

# MODELOS DE DECISIÓN

## Problemas de aplicación

Mariana Funes  
Hernán P. Guevel



*Cau Vang Golden Hand Bridge, Vietnam Elle Field*

Funes, Mariana y Guevel, Hernán P.

Modelos de decisión : problemas de aplicación. 2da ed. -- Córdoba : Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba, 2023.

49p. ; Ebook

1. Modelos de Decisión; Problemas de Programación lineal; Problemas de Programación Binaria; Problemas de Decisión Multicriterio.

© 2023 Mariana Funes y Hernán P. Guevel

Diseño e ilustración de portada: Mariana Funes y Érica Chemes.

Primera edición: Marzo 2020.

Segunda edición: Marzo 2023.



**Atribución – No Comercial – Compartir Igual (*by-nc-sa*):** No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una



Esta obra se encuentra disponible desde el Repositorio Digital de la Universidad Nacional de Córdoba.

<http://rdu.unc.edu.ar>

## **Prefacio**

El objetivo de este material es apoyar el estudio de los estudiantes de Modelos de Decisión en el proceso de formulación y solución de problemas de los temas que se dictan en la materia.

Para cada una de las unidades se proponen problemas de diferente nivel de dificultad con el propósito de fortalecer habilidades para el planteamiento adecuado del modelo matemático del problema, el uso de software para obtener su solución, el análisis e interpretación de los resultados y la posterior comunicación escrita de las conclusiones y recomendaciones.

Entre los numerosos aplicativos desarrollados para resolver los problemas de la ciencia de la administración, hemos optado por utilizar la planilla de cálculo Excel, dada su facilidad de acceso y el extendido uso en el ámbito profesional. Además, proponemos el uso de aplicativos en línea y Apps para la solución de problemas lineales utilizando métodos gráfico y simplex.

## Índice

Problemas de Programación Lineal .....	05
Problemas de Programación Binaria.....	29
Problemas de Decisión Multicriterio .....	36
Bibliografía.....	49

## Problemas de Programación Lineal

### Problema 1 (PC1)

1. Responda las siguientes preguntas:

- ¿Cuántas soluciones posibles puede tener un problema lineal? Justifique.
- ¿Cómo es el conjunto de soluciones óptimas de un PL? Justifique.
- Si  $(c_j - z_j)$  es positivo para un problema de máximo, decimos que conviene producir 1 unidad de  $x_j$ . Es lógico pensar entonces que debemos producir tantas unidades de  $x_j$  como nos permita la disponibilidad de recursos. ¿A qué nivel debemos producir  $x_j$ ? y ¿Por qué se aplica como criterio para determinar la variable que sale de la base  $\theta = \min \lambda_i / \lambda_{ij}$ ?

2. Indique cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera en relación con las conclusiones que pueden obtenerse al analizar una tabla simplex y justifique. (Puede seleccionar más de una opción):

- El problema es incompatible porque todos los  $c_j - z_j \leq 0$  para un problema de máximo y hay una variable artificial en la base.
- El problema es no acotado porque todos los  $c_j - z_j \geq 0$  para un problema de mínimo y existe un valor  $c_j - z_j = 0$  para una variable no básica.
- Es posible mejorar el valor de un funcional de mínimo calculando  $Z_0 - (c_j - z_j) \cdot \theta$  si existe  $j$  tal que  $c_j - z_j < 0$ .
- El problema es degenerado porque para un problema de máximo existe una diferencia  $c_j - z_j > 0$  para la que un  $\lambda_{ij} = 0$ .
- Ninguna de las opciones es correcta.

3. Responda si la siguiente afirmación es Verdadera o Falsa y JUASTIFIQUE:

“Las soluciones ubicadas en los vértices de la región factible, cumplen con la condición de tener al menos “m” variables distintas de cero.”

### Problema 2 (PC1)

Un fabricante de juguetes ha diseñado dos nuevos modelos electrónicos: Autorrap y Robotec. Un distribuidor al que exhibió los prototipos está convencido de que los juguetes tendrán éxito en el mercado y se ha comprometido a comprarle todos los juguetes de ambos modelos que pueda fabricar para el próximo mes. Los insumos que se utilizan en la fabricación de los juguetes son plaquetas electrónicas, planchas de plástico y mano de obra. Cada unidad de Autorrap requiere 6 plaquetas electrónicas, 5 planchas de plástico y 8 horas de mano de obra. Los requerimientos, por unidad, de Robotec son: 6 plaquetas electrónicas, 10 planchas de plástico y 4 horas de mano de obra. Ha calculado que la contribución a la utilidad para los juguetes será de \$ 60 para Autorrap y \$ 80 para Robotec. Cuenta con 300 plaquetas electrónicas, 400 planchas de plástico y 320 horas de mano de obra para encarar la producción de los juguetes.

El fabricante desea determinar la cantidad de juguetes de cada modelo que debe fabricar para vender al distribuidor el próximo mes, de manera de maximizar la contribución a la utilidad.

- Defina las variables de decisión y de holgura.
- Formule el modelo matemático.
- Con la ayuda de software resuelva aplicando métodos gráfico y simplex.

**Problema 3 (PC1)<sup>1</sup>**

Al gerente de ventas de una fábrica de muebles de oficina se le ha solicitado que cumplimente una orden de escritorios y mesas de reuniones. Para responder a la solicitud, ha consultado al encargado de producción con relación a la disponibilidad de insumos y de horas de taller en la siguiente semana, de manera de calcular el número de escritorios y mesas que puede comprometerse a entregar. El encargado del taller le ha informado que se dispone de 80 pies de madera, 240 horas para carpintería y 144 horas para la terminación del producto, las cuales pueden ser utilizadas para realizar esta orden. Los requerimientos de los insumos por unidad de producto se detallan en la siguiente tabla:

Producto	Pies de Madera	Horas Carpintería	Horas Terminación
Escritorio	2	12	6
Mesa	4	4	6

Sabiendo que la contribución a las utilidades de cada escritorio es de \$ 1.000 y la de cada mesa de \$ 1.200, el gerente de ventas desea determinar el número de escritorios y mesas de reuniones que se puede comprometer a entregar con el propósito de maximizar la contribución total de la orden.

Sobre la base del modelo lineal provisto a continuación:

$$\text{Max (Z)} = 1.000 x_1 + 1.200 x_2$$

S.a.:

$$\begin{aligned} 2x_1 + 4x_2 &\leq 80 && \text{(Pies de madera)} \\ 12x_1 + 4x_2 &\leq 240 && \text{(Hs. de Carpintería)} \\ 6x_1 + 6x_2 &\leq 144 && \text{(Hs. de Terminación)} \\ x_1, x_2 &\geq 0 && \end{aligned}$$

Donde:

x1: número de escritorios a producir

x2: número de mesas de reuniones a producir

**Se pide que:**

- Resuelva el problema utilizando el aplicativo Atozmath<sup>2</sup>. Para ello:
  - Ingrese en el sitio <http://cbom.atozmath.com/CBOM/Simplex.aspx>
  - En el cuadro de diálogo provisto, indique el número de variables y de restricciones del problema y presione "Generate".
  - Cargue el sentido de la función objetivo (Maximizar/Minimizar) y los parámetros del modelo en el cuadro de diálogo provisto para tal fin.
  - Corrobore la coincidencia entre el modelo cargado y el planteo matemático provisto.
  - En el menú de opciones, tilde las deseadas y haga click en "Find".
  - El aplicativo mostrará las diferentes iteraciones simplex. En cada una de ellas, indicará la variable que ingresa a la base y la que le deja su lugar y las operaciones elementales necesarias para actualizar la tabla.
- Verifique que las tablas se corresponden con las que se presentan a continuación. Para cada tabla analice la información y especifique el valor que asumen las variables y el funcional en el espacio

<sup>1</sup> Enunciado extraído del Material de Trabajos Prácticos de Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones (2016).

<sup>2</sup> Atozmath es una herramienta online, de uso libre y gratuito, para resolver problemas de programación lineal a través del método Simplex. En problemas con variables artificiales utiliza el método de la M grande. Esta herramienta está pensada para ayudar a los estudiantes en su aprendizaje ya que no solo muestra los resultados finales sino también las operaciones intermedias.

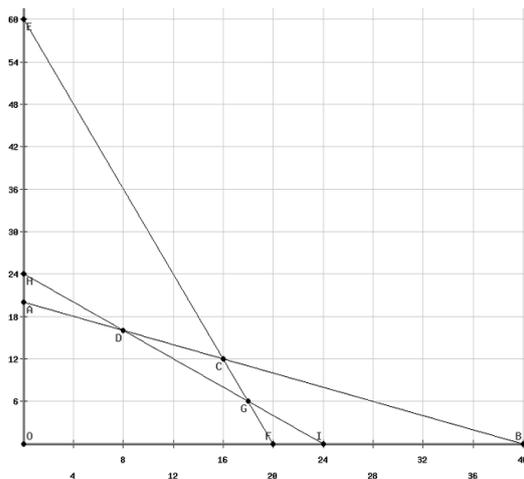
reservado a tal fin a la derecha. Verifique, también, que la variable que se hace básica para mejorar la solución y la que se hace no básica, coinciden con las que corresponden con la aplicación de los criterios de selección del algoritmo.

	$C_j$	1000	1200	0	0	0		
$C_i$	Base	X1	X2	S1	S2	S3	R.H.S	$\lambda_i/\lambda_{ij}$
0	S1	2	4	1	0	0	80	20
0	S2	12	4	0	1	0	240	60
0	S3	6	6	0	0	1	144	24
	Z	0	0	0	0	0	0	
	$C_j-Z_j$	1000	1200	0	0	0		

	$C_j$	1000	1200	0	0	0		
$C_i$	Base	X1	X2	S1	S2	S3	R.H.S	$\lambda_i/\lambda_{ij}$
120	X2	0,5	1	0,25	0	0	20	40
0	S2	10	0	-1	1	0	160	16
0	S3	3	0	-1,5	0	1	24	8
	Z <sub>j</sub>	600	1200	300	0	0	24000	
	$C_j-Z_j$	400	0	-300	0	0		

	$C_j$	1000	1200	0	0	0		
$C_i$	Base	X1	X2	S1	S2	S3	R.H.S	$\lambda_i/\lambda_{ij}$
120	X2	0	1	0,5	0	-0,17	16	
0	S2	0	0	4	1	-3,33	80	
100	X1	1	0	-0,5	0	0,33	8	
	Z	1000	1200	100	0	133,33	27200	
	$C_j-Z_j$	0	0	-100	0	-133,33		

3. En el gráfico que se provee a continuación, identifique las restricciones y marque la región factible. Grafique la función objetivo. Analice la solución.

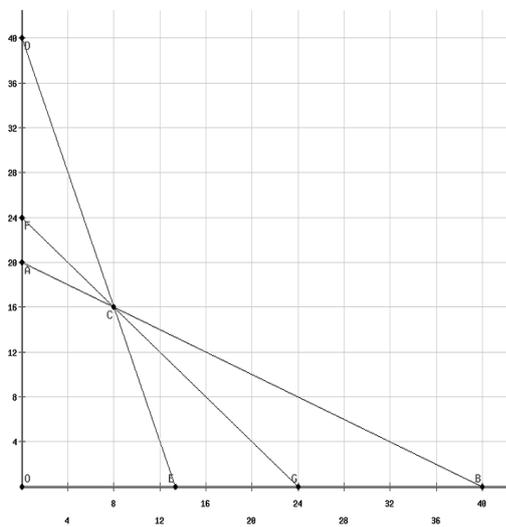


4. Por problemas en la sección Carpintería, no podrán utilizarse 80 de las 240 horas disponibles.  
 a) Posicionado en la página del aplicativo, modifique el parámetro correspondiente en cuadro de diálogo de carga del modelo y presione "Find".

b) Verifique que la tercera Tabla se corresponde con la que se provee. Analice la información de la tabla y especifique la solución.

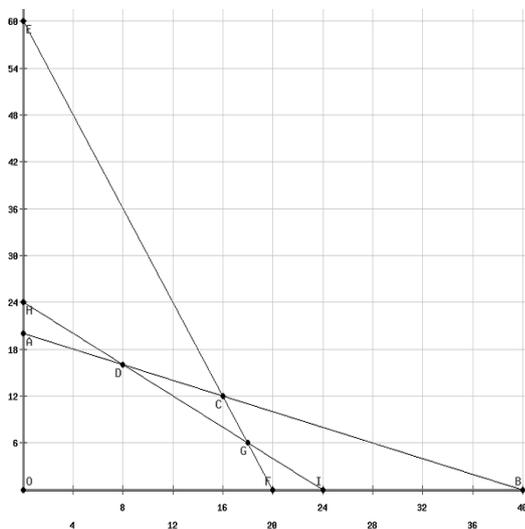
	$C_j$	1000	1200	0	0	0		
$C_i$	Base	X1	X2	S1	S2	S3	R.H.S	$\lambda_i/\lambda_{ij}$
120	X2	0	1	0.5	0	-0,17	16	
0	S2	0	0	4	1	-3,33	0	
100	X1	1	0	-0.5	0	33	8	
	Z	1000	1200	100	0	133,33	27200	
	$C_j-Z_j$	0	0	-100	0	-133,33		

c) En el gráfico que se provee a continuación, identifique cada una de las restricciones y marque la región factible. Grafique la función objetivo. Analice la solución.



5. Sobre la base del problema original considere que la contribución de cada escritorio es de \$600 en lugar de \$1.000.

- a) Posicionado en la página del aplicativo, modifique el parámetro correspondiente en cuadro de diálogo de carga del modelo y presione "Find".
- b) En el gráfico que se provee a continuación, identifique cada una de las restricciones y marque la región factible. Grafique la función objetivo. Analice la solución.



c) Verifique que la segunda Tabla se corresponde con la siguiente. Analice la información de la tabla y especifique la solución.

	C <sub>j</sub>	600	1200	0	0	0		
C <sub>i</sub>	Base	X1	X2	S1	S2	S3	R.H.S	λ <sub>i</sub> /λ <sub>ij</sub>
120	X2	0.5	1	0.25	0	0	20	20
0	S2	10	0	-1	1	0	160	60
0	S3	3	0	-1.5	0	1	24	24
	Z	600	1200	300	0	0	24000	
	C <sub>j</sub> -Z <sub>j</sub>	0	0	-300	0	0		

6. Sobre la base del problema original considere que deben fabricarse por lo menos 22 escritorios.

a) Modifique el modelo matemático formulado en 1., según los cambios sugeridos. Posicionado en la página del aplicativo, cambie en número de restricciones del problema en el cuadro de diálogo correspondiente y presione “Preparar”. Ingrese los parámetros en la pantalla de carga del modelo y presione “Resolver”.

b) Corrobore la coincidencia entre el modelo cargado y el planteo matemático provisto:

$$\text{Max (z)} = 100 x_1 + 120 x_2 + 0 s_1 + 0 s_2 + 0 s_3 + 0 s_4 - 1M A_1$$

S.a.:

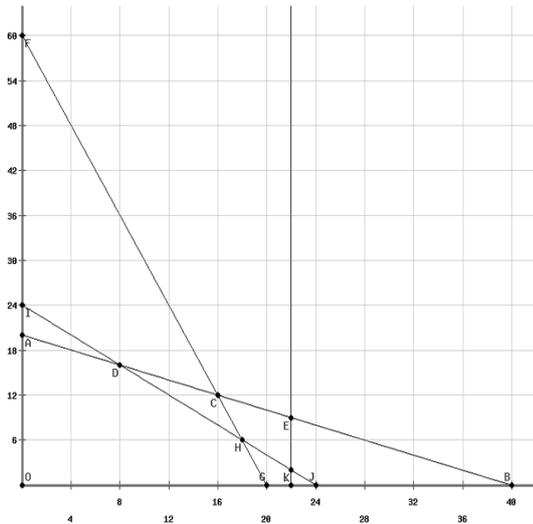
$$\begin{aligned} 2 x_1 + 4 x_2 + s_1 &= 80 \\ 12 x_1 + 4 x_2 + s_2 &= 240 \\ 6 x_1 + 6 x_2 + s_3 &= 144 \\ 1 x_1 - s_4 + A_1 &= 22 \\ x_1, x_2, s_1, s_2, s_3, s_4, A_1 &\geq 0 \end{aligned}$$

c) Verifique que las tablas obtenidas se corresponden con las siguientes. Para cada tabla, especifique el valor que asumen las variables y clasifique la solución.

	C <sub>j</sub>	1000	1200	0	0	0	0	-M		
C <sub>i</sub>	Base	X1	X2	S1	S2	S3	S4	A1	R.H.S	λ <sub>i</sub> /λ <sub>ij</sub>
0	S1	2	4	1	0	0	0	0	80	40
0	S2	12	4	0	1	0	0	0	240	20
0	S3	6	6	0	0	1	0	0	144	24
-1M	A1	1	0	0	0	0	-1	1	22	22
	Z	-1M	0	0	0	0	M	-M	-22M	
	C <sub>j</sub> -Z <sub>j</sub>	M+1000	1200	0	0	0	-M	0		

	C <sub>j</sub>	1000	1200	0	0	0	0	-M		
C <sub>i</sub>	Base	X1	X2	S1	S2	S3	S4	A1	R.H.S	λ <sub>i</sub> /λ <sub>ij</sub>
0	S1	0	3.33	1	-0.17	0	0	0	40	40
100	X1	1	0.33	0	0.08	0	0	0	20	20
0	S3	0	4	0	-0.5	1	0	0	24	24
-M	A1	0	-0.33	0	-0.08	0	-1	1	2	22
	Z	100	0.33M + 333.33	0	0.08M + 8.33	0	M	-M	-2M + 20000	
	C <sub>j</sub> -Z <sub>j</sub>	0	-0.33M + 866.67	0	-0.08M - 83.33	0	-M	0		

d) En el gráfico que se provee a continuación, identifique cada una de las restricciones y marque la región factible. Grafique la función objetivo. Analice la solución.

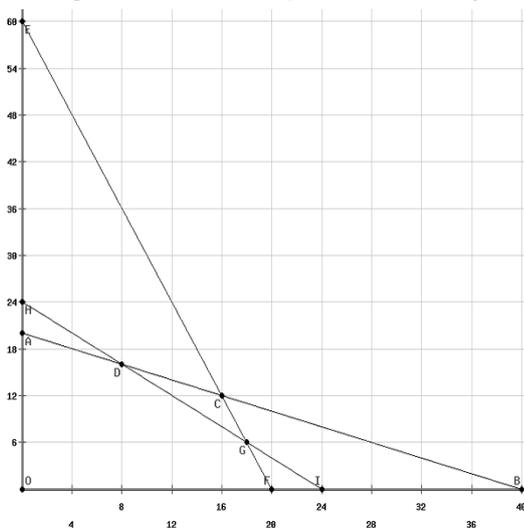


7. En el problema original modifique el sentido de las restricciones, haciéndolas todas de  $\geq$ .

- Posicionado en la página del aplicativo, modifique el parámetro correspondiente en el cuadro de diálogo de carga del modelo y presione "Find".
- Verifique que la tabla simplex final se corresponda con la siguiente. Analice la información de la tabla y clasifique la solución.

	$C_j$	1000	1200	0	0	0	-M	-M	-M		
$C_i$	Base	X1	X2	S1	S2	S3	A1	A2	A3	R.H.S	$\lambda_i/\lambda_{ij}$
0	S3	12	0	0	-1.5	1	0	1.5	-1	216	-
0	S1	10	0	1	-1	0	-1	1	0	160	-
120	X2	3	1	0	-0.25	0	0	0.25	0	60	-
	Z	3600	1200	0	-300	0	0	30	0	72000	
	$C_j-Z_j$	-2600	0	0	300	0	-M	-M-300	-M		

- En el gráfico que se provee a continuación, identifique cada una de las restricciones y marque la región factible. Grafique la función objetivo. Analice la solución.



8. Resuelva los puntos anteriores (1 a 5) empleando el complemento Solver de la Planilla de Cálculo EXCEL. Analice los informes obtenidos.

**Problema 4 (PC1)**

Dados los problemas lineales mixtos:

a)  $\text{Max } (z) = 5x_1 + 2x_2$

S.a.:

$$2x_1 + 3x_2 \geq 30$$

$$x_1 + 2x_2 = 30$$

$$4x_1 + 2x_2 \leq 64$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0$$

b)  $\text{Max } (z) = 4x_1 + 2x_2 + 5x_3$

S.a.:

$$x_1 + 4x_2 + 5x_3 \leq 40$$

$$2x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 60$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \leq 0; x_3 \text{ s/r}$$

Transformarlos a su forma canónica especificando los pasos realizados.

**Problema 5 (PC1)**

Un pequeño empresario fabrica dos modelos de carteras utilizando cuero y herrajes. El modelo 1 requiere 3 herrajes, 40 cm de cuero y 4 horas de trabajo. El modelo 2 requiere 4 herrajes, 60 cm de cuero y 8 horas de trabajo. El modelo 1 se vende a \$1.380 y el modelo 2 a \$2.460.

El empresario cree que se pueden vender 100 carteras sin hacer publicidad. Para estimular la demanda puede contratar comerciales de televisión a \$6.000 el minuto. Estima que por cada minuto de publicidad que se contrate la demanda de carteras aumenta en 10 unidades.

Actualmente tiene comprometidas 24 carteras del modelo 1, cuenta con 1.300 herrajes, 85 m de cuero y 1.400 horas de mano de obra (2 trabajadores, 700 hs. c/u). Se puede comprar más cuero a un precio de \$600 el m.

**Se pide que:**

1. Defina las variables
2. Formule un modelo para este problema.

**Problema 6 (PC1)**

Los Andes S.R.L se especializa en la fabricación de repuestos especiales para motos de gran cilindrada. Para la siguiente semana ha recibido pedidos excepcionalmente grandes que totalizan 480, 500 y 560 unidades de los productos XT, MT, RT que fabrica. Los costos de manufactura para tres productos son \$760; \$690; y \$660.

Los repuestos se procesan en cuatro máquinas. Los tiempos de producción (en horas) necesarios para fabricar los productos se muestran en la siguiente tabla:

Productos	Máquinas			
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
XT	0,18	0,22	0,15	.-
MT	.-	0,02	0,10	0,25
RT	0,31	0,10	.-	0,35

Como solo dispone de 75 horas en cada máquina para la siguiente semana y el departamento de producción no podrá satisfacer la demanda comprometida, se está considerando comprar algunos de estos repuestos a una compañía competidora. Si Los Andes compra las partes con el competidor externo deberá pagar por cada XT, MT y RT que compre, \$780; \$1.140 y \$860, respectivamente.

**Se pide que:**

1. Defina las variables de decisión y las variables de holgura.
2. Plantee un modelo que le permita a Los Andes minimizar los costos de atender la demanda de la semana próxima.

**Problema 7 (PC1)**

El gerente financiero de La Torre S.A. le ha pedido asesoramiento para invertir \$1.000.000 en fondos comunes de inversión. El banco con el cual la empresa opera habitualmente le ha ofrecido seis alternativas de inversión, cuya información referida al riesgo asociado, el precio por acción y el rendimiento esperado de las mismas, se resume a continuación.

Alternativas	1	2	3	4	5	6
Categoría de riesgo	Alto	Alto	Alto	Mediano	Mediano	Bajo
Precio (\$ por acción)	55	86	80	15	20	24
Rendimiento esperado (%)	40	30	20	12	10	7

El gerente ha establecido un conjunto de condicionamientos que se deben respetar al momento de constituir la cartera:

- Los fondos invertidos en títulos de bajo riesgo deben ser al menos de 10% de la cartera.
- No más del 25% de la inversión debe ser de mediano riesgo.
- El dinero invertido en activos de alto riesgo no debe exceder al 60%.
- Los fondos invertidos en títulos de alto riesgo deben ser al menos del 50%.
- La proporción invertida en fondos de alto riesgo de las alternativas 1, 2, y 3 debe seguir la relación 1 a 2 y 1 a 3. Es decir, los fondos invertidos en la alternativa 2 deben duplicar a los de 1 y los de 3 triplicar a los de 1.

1. Con el propósito de determinar una cartera de inversión que maximice el rendimiento esperado, formule un modelo matemático para cada una de las siguientes alternativas de definición de variables:

- $X_j$ : Número de títulos de la alternativa  $j$  a comprar.
- $X_j$ : Pesos a invertir en el título  $j$ .
- $X_j$ : fracción de la cartera a invertir en el título  $j$ .

2. Resuelva los modelos formulados en 1) utilizando el software correspondiente y compare los resultados.

**Problema 8 (PC1)**

SuperHard es una empresa dedicada a la comercialización de teléfonos inteligentes y tabletas. Es el mes de enero y dentro de unos meses la empresa introducirá al mercado varios modelos nuevos. El gerente está analizando contar con personal de soporte técnico especializado en los nuevos modelos, ya que estima que el requerimiento de técnicos especializados aumentará durante el período de mayo a setiembre según se detalla a continuación:

Mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Requerimiento de técnicos	20	30	85	85	100

Para ello considera las siguientes opciones:

1. Contratar empleados nuevos y ofrecerles un curso de capacitación de tres meses.
2. Seleccionar a actuales especialistas de servicio al cliente y capacitarlos durante un período de dos meses.

El número actual de empleados que puede formar parte del programa de capacitación es limitado. Analizando la plantilla de personal y la programación de trabajo, el encargado de RRHH informó que para los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio pueden estar disponibles 15, 21, 10, 5 y 10 empleados actuales, respectivamente.

El sueldo anual para un empleado nuevo se estima en \$180.000, ya sea que la persona se contrate para ingresar al programa de capacitación o para reemplazar a un empleado actual que ingrese a dicho programa y el sueldo anual de los empleados actuales de SuperHard es de aproximadamente \$ 240.000.

El costo del programa de capacitación por persona es de \$9.000 si es de tres meses y de \$6.000 si es de dos meses. El centro de capacitación comienza las clases de dos y tres meses al principio de cada mes, pero el número de personal en capacitación (sean empleados nuevos o actuales) no puede exceder de 75 por mes. Debe tenerse en cuenta que la duración del programa de capacitación genera un retraso entre el momento que se produce la contratación y el momento en que el especialista en servicio técnico está disponible.

SuperHard debe terminar el número de empleados nuevos que deben empezar cada mes la capacitación de tres meses y el número de empleados actuales que iniciarán cada mes el programa de capacitación de dos meses, cumpliendo los requerimientos de personal especializado de mayo a setiembre minimizando los costos de contratación y capacitación.

**Se pide que:**

1. Defina las variables del problema
2. Formule un modelo lineal que le permita a SuperHard cumplir su objetivo.
3. Resuelva el problema formulado en 2.
4. Elabore un Informe dirigido al Gerente General de SuperHard indicando:
  - El programa de contrataciones mensual.
  - El aumento de sueldos y el costo de la capacitación asociados con la contratación de empleados nuevos y con los reemplazos de los empleados actuales que son capacitados.
  - El costo total de proporcionar soporte técnico para los nuevos modelos de teléfonos inteligentes y tabletas.
  - ¿Cuánto mayor será el costo mensual de la nómina en septiembre que en enero?

**Problema 9<sup>3</sup> (PC2)**

El Hospital Central cuenta con 500 camas y está equipado con modernos laboratorios, quirófanos y equipo de rayos X. Con la finalidad de aumentar sus ingresos, la gerencia ha decidido agregar 90 camas utilizando una porción de terreno adyacente y ha evaluado que, dado que los laboratorios, los quirófanos y el departamento de rayos X no están siendo plenamente utilizados en la actualidad, no requieren ser ampliados para tratar pacientes adicionales. Lo que deberá decidirse es cuántas de las camas adicionales se destinarán para pacientes médicos y cuántas para pacientes quirúrgicos.

Con el propósito de encontrar respuesta a este interrogante, han consultado a los departamentos de contabilidad y de registros médicos, los que han aportado la siguiente información:

- la estancia hospitalaria promedio de un paciente médico es de 8 días y, en promedio, genera \$228.000 de ingreso en ese período. El paciente quirúrgico promedio está en el hospital 5 días y genera una factura de \$151.500.
- el laboratorio es capaz de manejar 15.000 pruebas adicionales al año. El paciente médico promedio requiere 3,1 pruebas de laboratorio y el paciente quirúrgico promedio requiere 2,6 pruebas de laboratorio.

---

<sup>3</sup> Basado en Render, Stair, Hanna y Hale (2016)

- el paciente médico promedio utiliza una vez los rayos X, mientras que el paciente quirúrgico promedio los usa dos veces. Si el hospital se amplía en 90 camas, el departamento de rayos X podría manejar hasta 7.000 radiografías al año sin costo significativo adicional.

La gerencia estima que podrían realizarse hasta 2.800 operaciones adicionales en las instalaciones existentes del quirófano. Los pacientes médicos, por supuesto, no requieren cirugía, pero a cada paciente quirúrgico, en general, se le realiza una sola cirugía.

**Se pide que:**

1. Formule este problema con el propósito de maximizar los ingresos del hospital por la ampliación. Tenga en cuenta que el hospital trabaja los 365 días del año.
  2. Resuelva aplicando software disponible. Analice alternativas de redondeo.
1. Prepare un informe escrito sobre la ampliación para el director general del Hospital. Tenga en cuenta que el director es una persona ocupada y quiere ser capaz de encontrar la solución óptima rápidamente en su informe. El formato de presentación de los resultados es importante y el lenguaje que emplee también (no utilice vocabulario técnico como variables y precios sombra). Incorpore en su informe respuestas a las siguientes preguntas:
    - a) ¿Cuál es el ingreso máximo por año, cuántos pacientes médicos/año hay y cuál es el número de pacientes quirúrgicos/año?, ¿cuántas de las 90 camas adicionales deberían destinarse a camas médicas y cuántas a quirúrgicas?
    - b) ¿Habrán camas vacías? Si es así, ¿cuántas camas vacías serían? Comente el efecto de la adquisición de más espacio en el laboratorio, si fuera necesario.
    - c) ¿La instalación de rayos X se utilizaría al máximo?, ¿es posible hacer más radiografías/año? Si así fuera, ¿cuántas más? Comente el efecto de la generación de más instalaciones de rayos X, si fuera necesario.
    - d) ¿Se utilizaría el quirófano a toda su capacidad?, ¿sería posible hacer más operaciones/año? Si así fuera, ¿cuántas más? Comente el efecto de la generación de más instalaciones de quirófano, si fuera necesario.

**Problema 10 (PC2)**

Una fábrica de calzados debe satisfacer las siguientes demandas de pares de zapatos: mes 1, 300; mes 2, 500; mes 3, 100; y mes 4, 100. Al inicio del mes 1 hay 50 pares en stock y la empresa tiene 3 trabajadores. Se paga a un trabajador efectivo \$ 15.000 por mes. Cada trabajador puede trabajar hasta 160 horas mensuales y si se necesitan más horas de trabajo se pagan horas extras. Durante cualquier mes, cada trabajador puede trabajar hasta 20 horas extras y se paga \$135 por cada hora extra. Se necesitan 4 horas de trabajo y \$600 de materia prima para producir un par de zapatos. Al inicio de cada mes, si se necesitan trabajadores, se recurre a una empresa de personal la cual cobra por el servicio \$ 18.000 por cada trabajador que se contrate. Al inicio de cada mes, también se pueden despedir trabajadores, con un costo para la empresa de \$22.500 por cada despido. Al final de cada mes se aplica un costo de mantenimiento de inventarios estimado en \$300 por par de zapatos.

Formule un programa lineal que se pueda utilizar para minimizar el costo total cumpliendo las demandas en los próximos cuatro meses.

**Problema 11 (PC2)**

Usted ha conseguido generar un excedente de \$10.000 y tiene las siguientes alternativas de inversión:

**Inversión I:** Cada peso invertido **ahora**, producirá \$2 dentro de **un año** y \$26 dentro de **3 años**.

**Inversión II:** Cada peso invertido **ahora**, producirá \$4 dentro de **un año** y \$22 dentro de **3 años**.

**Inversión III:** Cada peso invertido dentro de **un año**, producirá \$30 dentro de **3 años**.

Además de las alternativas señaladas, puede colocar el dinero no invertido en plazo fijo, lo que produce 12% de rendimiento anual. No puede invertir más de \$5.000 en cada una de las inversiones I, II y III.

Formule un modelo de PL que permita maximizar el efectivo dentro de 3 años.

### Problema 12 (PC2)

Un municipio desea instrumentar un programa de educación igualitaria en sus dos escuelas de nivel secundario. La escuela N°1 tiene una capacidad de 660 estudiantes y la N°2 de 520 estudiantes. El distrito escolar está subdividido en 6 áreas. Cada una de ellas tiene diferente cantidad de estudiantes y una combinación distinta de alumnos con problemas de integración, según se muestra en la siguiente tabla:

Área	Población total de estudiantes	Número de estudiantes con problemas de integración
A	190	20
B	247	160
C	100	49
D	215	45
E	180	87
F	140	59

El programa especifica que cada escuela debe tener inscriptos por lo menos un 15% de alumnos con problemas de integración, pero ninguna escuela debe tener inscriptos más del 50% de alumnos con estas características. Por otra parte, se desea minimizar el número de km. que deben recorrer los estudiantes. En la tabla se muestran los datos que indican las distancias en km. entre las áreas del distrito escolar y las escuelas correspondientes:

Área	A	B	C	D	E	F
Escuela N°1	1.5	1.8	2.2	2.5	2.9	2.8
Escuela N°2	2.5	1.9	2.6	2.3	1.8	1.1

Determine la combinación que le permita al municipio cumplir con el programa de educación igualitaria minimizando los km. recorridos por los estudiantes.

### Problema 13 (PC3)

Una empresa dedicada a la elaboración de bebidas gaseosas y saborizadas está analizando sumar dos nuevos productos elaborados a base de jugo de naranja, vino blanco y vino rosado.

La bebida B1 contendrá 0.5 litros de vino rosado, 0.3 litros de vino blanco y 0.2 litros de jugo de naranja. La bebida B2 contendrá 0.3 litros de vino rosado, 0.4 litros de vino blanco y 0.3 litros de jugo de naranja.

El vino será provisto por una bodega de la zona que puede entregarle 800 litros de cada tipo por semana a un costo de \$40 el litro de vino rosado y \$36 el litro de vino blanco. Para la elaboración del jugo de naranja puede conseguir naranjas de dos tipos de calidad. Las naranjas C1 cuestan \$8 el kg y de su procesamiento puede obtenerse 0.6 litros por kg. Las naranjas C2 cuestan \$5 el kg y rinden a razón de 0.45 litros por kg de fruta. Puede conseguir 1000 kg por semana de cada tipo de naranjas. La máquina que se utilizará para elaborar el jugo puede procesar 80 kg de fruta por hora y puede funcionar 40 horas por semana.

Cada botella de litro de B1 se vendería a \$70 y cada botella de litro de B2 a \$60 y tiene comprometida con un distribuidor una partida de 700 litros de B1 y 500 litros de B2 en la semana. Considera que puede vender todos los litros que consiga elaborar.

**Se pide que:**

1. Elabore un diagrama del proceso productivo incorporando toda la información que considere relevante.
2. Defina las variables de decisión del problema.
3. Formule un modelo que le permita a la empresa maximizar la contribución a las utilidades de la elaboración de las estas dos nuevas bebidas. (Se recomienda realizar un diagrama del proceso productivo)
4. Defina las variables de holgura.

**Problema 14 (PC1)**

Sobre la base del enunciado del Problema 5 y el modelo formulado:

1. Compruebe que el modelo formulado se corresponde con el presentado en la hoja de cálculo siguiente:

**Hoja de cálculo del Problema**

Variables	M1	M2	C	P	Ingreso Neto
Solución					
Coef FO	1.380	2.460	-600	-6.000	0

Restricciones	Tasas Físicas de Sustitución			LI		LD
Herrajes	3	4		0	<=	1.300
Cuero	0,40	0,60	-1	0	<=	85
Hs. M.O.	4	8		0	<=	1.400
Demanda T	1	1		-10	<=	100
Demanda M1	1			0	>=	24

2. Teniendo en cuenta los reportes obtenidos con el Complemento Solver de la Planilla de Cálculo Excel, conteste las siguientes preguntas del empresario:
  - a) Si el precio al que compra el cuero fuera de \$1.500 el m. ¿Qué pasaría con la solución?
  - b) Analice que sucedería si le cancelan un pedido de 10 carteras del modelo 1.
  - c) El empresario quiere saber si le convendría incrementar las horas de mano de obra, para lo que podría analizar las siguientes alternativas:
    - Contratar personal eventual pagando por cada trabajador \$90.000 con una carga horaria de 700 horas por cada trabajador eventual contratado.
    - Pagar horas extras al personal efectivo a razón de \$150 la hora extra.
    - Combinar las alternativas 1 y 2 de la forma que más convenga.
 En caso de convenirle incrementar las horas de mano de obra, ¿qué alternativa le aconsejaría al empresario, asumiendo que no se desea modificar la base óptima?
  - d) ¿Cuánto debe gastar en publicidad?
  - e) El empresario quiere saber si le convendría fabricar un nuevo modelo de un tamaño intermedio que requiere dos herrajes, 55 cm de cuero, 6 horas de trabajo y se vendería a \$1.620. Si lo cree conveniente, sugiera un precio de venta.
  - f) Por disposición de la Cámara de Comercio se ha instrumentado la realización de controles de calidad de los productos. Cada cartera requiere 12 minutos de inspección y el empresario

cuenta con 50 horas para realizar este trabajo. ¿Está en condiciones de cumplir con este requerimiento?

Tabla simplex final del problema

	Max Z =	1380	2460	-600	-6000	0	0	0	0	0	-M	
Coef	Base	x1	x2	x3	x4	S1	S2	S3	S4	S5	A1	R.H.S
0	S1	0	0	0	0	1	0	-0,5	0	1	-1	576
-6.000	X4	0	0	0	1	0	0	0,0125	-0,1	-0,05	0,05	8,7
-600	X3	0	0	1	0	0	-1	0,075	0	-0,1	0,1	22,4
2.460	X2	0	1	0	0	0	0	0,125	0	0,5	-0,5	163
1.380	X1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	24
	Z	1.380	2.460	-600	-6.000	0	600	187,5	600	210	-210	368.460
	Cj-Zj	0	0	0	0	0	-600	-187,5	-600	-210	-M+210	

Microsoft Excel: Informe de respuestas					
Celda objetivo (Máx)					
Celda	Nombre	Valor original	Valor final		
\$F\$3	Ingreso Neto	0	368.460		
Celdas de variables					
Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero	
\$B\$2	M1		24	Continuar	
\$C\$2	M2		163	Continuar	
\$D\$2	C		22,4	Continuar	
\$E\$2	P		8,7	Continuar	
Restricciones					
Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
\$F\$6	Herrajes LI	724	\$F\$6<=\$H\$6	No vinculante	576
\$F\$7	Cuero LI	85	\$F\$7<=\$H\$7	Vinculante	0
\$F\$8	Hs.M.O. LI	1400	\$F\$8<=\$H\$8	Vinculante	0
\$F\$9	DemandaT LI	100	\$F\$9<=\$H\$9	Vinculante	0
\$F\$10	DemandaM1 LI	24	\$F\$10>=\$H\$10	Vinculante	0

Microsoft Excel: Informe de sensibilidad						
Celdas de variables						
Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$B\$2	M1	24	0	1380	210	1E+30
\$C\$2	M2	163	0	2460	1E+30	420
\$D\$2	C	22,4	0	-600	600	2500
\$E\$2	P	8,7	0	-6000	4200	15000
Restricciones						
Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$F\$6	Herrajes LI	724	0	1300	1E+30	576
\$F\$7	Cuero LI	85	600	85	22,4	1E+30
\$F\$8	Hs.M.O. LI	1400	187,5	1400	1152	298,67
\$F\$9	DemandaT LI	100	600	100	87	1E+30
\$F\$10	DemandaM1 LI	24	-210	24	326	24

3. A continuación, se presenta un modelo de informe a presentar al empresario. Complete los espacios en blanco según corresponda.

Córdoba, .....

Sr. ....  
S/D

Cumplo en remitir informe con la propuesta de producción y comercialización para el período.

En el Anexo se presenta el modelo matemático formulado y los reportes de solución y sensibilidad que apoyan este informe.

Quedo a disposición por cualquier consulta que desee formular.

\_\_\_\_\_

## INFORME

### Plan de Producción

- El esquema de producción implica producir \_\_\_\_ carteras del Modelo 1 y \_\_\_\_ carteras del Modelo 2.
- Se utilizarán las \_\_\_\_\_ horas de mano de obra disponibles y \_\_\_\_ herrajes de los \_\_\_\_\_ en stock. Se consumirán los \_\_\_\_ metros de cuero y deberán comprarse \_\_\_\_ metros adicionales, lo que implicará una erogación de \$ \_\_\_\_\_ .
- Será necesario contratar \_\_\_\_ minutos de publicidad, destinando un presupuesto de \$ \_\_\_\_\_ en anuncios publicitarios.

Con este esquema se obtendrá un ingreso neto máximo de \$ \_\_\_\_\_ en el período.

### Observaciones sobre el plan de producción

Como se mencionara, con el esquema de producción actual se consumen las 1400 horas de mano de obra disponibles. Es posible incorporar hasta \_\_\_\_\_ horas adicionales.

Respecto de las alternativas posibles:

- 1) Contratar personal eventual;
- 2) Pagar horas extras y
- 3) Combinar las alternativas 1) y 2).

Se recomienda \_\_\_\_\_, con lo que se obtendría un incremento en el ingreso neto de \$ \_\_\_\_\_.

De incorporar las \_\_\_\_\_ horas adicionales, el nuevo esquema de producción importaría fabricar \_\_\_\_\_

Deberá controlarse que las horas de mano de obra aplicadas a la producción no sean inferiores a \_\_\_\_\_. Por cada hora de mano de obra de las 1400 disponibles que no se pueda emplear, generará una disminución en el ingreso neto de \$ \_\_\_\_\_.

Dado el esquema de producción sugerido, \_\_\_\_\_ realizar el control de calidad que dispone la Cámara de Comercio con las 50 horas de trabajo que se pueden destinar a esta tarea.

**Recomendaciones sobre el plan de comercialización**

Cabe mencionar que no resulta conveniente la producción del Modelo 1, salvo que su precio aumente en por lo menos un 15,5%, es decir, se pueda vender en por lo menos \$ \_\_\_\_\_. Y si los pedidos de carteras de este modelo aumentaran, el ingreso neto se reduciría en \$ \_\_\_\_\_ por cada modelo producido por encima de los \_\_\_\_ pedidos.

Debe tenerse presente que este esquema de producción seguirá siendo conveniente mientras el precio de venta del Modelo 2 no sea inferior a \$ \_\_\_\_\_.

Si la demanda de carteras sin hacer publicidad aumentara (o se redujera), el ingreso neto sufriría un aumento (o disminución) de \$ \_\_\_\_\_ por cada unidad en que aumente (o se reduzca) el nivel de 100 carteras que pueden venderse sin hacer publicidad.

Respecto a la conveniencia de fabricar un nuevo modelo de cartera de tamaño intermedio,

**ANEXO**

...

**Problema 15 (PC1)**

ARCOA analiza lanzar a la venta dos nuevos sabores de jugos concentrados a base de proteína de soja: Frutas Tropicales y Multifrutal. Un litro de Frutas Tropicales se produce mezclando 100 cm<sup>3</sup> de jugo de naranja, 80 cm<sup>3</sup> de jugo de ananá, 80 cm<sup>3</sup> de jugo de frutilla y 740 cm<sup>3</sup> de leche de soja. Un litro de Multifrutal se produce mezclando 50 cm<sup>3</sup> de jugo de naranja, 120 cm<sup>3</sup> de jugo de ananá, 150 cm<sup>3</sup> de jugo de papaya y 680 cm<sup>3</sup> de leche de soja. Los precios de venta que se han determinado por litro de los dos sabores son de \$36 para Frutas Tropicales y de \$40 para Multifrutal.

Los administradores de ARCOA creen que se pueden vender 4000 litros de jugo sin hacer publicidad. Para estimular la demanda se pueden contratar comerciales de televisión a \$4.000 el minuto. El especialista en publicidad consultado estima que por cada minuto de publicidad que se contrate, la demanda de jugos aumenta en 600 litros. Se cuenta con un presupuesto para publicidad de estos nuevos productos de \$30.000.

Actualmente tiene comprometidos 1.000 litros de Frutas Tropicales con distintos distribuidores. Cuenta para encarar la producción con 800 litros de jugo de naranja, 800 litros de jugo de ananá, 500 litros de jugo de papaya y 500 litros de jugo de frutilla.

Dado el siguiente modelo matemático para el problema:

$$\text{Max (z)} = 36 \text{ FT} + 40 \text{ M} - 4.000 \text{ P}$$

Sujeto a:

$$0.10 \text{ FT} + 0.05 \text{ M} \leq 800$$

$$0.08 \text{ FT} + 0.12 \text{ M} \leq 800$$

$$0.08 \text{ FT} \leq 500$$

$$0.15 \text{ M} \leq 500$$

$$\text{FT} + \text{M} - 600 \text{ P} \leq 4000$$

$$\text{FT} \geq 1000$$

$$4.000 \text{ P} \leq 30.000$$

Todas las variables no negativas

Donde:

FT: litros de jugo Frutas Tropicales a elaborar

M: litros de jugo Multifrutal a elaborar

P: minutos de publicidad a contratar

**Se pide que:**

1. Analice el significado de la función objetivo y defina las variables de holgura.
2. Plantee el problema dual correspondiente.
3. Resuelva el problema planteado empleando el software que desee.
4. Determine la solución óptima.
5. Analice las siguientes situaciones que exponen los directivos de ARCOA. **En cada caso especifique qué sucede con la solución óptima y con el valor del funcional.**
  - a) ¿Conviene invertir \$1.200 más en publicidad?
  - b) Del área productiva les informan que se ha echado a perder un bidón de 20 litros de jugo de ananá y quieren saber si esta situación afectará la solución actual.
  - c) Están convencidos que será conveniente producir un nuevo sabor de jugo, elaborado a base de 100 cm<sup>3</sup> de jugo de naranja, 50 cm<sup>3</sup> de jugo de ananá, 40 cm<sup>3</sup> de jugo de frutilla, 30 cm<sup>3</sup> de jugo de papaya, 780 cm<sup>3</sup> de leche de soja, y se vendería a \$35 el litro.

**Hoja de cálculo del Problema**

Variables	FT	M	P	Ingreso Neto
Solución				
Coef FO	36	40	- 4.000	-

Restricciones	Tasas Físicas de Sustitución			LI		LD
Lts JN	0,10	0,05		0	<=	800
Lts JA	0,08	0,12		0	<=	800
Lts JF	0,08			0	<=	500
Lts JP		0,15		0	<=	500
Dem	1	1	-600	0	<=	4.000
Lts FT	1			0	>=	1.000
Pres P			4.000	0	<=	30.000

Microsoft Excel: Informe de respuestas					
Celda objetivo (Máx)					
Celda	Nombre	Valor original	Valor final		
\$E\$3	IngresoNeto	-	288.000		
Celdas de variables					
Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero	
\$B\$2	Solución FT	-	5.500	Continuar	
\$C\$2	Solución M	-	3.000	Continuar	
\$D\$2	Solución P	-	7,50	Continuar	
Restricciones					
Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
\$E\$6	Lts JN LI	700	\$E\$6<=\$G\$6	No vinculante	100
\$E\$7	Lts JA LI	800	\$E\$7<=\$G\$7	Vinculante	0
\$E\$8	Lts JF LI	440	\$E\$8<=\$G\$8	No vinculante	60
\$E\$9	Lts JP LI	450	\$E\$9<=\$G\$9	No vinculante	50
\$E\$10	Dem LI	4000	\$E\$10<=\$G\$10	Vinculante	0
\$E\$11	Lts FT LI	5500	\$E\$11>=\$G\$11	No vinculante	4500
\$E\$12	Pres P LI	30000	\$E\$12<=\$G\$12	Vinculante	0

Microsoft Excel: Informe de sensibilidad						
Celdas de variables						
Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$B\$2	Solución FT	5.500	0	36	4	7,11
\$C\$2	Solución M	3.000	0	40	10,67	4
\$D\$2	Solución P	7,5	0	-4.000	1E+30	12.800
Restricciones						

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$E\$6	Lts JN LI	700	0	800	1E+30	100
\$E\$7	Lts JA LI	800	100	800	13,33	30
\$E\$8	Lts JF LI	440	0	500	1E+30	60
\$E\$9	Lts JP LI	450	0	500	1E+30	50
\$E\$10	Dem LI	4000	28	4000	250	166,67
\$E\$11	Lts FT LI	5500	0	1000	4500	1E+30
\$E\$12	Pres P LI	30000	3,2	30000	1666,67	1111,11

Tabla simplex final del problema

Coef	Base	x1	x2	x3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	A1	R.H.S
0	S1	0	0	0	1	1.25	0	0	-0.2	0	-0.03	0	100
0	S6	0	0	0	0	-25	0	0	3	1	0.45	-1	4.500
0	S3	0	0	0	0	2	1	0	-0.24	0	-0.036	0	60
-4000	X3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.0003	0	7.5
40	X2	0	1	0	0	25	0	0	-2	0	-0.3	0	3.000
36	X1	1	0	0	0	-25	0	0	3	0	0.45	0	5.500
0	S4	0	0	0	0	-3.75	0	1	0.3	0	0.045	0	50
	Z	36	40	-4.000	0	100	0	0	28	0	3.2	0	288.000
	Ci-Zi	0	0	0	0	-100	0	0	-28	0	-3.2	-M	

## Problema 16 (PC1)

Sobre la base del enunciado del Problema 6 y el modelo formulado en función del mismo:

1. Compruebe que el modelo formulado se corresponde con el presentado en la hoja de cálculo siguiente:

Hoja de cálculo del Problema

Variables	XTP	MTP	RTP	XTC	MTC	RTC	Costo Total
Solución							
Coef F.O.	760	690	660	780	1140	860	0

Restricciones	Tasas Físicas de Sustitución						LI		LD
M1	0,18		0,31				0	<=	75
M2	0,22	0,02	0,10				0	<=	75
M3	0,15	0,10					0	<=	75
M4		0,25	0,35				0	<=	75
Demanda XT	1			1			0	>=	480
Demanda MT		1			1		0	>=	500
Demanda RT			1			1	0	>=	560

2. Teniendo en cuenta los reportes obtenidos con el Complemento Solver de la Planilla de Cálculo Excel, conteste las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuál es el esquema de producción y compra que le permite a Los Andes S.R.L. minimizar sus costos? ¿Cuál es el costo mínimo?
- b) De presentarse la posibilidad de alquilar horas máquina, ¿de cuál máquina recomendaría alquilar y porqué? (En su respuesta analice los costos que consideraría, la cantidad de horas que sugeriría alquilar las máquinas y el impacto en el costo total)
- c) Si el proveedor cotiza cada RT a \$1.200, ¿Recomendaría su compra? Explique.
- d) ¿Qué sugeriría si el proveedor cotiza el MT a \$800 por unidad?

Microsoft Excel: Informe de respuestas					
Celda objetivo (Mínimo)					
Celda	Nombre	Valor original	Valor final		
\$H\$3	Costo Total	0	1.285.000		
Celdas cambiantes					
Celda	Nombre	Valor original	Valor final		
\$B\$2	Solución XTP		300		
\$C\$2	Solución MTP		300		
\$D\$2	Solución RTP		0		
\$E\$2	Solución XTC		180		
\$F\$2	Solución MTC		200		
\$G\$2	Solución RTC		560		
Restricciones					
Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Divergencia
\$H\$6	M1 LI	54	\$H\$6<=\$J\$6	No vinculante	21
\$H\$7	M2 LI	72	\$H\$7<=\$J\$7	No vinculante	3
\$H\$8	M3 LI	75	\$H\$8<=\$J\$8	Vinculante	0
\$H\$9	M4 LI	75	\$H\$9<=\$J\$9	Vinculante	0
\$H\$10	Demanda XT LI	480	\$H\$10>=\$J\$10	Vinculante	0
\$H\$11	Demanda MT LI	500	\$H\$11>=\$J\$11	Vinculante	0
\$H\$12	Demanda RT LI	560	\$H\$12>=\$J\$12	Vinculante	0

Microsoft Excel: Informe de sensibilidad						
Celdas cambiantes						
Celda	Nombre	Valor Igual	Gradiente reducido	Coefficiente objetivo	Aumento permisible	Disminución permisible
\$B\$2	Solución XTP	300	0	760	20	440,71
\$C\$2	Solución MTP	300	0	690	293,8095238	1E+30
\$D\$2	Solución RTP	0	411,33	660	1E+30	411,33
\$E\$2	Solución XTC	180	0	780	440,7142857	20
\$F\$2	Solución MTC	200	0	1140	1E+30	293,81
\$G\$2	Solución RTC	560	0	860	411,3333333	860
Restricciones						
Celda	Nombre	Valor Igual	Sombra precio	Restricción lado derecho	Aumento permisible	Disminución permisible
\$H\$6	M1 LI	54	0	75	1E+30	21
\$H\$7	M2 LI	72	0	75	1E+30	3
\$H\$8	M3 LI	75	-133,33	75	2,045	45
\$H\$9	M4 LI	75	-1746,67	75	50	5,92
\$H\$10	Demanda XT LI	480	780	480	1E+30	180
\$H\$11	Demanda MT LI	500	1140	500	1E+30	200
\$H\$12	Demanda RT LI	560	860	560	1E+30	560

Tabla simplex final del problema

	Min Z =	760	690	660	780	1140	860	0	0	0	0	0	0	0	M	M	M	
Coef	Base	x1	x2	x3	x4	x5	x6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	A1	A2	A3	R.H.S
760	x1	1	0	-0,933	0	0	0	0	0	6,667	-2,67	0	0	0	0	0	0	300
690	x2	0	1	1,4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	300
0	S1	0	0	0,478	0	0	0	1	0	-1,2	0,48	0	0	0	0	0	0	21
0	S2	0	0	0,277	0	0	0	0	1	-1,47	0,51	0	0	0	0	0	0	3
780	x4	0	0	0,933	1	0	0	0	0	-6,67	2,67	-1	0	0	1	0	0	180
1140	x5	0	0	-1,4	0	1	0	0	0	0	-4	0	-1	0	0	1	0	200
860	x6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	560
	Z	760	690	248,67	780	1140	860	0	0	-133,33	1747,67	780	1140	860	780	1140	860	1.285.000
	Ci-Zi	0	0	411,33	0	0	0	0	0	133,33	1747,67	780	1140	860	M-780	M-1140	M-860	

**Problema 17 (PC1)**

Dado el modelo lineal:

$$\text{Max (z)} = 60 x_1 + 50 x_2 + 60 x_3 \quad \text{Contribución Total a la Utilidad}$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} 12 x_1 + 10 x_2 + 8 x_3 &\leq 18000 && \text{Restricción de horas de corte y teñido} \\ 15 x_1 + 15 x_2 + 12 x_3 &\leq 18000 && \text{Restricción de horas de costura} \\ 3 x_1 + 4 x_2 + 3 x_3 &\leq 9000 && \text{Restricción de horas de inspección y empaque} \\ x_1 &\geq 1000 && \text{Restricción de la producción mínima de bolsas tipo 1} \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0 && \end{aligned}$$

Donde  $x_1$ : número de bolsas tipo 1 a confeccionar en el mes

$x_2$ : número de bolsas tipo 2 a confeccionar en el mes

$x_3$ : número de bolsas tipo 3 a confeccionar en el mes

Resuelva el problema planteado empleando el software que desee. Sobre la base de la salida de máquina obtenida, analice las siguientes situaciones:

1. Suponga que la disponibilidad de horas de costura aumentan a 21.000. ¿Estaría Ud. interesado en utilizar las 3000 horas adicionales disponibles para este recurso? ¿Por qué si o por qué no?
2. Si reduciendo la contribución a las utilidades de las bolsas tipo 2 en \$ 20 por unidad, se pueden vender más bolsas de este tipo, ¿debería la empresa reducir la contribución a las utilidades de este producto?
3. Se desearía producir una nueva variedad de bolsas, la que requeriría 10 horas de corte, 11 horas de costura, 4 horas de inspección y empaque por unidad y generaría una contribución a las utilidades unitaria de \$60. ¿Conviene producir esta variedad de bolsa?
4. Si se redujera a 800 la producción mínima de bolsas tipo 1, ¿Cambiaría la solución óptima? ¿Se modificaría la contribución a las utilidades?

**Hoja de cálculo del Problema**

Variables	X1	X2	X3	Contribución Total
Solución				
Cont. Total	60	50	60	

Restricciones	Tasas Físicas de Sustitución			LI		LD
Hs C y T	12	10	8	0	<=	18.000
Hs Costura	15	15	12	0	<=	18.000
Hs I y E	3	4	3	0	<=	9.000
N° Bolsas T1	1			0	>=	1.000

Microsoft Excel: Informe de respuestas					
Celda objetivo (Máx)					
Celda	Nombre	Valor original	Valor final		
\$E\$3	Coef FO	-	75.000		
Celdas de variables					
Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero	
\$B\$2	Solución X1	-	1.000	Continuar	
\$C\$2	Solución X2	-	0	Continuar	
\$D\$2	Solución X3	-	250	Continuar	
Restricciones					
Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
\$E\$6	Hs C y T LI	14.000	\$E\$6<=\$G\$6	No vinculante	4.000
\$E\$7	Hs Cost LI	18.000	\$E\$7<=\$G\$7	Vinculante	0
\$E\$8	Hs I y E LI	3.750	\$E\$8<=\$G\$8	No vinculante	5.250
\$E\$9	N Bolsas T1 LI	1.000	\$E\$9>=\$G\$9	Vinculante	0

Microsoft Excel: Informe de sensibilidad						
Celdas de variables						
Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$B\$2	Solución X1	1.000	0	60	15	1E+30
\$C\$2	Solución X2	0	-25	50	25	1E+30
\$D\$2	Solución X3	250	0	60	1E+30	12
Restricciones						
Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$E\$6	Hs C y T LI	14.000	0	18.000	1E+30	4.000
\$E\$7	Hs Cost LI	18.000	5	18.000	6.000	3.000
\$E\$8	Hs I y E LI	3.750	0	9.000	1E+30	5.250
\$E\$9	N Bolsas T1 LI	1.000	-15	1.000	200	1.000

Tabla simplex final del problema

	Max Z =	60	50	60	0	0	0	0	- M	
Coef	Base	X1	X2	X3	S1	S2	S3	S4	A1	R.H.S
0	S1	0	0	0	1	-0.67	0	2	-2	4000
60	X3	0	1.25	1	0	0.08	0	1.25	-1.25	250
0	S3	0	0.25	0	0	-0.25	1	-0.75	0.75	5250
60	X1	1	0	0	0	0	0	-1	1	1000
	Z	60	75	60	0	5	0	15	-15	75.000
	Ci-Zi	0	-25	0	0	-5	0	-15	- M + 15	

**Problema 18 (PC2)**

Suca Sweet produce azúcar negra, blanca, impalpable y melaza. En la actualidad tiene firmado un contrato con un distribuidor al que debe proveer por lo menos 25 toneladas de cada tipo de azúcar por semana (en el contrato no está incluida la melaza). El insumo básico que emplea para la elaboración de estos productos es el jarabe de caña de azúcar del que puede comprar hasta 4.000 tn por semana.

El proceso de producción se inicia con el procesamiento del jarabe. Una tn de jarabe produce 0,30 tn de azúcar negra y 0,10 t de melaza. El azúcar blanca se obtiene procesando azúcar negra. Se requiere una tonelada de azúcar negra para obtener 0,80 tn de azúcar blanca. Para obtener azúcar impalpable se realiza un proceso de molido especial del azúcar blanca que tiene un rendimiento de conversión del 95 % (1 t de azúcar blanca produce 0,95 tn de azúcar impalpable). Las utilidades por t de azúcar negra, blanca, impalpable y melaza son de \$6.000, \$8.000, \$9.200 y \$1.400, respectivamente. Formule el modelo necesario para determinar el programa de producción semanal.

Sobre la base del planteo se presenta a continuación:

$$\text{Max } (z) = 1.400 M + 6.000 ANV + 8.000 ABV + 9.200 AI$$

Sa:

Restricciones de disponibilidad de recursos

$$J \leq 4000 \quad \text{t de jarabe}$$

Restricciones de demanda

$$ANV \geq 25 \quad \text{t azúcar negra a vender}$$

$$ABV \geq 25 \quad \text{t azúcar blanca a vender}$$

$$AI \geq 25 \quad \text{t azúcar impalpable a vender}$$



Hoja de cálculo del Problema

Variables	J	M	ANV	ANP	ABV	ABM	AI	Contribución Total
Solución								
CoefFO		1.400	6.000		8.000		920	0

Restricciones	Tasas Físicas de Sustitución							LI		LD
Jarabe	1							0	<=	4.000
Demanda de ANV			1					0	>=	25
Demanda de ABV					1			0	>=	25
Demanda de AI							1	0	>=	25
Proceso M	-0,1	1						0	=	0
Proceso AN	-0,3		1	1				0	=	0
Proceso AB				-0,8	1	1		0	=	0
Proceso AI						-0,95	1	0	=	0

**Microsoft Excel: Informe de respuestas**  
Celda objetivo (Máx)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$I\$3	Contrib. Total	-	8.907.100

Celdas de variables

Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero
\$B\$2	Solución J	-	4000	Continuar
\$C\$2	Solución M	-	400	Continuar
\$D\$2	Solución ANV	-	25	Continuar
\$E\$2	Solución ANP	-	1175	Continuar
\$F\$2	Solución ABV	-	25	Continuar
\$G\$2	Solución ABM	-	915	Continuar
\$H\$2	Solución AI	-	869,25	Continuar

Restricciones

Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula	Estado	Demora
\$I\$6	Jarabe LI	4000	\$I\$6<=\$K\$6	Vinculante	0
\$I\$7	Demanda de ANV LI	25	\$I\$7>=\$K\$7	Vinculante	0
\$I\$8	Demanda de ABV LI	25	\$I\$8>=\$K\$8	Vinculante	0
\$I\$9	Demanda de AI LI	869,25	\$I\$9>=\$K\$9	No vinculante	844,25
\$I\$10	Proceso M LI	0	\$I\$10=\$K\$10	Vinculante	0
\$I\$11	Proceso AN LI	0	\$I\$11=\$K\$11	Vinculante	0
\$I\$12	Proceso AB LI	0	\$I\$12=\$K\$12	Vinculante	0
\$I\$13	Proceso AI LI	0	\$I\$13=\$K\$13	Vinculante	0

**Microsoft Excel: Informe de sensibilidad**  
Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$B\$2	Solución J	4000	0	0	1E+30	2237,6
\$C\$2	Solución M	400	0	1400	1E+30	22376
\$D\$2	Solución ANV	25	0	6000	992	1E+30
\$E\$2	Solución ANP	1175	0	0	1E+30	992
\$F\$2	Solución ABV	25	0	8000	740	1E+30
\$G\$2	Solución ABM	915	0	0	1E+30	740
\$H\$2	Solución AI	869,25	0	9200	1E+30	778,95

Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$I\$6	Jarabe LI	4000	2237,6	4000	1E+30	3702,85
\$I\$7	Demanda de ANV LI	25	-992	25	1110,85	25
\$I\$8	Demanda de ABV LI	25	-740	25	888,68	25
\$I\$9	Demanda de AI LI	869,25	0	25	844,25	1E+30
\$I\$10	Proceso M LI	0	1400	0	1E+30	400
\$I\$11	Proceso AN LI	0	6992	0	1E+30	1110,85
\$I\$12	Proceso AB LI	0	8740	0	1E+30	888,68
\$I\$13	Proceso AI LI	0	9200	0	1E+30	844,25

**Problema 19 (PC3)**

Aceros de la Patagonia produce un acero especial empleado en la industria de aviación. El departamento de ventas ha recibido pedidos de 2.400, 2.200, 2.700 y 2.500 toneladas de acero para cada uno de los siguientes cuatro meses. La empresa puede satisfacer estas demandas produciendo acero, extrayéndolo de su inventario o cualquier combinación de las dos alternativas.

Ha proyectado que los costos de producción por tonelada de acero durante cada uno de los siguientes cuatro meses serán de \$ 7.400, \$ 7.500, \$ 7.600 y \$ 7.650. Como los costos suben cada mes (debido a presiones inflacionarias), los directivos consideran que podría resultar conveniente producir más acero del que necesita un mes determinado y almacenar el exceso. Sin embargo, la capacidad de producción no puede exceder las 3500 toneladas en ningún mes. La producción mensual se termina al final del mes, cuando la demanda se satisface. El acero remanente se almacena en inventario a un costo de \$ 120 por tonelada por cada mes que permanece allí. Esta información se presenta en la tabla siguiente:

	Mes			
	1	2	3	4
Demanda (toneladas)	2.400	2.200	2.700	2.500
Costo de Producción (\$/ton)	7.400	7.500	7.600	7.650
Costo de Inventario (\$/ton/mes)	120	120	120	120

Si el nivel de producción se incrementa de un mes al siguiente, entonces la empresa incurre en un costo de \$50 por tonelada de producción incrementada para cubrir la mano de obra adicional y/o el tiempo extra. Por cada tonelada de producción disminuida se incurre en un costo de \$30 para cubrir beneficios de empleados no utilizados.

El nivel de producción del mes anterior fue de 1800 toneladas y el inventario con que se comienza es de 1000 toneladas. La empresa ha estipulado que al final del cuarto mes debe quedar un inventario de 1.500 toneladas para cubrir la demanda del mes siguiente.

**Se solicita que:**

1. Defina las variables y formule el modelo matemático para el problema.
2. Resuélvalo haciendo uso del software que considere pertinente.
3. Analice los informes de solución y sensibilidad y redacte un informe al gerente general haciendo las recomendaciones que considere convenientes.

En el informe:

- Utilice un lenguaje que el gerente general pueda entender (tenga en cuenta que no necesariamente maneja terminología de programación matemática).
- Incorpore un Plan de producción e inventario para los cuatro meses. Compare con la capacidad instalada. Analice la sensibilidad de la solución obtenida en término de la demanda y la capacidad productiva.

**Problema 20 (PC3)**

INVERSORA S.A, quiere planificar sus inversiones para los próximos dos años. Actualmente dispone de \$500.000 pesos y espera recibir en 6, 12 y 18 meses un flujo de ingresos de sus inversiones anteriores provenientes de amortizaciones e intereses de Bonos del Gobierno (a la tasa 11% anual), alquileres de inmuebles de su propiedad y capital e intereses de inversiones a plazo fijo (al 15% anual), según el siguiente detalle:

Ingresos en miles de pesos por:	6 meses	12 meses	18 meses
Bonos del Gobierno	400	700	800
Alquileres	200	200	200
Plazos fijos		200	190

El Directorio de Inversora tiene en consideración dos proyectos de inversión en los cuales desea participar:

1) Una inversión en LA LITORALEÑA S.A., para un proyecto que genera la siguiente corriente de inversiones y egresos (en miles de pesos):

	Inicio	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses
Inversión	1.100	3.000	500	--	--
Ingresos	--	3.100	1.500	1.000	700

2) Un proyecto propuesto por CONSTRUCTORA LATINA, consistente en la continuación de un complejo habitacional, destinado a sectores de ingresos medios, que implica la necesidad de inversiones tendientes a la reparación de los deterioros producidos por el abandono de las obras y su finalización. El proyecto prevé un programa de los trabajos por etapas, lo que permitirá la venta parcial a partir de los seis meses, contando las mismas con la financiación del BANCO NACIONAL DE FINANCIACIONES HIPOTECARIAS. Este proyecto generará el siguiente flujo de ingresos e inversiones (en miles de pesos):

	Inicio	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses
Inversión	1.000	1.800	800	500	--
Ingresos	--	1.100	3.000	3.100	6.350

Los datos de los cuadros asociados a las dos inversiones corresponden a los totales de cada proyecto (100%), pero Inversora puede participar en los mismos en un porcentaje que ella establezca, Los excedentes no invertidos puede colocarlos a plazo fijo a una tasa del 7% semestral durante el primer año, al 7,5% semestral en el tercer semestre y al 7,8% semestral en el último semestre. De necesitar fondos para financiar sus inversiones, puede hacer uso de un préstamo preacordado por una suma máxima de \$1.500.000, la que podrá solicitarse en forma fraccionada en cualquier momento del horizonte de tiempo analizado. Al momento de solicitar la financiación se descontará de la suma otorgada un costo del 1% de la misma en concepto de gastos administrativos y deberá pagar un interés semestral vencido del el 8,5% durante los primeros 2 semestres y del 9% para el tercer y cuarto período, debiendo cancelar el capital al final del cuarto semestre.

El problema consiste en determinar el plan de inversiones y financiamiento, si el objetivo de la empresa es maximizar su disponibilidad al final de los 24 meses.

#### Se pide que:

1. Defina las variables y formule el modelo que le permita a Inversora S.A. lograr este objetivo.
2. Resuelva el problema empleando algún software de los disponibles.
3. Analice las modificaciones que se producirían en la solución óptima si Inversora no contara con los \$500.000 que puede destinar a financiar los proyectos.
4. Analice los informes de solución y sensibilidad y redacte un informe al gerente general haciendo las recomendaciones que considere convenientes. Al momento de redactar el informe, no olvide que se dirige a personas que no necesariamente manejan la terminología de programación matemática.

## Problemas de Programación Binaria

### Problema 21 (PC1)

1. Seleccione la alternativa correcta y JUSTIFIQUE

Sean  $\delta_1$  y  $\delta_2$  variables 0-1, cuyos valores representan si el proyecto 1 y el proyecto 2 son o no son realizados si valen 1 y 0 respectivamente. Señale cuál de las siguientes alternativas indica que el proyecto 2 debe ser realizado si es realizado el proyecto 1:

- a)  $\delta_1 + \delta_2 = 1$
- b)  $\delta_1 + \delta_2 = 2$
- c)  $\delta_1 - \delta_2 \leq 0$
- d)  $\delta_1 - \delta_2 \geq 0$

2. Diga si la siguiente afirmación es Verdadera o Falsa y JUSTIFIQUE

Sean  $\delta_1$  y  $\delta_2$  variables 0-1, cuyos valores representan si el proyecto 1 y el proyecto 2 son o no son realizados si valen 1 y 0 respectivamente. La restricción  $\delta_1 - \delta_2 = 0$  indica que si el proyecto 1 es seleccionado, no puede ser seleccionado el proyecto 2.

3. Modele matemáticamente las siguientes situaciones, definiendo previamente las variables necesarias:

- a) Si el/la estudiante no aprueba Métodos Cuantitativos, no se inscribe en Modelos de Decisión.
- b) Si el/la estudiante no promociona Modelos de Decisión, rinde examen final.

### Problema 22 (PC1)

Un productor puede vender el producto I con una ganancia de \$200 por unidad y el producto II con una ganancia de \$500 por unidad. Se necesitan 3 unidades de materia prima para fabricar una unidad del producto I y 6 unidades de materia prima para fabricar una unidad del producto II. Se dispone de 120 unidades de materia prima. Si se fabrica el producto I se incurre en un costo de instalación de \$1.000, y si se fabrica el producto II se incurre en un costo de instalación de \$2.000. Formule un modelo que permita maximizar las ganancias del productor.

### Problema 23 (PC1)

Una compañía considera la apertura de almacenes en cuatro ciudades Capital Federal, Córdoba, Rosario y Bahía Blanca, para proveer a tres regiones del país. Cada almacén puede enviar 100 unidades a la semana. El costo semanal fijo para mantener abierto cada almacén es de \$40.000 en Capital Federal, de \$50.000 en Córdoba, \$30.000 en Rosario y \$15.000 en Bahía Blanca. La región I del país requiere semanalmente 80 unidades; la región II, 70 unidades; y la región III, 40 unidades. En la tabla 1 se muestran los costos de producir y enviar una unidad de cada fábrica a cada región. Se desea satisfacer la demanda semanal a un costo mínimo, sujeta a la información anterior y a las siguientes restricciones:

- a) Si se abre el almacén en Capital Federal, entonces hay que abrir el almacén en Córdoba.
- b) Se pueden abrir a lo sumo dos almacenes.
- c) Si se abre el almacén en Bahía Blanca, no se deberá abrir el de Rosario.

Formule un programa que se utilice para minimizar los semanales de satisfacer la demanda.

Tabla 1

PESOS POR UNIDAD	Hacia:		
	Región I	Región II	Región III
Desde:			
Capital Federal	200	400	500
Córdoba	480	150	260
Rosario	260	350	180
Bahía Blanca	240	500	350

**Problema 24 (PC2)**

El proyecto de un Barrio Cerrado contendrá casas y departamentos. En el lugar se pueden acomodar hasta 10.000 viviendas. El proyecto debe incluir un proyecto recreativo: ya sea un complejo de natación y tenis o una cancha de golf, pero no ambas cosas. Si se construye la cancha de golf, el número de casas en el proyecto tendrá que ser por lo menos el triple del número de departamentos. Una cancha de golf costará 2.4 millones de dólares, y un complejo de natación y tenis costará 3.6 millones de dólares. Los promotores creen que cada departamento proporcionará ingresos con un valor actual neto de U\$156.000, y que cada casa proporcionará ingresos con un valor actual neto de U\$152.000. El costo de construcción de cada casa (o departamento) es de U\$120.000. Formule un problema para ayudar a los proyectistas del Barrio Cerrado a maximizar sus ganancias.

**Problema 25 (PC1)**

El técnico de básquet del club más importante de la ciudad tiene 9 jugadores en su plantilla y debe enfrentarse al equipo con mayor promedio de puntos de la liga. Para ello está considerando como estrategia seleccionar el quinteto titular con la mayor eficacia en tiros de cancha. La siguiente tabla resume las estadísticas de cada integrante del equipo de acuerdo al número de pelotas perdidas por juego, el porcentaje de eficacia de tiros de cancha, número de rebotes atrapados en promedio por partido y el promedio de puntos por partido (PPP):

Jugador	Posiciones	N° Pérdidas por juego	% de eficacia tiro de cancha	N° Rebotes por partido	P.P.P.
1	Alero, Base	2	30	3	10
2	Pivot, Alero	5	35	8	5
3	Pivot, Alero	6	30	2	20
4	Alero, Base	3	10	2	6
5	Base	3	30	1	12
6	Pivot, Alero	1	30	3	16
7	Pivot	2	15	8	3
8	Pivot	2	16	7	15
9	Alero	3	30	1	9

Además, el equipo titular debe cumplir las siguientes condiciones:

- Contener al menos dos pivot, dos o más aleros y por lo menos un base.
- Las pérdidas promedio por juego no deben ser superiores a 2,5 y los rebotes promedio no deben ser inferiores a 3.
- Los jugadores 1 y 3 no pueden entrar al mismo tiempo.
- El jugador 2 ó el 3, pero no los dos a la vez, deben formar parte del equipo titular.

**Problema 26 (PC2)**

Un centro comercial de la ciudad tiene 10.000 m<sup>2</sup> de espacio para alquilar y sus directivos quieren determinar los tipos de negocios que tendrían que estar en el centro comercial. En la tabla siguiente usted cuenta con información de la cantidad mínima y máxima de cada tipo de negocio que pueden estar en el centro comercial y la superficie en m<sup>2</sup> de cada tipo de negocio.

Tipo de Negocio	Superficie (m <sup>2</sup> )	Número Mínimo	Número Máximo
Joyería	500	1	3
Zapatería	600	1	3
Bazar	1500	1	3
Librería	700	0	3
Ropa	900	1	3

Las ventas anuales de cada tipo de negocio dependerán, naturalmente, del número de negocios de este tipo en el centro comercial. Las ventas anuales (expresadas en miles de pesos) que se estima percibirían cada uno de los negocios en relación con la cantidad de negocios del mismo tipo instalados se presenta en la siguiente tabla:

Venta Anual Tipo de Negocio	Número de Negocios		
	1	2	3
Joyería	900	700	500
Zapatería	1.000	800	500
Bazar	2.700	2.000	1.800
Librería	1.300	800	600
Ropa	2.000	1.800	1.500

Así, si hay dos joyerías en el centro comercial, cada una registra ventas de \$700.000 anuales cada una. Cada negocio paga al Centro Comercial en concepto de alquiler, el 3 % de sus ventas. Formule un modelo cuya solución indique a los directivos del centro comercial como maximizar el ingreso por alquileres.

**Problema 27 (PC2)**

Una empresa debe determinar qué proyecto de expansión emprender en los próximos cuatro años. La empresa tiene una cantidad limitada de fondos para inversiones de capital, por lo que no puede financiar todos los proyectos. Para cada una de las alternativas de inversión que está analizando ha estimado su Valor Presente Neto, la Inversión Inicial y los requerimientos de capital para los próximos cuatro años. Esta información se presenta en la siguiente tabla:

Proyecto	Valor Presente Neto Estimado	Requerimiento de Capital			
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Expansión de la planta	\$108.000	\$180.000	\$240.000	\$240.000	\$180.000
Ampliación del almacén	\$480.000	\$120.000	\$180.000	\$240.000	\$60.000
Nueva Maquinaria	\$120.000	\$72.000	\$48.000	0	\$24.000
Apertura de nuevos mercados	\$430.000	\$180.000	\$120.000	\$120.000	\$120.000
Fondos disponibles para invertir		\$390.000	\$480.000	\$480.000	\$300.000

A los administradores de la empresa les gustaría desarrollar un plan de asignación de capital que muestre las erogaciones que debe hacer para cada uno de los 4 años y qué proyectos se deben financiar bajo el plan general.

**Se pide que:**

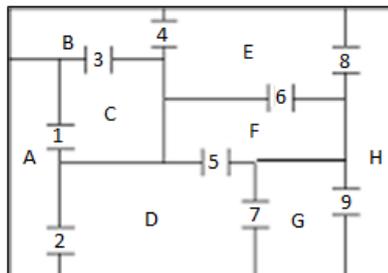
1. Formule un modelo que le permita a los administradores maximizar el Valor Presente Neto.
2. ¿Qué modificaciones se producirían en el modelo formulado en 1. si: o bien se expande la planta o se amplía el almacén?
3. ¿Qué modificaciones habría que realizar en el modelo formulado en 2. para considerar que “se expandirá la planta o se ampliará el almacén si y solo si se abren nuevos mercados?”

**Problema 28 (PC1)**

Una universidad debe comprar 1.000 computadoras, para lo cual analiza las cotizaciones de tres vendedores. El vendedor 1 cobra \$ 600 por computadora más un costo de transporte de \$ 5.000. el vendedor 2 cobra \$ 500 por computadora más un costo de transporte de \$ 4.000. El vendedor 3 cobra \$ 350 por computadora más un costo de transporte de \$ 6.000. La disponibilidad de cada uno de los vendedores está dada por 500, 900 y 400 computadoras para los vendedores 1, 2 y 3 respectivamente. Formule un modelo que le permita a la universidad minimizar el costo de la compra de las computadoras.

**Problema 29 (PC1)**

En la figura adjunta se observa la planta de un museo con ocho salas comunicadas por nueve puertas.



Un guardia situado en una puerta vigila las dos salas adyacentes que dicha puerta comunica. Determine el número mínimo de guardias que se requiere para vigilar todas las salas del museo. Indique en qué puertas deben ubicarse los guardias.

**Problema 30 (PC1)**

La división de investigación y desarrollo de una compañía ha trabajado en el desarrollo de cuatro productos nuevos. La administración debe ahora tomar una decisión sobre cuáles de estos cuatro productos se van a producir y a que niveles.

La puesta en marcha de la línea de producción para los cuatro productos es de \$50.000, \$40.000, \$70.000 y \$60.000 para los productos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

La información referente a las contribuciones marginales y las horas de máquinas A y B que se necesitan para producir una unidad de cada producto se presentan en la tabla siguiente:

	Productos			
	1	2	3	4
Cont. Marg. (\$/unidad)	700	600	900	800
Máquina A (h/unidad)	5	3	6	4
Máquina B (h/unidad)	4	6	3	4

El departamento de producción ha determinado que se podrá disponer de hasta 6.000 horas de trabajo en cada máquina para la producción de los nuevos productos.

1. Formule un modelo que permita maximizar el beneficio de la producción de los productos sujeto a la información anterior y a las restricciones siguientes:

- (1) No se pueden producir más de dos productos
- (2) Si se produce el producto 1, deberá producirse el producto 3
- (3) Hay que producir el producto 2 ó el producto 3

2. ¿Qué modificación se produciría en la formulación anterior si para la producción de los productos puede utilizarse la máquina A o la máquina B, en forma indistinta?

### Problema 31 (PC3)

Un estudio contable debe llenar muchas declaraciones de ganancias en el período 15 de febrero - 15 de abril. Para el siguiente año el estudio debe empezar y terminar los cinco trabajos que se muestran en la Tabla 3, en el período de ocho semanas del 15 de febrero al 15 de abril. El estudio emplea a cuatro contadores de tiempo completo, quienes trabajan normalmente 40 horas a la semana. Si es necesario trabajan hasta 20 horas extras a la semana y se les paga \$ 30 la hora extra de trabajo. Utilice la programación entera para determinar como el estudio contable puede minimizar el costo del tiempo extra necesario para terminar todos los trabajos para el 15 de abril.

Tabla 3

Trabajo	Duración (semanas)	Horas de contadores requeridas por semana
Trabajo 1	3	120
Trabajo 2	4	160
Trabajo 3	4	100
Trabajo 4	3	80
Trabajo 5	2	80

### Problema 32 (PC2)

En un Hospital municipal se realizan 6 tipos de intervenciones quirúrgicas. En la Tabla 2 se especifican los tipos de operaciones que cada cirujano realiza (marcadas con una x). Teniendo en cuenta que los cirujanos 1 y 2 no simpatizan y por tal motivo no pueden estar de guardia al mismo tiempo, formule un modelo que permita determinar el mínimo número de cirujanos que se necesitan para que el hospital pueda realizar todos los tipos de operaciones.

Tabla 2

	Número de operación					
	1	2	3	4	5	6
Cirujano 1	X	X		X		
Cirujano 2			X		X	X
Cirujano 3			X		X	
Cirujano 4	X					X
Cirujano 5		X				
Cirujano 6				X	X	

**Problema 33 (PC2)**

El equipo de competición VW está preparando el automóvil para competir en el Rally de Argentina 2013. El reglamento establece que el peso del vehículo debe encontrarse entre 750 y 935 kilogramos.

El equipo cuenta con el vehículo del año pasado, que pesa 550 kg. sin incluir motor, tanque, alerón y cubiertas. El peso final del vehículo y la velocidad que podría alcanzar dependerán de los componentes que se agreguen. A continuación, se presenta una tabla con los componentes que se podrían agregar:

Componente			
<b>1. Tipo de Motor</b>	<b>Velocidad en km/h</b>	<b>Peso en Kg.</b>	<b>Precio en USD</b>
Motor actual	145	230	--
Motor MT	165	170	30.000
Motor Max	173	190	37.000
<b>2. Tanque de combustible</b>	<b>Aumento de velocidad en km/h</b>	<b>Peso en Kg.</b>	<b>Precio en USD</b>
Tanque NT	0	50	5.000
Tanque ST	0	30	7.000
<b>3. Cubiertas</b>	<b>Aumento de velocidad en km/h</b>	<b>Peso en Kg.</b>	<b>Precio en USD</b>
Cubiertas XX	3	90	8.000
Cubiertas Super	8	82	14.000
<b>4. Otros</b>	<b>Aumento de velocidad en km/h</b>	<b>Peso en Kg.</b>	<b>Precio en USD</b>
Alerón	4	15	10.000

Se debe tener en cuenta que el motor Max sólo se puede utilizar con el tanque de combustible ST y que dispone de USD55.000 para invertir en la preparación del automóvil.

**Se pide que:**

Defina las variables y formule un modelo que permita maximizar la velocidad del vehículo cumpliendo con las normas reglamentarias y el presupuesto disponible.

**Problema 34 (PC1)**

Andrés ha recibido en herencia un campo de 2 hectáreas (20.000 m<sup>2</sup>) ubicado al sur de la provincia y está pensando en invertir sus ahorros (\$400.000), en animales, con el objeto de maximizar la contribución a la utilidad por la venta de los mismos al final del verano. Puede elegir entre comprar ovejas, terneros o novillos. Cada oveja requiere 150 m<sup>2</sup> de terreno para pastoreo y es necesario invertir \$1.200 en tratamiento veterinario. Una oveja cuesta \$3.000 y puede venderse al final del verano a \$7.000. Un ternero requiere 250 m<sup>2</sup> de pastoreo, \$2.500 de tratamiento veterinario, cuesta \$4.000 y se puede vender a \$11.000 al final del verano. Para un novillo son necesarios 300 m<sup>2</sup> para pastura y \$2.000 de tratamiento veterinario. Cada novillo puede comprarse a \$8.000 y puede venderse al final del verano a \$15.000.

**Se pide que:**

1. Formule el modelo correspondiente.
2. Encuentre la solución óptima para la relajación de la condición entera del PL.
3. Redondee la solución encontrada en 2. al entero más cercano y analice la factibilidad y el valor objetivo de esta solución. Aplique otras alternativas de redondeo de la solución encontrada en 2. y analice la factibilidad y el valor objetivo de las soluciones obtenidas.

4. Encuentre la solución entera óptima.
5. Compare las soluciones encontradas en los incisos 3. y 4. y determine, para las soluciones factibles, la diferencia en términos del objetivo.
6. ¿Qué modificaciones se producirían en la formulación planteada en 1, si Andrés ha establecido que, en caso de comprar animales de algún tipo, el número mínimo de animales deberá ser 10?
7. Encuentre la solución entera óptima del modelo formulado en 6.

### Problema 35 (PC1)

El dueño de un tambo está tratando de analizar cuáles serán las modificaciones a realizar para la optimización de su producción. En este momento cuenta con 50 vacas lecheras, las cuales pueden ser utilizadas para producción de leche o para venderlas a un frigorífico. Por la producción de leche de cada vaca para el próximo trimestre se obtendrá un beneficio de \$70.000, pero si las vende hoy a un frigorífico obtendrá un beneficio de \$30.000 (valor presente neto descontados los costos), este último dinero podrá ser utilizado para la producción de Maíz y/o Soja.

Para la producción de Maíz necesita de una inversión (a realizar hoy) de \$10.000 para cada hectárea de tierra a sembrar. Para la producción de Soja, la inversión (a realizar hoy) es de \$12.000.

El tambero dispone de 100 hectáreas de tierra que se asignarán a la producción de leche, maíz y soja en el próximo trimestre.

Cada vaca lechera necesita 1,5 hectáreas para pastura en el trimestre. Por supuesto que podrá producirse leche, maíz y soja, según sea la combinación de la producción deseada.

Se dispone de 2.500 horas para el trabajo que los empleados puedan realizar durante el trimestre, sabiendo que para la producción de leche se pueden utilizar hasta un máximo de 1.800 horas en el trimestre, y para la producción de cereales se pueden utilizar hasta 1.950 horas. Para la producción de leche son necesarias 20 horas por vaca en el trimestre, por cada hectárea de campo utilizada para maíz se necesita de 30 horas de trabajo en el trimestre y para por cada hectárea utilizada para soja se necesitan 38 horas de trabajo en el trimestre.

Por cada hectárea de maíz cosechado se obtendrá un beneficio total (descontados los costos) de \$ 50.000, y por cada hectárea de soja el beneficio total (descontados los costos) será de \$62.000.

El dueño del tambo desea saber cómo debe organizar su actividad para el próximo trimestre que le permita obtener el máximo de utilidades cumpliendo con todas las restricciones planteadas, **sabiendo que no se dispone de nada de dinero para iniciar la producción hoy.**

#### Se pide que:

1. Defina las variables y formule el modelo correspondiente.
2. Obtenga la solución óptima para la relajación de la condición entera de PL.
3. Obtenga la solución óptima para la PLE. Compare con los resultados obtenidos en 2.
4. Sobre la base de la solución encontrada y trabajando con el modelo, responda las siguientes preguntas:
  - a) ¿Cuál es la solución que presentaría al dueño del tambo?
  - b) ¿Le conviene alquilar 5 has. del campo a un vecino que le ofrece \$4.000 por ha.?
  - c) ¿Cómo se vería afectada la utilidad total ante un aumento del 5% en la utilidad de la soja?  
¿Cuál sería el cambio si la utilidad disminuyera el 5%?
  - d) ¿Qué pasaría si, por una huelga de los peones de campo, no contara con 100 horas de trabajo?
5. Redacte un breve informe con sus recomendaciones en función de la solución óptima y las respuestas a las preguntas formuladas en 4.

## Problemas de Decisión Multicriterio

### Problema 36 (PC1)

El socio de una agencia de publicidad acaba de celebrar un convenio con una firma del ramo farmacéutico para realizar una campaña por radio y televisión para publicitar un nuevo producto. El gasto total destinado a la campaña no deberá exceder \$120.000. Al cliente le interesa que esta campaña pueda captar diferentes audiencias. Para analizar los resultados de la campaña la agencia ha estimado el impacto de los anuncios en las audiencias de su interés en término de exposiciones clasificadas, expresión que significa “personas en las que se ha incidido cada mes”. La incidencia en diferentes audiencias difiere según el medio de publicidad utilizado como se muestra en la siguiente tabla:

Exposiciones por cada \$1000 gastados		
	TV	Radio
<b>Total</b>	14.000	6.000
<b>Altos ingresos</b>	1.200	1.200

Después de una conversación con su cliente, la agencia de publicidad ha establecido las siguientes metas de la campaña, las que se presentan en el orden de jerarquía que se pretende para el logro de estas:

- que el número total de exposiciones sea de por lo menos 840.000
- para mantener un contacto efectivo con la radiodifusora más importante, se espera gastar no más de \$90.000 en publicidad televisiva
- se deberá conseguir por lo menos 168.000 exposiciones de altos ingresos

**Se pide que:** Formule el problema con un modelo de programación por metas y resuelva el mismo utilizando software de programación lineal.

### Problema 37 (PC1)

Una empresa fabrica dos productos que identifica como I y II con las siguientes características de utilidad y requerimiento de recursos:

Características	Producto I	Producto II
<b>Contribución a la utilidad \$/unidad</b>	4	2
<b>Departamento A h/unidad</b>	1	1
<b>Departamento B h/unidad</b>	2	5

El programa de producción del último mes utilizó 350 horas en el departamento A y 1000 horas en el departamento B.

Las fluctuaciones en la carga de trabajo en ambos departamentos durante los 4 meses anteriores han generado malestar en los empleados y reuniones con el sindicato frente a las nuevas contrataciones, los despidos y las transferencias interdepartamentales.

Frente a esta situación y con el deseo de recomponer la relación con los trabajadores la administración quiere establecer un programa de producción para el próximo mes que logre las siguientes metas:

Meta 1: Usar 350 horas de mano de obra en el departamento A

Meta 2: Usar 1.000 horas de mano de obra en el departamento B

Meta 3: Obtener una contribución a la utilidad de al menos \$1.300

**Se pide que:**

- Formule un modelo de programación por metas para este problema asumiendo que las metas 1 y 2 son de nivel de prioridad 1 y la meta 3 es de nivel de prioridad 2 y que las metas 1 y 2 son igualmente importantes.
- Resuelva el modelo utilizando software de PL.

### Problema 38 (PC1)

Suponga la existencia de dos procesos, uno mecánico y otro químico, por los que se puede obtener la pulpa de celulosa para la producción del papel.

Por cada hora de trabajo en el proceso I genera una contribución a las utilidades promedio de \$1500 y en el proceso II \$3500.

Como son procesos altamente contaminantes se debe minimizar su emisión al medio ambiente, sabiendo que cada hora de producción del proceso I emite 5 unidades y del proceso II, 3 unidades.

**Se pide que:**

Formule el modelo matemático que cumpla con:

Metas de nivel de prioridad 1

Meta 1: No emitir más de 800 unidades de contaminantes

Metas de nivel de prioridad 2

Meta 2: La contribución total debe ser de \$500.000 o más.

Meta 3: Las horas empleadas en los procesos no pueden exceder 500

Metas de nivel de prioridad 3

Meta 4: Contratar más de 200 hs en el proceso II

### Problema 39 (PC2)

La caja de jubilaciones de profesionales de la salud cuenta con un excedente de \$1,5 millones y ha asignado a un especialista la responsabilidad de determinar la mejor cartera de inversiones para los mismos. El especialista considera que se pueden invertir todos los fondos en acciones si se cumplen ciertas políticas de riesgo y ha identificado seis alternativas aceptables para las que ha recabado la información que se presenta en la tabla siguiente:

	Número de acción					
	1	2	3	4	5	6
Precio actual (\$/acción)	90	25	70	125	35	140
Tasa promedio anual de crecimiento	0,09	0,08	0,06	0,04	0,03	0,01
Dividendo promedio anual (\$/acción)	1,15	0,20	1,90	2,15	0,80	3,40
Factor de riesgo	0,07	0,09	0,10	0,04	0,03	0,04

Para determinar el rendimiento sobre cada una de estas alternativas de inversión el especialista estableció la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{(\text{precio actual por acción} \times \text{tasa de crecimiento}) + \text{dividendos}}{\text{precio actual por acción}}$$

Después de evaluar en forma cuidadosa diversos objetivos de inversión, el especialista identificó las siguientes metas (listadas en orden de importancia):

Meta 1: Alcanzar un rendimiento sobre la inversión de cuando menos el 8%.

Meta 2: Alcanzar dividendos de cuando menos \$ 18.000 al año.

Meta 3: Invertir cuando menos 35% del total del fondo en las acciones que tengan factores de riesgo menores a 0,05.

Meta 4: Limitar el factor ponderado de riesgo de la cartera a 6% o menos.

Meta 5: Limitar los pesos que se invierten a las alternativas de bajo riesgo a \$ 700.000.

**Se pide que:**

- a) Formule un modelo de programación por metas para el problema.
- b) Resuelva el problema aplicando software de PL.
- c) Redacte un informe para el presidente de la caja de jubilaciones indicando sus recomendaciones.

**Problema 40 (PC1)**

Una empresa de servicios está planificando la estrategia de contacto con clientes para las siguientes cuatro semanas, la que debe cumplir con 200 contactos con clientes establecidos que ya hayan recibido servicios de la empresa con anterioridad y 120 contactos con clientes nuevos.

Sobre la base de experiencias anteriores la empresa determinó que se necesitan dos horas de esfuerzo de ventas para cada contacto con clientes establecidos. Los contactos con clientes nuevos tienden a tomar más tiempo y requieren tres horas por contacto.

La empresa cuenta con 4 vendedores que trabajan 40 horas a la semana cada uno bajo un programa de trabajo normal. Las horas-hombre disponibles para contactos con clientes en las cuatro semanas que representa el horizonte de planeación serán entonces de 640. La empresa está dispuesta a contratar horas extras, de ser necesario, pero también aceptará una solución que use menos de las 640 horas disponibles. Considera viable un número de 40 horas extras o de subutilización en el horizonte de planeación.

La empresa estima que cada cliente establecido contactado genera ventas de \$250 y que cada cliente nuevo genera ventas de \$125. La administración desea generar ingresos por ventas de al menos \$70.000 para el mes siguiente.

Para las siguientes cuatro semanas la empresa ha establecido el siguiente nivel de prioridad de sus metas:

Metas de nivel de prioridad 1

Meta 1: No usar más de 680 horas de la fuerza de ventas

Meta 2: No usar menos de 600 horas de la fuerza de ventas

Metas de nivel de prioridad 2

Meta 3: Generar ingresos por ventas de al menos \$ 70.000

Metas de nivel de prioridad 3

Meta 4: Contactar al menos 200 clientes establecidos

Meta 5: Contactar al menos 120 clientes nuevos

**Se pide que:**

- a) Formule un modelo de programación por metas considerando igualmente importantes las metas de igual nivel de prioridad.
- b) Resuelva el problema utilizando software de PL.

c) Suponga que la administración cree que generar clientes nuevos es vital para el éxito de la empresa por lo que la meta 5 es dos veces más importante que la meta 4. Analice los efectos de este cambio en la solución encontrada en b).

### Problema 41 (PC1)

Paladino fabrica un embutido con carne de res, de cerdo, de cabrito y agua. En la siguiente tabla se presentan el costo, la grasa y la proteína por kilogramo de cada uno de estos ingredientes:

	Res	Cerdo	Cabrito	Humedad
Costo (\$/k)	2.400	1.800	1.600	0
Grasa (k)	0,05	0,24	0,11	0
Proteína (k)	0,20	0,26	0,08	0

Paladino debe producir 100 kilogramos de embutido y se ha impuesto las siguientes metas, en orden de importancia:

Meta 1: El embutido debe tener un mínimo de 15% de proteína.

Meta 2: El embutido debe tener un máximo de 8% de grasa.

Meta 3: El costo por kilogramo no debe ser mayor que \$1.700.

Formule un modelo de programación por metas y resuélvalo. Indique a Paladino el plan de producción aconsejado.

### Problema 42 (PC1)

En el cuadro siguiente se presenta información de cuatro proyectos que serán evaluados en término de tres criterios: Rendimiento (en %), Período de recupero (en años) y el Valor Actual Neto (en miles de pesos):

Proyecto	Rendimiento (Max)	Periodo de Recupero (Min)	VAN (Max)
1	14	7	5.000
2	16	2	7.400
3	13	4	-1.200
4	20	5	4.500

#### Se pide que:

Normalice todos los criterios aplicando los métodos que conoce, realizando las transformaciones necesarias para que todos los criterios sean de maximización y las evaluaciones sean no negativas.

### Problema 43 (PC1)

Sobre la base de la información del Problema 40 y considerando que el evaluador de los proyectos ha asignado los siguientes pesos:

- Rendimiento: 7 puntos

- Período de recupero: 3 puntos

- VAN: 5 puntos

#### Se pide que:

1. Normalice los pesos empleando el método de fracción a la suma.

2. Aplique el método de Suma Ponderada para establecer un ordenamiento de los proyectos utilizando los pesos calculados en el punto 1. y los valores de las evaluaciones de los proyectos respecto a cada criterio, normalizadas con los métodos de fracción de la suma, fracción del máximo y del vector.

3. Compare los resultados obtenidos.

### Problema 44 (PC1)

El tribunal asesor de una selección interna debe determinar el orden de mérito de dos candidatos evaluados en función de sus antecedentes teniendo en cuenta su desempeño en los siguientes aspectos: enseñanza, investigación y otros. Los miembros del tribunal han propuesto la siguiente matriz de comparaciones pareadas para estos tres antecedentes:

	Enseñanza	Investigación	Otros
Enseñanza	1	1/3	5
Investigación	3	1	7
Servicios	1/5	1/7	1

De la comparación de los profesores en relación a estos aspectos, propusieron las matrices de comparación que se presentan a continuación:

Enseñanza			Investigación			Otros		
	Prof. 1	Prof. 2		Prof. 1	Prof. 2		Prof. 1	Prof. 2
Prof. 1	1	4	Prof. 1	1	1/3	Prof. 1	1	6
Prof. 2	1/4	1	Prof. 2	3	1	Prof. 2	1/6	1

Indique cuál es el orden de mérito que debe establecer el tribunal.

### Problema 45<sup>4</sup> (PC1)

Marcelo está evaluando comprar un auto. Después de un análisis previo de marcas y modelos disponibles, redujo la lista de alternativas a tres autos: A, B y C. La información que tiene para tomar la decisión se encuentra en la siguiente tabla:

Información para el problema de selección de automóvil			
Auto	Peugeot 208	Toyota Etios Cross	Volkswagen Up!
Precio (\$)	250.000	234.000	200.500
Km por litro	9,5	11	15
Color	Negro	Rojo	Blanco
Interior	De lujo	Por encima del promedio	Estándar
Carrocería	Mediano 5 puertas	Deportivo 5 puertas	Compacto 3 puertas
Motor	Nafta 1.6 4 cilindros - 8 válvulas	Nafta 1.5 4 cilindros - 16 válvulas	Nafta 1.0 3 cilindros - 12 válvulas

Con base a la información anterior, así como de sentimientos personales que resultaron de hacer prueba de manejo de los tres automóviles, determinó cuatro criterios a tener en cuenta para realizar la elección: Precio, KPL, Comodidad y Estilo. La tabla presenta información directa sobre los dos

<sup>4</sup> Basado en Anderson, Sweeney y Willams (2004).

primeros criterios a considerar. Respecto al criterio Comodidad, Marcelo ha resumido con la etiqueta "Interior" factores como terminación de interiores, equipo estereofónico y características de ajuste de los asientos. El Estilo de cada automóvil responderá a una evaluación subjetiva.

Para ayudar a Marcelo a seleccionar el automóvil a comprar, se le solicitó que realice comparaciones por pares de criterios y de alternativas respecto de cada criterio, expresando sus preferencias de acuerdo con la importancia que asignaba a cada uno de ellos, según la siguiente escala:

Escala de comparación de importancia	
1	Igualmente importante
2	de Igual a Ligeramente más importante
3	Ligeramente más importante
4	de Ligeramente a Notablemente más importante
5	Notablemente más importante
6	de notablemente a Muchísimo más importante
7	Muchísimo más importante
8	de Muchísimo a Absolutamente más importante
9	Absolutamente más importante

Él expresó los juicios sobre los criterios a utilizar en el análisis que se presentan a continuación:

Comparación en pares	Criterio más importante	Cuánto más importante
Precio - KPL	Precio	Ligeramente
Precio - Comodidad	Precio	De igual a ligeramente
Precio - Estilo	Precio	De igual a ligeramente
KPL - Comodidad	Comodidad	De ligeramente a notablemente
KPL - Estilo	Estilo	De ligeramente a notablemente
Comodidad - Estilo	Estilo	De igual a ligeramente

Consultado en relación con las comparaciones de a pares de los tres automóviles respecto a los cuatro criterios, Marcelo respondió:

Criterio	Comparación en pares	Criterio más importante	Cuánto más importante
Precio	A - B	B	Ligeramente
	A - C	C	De ligeramente a notablemente
	B - C	C	De igual a ligeramente
KPL	A - B	B	De ligeramente a notablemente
	A - C	C	De notablemente a muchísimo más
	B - C	C	Ligeramente
Comodidad	A - B	A	De igual a ligeramente
	A - C	A	De muchísimo más a absolutamente más
	B - C	B	De notablemente a muchísimo más
Estilo	A - B	B	Ligeramente
	A - C	A	De ligeramente a notablemente
	B - C	B	Muchísimo más

Aplique el método AHP para ayudar a Marcelo a seleccionar el mejor automóvil.

**Problema 46 (PC1)**

Sofía está considerando la compra de un equipo de audio para su automóvil. Investigó tres equipos distintos que nominó I, II y III, que difieren en función del precio, las prestaciones en término de reproducción y conectividad.

Estableció las siguientes matrices de comparación en pares:

CRITERIOS			
	Precio	Prestaciones	Conectividad
Precio	1	3	4
Prestaciones		1	3
Conectividad			1

PRECIO			
	I	II	III
I	1	4	2
II		1	
III		3	1

PRESTACIONES			
	I	II	III
I	1		
II	2	1	
III	4	3	1

CONECTIVIDAD			
	I	II	III
I	1	4	2
II		1	1
III			1

**Se pide que:**

1. Calcule las prioridades para cada matriz de comparación en pares.
2. Determine una prioridad global para cada uno de los equipos. ¿Cuál equipo prefiere Sofía?

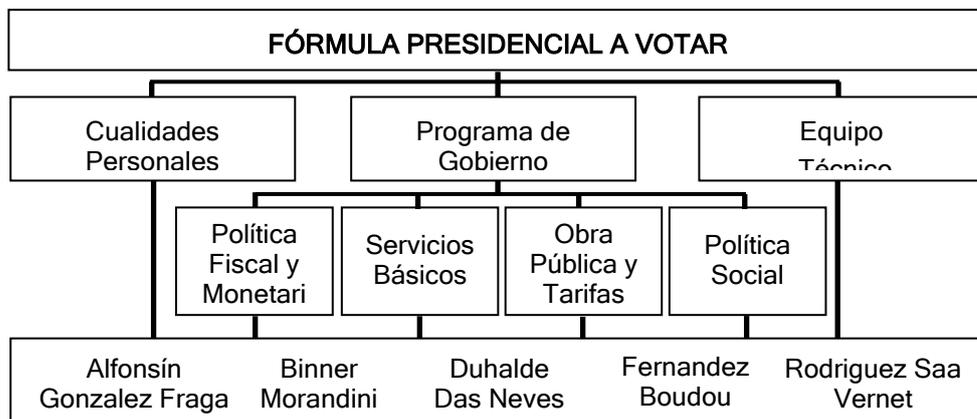
**Problema 47 (PC2)**

Con motivo de las elecciones presidenciales del año 2011, un grupo de estudiantes decidió analizar las fórmulas a votar haciendo uso de los conocimientos aprendidos en la asignatura.

A partir de un análisis de satisfacción, que implicó establecer como requisito para ser incluida en la evaluación que las fórmulas presidenciales hubieran alcanzado por lo menos el 5% de votos en las elecciones primarias del 14 de agosto de ese año, el listado de alternativas quedó conformado por:

- Cristina Fernández - Amado Boudou
- Ricardo Alfonsín - Javier Gonzalez Fraga
- Eduardo Duhalde - Mario Das Neves
- Hermes Binner - Norma Morandini
- Alberto Rodríguez Saá - José María Vernet.

Para evaluar estas fórmulas, resolvieron establecer un conjunto reducido de criterios y subcriterios relevantes, exhaustivos y no redundantes, estructurando el problema en los cuatro niveles jerárquicos que se presentan en la siguiente figura:



Posteriormente, recolectaron información de los candidatos referida a estos ejes de análisis y la procesaron de manera de establecer una base común que pudiera utilizarse para compararlos.

A continuación, se presentan las matrices de comparaciones pareadas de las fórmulas presidenciales respecto de cada subcriterio y criterio, y de los subcriterios y criterios entre sí, obtenidas por los tres estudiantes.

### Estudiante 1

Comparación de Criterios			
	Cualidades	Programa	Equipo Técnico
Cualidades			2
Programa	2		3
Equipo Técnico			

Comparación de Subcriterios				
	Política Fiscal y Monetaria	Servicios Básicos	Obras Pública y Tarifas	Desarrollo Social
Política Fiscal y Monetaria		2	3	3
Servicios Básicos			2	2
Obras Pública y Tarifas				1
Desarrollo Social				

Criterio Equipo Técnico					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez					
Binner	2				2
Duhalde	2	2		1	3
Alfonsin	4	3	2		4
Rodriguez Saa	1				

Criterio Cualidades Personales					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez				2	
Binner	4		3	3	2
Duhalde	2			1	
Alfonsin					
Rodriguez Saa	3		2	2	

Subcriterio Servicios Básicos					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez			1		
Binner	3		3	1	2
Duhalde					
Alfonsin	3		3		2
Rodriguez Saa	2		2		

Subcriterio Política Fiscal y Monetaria					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez					
Binner	3		1	1	2
Duhalde	3			1	2
Alfonsin	3				2
Rodriguez Saa	2				

Subcriterio Obra Pública y Tarifas					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		1		2	1
Binner				2	1
Duhalde	3	3		4	3
Alfonsin					
Rodriguez Saa				2	

Subcriterio Desarrollo Social					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez				1	
Binner	2		1	2	
Duhalde	2			2	
Alfonsin					
Rodriguez Saa	3	2	2	3	

### Estudiante 2

Comparación de Criterios			
	Cualidades	Programa	Equipo Técnico
Cualidades			2
Programa	2		3
Equipo Técnico			

Comparación de Subcriterios				
	Política Fiscal y Monetaria	Servicios Básicos	Obras Pública y Tarifas	Desarrollo Social
Política Fiscal y Monetaria		3	1	3
Servicios Básicos				
Obras Pública y Tarifas		2		2
Desarrollo Social		2		

Criterio Equipo Técnico					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		2	2	2	1
Binner					1
Duhalde		2			
Alfonsin		3	2		2
Rodriguez Saa			3		

Criterio Cualidades Personales					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		3	5	3	2
Binner				2	
Duhalde		1			
Alfonsin			1		
Rodriguez Saa		2	2	2	

Subcriterio Servicios Básicos					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		3	3	3	3
Binner			2		2
Duhalde					2
Alfonsin		2	3		5
Rodriguez Saa					

Subcriterio Política Fiscal y Monetaria					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez					
Binner	2			3	2
Duhalde	2	1			
Alfonsin	2		1		2
Rodriguez Saa	2		1		

Subcriterio Obra Pública y Tarifas					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		5	6	5	3
Binner				2	
Duhalde		3		4	3
Alfonsin					
Rodriguez Saa		1		2	

Subcriterio Desarrollo Social					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		4	4	4	4
Binner					
Duhalde		1			4
Alfonsin		2	1		2
Rodriguez Saa		2			

**Estudiante 3**

Comparación de Criterios			
	Cualidades	Programa	Equipo Técnico
Cualidades		3	5
Programa			2
Equipo Técnico			

Comparación de Subcriterios				
	Política Fiscal y Monetaria	Servicios Básicos	Obras Pública y Tarifas	Desarrollo Social
Política Fiscal y Monetaria		1	3	5
Servicios Básicos			2	3
Obras Pública y Tarifas				
Desarrollo Social			2	

Criterio Equipo Técnico					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez					
Binner	4			3	
Duhalde	4	1		2	
Alfonsin	4				
Rodriguez Saa	4	1	5	2	

Criterio Cualidades Personales					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez					
Binner	2			2	3
Duhalde	5	1		1	2
Alfonsin	4				
Rodriguez Saa	3			2	

Subcriterio Servicios Básicos					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		3	3	3	3
Binner			2		2
Duhalde					2
Alfonsin		2	3		5
Rodriguez Saa					

Subcriterio Política Fiscal y Monetaria					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		4		3	3
Binner				1	1
Duhalde	2	4		2	2
Alfonsin					
Rodriguez Saa				3	

Subcriterio Obra Pública y Tarifas					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		5	6	5	3
Binner				2	1
Duhalde		3		4	3
Alfonsin					
Rodriguez Saa				2	

Subcriterio Desarrollo Social					
	Fernandez	Binner	Duhalde	Alfonsin	Rodriguez Saa
Fernandez		4	4	4	4
Binner					
Duhalde		1			4
Alfonsin		2	1		2
Rodriguez Saa		2			

**Se pide que:**

Empleando el método AHP establezca el ranking de las fórmulas para cada estudiante e indique cuál fórmula votó. Para ello:

1. Estime los pesos relativos de cada fórmula presidencial respecto de cada subcriterio del criterio Programa de Gobierno. Compruebe la consistencia de los juicios emitidos.
2. Determine los pesos de los cuatro subcriterios del criterio Programa de Gobierno. Compruebe la consistencia de los juicios emitidos.

3. Realice la evaluación global de cada fórmula respecto al criterio Programa de Gobierno y establezca el vector de pesos relativos de cada fórmula respecto a ese criterio.
4. Estime los pesos relativos de cada fórmula presidencial respecto a los restantes criterios. Compruebe la consistencia de los juicios emitidos.
5. Determine los pesos de los tres criterios. Compruebe la consistencia de los juicios emitidos.
6. Realice la evaluación global de cada fórmula y establezca el ordenamiento correspondiente.

**Problema 48 (PC1)**

Un inversionista desea evaluar 4 proyectos de inversión en término de cuatro criterios. Las evaluaciones de cada proyecto respecto de cada criterio se presentan en el siguiente cuadro:

Alternativas	Criterios			
	Impacto ambiental (Max)	Rentabilidad (Max)	Riesgo (Min)	Periodo de recupero (Min)
Proyecto 1	8	14	1	7
Proyecto 2	3	16	5	2
Proyecto 3	5	13	1	4
Proyecto 4	3	20	3	5

El inversionista ha asignado a cada criterio los pesos que se presentan a continuación, que han sido normalizados con el método de fracción a la suma:

Criterio	Max	Max	Min	Min	Suma
w <sub>j</sub>	5	8	7	3	23
w <sub>j</sub> normalizado	0,2174	0,3878	0,3043	0,1303	1

**Se pide que:**

1. Utilizando una planilla de cálculo, resuelva aplicando el método Topsis, empleando los cuatro métodos de normalización que conoce y calculando distancias Ciudad, Euclidea y Tchebicheff.
2. Compare los resultados obtenidos.

**Problema 49 (PC1)**

Considerando la información sobre las estadísticas de los integrantes del equipo de básquet del Problema 25:

Jugador	Posiciones	Pérdidas por juego	% de eficacia tiro de cancha	Rebotes por partido	P.P.P.
1	Alero, Base	2	30	3	10
2	Pivot, Alero	5	35	8	5
3	Pivot, Alero	6	30	2	20
4	Alero, Base	3	10	2	6
5	Base	3	30	1	12
6	Pivot, Alero	1	30	3	16
7	Pivot	2	15	8	3
8	Pivot	2	16	7	15
9	Alero	3	30	1	9

Y con la intención de establecer una evaluación de los jugadores en orden de seleccionar los cinco que integrarán el equipo titular, el entrenador ha estipulado los siguientes pesos para los criterios que se consideran en el análisis:

Criterio	Perdidas por juego	% de eficacia tiro de cancha	Rebotes por partido	P.P.P.
wj	6	9	6	7

Sin embargo, al reunirse con su asistente, surgió el siguiente diálogo:

**Entrenador:** ¿Te parece que revisemos la importancia de los criterios a considerar para seleccionar los jugadores titulares del próximo partido?

**Asistente:** Sí, como no.

**Entrenador:** Para mí el porcentaje de eficiencia de tiros de cancha es un criterio muy significativo si vamos a enfrentar al equipo con mayor promedio de puntos de la liga.

**Asistente:** Estoy de acuerdo. Comparándolo con los puntos promedio y los rebotes atrapados por partido, me parece que en ambos casos la eficiencia es ligeramente más importante. Y respecto de las pelotas perdidas por partido, podría decir que la eficiencia es de igual a ligeramente más importante.

**Entrenador:** No estoy tan seguro con la relación entre eficiencia y perdidas por partido, pero voy a aceptar tu punto de vista. Y ¿qué opinás de la relación entre los rebotes y las perdidas?

**Asistente:** Creo que ambos criterios pueden definir un partido pero las pelotas perdidas son de igual a ligeramente más importante que los rebotes, ya que pueden terminar en puntos en contra.

**Entrenador:** Si, claro que sí. Perdidas por partido es de igual a ligeramente más importante que los rebotes ganados y que los puntos promedio.

**Asistente:** Totalmente de acuerdo.

**Entrenador:** Para mí, una buena defensa gana un partido. Por lo tanto, no encuentro diferencias entre el número de rebotes atrapados y los puntos promedio por partido.

**Asistente:** Comparto tu opinión. Me parece que de esta manera mejorará nuestro desempeño en la cancha

**Se pide que:**

1. Normalice los pesos determinados por el entrenador aplicando el procedimiento de fracción de la suma.
2. Determine los pesos que surgen del diálogo con el asistente Aplicando el método AHP.
3. Compare los pesos obtenidos en los incisos 1. y 2.
4. Empleando ambos conjuntos de pesos, determine la evaluación global de los jugadores aplicando el método de suma ponderada.
5. Empleando ambos conjuntos de pesos, determine la evaluación global de los jugadores aplicando el método Topsis calculando distancias ciudad.
6. Compare los resultados obtenidos en 4. y 5.

### Problema 50 (PC2)

Se le ha encomendado la evaluación del bienestar social de 7 países latinoamericanos. Para la confección del índice deberá considerar cuatro ejes evaluadores: Salud, Educación, Creación de riqueza e Impacto ambiental.

A continuación, se detallan los indicadores seleccionados para medir estos atributos y se clasifican como max y min en virtud de que cuanto más del indicador importa mayor bienestar (max) y cuanto menos del indicador importa mayor bienestar (min):

Atributo	Indicador	Clasificación
Salud	Gasto en salud per capita (PPP US\$) año 2005	Max
Educación	Tasa Bruta Combinada de matriculación, Primaria, Secundaria y Terciaria (%) año 2005	Max
Creación de riqueza	PBI per Cápita (PPP US\$) año 2005	Max
Impacto ambiental	Emisiones de Dióxido de Carbono per Cápita (t CO <sub>2</sub> ) año 2005	Min

Sobre la base de datos del informe del PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) publicado en el año 2006 se elaboró la siguiente tabla:

País	Gasto en salud Per capita (PPP US\$) 2005	Tasa Bruta Combinada de matriculación, Primaria, Secundaria y Terciaria (%) 2005	PBI per Cápita (PPP US\$) 2005	Emisiones de Dióxido de Carbono per Cápita (t CO <sub>2</sub> ) 2005
Argentina	1274	89.7	14280	3.7
Bolivia	186	86	2819	0.8
Brasil	1520	87.5	8402	1.8
Chile	720	82.9	12027	3.9
Paraguay	327	69.1	4642	0.7
Uruguay	784	88.9	9962	1.6
Venezuela	285	75.5	6632	6.6

En base a la opinión de un comité de expertos se elaboró la siguiente matriz de comparaciones pareadas entre los cuatro atributos considerados:

	Salud	Educación	Generación de riqueza	Impacto ambiental
Salud		2.00	1.00	3.00
Educación				3.00
Generación de riqueza		2.00		3.00
Impacto ambiental				

**Se pide que:**

- Determine los pesos de los atributos utilizando el método AHP.
- Empleando los pesos determinados en 1), aplicando el método TOPSIS, construya un Índice de Bienestar Social de los países latinoamericanos.

**Problema 51 (PC2)**

La empresa INTERMEDIA, que se dedica a la provisión de servicios de internet y multimedia, posee 10 sucursales en todo el país. Con el propósito de incentivar mejoras en el funcionamiento de las sucursales, la alta gerencia está evaluando otorgar premios a los gerentes de las tres sucursales que hayan registrado mejor desempeño en (indicar período de tiempo). El gerente de RRHH ha reunido la información de las sucursales que se presenta en la siguiente tabla y le ha encomendado que emita un informe de recomendación sobre los gerentes de estas.

	Número de Clientes al cierre	Gastos en RRHH (miles de \$ anuales)	Otros Gastos (miles de \$ anuales)	Ingresos Netos (miles de \$ anuales)	% Recup. Mora	Índice Satisf. de Clientes
Sucursal 1	11.523	776	386	5.298	72	13,35
Sucursal 2	10.925	826	515	5.763	68	13,09
Sucursal 3	41.987	436	298	3.121	83	13,04
Sucursal 4	15.216	919	683	11.420	52	13,35
Sucursal 5	20.030	993	644	9.157	71	13,35
Sucursal 6	11.585	634	399	5.821	68	13,09
Sucursal 7	23.567	1.603	1.191	16.242	66	12,78
Sucursal 8	30.378	1.319	742	12.569	62	13,26
Sucursal 9	5.964	499	282	2.703	47	13,78
Sucursal 10	9.012	588	269	4.256	67	13,22

Consultando al gerente financiero obtuvo el siguiente conjunto de pesos de los criterios:

Criterio	Clientes	Gastos RRHH	Otros Gastos	Ingresos Netos	Recup. Mora	Índice Satisf. Clientes
Peso	5	8	3	7	1	9

**Se pide que:**

1. Tenga en cuenta que, a mayor valor del Índice de satisfacción al cliente, mejor es la valoración de la sucursal. Identifique el sentido de los restantes criterios (de máximo o mínimo).
2. Normalice los pesos de los criterios.
3. Analice la información de la tabla. (Calcule valores máximos, mínimos, rango, media, desvío estándar, etc., de cada criterio).
4. Aplique los procedimientos de normalización factibles. Compare los resultados.
5. Para encontrar un índice global de desempeño de la sucursal:
  - a) aplique el método de Suma Ponderada.
  - b) Aplique el método Topsis calculando distancias Ciudad, Euclidea y Tchebicheff.
6. Eleve un informe al Gerente de Recursos Humanos con su análisis y recomendación.

**Bibliografía**

1. ANDERSON, SWENEY y WILLIAMS: "METODOS CUANTITATIVOS PARA LOS NEGOCIOS". Cengage Learning. Méjico, 2011.
2. BARBA ROMERO, S. y POMEROL, J.C.: "DECISIONES MULTICRITERIO: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y UTILIZACIÓN PRÁCTICA". Universidad de Alcalá, 1997.
3. FUNES M.; PERETTO C.; RACAGNI, J., GUEVEL, H.; LUCZYWO, N. y CARIGNANO, C.: "MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA TOMA DE DECISIONES. GUÍA DE PROBLEMAS DE APLICACIÓN". Editorial Económicas, F.C.E. - U.N.C. Argentina, 2022.
4. DAVIES, K.R. y McKEOWN, P.G.: "MODELOS CUANTITATIVOS PARA ADMINISTRACIÓN". Grupo Editorial Iberoamérica. Méjico, 1986.
5. EPPEN, G; GOULD, F.; SCHMIDT, C. JEFFREY H. y WEATHERFORD, L.: "INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA CIENCIA ADMINISTRATIVA". Editorial Pearson. Méjico, 2000.
6. HILLER, F.S. y LIEBERMAN, G.J.: "INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES". McGraw-Hill Interamericana Editores. Méjico, 1997.
7. RENDER, B.; STAIR, R.; HANNA, M. y HAIL, T.: "MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LOS NEGOCIOS". Pearson Educación. Méjico, 2016.
8. TAHA, H.A. "INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES. UNA INTRODUCCIÓN". Prentice Hall. Méjico, 1998.
9. WINSTON, W.L. "INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES". Thomson Editores. Méjico, 2005.