200*25*(1,5*X_{11}+1,0*X_{21}+1,5*X_{31}+2,0*X_{41}+2,5*X_{12}+2,0*X_{22}+2,0*X_{32}+3,0*X_{42})$$

Restricciones

Disponibilidad de Capital

$$1.500*(X_{11}+X_{12})+1.200*(X_{21}+X_{22})+1.000*(X_{31}+X_{32})+1.500*(X_{41}+X_{42})\leq 3.000.000$$

Disponibilidad de Hectáreas

$$X_{11}+X_{21}+X_{31}+X_{41}\leq 80$$

$$X_{12}+X_{22}+X_{32}+X_{42}\leq 80$$

Agua Riego Primer Trimestre

$$600*X_{11}+800*X_{21}+700*X_{31}+900*X_{41}\leq 90.000$$

Agua Riego Segundo Trimestre

$$800*X_{12}+1.000*X_{22}+800*X_{32}+1.300*X_{42}\leq 120.000$$

Horas Hombre Primer Trimestre

$$(1,5*25*X_{11}+1,0*25*X_{21}+1,5*25*X_{31}+2,0*25*X_{41})^3\leq 3*25*8^3$$

Horas Hombre Segundo Trimestre

$$(2,5*25*X_{12}+2,0*25*X_{22}+2,0*25*X_{32}+3,0*25*X_{42})^3\leq 3*25*12^3$$

No Negatividad

$$X_{it}\geq 0 \quad i=1,2,3,4 \quad t=1,2$$

5. Una empresa desea determinar los proveedores que atenderán su requerimiento de un insumo dado que se necesita en las n bodegas a su cargo a lo largo del país. Asuma que se cuenta con un total de m proveedores, cada uno de los cuales está en condiciones de ofrecer a_i unidades de dicho insumo. La demanda requerida en la j -ésima bodega es de b_j unidades. Se denota por c_{ij} el costo que ofrece el proveedor i para despachar una unidad del producto hasta la bodega j .
Formule un modelo de Programación Lineal que minimice los costos de compra para atender los requerimientos dados.

RESPUESTA:

Conjuntos: (10 puntos)

i = proveedor $[1,...,m]$

j = bodegas $[1,...,n]$

Parámetros: (10 puntos)

a_i = Oferta de insumos por parte del proveedor i

b_j = demanda de insumos en la bodega j

c_{ij} = costo de despachar una unidad del insumo desde el proveedor i a la bodega j .

Variables de Decisión:

x_{ij} = unidades atendidas en la bodega j por el proveedor i

Función Objetivo. $\text{Min } \sum_{i=1,...,m} \sum_{j=1,...,n} c_{ij} x_{ij}$

Restricciones.

- restricciones de oferta: para cada $i=1,...,m$: $\sum_{j=1,...,n} x_{ij} \leq a_i$

- restricciones de demanda: para cada $j=1,...,n$: $\sum_{i=1,...,m} x_{ij} = b_j$

- restricciones de no-negatividad: $x_{ij} \geq 0$

6. Un avión de carga tiene tres compartimientos para almacenar: delantero, central y trasero. Estos compartimientos tienen límites tanto en peso como en espacio. Los datos se resumen en la siguiente tabla:

<i>Compartimiento</i>	<i>Capacidad de peso (ton)</i>	<i>Capacidad de espacio (ft³)</i>
<i>Delantero</i>	12	7.000
<i>Central</i>	18	9.000
<i>Trasero</i>	10	5.000

Más aún, para mantener el avión balanceado, cada compartimiento tiene que tener la misma proporción entre el peso de la carga usada y su capacidad de espacio. Se tienen ofertas para cuatro cargamentos en un vuelo próximo:

<i>Carga</i>	<i>Peso (ton)</i>	<i>Volumen (ft³/ton)</i>	<i>Ganancia (\$/ton)</i>
<i>1</i>	20	500	320
<i>2</i>	16	700	400
<i>3</i>	25	600	360
<i>4</i>	13	400	290

Se puede aceptar cualquier fracción de estas cargas. El objetivo es determinar qué cantidad de cada carga debe aceptarse y cómo distribuirla en los compartimientos para maximizar la ganancia del vuelo. Formule un modelo de Programación Lineal que permita enfrentar esta situación.

RESPUESTA:

Variables de Decisión:

x_{ij} = cantidad (toneladas) de la carga i transportadas en el compartimiento j
con $i=1,2,3,4$ y $j=1,2,3$.

Función Objetivo:

Max $(x_{11} + x_{12} + x_{13}) \cdot 320 + (x_{21} + x_{22} + x_{23}) \cdot 400 + (x_{31} + x_{32} + x_{33}) \cdot 360 + (x_{41} + x_{42} + x_{43}) \cdot 290$

Restricciones:

Transporte de Carga:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 20$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 16$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} \leq 25$$

$$x_{41} + x_{42} + x_{43} \leq 13$$

Capacidad de Espacio Compartimientos:

$$500x_{11} + 700x_{21} + 600x_{31} + 400x_{41} \leq 7000$$

$$500x_{12} + 700x_{22} + 600x_{32} + 400x_{42} \leq 9000$$

$$500x_{13} + 700x_{23} + 600x_{33} + 400x_{43} \leq 5000$$

Capacidad de Tonelaje Compartimientos:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} \leq 12$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} \leq 18$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} \leq 10$$

Balance del Avión:

$$(x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41})/7000 = (x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42})/9000$$

$$(x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42})/9000 = (x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43})/5000$$

$$(x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41})/7000 = (x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43})/5000$$

No Negatividad:

$$x_{ij} \geq 0, i=1,2,3,4 \text{ y } j=1,2,3$$

7. La compañía PELTRELAB.S.A., produce una línea de artículos de peltre para uso casero, la cual consta de cuatro productos. El sistema de manufactura se divide en cinco etapas: cortado, troquelado, esmaltado, acabado y empacado. A continuación se presenta la información relevante, tanto del sistema productivo como del producto.

Información sobre el sistema productivo

Departamento	Índice de producción(unidades/hora)				Capacidad (horas/mes)
	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4	
Cortado	25	6	20	10	400
Troquelado	14	8	20	10	380
Esmaltado	17	9	33	8	490
Acabado	20	4		8	450
Empacado	50	13	50	20	400

Información sobre el producto

Producto	Precio de venta (\$/unidad)	Costo de Venta (\$/unidad)	Demanda mensual (unidades)	
			Mínima	Máxima
1	100	50	500	5.000
2	300	200	750	6.000
3	160	100	650	8.000
4	250	150	0	3.500

Además, se sabe que en el siguiente mes sólo se dispondrán de 1.200 m² de la lámina que consumen los productos 1 y 2. El producto 1 requiere de 0.50 m² por unidad y el producto 2 requiere 0.80 m² por unidad.

Formule un modelo de Programación Lineal que determine los niveles de producción que permitan maximizar la utilidad de la compañía.

RESPUESTA:

Variables de Decisión

x1 = unidades del producto 1 a fabricar el próximo mes

x2 = unidades del producto 2 a fabricar el próximo mes

x3 = unidades del producto 3 a fabricar el próximo mes

x4 = unidades del producto 4 a fabricar el próximo mes

Función Objetivo

Maximizar: $x_0 = (100 - 50)x_1 + (300 - 200)x_2 + (160-100)x_3 + (250-150)x_4$

y simplificando

Maximizar: $x_0 = 50x_1 + 100x_2 + 60x_3 + 100x_4$

Restricciones

Capacidad de Producción

$$(1/25)x_1 + (1/6)x_2 + (1/20)x_3 + (1/10)x_4 \leq 400 \text{ (cortado)}$$

$$(1/14)x_1 + (1/8)x_2 + (1/20)x_3 + (1/10)x_4 \leq 380 \text{ (troquelado)}$$

$$(1/17)x_1 + (1/9)x_2 + (1/33)x_3 + (1/8)x_4 \leq 490 \text{ (esmaltado)}$$

$$(1/20)x_1 + (1/4)x_2 + (1/8)x_4 \leq 450 \text{ (acabado)}$$

$$(1/50)x_1 + (1/13)x_2 + (1/50)x_3 + (1/20)x_4 \leq 400 \text{ (empacado)}$$

Mercado (Demanda)

$$500 \leq x_1 \leq 5000$$

$$750 \leq x_2 \leq 6000$$

$$650 \leq x_3 \leq 8000$$

$$0 \leq x_4 \leq 3500$$

Entradas (materias primas: lámina)

$$0.50x_1 + 0.80x_2 \leq 1200$$

No Negatividad

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, 3, 4$$

8. La empresa Paint S.A. produce pinturas para exteriores e interiores para lo cual utiliza 2 materias primas: M1 y M2. La siguiente tabla proporciona los datos básicos del problema.

	Ton de materia prima de		Disponibilidad diaria máxima (ton)
	Pinturas para exteriores	Pinturas para interiores	
Materia Prima, M1	6	4	24
Materia Prima, M2	1	2	6
Utilidad por ton (miles de \$)	5	4	

Por ejemplo, para fabricar una tonelada de pintura para exteriores se requiere de 6 toneladas de M1 y 1 tonelada de M2. Por otra parte, una encuesta de mercado indica que la demanda diaria de pintura para interiores no puede ser mayor que 1 tonelada más que la de pintura para exteriores. También, que la demanda máxima diaria de pintura para interiores es de 2 toneladas.

a) Formule un modelo de Programación Lineal que permita a Paint S.A. encontrar la mezcla óptima de productos para exteriores e interiores que maximice la utilidad diaria total.

Variables de Decisión:

X1: Toneladas producidas diariamente de pintura para exteriores

X2: Toneladas producidas diariamente de pintura para interiores

Función Objetivo:

MAX Utilidad diaria total

Maximizar $5X_1 + 4X_2$

Restricciones:

R1: $-X_1 + X_2 \leq 1$ (Diferencia Máxima)

R2: $X_2 \leq 2$ (Demanda Máxima)

R3: $X_1 \geq 0$ $X_2 \geq 0$ (No negatividad)

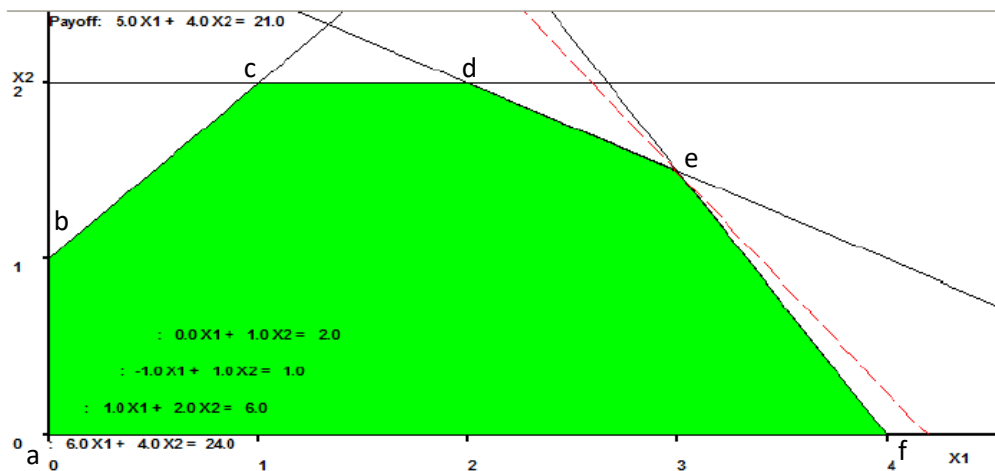
R4: $6X_1 + 4X_2 \leq 24$ (Materia Prima M1)

R5: $X_1 + 2X_2 \leq 6$ (Materia Prima M2)

b) Resuelva el modelo por usted definido en a) en forma gráfica. Construya un gráfico en donde se indique claramente el dominio de puntos factibles, las restricciones y curvas de nivel. Finalmente, indique la solución y valor óptimo del problema.

Gráfico dominio puntos factibles - Curvas de Nivel

(Al menos la curva de nivel de la solución óptima u otra)



Sistema de ecuaciones para encontrar pto. e

$$6X_1 + 4X_2 = 24$$

$$X_1 + 2X_2 = 6 \quad (*-2)$$

$$6X_1 + 4X_2 = 24$$

$$-2x_1 - 4x_2 = -12$$

$$4x_1 = 12$$

$$x_1 = 3$$

Reemplazando en $X_1 + 2X_2 = 6$

$$3 + 2X_2 = 6$$

$$2x_2 = 6 - 3 = 3$$

$$X_2 = 3/2 = 1,5$$

Reemplazo de vértices en FO:

$$FO: U(X_1, X_2) = 5x_1 + 4x_2$$

$$a (0,0)$$

$$U(0,0) = 0$$

$$b (0,1)$$

$$U(0,1) = 4$$

$$c (1,2)$$

$$U(1,2) = 13$$

$$d (2,2)$$

$$U(2,2) = 18$$

$$e(3; 1,5)$$

$$U(3; 1,5) = 21$$

$$f(4,0)$$

$$U(4,0) = 20$$

Solución Óptima:
 $X_1 = 3$
 $X_2 = 1,5$

Valor Óptimo:
 $V(P) = 21 \rightarrow Z = 5 \cdot (3) + 4 \cdot (1,5) = 21$

c) ¿Cuánto podría variar la utilidad neta de la pintura de exteriores de modo de conservar la solución óptima?

FO:

$$5x_1 + 4x_2 = 0$$

Se conserva la actual solución óptima si:

$$m_{R4} \leq -\frac{C_1}{C_2} \leq m_{R5}$$

$$-1,5 \leq -\frac{C_1}{C_2} \leq -0,5$$

Multiplicamos por -1

$$1,5 \geq \frac{C_1}{C_2} \geq 0,5$$

Para determinar el rango de variación de la utilidad de pintura de exteriores de modo de conservar la actual solución óptima asumimos $C_2 = 4$.

$$1,5 \geq \frac{C_1}{4} \geq 0,5$$

$$6 \geq C_1 \geq 2$$

De donde se obtiene que si C_1 varía en el intervalo entre $[2,6]$ se conserva la actual solución óptima, es decir, para mantener la solución óptima la utilidad de pintura de exteriores puede variar entre 2 y 6 \$/ton.

9. La Panadería Don Nicolás vende solo dos tipos de panes: marraquetas y hallullas. La elaboración de pan es sencilla y requiere de pocos insumos: con un kilo de harina, 40 gramos de levadura y medio litro de agua, es posible producir 1 kilo de marraquetas (que equivale a 8 unidades). Asimismo, con un kilo de harina, 15 gramos de levadura, 100 gramos de manteca y 0,3 litros de agua, es posible producir 1 kilo de hallullas (que equivale a 6 unidades).

Al entrar a su bodega, Don Nicolás nota que tiene a su disposición 50 kilos de harina, 1 kilo de levadura y 5 kilos de manteca. El agua no tiene importancia para él pues su uso ilimitado está incluido en el arriendo que paga por el local comercial.

Don Nicolás sabe que cada marraqueta le reporta una utilidad neta de \$2, mientras que cada hallulla le reporta una utilidad neta de \$3 y desea saber cuál sería la mejor decisión de producción (cuántos kilos de pan de cada variedad debe fabricar) de modo de maximizar su utilidad total.

a) Formule y resuelva gráficamente un modelo de Programación Lineal que permita maximizar las utilidades de la Panadería. Detalle claramente el dominio de soluciones factibles y el procedimiento utilizado para encontrar la solución óptima y valor óptimo.

Variables de Decisión:

X1: Kilos de Marraquetas a Producir

X2: Kilos de Hallullas a Producir

Función Objetivo:

Maximizar $2 \cdot 8 \cdot X1 + 3 \cdot 6 \cdot X2$

Maximizar $16X1 + 18X2$

Restricciones:

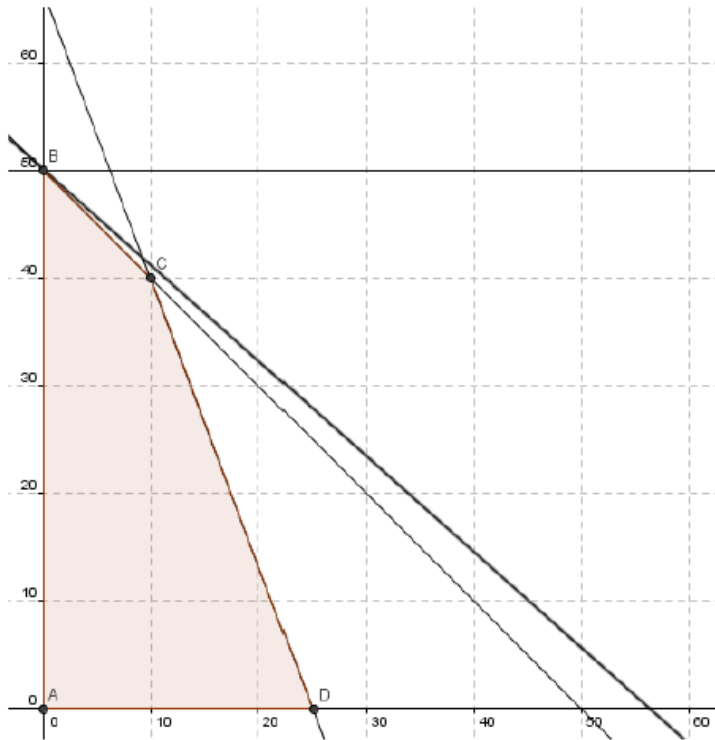
$X1 + X2 \leq 50$ (Harina)

$0,040X1 + 0,015X2 \leq 1$ (Levadura)

$0,1X2 \leq 5$ (Manteca)

$X1 \geq 0$ $X2 \geq 0$ (No Negatividad)

Gráfico con dominio de soluciones factibles:



Solución Óptima1: (Vértice B - $X_1=0$ $X_2=50$)

Para obtener la totalidad del puntaje se debe justificar el procedimiento utilizado para obtener la solución óptima (evaluación de los vértices del dominio de soluciones factibles o graficando al menos una curva de nivel de la función objetivo que pase por el vértice óptimo).

Valor Óptimo:

$$V(P)=16(0)+18(50)=900$$

b) Sin reoptimizar y a través del análisis de sensibilidad determine cuánto podría variar la utilidad neta de cada marraqueta de modo de conservar la solución óptima encontrada en a).

Se conserva la actual solución óptima si:

$$-1 \leq -C_1/C_2 \leq 0$$

Multiplicamos por -1

$$1 \geq C_1/C_2 \geq 0$$

Para determinar el rango de variación de la utilidad del kilo de marraqueta de modo de conservar la actual solución óptima asumimos $C_2=18$.

$$1 \geq C_1/18 \geq 0$$

De donde se obtiene que si C_1 (utilidad neta por kilo de marraqueta) varía en el intervalo entre $[0,18]$ se conserva la actual solución óptima.

10. Una empresa administradora de fondos dispone de 21 millones de pesos para invertir en bolsa. El departamento de estudios de inversiones recomienda dos tipos de instrumentos financieros, que llamaremos tipo A y tipo B. Los del tipo A tienen una rentabilidad del 10% anual y los del tipo B del 8% anual. Por razones de políticas de gestión del directorio se decide invertir un máximo de 13 millones de pesos en las del tipo A y como mínimo 6 millones de pesos en las del tipo B. Además la inversión en los instrumentos del tipo A debe ser menor o igual que el doble de la inversión destinada a los instrumentos tipo B.

a) Formule un modelo de Programación Lineal que permita obtener la política de inversión que arroje la máxima rentabilidad anual.

b) Resuelva el modelo propuesto por usted en a) de forma gráfica. Indique claramente el dominio de puntos factibles, las diferentes restricciones, curvas de nivel de la función objetivo y la solución y valor óptimo del problema.

c) ¿Cuál es el rango en que puede variar el interés del instrumento tipo B, de manera que el valor óptimo siga siendo el mismo?

Respuesta:

a) 1. Variables de Decisión

x = millones invertidos en instrumento tipo A.

y = millones invertidos en instrumento tipo B.

El problema consiste en resolver el siguiente modelo:

$$\text{Max } 0.1x + 0.08y$$

$$\text{s.a } x + y \leq 21$$

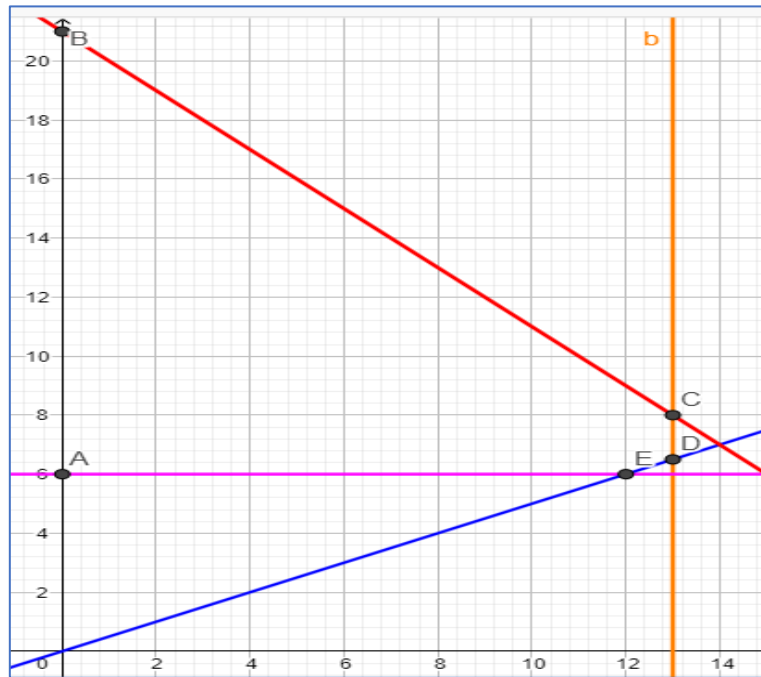
$$x \leq 13$$

$$y \geq 6$$

$$x - 2y \leq 0$$

$$x \geq 0, y \geq 0$$

b) Resolución gráfica:



Solución óptima $x=13$ e $y=8$

Valor óptimo $v(P)=z=1.94$

c) El problema corresponde al análisis de sensibilidad en la función objetivo.

Rango de variación del coeficiente asociado a variable y es $0 \leq C_y \leq 0.1$